

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Gillet, Maurice
Titre	Manuel de téléphonie
Adresse	Paris : Vve Ch. Dunod et P. Vicq, éditeurs, libraires des Ponts et chaussées, des Mines et des Télégraphes, 1896
Collation	1 vol. (327 p.) : ill. ; 19 cm
Nombre de vues	337
Cote	CNAM-BIB 8 Ca 211
Sujet(s)	Acoustique Lignes téléphoniques Téléphone Électricité
Thématique(s)	Technologies de l'information et de la communication
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	21/01/2021
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/106289683
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redirect?8CA211



Traité d'électricité. — Théorie et applications générales, par RODARY, ancien élève de l'École polytechnique. 1 vol. grand in-8° avec 586 figures, cartonné.....	20 fr. »
Leçons sur l'électricité, professées à l'Institut électrotechnique, par ERIC GÉRARD, directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore. 4 ^e édit. refondue et complétée. 2 vol. gr. in-8°, se vendant séparément, chaque volume.....	12 fr. »
Leçons sur l'électricité et le magnétisme, par DUEHM, chargé d'un cours complémentaire de physique mathématique et de cristallographie à la Faculté des sciences de Lille. 3 vol. gr. in-8°, avec 215 figures.....	45 fr. »
Traité général des lignes et transmissions électriques, par MM. WEILLER, ingénieur, et HENRI VIVAREZ, ancien élève de l'École polytechnique. 1 vol. avec 456 figures dans le texte...	18 fr. »
Traité élémentaire de l'énergie électrique, par E. HOSPITALIER, professeur à l'École de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris. 1 vol. gr. in-8°, avec 233 figures.....	12 fr. »
Eclairage électrique, par J. VIOLLE, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers. 1 vol. in-8°.....	9 fr. »
Leçons sur la théorie mathématique de l'électricité, par J. BERTRAND. Grand in-8° avec figures.....	10 fr. »
La maison électrique. Applications de l'électricité à la ville et à la campagne, par C. et L. MONTILLOT. 1 fort vol. avec 250 gravures.....	20 fr. »
L'éclairage électrique. Guide pratique des électriciens et des amateurs, par L. MONTILLOT. 1 vol. in-18 avec gravures, cartonné.....	4 fr. 50
Electrostatique. Cours pratique d'électricité, par J. MONTILLOT. 1 vol. in-18 avec figures. Broché, 4 fr.; cartonné.....	4 fr. 50
L'électricien amateur. Manuel de travaux pratiques, par L. LEMEZ. 1 vol. in-18 avec figures. Broché, 4 fr.; cartonné.....	4 fr. 50
L'électricité et la défense des côtes, par Georges DARY. 1 vol. in-18 avec figures. Broché, 5 fr.; cartonné.....	5 fr. 50
L'électricité au théâtre, par J. LEFÈVRE, professeur à l'École des sciences de Nantes. 1 vol. in-18 avec figures. Broché, 5 fr.; cartonné.....	5 fr. 50
Téléphonie pratique, par L. MONTILLOT, inspecteur des postes et des télégraphes. 1 vol. gr. in-8°, avec 414 figures et 4 planches.	20 fr. »
Premier supplément. 1 vol. in-8° avec figures.....	5 fr. »
Second supplément. 1 vol. in-8° avec figures.....	5 fr. »
La téléphonie. Historique, technique, appareils et procédés actuels, par B. PIÉREARD, ingénieur électricien. 1 vol. in-8° avec 224 figures.....	8 fr. »
Théorie du téléphone, par MERCADIER, directeur des études à l'École polytechnique. 1 vol. in-8°.....	2 fr. »
Les systèmes télégraphiques, par BONTEMPS. 1 vol. in-8° avec fig. et atlas.....	8 fr. »

La Maison se charge de la fourniture de tous les livres français et étrangers.

Le Catalogue est envoyé gratuitement sur demande.

ELECTRICITÉ-PARIS-1894-MÉCANIQUE

MORS CONCOURS MEMBRE DU JURY



Balais
Feuilletés

POUR
DYNAMOS
brevetés
en tous

PAYS

BOUDREAU
8 rue Hautefeuille
PARIS

MANUFACTURE

DE

CABLES ÉLECTRIQUES

TÉLÉPHONE

R. ALLIOT

TÉLÉPHONE

PARIS, 25bis, rue Saint-Ambroise, PARIS

CHATEAU PÈRE & FILS

SUCCESEURS DE

COLLIN & WAGNER

PARIS -- 118, rue Montmartre, 118 -- PARIS

HORLOGERIE MONUMENTALE

HORLOGES
de Notre-Dame,
la Trinité,
Saint-Augustin,
Palais de l'Industrie
et des Machines, etc.



*Remises à l'heure
de Paris, Roubaix,
Nouvelle Sorbonne,
etc.*

HORLOGERIE ÉLECTRIQUE

CONTROLEURS COLLIN

Avec Révélateur automatique
d'ouverture



Système entièrement nouveau
BREVETÉ S. G. D. G.

TÉLÉPHONE OCHOROWICZ

TÉLÉPHONES & MICROPHONES
Agréés sur les réseaux de l'État
COMPTES DE MACHINES
ET DE BICYCLETTES
BREVETÉS S. G. D. G.



ENREGISTREURS, AMPÈREMÈTRES
Voltmètres, Compteurs de tours
d'électricité, etc.
BAROMÈTRES
POUR GRANDS CADRANS

Paris, 1889: 2 Médailles d'or. — Édimbourg, 1890: Médaille d'or
Paris, 1889: 2 Médailles d'argent. — Bordeaux 1895: Diplôme d'honneur

ATELIERS DESCHIENS *

7 Médailles d'Or — 4 Médailles diverses — Diplôme d'honneur

CROIX DE LA LÉGION D'HONNEUR

123, boulevard Saint-Michel — PARIS

Alph. DARRAS, Ingénieur-Constructeur

TÉLÉPHONIE A GRANDE DISTANCE

NOUVEAUX POSTES

MICROTÉLÉPHONIQUES

Brevetés S. G. D. G.

ADOPTÉS SUR LES RÉSEAUX DE L'ÉTAT

POSTES APPLIQUES — POSTES PORTATIFS — APPAREILS COMBINÉS

MATÉRIEL TÉLÉGRAPHIQUE et TÉLÉPHONIQUE

Rappel général système Claude

BREVETÉ S. G. D. G.

POUR LA TÉLÉGRAPHIE ET LA TÉLÉPHONIE

280 POSTES EN SERVICE SUR 5000 KILOMÈTRES

Aux C^{ies} de Chemins de fer P.-L.-M., Paris-Orléans,
le Midi et l'Administration des Chemins de fer de l'État,
à la Ville de Paris (Service des Eaux),
à la C^{ie} Générale des Bateaux-Parisiens et aux Papeteries d'Essonnes

MANUEL

DE

TÉLÉPHONIE

TOURS. — IMPRIMERIE DES LIS FRÈRES.

J. C. P. H. 211 150

MANUEL

8^e Ca 211

DE

TÉLÉPHONIE

PAR

MAURICE GILLET



PARIS

V^{VE} CH. DUNOD ET P. VICQ, ÉDITEURS

LIBRAIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

49, Quai des Grands-Augustins, 49

1896

TÉLÉPHONIE

CHAPITRE I

DÉFINITIONS PRÉLIMINAIRES

On appelle *téléphone* tout instrument destiné à faire entendre les sons, et plus spécialement la voix, à des distances plus grandes que leur portée ordinaire.

Le mot *téléphonie* désigne, en même temps, l'ensemble des phénomènes et des théories se rapportant à la transmission du son, ainsi que la connaissance des systèmes et appareils employés à cet usage.

Tout assemblage destiné à transmettre au loin les sons et la voix est un *système téléphonique*.

Les systèmes téléphoniques, à quelque classe qu'ils appartiennent, nécessitent, pour en bien comprendre le fonctionnement, une étude des propriétés générales des corps, c'est-à-dire de leurs divers états, de l'acoustique, du magnétisme, de l'électricité et même de la lumière.

L'étude des corps paraît tout d'abord difficile en raison du nombre infini d'objets auxquels on donne ce nom et des propriétés particulières que chacun d'eux possède. Mais, en les examinant attentivement, on reconnaît qu'ils ont des qualités communes. Tous, sauf quelques exceptions très rares, se dilatent par la chaleur, se contractent par le froid et peuvent même passer de l'état solide à l'état liquide et de l'état liquide à l'état gazeux ; tous sont plus ou moins compressibles, élastiques, conducteurs du son et soumis aux actions électriques ; enfin, quelques-uns subissent des modifications importantes sous l'action de la lumière.

L'étude de l'acoustique permet de comprendre comment la perception des sons est le résultat de l'impression produite sur l'organe de l'ouïe par un certain changement dans la matière pondérable qui nous entoure. Elle démontre clairement qu'il n'y a dans ce phénomène qu'un mouvement vibratoire prenant naissance dans le corps producteur et arrivant à notre oreille par l'intermédiaire du corps transmetteur.

Les principes généraux du magnétisme aident à expliquer en vertu de quels phénomènes les aimants, sous l'influence d'agents extérieurs, sont susceptibles de transmettre à l'aide d'un fil métallique les sons et la voix humaine à de longues distances.

D'autre part, les courants électriques formés par les actions chimiques, leurs effets sur certains corps, montrent leur assimilation complète avec les aimants, quoique les causes qui les provoquent soient toutes différentes.

On peut, suivant les principes qui leur servent de bases, diviser les systèmes téléphoniques en quatre classes principales, savoir :

Première classe : Téléphones mécaniques ;

Deuxième classe : Téléphones magnétiques ;

Troisième classe : Microphones, ou téléphones avec pile ;

Quatrième classe : Photophones.

Le fonctionnement des téléphones mécaniques est d'une grande simplicité et ne demande, pour être bien compris, que des notions succinctes sur les propriétés générales des corps et l'acoustique.

Quant aux téléphones magnétiques et aux microphones, dans lesquels le magnétisme et l'électricité sont les causes principales de la transmission du son, leur jeu est beaucoup plus complexe. Ils exigent des connaissances plus étendues sur lesquelles nous insisterons davantage, tout en nous tenant dans les limites d'un ouvrage élémentaire.

Les photophones sont basés sur les propriétés de certains corps, dont les caractères physiques varient suivant qu'ils sont influencés ou non par la lumière.

Enfin, quoique n'appartenant pas aux systèmes télépho-

niques proprement dits, nous décrirons les phonographes qui se distinguent de tous les précédents, en ce qu'ils permettent d'employer les sinuosités imprimées par la voix sur un corps impressionnable, pour la reproduire ensuite avec une fidélité presque parfaite.

CHAPITRE II

CONSTITUTION ET ÉTAT DES CORPS. — PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES. — PROPRIÉTÉS PARTICULIÈRES

Constitution des corps. — Toute quantité de matière formant un tout distinct est un *corps*.

Un corps, quel qu'il soit, n'est pas formé de substances continues, mais d'éléments infiniment petits, physiquement indivisibles, auxquels on donne le nom d'*atomes*.

Les atomes se groupent entre eux pour former des *molécules*, ou petites masses déterminées de matière. Ces molécules ont les mêmes propriétés que les corps dont elles font partie.

Les propriétés des corps montrent que leurs molécules ne se touchent pas, mais sont juxtaposées, laissant entre elles un espace plus ou moins grand, inappréciable à nos sens et maintenues à distance, les unes des autres, par deux forces, l'une attractive, l'autre répulsive.

On ignore les causes de l'action attractive, qui prend le nom de *cohésion*. Quant à l'action répulsive, elle serait due à la chaleur ou à un phénomène électrique.

État des corps. — Les corps se présentent à nous sous trois états physiques différents, qui sont :

- 1^o État solide ;
- 2^o État liquide ;
- 3^o État gazeux.

1^o *État solide.* — A l'état solide, les molécules des corps sont soumises à une force de cohésion plus ou moins puissante, qui donne à leur masse plus ou moins de dureté. Dans

ces conditions, les corps peuvent offrir toutes sortes de formes qui persistent tant qu'une cause étrangère, plus puissante que la cohésion, ne vient pas altérer ou détruire leur configuration.

2^o *État liquide.* — Dans les corps liquides, les forces de cohésion et de répulsion semblent se faire équilibre. Rien n'indique que les molécules de ces corps aient la moindre tendance à se rapprocher ou à s'éloigner; elles possèdent une grande mobilité et glissent les unes sur les autres avec une extrême facilité.

Les corps liquides peuvent ainsi prendre toutes les formes des vases qui les contiennent.

3^o *État gazeux.* — L'effet de la cohésion, dans les corps gazeux, est encore plus faible que dans les liquides; les molécules paraissent se repousser et se fuir; la répulsion l'emporte sur l'attraction.

Cette propriété particulière des gaz, qui tendent constamment à occuper un espace plus grand, prend le nom d'*expansibilité*.

Propriétés des corps. — Les corps sont doués de propriétés qu'on distingue en *propriétés générales* et en *propriétés particulières*.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES. — Les propriétés générales sont celles qui sont communes à tous les corps, mais à un degré différent. Ces propriétés sont: l'étendue, la porosité, la divisibilité, la compressibilité, l'élasticité, la mobilité, l'inertie et l'imperméabilité. Parmi ces propriétés générales, il n'est utile, pour l'étude de la téléphonie, que de connaître la *porosité*, la *compressibilité* et l'*élasticité*.

Porosité. — Les intervalles infiniment petits qui séparent les molécules des corps sont appelés *pores*.

La porosité se constate soit par l'augmentation ou la diminution de volume que subissent les corps, soit par l'absorption, en quantité considérable, d'un liquide ou d'un gaz avec lesquels ils sont en contact, soit encore par suite d'une élévation de température.

Les métaux, qui semblent si durs, si compacts, comme

l'acier, le platine, etc., réduits en lames minces, laissent apercevoir le jour à travers leurs substances; façonnés en boules remplies de liquide et soumis à une forte pression, ils permettent à ce liquide de s'échapper en rosée à travers leurs molécules. Le bois, plongé dans l'eau, augmente de poids et de volume; sous l'action de l'air, il se retire par les temps secs et se gonfle par les temps humides. L'hydrogène, qui ne peut pénétrer dans les pores de l'acier à la température ordinaire, s'y introduit à chaud. Le verre seul est une exception.

Cette augmentation ou diminution de volume, cette absorption de liquide, cette transparence, ce dégagement de gaz, ce changement dans l'état d'un corps, prouvent que les molécules ne se touchent pas, mais qu'elles laissent entre elles des intervalles.

Les réactions chimiques montrent aussi que certaines substances, après leur combinaison, occupent moins de place que lorsqu'elles étaient isolées. Cette action prouve un changement dans la position des molécules et, par suite, rapprochement entre elles et diminution de l'espace rempli par les pores.

Ainsi dans les dissolutions de beaucoup de sels dans l'eau, le changement de la glace en eau, la combinaison du cuivre et du zinc, qui forme le laiton, il y a constamment diminution de volume.

Éther. — Les intervalles qui séparent les molécules de tous les corps seraient remplis, d'après l'hypothèse admise aujourd'hui, d'une matière très subtile, d'une très faible densité, et douée d'une très grande élasticité.

Ce milieu particulier, dont on ne peut nier l'existence, puisqu'il nous fait ressentir la sensation de la lumière et de la chaleur, permet également de faire comprendre les phénomènes si nombreux, si variés et jusqu'ici inexplicables, du magnétisme et de l'électricité.

Impalpable, invisible et imperceptible, l'éther existe partout, aussi bien dans le vide le plus parfait que dans l'air et les autres corps pondérables.

Compressibilité. — La compressibilité est la propriété que possèdent tous les corps de pouvoir diminuer de volume,

soit par l'effet d'un effort mécanique, soit par l'action de la chaleur et du froid.

Cette qualité, qui est une conséquence de la porosité, dépend de la nature même du corps. Les gaz sont les corps les plus compressibles ; les liquides sont ceux qui le sont le moins.

Élasticité. — L'élasticité est la propriété en vertu de laquelle les corps comprimés reprennent leur forme primitive, quand certaines causes extérieures l'ont modifiée et que ces causes cessent d'agir.

C'est ainsi, par exemple, qu'une lame d'acier, fixée à l'une de ses extrémités et dont on écarte l'autre, revient à sa position première en exécutant autour d'elle une série de vibrations.

Les propriétés élastiques des solides varient suivant leur nature, leur forme, leur état, l'agrégation de leurs molécules, le sens suivant lequel l'action s'exerce et le temps pendant lequel elle se prolonge.

L'air et les gaz sont très élastiques ; les liquides le sont aussi beaucoup plus que les solides ; toutefois leur peu de compressibilité en rend la détermination directe difficile.

Les plaques et membranes de nature végétale et animale, tendues, ont une grande analogie, sous le rapport de l'élasticité, avec les plaques métalliques minces. Telles sont les planchettes de bois sec et de faible épaisseur, les peaux de tambour, etc.

PROPRIÉTÉS PARTICULIÈRES. — Les propriétés particulières appartiennent à certains corps ou à certains états des corps. Elles forment, en quelque sorte, le signalement de chaque substance prise individuellement, caractérisée par sa dureté, sa couleur, sa forme cristalline, etc.

CHAPITRE III

ACOUSTIQUE

L'étude des propriétés des corps nous a démontré que les molécules d'un corps élastique dérangées de leur position d'équilibre n'y revenaient qu'après avoir exécuté un certain nombre d'oscillations ou de vibrations plus ou moins rapides.

Ces vibrations, portées à un degré suffisant de rapidité, engendrent les sons.

Ce résultat nous conduit à l'étude de *l'acoustique*.

L'acoustique a pour objet d'étudier la production et la propagation des sons et les lois des vibrations des corps sonores.

Production du son. — Bruits. — La voix humaine, l'action d'un corps sur un autre, le frottement, le pincement d'une corde tendue, etc., sont les principales causes du son.

Quand le son produit est clair, qu'il peut être noté, on a un *son* proprement dit; les *bruits*, au contraire, sont occasionnés par un mélange de sons confus et discordants, de durée et d'intensité inégales.

Ondes sonores. — Le son de la voix ou le bruit d'un coup de marteau sur une table s'entendent dans tous les sens. Les molécules de l'air, mises en mouvement, vibrent en formant des ondes sonores sphériques qui vont en diminuant d'amplitude et d'intensité à mesure qu'elles s'éloignent de leur point d'origine.

Les vibrations productrices du son peuvent se comparer aux ondulations qui agitent la surface des liquides. Ainsi la

chute d'un caillou dans l'eau dormante fournit, par les mouvements vibratoires circulaires qu'elle occasionne à sa surface, un exemple visible de la propagation et de la décroissance des ondes sonores dans un plan donné. Plusieurs pierres jetées les unes après les autres forment successivement des ondes concentriques qui se pénètrent, sans toutefois perdre leur forme. Cela nous explique comment plusieurs sons se propagent et s'étendent en même temps dans des directions différentes sans se nuire ni se détruire.

Sous une impulsion violente, telle que l'explosion d'un coup de canon, les molécules de l'air sont subitement poussées avec une grande force. Dans leurs mouvements, elles rencontrent d'autres molécules qui résistent, les refoulent et commencent elles-mêmes un mouvement vibratoire en s'éloignant de leur position primitive; elles communiquent à leur tour leur force d'ébranlement à celles qui les environnent; celles-ci réagissent de même, et le mouvement initial se propage ainsi de proche en proche. La force primitive, répartie sur une étendue plus considérable à mesure de son éloignement du centre d'origine, diminue de plus en plus; alors le mouvement vibratoire des molécules s'arrête et le son s'éteint.

Les ondulations produites à la surface de l'eau suivent plus facilement le courant; il en est de même dans l'air, et c'est ce qui nous explique pourquoi on perçoit plus distinctement un son quand on se trouve dans la direction du vent.

Corps sonores. — Vibrations. — Formation des sons. — On nomme *corps sonores* tous les corps susceptibles de rendre des sons.

Pour se faire une idée de la formation du son et reconnaître qu'il est produit par les vibrations des corps, il suffit d'observer avec attention ce qui se passe dans un corps sonore, une tige métallique droite, par exemple. Dès qu'elle est écartée de sa position naturelle, elle tend à y revenir en exécutant une suite d'oscillations qui vont rapidement en décroissant.

En effet, on remarque d'abord dans la tige des vibrations lentes qu'il est facile de compter, mais aucun son n'est alors

perceptible pour notre oreille ; si, au contraire, on augmente la tension ou diminue la longueur de cette même tige, le nombre des vibrations croît aussitôt, on les aperçoit encore, sans toutefois pouvoir les compter ; le son se forme alors et, si l'on fait varier successivement la longueur ou la tension de la tige, il sera facile d'obtenir tous les sons, depuis le plus grave jusqu'au plus aigu.

Ces mouvements sont l'image de ceux qui ont lieu par percussion dans les molécules d'un corps sonore massif.

Qualités du son. — Timbre. — Tous les corps sont poreux et impénétrables, tous sont plus ou moins élastiques, tous peuvent donc produire et transmettre les sons ; toutefois, ils jouissent de cette propriété à des degrés différents, et il en résulte, soit dans l'intensité, qui dépend de l'amplitude, soit dans la qualité des sons, des variétés infinies.

Néanmoins, quel que soit l'état du corps, c'est toujours parce qu'il vibre qu'il devient sonore ; on conçoit dès lors que sa forme, sa composition, sa densité et plusieurs autres qualités influent nécessairement sur les oscillations que font ses molécules. C'est pourquoi il y a une si grande diversité dans les sons.

Cette qualité particulière est appelé le *timbre*. Il permet de distinguer l'un de l'autre deux sons ayant la même intensité et la même hauteur, c'est-à-dire l'étendue en longueur et en largeur et le plus ou moins grand nombre de vibrations exécutées dans un temps donné. Pour ce motif, le son de la flûte ne peut être confondu avec celui du cor, et celui du violon avec celui de la clarinette.

En résumé, la hauteur, l'intensité et le timbre constituent les trois qualités différentes du son que l'oreille distingue.

Propagation et vitesse du son. — L'air atmosphérique¹ est

¹L'air atmosphérique est un composé de 21 parties d'oxygène et 79 parties d'azote. Il contient aussi, mais en proportions variables, un peu d'acide carbonique et de vapeur d'eau. D'après les expériences de lord Rayleigh, il existerait un troisième gaz de l'atmosphère, l'*argon*, ainsi nommé, d'un mot grec qui signifie *puresseur*, à cause de ses propriétés négatives.

le véhicule ordinaire du son, mais il n'en est pas le seul conducteur, le seul propagateur. L'expérience démontre que les corps gazeux, liquides et solides le conduisent également.

La vitesse du son dépend de la nature des corps qu'il traverse. Dans l'air elle varie de 330 à 340 mètres par seconde, suivant la température; dans l'eau, elle est d'environ 1.433 mètres. Dans les solides le son se propage beaucoup plus rapidement; c'est ainsi que, dans la fonte, sa vitesse est 10 et 12 fois plus grande que dans l'air; le cuivre, 12 fois; le fer, 16 fois; le bois de sapin, 18 fois.

Indépendamment de sa vitesse, le son acquiert dans les solides une intensité parfois remarquable. Cette intensité dépend de l'homogénéité des corps, et plus particulièrement de leur nature. Ainsi, on entend très distinctement, d'un bout à l'autre d'une longue pièce de bois, le choc d'une épingle et même le frôlement d'une barbe de plume.

La propriété conductrice de certains bois, du sapin par exemple (utilisé pour la construction de certains appareils téléphoniques), est telle qu'on a pu, en disposant des baguettes dans les murailles, faire entendre à des auditeurs placés aux différents étages d'une maison un concert donné dans les sous-sols.

En appliquant l'oreille contre le sol, on distingue faiblement, mais à de longues distances, la nature même des sons que l'air est impuissant à nous apporter ¹.

On constate aussi que le son se propage bien dans l'eau. Un plongeur perçoit nettement les bruits du rivage et ceux qui sont produits dans la masse liquide environnante.

L'expérience nous révèle qu'il est même possible d'augmenter la conductibilité du son en réalisant certaines conditions que nous allons examiner.

On sait que, dans un milieu d'une grande étendue, comme l'air, le son diminue d'intensité à mesure que les ondes sonores s'éloignent du centre d'ébranlement. Cette propagation se faisant dans tous les sens à la fois, il en résulte que le

¹ Cette propriété est utilisée dans les campagnes situées à proximité des villes, où à heure fixe on tire le canon ou sonne les cloches, pour la remise à l'heure des horloges.

cercle de la masse d'air mise en vibration va en augmentant ; par suite, l'intensité du son décroît rapidement. Si, au contraire, on enferme une masse d'air dans un tuyau cylindrique, les ondes sonores s'y propagent avec une intensité bien plus grande que dans l'air libre, car l'ébranlement produit à l'une des extrémités se transmet à une certaine distance sans déperdition sensible de force.

C'est ce qui a lieu quand on parle à l'ouverture d'un tuyau (tel que ceux dont on se sert pour la conduite de l'eau ou du gaz). La personne placée à l'autre extrémité constate que la voix de son interlocuteur conserve toute sa netteté et toute son intensité. On peut ainsi, à travers un tube de 1 kilomètre de long, tenir une conversation même à voix basse.

C'est sur cette dernière propriété qu'est basé l'emploi des tubes acoustiques.

Le son ne se propage pas dans le vide. — En plaçant une sonnerie mue par un mouvement d'horlogerie sous le récipient d'une machine pneumatique, on remarque qu'au fur et à mesure de la raréfaction de l'air les sons diminuent d'intensité et, quand le vide est poussé à un degré suffisant, on n'entend plus aucun son, bien que la sonnerie continue à fonctionner. Toutefois, il est nécessaire de faire reposer l'appareil sur un tampon de matières filamenteuses (ouate, crin), afin d'empêcher les vibrations de se communiquer aux corps solides sur lesquels la sonnerie repose. En laissant rentrer l'air, le son s'entend de nouveau.

Si, au lieu d'air, on introduit dans le récipient un gaz quelconque ou de la vapeur d'eau, la perception du son se produit de la même façon.

Ces expériences prouvent :

1° Qu'un milieu pondérable est nécessaire pour engendrer le son, puisqu'il n'a pas lieu dans le vide ;

2° Qu'il se propage dans les gaz et les vapeurs comme dans l'air.

Vibrations des cordes. — Une corde tendue à ses extrémités peut engendrer les sons, si on la fait vibrer transversalement ou longitudinalement.

Les vibrations transversales s'obtiennent en pinçant une

corde tendue, c'est-à-dire en l'écartant de sa position d'équilibre; les vibrations longitudinales, au contraire, ont lieu en frottant la corde dans le sens de la longueur.

L'expérience prouve que les sons causés par les vibrations longitudinales sont beaucoup plus clairs et perçants que ceux résultant des vibrations transversales; de plus, elles sont plus rapides.

Le fonctionnement des téléphones à ficelle est fondé sur la propriété des vibrations longitudinales.

Vibrations des fils. — Les fils métalliques peuvent aussi entrer en vibration, de la même façon que les cordes, avec cette différence qu'il n'est pas nécessaire de les soumettre à une traction dans le sens de la longueur.

Les mouvements vibratoires longitudinaux des verges ou des tiges métalliques ont été utilisés pour la transmission des sons à distance. Les appareils imaginés dans ce but sont appelés *téléphones mécaniques*.

Quels que soient les modes d'attache des verges que l'on fait vibrer longitudinalement, le nombre des vibrations des sons *fondamentaux*, c'est-à-dire les plus graves, est inversement proportionnel aux longueurs.

Vibrations des plaques. — Une plaque en métal très mince, solidement fixée par son bord entre deux pièces de bois, se met à vibrer à la suite d'un ébranlement direct ou sous l'influence d'un corps sonore voisin dont les oscillations lui parviennent par l'intermédiaire de l'air.

L'expérience démontre que les mouvements vibratoires d'une plaque ne sont pas uniformes en chaque point. Le centre d'une plaque, par exemple, ne vibre pas de la même façon que sur l'un des points de son contour, et réciproquement. La plaque se partage en un certain nombre de parties appelées *lignes nodales*¹.

Ces lignes sont rendues visibles en couvrant la surface de la plaque de sable fin. On voit à chaque vibration le sable prendre des mouvements rapides qui le portent vers certaines lignes où il s'accumule.

¹ Du latin *nodus*, nœud.

Vibrations des membranes. — Les membranes tendues entrent également en vibration avec cette différence sur les autres corps qu'elles peuvent vibrer à l'unisson d'une infinité de cordes ou de fils.

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

Vibrations des solides de forme quelconque. — Un corps solide élastique, de forme quelconque, éprouve, sous l'influence de chocs extérieurs, une série de déformations variables suivant l'importance de ces derniers, mais identiques pour chacun d'eux; il se comprime dans certains cas et se dilate dans d'autres.

Les lois qui régissent ces déformations sont très compliquées. Toutefois, on conçoit que la forme d'un corps, sa composition et plusieurs autres qualités semblables, telles que l'agrégation de ses molécules, influent sur les oscillations que font ces dernières; on ne devra donc pas s'étonner de rencontrer tant de diversité dans les sons produits, d'en entendre de confus, de sourds, d'agréables, de discordants, etc. Un effet complexe ne peut, en résumé, donner un résultat simple.

Mais, quel que soit, du reste, le corps auquel on a communiqué un mouvement vibratoire, il est rare qu'on ne constate pas des parties vibrant isolément et séparées par des

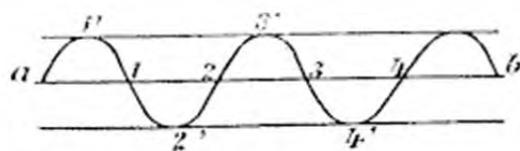


FIG. 1.

points, lignes ou surfaces qui prennent successivement le nom de *nœuds*, ou *ventres*, suivant la position de l'onde sonore.

Si l'on considère, par exemple, une onde sonore se propageant dans un tube et représentée graphiquement par la ligne courbe *ab* (fig. 1), l'expérience démontre qu'aux points 1, 2, 3, ..., la couche d'air est immobile et que le son primitif se trouve reproduit avec toute sa netteté. Ces points sont appelés *nœuds*, par opposition aux *ventres*, représentés en 1', 2', 3', ..., où le mouvement vibratoire est maximum.

CHAPITRE IV

PERCEPTION DES SONS. — DE LA VOIX DE LA PRONONCIATION

Perception des sons. — L'homme et les animaux perçoivent les sons par l'organe de l'*ouïe*.

Cet organe, ou appareil auditif, se compose d'un ensemble de cavités plus ou moins anfractueuses dans lesquelles les ondes sonores sont recues et réfléchies pour aller impressionner le nerf acoustique (*fig. 2*).

Il se divise en trois parties :

- 1^o Oreille externe ;
- 2^o Oreille moyenne ;
- 3^o Oreille interne.

OREILLE EXTERNE. — L'*oreille externe* comprend un pavillon saillant en forme d'entonnoir (1), destiné à recueillir les ondes sonores et à les conduire dans le tube auditif externe (4).

OREILLE MOYENNE. — Le conduit auditif extérieur est fermé complètement par une membrane oblique circulaire très mince, nommée *tympau* (6). De l'autre côté du tympan se trouve une cavité, ou *oreille moyenne*, qui présente quatre ouvertures, dont trois sont également fermées par des membranes. La quatrième seule est ouverte et communique à l'aide d'un tube long et étroit, appelé *trompe d'Eustache* (12), avec l'arrière-gorge. L'air extérieur, sans cesse renouvelé par un jeu de muscles, pénètre dans la trompe par l'arrière-fond des fosses nasales. Au moyen de cette disposition, la membrane du tympan est en contact des deux côtés avec l'air

extérieur et se trouve impressionnée intérieurement et extérieurement par les vibrations sonores. S'il n'en était pas ainsi, c'est-à-dire si derrière elle il y avait un corps solide, ou le vide, et si l'air contenu dans la caisse ne se renouvelait pas, le tympan ne pourrait vibrer qu'imparfaitement.

De ce qui précède, il résulte que :

1° Les deux côtés du tympan sont soumis à une pression

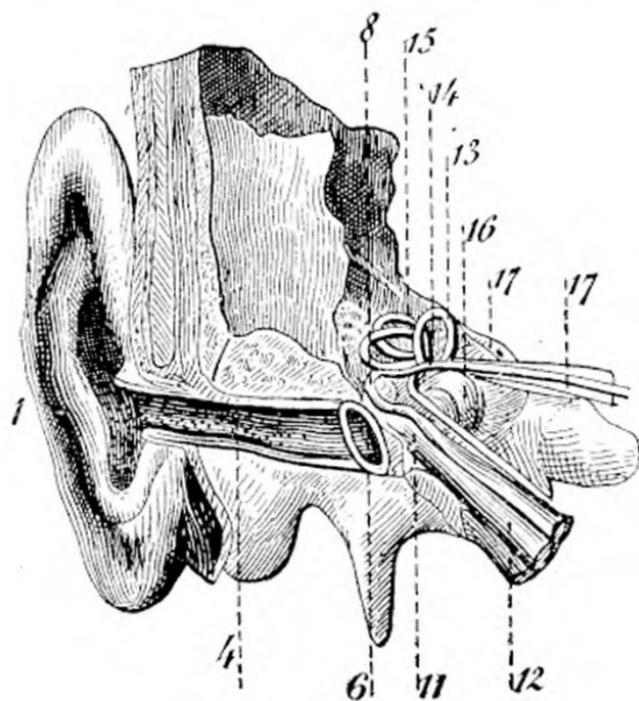


Fig. 2.

égale, par suite du libre accès de l'air dans les deux conduits entre lesquels il se trouve ;

2° Les molécules de l'air contenues dans la caisse vibrent avec le tympan ;

3° Les vibrations qui parviennent par la trompe d'Eustache correspondent à celles qui arrivent par le conduit externe ;

4° Le tympan et la trompe d'Eustache ont pour effet de transmettre les sons à l'oreille interne.

Du tympan part une chaîne articulée maintenue en place par de petits muscles et des ligaments. Elle établit une communication suffisamment élastique en même temps que rigide entre les deux membranes. Aussi les ondes sonores qui impressionnent le tympan se transmettent-elles par son intermédiaire à la membrane de la fenêtre ovale. Toutes ces parties concourent donc à l'ébranlement du liquide que contient l'oreille interne.

OREILLE INTERNE. — *L'oreille interne, ou labyrinthe, est placée dans la portion pierreuse de l'os temporal. Elle comprend quatre parties :*

Le vestibule (13) ;

Le limaçon (16) ;

Les canaux semi-circulaires (13, 14, 15) ;

Le conduit auditif interne (17).

Ces différentes parties sont entourées d'une sorte de membrane dans laquelle se trouve un liquide gélatineux où viennent plonger les nombreuses extrémités¹ du nerf acoustique qui transmettent les impressions au cerveau.

Examiné au point de vue physiologique, l'organe auditif se compose de deux parties principales, savoir :

1° Un nerf spécial, le seul qui ait la faculté de transmettre la sensation des sons au cerveau ;

2° Un appareil susceptible d'amener les sons à ce nerf.

Ce dernier n'est cependant pas indispensable, car, pourvu que les ondes sonores rencontrent le nerf acoustique, elles déterminent la sensation du son. Cet appareil n'a donc d'autre but que d'en faciliter la perception.

Aussi est-on conduit à se demander quelle est la fin de cette structure si compliquée de l'oreille interne, quelles sont les fonctions du limaçon ? Comment contribue-t-il à amener au cerveau l'impression du son ?

Parmi les solutions données par divers physiologistes, il faut signaler l'observation de Gavarret. Ce savant pensait que la structure de l'oreille a pour but et résultat total d'aug-

¹ On compte environ trois mille nerfs qui se rattachent au nerf acoustique.

menter l'intensité des vibrations sonores. En effet, quand on ébranle un liquide renfermé dans une caisse prismatique en frappant perpendiculairement à la surface du liquide, celui-ci vibre peu; mais, si l'on frappe latéralement, les vibrations longitudinales transmises sont énergiques.

Or, les conduits de l'oreille interne sont disposés de telle sorte qu'ils sont toujours perpendiculaires entre eux, de quelque côté que viennent les ondes sonores. Par conséquent, celles-ci trouvent continuellement un canal qu'elles font vibrer dans le sens longitudinal, c'est-à-dire avec beaucoup plus de force que dans un autre sens.

De la voix. — C'est par l'organe de la voix que l'homme peut communiquer et exprimer ses idées, ses sentiments ou ses passions les plus diverses, grâce à la perfection et à la flexibilité de cet instrument.

Cet organe comprend essentiellement un tube ou canal

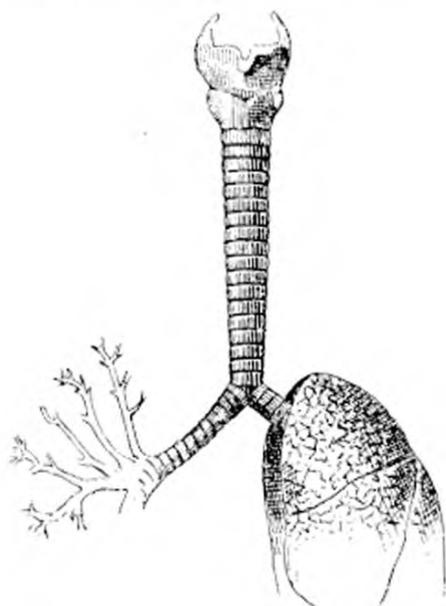


FIG. 3.

nommé *trachée-artère* (fig. 3), qui conduit l'air, venant des poumons, dans le *larynx*, lequel est, à proprement parler, le générateur du son.

Composé principalement de quatre cartilages de différentes formes (sortes d'os mous et flexibles doués d'une grande élasticité qui se trouvent surtout aux extrémités des os), unis les uns aux autres par des articulations, des membranes et des muscles, le larynx renferme dans une cavité deux cordes, ou membranes, s'attachant très près l'une de l'autre aux cartilages et présentant dans leur ensemble une sorte de triangle appelé la *glotte*.

Le mouvement vibratoire imprimé aux membranes ou rubans vocaux de la glotte détermine à la manière des instruments à anche le phénomène en question.

Dès que la colonne d'air, sortant des poumons, agit sur les membranes, celles-ci sont mises en mouvement et, par un jeu des muscles très compliqué, exercent une action sur les cordes vocales. Leur tension plus ou moins grande produit alors les différents tons de la voix.

Le son ainsi formé traverse le *pharynx*, sorte d'entonnoir placé dans le prolongement de l'arrière-bouche, traverse les cavités des fosses nasales, arrive modifié dans la bouche, qui joue le rôle de caisse renforçante et donne au son articulé, par les mouvements de la langue, des dents, des joues et des lèvres, un timbre spécial.

Ce timbre, qui est particulier à chaque personne, résulte de la variété infinie des modifications anatomiques de l'appareil buccal et pharyngien.

En résumé, les poumons peuvent être comparés à un moteur à air, le larynx à un corps vibrant, et les cavités de la bouche à un résonnateur ; puis, comme complément de ce merveilleux instrument, les lèvres, les dents, la langue, le palais qui, par leur diverses combinaisons de mise en contact ou de séparation, suffisent à produire les consonnes utilisées dans tous les idiomes.

De la prononciation. — Les défauts de prononciation constituent toujours un obstacle à une bonne audition ; ils peuvent avoir, en téléphonie surtout, de graves inconvénients auxquels, avec un peu d'étude, de pratique et d'application, il est facile de remédier.

L'étude de la parole a pour but d'arriver à prononcer les

mots correctement. Afin d'atteindre ce résultat, il est nécessaire de les examiner sous le rapport des voyelles et des consonnes dont ils sont composés.

Les trois phénomènes qui concourent à la formation de la parole sont :

- 1^o La sonorité ;
- 2^o L'émission ;
- 3^o L'articulation.

Nous savons déjà comment se produit la sonorité et par quels moyens nous avons la faculté de nous faire entendre à distance.

L'émission, qui forme les voyelles, provient des différentes capacités de la bouche, soit en hauteur, soit en largeur, soit en profondeur, ainsi que les divers degrés d'ouverture des lèvres.

Le troisième phénomène permet, par le mouvement des lèvres et de la langue, c'est-à-dire par la mise en contact des deux parties de la bouche et leur séparation plus ou moins brusque, d'articuler les consonnes.

Ceci posé, on est amené à rechercher quelles sont les règles à observer pour arriver à une émission normale de la voix. Cette condition est, en effet, indispensable pour les personnes qui font usage du téléphone, puisque de la qualité du son émis dépend le plus souvent le succès des communications par cet appareil. On évite de la sorte toute confusion, toute fausse interprétation, et chacun sait que les mauvaises habitudes de langage, jointes parfois aux maladies, altèrent souvent l'appareil vocal. Il suffit d'un peu d'étude pour corriger ces défauts.

Cette régularité de la parole s'acquiert en émettant la voix sans effort, avec douceur et le plus naturellement possible.

On s'exerce d'abord à prononcer les voyelles. Formées uniquement de sons simples, celles-ci doivent prendre naissance dans le larynx et non dans le gosier, car il faut éviter de donner aux voyelles un timbre guttural. On obtiendra de cette façon une émission naturelle, sonore, agréable, ne fatiguant pas l'organe de la voix.

Les consonnes étant, comme nous venons de le dire, le résultat de l'articulation de la bouche, sont produites par la

pression et la séparation de cet organe dont les mouvements doivent se modifier suivant le groupe auquel elles appartiennent.

C'est ainsi que les lettres, soit voyelles, soit consonnes, selon la place qu'elles occupent, ne se prononcent pas toujours d'une manière identique ; souvent aussi elles ne se prononcent pas du tout, ou elles se lient dans la prononciation avec le mot suivant. Mais, comme ordinairement les consonnes précèdent les voyelles, il convient d'apporter toute son attention sur la manière de les prononcer.

Pour y arriver, il est indispensable de bien faire ressortir les consonnes sifflantes, ainsi que la consonne vibrante *r* qui entre dans la composition des mots.

Dans le mot *derrière*, par exemple, l'*r* devra bien vibrer. On parvient à ce résultat par les mouvements rapides et successifs que la colonne d'air communique à la pointe de la langue soulevée, sans contraction aucune, vers le palais.

Si un mot contient deux *r*, comme dans *embarras*, il faudra les reproduire par une sorte de roulement.

Les consonnes *s*, *f*, *c* doux, *ch* et *x* sont produites par un sifflement. Prenons comme exemple le mot *nécessaire*. Le *c* doux et les deux *s* se prononcent par le retrait des lèvres qui viennent s'appuyer contre les dents, puis par le soulèvement de la langue et la pression de ses bords latéraux contre le palais et les molaires et, enfin, par un abaissement léger de la pointe de la langue destiné à produire le sifflement. Ce dernier effet s'obtient en soulevant l'extrémité de la langue vers le palais et en laissant sortir librement des poulmons l'air qui surmontera l'obstacle que lui opposent les lèvres et les dents. Toutefois il existe une exception pour la lettre *x*, qui s'énonce dans certains mots d'une façon différente. Formée de la réunion de deux consonnes, elle se prononce *ks* dans *auxiliaire* et *gz* dans *cramen*.

Comme le téléphone est l'appareil destiné à faire entendre la parole, on comprend que les règles que nous venons d'indiquer sommairement soient de nature à faciliter l'échange des communications, en donnant aux diverses combinaisons de l'organe de la voix une régularité parfaite, tout en conservant à chaque émission son timbre particulier.

L'importance d'une bonne prononciation est rendue manifeste quand deux personnes de nationalité différente veulent communiquer téléphoniquement, surtout si l'une d'elles emploie, pour se faire mieux comprendre, l'idiome de son correspondant.

Il arrive même que deux Français, l'un du Nord, et l'autre du Midi, ne se comprennent pas toujours très bien en communiquant par le téléphone.

C'est ce qui a lieu sur la ligne téléphonique de Paris à Londres, où les correspondants, ne parlant pas la même langue, sont obligés d'avoir recours la plupart du temps à des interprètes.

Il y a là, en effet, un inconvénient bien connu de tous ceux qui ont voyagé en pays étranger ; on écrit et lit couramment une langue, mais on se trouve arrêté par les difficultés de la prononciation quand on veut la parler et, comme les défauts de l'émission de la voix sont plus accentués dans le téléphone, on comprend que la correspondance soit impossible.

Il paraîtrait même que la langue chinoise, dont les différences d'intonation changent complètement le sens des mots ne peut être reproduite fidèlement par le téléphone.

CHAPITRE V

TÉLÉPHONES A AIR, OU TUBES ACOUSTIQUES TÉLÉPHONES MÉCANIQUES

En étudiant les lois de l'acoustique, nous avons appris que l'air, les corps solides, liquides et gazeux sont, à des degrés différents, bons conducteurs du son, mais que dans un milieu indéfini, l'atmosphère par exemple, l'intensité du son décroît rapidement.

Afin d'augmenter la portée du son entre le point d'émission des ondes sonores et le point de réception, deux procédés, imaginés d'après les principes rappelés ci-dessus, sont employés : le premier basé sur la conservation de l'intensité du son dans un tube cylindrique, et le second sur les vibrations longitudinales des cordes ou fils métalliques.

Les appareils qui utilisent pour la transmission du son une masse d'air limitée sont appelés téléphones à air, ou *tubes acoustiques*, afin de les distinguer des téléphones mécaniques, qui font usage des corps solides.

Tube acoustique ou tube parlant. — Cet instrument (*fig. 4*) comprend essentiellement un tube T formé d'une spirale en fil de fer galvanisé revêtu d'un tissu caoutchouté, préservé par une enveloppe extérieure en coton. Les deux extrémités sont pourvues d'une embouchure E en bois ou en ébonite, dans laquelle s'emboîte un sifflet ordinaire S.

Quand l'un des correspondants veut appeler, il enlève le sifflet et souffle dans le tube. La colonne d'air qui s'y trouve enfermée est aussitôt poussée en avant et vient se briser contre l'arête vive du sifflet. Il en résulte un choc qui donne lieu à des vibrations, et l'air contenu dans le tube ne peut s'échapper que par intermittences ; de là, des pulsations

rapides qui, en se transmettant à l'air ambiant, donnent naissance à un son perçant destiné à prévenir la personne avec laquelle on veut correspondre. Celle-ci, faisant la même

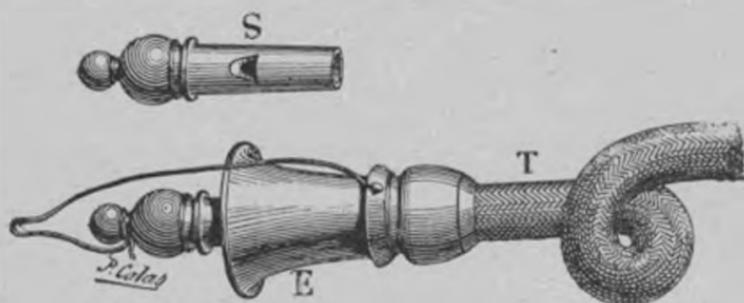


FIG. 4.

manœuvre, prévient à son tour qu'elle est prête à écouter et, les deux sifflets ayant été retirés, la conversation s'engage.

La longueur des tubes acoustiques ne peut être considérable, car le mouvement vibratoire diminue en raison des frottements subis par la colonne vibrante contre les parois; de plus, les sons éprouvent toujours une diminution d'intensité en se



FIG. 5.

propageant dans les tuyaux. Enfin, une cause plus importante encore de l'affaiblissement du son est le parcours presque toujours sinueux du tube qui doit suivre dans sa route toutes les inflexions des murailles et parois qu'il ne traverse pas en direction rectiligne.

Ces divers inconvénients restreignent forcément l'emploi de

ces appareils qui, en général, ne servent qu'à établir une

communication verbale entre deux pièces situées dans un même local.

Un autre désavantage du téléphone acoustique est de placer alternativement l'embouchure à la bouche ou à l'oreille, selon que l'on veut parler ou écouter.

Fig. 6.

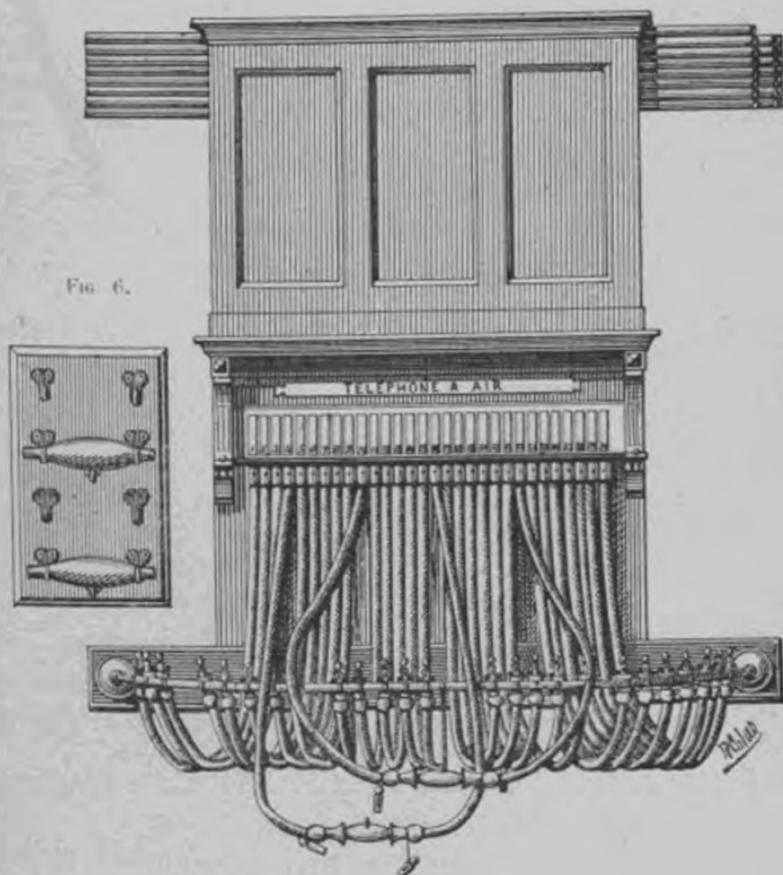


Fig. 7.

Une disposition nouvelle, due à M. H. Picq, permet de parler et d'écouter tout en même temps. A cet effet, l'appareil est muni de deux embouchures : l'une se place devant la bouche, l'autre s'applique contre l'oreille (*fig. 5*); cet avantage rend la conversation plus facile et moins fatigante ; de plus, il ne peut y avoir de confusion, comme cela arrive souvent avec une seule embouchure,

Le même inventeur a imaginé de réunir tous les tubes communicatifs des diverses parties d'un même local, comme les bureaux d'une administration, les différents services d'une usine, etc., à un poste central où ils sont mis en relation entre eux au fur et à mesure des besoins à l'aide d'un manchon en caoutchouc (*fig. 6*). La figure 7 représente un poste central pour trente bureaux. Dans cette figure les postes nos 4 et 16 et les nos 10 et 23 sont reliés entre eux; les communications sont établies par le garde du poste sur la demande qui en est faite par les bureaux.

Ce système, tout en permettant de satisfaire à toutes les exigences d'un service, réalise une économie importante que le simple examen des figures 8 et 9 démontre clairement.

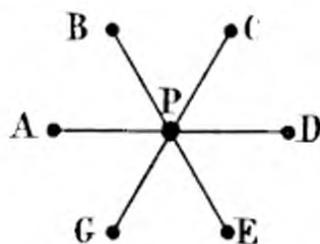


FIG. 8.

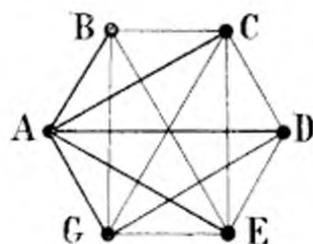


FIG. 9.

La figure 8 représente le plan d'une installation avec bureau central. En supposant que les distances des bureaux A, B, C, D, E, G, au poste central P soit de 15 mètres, l'on aura pour la longueur totale $6 \times 15 = 90$ mètres de tube.

Si l'on se reporte maintenant à la figure 9, où la distribution des tubes est faite avec le système ordinaire, on voit que, si le bureau A était seul relié avec les cinq autres, une longueur de tube de 372 mètres serait nécessaire, et, en faisant communiquer les six postes entre eux, la canalisation serait de 1.146 mètres de tube.

Ces chiffres montrent le côté pratique de ce genre d'installation.

Appareils avertisseurs. — Le mode d'avertissement auditif que nous venons d'indiquer n'est pas toujours suffisant, quand les personnes appelées à correspondre entre elles sont

obligées de s'absenter fréquemment de la pièce dans laquelle le tube acoustique se trouve installé.

Afin de remédier à cet inconvénient, plusieurs systèmes avertisseurs, basés sur le déplacement d'une pièce produit par les vibrations de l'air, ont été imaginés.

Il suffira de donner la description de l'un d'eux pour comprendre le fonctionnement de tous les autres.

Cet appareil (*fig. 10*) comprend une embouchure A fixée sur le mur et dans laquelle s'emboîte un sifflet B. Un piston C

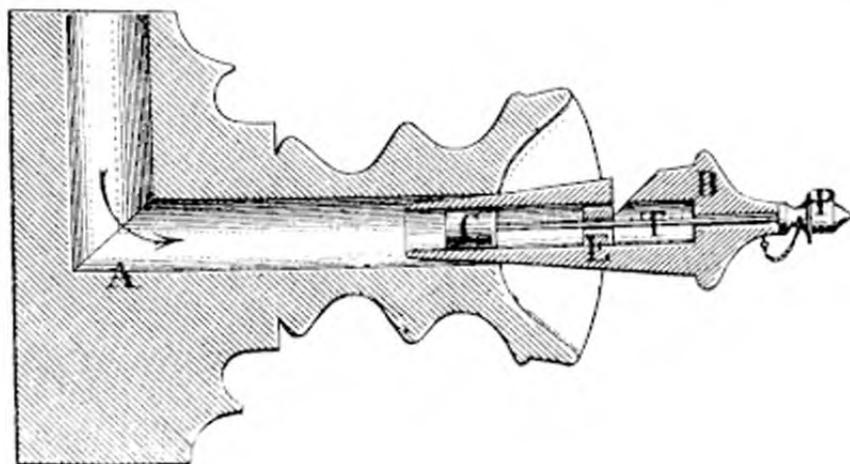


FIG. 10.

peut glisser dans l'intérieur du sifflet et porte une tige T dont l'extrémité touche un index P retenu à l'embouchure par une chaînette.

Lorsque l'air arrive dans le tube, le piston C refoulé vient buter contre la pièce E; dans ce mouvement la tige T, solidaire du piston C, pousse l'index P qui tombe. La personne, en rentrant, est de cette façon prévenue que son correspondant l'a appelée.

Téléphone à ficelle. — Deux cornets (*fig. 11*), ou tubes cylindro-coniques en bois, en ébonite, ou simplement en carton, fermés à l'un des bouts par une membrane en parchemin bien tendue et traversée par un fil retenu à l'aide d'un nœud, constituent cet appareil.

Deux personnes placées à chaque extrémité du fil tiennent

chacune le cornet à la main et, après avoir tendu convenablement le fil, l'une d'elles parle devant l'ouverture, tandis que l'autre écoute en appliquant la partie évasée du tube contre son oreille.

Les vibrations simultanées qui n'ont pas lieu dans ce téléphone par l'intermédiaire d'un corps solide continu, mais, en réalité, de la succession de corps réunis, présentent un

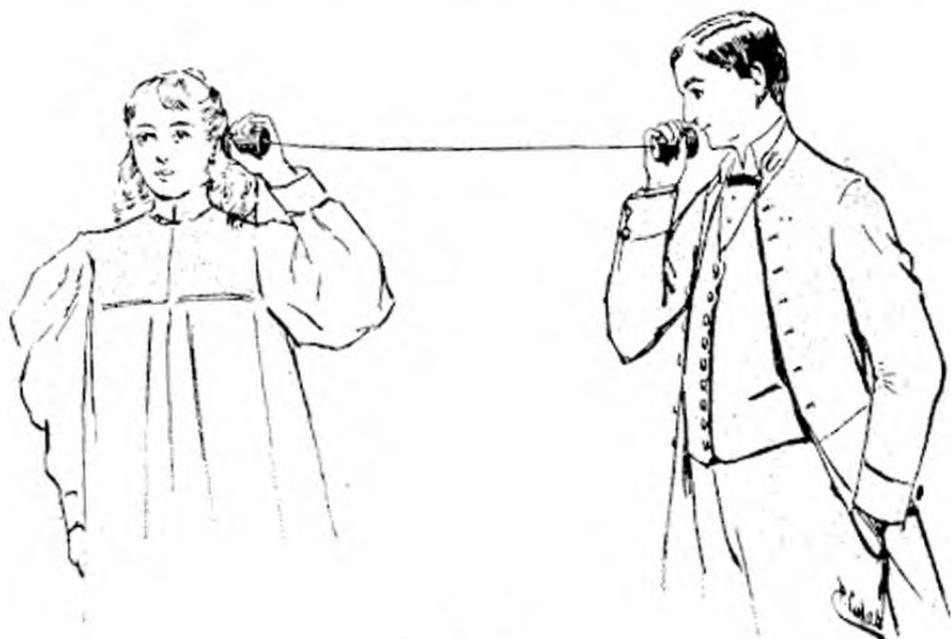


FIG. 41.

fait encore inexpliqué de la transmission de proche en proche. Comme les vibrations sont engendrées par la voix et que les matières textiles sont des corps relativement mauvais conducteurs du son, le moteur est faible.

Il résulte de cet inconvénient que le son ne peut se propager à une grande distance ; effectivement, en se plaçant dans les meilleures conditions, la conversation ainsi échangée ne dépasse pas une longueur de 200 mètres environ.

Cette distance est évidemment trop courte pour que cet instrument ait une utilité réelle. Aussi a-t-on cherché à le perfectionner par l'interposition d'appareils appelés *relais*, posés soit sur le parcours de la ficelle rectiligne, soit, plutôt, aux angles formés par celle-ci, lorsque les deux points à relier ne se trouvent pas situés dans la même direction,

Ce relai est formé d'un cylindre en laiton *L* (*fig. 12*) ou de toute autre matière, fermé des deux bouts par une membrane disposée comme celles des cornets transmetteur et récepteur. Les vibrations communiquées à l'une des membranes réagissent sur l'autre à travers la cavité cylindrique, qui fait l'office de tube acoustique.



FIG. 12.

Quoique la nature du fil influe sur l'intensité de l'effet obtenu, cette modification ingénieuse n'a pas donné de résultat satisfaisant et, en fin de compte, cet appareil ne peut être considéré que comme un jouet scientifique servant à démontrer le phénomène des vibrations longitudinales dans les cordes tendues.

Téléphone Knudson et Ellsworth. — MM. Knudson et Ellsworth ont imaginé un appareil basé sur les vibrations longitudinales des fils métalliques.

Il se compose (*fig. 13*) d'une boîte en bois *BB'* et d'une sorte de couvercle *C* muni d'une ouverture porte-voix. Entre le couvercle et la boîte est placé un diaphragme *D* d'une cons-

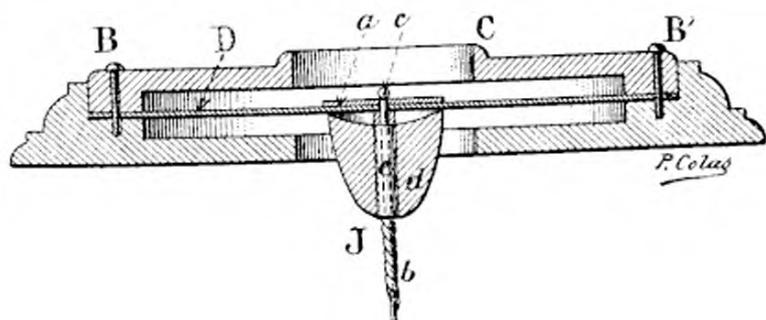


FIG. 13.

truction particulière formé d'un tissu de rubans d'osier, analogue à celui dont on se sert pour la fabrication de certains chapeaux de paille. Sur cette membrane et en face de l'ouverture est fixé un disque métallique *a* traversé par l'extrémité du fil de ligne, terminé lui-même par un bouton d'arrêt *c*. Une pièce en bois sonore *d* est munie d'une ouverture *e* destinée à loger le fil *b*, et la base de ce bloc est légè-

rement concave, afin de permettre aux bords seuls du disque a de s'y reposer. Un ressort à boudins J assure le contact d'une façon permanente.

Les sons obtenus à l'aide de cet appareil, dont le fonctionnement est identique à celui du téléphone à ficelle, sont remarquables par leur douceur et leur netteté; mais sa portée n'est pas suffisante pour qu'il puisse être employé avantageusement; de plus, la dilatation ou la contraction que subit le fil de fer suivant les différences de température nécessitent de fréquents réglages qui le rendent d'un usage difficile.

Téléphone de M. Montagu de Mandeville. — Cet instrument, que les figures 14 et 15 représentent en coupe verticale et vue de face, est formé d'une boîte sonore B, munie d'un

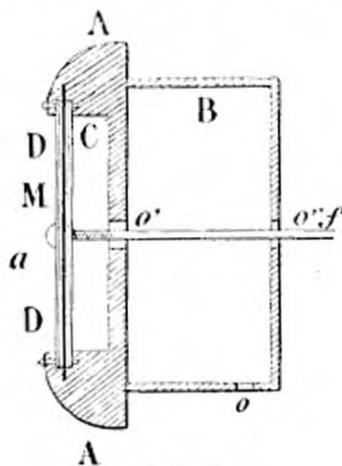


FIG. 14.

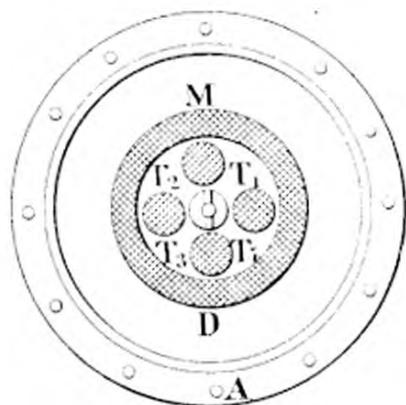


FIG. 15.

plateau A dont les rebords servent à fixer un diaphragme C composé de deux rondelles de bois très minces, entrelacées et collées de chaque côté à une pièce de toile ou de toute autre substance fibreuse. Un disque D en bois percé de trous T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , et placé devant le diaphragme, tout en laissant entre eux un certain jeu, préserve ce dernier des chocs extérieurs. Deux ouvertures o' , o'' servent de passage à un fil métallique f qui, après avoir traversé le diaphragme, vient s'attacher, à l'aide d'une broche métallique a , au centre d'une rondelle M percée, à cet effet, en son centre, d'un petit trou.

Pour se servir de cet appareil, on tend convenablement le fil jusqu'à ce que la rondelle M vienne s'appliquer contre le diaphragme; la voix, en venant frapper directement celui-ci, le fait vibrer dans toute sa surface et s'échappe par les ouvertures o , o' , o'' .

Ces vibrations se transmettent au téléphone correspondant par l'intermédiaire du fil f .

Applications pratiques des téléphones mécaniques. —

Quoique les applications des téléphones mécaniques soient très restreintes, leur simplicité de construction, de fonctionnement, d'entretien et d'installation, permet quelquefois de les utiliser pour correspondre à des distances peu éloignées.

C'est ainsi qu'il convient de signaler le système imaginé par M. Fischen pour communiquer entre deux points situés aux extrémités d'une cour. Un carreau retiré à chaque fenêtre et remplacé par une mince plaque de bois de sapin, au centre de laquelle est fixé un fil de fer, ou une simple ficelle, constitue toute l'installation.

Le son, à l'aide de cet appareil, se transmet à la plaque opposée avec une grande netteté.

Lorsque le conducteur doit passer par un ou plusieurs angles, il faut éviter de le faire reposer sur un corps non flexible; on le maintient en le suspendant au moyen d'un second fil, car le point de contact entre deux corps insuffisamment élastiques nuirait à la propagation du son, tandis que le fil de suspension n'amène aucune interruption, même quand on en multiplie l'emploi sur une seule ligne.

Si l'on désire mettre l'appareil momentanément hors de service, il suffit de placer sur la plaque un morceau d'étoffe, ou toute autre substance molle destinée à empêcher les vibrations de la plaque.

Installation d'un poste central. — Les facilités que l'on rencontre en Amérique pour l'établissement des lignes téléphoniques ou autres ont permis de tirer parti des téléphones mécaniques pour établir à de certaines distances, non seulement des communications individuelles, mais encore de relier dans un court espace de temps plusieurs personnes entre elles à l'aide d'une station centrale.

La figure 16 représente l'installation intérieure d'un poste central à New-York. Chaque fil, à son arrivée dans le bureau, est fixé à un bouton placé derrière un diaphragme en cuir qu'il traverse. De ce point partent deux fils lâches, qui aboutissent : l'un, au téléphone de l'employé chargé d'établir les

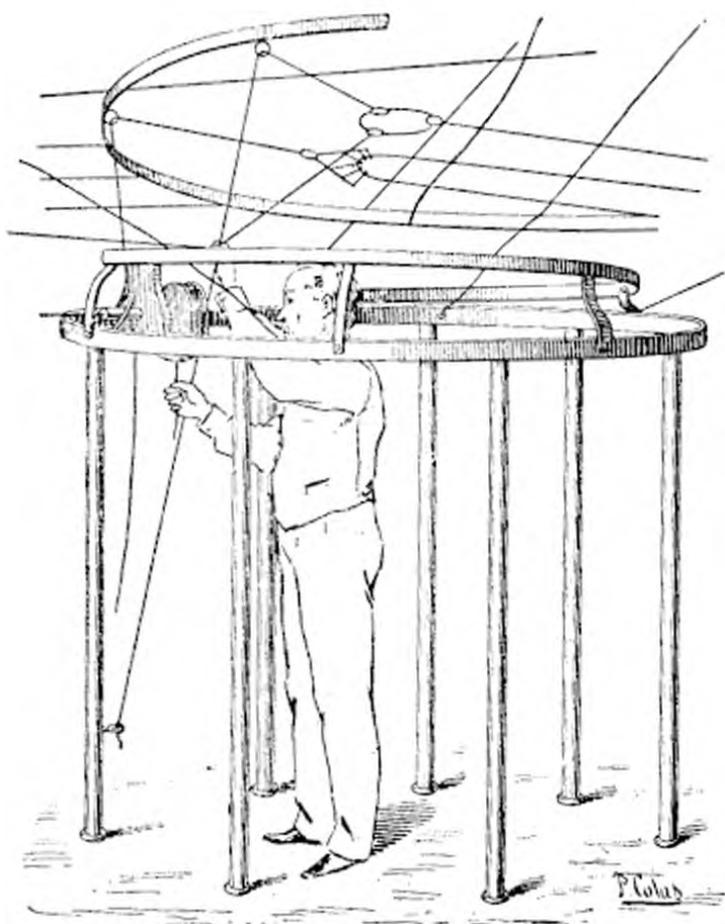


FIG. 16.

communications entre les divers abonnés ; l'autre est attaché, à l'aide d'un crochet, à un support commandé par une poulie destinée à donner aux deux fils, qui doivent être reliés, la tension convenable. Ceux-ci sont placés à différentes hauteurs de la couronne, pour éviter qu'ils ne se touchent lorsque plusieurs communications sont demandées simultanément. Après s'être assuré, à l'aide du téléphone, que la conversation

entre les abonnés est terminée, l'employé rétablit les fils dans leur état primitif en détachant le crochet.

A l'aide de ce système la conversation peut être échangée entre deux personnes distantes de 800 à 1.400 mètres.

Audiphone. — L'audiphone ne se rattache qu'indirectement à la série des téléphones mécaniques; mais il semble utile de les décrire, car il vient en quelque sorte confirmer l'explication que Gavarrat a donnée de la physiologie de l'oreille. Il permet, en effet, de démontrer que les sons peuvent être perçus par une autre voie que celle de l'ouïe proprement dite, en utilisant les propriétés conductrices des parties solides de la tête qui transmettent, grâce à la disposition des conduits internes de l'oreille, les vibrations au cerveau par l'intermédiaire du nerf acoustique.



Fig. 17.

L'audiphone, d'une largeur d'environ 0^m,30, et d'une longueur de 0^m,42, se compose d'une sorte d'éventail, ou écran en caoutchouc

durci, au sommet duquel sont fixées quatre petites cordes qui se rattachent à un cordon principal solidement maintenu par un encliquetage placé sur le manche (fig. 17).



Fig. 18.

Pour faire entendre les sons à un sujet privé de l'usage de l'ouïe, par suite d'une déficuosité de l'organe autre que la paralysie du nerf acoustique, il suffit, comme la figure 18 l'indique, de recourber légèrement cette membrane en la maintenant appliquée contre les dents de la mâchoire supérieure. Quand on parle devant, les vibrations, commu-

niquées au maxillaire supérieur, agissent sur les trois mille filets du nerf acoustique par l'intermédiaire du rocher et pro-

curent, en se transmettant aux corps solides interposés entre eux, l'impression du son au cerveau.

Il est facile de construire soi-même un audiphone. Pour cela, on donne à une feuille de carton à satinier la forme indiquée par la figure 19. Afin de s'en servir, on applique

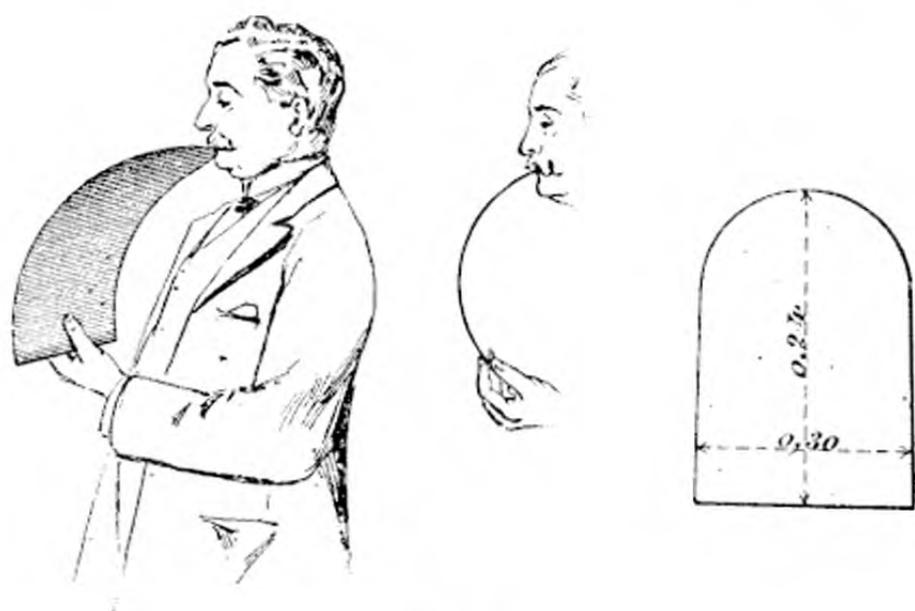


Fig. 19.

la partie arrondie contre la mâchoire supérieure et on tient à la main la partie rectiligne, après avoir donné au carton la courbure nécessaire. Comme on le voit, l'audiphone peut remplacer avantageusement un cornet acoustique.

Le mode de fonctionnement de l'audiphone permet de supposer que, si l'on appliquait sur les dents la plaque vibrante d'un téléphone ou, mieux, une tige soudée à celle-ci, une personne atteinte de surdité pourrait communiquer téléphoniquement.

CHAPITRE VI

NOTIONS D'ÉLECTRICITÉ

Définition de l'électricité. — Par le mot *électricité* on désigne la cause inconnue qui donne naissance aux divers phénomènes dits électriques.

Ces phénomènes dont le résultat est un mode de mouvement sont produits par :

- 1° Les actions mécaniques ;
- 2° Les actions magnétiques ;
- 3° Les actions chimiques ;
- 4° Les actions calorifiques ;
- 5° Les phénomènes naturels.

1° *Actions mécaniques.* — Si l'on frotte un bâton de verre, de cire, d'ambre ou de soufre, avec un morceau de drap ou, de préférence, avec une peau de chat, on remarque qu'ils acquièrent la propriété d'attirer à eux les corps légers, tels qu'une balle de sureau suspendue par un fil de soie, des barbes de plumes coupées ou des petites feuilles métalliques.

Cette *action mécanique*, le frottement, a développé sur la cire, l'ambre, etc., une certaine force capable de soulever à distance les corps légers.

Ce phénomène ayant été observé la première fois en frottant un morceau d'ambre, en grec *ἤλεκτρον*, a reçu pour ce motif le nom d'*électricité*.

On dit que l'objet frotté est électrisé.

2° *Actions magnétiques.* — Quand on place dans le voisinage d'un aimant un morceau de fer, ce dernier, lorsqu'il se trouve à proximité, est vivement attiré par l'aimant et acquiert aussitôt les mêmes propriétés.

De même, si on approche et on éloigne vivement un aimant d'une bobine de fil métallique recouvert de soie et dont les extrémités sont réunies, on constate que ce mouvement de va-et-vient fait naître un courant électrique dans le fil.

On donne le nom d'*électricité d'induction* à ces actions magnétiques qui s'exercent à distance sur les autres corps.

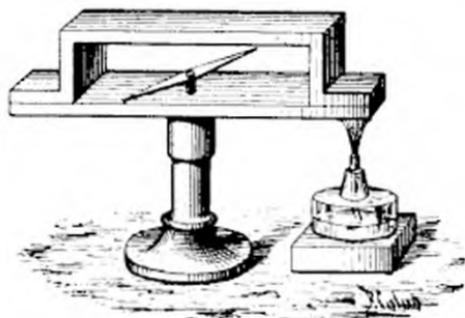


Fig. 20.

3^o *Actions chimiques.*

— Lorsque plusieurs corps, mis en présence, se séparent ou se combinent pour former de nouveaux corps, il y a dégagement d'électricité.

Ces décompositions, ou combinaisons, des corps s'obtiennent à l'aide d'appareils appelés *piles*.

Dès que l'action chimique est terminée, l'électricité ainsi dégagée cesse.

4^o *Actions calorifiques.* — Deux métaux de nature différente soudés l'un à l'autre (*fig. 20*) donnent naissance à des courants électriques dont la puissance est proportionnelle à la nature des corps mis en présence et à la différence de température qui existe entre les deux soudures. Cet effet est obtenu en soudant deux lames d'antimoine et de bismuth, de platine et de fer, ou de plomb et d'or; puis on chauffe l'une des soudures à l'aide d'une lampe à alcool, et on plonge l'autre dans un bain de glace.

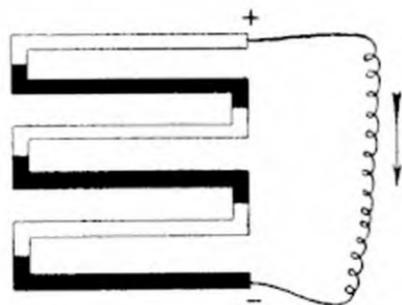


Fig. 21.

Le courant ainsi produit faiblit au fur et à mesure que la

différence de température est moins grande et disparaît dès que les deux soudures sont placées à une température égale.

L'intensité de ces courants, engendrés par les actions calorifiques, peut être augmentée en assemblant un grand nombre de couples, comme l'indique la figure 21.

Ces courants sont appelés *thermo-électriques*.

3° *Phénomènes naturels*. — La plupart des phénomènes naturels, lumière, chaleur solaire, évaporation de l'eau, nuages, brouillards, pluie, grêle, vents, aurore polaire, les vies animale et végétale sont toujours accompagnés d'un dégagement d'électricité dont la puissance varie suivant les saisons, l'état du ciel, les pays, les climats, la configuration et la composition des terrains et selon leurs conditions de conductibilité.

Théorie de l'électricité. — Dans l'ignorance où nous sommes sur la nature même de l'électricité et sur la cause de tous les phénomènes singuliers qu'elle occasionne, il est impossible d'en donner une définition exacte.

En attendant qu'une seule loi vienne détruire toutes les théories, toutes les hypothèses et tous les systèmes admis jusqu'à ce jour pour nous donner l'explication de certains phénomènes, on suppose que le mouvement électrique est dû à l'*éther*.

De même que la chaleur et la lumière qui sont le résultat des vibrations moléculaires transmises par l'éther, on admet que les phénomènes électriques ont pour causes des mouvements moléculaires.

En se condensant à la surface des corps, l'éther donne naissance à l'électricité positive, ou potentiel *en plus*, et, en s'y raréfiant, à l'électricité négative, ou potentiel *en moins*. Enfin, lorsque l'éther est en équilibre sur les corps, ces derniers sont à l'état neutre.

Cette théorie, qui semble la plus rationnelle, est celle dont nous nous servirons pour expliquer les divers phénomènes que nous aurons à étudier, et nous admettrons que ceux de l'électricité sont, comme ceux de la chaleur et de la lumière, produits par un centre d'ébranlement moléculaire et transmis, suivant les milieux, à l'éther de molécule à molécule.

Toutefois, *par convention*, nous conserverons les dénominations d'électricité positive et d'électricité négative pour faciliter l'explication des phénomènes électriques, et nous représenterons dans les figures la première par le signe +, et la seconde par le signe —.

Corps conducteurs et corps isolants. — Suivant leur nature, les corps sont plus ou moins bons conducteurs de l'électricité.

Les corps dans lesquels l'électricité ne se propage pas dans toute leur étendue sont *mauvais conducteurs*, tandis que ceux dont l'électricité se répand sur toute leur surface sont *bons conducteurs*.

Au point de vue électrique, les corps sont, suivant leur degré de conductibilité, partagés en *corps conducteurs*, *corps médiocrement conducteurs* et *corps mauvais conducteurs*.

Le tableau ci-dessous indique, suivant leur ordre de conductibilité décroissante ou de résistance croissante, les corps le plus fréquemment employés :

CORPS CONDUCTEURS	CORPS MÉDIOCREMENT CONDUCTEURS	CORPS MAUVAIS CONDUCTEURS, OU ISOLANTS
Argent pur	Charbon de cornue	Laine
Cuivre pur	Plombagine	Soie
Bronze silicieux télé- graphique	Charbon de bois	Verre
Or pur	Coke	Cire à cacheter
Aluminium pur	Acides	Soufre
Bronze silicieux télé- phonique	Dissolution saline	Résine
Zinc	Eau de mer	Gutta-percha
Bronze phosphoreux téléphonique	Air raréfié (suivant le degré)	Caoutchouc
Platine	Glace fondante	Gomme laque
Fer	Eau pure	Paraffine
Étain	Pierre	Ebonite
Plomb	Glace non fondante	Air sec
Mercure	Bois sec	
	Porcelaine	
	Papier sec	

Le nom de *corps mauvais conducteurs*, ou *isolants*, semble indiquer que les substances ainsi désignées opposent un obs-

taclé au passage des courants. Nous verrons plus loin qu'il n'existe pas, à proprement parler, de corps réellement mauvais conducteurs, comme il n'y a pas non plus de corps parfaitement bons conducteurs. Pour ce motif on appelle indistinctement *corps isolants* ou *diélectriques* les corps mauvais conducteurs.

Potentiel. — L'électricité qui se porte à la surface des corps tend toujours à s'écouler sur les objets voisins.

Mais, comme ce transport ne peut avoir lieu que si les corps mis en présence ne sont pas dans une même condition, à une même puissance électrique, cet état de pression dans lequel se trouve l'un des corps est appelé *potentiel*¹. Par suite, chaque fois qu'il y a circulation électrique d'un point à un autre, c'est qu'il existe entre ces deux points une *différence de potentiel*.

Électrisation par influence, ou induction électrique. — Un corps conducteur en contact ou placé à proximité d'un corps électrisé acquiert la propriété électrique, mais d'une façon différente.

Dans le premier cas, la quantité d'électricité accumulée à la surface du corps électrisé s'est répandue uniformément sur le corps qui en est devenu le prolongement; dans le second cas, le corps séparé du corps électrisé par un diélectrique (air sec, papier, etc.) se charge d'électricité contraire.

Cette action à distance, d'un corps électrisé sur un corps bon conducteur, a reçu le nom d'*électrisation par influence*, ou d'*induction électrique*.

L'influence électrique est d'autant plus énergique que les deux corps sont plus rapprochés et que la charge électrique est plus puissante; elle décroît rapidement au fur et à mesure de leur éloignement.

Si le corps est chargé, par exemple, d'électricité positive, il agira par influence sur le corps voisin; l'équilibre sera rompu et, comme le premier tendra à attirer le second, il se développera, d'après les principes que nous avons énoncés, de

¹ *Potentia*, puissance.

l'électricité négative dans sa partie la plus rapprochée du corps chargé d'électricité positive, et celle de même nom se portera vers la partie la plus éloignée.

Enfin, si, à proximité du corps soumis à l'influence électrique, on met en présence un troisième corps, le même effet se reproduit, et ainsi de suite; mais on remarque que les phénomènes d'électrisation diminuent au fur et à mesure de leur éloignement du corps électrisé.

On comprend facilement que, si un corps bon conducteur est mis en contact avec un autre corps électrisé, celui-ci communique à l'autre ses propriétés; toutefois il semble nécessaire d'expliquer comment cette action s'exerce à distance.

Soient A et B deux corps séparés par un diélectrique D, l'air par exemple (*fig. 22*). D'après l'hypothèse admise, il se produit à la surface du corps électrisé A une condensation de

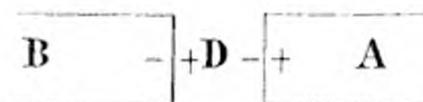


Fig. 22.

l'éther et, par suite, une charge positive ou en plus; à ce moment la zone d'éther enveloppant chaque molécule de l'air en contact avec A est raréfiée sur toute sa surface extérieure et condensée

de l'autre côté. Toutes les molécules d'air comprises entre A et B étant par cette action orientées, ou plutôt disposées de la même façon, celles de l'air en contact avec la surface extérieure de B seront condensées, et celles de A raréfiées. Par conséquent, le corps B se trouvera électrisé négativement dans la partie la plus rapprochée de A.

Comme on le voit, les molécules d'un corps électrisé participent toutes à la transmission de cette forme de l'énergie.

Cette expérience prouve que l'influence électrique ne peut se manifester à distance sans la présence d'un milieu élastique chargé de propager cette énergie et qu'à proprement parler il n'existe pas de substances parfaitement isolantes.

Distribution de l'électricité sur les corps conducteurs de diverses formes. — L'électricité développée sur un corps se porte toujours à sa surface, quelle que soit sa forme.

Répartie d'une façon uniforme sur une sphère, l'électricité

s'accumule de préférence sur les parties anguleuses, les pointes, etc.

Toutefois les corps terminés en pointes conservent l'électricité moins longtemps que les autres. L'air ambiant entourant le corps s'électrise à son contact; mais il en est aussitôt repoussé en vertu du principe de la répulsion; puis, les nouvelles couches d'air viennent successivement se mettre en regard, s'électrisent de la même façon, et ainsi de suite jusqu'à ce que le corps précédemment électrisé soit redevenu à l'état neutre.

Cette action étant proportionnelle à la forme même du corps, la quantité d'électricité accumulée sur un conducteur s'écoulera plus ou moins rapidement suivant sa configuration. Cette déperdition sera beaucoup plus prompte si l'air environnant est humide.

Le même effet a lieu dans les phénomènes d'électrisation par induction. La pointe influencée enlève au corps voisin toute la quantité d'électricité dont il est chargé. La décharge électrique s'opère avec bruit et lumière, si la quantité d'électricité accumulée en ce point est considérable; dans le cas contraire, ce mouvement s'opère lentement, sans bruit et sans lumière sensible au jour.

C'est sur ce dernier principe que repose la construction des paratonnerres.

Électricité atmosphérique. — Dès le milieu du siècle dernier, les physiciens furent frappés de la ressemblance qui existait entre les effets occasionnés par la foudre et ceux produits par l'électricité. De nombreuses expériences ont démontré depuis que l'électricité engendrée par les machines ou les actions chimiques est identique à la foudre. La forme sinueuse que prend l'étincelle électrique est également commune à l'éclair. Il en résulte que les propriétés de briser ou de déchirer les corps mauvais conducteurs, d'enflammer les substances combustibles, de fondre ou de volatiliser les métaux, de tuer les animaux, de décomposer l'eau, de déterminer des combinaisons ou des modifications diverses des gaz de l'atmosphère, appartiennent en petit à l'étincelle électrique, comme elles sont en grand le caractère propre de la foudre.

L'air enveloppant la terre contient toujours une certaine quantité d'électricité qui est due principalement à l'évaporation des eaux chargées de matières salines. Mais, quel que soit l'état atmosphérique, il existe toujours une différence de potentiel entre chaque couche de nuages ou entre les nuages et la terre, et, lorsqu'elle atteint une certaine limite, l'orage éclate¹.

Paratonnerres. — Les paratonnerres ont été imaginés pour préserver les édifices des effets de la foudre. Ils sont composés d'une tige métallique, dont l'extrémité, recouverte d'un métal inoxydable (platine ou cuivre doré), est placée sur les lieux les plus élevés et reliée au sol par une chaîne de métal.

Quand un nuage orageux passe dans le voisinage d'un paratonnerre, la quantité d'électricité que contient l'édifice s'échappe par la pointe et va neutraliser en partie celle du nuage; si, au contraire, celle de ce dernier est considérable, son électricité, sous la forme d'un éclair, s'écoule dans le sol en suivant le conducteur.

C'est également sur le pouvoir des pointes, de laisser facilement écouler l'électricité atmosphérique, que sont construits les paratonnerres employés dans les postes télégraphiques et téléphoniques pour préserver les personnes et les appareils en cas d'orage.

¹ Les radiations solaires peuvent, d'après les études faites par M. A. Nodon, être considérées également comme l'une des causes de l'électrisation des nuages.

CHAPITRE VII

MAGNÉTISME

Le mot *magnétisme* désigne en même temps la cause et l'ensemble des phénomènes produits par les aimants.

Aimants. — On appelle *aimant* toute substance qui jouit de la propriété d'attirer le fer et quelques autres métaux.

Les aimants se divisent en aimants *naturels* et en aimants *artificiels*.

Les *aimants naturels* sont composés exclusivement d'un oxyde de fer, ou oxyde magnétique, que l'on rencontre principalement dans les terrains de cristallisation tels qu'en Suède et le nord de l'Amérique.

Les *aimants artificiels* sont des barreaux, ou des aiguilles d'acier, auxquels on a communiqué les propriétés magnétiques à l'aide de procédés dont nous parlerons plus loin.

Substances magnétiques. — On donne le nom de substances magnétiques aux corps qui sont susceptibles d'être attirés par les aimants.

Ces substances sont le fer, le nickel, le chrome, le cobalt et le manganèse.

Pôles. — Ligne neutre. — Un aimant n'exerce pas son action sur les substances magnétiques avec une égale intensité en tous les points de sa surface.

Pour le démontrer, on présente un pendule magnétique M, tenu à la main, successivement en tous les points d'un aimant AB, depuis la partie inférieure A jusqu'à la partie supérieure B.

Dès que le pendule M est en regard de A, on constate que l'attraction, d'abord très énergique (fig. 23-1), va en diminuant jusqu'au milieu

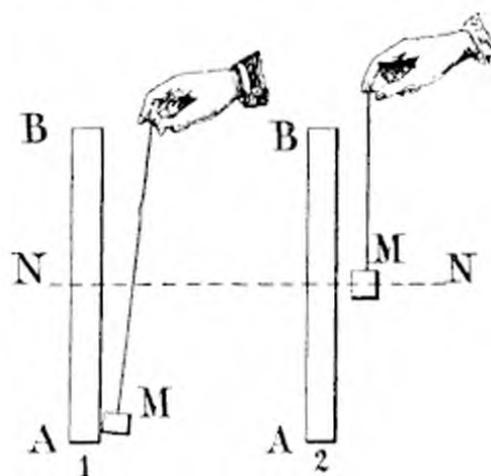


FIG. 23.

du barreau N, où elle est nulle (fig. 23-2); puis, l'attraction a lieu de nouveau progressivement au fur et à mesure du rapprochement du pendule de la partie supérieure B où la force attractive est égale à celle développée en A.

Ce phénomène est également rendu visible en plongeant un barreau aimanté NS dans de la

limaille de fer. Celle-ci, comme la figure 24 le montre, adhère fortement à chaque extrémité et forme des filaments hérissés qui deviennent moins longs et moins épais à mesure qu'ils se trouvent plus rapprochés de la partie médiane *mm*, où il n'existe aucune parcelle de fer.

Les deux parties sur lesquelles l'attraction magnétique se

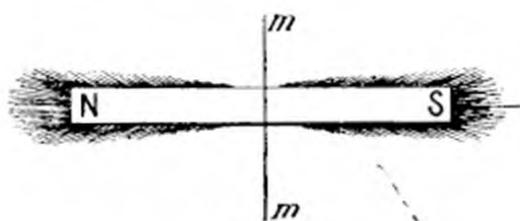


FIG. 24.

concentre s'appellent *pôles*; le point du barreau où elle est nulle se nomme *ligne neutre*.

Action mutuelle des pôles magnétiques. — Dans les pôles d'un aimant résident des forces de nature contraire.

Si l'on présente successivement à l'un des pôles d'une aiguille aimantée, librement suspendue en son milieu par

un fil, les deux pôles d'un barreau aimanté, on remarque que l'un d'eux attirera l'aiguille, tandis que l'autre la repoussera. Les mêmes effets se renouvelleront, mais dans un sens opposé, en répétant la même expérience sur l'autre pôle de l'aiguille.

Les pôles de l'aiguille ont donc, comme ceux du barreau, des propriétés distinctes.

Cette expérience permet non seulement de déterminer la nature des pôles développés à chaque extrémité d'un barreau, mais encore de démontrer que *les pôles semblables se repoussent et que les pôles de nom contraire s'attirent*. Elle montre, en outre, que l'énergie de ces actions réciproques est en raison inverse de la distance qui sépare les pôles en présence.

Magnétisme terrestre. — Une aiguille aimantée suspendue horizontalement par un fil ou placée en équilibre sur un pivot vertical prend toujours à peu près la direction du nord au sud. Si on l'en écarte, elle y revient après une série d'oscillations. On remarque, de plus, que, si l'on retourne l'aiguille de manière à changer les pôles de place, elle décrira une demi-circonférence pour reprendre sa première position d'équilibre qu'elle conserve.

La force directrice qui sollicite l'aiguille aimantée émane nécessairement d'une action extérieure que l'on suppose provenir d'une aimantation permanente de la terre.

Quelle que soit, du reste, la cause prédominante, on admet que la ligne neutre du magnétisme terrestre est située dans les régions équatoriales et que les pôles magnétiques se trouvent dans le voisinage des pôles géographiques.

En raison des phénomènes dont nous venons de parler, il a été convenu de nommer *pôle magnétique austral* celui qui se tourne vers le nord, et *pôle magnétique boréal* le côté de l'aimant dirigé vers le sud.

Cette propriété de l'aimant a été utilisée pour la construction d'appareils appelés *boussoles*.

Ces appareils, qui permettent de s'orienter sur n'importe quel point du globe, sont formés d'un pivot vertical en acier sur lequel peut pivoter un petit aimant taillé en forme de losange.

Composition des aimants. — Si l'on rompt en deux parties un barreau aimanté, on constate que chacun des fragments attire la limaille de fer à ses extrémités.

Ces morceaux, étant rompus à leur tour, se comportent comme un aimant complet ayant deux pôles et une ligne neutre ; il en est toujours ainsi, aussi loin que l'on puisse pousser la division des fragments de l'aimant sur lequel on expérimente.

Cette expérience prouve que le pouvoir magnétique n'est pas accumulé à chaque extrémité, mais qu'il réside en chaque point du barreau, quelque petit qu'il soit. Tous ses points peuvent, en conséquence, être considérés comme autant de petits aimants disposés de manière que tous les pôles de même nom soient orientés du même côté et que, par suite, deux points consécutifs se réunissent par leurs pôles de nom contraire.

Aimantation par influence. — Un morceau de fer placé à une petite distance et dans le prolongement d'un barreau aimanté acquiert les propriétés magnétiques, tant qu'il reste dans cette position ; de plus, il possède deux pôles et une ligne neutre ; le pôle le plus voisin de celui du barreau est de nom contraire ; le plus éloigné, de même nom.

On donne à ce phénomène que nous étudierons plus loin le nom d'*aimantation par influence* ou par *induction*.

Si le fer employé est bien doux, c'est-à-dire pur et non trempé, il perd presque totalement ses propriétés magnétiques dès qu'il est soustrait à l'influence du barreau aimanté.

Si, au contraire, c'est un barreau d'acier, il n'acquiert les propriétés magnétiques que très lentement et conserve son aimantation lorsqu'il est éloigné du barreau.

Les principes que nous venons d'énoncer permettent de distinguer une substance simplement magnétique d'une substance aimantée. La première est attirée indifféremment par les deux pôles d'une aiguille aimantée, quelle que soit sa position ; un aimant, au contraire, exerce sur les deux pôles d'une aiguille aimantée deux actions, l'une attractive, l'autre répulsive.

Fantômes magnétiques. — Lignes de force. — Champ magnétique. — L'attraction magnétique, dont la cause vient d'être expliquée, est rendue visible par les spectres, ou fantômes magnétiques.

Ces figures, qui étaient connues de Lucrèce ¹, s'obtiennent en plaçant une feuille de papier, sur les pôles d'un aimant ; puis, on y projette de la limaille de fer très fine, en imprimant de légères secousses à la feuille de papier. On voit aussitôt la limaille se rassembler autour des deux pôles de l'aimant et se présenter sous l'aspect d'aigrettes.

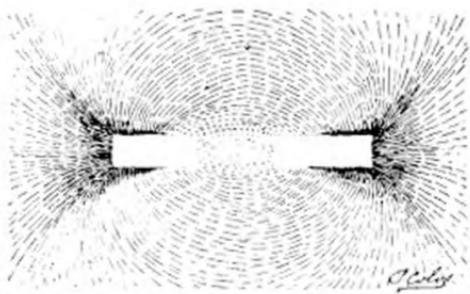


FIG. 25.

La figure 25 montre le fantôme magnétique d'un barreau aimanté placé horizontalement ; et la figure 26, celui d'un aimant en fer à cheval placé verticalement.

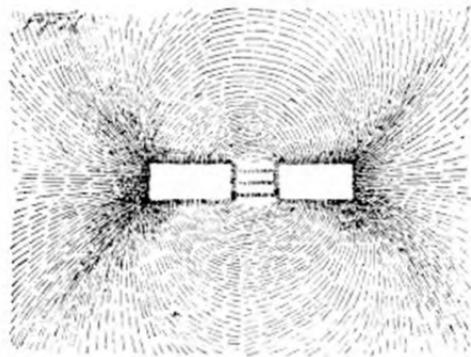


FIG. 26.

Pour fixer ces fantômes, on recouvre une plaque de verre d'une mince couche de dissolution de gomme arabique que l'on place sur l'aimant après l'avoir laissé bien sécher. Cette première opération faite, on sau-

poudre sa surface de limaille de fer doux aussi fine que possible, en frappant légèrement le bord de la plaque. Lorsque les courbes magnétiques sont convenablement développées

¹ Poète latin (95-51 avant Jésus-Christ).

on y projette de l'eau à l'aide d'un vaporisateur. Sous cette action la couche de gomme arabique se ramollit, et la limaille s'y enfonce sans que les parcelles changent de position. Il ne reste plus, une fois la gomme séchée, qu'à retirer l'aimant pour avoir le fantôme fidèlement reproduit sur la plaque.

La production des spectres magnétiques s'obtient plus facilement à l'aide d'une feuille de papier sensibilisée à l'azotate d'argent. On procède comme nous venons de l'indiquer, et on laisse le fantôme exposé à la lumière du jour pendant quelques heures ; puis, on enlève la limaille et on fait res-

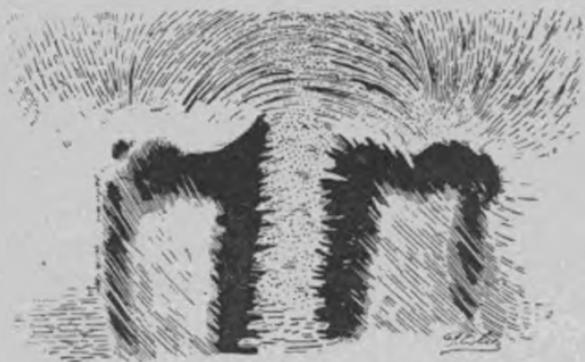


Fig. 27.

sortir le dessin en plongeant la feuille dans une solution saturée d'hyposulfite de soude, et on lave à grande eau. Les lignes de force sont indiquées en blanc sur fond noir.

Un troisième moyen consiste à employer une glace au gélatino-bromure d'argent que l'on expose, une fois recouverte de limaille, pendant une seconde à la lumière blanche ; puis, on opère, comme pour les manipulations photographiques, à la lumière rouge. On obtient un très beau cliché qui permet de tirer autant d'épreuves que l'on veut et des transparents sur verre pour la projection ; les lignes de force sont alors indiquées en noir sur fond blanc.

La figure 27 est une reproduction d'un cliché obtenu par ce procédé.

Les lignes ainsi formées sont appelées *lignes de force*, et

l'étendue occupée par elles forme le *champ magnétique* de l'aimant.

Les figures 25, 26 et 27 montrent que les lignes de force divergent presque radialement de chaque pôle et s'incurvent pour rencontrer celles du pôle opposé. On remarque également que l'épaisseur des lignes de force diminue à mesure de l'éloignement de la limaille des pôles.

En examinant attentivement la formation des fantômes magnétiques, on s'aperçoit, en outre, que les lignes de force représentent la direction résultante des forces à chaque point, car chaque parcelle tend à prendre la direction de l'influence, ou induction magnétique, due à l'action simultanée de deux pôles. Par conséquent, on peut admettre qu'elles rendent visibles les lignes d'induction magnétique ou, plutôt, la partie composée de l'induction magnétique comprise dans le plan de la figure, ce qui n'est pas tout à fait la même chose, puisque, au-dessus des pôles, la limaille s'établit presque verticalement à ce plan. Faraday a fait remarquer que ces lignes de force, dessinant le champ magnétique, montrent par leur position la direction de la force magnétique, et par leur nombre son intensité.

Procédés d'aimantation. — Les propriétés magnétiques de l'acier ont été utilisées pour fabriquer des aimants artificiels, l'action d'un aimant sur un barreau d'acier permettant d'obtenir un second aimant. Ce but est atteint en utilisant les courants électriques ou en les plaçant dans des champs magnétiques très intenses.

L'aimantation produite à l'aide de l'électricité dépend, en grande partie, du sens et de l'intensité du courant, du nombre de passes que l'on fait subir aux barreaux et de la rapidité avec laquelle on les a effectués.

Pour arriver à ce résultat, on entoure la pièce à aimanter d'une certaine quantité de fil fin de cuivre recouvert de soie relié par ses extrémités aux pôles d'une pile de Grove ou de Bunsen, dont le courant est toujours dirigé dans le même sens pendant un court espace de temps.

Dans le cas où l'on aurait à aimanter un barreau d'acier recourbé en forme de fer à cheval, il serait préférable, afin

de faciliter l'opération, de faire circuler de chaque côté du barreau, dans le sens indiqué par les flèches (*fig. 28*), deux petites bobines parcourues par un courant et formées seulement de quelques spires de fil.

Sous cette action énergique les molécules ou leurs polarités subissent un mouvement rotatoire symétrique et se maintiennent dans la même direction en vertu de la rigidité moléculaire qui les empêche de tourner dans tous les sens, comme cela a lieu dans le fer doux.

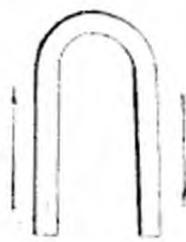


FIG. 28.

Les constructeurs obtiennent les barreaux aimantés, employés pour les téléphones, en prenant de l'acier dur auquel on donne la forme voulue. On le trempe, puis on le place sur un électro-aimant monstre dont le fil est traversé par le courant d'une machine dynamo ou d'une forte pile de Bunsen, et on laisse le barreau jusqu'à complète saturation.

Un nouveau procédé d'aimantation, dans lequel l'action électrique et l'action mécanique sont combinées d'une façon ingénieuse, est usité depuis peu. Voici en quoi il consiste :

Le barreau d'acier à aimanter est placé verticalement à l'intérieur d'une bobine entre deux blocs de fer. L'une des extrémités du fil de la bobine communique avec l'un des pôles d'une source d'électricité, piles, ou machine dynamo; l'autre extrémité est reliée au bloc de fer supérieur; enfin, le deuxième pôle de la source d'énergie électrique communique avec un marteau placé dans l'axe du système. Lorsque le marteau frappe le bloc de fer, le circuit se trouve fermé; de la sorte, la bobine produit son action d'aimantation, en même temps que la masse subit un choc mécanique; il en résulte, sans doute, une action moléculaire, car l'aimantation ainsi produite est rapide et énergique.

Propriétés magnétiques d'un barreau d'acier suivant son mode de préparation. — L'acier, dont les propriétés physiques sont à peu près analogues à celles du fer, s'obtient soit par la *trempe*, soit par la *compression* que l'on fait subir à ce corps. Mais l'expérience démontre que la puissance magnétique varie sensiblement suivant la méthode employée.

La trempe, comme chacun sait, consiste à refroidir brusquement, par l'immersion dans l'eau froide, ou un autre liquide, une masse de fer préalablement portée à la chaleur rouge ; la compression, au contraire, est produite en chauffant le métal jusqu'à ce qu'il ait acquis une ductilité suffisante, puis à le soumettre pendant le refroidissement à une pression très énergique.

Ce dernier mode de préparation est de beaucoup préférable, car il est prouvé qu'un aimant formé d'un barreau d'acier trempé, recuit au rouge ou travaillé, perd avec le temps une grande partie de ses propriétés magnétiques, tandis que l'acier comprimé recuit, limé, foré et même forgé, les conserve indéfiniment.

Ces avantages font que, depuis l'application de ce procédé, qui remonte à l'année 1884, les aimants employés pour la construction des téléphones sont, de préférence, en acier comprimé¹.

Points conséquents. — Lorsqu'on aimante un barreau d'acier suivant l'ancienne méthode, il arrive quelquefois qu'il se forme des points où les deux pôles se réunissent et, par conséquent, présentent des irrégularités telles qu'une aiguille aimantée y est plusieurs fois attirée et repoussée. On appelle ces perturbations magnétiques des *points conséquents* (fig. 29).



Fig. 29.

Un tel état de choses se produit quand une bande d'acier très dure est aimantée irrégulièrement, c'est-à-dire quand elle est touchée en certains points seulement par de forts aimants. Un barreau ainsi influencé consiste virtuellement en plu-

¹ La méthode de la trempe par compression est due à M. Clémandot.

sieurs aimants mis bout à bout, mais dans des directions inverses AB, A'B', A''B'', etc.

En aimantant un barreau au moyen d'une hélice en cuivre parcourue par un courant, on peut produire à volonté des pôles consécutifs en contournant le fil tantôt dans un sens, tantôt dans un autre.

Ces pôles intermédiaires ont été utilisés par quelques inventeurs pour augmenter, dans certaines proportions, l'action du champ magnétique.

Distribution lamellaire du magnétisme. — Plaques magnétiques. — La distribution du magnétisme dans un barreau s'obtient non seulement à ses deux bouts, mais il est également possible de faire acquérir les propriétés magnétiques à toute l'étendue d'une plaque très mince, de telle sorte que toute une de ses faces possède une même aimantation, et l'autre une aimantation contraire. Si un nombre infini de petits aimants sont disposés les uns à côté des autres, comme les alvéoles où les abeilles déposent leurs œufs et leur miel, toutes les extrémités aimantées nord des molécules se trouveront au dessus, par exemple, et toutes les extrémités sud au dessous, ou, en d'autres termes, l'une des faces sera un large pôle nord, et l'autre un pôle sud.

Une telle distribution est appelée *distribution lamellaire*, pour la distinguer de la distribution solénoïdale qui a lieu dans un barreau.

Conservation du magnétisme dans les barreaux aimantés.



FIG. 30.

— **Armatures.** — Un aimant naturel ou artificiel ne conserve pas toujours ses propriétés magnétiques, et peu à peu l'aimantation disparaît sous l'influence de diverses causes extérieures.

Pour remédier à cet inconvénient on place au contact de leurs pôles une pièce en fer doux *ba* (fig. 30) nommée *ar-*

mature, à laquelle on fait porter ordinairement un poids.

Parmi les causes qui amènent la déperdition du magnétisme dans un barreau d'acier, il convient de mentionner la chaleur. On constate, en effet, que la puissance magnétique d'un aimant diminue au fur et à mesure de l'élévation de la température, pour disparaître dès qu'il atteint le rouge sombre.

Dans les aimants d'une puissance faible, tels que les aiguilles des galvanomètres, il n'est pas nécessaire de prendre les précautions que nous venons d'indiquer pour entretenir leur aimantation, puisque l'action du magnétisme terrestre remplace dans ce cas l'armature. Toutefois, on doit avoir soin de les laisser constamment soumis à cette force extérieure et d'éviter de les placer dans le voisinage d'aimants puissants.

Faisceaux magnétiques. — Un faisceau magnétique est une réunion de plusieurs barreaux aimantés, fortement unis les

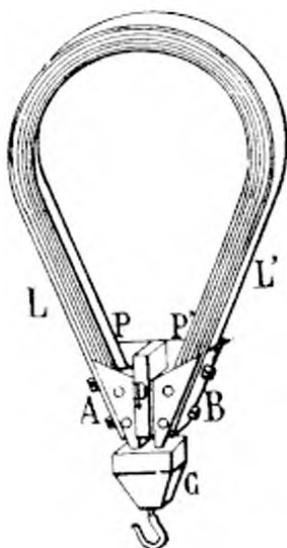


FIG. 31.

uns aux autres par des armatures en fer deux (*fig. 31*). On augmente de la sorte, quelle que soit la forme, la force portative que la somme de chaque aimant pourrait fournir séparément.

M. Jamin a été amené, à la suite de ses études sur le magnétisme, à fabriquer des faisceaux magnétiques dont la force portative est 24 fois supérieure au poids de l'aimant, c'est-à-dire qu'un aimant pesant 500 grammes peut supporter un poids de 10^{kg},500.

CHAPITRE VIII

COURANT ÉLECTRIQUE. — PILES

Courant électrique. — Dans la définition de l'électricité énoncée plus haut, nous avons vu que toute réaction chimique, combinaison, décomposition, ou recomposition, était une source d'électricité.

Cette forme particulière de l'énergie, qui résulte de l'affinité de deux ou plusieurs corps de nature différente, est appelée *force électromotrice*.

L'effet de cette force est de produire, entre les deux points sur lesquels s'exerce l'action chimique, une rupture d'équilibre électrique, ou différence de potentiel.

D'après la théorie admise, on comprend facilement que, si les deux corps, sur lesquels l'action chimique agit d'une façon différente, sont réunis par un fil métallique, l'équilibre électrique ainsi détruit tend à se rétablir par ce conducteur.

Ce dégagement d'électricité est désigné sous le nom de *courant électrique*, qui circulera sans interruption dans le conducteur pendant toute la durée du travail chimique.

On admet dans la pratique que le courant va de son point de condensation à son point de raréfaction, dont le résultat est de produire un mouvement vibratoire moléculaire dans la masse des corps mis en présence. Mais ce ne sont que de simples conventions de langage ; et, d'après la théorie de l'électricité que nous avons donnée, on pose, comme règle, que, le corps électrisé positivement étant à un potentiel plus élevé que le corps électrisé négativement, le courant circule dans un sens unique, celui du courant positif.

Piles. — On donne le nom de *pile* à tout appareil destiné à donner naissance, sous l'influence d'une action chimique, à un dégagement d'électricité.

Une pile comprend habituellement plusieurs parties semblables appelées *éléments*.

Un élément se compose de deux lames métalliques, ou *électrodes* plongeant dans un liquide acidulé. Les métaux de chaque couple sont de nature différente, ordinairement cuivre ou charbon et zinc. Le liquide agit chimiquement sur l'un d'eux, le zinc.

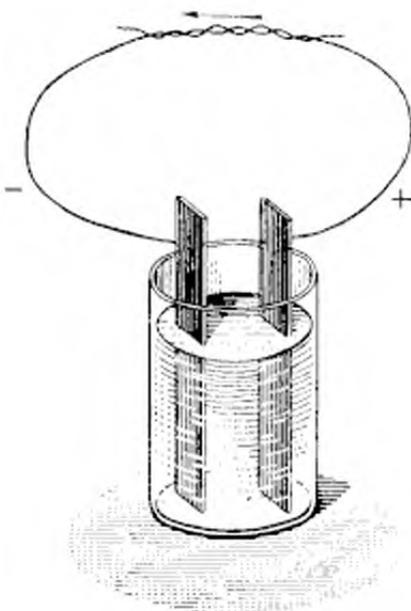


FIG. 32.

La lame de zinc qui intervient dans l'action chimique est appelée *électrode génératrice*; la lame de cuivre, ou le prisme de charbon, se nomme *électrode conductrice*.

Une pile peut être composée de plusieurs éléments reliés entre eux de manière différente, suivant les effets que l'on veut obtenir. En téléphonie, le mode de groupement des éléments consiste généralement à relier l'électrode génératrice du premier élément à l'électrode conductrice du deuxième, et ainsi de suite jusqu'au dernier. Les extrémités de la pile sont appelées *pôles* (fig. 32).

Le cuivre ou le charbon du premier élément est le *pôle positif*, et le zinc du dernier, le *pôle négatif*.

Pile à un seul liquide. — Cette pile, la plus simple de toutes, est formée d'un vase contenant de l'eau acidulée par l'acide sulfurique dans laquelle plongent une lame de cuivre et une lame de zinc (fig. 32).

Les couples métalliques étant disposés comme il vient d'être indiqué, il se produit, dès que les pôles sont réunis, une action chimique qui modifie l'état électrique des métaux : l'oxygène de l'eau se combine avec le zinc pour former de l'oxyde de zinc, qui, à son tour, s'unit à l'acide sulfurique pour former du sulfate de zinc, et l'hydrogène est mis en liberté.

Le cuivre, qui n'est pas attaqué, constitue l'électrode conductrice, tandis que le zinc est l'électrode génératrice; l'équilibre électrique est rompu, et le courant se propage à travers le conducteur pendant toute la durée de la rupture.

Cette action chimique est très active au début et fournit un courant intense, en raison de la grande affinité que les corps en présence ont les uns pour les autres. Dans ces conditions le zinc s'use rapidement, la proportion d'acide sulfurique diminue, et l'action chimique cesse.

Les piles de ce genre, dont la force du courant varie au fur et à mesure que s'opère le travail chimique, n'ont jamais été utilisées que pour des expériences ou des démonstrations de laboratoire.

Polarisation. — Le travail chimique que nous venons d'indiquer n'est pas le seul qui ait lieu dans cette pile; l'eau est, comme nous venons de le voir, décomposée, et l'une de ses parties constituantes, l'oxygène, s'unit d'abord au zinc; l'autre partie, l'hydrogène, resté libre, est entraîné vers l'électrode conductrice qu'il finit par envelopper; ce corps, étant mauvais conducteur, isole le cuivre, et il en résulte un affaiblissement considérable du courant.

L'hydrogène offre, en outre, un autre inconvénient: étant très oxydable, ce corps joue le même rôle électromoteur que le zinc, et il s'établit un courant secondaire qui, allant dans un sens opposé au courant principal, en diminue forcément l'énergie. On dit alors que la pile est *polarisée*.

C'est pour combattre les effets nuisibles de l'hydrogène que l'on a imaginé les piles dites constantes, dans lesquelles on ajoute un corps liquide ou solide susceptible de former avec les produits secondaires qui causent la polarisation d'autres combinaisons moins nuisibles.

Telles sont :

1° Les piles à un seul liquide avec dépolarisant solide ou liquide;

2° Les piles à deux liquides, dont l'un joue le rôle de dépolarisant.

Nous ne donnerons ici que la description des piles le plus ordinairement employées en téléphonie.

PILES A UN SEUL LIQUIDE AVEC DÉPOLARISANT SOLIDE

Les piles à un liquide avec dépolarisant solide sont les piles Leclanché et Lalande et Chaperon.

Piles Leclanché. — Il existe deux modèles de pile Leclanché : le premier comprend un vase poreux renfermant la substance dépolarisante ; le deuxième est formé de plaques agglomérées mobiles.

1^o *Pile Leclanché à vase poreux.* — Un élément de cette pile est composé d'un vase en verre ordinairement quadrangulaire, d'un bâton ou crayon de zinc amalgamé, d'un vase poreux au milieu duquel est placé un prisme de charbon de cornue (fig. 33).

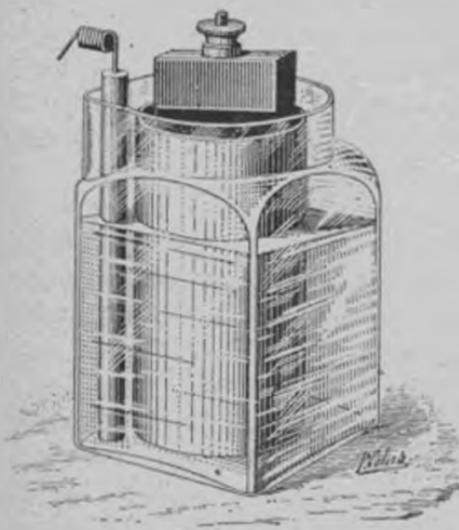


FIG. 33.

Le vase en verre contient de l'eau à laquelle sont ajoutés 80 à 100 grammes environ de chlorhydrate d'ammoniaque.

Le vase poreux renferme, en parties à peu près égales, du charbon de cornue et du peroxyde (ou bioxyde) de manganèse concassés entourant le prisme de charbon.

Le vase est fermé par un bouchon de cire percé d'une ouverture, pour permettre à l'air de s'échapper quand l'eau y pénètre.

La partie supérieure du prisme de charbon est recouverte d'une calotte en plomb, à laquelle est soudée une lame de cuivre supportant le crayon de zinc de l'élément voisin. Cette

lame de cuivre est ordinairement étamée et recouverte d'une couche de bitume de Judée pour éviter l'oxydation.

Le pôle positif est formé par le premier charbon, et le pôle négatif par le dernier zinc.

2° *Pile Leclanché à plaques agglomérées mobiles.* — Cette pile est une modification de la précédente. L'inventeur, s'étant aperçu que la conductibilité augmentait lorsqu'il tassait le mélange, préalablement réduit en poudre, contenu dans le vase poreux, a été amené à supprimer ce dernier en comprimant à la presse hydraulique le peroxyde de manganèse, le charbon de cornue et une substance destinée à maintenir ensemble toute la masse.

Un élément de cette pile se compose de deux plaques agglomérées comprenant :

- 40 parties de peroxyde de manganèse ;
- 55 parties de charbon de cornue ;
- 5 parties de résine gomme-laque.

servant de ciment, auquel on ajoute une très petite quantité de bisulfate de potasse pour faciliter le travail chimique (*fig. 34*).

Entre ces deux plaques on place une lame de charbon de cornue, à laquelle est fixée à la partie supérieure une vis de serrage. Le tout est maintenu à l'aide de deux jarretières en caoutchouc.

Le haut du crayon de zinc est généralement percé d'un petit trou dans lequel, après y avoir introduit un fil de fer galvanisé, on coule du plomb pour assurer un bon contact. Ce conducteur enroulé en spirale cylindrique permet, tout en lui donnant une certaine élasticité, de l'allonger suivant le cas et de supprimer les fils volants pour relier entre eux les éléments d'une pile.

Dans certains modèles, le charbon, les plaques agglomérées et le zinc sont réunis par des jarretières. On place alors entre les électrodes une petite baguette en bois ou, plutôt, en porcelaine.

Outre l'avantage de la suppression du vase poreux, qui oppose un obstacle au travail chimique, la continuité de la

matière solide et la diminution des espaces vides remplis par le liquide augmentent de beaucoup la conductibilité.

Malgré ces divers avantages, cette pile ne peut être utilisée sur les lignes téléphoniques importantes en raison de sa polarisation.

Pour expliquer ce phénomène, il est nécessaire d'indiquer

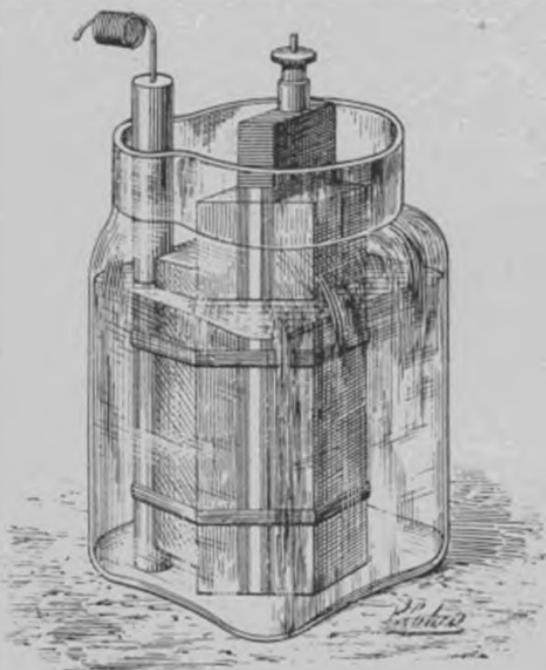


FIG. 34.

auparavant le travail chimique de la pile donné par l'inventeur.

Le chlore de l'acide chlorhydrique s'unit au zinc pour former du chlorure de zinc; l'ammoniaque est mise en liberté, et l'hydrogène provenant de l'acide chlorhydrique prend un équivalent d'oxygène du peroxyde de manganèse qui passe à l'état de sesquioxyde.

Le travail chimique est, en réalité, beaucoup plus complexe.

Ainsi une partie de l'hydrogène devenu libre se dépose sur le charbon et ne s'oxyde pas aux dépens du peroxyde de manganèse, d'où une résistance intérieure de pile considérable.

Il se forme, en outre, des sels doubles peu solubles, qui ralentissent le travail, notamment le chlorure double de zinc et d'ammonium.

Ces deux effets ont pour résultat de polariser la pile.

Mais, à côté de ces inconvénients, l'emploi de cette pile offre en retour des avantages. L'expérience démontre qu'en laissant la pile reposer pendant quelques instants elle recouvre son énergie première, surtout si l'on a eu le soin de ne pas remplir complètement d'eau le vase en verre, afin de pouvoir, suivant une expression consacrée, laisser respirer le charbon et le peroxyde de manganèse.

Ce phénomène s'explique de la façon suivante :

Lorsque la pile est polarisée, l'oxygène de l'air exerce une double action sur l'hydrogène entourant le prisme de charbon et sur le sesquioxyde de manganèse. Il se combine, d'une part, avec l'hydrogène pour former de l'eau et, d'autre part, avec le sesquioxyde de manganèse qu'il régénère en peroxyde. Si l'on a la précaution d'enlever les sels déposés sur le crayon de zinc, la polarisation ne doit pas théoriquement se produire.

Toutefois, on ne peut éviter une variation de courant, au fur et à mesure que s'opère le travail chimique et, par suite, la polarisation.

La facilité d'entretien de la pile Leclanché, qui consiste à maintenir dans chaque élément le même niveau d'eau, à gratter de temps en temps les crayons de zinc et à renouveler tous les six mois environ la provision de chlorhydrate d'ammoniaque, rend son emploi presque exclusif pour la téléphonie domestique.

Si le chlorhydrate d'ammoniaque manquait, il pourrait être remplacé par du sel marin (chlorure de sodium) ou de l'alun ordinaire ; mais la force du courant serait moindre.

Pile Bloc à liquide immobilisé. — L'emploi de la cellulose extraite des noix de cocos a été mis à profit avec succès par M. Germain, pour apporter un perfectionnement qui permet d'employer avantageusement les piles du genre Leclanché sur les grandes lignes téléphoniques.

Séparée, par le cardage, de la noix du palmier, la cellulose

possède un pouvoir absorbant considérable pour les gaz et les liquides; de plus, elle présente une inaltérabilité presque absolue à l'action de l'air et des sels provenant des réactions de la pile Leclanché.

La pile Bloc est formée d'une boîte en bois de chêne, bouillie dans la paraffine pour en chasser l'humidité et rendue hermétique par un enduit à base de goudron. A l'intérieur, on met une plaque de zinc pur soigneusement amalgamée et vernie sur la face qui repose au fond de la boîte. Cette électrode est reliée, par une tige de cuivre, recouverte d'une substance non hygrométrique, à la borne extérieure Z. Sur la plaque est comprimée, couche par couche, une certaine quantité de cellulose imbibée à chaud d'une solution de chlorhydrate d'ammoniaque dans le rapport de 1 en poids de cellulose pour 3,5 à 4 de liquide. Un prisme de charbon de cornue entouré de peroxyde de manganèse et charbon concassé est placé au-dessus de la cellulose; une tige filetée en maillechort le relie à la borne C (*fig. 35*).

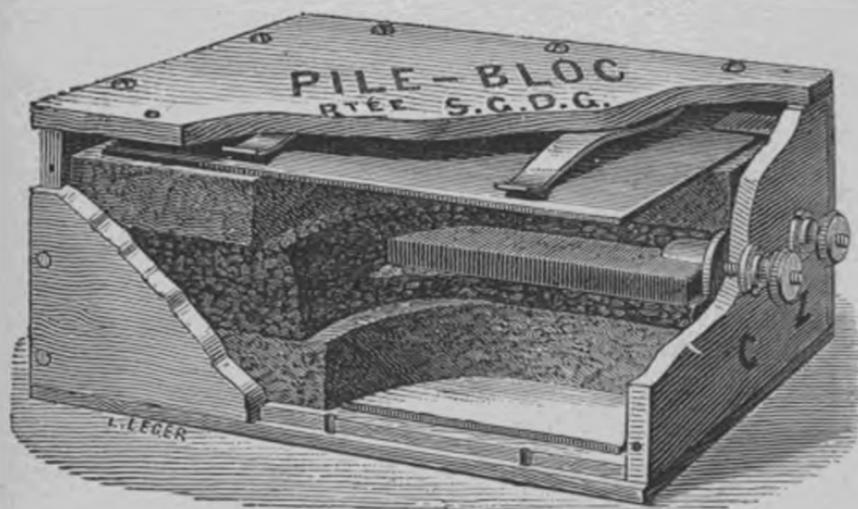


FIG. 35.

Une deuxième couche de cellulose sépare ensuite l'électrode conductrice d'une seconde plaque de zinc reliée comme la première à la borne Z.

L'élément est enfin complété par une planchette de bois sur laquelle appuient de forts ressorts en acier vernis.

Afin que les diverses substances renfermées dans la pile soient bien serrées les unes contre les autres, on ferme la boîte sous la presse mécanique au moyen de fortes vis. On réalise ainsi une pression qui peut s'évaluer à 200 grammes environ par centimètre carré.

La pile est alors prête à fonctionner.

Pile Lalande et Chaperon.

— Cette pile affecte diverses formes appropriées aux usages auxquels elle est destinée.

L'élément à spirale se compose d'un vase en verre V au fond duquel est placée une cuvette en tôle de fer A renfermant de l'oxyde de cuivre B, qui fait l'office de dépolarisant. Une tringle en cuivre C, recouverte d'une matière isolante, y est fixée et traverse un couvercle mobile en bois E qui supporte, à l'aide de la vis F, un cylindre de zinc D roulé en spirale. L'élément se complète par une solution de 30 ou 40 0/0 de potasse caustique que l'on verse dans le vase (fig. 36). Le pôle positif se trouve à la lame de cuivre C, et le pôle négatif à la borne F.

La pile ainsi constituée peut travailler sur un circuit fermé continu pendant plusieurs jours sans pola-

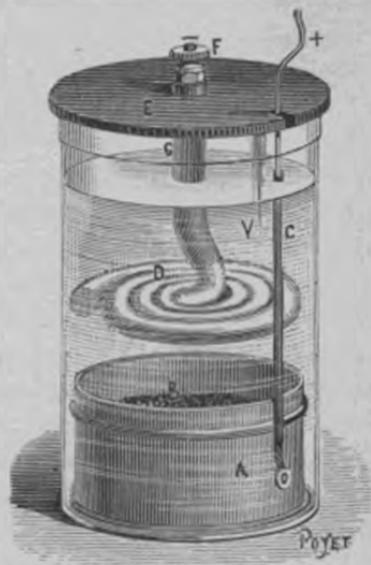


FIG. 36.

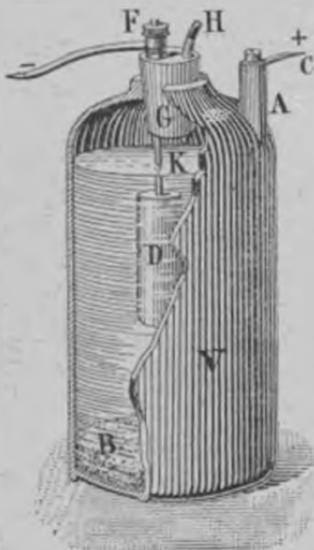


FIG. 37.

risation notable et presque jusqu'à complet épuisement des produits. Si l'on joint à cela la qualité essentielle de ne rien consommer en circuit ouvert, on trouvera naturel son emploi dans les postes téléphoniques importants. Sa durée est de vingt à trente mois.

Les inventeurs recommandent pour les applications domestiques les éléments hermétiques (*fig. 37*), qui ont le grand avantage de pouvoir fonctionner pendant des années sans qu'il y ait lieu de les nettoyer, d'ajouter de l'eau, de gratter les zincs, etc., inconvénients bien connus des autres piles.

Le travail chimique des éléments Lalande et Chaperon est très simple : l'oxygène provenant du bioxyde de cuivre s'unit à l'hydrogène pour former de l'eau ; le zinc est, en circuit fermé, attaqué par la potasse et se transforme en zincate de potasse soluble ; l'hydrogène réduit le bioxyde de cuivre à l'état de cuivre, bon conducteur.

Pile Lalande à plaques agglomérées. — M. Lalande a apporté un perfectionnement notable à sa pile en employant l'oxyde de cuivre sous forme d'agglomérés à surface métallisée.

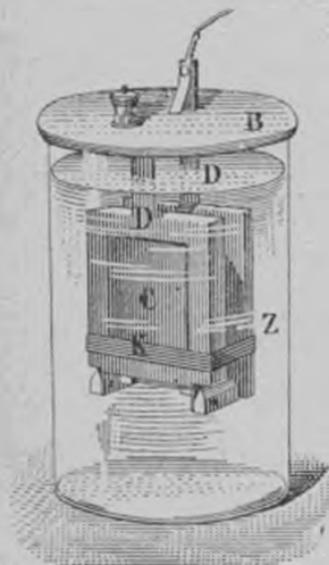


FIG. 38.

Les plaques d'oxyde de cuivre aggloméré C sont maintenues verticalement, en regard d'une plaque de zinc Z, contre des supports métalliques DD fixés au couvercle B. L'ensemble des plaques est pressé par une bande de caoutchouc K.

Il existe différents modèles, la figure 38 représente un élément de petite dimension.

Les piles à oxyde de cuivre sont appelées à rendre de nombreux services dans toutes les applications où l'on a besoin d'un courant constant.

PILES A UN SEUL LIQUIDE AVEC DÉPOLARISANT LIQUIDE

Ces piles, quoique assez nombreuses, ne semblent pas réunir toutes les conditions exigées pour rendre un bon service; leur principal inconvénient étant de travailler en circuit ouvert, c'est-à-dire constamment. Aussi ne donnerons-nous que la description de la pile au bichromate de soude qui peut être employée utilement dans les installations téléphoniques.

Piles au bichromate de soude. — Le bichromate de potasse dont il est fait usage dans certaines piles comme agent dépolarisant a été remplacé par le bichromate de soude. Les études comparatives faites avec ces deux substances ont démontré que l'épuisement est bien plus rapide, lorsqu'on se sert du bichromate de potasse. La grande solubilité et la grande proportion d'oxygène que le bichromate de soude possède sont certainement les causes qui augmentent sa durée. Ces avantages sont rendus encore plus sensibles dans la pile à deux liquides que nous décrirons.

La pile à bichromate de soude à un seul liquide est formée d'un vase en verre dans lequel on verse une dissolution de ce sel; une lame de charbon et une lame de zinc constituent les deux électrodes. Pour activer le bon fonctionnement de cette pile, il convient d'y ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique.

PILES A DEUX LIQUIDES

Quoique fort nombreuses, les piles à deux liquides sont relativement peu utilisées sur les lignes téléphoniques.

Elles sont formées de deux vases de dimensions différentes dans lesquels on verse respectivement deux liquides capables d'agir chimiquement l'un sur l'autre. Au milieu de chacun des deux vases baignent séparément les électrodes.

Nous nous bornerons à décrire les piles au bichromate de soude et Callaud.

Pile au bichromate de soude. — La pile au bichromate de soude comprend de l'acide sulfurique dilué et un cylindre

de zinc dans le vase extérieur, et une solution de bichromate de soude au milieu de laquelle plonge un prisme de charbon dans le vase poreux.

Le rendement de cette pile peut être augmenté en intervertissant la position des électrodes par rapport aux liquides environnants. Cette interversion consiste à placer le zinc et l'acide sulfurique dans le vase poreux et le charbon en dehors de ce dernier, afin d'employer une quantité beaucoup plus grande du mélange dépolarisant.

Mise en essai sur de grandes lignes téléphoniques, où il y a lieu de tenir compte des dépenses et de l'entretien, cette pile a donné d'excellents résultats.

Pile Callaud. — La pile Callaud est, en raison du courant constant qu'elle fournit, très employée sur les lignes téléphoniques. Basée sur la densité des liquides, elle est une simplification de la pile Daniell.

Elle se compose (*fig. 39*) d'un vase extérieur en verre, au fond duquel repose une feuille de cuivre roulée en spirale et

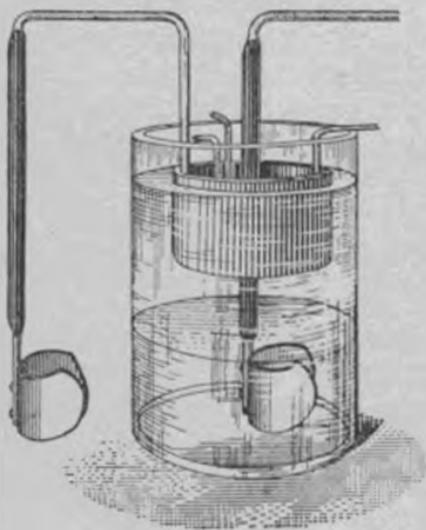


FIG. 39.

rivée à une tige de cuivre recouverte de gutta-percha. On verse jusqu'à la moitié du vase une dissolution de sulfate de cuivre, à laquelle on ajoute une provision de cristaux destinés à entretenir la saturation. Sur cette dissolution on verse de l'eau ordinaire dans laquelle plonge un cylindre de zinc fendu longitudinalement et retenu à la partie supérieure du vase par des crochets.

Le travail chimique se fait lentement, et l'hydrogène de l'eau, en se combinant avec l'oxygène du sulfate de cuivre, empêche les effets de la polarisation.

Cette pile ne demande que peu d'entretien. Il suffit d'enlever les efflorescences du sulfate de zinc qui, par endosmose, établiraient entre chaque élément des courants locaux nuisibles, et les stalactites de cuivre impur que l'on voit se former autour du cylindre de zinc. Ce dépôt, provenant de la décomposition du sulfate de cuivre, fait naître une communication électrique intérieure qui diminue la force du courant.

Placée dans un endroit sec, la pile Callaud, visitée de temps en temps, dure jusqu'à la complète usure du zinc, en prenant soin d'entretenir la saturation.

CHAPITRE IX

CIRCUIT. — LOI DE OHM. — GROUPEMENT DES PILES

CIRCUIT

On désigne sous le nom de *circuit* tout ensemble où s'opère, par une cause quelconque, une circulation électrique.

On distingue en téléphonie deux sortes de circuit :

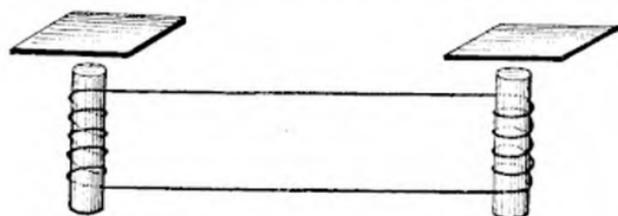


FIG. 40.

1° *Circuit téléphonique magnétique ou magnéto-électrique*: suite d'appareils et de conducteurs dans lesquels circule un courant produit par l'action d'une substance magnétique sur un aimant (*fig. 40*);

2° *Circuit téléphonique avec pile*: suite d'appareils et de conducteurs dans lesquels circule un courant provenant d'une action chimique (*fig. 41*).

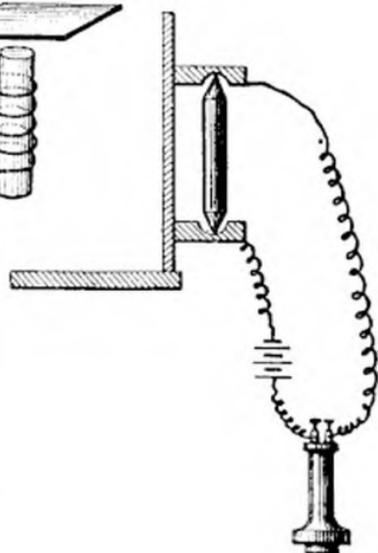


FIG. 41.

Circuit ouvert. — **Circuit fermé.** — Toute circulation électrique ne peut s'établir que si les appareils et les conducteurs sont reliés métalliquement entre eux ou par la terre.

Dans ces conditions, le circuit est dit *fermé*; il est *ouvert*

lorsqu'il existe une solution de continuité en un point quelconque.

Rôle de la terre. — Un circuit peut se fermer soit en reliant les appareils, comme le montrent les figures 40 et 41, à l'aide

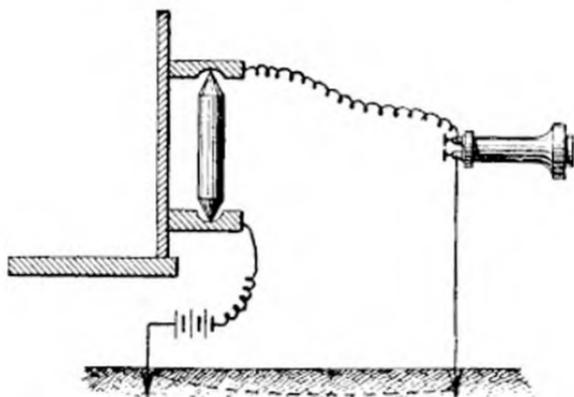


FIG. 42.

de deux conducteurs qui prennent respectivement les noms de fil d'aller et de retour, soit en mettant les deux extrémités d'un conducteur en communication avec la terre (fig. 42).

Cette propriété de la terre fut découverte par Steinheil, en 1837. Son rôle s'explique d'ailleurs par la théorie. On admet que le potentiel de la terre est nul, c'est-à-dire égal à 0; celui du pôle positif de la pile étant en plus ou égal à $+0$, celui du pôle négatif étant en moins ou égal à -0 , il en résulte que l'équilibre électrique se rétablit par le sol humide interposé entre ces deux points.

Composition d'un circuit téléphonique magnétique. — D'une manière générale, un circuit téléphonique magnétique comprend :

- 1° Un appareil transmetteur devant lequel on parle;
- 2° Une ligne;
- 3° Un appareil récepteur;

4° Un fil de retour ou la terre (*fig. 42 bis*).

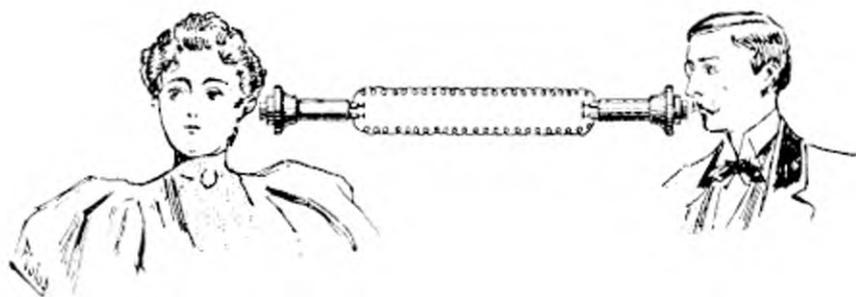


FIG. 42 bis.

Composition d'un circuit téléphonique avec pile. — Un circuit téléphonique avec pile comprend :

1° Une pile dont l'un des pôles est en communication immédiate avec la terre ou un fil de retour ;

2° Deux corps médiocrement conducteurs superposés et reliés : l'un, au pôle demeuré libre de la pile ; l'autre, au fil de ligne ;

3° Une ligne ;

4° Un appareil récepteur semblable à celui qui entre dans la composition d'un circuit téléphonique magnétique ;

5° La terre ou un fil de retour (*fig. 41 et 42*).

En résumé, tout système téléphonique comprend essentiellement :

Un transmetteur, un récepteur et une ligne à simple fil avec une communication à la terre ou à double fil pour relier les deux appareils.

LOIS DES COURANTS

Résistance. — Intensité. — Loi de Ohm. — Unités électriques. — Lorsque deux points d'un conducteur sont maintenus à un potentiel différent, il s'établit, ainsi qu'il a été dit précédemment, un courant électrique dirigé du point où le potentiel est le plus élevé vers l'autre.

Mais, comme tous les corps, suivant leur nature, opposent

une résistance plus ou moins grande au passage du courant, il y a intérêt à connaître, dans tout conducteur, le degré d'activité de la circulation électrique.

Ceci nous amène à considérer :

1^o La *force électromotrice*, c'est-à-dire la puissance d'action en vertu de laquelle le courant s'établit ;

2^o La *résistance*, ou l'obstacle plus ou moins grand, que le conducteur oppose à la circulation du courant ;

3^o L'*intensité*, ou la quantité d'électricité qui traverse le conducteur dans un temps donné.

Loi de Ohm. — Ohm, en appliquant à la propagation de l'électricité l'hypothèse de Fourier pour la chaleur, a été amené à démontrer, à l'aide d'une formule algébrique très simple, que l'intensité d'un courant traversant un conducteur entre deux points est proportionnelle à la force électromotrice qui alimente le circuit et inversement proportionnelle à la résistance.

En désignant par I l'intensité du courant, par E la force électromotrice, et par R la résistance du conducteur, on peut poser la formule $I = \frac{E}{R}$, d'où se déduit l'intensité du courant, la force électromotrice et la résistance étant connues.

C'est la loi de Ohm.

Elle s'exprime ainsi :

L'intensité d'un courant est égale à la force électromotrice, modifiée par la résistance.

Unités électriques. — L'unité est un terme de comparaison entre des quantités de même espèce. Leur résultat, qui s'exprime par le nombre, permet de pouvoir déterminer une valeur quelconque.

Rapportées à une valeur connue, les unités électriques indispensables à connaître pour l'étude de la téléphonie sont celles qui ont trait à la formule de Ohm.

Afin de les distinguer entre elles, chaque unité porte le nom d'un physicien célèbre.

C'est ainsi que :

L'unité d'intensité de courant est appelée *ampère* ;

L'unité de force électromotrice, *volt*, terme dérivé de Volta ;

L'unité de résistance, *ohm*.

En conséquence, la formule $I = \frac{E}{R}$ peut s'écrire :

$$1 \text{ ampère} = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ohm}};$$

ou :

$$1 \text{ ohm} = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ampère}};$$

ou :

$$1 \text{ volt} = 1 \text{ ampère} \times 1 \text{ ohm}.$$

Comme on le voit, il est facile, connaissant la valeur de deux quelconques de ces trois quantités, de déterminer la troisième.

Force électromotrice. — Le travail chimique variant suivant la nature des substances mises en présence, la force électromotrice des différentes piles ne peut être la même pour chacune d'elles.

Il convient donc de rapporter celle d'un élément de pile pour pouvoir les comparer entre elles.

Le tableau ci-dessous indique la force électromotrice des piles dont la description a été donnée, la pile Daniell étant prise pour unité :

Daniell.....	1 volt
Callaud.....	1 volt
Leclanché.....	1 ^v ,38
Bloc.....	1 ^v ,50
Lalande et Chaperon.....	0 ^v ,9
Bichromate de soude.....	1 ^v ,89

Dans une pile dont les éléments sont groupés les uns à la suite des autres (*fig. 43*), on constate que la force électromotrice de chaque élément s'ajoute à celle du suivant, de sorte que cette force est proportionnelle au nombre des éléments.

Résistance. — Ainsi qu'il vient d'être dit, tous les corps opposent une résistance au passage du courant.

En prenant, parmi les métaux usuels, des fils de même

longueur et de même section, on trouve que, rapportés au cuivre, dont la conductibilité est représentée par le chiffre 1, le fer offre 7 fois plus de résistance au passage du courant, le platine 4 fois plus, et le mercure 38 fois plus, etc.

La résistance électrique entre deux points d'un conducteur est proportionnelle à la longueur et varie en raison inverse de la section.

Ou en d'autres termes :

La résistance augmente avec la longueur du conducteur et diminue, si la section devient plus grande.

Résistance intérieure des piles. — Comparée à celle des métaux, la résistance des liquides est considérable ; mais, comme la surface des électrodes est très grande par rapport à la section des conducteurs et qu'elles sont très rapprochées, il en résulte que la résistance rencontrée en ce point est relativement très faible.

Cette résistance est appelée *résistance intérieure* pour la différencier de celle qui met obstacle à la propagation du courant dans un conducteur. Par opposition, cette dernière est nommée *résistance extérieure*.

Quand il est nécessaire, pour calculer l'intensité exacte du courant, de tenir compte de la résistance intérieure des piles, on désigne cette dernière par r et la formule de Ohm s'écrit

$$I = \frac{E}{R + r}.$$

Le tableau ci-dessous indique la résistance intérieure des piles employées en téléphonie :

Pile Daniell.....	10 ⁰⁰ 1
Callaud.....	6 ⁰⁰
Leclanché à vase poreux.....	8 à 10 ⁰⁰
Leclanché à agglomérés.....	0 ⁰⁰ ,9 à 1 ⁰⁰ ,8
Lalande et Chaperon.....	1 ⁰⁰ ,2
Pile Bloc (suivant le type).....	0 ⁰⁰ ,09 à 1 ⁰⁰
Bichromate de soude.....	0 ⁰⁰ ,49

¹ On représente les ohms par la lettre grecque ω , pour éviter toute confusion.

Intensité. — Les lois de l'intensité indiquées par la loi de Ohm se démontrent par le calcul.

En effet, si on remplace les termes de la formule $I = \frac{E}{R}$ par des valeurs connues, on comprend que, le numérateur augmentant progressivement et le dénominateur diminuant dans le même rapport, la valeur de la fraction, c'est-à-dire l'intensité, croîtra proportionnellement.

De ce qui précède on est amené à déterminer les conditions auxquelles doit satisfaire un élément de pile pour obtenir le meilleur rendement.

Ces conditions sont :

- Force électromotrice élevée ;
- Absence de polarisation ;
- Résistance intérieure très faible ;
- Travail à circuit ouvert nul.

La force électromotrice et la résistance intérieure des piles étant connues, on en déduit l'intensité :

Daniell.....	$I = \frac{1}{10} = 0^s,40$
Callaud.....	$I = \frac{1}{6} = 0^s,16$
Leclanché à vase poreux.....	$I = \frac{1,38}{10} = 0^s,14$
Leclanché aggloméré.....	$I = \frac{1,38}{1,8} = 0^s,76$
Pile Bloc.....	$I = \frac{1,50}{1} = 1^s,50$
Lalande et Chaperon,	$I = \frac{0,9}{1,2} = 0^s,75$
Bichromate de soude.....	$I = \frac{1,89}{0,49} = 3^s,857$

Contrôleurs de piles. — Les piles téléphoniques sont vérifiées à l'aide d'un appareil très simple appelé *contrôleur de piles*. Ce n'est, en réalité, qu'une sonnerie à trembleur sans timbre ni marteau, réglée de façon à fonctionner avec une force électromotrice déterminée.

Grouperment des piles. — Les piles peuvent être groupées en série ou en tension, et en surface ou en quantité.

Le premier mode de grouperment (*fig. 43*), presque unique-

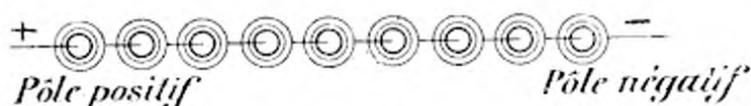


FIG. 43.

ment employé en téléphonie, consiste à réunir le zinc du premier élément au cuivre ou au charbon du deuxième, et ainsi de suite ; le grouperment en surface ou en quantité s'opère en reliant respectivement tous les zincs, d'une part, et tous les cuivres ou charbons, d'autre part, à un même conducteur (*fig. 44*).

Il existe aussi un mode de grouperment participant de l'accouplement des éléments en série ou en quantité.

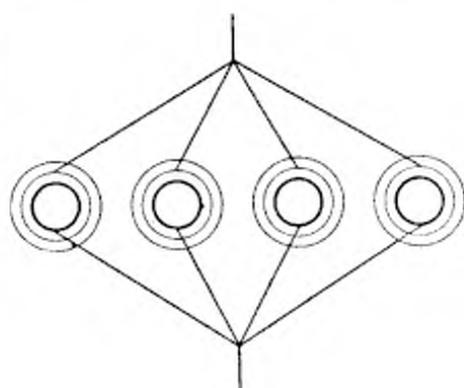


FIG. 44.

Ce mode de grouperment est appelé *grouperment mixte* (*fig. 45*).

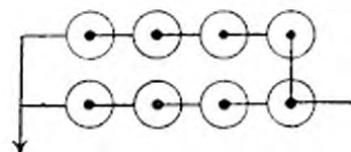


FIG. 45.

Dans le grouperment en série ou en tension l'intensité croît proportionnellement au nombre des éléments, quand R est supérieur à r , qui est, par suite, négligeable.

Lorsque les piles sont groupées en surface ou en quantité, la force électromotrice reste invariable, quel que soit le nombre des éléments, puisque, en réalité, il n'y en a qu'un ; mais r diminue avec leur nombre, la surface des électrodes augmentant au fur et à mesure. Par conséquent, chaque fois que R sera très grand, il y aura intérêt à grouper les éléments en série et, dans le cas contraire, le grouperment en surface devra être préféré.

Dans le mode de groupement mixte la force électromotrice est égale à celle des éléments d'une série, et la résistance intérieure de la pile est celle d'une série divisée par le nombre des séries. Si, par exemple, nous avons, comme dans la figure 45, huit éléments Daniell groupés en séries parallèles de quatre, $I = \frac{4}{20} = 0,2$.

Le calcul montre que le maximum d'intensité est obtenu, dans ce dernier mode de groupement, quand la résistance intérieure de la pile est égale à la résistance extérieure.



CHAPITRE X

ÉLECTRO-MAGNÉTISME

L'étude de l'électro-magnétisme comprend les actions que les courants exercent sur les aimants, et réciproquement.

Les effets des courants sur les aimants furent observés par Oersted, qui, au commencement de ce siècle, remarqua qu'une aiguille aimantée était déviée de sa position d'équilibre sous l'action à distance d'un fil parcouru par un courant électrique et qu'elle tendait à s'orienter dans une direction perpendiculaire à celle du courant. Il s'aperçut aussi que, suivant le degré d'intensité du courant, le rapprochement ou l'éloignement des deux corps, la déviation était plus ou moins accentuée, et qu'en raison de la position du fil par rapport à l'aiguille celle-ci déviait soit à droite, soit à gauche.

Ces phénomènes, étudiés par Ampère et Arago, ont amené la découverte des galvanomètres et des électro-aimants, appareils qui ont été le point de départ d'applications si nombreuses et si importantes.

Galvanomètre. — Un galvanomètre est formé d'une aiguille aimantée librement suspendue par son centre et à laquelle est soudée, à angle droit, une aiguille indicatrice en laiton, se mouvant au-dessus d'un limbe gradué. Un cadre en bois, autour duquel est enroulé un certain nombre de tours de fil de cuivre recouvert de soie, dont les bouts sont reliés à deux bornes, complète l'appareil.

Le fonctionnement du galvanomètre s'obtient en tournant l'instrument jusqu'à ce que l'aiguille placée en équilibre dans la direction du nord-sud soit cachée par le cadre.

Cet appareil, dont l'emploi est indispensable en téléphonie,

permet de calculer l'intensité approximative du courant, d'en indiquer le sens ou la direction et de s'assurer de l'état d'un circuit.

Action des courants sur les aimants. — Si dans une hélice en cuivre, parcourue par un courant, on place un barreau aimanté, on remarque que son magnétisme disparaît ou s'affaiblit quand le courant passe dans un sens, et qu'il est, au contraire, renforcé lorsque le courant est dirigé en sens inverse.

Exemple : Considérons (*fig. 46*) un aimant permanent AB

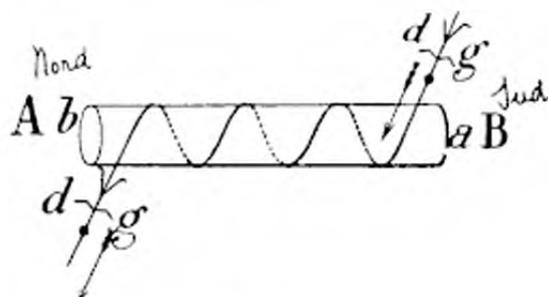


FIG. 46.

A, pôle austral, et B, pôle boréal) autour duquel est enroulé un fil parcouru par un courant dirigé dans le sens indiqué par les flèches. Nous aurons, d'après la règle d'Ampère¹, un pôle austral *a* en B et un pôle boréal *b* en A.

Comme l'action du courant tend à produire un pôle de nom contraire au pôle préexistant, c'est-à-dire un pôle austral en B, et réciproquement, il en résulte que les pôles de l'aimant ainsi développés sont affaiblis, détruits, et même renversés, si l'intensité du courant est suffisante.

Par contre, si la direction du courant est changée, l'aimantation produite par le passage du courant sera de même sens que celle de l'aimant et, conséquemment, les pôles de ce dernier se trouveront renforcés.

Ces effets des courants sur les aimants démontrent suffisamment que l'analogie est complète entre les actions électriques et les actions magnétiques.

¹ La règle d'Ampère s'énonce de la façon suivante :

Si on suppose un observateur couché dans le conducteur placé de telle façon que le courant lui entre par les pieds, lui sorte par la tête et qu'il regarde l'aimant, l'observateur ainsi placé aura toujours le pôle austral à sa gauche.

Action des courants sur un barreau de fer doux¹. — Si l'on remplace l'aimant permanent par un barreau de fer doux également entouré d'un fil métallique recouvert de soie et parcouru par un courant, celui-ci acquiert les propriétés magnétiques qu'il perd dès que le courant cesse.

Cette expérience prouve que les propriétés du fer doux sont, pendant toute la durée de l'aimantation, identiques à celles des aimants.

Électro-aimants. — Les procédés d'aimantation que nous avons indiqués au chapitre vu montrent que, si un barreau d'acier trempé, soumis à l'action d'un courant électrique, n'acquiert que très lentement les propriétés magnétiques, il les conserve, par contre, indéfiniment. Dans le fer doux, au contraire, il se produit une action inverse, c'est-à-dire que l'aimantation a lieu instantanément; mais elle disparaît dès que la cause qui l'a provoquée cesse d'agir.

Ce phénomène peut être expliqué en admettant que les molécules d'un barreau d'acier ou de fer doux sont douées des mêmes propriétés, la nature de ces deux corps étant identique, mais que dans l'acier les molécules, très resserrées les unes contre les autres, ne peuvent se mouvoir une fois orientées, tandis que dans le fer doux elles sont enveloppées d'une zone d'éther relativement plus étendue et jouissent, par conséquent, d'une grande mobilité. Cette hypothèse permet de comprendre comment les polarités des molécules se désorientent dans un barreau de fer doux aussi facilement dès que l'action du courant cesse. C'est sur cette dernière propriété que repose la construction des électro-aimants.

Un barreau de fer doux droit, recourbé en forme de fer à cheval ou rectangulaire, autour duquel est enroulé un certain nombre de tours de fil fin recouvert de soie, constitue un électro-aimant. Le sens de l'enroulement du fil est tel que le courant doit engendrer à chaque extrémité du barreau, un pôle de nom contraire. L'aimantation ainsi développée dépend de l'intensité du courant, du nombre de tours de fil, etc.

¹ Le fer doux est du fer débarrassé, par un double affinage, du carbone qui entre dans la texture de sa masse.

Le calcul montre que le maximum d'aimantation des barreaux d'un électro-aimant est atteint en donnant au fil qui les entoure une résistance égale à celle de tout le circuit, en y comprenant celle de la pile. Dans la pratique de la téléphonie, cette condition ne peut être remplie. Diverses considérations théoriques, trop complexes pour pouvoir être expliquées dans un ouvrage élémentaire, indiquent que la résistance des bobines doit être assez élevée par rapport à celle de la ligne.

CHAPITRE XI

COURANTS DE DIFFÉRENTS ORDRES

Le courant électrique qui provient, comme nous l'avons dit, d'actions les plus diverses, prend, suivant les causes qui lui donnent naissance, différents noms dont la connaissance est indispensable en téléphonie.

Ces courants se répartissent en douze classes principales, savoir :

- 1^o Courants inducteurs ;
- 2^o Courants induits ou d'induction ;
- 3^o Extra-courants et self-induction ;
- 4^o Courants induits de différents ordres ;
- 5^o Courants intermittents ;
- 6^o Courants d'impulsion ;
- 7^o Courants ondulatoires ;
- 8^o Courants de décharge ;
- 9^o Courants telluriques ;
- 10^o Courants thermo-électriques ;
- 11^o Courants terrestres ;
- 12^o Courants d'aurore boréale.

1^o **Courant inducteur.** — On nomme *courant inducteur* tout courant primaire qui, par ses intermittences, agit par influence sur toute portion de circuit fermé situé dans son voisinage et y détermine les effets de l'induction. Par suite, le circuit dans lequel circule ce courant est appelé *circuit inducteur*.

2^o **Circuit induit ou d'induction.** — Les courants induits sont des courants instantanés qui se forment sous l'influence des courants inducteurs ou des aimants.

Soient deux circuits fermés, distincts, parallèles et isolés, A, B (*fig. 47*), rapprochés l'un de l'autre; le premier A alimenté par une pile P, le deuxième B comprenant un galvanomètre sensible G.

Ainsi qu'il a été dit précédemment, le courant suivra dans le circuit A la marche indiquée par la flèche. Au moment où ce courant s'établira, il naîtra dans le circuit voisin B un courant qui sera, d'après l'indication fournie par le galvanomètre G, de sens contraire au courant inducteur ¹.

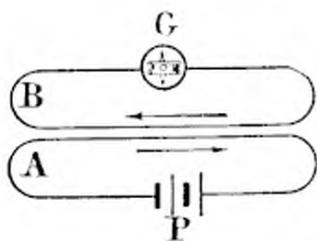


Fig. 47.

Le courant produit de cette manière n'a qu'une durée extrêmement courte, car l'aiguille

qui, au moment de l'établissement du premier courant, avait été éloignée de sa position de repos, la reprend aussitôt et s'y maintient en équilibre, bien que le courant inducteur continue à circuler. Mais, si l'on vient ensuite à rapprocher les deux circuits ou à augmenter l'intensité du courant, on constate dans le circuit induit B un courant de sens contraire. Des effets inverses se produiront lorsque l'un des circuits s'éloignera de l'autre ou que l'intensité du courant diminuera.

Enfin, si l'on rompt le circuit inducteur en C, par exemple (*fig. 48*), le courant de A cessera, et on remarquera dans le circuit B un courant de même sens que celui qui circulait précédemment dans le circuit alimenté par la pile P.

De ce qui précède il résulte :

1° Qu'un courant inducteur développe, par influence ou par induction dans un circuit voisin, un courant de sens

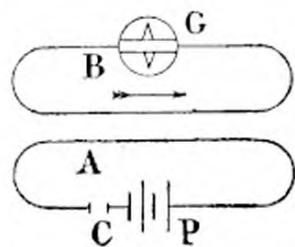


Fig. 48.

¹ Ce phénomène est rendu visible en plaçant également dans le circuit inducteur A un galvanomètre; les déviations de chaque aiguille seront inverses.

opposé au sien, c'est-à-dire un courant induit inverse toutes les fois que :

- a) Il commence;
- b) Il s'approche;
- c) Il augmente d'intensité;

2° Que, par suite, ce même courant inducteur produit dans le circuit induit un courant direct ou de même sens que le sien, quand :

- a) Il finit;
- b) Il s'éloigne;
- c) Il diminue d'intensité.

Courants induits produits par les aimants. — Les courants induits peuvent également être engendrés sous l'influence d'un aimant en mouvement sur un circuit fermé situé à proximité ou d'un circuit que l'on déplace en face des pôles d'un aimant.

Soit un conducteur dont le circuit est complété par un galvanomètre G (fig. 49). Si, en un point quelconque de ce fil, on approche brusquement l'un des pôles d'un aimant assez puissant SN, on observe une déviation sensible de l'aiguille du galvanomètre.

On remarque, en outre, qu'aussitôt après l'aiguille revient à sa position normale et s'y maintient en équilibre. Dès que l'aimant SN est éloigné du circuit A ou, inversement, si le circuit A s'éloigne de l'aimant SN, la

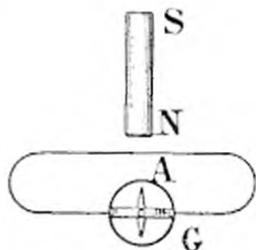


Fig. 49.

déviation de l'aiguille du galvanomètre indique un courant de sens inverse au premier.

Si l'on vient à renforcer l'action du champ magnétique du barreau SN en plaçant à côté de lui un second barreau aimanté, orienté de la même façon SN (fig. 50), l'aiguille déviara en sens inverse. Un effet contraire aura lieu lorsque l'aimant SN sera retiré, ou dès que le circuit A sera soustrait à l'action des lignes de force du premier barreau SN. Le même phénomène s'observera si l'aimant, au lieu d'être approché brusquement, vient à toucher le fil induit A.

En résumé, il y aura induction d'un fil conducteur par un aimant, et production d'un courant induit quand le pôle magnétique :

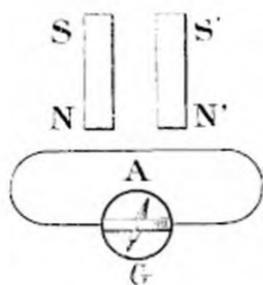


FIG. 50.

1° S'approche ;

2° S'établit ;

3° Augmente d'intensité.

Au contraire, un courant induit de sens contraire au premier se produira chaque fois que le pôle magnétique :

1° S'éloigne ;

2° Disparaît ;

3° Diminue d'intensité.

Il existe donc une assimilation complète, au point de vue de l'induction, entre les champs électriques et magnétiques et, puisque nous avons démontré que les actions magnétiques étaient de nature moléculaire, on est amené à admettre que les actions électriques sont dues aux mêmes causes¹.

EMPLOI DES BOBINES COMME MOYEN D'AUGMENTER L'INTENSITÉ DE L'INDUCTION ÉLECTRIQUE ET MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE.— Les définitions précédentes n'ont uniquement pour but que d'analyser les phénomènes d'induction qui peuvent se produire, car les effets obtenus, dans les conditions indiquées ci-dessus, ne pourraient, dans aucun cas, donner des courants induits énergiques.

Afin d'augmenter l'intensité de l'induction électrique, on enroule les deux circuits, inducteur et induit, autour d'un cylindre creux en bois (*fig. 51*). Les fils recouverts de soie constituent les deux bobines A et B.

L'une A, garnie d'un fil gros et court, est traversée par un courant électrique provenant de la pile P ; l'autre B, dont l'ouverture est d'un diamètre suffisant pour permettre d'y introduire la bobine A, est formée d'un fil fin et long. Les

¹ Ces phénomènes viennent, en outre, corroborer l'explication, que nous avons donnée, de la transmission de l'électricité par un milieu élastique possédant des propriétés identiques à celles des corps mis en présence, mais à un degré moindre.

extrémités du fil de cette bobine sont reliées à un galvanomètre G.

Ceci posé, si l'on place la bobine A dans la bobine B, et si on la retire ensuite, une fois l'aiguille revenue à sa position d'équilibre, on observera les mêmes effets que ceux précédemment décrits; mais les déviations, étant plus accentuées, indiqueront une augmentation de l'intensité du courant induit. Ce résultat provient de ce que l'ensemble des deux circuits, inducteur et induit, se trouve réciproquement soumis en entier à l'influence électrique.

Si l'on remplace ensuite le circuit inducteur A par un aimant, que l'on approche vivement d'une bobine induite comprenant également un galvanomètre dans son circuit, les mêmes phénomènes observés pour l'induction électrique se reproduisent soit que l'on rapproche, soit que l'on éloigne l'aimant de la bobine induite.

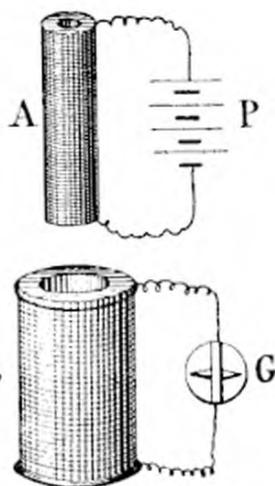


Fig. 51

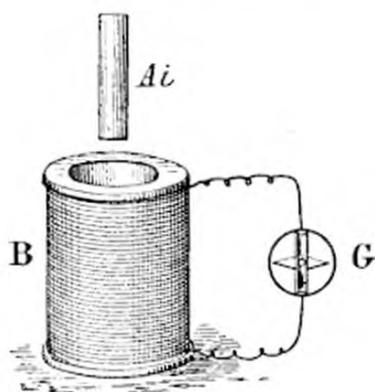


Fig. 52.

Soit B (fig. 52) une bobine creuse dont les extrémités sont reliées au galvanomètre G. Si on introduit brusquement l'aimant Ai dans l'ouverture, l'aiguille du galvanomètre dévie fortement, mais revient, aussitôt après, à sa position de repos et la conserve tant que l'aimant reste placé dans l'intérieur de la bobine; si on l'en retire, une nouvelle déviation de l'aiguille a lieu, mais en sens contraire de la première.

Les mouvements de va-et-vient que l'on imprimera à l'aimant Ai seront fidèlement reproduits par le galvanomètre et, ici

encore, on remarquera que l'intensité du courant induit est augmentée à l'aide de ce dispositif.

MAXIMUM D'INTENSITÉ DE L'INDUCTION ÉLECTRIQUE. — Le maximum d'intensité de l'induction électrique est obtenu en plaçant dans l'intérieur de la bobine inductrice un barreau de fer doux.

Soit A la bobine inductrice, reliée aux pôles d'une pile P et placée dans la bobine induite B (fig. 53).

Si l'on plonge dans la première A un barreau de fer doux D, celui-ci, lors du passage du courant, s'aimante comme un électro-aimant ordinaire. Le magnétisme développé dans le fer doux étant de même sens que le courant qui circule dans la bobine inductrice A, un second courant d'induction parcourra la bobine B. Et, comme nous savons que les effets

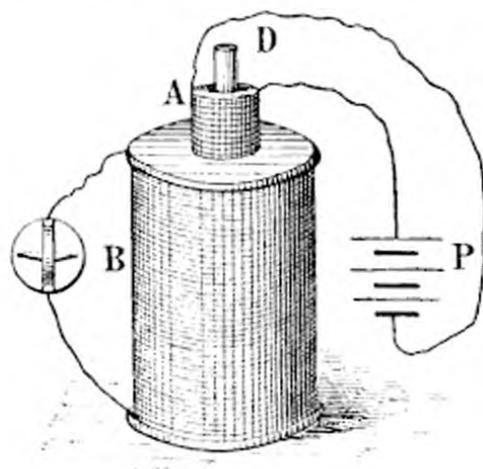


FIG. 53.

causés par les aimants sont semblables à ceux qui sont engendrés par les courants, il se produira dans le fil de la bobine induite B deux courants qui, étant de même sens et se développant en même temps, auront pour résultat d'augmenter l'intensité des courants induits dont la cause *unique* est occasionnée par le passage et l'interruption alternatifs d'un courant dans le circuit inducteur.

L'observation démontre que le courant induit augmente encore d'intensité en remplaçant le barreau de fer doux par un faisceau de fils de fer aussi bien recuit que possible.

BOBINE D'INDUCTION. — La bobine d'induction employée dans les installations téléphoniques est une bobine de Ruhmkorff simplifiée.

Elle comprend essentiellement un faisceau de fils de fer A

entouré en forme d'hélice de cinq à six tours de gros fil de cuivre F recouvert de soie et d'un diamètre de $\frac{1}{4}$ dixième de millimètre. Ce fil, qui forme le *circuit primaire ou inducteur*, est lui-même enveloppé d'une vingtaine de couches de fil fin de $\frac{1}{10}$ et $\frac{1}{2}$ de millimètre de diamètre également recouvert de soie. Ce fil extérieur constitue le *circuit secondaire ou induit*.

Cette bobine, représentée en coupe par la figure 54, est fixée sur une planchette supportant quatre bornes auxquelles sont reliées les extrémités des fils.

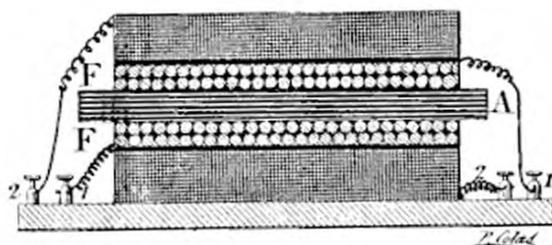


FIG. 54.

Afin de distinguer facilement chaque circuit, les bornes portent respectivement de chaque côté les n^{os} 1 et 2 indiquant : le n^o 1, le fil inducteur ; le n^o 2, le fil induit.

On a reconnu qu'une bobine d'induction construite de la manière suivante donnait de très bons résultats dans les installations microphoniques :

Longueur de la bobine : 80 à 150 millimètres ;

Diamètre du noyau : 13 à 15 millimètres ;

Longueur du fil primaire : 5 mètres environ ;

Résistance du fil primaire : 0^m,13 ;

Longueur du fil secondaire : 150 mètres environ ;

Résistance du fil secondaire : 150 à 200 ohms.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES COURANTS INDUITS. — Les courants d'induction produisent, comme les courants inducteurs, des effets chimiques, mécaniques, calorifiques, lumineux et physiologiques, avec cette différence qu'ils ont une durée très

courte, un pouvoir chimique moindre et un potentiel considérable.

Aussi est-ce en raison de cette dernière particularité que les courants induits sont utilisés de préférence en téléphonie pour impressionner efficacement les appareils récepteurs.

3° Extra-courants. — Self-induction. — Lorsqu'un courant parcourant un circuit vient à être rompu, il se manifeste à chaque interruption un courant d'induction de même sens que celui de la pile. Si, au contraire, on ferme rapidement ce circuit, on remarque un courant induit de sens contraire.

Ces deux phénomènes s'observent à l'aide des deux expériences suivantes.

Première expérience : Soit un long fil métallique C enroulé sur lui-même et relié par ses deux extrémités aux pôles d'une pile P (fig. 55); un galvanomètre G, intercalé dans le

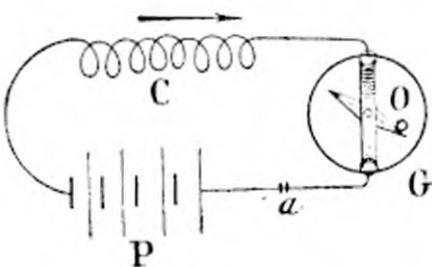


FIG. 55.

circuit, est muni d'un butoir O placé en un point convenable après un essai préliminaire. Ce butoir est destiné à empêcher l'aiguille de revenir à sa position naturelle, quand on interrompt le courant. Ceci posé, on constate que, si l'on vient à rompre le cour-

rant au point *a*, l'aiguille reçoit une vive impulsion, et sa déviation est identique à celle que lui imprimerait le courant.

Deuxième expérience : On détermine un effet inverse en plaçant dans un circuit C, ouvert en *a*, un galvanomètre G dont l'aiguille est, à sa position de repos, maintenue par un obstacle *o*, disposé de façon à l'empêcher de prendre la direction que lui imprimerait le courant de la pile P (fig. 56). Les choses étant ainsi disposées, si l'on vient à fermer le circuit, la déviation brusque de l'aiguille indique qu'à cet instant le sens du courant est inverse de celui de la pile.

Cette induction d'un courant sur lui-même prend le nom d'*extra-courant*; il tend, au moment de la fermeture du cir-

cuit à affaiblir le courant principal, puisqu'il est de sens contraire, tandis qu'étant de même sens, au moment de la rupture, il tend à l'augmenter.

Un courant induit produit également les mêmes effets. Aussi a-t-on donné par opposition le nom de *self-induction*¹ à l'induction d'un courant induit sur lui-même.

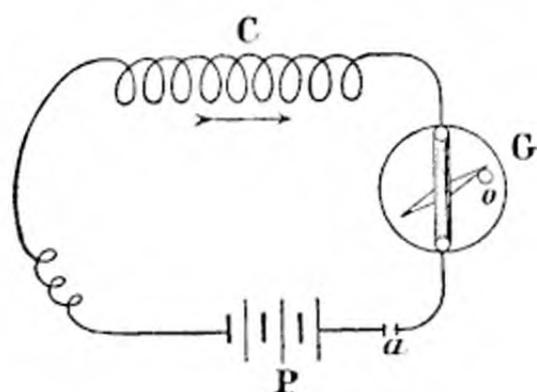


FIG. 56.

Les bobines d'induction, les téléphones et les générateurs magnéto-électriques sont les plus importantes applications des phénomènes d'induction.

COURANTS INDUITS DE DIFFÉRENTS ORDRES. — Un courant d'induction circulant dans un circuit peut, à son tour, remplir le rôle de courant inducteur et influencer les fils voisins.

Supposons trois conducteurs A, B, C, dont l'un A est parcouru par un courant inducteur dont la direction est indiquée par la flèche. D'après les lois de l'induction, il se propage dans le fil B, à chaque émission de courant produite dans le

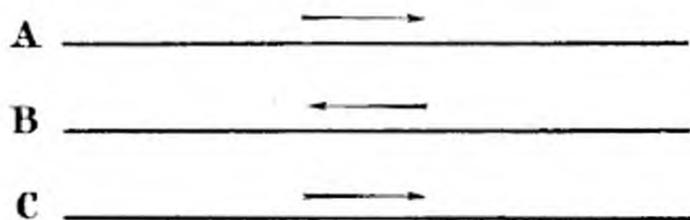


FIG. 57.

circuit A, des courants induits qui, agissant également sur le conducteur C, feront naître dans ce dernier un courant de sens contraire et, par suite, de même sens que celui de A (fig. 57).

¹ *Self* (même) et induction.

L'effet inverse aura lieu au moment de la rupture du circuit A ou de l'interruption du courant inducteur.

L'intensité de ces courants induits diminue au fur et à mesure de leur éloignement du circuit inducteur, mais dans des proportions relativement faibles.

L'observation démontre que l'induction se propage plus facilement suivant l'état hygrométrique de l'air.

4° Courants intermittents. — Les courants intermittents sont des courants dont l'interruption est complète, instantanée et momentanée.

On obtient ces courants en constituant un circuit électrique formé d'un interrupteur et d'un récepteur convenablement disposés pour émettre et recueillir des émissions brusques, mais de durées inégales. On les représente graphiquement en formant une suite de traits nettement marqués de même épaisseur et dont les intervalles indiquent la durée des interruptions électriques (*fig. 58*).

Ces courants intermittents, étant instantanés dans leur manifestation, ne peuvent donner que des sons simples.



FIG. 58.

5° Courants d'impulsion. — Les courants d'impulsion sont également des courants continus, mais caractérisés par des variations brusques d'intensité.

La figure 59 montre de quelle façon on représente graphiquement la propagation de ces courants dans un conducteur.



FIG. 59.

On comprend que, si les courants intermittents ne donnent que des sons simples, les courants d'impulsion sont susceptibles de transmettre les sons composés, c'est-à-dire les sons musicaux.

6° **Courants ondulatoires.** — Les courants ondulatoires se distinguent des courants d'impulsion en ce que l'intensité croît et décroît régulièrement; ils peuvent, par suite, être comparés à une ligne ondulée (*fig. 60*).

Ces courants se manifestent en plaçant une plaque magnétique dans le champ d'un aimant à l'extrémité duquel se



FIG. 60.

trouve une bobine de fil recouvert de soie dont les bouts sont reliés entre eux. Si l'on tient la plaque à la main et qu'elle soit continuellement mise en mouvement, tout en restant dans le champ magnétique, on obtiendra, d'après les lois de l'induction, un déplacement ininterrompu des molécules de l'aimant qui fera naître des courants induits dans le fil. Mais, comme ces courants sont renversés, suivant que la plaque s'approche ou s'éloigne de l'aimant, on les représente par des ondulations situées en dessus ou en dessous d'une ligne AB, suivant leur direction (*fig. 61*).



FIG. 61.

7° **Condensation.** — **Courant de décharge.** — Lorsqu'à l'aide d'un interrupteur quelconque on envoie pendant un certain temps un courant électrique dans un conducteur, on distingue, dès que l'interrupteur reprend sa position de repos, un bruit dans un téléphone placé au point de départ.

Le courant ainsi observé est appelé *courant de décharge*.

Faible sur les lignes aériennes ordinaires, où la décharge du conducteur a toujours lieu au poste qui reçoit le courant, il est très intense sur les lignes souterraines ou sous-marines.

La substance isolante ou diélectrique dont on est obligé de recouvrir ces dernières, vient compliquer le phénomène de la propagation électrique en raison de l'influence qu'exerce sur le conducteur l'enveloppe extérieure en contact avec le sol humide ou avec l'eau.

En effet, la surface extérieure du diélectrique prend, par induction, de l'électricité contraire à celle du fil et tend naturellement à retarder la marche du courant. Si de nouvelles et fréquentes émissions se produisent, la charge électrique du fil devient considérable, et le courant, ne pouvant se propager dans le conducteur, agit sur les appareils du poste d'où part le courant.

Le phénomène est dû à la *condensation*, ou *capacité électrostatique*, et le *courant de décharge* en est la résultante.

Cet inconvénient est partiellement évité en diminuant l'intensité du courant et en laissant un assez long intervalle entre chaque émission. Mais pour la reproduction de la parole, où les courants ondulatoires sont continus, on ne peut empêcher la condensation.

En raison de ces difficultés, on comprend que la distance entre deux postes téléphoniques soit forcément limitée au genre du conducteur, et que, sur les lignes aériennes, la portée doit être beaucoup plus grande que sur les lignes souterraines.

Des expériences faites dans le but d'établir la différence de capacité existant entre les fils aériens et souterrains ont démontré que la condensation était environ 3 fois et 1/2 plus marquée sur ces derniers, c'est-à-dire que, s'il est possible de communiquer convenablement sur une ligne souterraine ou sous-marine de 100 kilomètres, par exemple, cette distance doit être portée à 3 ou 400 kilomètres sur une ligne aérienne. Elle peut même être augmentée en établissant les circuits métalliques avec des fils d'un diamètre plus grand. C'est ainsi que la communication téléphonique entre Paris et Marseille, dont la distance est de 870 kilomètres, est assurée à l'aide d'un conducteur en cuivre de 5 millimètres de diamètre.

Le phénomène de la condensation peut s'expliquer de la façon suivante :

Chaque molécule d'air entourant un conducteur aérien, parcouru par un courant, prend une polarité contraire à celle de la molécule du fil avec laquelle elle est en contact. Mais l'air ambiant qui enveloppe ce conducteur, se renouvelant sans cesse, chasse aussitôt la molécule polarisée. Par suite, celles du fil sont libres, et le courant se propage instantanément dans toute l'étendue du conducteur.

Dans une ligne souterraine, au contraire, les molécules entourant le diélectrique sont stables, et il en résulte que leur action s'exerce continuellement sur celles du conducteur.

CONDENSATEURS. — Des appareils basés sur le principe de la condensation ont été imaginés pour être utilisés en téléphonie pour barrer le passage aux courants télégraphiques en un point quelconque d'un circuit, tout en laissant passer intégralement les courants ondulatoires.

Un condensateur se compose, en principe, de deux plateaux métalliques MM, séparés par un diélectrique D (fig. 62) (papier, verre, mica, paraffine, etc.). Le plateau M est relié au pôle positif d'une pile P; le plateau M' communique au pôle négatif ou à la terre.

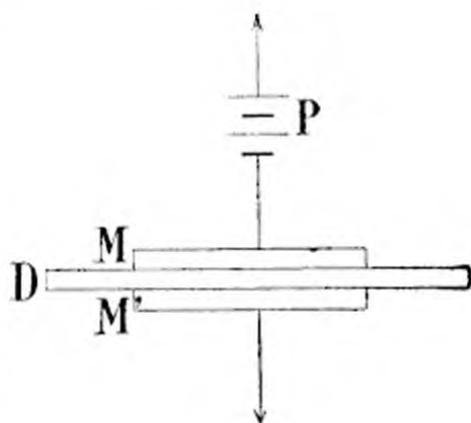


FIG. 62.

Comme le nom l'indique, les condensateurs servent à accumuler une charge électrique bien supérieure à celle qu'ils auraient reçue séparément.

Voici l'explication qui est donnée de ce phénomène : la zone d'éther, enveloppant les molécules situées à la partie supérieure du plateau M, est condensée, ou positive, tandis que celle des molécules de la partie inférieure est raréfiée, ou négative. La charge électrique agira de même par induction sur les molécules du plateau M'. Par conséquent, les

deux corps bons conducteurs M et M' présenteront à leur surface externe, l'un, une charge positive, et l'autre, une charge négative.

La quantité d'électricité que l'on peut accumuler à l'aide des condensateurs est considérable. Elle varie suivant le potentiel de la source électrique, le nombre et la surface des plateaux et la résistance de la lame isolante; mais, comme le plateau M' est relié à la terre, la résistance limitée que le diélectrique D présente au passage du courant forme une interruption dans le circuit, et les différentes charges emmagasinées sur les plateaux se traduiraient en un flux électrique produisant le même effet que le courant ondulatoire.

Le condensateur généralement employé en téléphonie est formé d'une série de vingt à trente feuilles isolantes plates en papier paraffiné p , séparées par des plaques d'étain e, e' (fig. 63). Ces plaques alternent sur chaque feuille. Elles sont disposées de telle sorte que celles de rang pair e, e, e, \dots sont

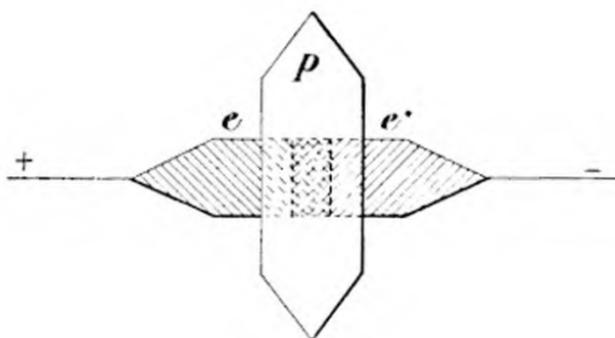


FIG. 63.

reliées ensemble et correspondent à une même armature; les feuilles de rang impair e', e', e', \dots , sont réunies de la même façon et communiquent à la seconde armature. Afin d'éviter tout contact entre les plaques paires et impaires, on prend la précaution de les arrêter à une certaine distance du côté où dépassent celles de rangs opposés.

L'ensemble est convenablement serré entre deux montants

en bois, réunis par des vis également en bois dans le but de maintenir sur les feuilles une pression invariable.

Lorsqu'une charge électrique est communiquée à l'une des séries de plaques, il se produit une attraction vers celles qui leur correspondent, et les molécules de l'air interposées entre elles entrent en vibration. D'un autre côté, chaque fois que l'électricité agit sur un corps médiocrement conducteur, il l'échauffe et occasionne des vibrations moléculaires qui, communiquant leurs mouvements aux molécules voisines, peuvent être perçues par l'oreille. Elles reproduiront même la parole si elles sont le résultat d'un courant ondulatoire.

8° Courants telluriques et thermo-électriques. — Les *courants telluriques* sont causés par une différence de potentiel existant entre les deux plaques métalliques enterrées aux extrémités d'une ligne.

Cette différence de potentiel peut provenir :

- 1° De la différence de nature et d'humidité du terrain ;
- 2° De la différence de surface des plaques ;
- 3° De leur hétérogénéité.

Les *courants thermo-électriques* proviennent de la différence de température des terrains dans lesquels plongent des plaques de terre non homogènes.

Imaginons deux stations placées : l'une T, au sommet d'un point élevé ; l'autre T', au fond d'une vallée ou, mieux, au bord d'un cours d'eau ; la plaque de terre T est formée d'un métal non semblable à celui de T' (*fig. 64*).

Un circuit ainsi constitué donnera lieu à des courants telluriques et thermo-électriques qui se propageront sans interruption dans le conducteur.

La diversité des terrains dans lesquels plongent les deux plaques TT' et leur hétérogénéité constituent deux électrodes, dont l'une T', plongeant dans un endroit très humide, est l'électrode génératrice, tandis que T forme l'électrode conductrice. La différence de potentiel qui existe entre ces deux points établit un courant tellurique qui circule de T en T'.

En outre, la plaque T' se trouve placée dans un terrain où la température est plus élevée que celle de T. Il en résulte un courant thermo-électrique qui part de la source la plus

chaude, pour se diriger vers la source la plus froide, ou inversement, suivant la nature du corps ¹.

Ces courants, dont on ne constate pas l'existence dans

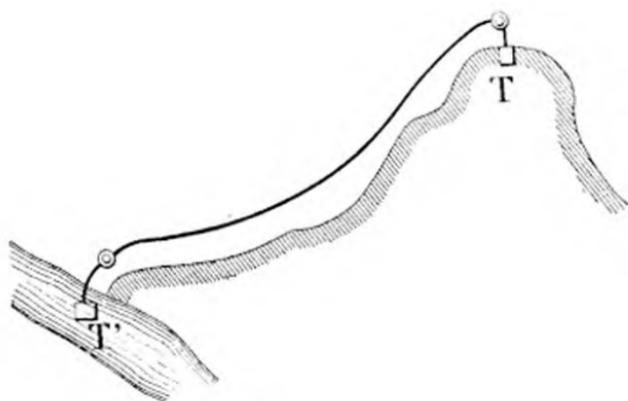


FIG. 64.

les appareils télégraphiques ordinaires, influencent, au contraire, presque toujours les téléphones au point de rendre parfois les communications très difficiles.

Pour éviter les courants telluriques et thermo-électriques, on prend des plaques de terre de même nature et d'une surface aussi grande que possible enterrées dans des terrains humides présentant le même état.

¹ L'existence des courants telluriques et thermo-électriques est rendue visible par les expériences suivantes indiquées par M. Larroque dans une note lue à l'Académie des Sciences, le 10 décembre 1883 :

On prend deux vases de verre, dans lesquels on introduit des terres de diverses natures, légèrement imbibées d'eau; un siphon relie les contenus des deux vases; un fil de platine, dont les deux bouts sont implantés dans les terres, forme les électrodes et le circuit; on a ainsi une véritable pile.

Si les deux vases contiennent de la même terre, il suffit de chauffer l'un d'eux pour obtenir un courant; si les deux vases contiennent des terres de natures différentes, on obtient un courant dont l'intensité et le sens dépendent de la composition et de la température relative des terres.

9^o **Courants terrestres.** — Quoique l'origine des courants terrestres soit imparfaitement déterminée, il est prouvé par l'expérience qu'il existe un courant électrique continu dans un fil métallique d'une certaine longueur et dont les extrémités sont en bonne communication avec la terre. Ces courants, principalement énergiques dans la direction du méridien magnétique, ne proviennent ni de la partie métallique du circuit, ni des lames métalliques extrêmes, ni d'actions chimiques que l'on pourrait supposer exister entre les couches terrestres et ces lames.

Cette cause de trouble est due à des courants qui circulent à l'intérieur de la terre. Ils s'observent dans toutes les directions. En Europe, leur présence se remarque notamment sur les lignes allant du nord-ouest au sud-est, et réciproquement¹.

L'intensité particulière de ces courants irréguliers dans les fils téléphoniques est devenue un signal très marqué du mauvais temps qui s'approche, et des bourrasques ou dépressions qui nous environnent. Cette particularité a été, en raison de l'extrême sensibilité du téléphone, mise à profit pour la prévision du temps et a été une nouvelle confirmation de la connexion intime qui existe entre les bourrasques et les variations magnétiques.

Les lois qui régissent ces divers phénomènes ont été diversement interprétées.

Pendant que les uns les regardent comme résultant de la force électrique qui émane du soleil, que d'autres croient qu'ils sont développés soit par l'évaporation ou le frottement, soit encore à la suite d'actions chimiques qui se passent dans l'atmosphère, il est démontré aujourd'hui qu'il y a un rapport étroit entre l'activité solaire et les variations diurnes régulières du magnétisme terrestre. En outre, les travaux de M. J.-J. Landerer ont démontré :

1^o Que l'effet du vent électrise la surface de la terre où il développe un courant de même sens que le courant terrestre,

¹ La direction des courants terrestres change souvent. Blavier a constaté qu'ils vont quelquefois du nord au sud, du nord-est au sud-ouest, de l'est à l'ouest, et réciproquement.

se propageant à travers le sol, où il occupe une très large section ;

2^o Que le potentiel qui se rapporte au courant terrestre est extrêmement faible.

Quoi qu'il en soit, les variations du magnétisme terrestre, régulières ou accidentelles, proviennent de courants électriques qui circulent dans l'atmosphère à une distance plus ou moins grande du sol, et dont le circuit se ferme soit directement, s'ils enveloppent complètement notre globe, soit par l'intermédiaire de la terre, mais à une profondeur assez grande pour ne pas avoir d'action sur l'aiguille aimantée.

Dans tous les cas, ce circuit ne se complète pas par la surface de la terre.

Comme on le voit, les courants telluriques et terrestres sont dus à des causes fort différentes qu'il importe de ne pas confondre, bien qu'on ait donné, à tort, des noms synonymes pour désigner des phénomènes différents.

10^o Courants d'aurore boréale. — Les courants d'aurore boréale offrent beaucoup d'analogie avec les courants terrestres. Ils se distinguent de ces derniers par leur inconstance, comme intensité et comme direction.

D'après les théories admises, les aurores boréales proviendraient de l'action de courants électriques passant à travers l'air raréfié des régions polaires, et les courants résulteraient de l'activité variable de la circulation électrique de l'équateur aux pôles par l'atmosphère et des pôles à l'équateur par la terre.

Il arrive que l'instabilité et l'intensité de ces courants changent souvent l'orientation des molécules d'aimants peu puissants, tels que ceux employés dans les galvanomètres, et que leur action sur les grandes lignes télégraphiques et téléphoniques aériennes ou souterraines interrompt toute communication pendant la durée de ce phénomène.

Des différents ordres du courant que nous venons d'étudier il résulte que, si leurs effets sont identiques sur un téléphone, nous verrons cependant qu'il est nécessaire de bien établir l'origine de chacun d'eux, car à l'aide de cette distinction il

nous sera facile, non seulement de comprendre les actions si diverses qui s'y produisent, de reconnaître les causes de dérangements qui ont lieu sur les lignes et dans les appareils, mais encore de pouvoir se rendre compte, dès maintenant, des nombreuses applications que cet appareil peut recevoir.

CHAPITRE XII

LES TÉLÉPHONES PRIMITIFS

Avant de commencer la description des appareils téléphoniques actuellement en usage, il semble intéressant de jeter un coup d'œil rétrospectif sur les essais qui ont été faits, avant l'apparition du téléphone Bell, dans le but de transmettre la parole à l'aide d'appareils électriques. Nous y verrons que, s'il est admis que M. Bell est l'inventeur de cet appareil si simple et si parfait, le problème avait déjà été posé et résolu même antérieurement à 1875.

C'est, en effet, à l'année 1837 qu'il faut remonter pour trouver le germe de cette invention.

A cette époque les physiciens américains Page et Henry découvrirent que les pôles d'un aimant, approchés rapidement d'une spirale plane parcourue par un courant, produisaient un son musical.

Ce même phénomène fut observé par Gassiot, Marrian et de la Rive, en faisant passer un courant dans une hélice entourant une barre de fer doux.

En 1854, M. Ch. Bourseul, fonctionnaire des télégraphes français, démontrait bien clairement le principe : « Imaginez, écrivait-il, 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 simultanément les mêmes vibrations. »

Cette description laisse supposer que les expériences entreprises par M. Bourseul lui avaient déjà fait pressentir la solu-

tion de la question. Malheureusement l'incrédulité avec laquelle on accueillit cette idée découragea l'inventeur, qui ne poursuivit pas ses essais.

Ces travaux éveillèrent néanmoins l'attention des électriciens, et quelques années après apparurent plusieurs appareils basés sur le même principe et comprenant trois types généraux : les formes magnétiques, électro-magnétiques et microphoniques. Les résultats obtenus avec ces appareils étaient tels qu'il est surprenant que l'on n'ait pas cherché à les utiliser.

La figure 65 montre l'appareil inventé, en 1860, par A. Holcomb. Il se compose d'un aimant en fer à cheval, à peu près

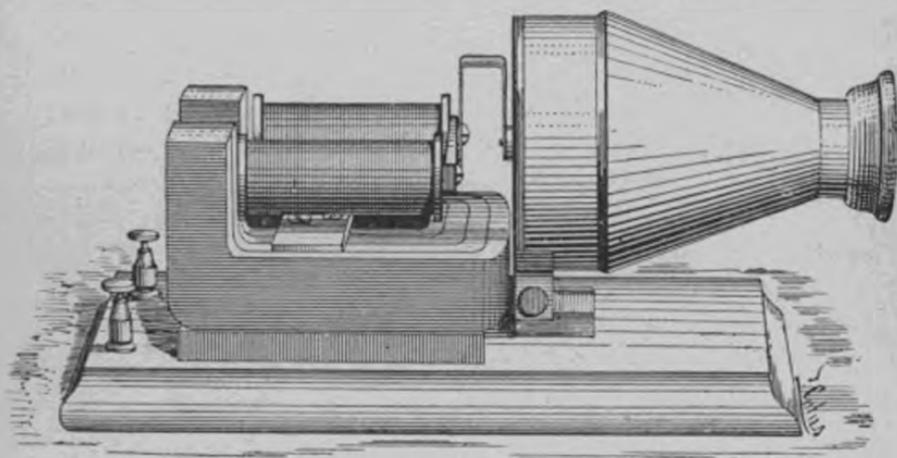


FIG. 65.

semblable à ceux des récepteurs dont on se sert aujourd'hui. La tige courbe placée en regard des bobines de l'aimant constitue l'armature vibrante, et la pièce conique creuse, fermée à sa plus grande ouverture par une pièce de bois supportant l'armature, est destinée à concentrer le son.

L'appareil ainsi construit parle ; ses défauts ne proviennent que d'une mauvaise proportion des pièces, et son armature est probablement trop délicate. Mais, quoi qu'il en soit, les résultats obtenus sont comparables à ceux du téléphone primitif de Bell.

En 1865, Beardslee perfectionne l'appareil de Holcomb

représenté par les figures 66 et 67. La disposition intérieure est indiquée par la figure 67.



FIG. 66.

Ces deux téléphones pourraient, avec quelques légères modifications, être utilisés. En pratique, les appareils de cette catégorie feraient l'office de récepteurs seulement. Comme transmetteurs, le secours d'une pile serait nécessaire.

D'autres téléphones, semblables à celui que Reiss a inventé en Allemagne, ont été construits vers 1869 en Amérique par le professeur Van der Weyde. La figure 68 montre un transmetteur imaginé par cet inventeur. Il se compose d'une boîte rectangulaire, munie à sa partie supérieure

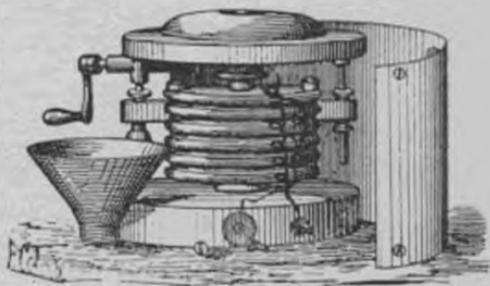


FIG. 67.

d'une ouverture centrale sur laquelle est placée une membrane bien tendue, qui agit sur un contact microphonique.

Quand on parle dans l'embouchure, la membrane entre en vibration et communique son mouvement au contact. Il en résulte des différences d'intensité de courant correspondant aux ondulations de la voix.

Ce transmetteur est relié à un appareil récepteur formé d'une simple tige de fer recouverte de fil isolé, et dont l'une des parties extrêmes s'appuie contre un appendice réson-

nant (fig. 69). Rapidement aimantée et désaimantée, cette tige subit dans son arrangement moléculaire des variations

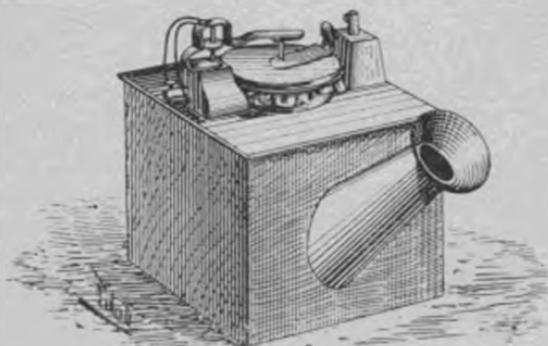


FIG. 68.

accompagnées de sons légers. L'ensemble de ce système constitue, comme on le voit, un circuit téléphonique complet.

Toutefois la faiblesse des sons est très grande. Cet inconvénient disparaît partiellement en plaçant l'instrument sur une table sonore couverte d'un diaphragme vibrant.

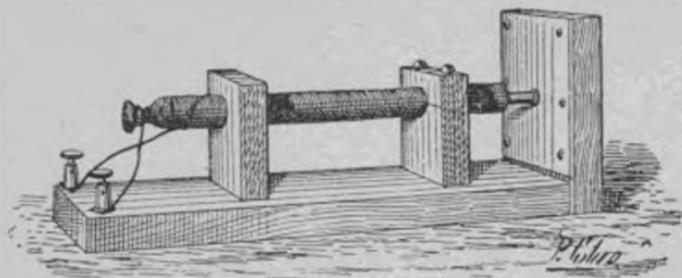


FIG. 69.

La figure 70 représente un récepteur électro-magnétique construit également par M. Van der Weyde, en 1870. Il est formé d'un électro-aimant horizontal placé en regard d'une armature plate. Ce dispositif très simple forme un téléphone puissant. Intercalé dans un circuit avec une pile et un micro-

phone semblable à celui de la figure 68, il remplit l'office de récepteur.

La même année, Cromwell Varley, puis Elisha Gray et M. Paul Lacour ont résolu, à l'aide de diapasons et de dispo-

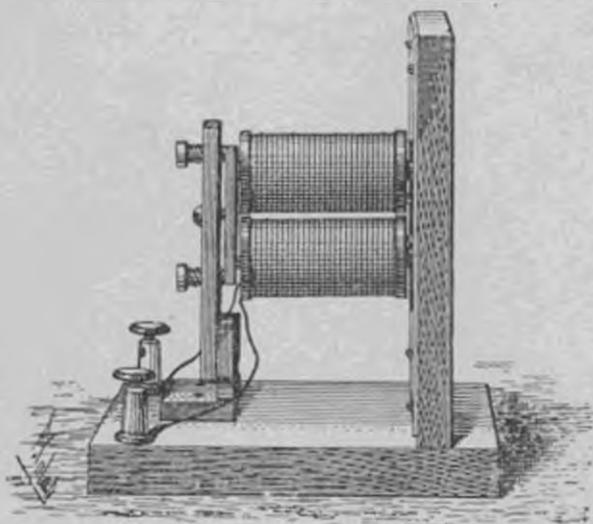


FIG. 70.

sitifs très ingénieux, le problème de la transmission des sons par l'électricité.

Cette rapide esquisse des téléphones primitifs démontre clairement que, sans rien ôter au mérite de M. G. Bell, les principes théoriques étaient non seulement établis d'une façon précise, mais encore que les organes constitutifs de ce merveilleux appareil avaient été déjà construits et avaient fonctionné.

CHAPITRE XIII

TÉLÉPHONES MAGNÉTIQUES

En étudiant les lois de l'acoustique, nous avons vu que les trois caractères distinctifs du son étaient :

- 1° La hauteur, caractérisée par le nombre des vibrations ;
- 2° L'intensité, dépendant de l'amplitude des vibrations ;
- 3° Le timbre, permettant de distinguer deux sons de même hauteur et de même intensité.

Ces propriétés particulières du son se communiquent avec leurs qualités, à travers un conducteur à l'aide des courants intermittents, d'impulsion et ondulatoires.

Comme nous l'avons dit, les courants intermittents et d'impulsion ne peuvent, par leurs variations brusques d'intensité, transmettre que la hauteur du son, c'est-à-dire les sons musicaux, tandis que les courants ondulatoires permettent aux vibrations complexes des sons articulés de se propager facilement dans un conducteur.

Ces résultats différents font distinguer les téléphones en :

- 1° Téléphones musicaux, qui ne sont impressionnés que par les courants intermittents et d'impulsion ;
- 2° Téléphones articulants permettant de transmettre et de recueillir à travers un fil télégraphique les courants ondulatoires nécessaires à la formation de la parole.

TÉLÉPHONES MUSICAUX

Téléphone de Reiss. — Cet appareil est basé sur la propriété que possède une lige d'acier, placée à l'intérieur d'une

bobine de s'allonger proportionnellement à l'intensité du courant reçu, et de se raccourcir dès que le courant cesse. Dans ces conditions la tige sera susceptible de rendre des sons musicaux à chaque émission et interruption.

L'ensemble du système, analogue à celui de Van der Weyde comprend un transmetteur et un récepteur distincts.

Transmetteur. — Le transmetteur se compose (fig. 71) d'une boîte sonore K, munie de deux ouvertures : l'une T, garnie

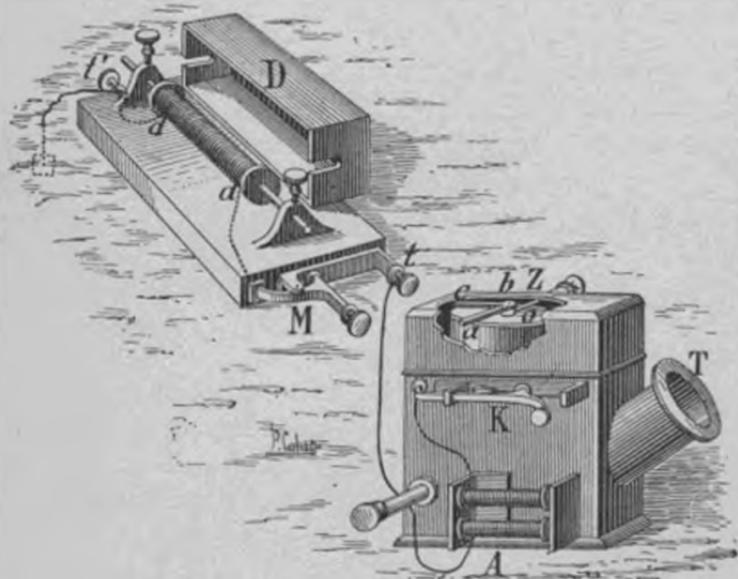


FIG. 71.

d'un porte-voix, est destinée à recueillir les sons ; l'autre Z, recouverte d'une peau tendue, en parchemin, porte à son centre un petit disque en métal *o* collé à sa surface et relié électriquement par la borne Z à l'un des pôles d'une pile, dont l'autre pôle est mis à la terre. Au-dessus de ce disque se trouve une pointe *b*, soutenue par un levier très sensible *cba*, coudé à angle droit, communiquant par les extrémités *a* et *c*, à un manipulateur Morse K et au fil d'entrée d'une bobine A, dont le fil de sortie est fixé à la ligne par une borne.

Lorsque les sons pénètrent par l'ouverture T dans la caisse Z, la membrane vibre, et celle-ci, en s'approchant et s'éloignant plus ou moins de la pointe *b*, produit alternativement par l'intermédiaire du disque *o* autant de fermetures et d'interruptions de courants plus ou moins parfaits, qui font varier son intensité.

Récepteur. — Une borne *t*, vissée sur l'un des côtés d'une planchette creuse en bois, reçoit le fil de ligne. Sur cette planchette repose deux chevalets métalliques *d, d* supportant une tringle en fer de la grosseur d'une aiguille à tricoter. Elle est entourée, dans presque toute sa longueur, d'une bobine communiquant, d'une part, à la borne *t* par l'intermédiaire d'un manipulateur M analogue à celui du transmetteur et, d'autre part, à la terre par la borne *t'*. Enfin, un couvercle D (relevé sur la figure), destiné à renforcer le son, complète l'appareil.

Les émissions et interruptions de courant provoquées par les vibrations de la membrane aimantent et désaimantent autant de fois la tige de fer *dd*, qui entre en vibration. Le son rendu sera à l'unisson de celui produit par la membrane du transmetteur. De cette façon, la même série de sons rendue par l'une sera aussi rendue par l'autre.

Les deux manipulateurs K et M servent, en cas de besoin, à la correspondance télégraphique des deux postes.

Ainsi qu'il est facile de s'en convaincre, la hauteur du son est uniquement respectée par l'instrument, puisque, la durée de l'émission restant toujours la même, l'intensité du courant n'est modifiée que suivant l'amplitude plus ou moins grande des vibrations de la membrane et, comme les courants intermittents et d'impulsion seuls circulent dans le conducteur, il n'est possible que d'obtenir un son aigu ou un son bas. Les différences de timbre n'étant pas obtenues, cet appareil ne peut donc rendre que des sons musicaux.

Le téléphone de Reiss, malgré les modifications qu'il a subies dans le but de renforcer les sons, ne donne que des résultats imparfaits. Les sons transmis sont faibles et nasal-

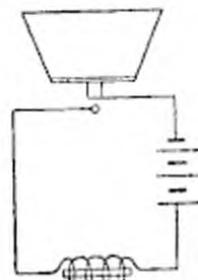


Fig. 72.

lards. La figure 72 représente le diagramme de l'installation du téléphone de Reiss.

Condensateur chantant. — D'après la définition que nous avons donnée des condensateurs, nous savons qu'en raison de la différence de charge il se produit, à chaque émission du courant, une attraction et une répulsion des feuilles conductrices. Les vibrations qui en résultent se trouvant être identiques à celles engendrées par un appareil transmetteur, le condensateur sera susceptible de reproduire le chant.

Le premier condensateur chantant a été imaginé par MM. Pollard et Garnier. L'appareil transmetteur (*fig. 73*), semblable dans ses parties essentielles à celui de Reiss, comprend une sorte de caisse en bois dont le fond AB, articulé en A, commande, au moyen d'une vis de réglage V, un ressort R qui supporte un crayon de charbon H. La partie supérieure E de la boîte est évasée en forme de cône renversé et constitue l'embouchure devant laquelle on place l'instrument ou la bouche. Dans les montants verticaux de la boîte est encastrée une lame vibrante à laquelle est collée en son milieu un disque en charbon C dont la partie inférieure convexe vient s'appuyer contre l'extrémité du crayon de charbon H. Deux bornes fixées de chaque côté des montants permettent d'intercaler l'appareil dans le circuit; elles communiquent à l'intérieur: l'une, au charbon C; l'autre, au charbon H. A l'extérieur, ces bornes sont reliées au pôle positif d'une pile P dont le pôle négatif aboutit à l'un des bouts du fil primaire d'une bobine d'induction M; l'autre est en relation avec le charbon H. Les bornes *ab* reçoivent le fil secondaire et les fils de ligne qui viennent aux boutons d'attache DD du condensateur K.

Le circuit étant ainsi constitué, et l'appareil réglé de telle sorte que les vibrations imprimées à la plaque puissent établir des contacts suffisants, il se produira, à chaque contact des charbons, des courants induits qui occasionneront dans le condensateur des vibrations de charge. L'intensité du courant induit étant, de plus, proportionnelle à celle du courant inducteur, dépendant lui-même du contact plus ou moins parfait des charbons, on obtiendra des sons de différentes hauteurs.

Il importe de faire remarquer que, dans le condensateur chantant, les armatures ne doivent être ni collées ni comprimées. Si l'on ne prenait pas la précaution de les laisser

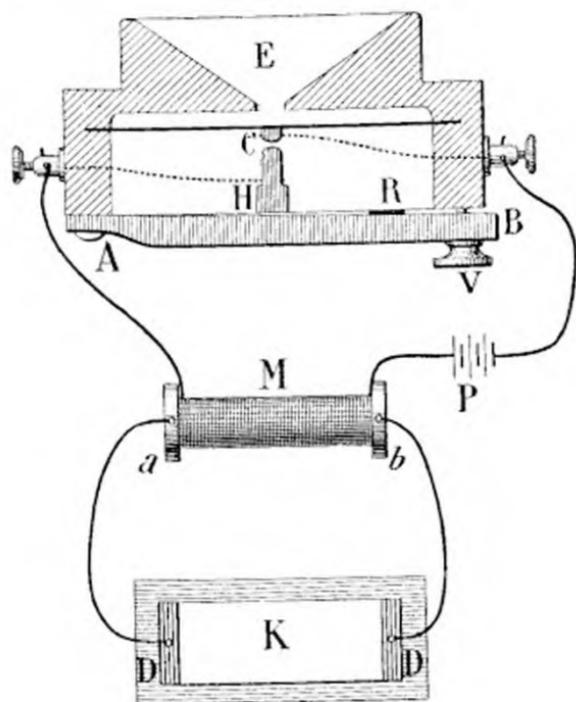


Fig. 73.

libres, les feuilles ne vibreraient qu'imparfaitement et, comme il est nécessaire que les vibrations soient communiquées à l'air pour pouvoir impressionner le tympan, les effets que l'on obtiendrait avec un condensateur ordinaire seraient bien moindres.

Nous verrons, en donnant la description des téléphones articulants, que le condensateur, chargé dans certaines conditions, peut aussi reproduire la parole.

TÉLÉPHONES ARTICULANTS

La variété des téléphones articulants est si nombreuse que leur description n'offrirait aucun intérêt. Basés sur le même

principe, ces appareils présentent entre eux une grande analogie et, en réalité, ils ne sont que des imitations du téléphone Bell.

Pendant que certains inventeurs pensaient à concentrer les lignes de force de l'aimant sur la plaque vibrante, dans le but d'augmenter l'intensité du courant induit, que d'autres cherchaient à augmenter la résonance en disposant ingénieusement les différents organes de l'appareil, l'expérience a fait reconnaître que la qualité d'un téléphone dépendait principalement des soins qu'on apportait à sa fabrication, à la dimension et à l'épaisseur de la plaque vibrante ainsi qu'au mode de préparation du barreau aimanté.

Nous nous contenterons, en raison des motifs exposés ci-dessus, de ne décrire que les téléphones dont les particularités nous ont semblé utiles à faire connaître.

Téléphone Bell. — Le téléphone Bell comprend (*fig. 74*) un aimant droit SN, placé à l'intérieur d'un étui en bois ou en

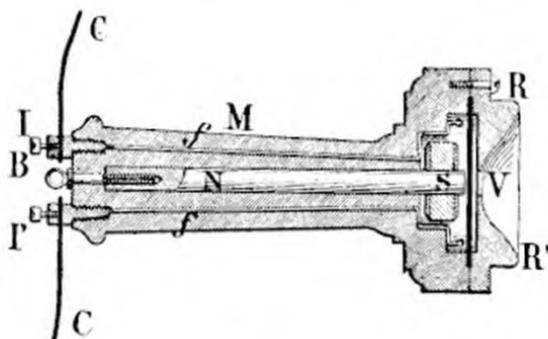


FIG. 74.

ébonite M. L'extrémité S de l'aimant porte une petite bobine formée d'un certain nombre de spires de fil fin de 10 à 15 centièmes de millimètre de diamètre, et dont la résistance doit être calculée sur celles des circuits; les bouts du fil de la bobine, logés dans une rainure *ff*, aboutissent à deux bornes R' auxquelles s'attachent les fils de ligne CC.

En face du pôle S est placée une petite membrane métallique formée d'un disque de fer mince ou d'étain dont le

diamètre varie, en général, entre 45 et 100 millimètres, et l'épaisseur entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{3}{4}$ de millimètre.

Lorsque la plaque vibrante est en fer, on la recouvre, des deux côtés, d'une légère couche de vernis cuit au four, afin d'éviter l'oxydation; elle est solidement maintenue par des vis entre l'étui et une embouchure en bois V dont les rebords évasés RR' se trouvent situés à l'extérieur. Enfin, la distance entre le centre de la membrane et l'extrémité du barreau est réglée à l'aide d'une vis B logée dans le pied de l'instrument.

Principes généraux. — En principe, un téléphone donne toujours de bons résultats lorsque :

1° Il n'y a pas de solution de continuité dans le fil de la bobine et que les extrémités de ce fil sont isolées l'une de l'autre ;

2° La membrane est aussi près que possible de l'aimant sans toutefois le toucher ;

3° Le barreau d'acier n'a pas perdu complètement son aimantation ;

4° Le fil des bobines offre une résistance sensiblement égale à celle du circuit extérieur.

1° *Vérification de la bobine.* — Le fil de la bobine se vérifie en le faisant traverser par le courant d'une pile dans le circuit duquel est intercalé un galvanomètre G (fig. 75) ; la déviation normale de l'aiguille indique que le fil est bon.

Toutefois ce mode de vérification n'est pas toujours suffisant, car si le fil, étant dénudé, touchait en un point quelconque le barreau aimanté, l'aiguille dévierait lors même qu'une dérivation nuisible au bon fonctionnement de l'appareil existerait dans la bobine.

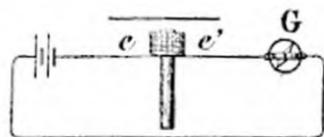


FIG. 75.

On vérifie plus exactement l'état de la bobine sans galvanomètre, en ouvrant et fermant brusquement le circuit à l'aide de l'une des extrémités libres du fil *e* ou *e'*. Le bruit produit dans le téléphone indique non seulement qu'il n'existe aucune solution de continuité, mais encore que le fil de la bobine est bien isolé; dans le cas contraire, le courant serait

sans effet sur l'aimant, et il ne se produirait aucun bruit. Par contre, l'absence du bruit n'indique pas absolument une interruption, puisque cette absence peut provenir du mélange des fils. Toutefois ce mélange se produit très rarement.

2° *Réglage de la plaque vibrante.* — Le réglage de la plaque s'obtient en frappant avec l'ongle de petits coups secs sur la membrane, pour s'assurer qu'elle ne touche pas l'aimant ou qu'elle n'en est pas trop éloignée.

Le bruit occasionné par le choc fait connaître avec un peu d'habitude si la membrane touche ou non l'aimant; mais la percussion n'indique pas toujours suffisamment si elle en est trop éloignée.

Pour obtenir un bon réglage, on amène le barreau aimanté jusqu'au contact de la plaque vibrante; puis, on l'éloigne lentement, progressivement, pour opérer la séparation des deux pièces.

Le mode de procéder que nous venons d'indiquer suffit dans la plupart des cas.

Il convient de faire remarquer que, suivant la distance à laquelle on doit correspondre, la plaque doit être plus ou moins rapprochée, plus ou moins éloignée.

Pour déterminer cette distance, on fait parler, dans l'un des téléphones, après avoir mis les appareils aux deux bouts de la ligne; et on éloigne ou rapproche l'aimant de la plaque de l'autre téléphone jusqu'à ce que l'on entende la voix du correspondant aussi clairement que possible.

Comme on le voit, le réglage des téléphones magnéto-électriques est assez délicat et demande à être fait par des mains exercées. C'est pourquoi les téléphones sont en général réglés au préalable par les constructeurs.

3° *Aimantation du barreau.* — Le degré d'aimantation des barreaux d'acier joue un rôle très important. Aussi est-il nécessaire de lui conserver toujours la même aimantation.

La diminution d'aimantation, qui peut provenir de bien des causes, réduit dans de notables proportions le rendement du téléphone et se manifeste surtout dans l'appareil considéré comme transmetteur.

Dans ce cas le téléphone est mis de côté, et le barreau doit être aimanté de nouveau.

4^e *Résistance que doit offrir le fil de la bobine.* — Le nombre de tours de fil de l'électro-aimant a pour but d'augmenter, ainsi que nous l'avons vu en parlant de l'induction, l'intensité des courants induits qui naissent sous l'action des variations du magnétisme de l'aimant. On serait donc tenté de supposer que plus on multiplie le nombre des spires, plus on accroît l'intensité des courants induits. Mais, comme ces courants produisent un mouvement vibratoire qui se propage dans toute l'étendue du circuit, on augmente la longueur du conducteur et, par suite, la résistance. L'intensité du courant se trouve sensiblement diminuée. Il y a donc une limite dans le nombre de tours de fil.

L'expérience démontre que, pour obtenir le maximum d'effet dans l'appareil récepteur, il est nécessaire de donner au fil de la bobine une longueur et une section proportionnées au parcours. Dans la pratique ce résultat est rarement atteint; toutefois il y a intérêt à donner à l'hélice une épaisseur plus grande que le diamètre de l'aimant et une résistance moindre que celle du circuit. La résistance des bobines est dans le téléphone Bell de 100 ohms.

MODE D'EMPLOI DU TÉLÉPHONE. — Nous avons vu dans l'étude de la prononciation que le succès des communications téléphoniques dépendait également de la qualité du son, et que l'émission de la voix devait être aussi naturelle que possible.

Cette condition n'est pas cependant la seule à remplir, et il importe d'indiquer de quelle façon on doit se servir du téléphone.

Pour se faire entendre clairement, il suffit de parler distinctement, sans trop élever la voix, en articulant bien les syllabes devant la plaque vibrante qui est placée à 2 ou 3 centimètres de la bouche, de manière que les ondes sonores viennent frapper le centre de la plaque perpendiculairement à sa surface.

Les contacts qui pourraient se produire entre les poils de la barbe et la plaque doivent être évités.

Afin de percevoir les sons nettement, il est nécessaire de bien appliquer l'embouchure de l'appareil contre le pavillon de l'oreille et de s'isoler autant que possible des bruits exté-

rieurs. De plus, cet organe demande à être habitué à entendre dans le téléphone, et ce n'est qu'après quelques jours de pratique qu'on arrive, en se conformant aux prescriptions indiquées, à l'utiliser convenablement.

Les études expérimentales faites, en 1878, par M. Morris, ingénieur des Télégraphes, ont démontré que l'on ne reçoit pas d'une manière aussi nette dans un téléphone récepteur quand des personnes différentes se servent successivement du même transmetteur, tandis que les sons musicaux se perçoivent toujours bien. Il semble donc utile de disposer la plaque du récepteur suivant la personne qui parle, de façon à la faire vibrer en concordance parfaite avec la voix qui l'impressionne. Le choix des téléphones transmetteurs et récepteurs doit, en conséquence, dépendre des personnes qui entrent en correspondance. En d'autres termes, il est nécessaire que la plaque vibrante soit munie d'un système de réglage micrométrique, car une variation très faible de la distance qui sépare la plaque de l'aimant modifie très sensiblement la voix.

Il importe de faire remarquer aussi que les appareils récepteurs trop puissants présentent cet inconvénient que les extra-courants occasionnés par les vibrations de leur membrane affaiblissent les courants reçus et déplacent les oscillations des ondes sinusoïdales des courants induits, ce qui rend la parole confuse.

Cette observation semble indiquer qu'il est préférable d'employer, comme transmetteurs, des appareils plus grands et plus puissants, et, comme récepteurs, des appareils plus petits, d'une construction plus délicate et plus légère.

THÉORIE DE TÉLÉPHONE. — Pour donner une théorie aussi complète que possible du téléphone, il nous paraît indispensable d'analyser successivement la série d'actions et de mouvements vibratoires qui ont lieu simultanément dans l'appareil transmetteur, la ligne et l'appareil récepteur.

Cette étude nous amène à suivre la transmission téléphonique dans ses différentes phases :

1° Lorsque l'on parle devant l'appareil A, les ondes sonores

viennent frapper la plaque qui vibre sous l'influence des sons engendrés par la voix (*fig. 76*) ;

2^o Les ondulations de la plaque magnétique, en se rapprochant ou s'éloignant de l'aimant, changent l'orientation des

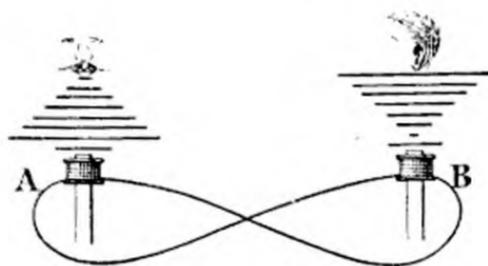


FIG. 76.

molécules qui, dans leurs mouvements, agissent sur les molécules du fil de la bobine A par l'intermédiaire de l'air ;

3^o Ce mouvement vibratoire des molécules de la bobine, ou courant induit, se propage instantanément dans toute l'étendue du conducteur ;

4^o Les molécules de l'aimant de l'appareil récepteur B subissent à leur tour, par influence, le même trouble moléculaire que celui qui s'est produit dans A ;

5^o Les molécules de l'air placées entre l'aimant et la plaque B sont également influencées, et leur arrangement polaire est symétrique à celui de l'aimant ;

6^o La plaque B, étant plus magnétique que l'air, est à son tour soumise à cette action et ses molécules subissent le même mouvement ;

7^o En se déplaçant, elles exercent une action sur les molécules de l'air situées dans le voisinage de la plaque qui prennent elles-mêmes la même orientation ;

8^o Le mouvement sous forme d'ondes sonores influence la membrane du tympan.

Comme chaque vibration de cet organe fait percevoir le son et que cette vibration est à l'unisson du son émis devant la plaque A, il en résulte que le mouvement moléculaire est rigoureusement correspondant au nombre, à l'amplitude et à la nature de celui de la première membrane.

Ce qui précède permet de comprendre que, les ondulations de la plaque A étant ininterrompues pendant l'émission de la voix, le courant est ondulatoire.

En outre, le rapprochement et l'éloignement de la plaque de l'aimant étant successifs et continus, ce mouvement de va-et-vient engendre des courants qui sont tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. De plus, le mouvement de la plaque n'étant pas instantané, le courant d'aller et de retour ne se confondra pas et, comme il varie d'intensité, suivant la voix qui fait vibrer la plaque, il est évident qu'en raison de cette complexité des vibrations les trois qualités distinctives du son, la hauteur, l'intensité et le timbre, sont fidèlement respectées par l'appareil.

Au résumé, pour parvenir à un bon résultat, il est indispensable que l'intensité du champ magnétique, ainsi que le diamètre, la nature et l'épaisseur du diaphragme, réalisent certaines conditions théoriques, que l'on obtient dans la pratique en donnant à la plaque une épaisseur juste suffisante pour absorber les lignes de force du champ magnétique, et en diminuant le diamètre de la plaque jusqu'à ce que le son fondamental soit plus aigu que celui de la voix humaine.

RÉVERSIBILITÉ DU TÉLÉPHONE. — Il a été démontré dans la théorie du téléphone que les causes principales des différentes transformations de l'énergie en sons proviennent des vibrations de la plaque, des modifications successives et rapides dans le magnétisme de l'aimant, d'actions moléculaires et de vibrations identiques dans la plaque du téléphone récepteur.

Comme les modifications que nous venons d'expliquer ont lieu dans n'importe quel sens, le téléphone récepteur sera susceptible à son tour de remplir les fonctions de transmetteur.

On dit alors que le téléphone est *réversible*, c'est-à-dire qu'il peut indifféremment servir de transmetteur et de récepteur.

C'est là une des caractéristiques de ce merveilleux appareil, et cette réversibilité montre que l'on est en présence d'une manifestation mécanique et physiologique infiniment petite.

Téléphone montre. — Afin de rendre l'appareil plus portable et moins encombrant, on a donné au téléphone Bell la forme extérieure d'une montre. Ce genre d'appareil s'est, du reste, rapidement généralisé, en raison des avantages pratiques qu'il présente.

Dans ce modèle l'aimant A est plat et contourné en spirale pour lui conserver ses dimensions, c'est-à-dire sa puissance sous un petit volume. Le noyau N de la bobine est fixé à l'aimant par l'intermédiaire d'une vis V. Deux vis de contact re' servent à relier les extrémités ee' du fil de la bobine aux deux conducteurs extérieurs. Le tout est en-

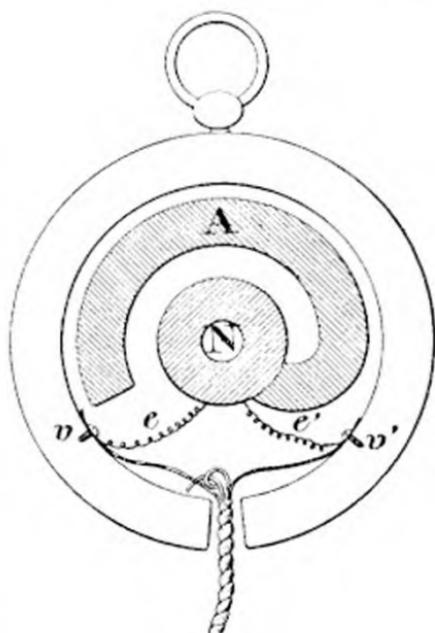


Fig. 77.

fermé dans une caisse en acajou destinée à renforcer le son et dont les rebords supérieurs sont, ainsi que le couvercle,

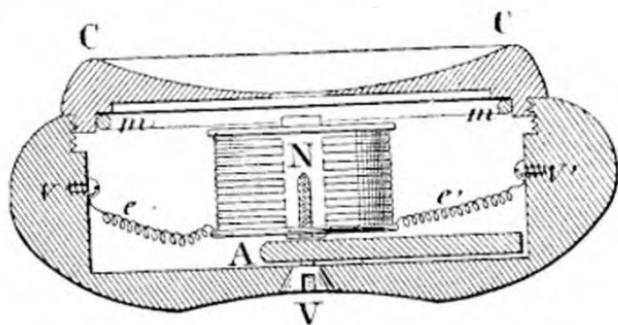


Fig. 78.

taillés en pas de vis. Cette disposition permet, en serrant ou en desserrant le couvercle, de rapprocher ou d'éloigner la

membrane de l'aimant. Les figures 77 et 78 montrent le plan et la coupe de l'appareil.

Téléphones Bell jumelés. — Lorsque, dans la pratique, deux postes échangent une conversation, il peut arriver que l'un des interlocuteurs commence une phrase avant que l'autre ait porté le téléphone à l'oreille; les premiers mots échappent alors à la personne qui reçoit. De là, une confusion et une perte de temps.

Pour éviter cet inconvénient, on met à chaque extrémité de la ligne deux téléphones qui peuvent être accouplés, comme le montrent les figures 79 et 80, de deux façons différentes.

Ce mode d'accouplement est rendu plus commode en montant les deux appareils sur une traverse en métal ou en bois recourbée de façon que, l'un étant placé à l'oreille, l'autre se trouve en face de la bouche.

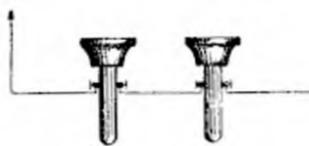


FIG. 79.

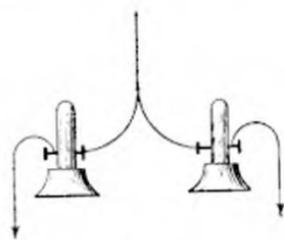


FIG. 80.

Ce système, qui est d'une grande simplicité, est employé avec avantage dans presque tous les bureaux centraux des téléphones par les employés obligés de se déranger à tout instant pour répondre aux appels. Porté à la ceinture, le téléphone jumelé se prête bien aux exigences du service.

Téléphone Gower. — Dans le but d'augmenter l'intensité des courants induits et d'empêcher les actions extérieures de diminuer le magnétisme d'un barreau aimanté, M. Gower a placé les deux pôles de l'aimant en regard du diaphragme.

Ce dispositif constitue un perfectionnement dont le résultat est de produire des courants induits plus énergiques qui augmentent l'intensité du son, et d'empêcher le barreau de perdre son aimantation.

On comprend facilement que, dans ces conditions, les molécules de l'aimant subissent à chaque pôle la même perturbation et agissent simultanément sur les bobines dont ils sont respectivement garnis. Il en résulte que l'effet obtenu est très marqué.

De plus, en plaçant les deux pôles l'un près de l'autre, on surexcite l'aimant, ce qui oblige les molécules à conserver toujours la même direction.

Le téléphone Gower se compose d'un aimant AA (*fig. 81*), ayant la forme d'une demi-couronne, incomplètement fermée par un diamètre interrompu vers le centre. Sur les deux

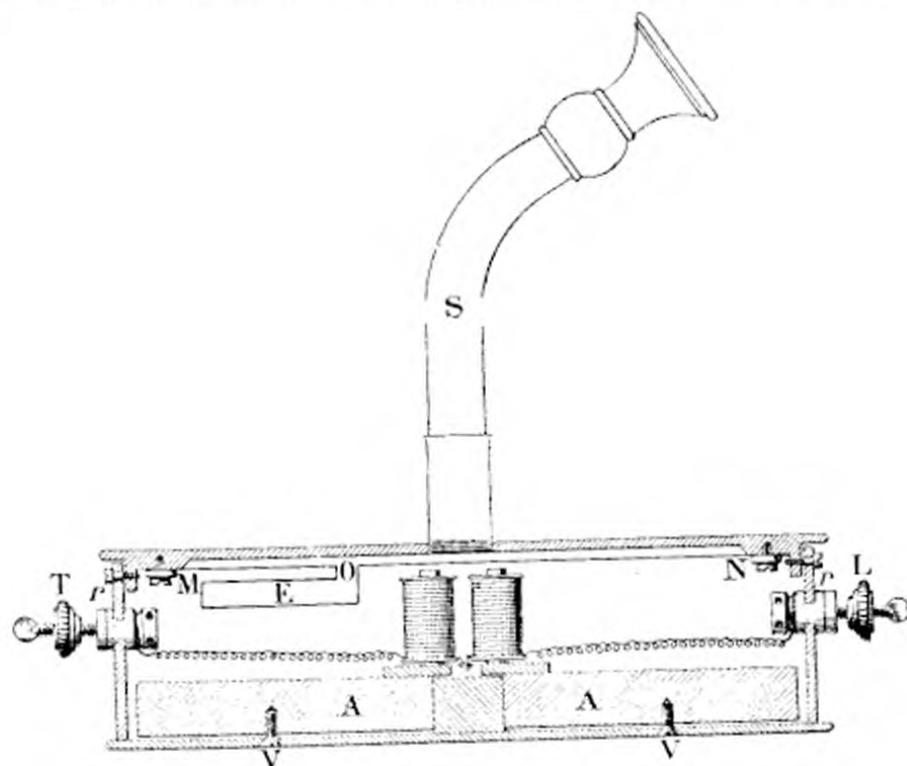


FIG. 81.

pôles de l'aimant sont fixées deux lames minces et longues en fer doux, perpendiculaires au plan de la couronne et placées parallèlement à une faible distance l'une de l'autre. Elles sont entourées d'une bobine, dont l'une aboutit au fil transmetteur L, et l'autre est en communication avec la terre T; les deux bobines sont réunies entre elles par un fil court.

L'aimant et les bobines sont renfermés dans une boîte cylindrique en laiton de 13 centimètres de diamètre environ.

La forme donnée à l'aimant augmente sa puissance. D'après l'inventeur, il soutient un poids de 8 kilogrammes, tandis que tout autre aimant, de même masse, mais de forme différente, n'en supporte que les deux tiers.

L'emploi du fer doux dans les bobines, placées sur le prolongement des pôles de l'aimant, a pour but de conserver à ce dernier toute son énergie ou, plus exactement, de le *nourrir*, suivant l'expression admise.

Le couvercle de la boîte comprend un large anneau en laiton qui porte une plaque en fer doux MN, d'une épaisseur de 7/10 de millimètre et d'un diamètre de 10 à 12 centimètres. A ce diaphragme est pratiquée une petite ouverture *o*, derrière laquelle se trouve fixé par une équerre E un petit tube à anche. Un tuyau flexible à embouchure S, devant lequel on parle, vient se visser au centre du couvercle. Ce tuyau est utilisé comme porte-voix et augmente l'amplitude des vibrations communiquées à la membrane par la parole; il sert également à écouter et à faire vibrer une anche d'harmonium E soudée à la plaque du téléphone P (fig. 82); l'air, en pénétrant par l'ouverture *o* pratiquée dans

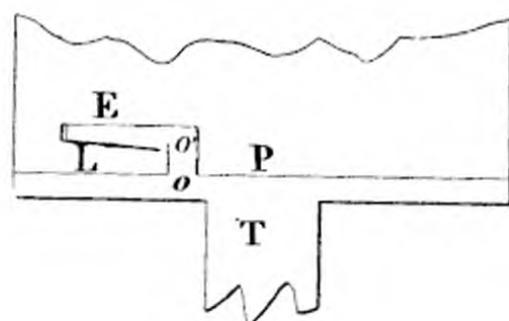


FIG. 82.

le diaphragme P, s'échappe par *o* et fait vibrer la lame L qui communique son mouvement à la membrane, lorsqu'on souffle au lieu de parler devant l'embouchure. Les courants qui en résultent sont assez forts pour produire dans le télé-

phone correspondant une note musicale perceptible à distance.

Cet avertisseur qui agit sur la membrane permet d'employer l'appareil Gower avec tous les genres de téléphones.

Le couvercle ainsi constitué est posé sur la boîte et s'y trouve maintenu au moyen de vis à portée *rr* (fig. 83), qui pénètrent dans des fentes *ff*. Les bornes extérieures *L*, *T* reçoivent les fils de la ligne.

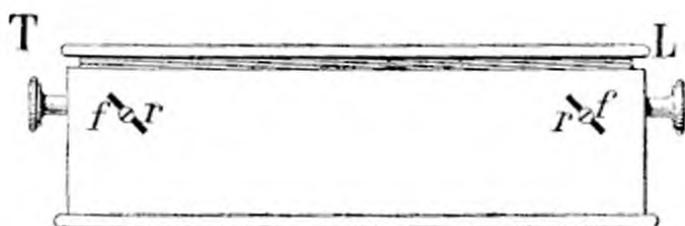


Fig. 83.

Réglage. — Lorsque l'on monte l'appareil, il importe de donner entre les pôles de l'aimant et le diaphragme une distance aussi faible que possible. Pour s'en assurer, on souffle fortement dans l'embouchure du tuyau; la lame élastique *L* de l'anche est mise en vibration par l'impulsion de l'air et, comme celle-ci est fixée à la plaque, il se produira un son plus ou moins net.

Si le son n'est pas confus, le réglage est fait. Dans le cas contraire, on desserre légèrement les vis *rr*, et on les fait glisser lentement et progressivement dans les fentes obliques *ff*, qui permettent de rapprocher ou d'éloigner, suivant le cas, le diaphragme de l'aimant. Le réglage est opéré quand le son de l'anche satisfait complètement l'oreille.

Dans les modèles primitifs il n'y a pas de vis à portée; le couvercle est vissé sur la boîte, et le réglage s'obtient en le serrant ou le desserrant.

Les vis du cercle de laiton, qui maintiennent la membrane sous le couvercle, doivent être serrées à fond; sans quoi l'air insufflé dans l'avertisseur se perdrait en partie. Enfin, il est nécessaire que les trous aménagés sur les parois de la boîte soient toujours libres pour que l'anche puisse vibrer.

Le tuyau flexible demande quelques ménagements; la perforation ou simplement l'usure des tissus dont il est formé ont une influence assez notable sur le rendement de l'appareil.

On doit également éviter l'introduction de corps étrangers dans le tuyau; refoulés au fond de l'avertisseur, ils l'empêcheraient de fonctionner.

Avantages. — Inconvénients. — Le téléphone Gower bien construit présente sur un grand nombre d'autres modèles les avantages suivants :

1° Il possède un système d'avertisseur faisant partie de l'appareil :

2° La dimension et l'épaisseur de la plaque vibrante, en augmentant l'intensité des courants induits, constituent une sorte de résonateur qui amplifie notablement les sons ;

3° Cette augmentation d'intensité des sons permet de correspondre à une assez grande distance à voix basse, ce qui, dans certains cas, peut être d'une grande utilité, et, lorsque le correspondant parle à haute voix, on distingue nettement les paroles prononcées par le correspondant à une distance de 10 à 12 mètres ;

4° Combiné avec un transmetteur microphonique, cet appareil donne comme écouteur d'excellents résultats :

5° La boîte est en laiton. Ce métal a le désavantage, il est vrai, de s'altérer à l'humidité, où néanmoins il résiste bien, tandis que le bois, dans les mêmes conditions, joue et se fendille en très peu de temps.

Le seul inconvénient que présente le téléphone Gower consiste dans la délicatesse du réglage et de la construction; c'est pourquoi, il a besoin d'être, de temps en temps, vérifié par quelqu'un d'expérimenté.

Une chose qui frappe, non sans raison, au premier abord, c'est l'épaisseur de la plaque, qui semble avoir une masse difficile à mettre en mouvement sous la simple action de la parole.

A cette objection l'inventeur répond que la plaque elle-même ne vibre pas, tout au moins d'une manière visible. L'effet proviendrait, selon lui, des vibrations moléculaires seules du métal, qui seraient suffisantes pour déterminer la production des courants induits.

Cette particularité tendrait à prouver qu'il existerait deux modes de reproduction de la parole : l'un, dû à des vibrations mécaniques; l'autre, à des vibrations moléculaires d'une

substance magnétique ayant pour résultat total de modifier les conditions magnétiques du barreau.

Il est probable que des phénomènes beaucoup plus complexes doivent se produire dans les téléphones, notamment plusieurs actions très compliquées que la science de l'acoustique n'a encore pu expliquer d'une manière satisfaisante.

Téléphone Ader. — Le téléphone Ader repose sur la propriété que possède un aimant d'augmenter son action magnétique proportionnellement à la masse de l'armature sur laquelle il exerce son influence. Toutefois, dès que cette masse a dépassé celle de l'aimant, le degré d'activité des réactions magnétiques entre l'armature et les pôles de l'aimant n'augmente plus.

L'intensité des courants induits développés dans les fils des bobines, par les mouvements vibratoires de la plaque d'un téléphone, atteindra, par conséquent, son maximum lorsque l'aimant et l'armature auront l'un et l'autre la même masse. Il y aurait donc intérêt, pour obtenir ces effets, à augmenter l'épaisseur de la lame vibrante, comme dans le téléphone Gower, où nous savons qu'est dû ce développement remarquable des sons. Mais cette masse ne peut être accrue sans nuire aux vibrations de la plaque.

Cette difficulté a été surmontée par M. Ader en plaçant une seconde armature fixée vis-à-vis de la plaque vibrante (*fig. 84*).

Soit un aimant permanent NS en regard duquel est placée une plaque de fer L de 1/10 de millimètre d'épaisseur et d'un diamètre de 20 centimètres environ appuyée contre deux supports PP'. La distance qui les sépare doit être suffisante pour empêcher l'aimant d'exercer son action sur la plaque L. Si ensuite on approche une pièce de fer d'un volume moitié moindre que celui de l'aimant, on observe une légère flexion

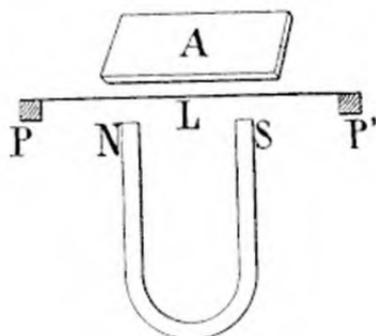


FIG. 84.

de la lame vers l'aimant ; puis, si l'on remplace cette pièce de fer par une autre A d'un volume égal à celui de l'aimant, l'attraction est plus forte, et la plaque L reprend sa position normale dès que la pièce A en est éloignée. On remarque, de plus, que l'attraction de l'armature vers l'aimant est toujours la même, quoiqu'on ait augmenté la masse A.

Cette expérience démontre que les lignes de force traversent une lame de faible épaisseur, c'est-à-dire que les polarités développées sont les mêmes que si la plaque vibrante L faisait corps avec la pièce A, et qu'en regard des pôles de l'aimant permanent nous avons non seulement des pôles de nom contraire, mais encore que la surface de la lame présente des polarités de même nom en face de la pièce A.

Deux causes viennent donc s'ajouter pour faciliter les mouvements vibratoires de la plaque : d'un côté, attraction ; de l'autre, répulsion. Les lignes de force entre le diaphragme et les pôles de l'aimant se trouvent donc concentrées et, par suite, les courants induits développés dans les fils des bobines d'intensité.

Description de l'appareil. — Ce téléphone, qui comprend un aimant recourbé en forme de cercle A (fig. 85), porte à ses deux extrémités deux bobines ovales BB très rapprochées, devant lesquelles se trouve la plaque vibrante en fer MM, fixée sur ses bords au boîtier métallique O. Un couvercle de même substance C, dans lequel est vissée l'embouchure en ébonite E, est muni au centre d'une bague en fer doux XX épaisse, destinée à renforcer l'action magnétique. Les fils de ligne se fixent aux bornes NN auxquelles aboutissent intérieurement les fils des bobines dont

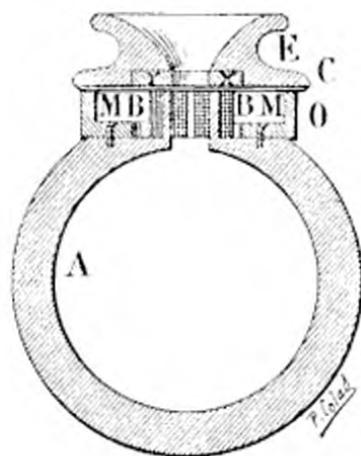


FIG. 85.

la résistance varie suivant les modèles ¹.

¹ Les récepteurs Ader généralement employés ont une résistance de 250 ohms pour les lignes d'une longueur moyenne, et de 500 pour les lignes à grande résistance.

Les figures 85 et 86 représentent l'appareil en coupe et de profil. Elles permettent de se rendre un compte très exact des diverses pièces qui le constituent. La forme que l'inventeur a donnée à l'aimant est très commode; elle permet de suspendre le téléphone ou de le tenir à la main sans fatigue.

Téléphone Poney-Crown. — Le Poney-Crown est formé d'un aimant en fer à cheval dont l'un des pôles seul agit sur le diaphragme, l'autre ne sert qu'à former crochet pour suspendre l'instrument (*fig. 87*).

Au pôle actif de l'aimant est vissé un noyau de fer doux entouré d'une bobine de fil fin B.

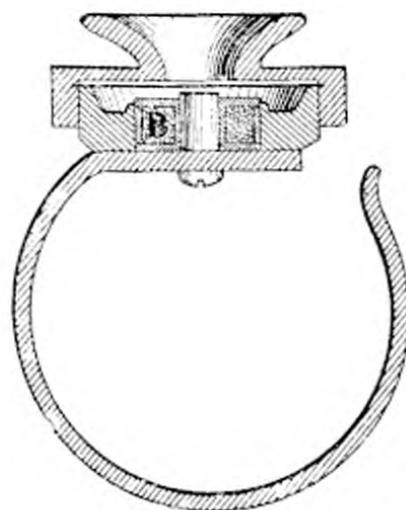


FIG. 87.

dans le voisinage d'un aimant exerce sur le champ magnétique une action d'autant plus grande que le fil est placé dans un endroit où l'action magnétique est plus intense. En disposant le fil au milieu même du champ magnétique, et les pôles aussi rapprochés que possible du diaphragme, on obtient des effets énergiques.

C'est en se basant sur ce principe que M. d'Arsonval a ima-

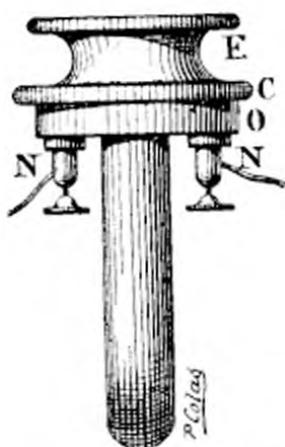


FIG. 86.

Au dessus se trouve la plaque vibrante maintenue dans une boîte dont la partie supérieure est terminée par une embouchure.

Cet appareil très simple est beaucoup répandu en Amérique, où il rend, paraît-il, comme le téléphone Gower en Angleterre, d'excellents services.

Téléphone d'Arsonval. —

Un conducteur parcouru par un courant ondulatoire et situé

giné l'appareil représenté en coupe et ouvert en plan par les figures 88 et 89.

Un aimant AA, formant poignée, a ses deux pôles situés en un centre commun N, très près du diaphragme D. Le pôle N est entouré d'une bobine B de fil fin dont les extrémités, soudées à deux cordons souples, servent à amener le courant dans l'électro-aimant. Autour, se trouve une pièce en fer doux SF enveloppant, sans toutefois la toucher, la bobine B et fixée au pôle S de l'aimant, dont elle est le prolongement.

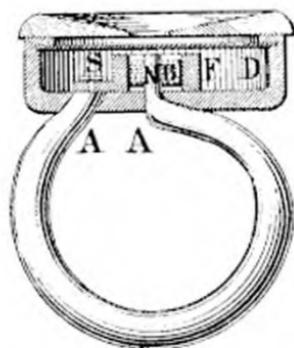


FIG. 88.



FIG. 89.

L'embouchure se visse à la partie supérieure de la boîte sur laquelle repose la plaque vibrante, qui peut ainsi être maintenue dans une position fixe.

De cette façon, la bobine B, située à proximité des pôles NS, se trouve complètement noyée dans le champ magnétique. Par suite, les courants induits qui circulent dans cette bobine agissent sur l'aimant pour renforcer ou affaiblir le champ magnétique.

Ce téléphone, d'un poids de 350 grammes, a donné de bons résultats que certains détails de construction ont, de plus, contribué à obtenir.

On s'est servi, à cet effet, d'acier comprimé par le système de M. Clémantot. La propriété que possède cet acier d'être aimanté sans être trempé permet de travailler l'aimant sans crainte de lui faire perdre sa force coercitive, ce qui ne pouvait être obtenu précédemment.

Téléphone Ochorowicz. — Les nombreux points d'attache qui, dans les téléphones ordinaires, servent à fixer fortement la plaque vibrante contre les bords circulaires de la boîte diminuent l'amplitude des oscillations et sont une des causes principales d'affaiblissement de l'intensité du son.

Afin d'augmenter la puissance de ces instruments, M. Ochorowicz emploie deux plaques vibrantes solidaires l'une de l'autre et fixées par un seul point.

Tous les organes composant ce téléphone se trouvent ainsi placés dans un certain état d'équilibre, ayant pour résultat de faire

vibrer la boîte tout entière à chaque changement du flux de force magnétique, ou, en d'autres termes, à chaque augmentation ou diminution de magnétisme subit par l'aimant sous l'action du courant ondulatoire qui traverse les bobines.

La boîte métallique (*fig. 90*) est formée d'une garniture cylindrique soutenant les deux plaques vibrantes P et P', maintenues parallèlement par leurs rebords extérieurs à une garniture cylindrique BB; l'une P est entourée sur son pourtour d'une rondelle en peau de chamois; l'autre P', qui forme le fond de la boîte, est percée de deux ouvertures destinées à laisser passer librement deux noyaux de fer doux garnis respectivement de leurs bobines, dont les bouts bien isolés sont soudés aux conducteurs extérieurs.

Les noyaux de fer doux sont vissés aux pôles NS d'un aimant puissant, ayant la forme d'un tube fendu dans sa longueur; sa partie médiane est entourée d'un anneau en laiton L, destiné à fixer, à l'aide d'une vis V, la boîte à l'aimant.

Ainsi disposées, les deux plaques sont polarisées d'une

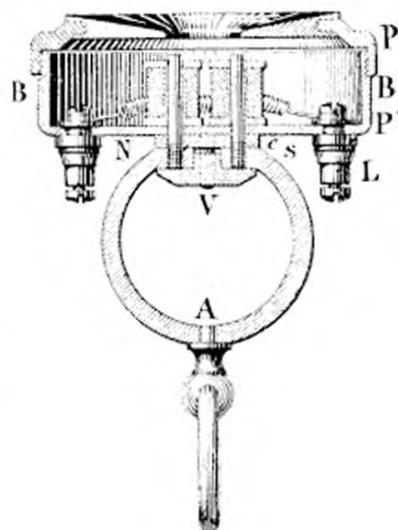


FIG. 90.

façon identique; quand l'une s'approche du pôle de l'aimant placé en regard, l'autre s'en éloigne sous l'influence du même effort. Il y a, par conséquent, un rapport parfait entre les deux actions, de sorte que les deux plaques vibrant ainsi simultanément et dans le même sens, toute la boîte vibre, ce qui a pour effet d'augmenter notablement l'intensité du son.

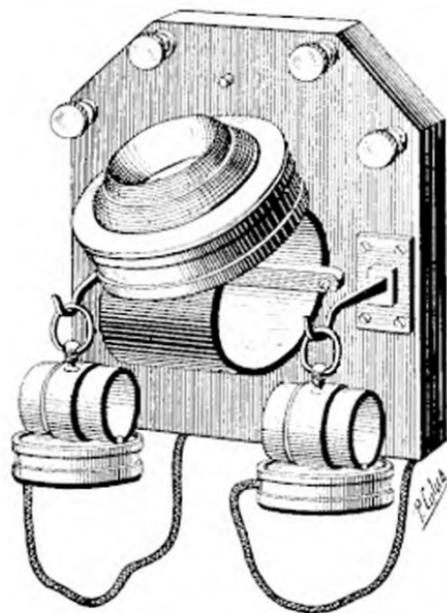


Fig. 91.

Les téléphones transmetteur et récepteur sont identiques. La figure 91 représente un poste téléphonique complet.

La puissance de cet appareil est telle que l'on peut parler sans être obligé de se placer en face du transmetteur.

Le seul inconvénient que présente le téléphone Ochorowicz est

l'emploi d'une peau élastique qui, changeant d'état physique suivant les variations de la température, nuit parfois à son bon fonctionnement. Il s'ensuit que l'usage de cet instrument est forcément limité. Mais, placé dans un endroit sec, il peut être utilisé avec succès, notamment pour des auditions théâtrales.

Téléphone Aubry à membrane porte-aimant. — Le but que M. Aubry s'est proposé d'atteindre est de rendre perceptibles à l'oreille les vibrations propres d'un aimant de téléphone, de telle sorte que les effets téléphoniques qui s'y manifestent s'ajoutent à ceux de la membrane de fer-blanc pour produire un renforcement du son.

Ces résultats sont obtenus de la manière suivante :

Caractères distinctifs. — Un aimant plat, de forme annu-

laire, avec deux retours polaires diamétralement opposés, est assujéti à une plaque mince de maillechort au moyen de deux petits boulons en fer doux, prolongés d'un côté pour former les noyaux de deux bobines de fil fin.

La plaque de maillechort étant alors pincée fortement à sa périphérie, entre le corps cylindrique et le fond évidé de la boîte métallique de l'instrument, on obtient un ensemble éminemment propre à recevoir et à transmettre les mouvements vibratoires qui lui sont communiqués.

La membrane ordinaire de fer-blanc, maintenue à proximité des pôles par un couvercle, complète le système.

Parties essentielles. — L'appareil ainsi considéré dans ses parties essentielles se compose donc :

- 1° D'une plaque vibrante en métal magnétique (fer-blanc);
- 2° D'une plaque vibrante en métal non magnétique (maillechort) portant l'aimant de l'électro-aimant;
- 3° D'un résonnateur formé par la cavité comprise entre les deux plaques.

Résultats obtenus. — Quand on parle devant l'ouverture pratiquée au centre du couvercle, les ondes sonores viennent se répercuter directement et indirectement, sur la plaque de fer-blanc, mais d'une manière cependant très appréciable, sur l'aimant et sa membrane. Les mouvements vibratoires de ces organes ainsi influencés s'effectuent avec le maximum d'amplitude qui leur est propre, produisant, par suite, un maximum de déplacement des lignes de force du champ magnétique et une valeur correspondante des courants d'induction qui se développent dans les bobines.

Lorsque l'appareil fonctionne comme récepteur, les variations d'intensité du champ magnétique produites par les courants qui traversent les bobines influencent à la fois la membrane magnétique, l'aimant et la membrane porte-aimant. La petite colonne d'air intérieure, se trouvant en contact avec une grande surface en vibration par rapport à son volume, est amenée à un degré supérieur de résonance qui se traduit par un maximum correspondant du rendement téléphonique.

Cette augmentation d'intensité, tant à la transmission qu'à la réception, est confirmée par l'expérience et, comme ce

résultat est obtenu avec des appareils relativement de petite dimension et sans avoir recours à l'artifice des membranes d'une infime épaisseur, la netteté de reproduction se conserve sans altération, le réglage se maintient sans variation, et l'appareil reste puissant, tout en se prêtant à une construction simple et robuste.

Désignation des types. — Pour répondre à tous les besoins qui peuvent se présenter dans l'application, il a été établi trois types de ce téléphone :

Téléphone	}	transmetteur à plaques de 70 mm.
		mixte à plaques de 65 mm.
		récepteur à plaques de 50 mm.

En voici la description avec dessin du transmetteur à l'appui (*fig.* 92 et 93).

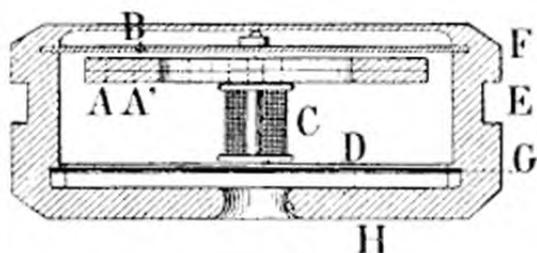


FIG. 92.

AA', aimant en deux épaisseurs superposées ;
aa, prolongements polaires de l'aimant A ;

B, membrane porte-aimant en maillechort ;

CC', bobines de fil fin, ayant chacune 100 ohms de résistance ;

NS, électro-aimant en fer doux servant également à fixer l'aimant sur sa membrane ;

D, plaque vibrante de fer-blanc ;

E, corps cylindrique de la boîte du téléphone ;

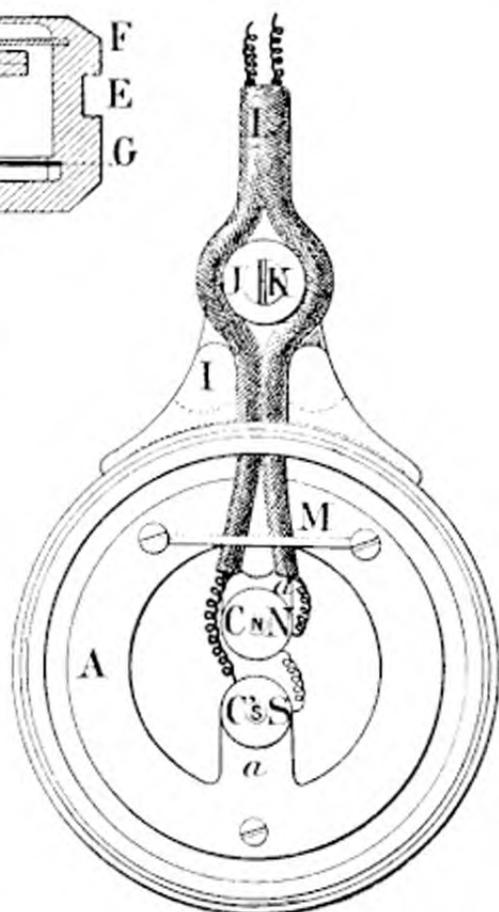


FIG. 93.

- F, fond évidé de la boîte du téléphone ;
- G, lunette en cuivre du couvercle ;
- H, dessus en ébonite du couvercle ;
- I, oreille d'attache du cordon ;
- J, poulie d'attache du cordon ;
- K, vis d'attache du cordon ;
- L, cordon souple à deux conducteurs ;
- M, barrette en cuivre empêchant le cordon de venir au contact de la plaque de fer-blanc.

La forme montre a été adoptée pour les trois modèles, comme offrant la plus grande garantie de solidité et de protection de tous les organes, et aussi comme se prêtant le mieux au port facile des appareils.

Toutes les parties constituant de ces téléphones ont été étudiées avec la constante préoccupation d'obtenir réunies les précieuses qualités d'efficacité, de solidité et de légèreté qui donnent à des appareils une valeur incontestable.

Mis en parallèle avec un grand nombre d'appareils similaires, il a donné des résultats tels qu'il a été définitivement adopté pour les usages militaires.

C'est en raison de ses qualités que nous avons cru devoir en donner une description détaillée.

Bitéléphone Mercadier. — M. Mercadier, se basant sur des principes théoriques, dont l'analyse sortirait du cadre élémentaire que nous nous sommes imposé, a été amené à construire un appareil auquel il a donné le nom de bitéléphone.

Voici, d'après le *Cosmos*, la description de cet appareil :

« La figure 94 représente en vraie grandeur une coupe, suivant l'axe du noyau, de l'un des récepteurs d'un bitéléphone à un seul pôle. La boîte est en ébonite et se compose de deux couvercles percés en leur centre et vissés à refus sur un cylindre taraudé également en ébonite. Le couvercle supérieur, qui fixe le diaphragme, porte sur son centre un embout qui est destiné à pénétrer dans le conduit de l'oreille. L'autre couvercle laisse émerger le noyau aimanté N, dont l'extrémité taraudée est reliée à la tige V, au moyen d'une lame d'acier R, fixée, d'une part, par l'écrasé E, et, de l'autre, par

la vis A. La boîte est entourée d'un collier métallique *dd'*, qui permet de fixer le récepteur à la tige V et d'y relier l'extrémité *f* du fil de la bobine. La figure 96 donne une vue d'ensemble du bitéléphone. La fige V de la figure 95 n'est

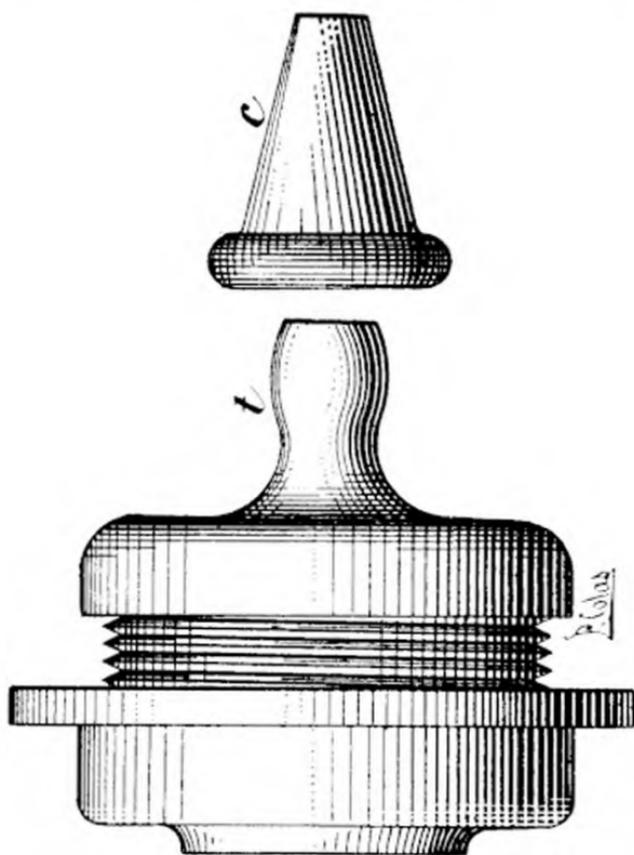


FIG. 94.

autre chose que l'extrémité du ressort en acier aimanté, recouvert d'un tube de caoutchouc, qui se trouve relié, comme on vient de le voir, à l'une des extrémités du fil des bobines et au noyau aimanté, et remplit, par suite, une triple fonction ;

1° Il relie électriquement deux des quatre bouts des bobines, les deux autres étant reliés à la ligne ;

2° En tant qu'aimant, il augmente le magnétisme des noyaux des téléphones ;

3° Enfin, en tant que ressort, il appuie les téléphones contre les oreilles et maintient les embouts dans les conduits auditifs. Chacun peut d'ailleurs régler à sa convenance la pression du ressort.

Le poids de l'appareil complet est de 50 grammes ; c'est en poids et en dimensions (à l'épaisseur près) comme si l'on

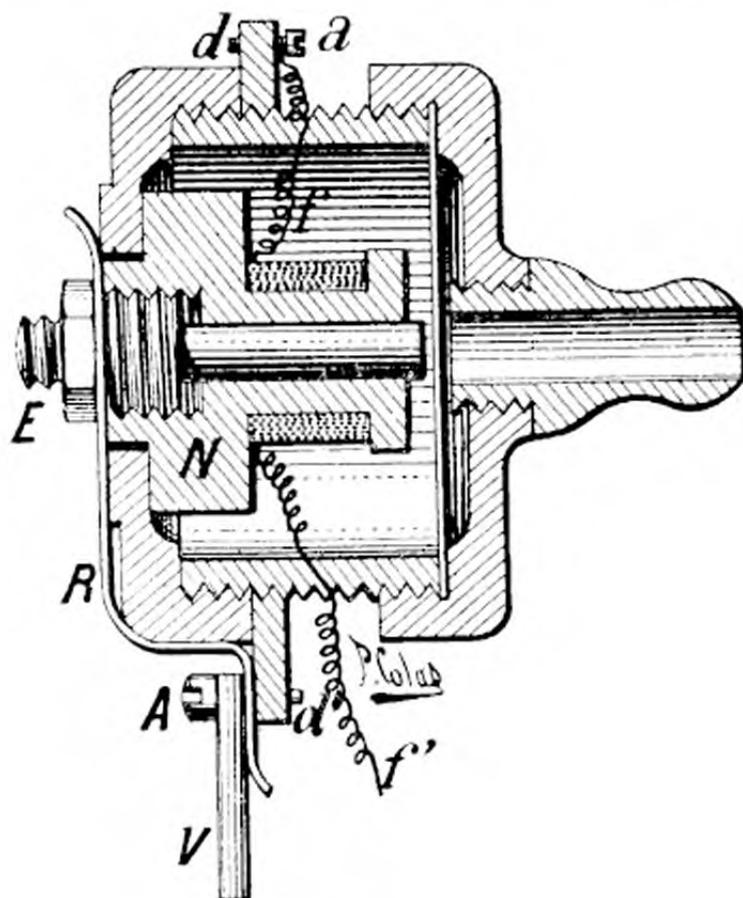


Fig. 36.

avait une pièce de 5 francs accrochée à chaque oreille ; aussi ne produit-il pas de fatigue. Les employés téléphonistes peuvent le conserver aux oreilles des journées entières sans en être incommodé. Les travaux de l'école Pastorienne ont fait naître une très légitime crainte des microbes ; aussi s'est-on, dans la presse, récemment préoccupé des dangers de

transmission de certaines maladies contagieuses par l'emploi du téléphone dans les cabines publiques, les hôtels, etc... Le bitéléphone offre à cet égard un avantage très appréciable : les embouts *t* (fig. 94) sont recouverts de pièces coniques mobiles *c*, en caoutchouc, qui s'enlèvent et se remettent faci-



FIG. 96.

lement, et qui ont pour but de rendre ces parties de l'appareil essentiellement *personnelles*. Chacun peut, à un prix très minime, avoir des pièces de rechange pour son usage exclusif.

La figure 96 montre la manière de se servir du téléphone. On voit qu'il laisse aux mains toute leur liberté d'action et

permet, par conséquent, de prendre des notes, ou même de transcrire intégralement le message téléphoné, ce qui l'a fait adopter dans un grand nombre de bureaux centraux téléphoniques.

Le bitéléphone est d'un usage particulièrement commode dans les laboratoires, comme galvanoscope, pour constater le passage d'un courant. C'est, d'ailleurs, l'usage auquel il était d'abord destiné uniquement.

Comparé avec les téléphones dont on se sert habituellement, il leur est comparable et, comme netteté, est supérieur à plusieurs d'entre eux. C'est ce qu'ont permis de constater des expériences comparatives faites sur la ligne aéro-sous-marine de Paris à Londres.

Téléphone Roulez. — Cet appareil, très employé dans le

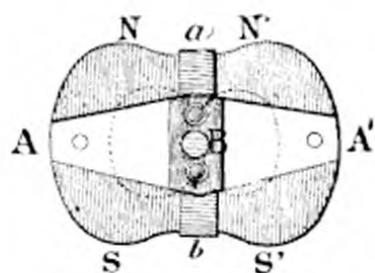


Fig. 97.

service de l'Artillerie française, comprend deux aimants en fer à cheval NAS et N'AS' dont les pôles de même nom sont en regard. Ces pôles sont séparés par deux pièces de fer doux *a*, *b* sur lesquelles sont fixés deux noyaux garnis de bobines. Un ressort en laiton AA', commandé par un boulon B à contre-écrou, est placé entre les bobines et l'aimant. Il sert à maintenir solidement les différentes pièces à un boîtier à double fond au moyen de deux boulons MM' (fig. 97 et 98).

Une embouchure est vissée sur la plaque vibrante de 0^m,050 et de 0^m,030 d'épaisseur.

Le réglage s'obtient en serrant ou desserrant l'écrou P du boulon B; le ressort s'infléchit et rapproche ou éloigne, suivant le cas, les bobines de la plaque vibrante. La résistance du fil de l'électro-aimant est de 200 ohms.

Il existe un autre modèle d'appareil sans double fond. La

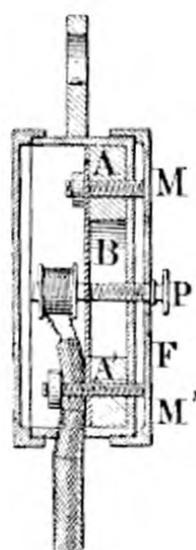


Fig. 98.

tête de l'écrou de réglage est alors protégée par une couverture mobile.

Condensateur parlant. — Un condensateur chantant est converti en téléphone articulante en le plaçant dans le circuit induit d'une bobine comprenant quelques éléments. En disposant, d'après M. Dumant, un circuit semblable à celui de la figure 99, le condensateur C reproduira fidèlement les ondes sonores, provenant du téléphone T.

Le condensateur peut également être employé comme

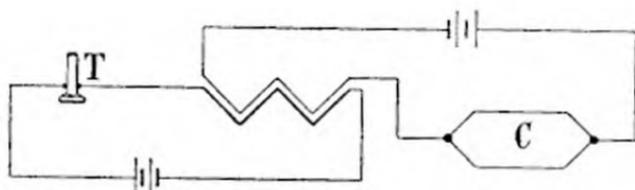


FIG. 99.

transmetteur. A cet effet, on se sert d'un diélectrique formé d'une feuille de papier plombaginée sur ses deux faces.

Suivant M. Herz, la charge d'un condensateur se fait aussi dans de bonnes conditions en prenant une dérivation sur la pile qui actionne un microphone.

Téléphone automatique Polto. — Les installations de postes téléphoniques, sauf avec le téléphone Gower, comportent des appareils accessoires, dont le principal est l'avertisseur ou appel phonique.

La disposition de ces appareils, quoique très simple, complique l'installation et, pour ce motif, peut donner lieu à des dérangements.

M. Polto, colonel du Génie italien, a réuni dans un même appareil l'appel et le téléphone.

Il se compose de deux bobines *cc* dont les noyaux de fer doux, recourbés à angle droit, sont fixés à l'aide de vis à un aimant circulaire *a*. Le diaphragme *d* est maintenu sur son pourtour par le couvercle de la boîte *b*. A l'intérieur de l'an-

neau de l'aimant se trouve renfermée dans une boîte en cuivre *e* une roue dentée *g* mise en mouvement par une manivelle non visible sur la figure 100. Cette roue transmet son mouvement, par l'intermédiaire d'un pignon, à une pièce en fer *f*, ayant la forme d'une étoile.

Par son déplacement rapide autour des pôles de l'aimant, la roue *f* détermine des perturbations moléculaires qui font naître des courants induits dont les effets produisent dans le téléphone récepteur un signal d'appel ressemblant à un roulement de tambour entendu de loin.

D'un volume ordinaire, d'un prix modique et d'un entretien facile, le téléphone Polto rend d'excellents services en Italie pour la téléphonie de campagne.

La description détaillée que nous venons de donner des téléphones Bell, Gower et autres, ainsi que les moyens d'en obtenir de bons effets, sont suffisants pour permettre de comprendre le fonctionnement et de régler facilement les autres appareils similaires dont on aurait à se servir.

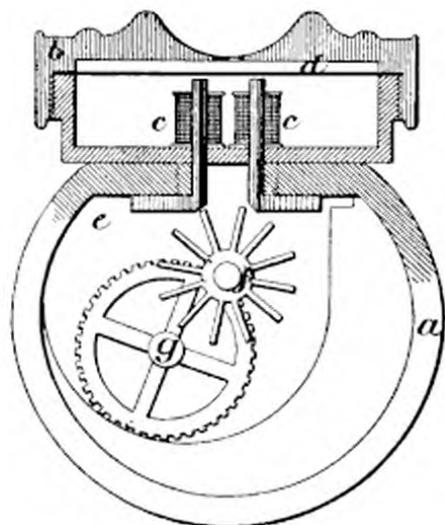


FIG. 100.

CHAPITRE XIV

APPELS PHONIQUES. — AVERTISSEURS. — SONNERIES POLARISÉES. — COMMUTATEURS. — PARATONNERRES

Appels phoniques. — Avertisseurs. — Sonneries polarisées.

— Les systèmes téléphoniques qui n'utilisent pas les piles pour actionner une sonnerie, servant à appeler le correspondant, emploient des appareils nommés *appels* (par opposition aux *avertisseurs*, ou *sonneries polarisées*) destinés à mettre en mouvement un disque annunciateur, ou à produire un bruit pouvant être entendu à une certaine distance.

Ces appels, dont les organes peuvent être disposés de diverses façons, permettent de supprimer une pile et de pouvoir, en raison de l'intensité considérable des courants induits, établir des communications téléphoniques à de grandes distances, même avec des lignes défectueuses.

Les uns sont basés sur les vibrations d'une lame élastique dans l'air ; les autres, sur les déplacements d'une bobine devant les pôles d'un aimant, ou inversement.

APPELS PHONIQUES

Appel Siemens. — L'appel Siemens est un cornet à anche, dont l'enveloppe en métal nickelé ou en corne AB (*fig. 101*)



FIG. 101.

porte en A une ouverture dans laquelle on souffle ; la par-

tie B est cylindrique et s'adapte exactement à l'embouchure du téléphone. Une série de trous H servent à l'échappement de l'air. A une pièce de laiton CD, enfoncée à l'intérieur du cornet, est vissée une languette métallique *a*, qui vibre lorsque l'on souffle dans l'instrument; un petit grelot *gg'* qui traverse librement la pièce D repose en *g'* sur la membrane, quand l'avertisseur est placé dans l'embouchure du téléphone.

Si l'on souffle vigoureusement dans l'avertisseur, il se produit un son semblable à celui des cornes de tramways; la languette *a* entre en vibration, et celle-ci communique son mouvement à la plaque du téléphone par l'intermédiaire de l'air et du grelot.

A la station d'arrivée l'appareil récepteur reproduit ce son qui est entendu très facilement dans une chambre ou, en plein air, dans un rayon de 3 ou 4 mètres.

Cet avertisseur, qui peut être annexé à tous les téléphones est, en raison de sa solidité et de sa simplicité, employé en téléphonie militaire et dans les installations volantes.

Appel Abdank-Abakanowicz.

— L'appareil imaginé par M. Abdank-Abakanowicz est attaché à un panneau sur lequel est solidement fixé un aimant en fer à cheval entre les pôles duquel oscille une bobine placée à l'une des extrémités d'un fort ressort. Une poignée permet de tendre ce dernier et d'imprimer, par suite, un mouvement très rapide de va-et-vient à la bobine, dont les fils sont reliés à deux bornes (fig. 102).

Les variations magnétiques qui résultent du déplacement de la bobine devant les pôles de l'aimant déterminent des courants induits qui actionnent soit un téléphone, soit un avertisseur ou une sonnerie polarisée.

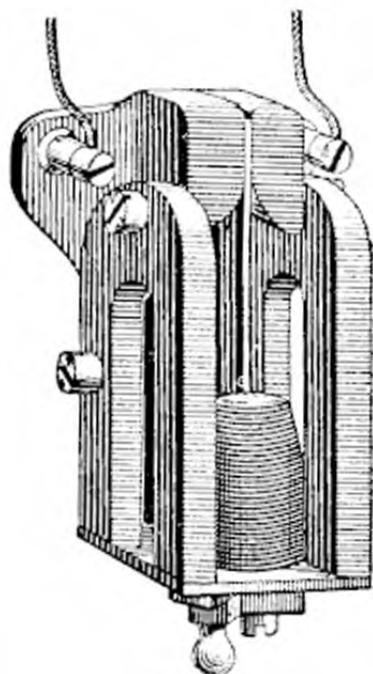


Fig. 102.

Appel Sieur. — L'appel phonique Sieur est formé (*fig. 103*) d'un aimant en fer à cheval auquel sont rivées à angle droit deux bobines C, C. Une roue en cuivre A commandée par une manivelle M est munie sur son pourtour de pièces en fer doux *m, m* (*fig. 104*). Lorsque la roue tourne, les pièces magnétiques viennent se présenter successivement en regard des pièces polaires et déterminent dans la masse de l'aimant un trouble moléculaire qui a pour effet de produire des cou-

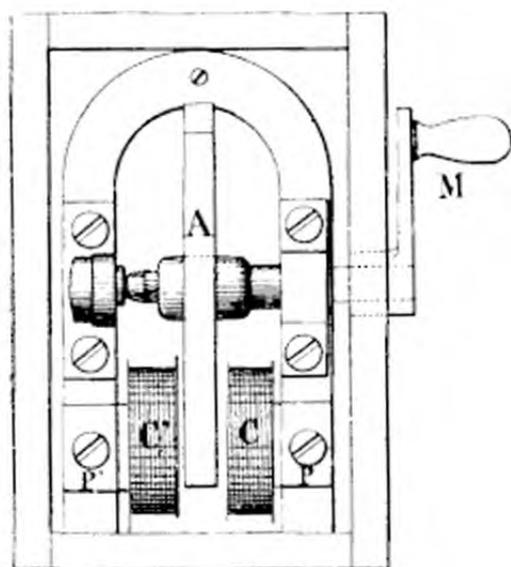


Fig. 103.

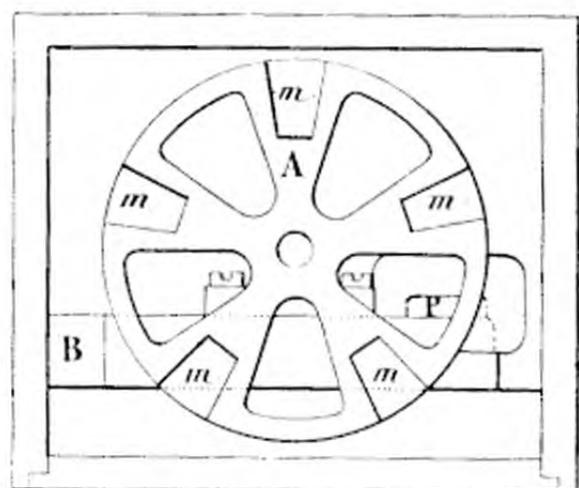


Fig. 104.

rants induits destinés à actionner un appareil placé à l'autre bout de la ligne.

Les bruits entendus dans un téléphone par l'appel Sieur sont très intenses ; ils ressemblent beaucoup aux aboiements d'un chien, d'où le nom d'*appel chien* donné communément à cet appareil.

Appel Cooke. — L'avertisseur Cooke se compose d'une roue striée en laiton ayant 60 millimètres de diamètre contre laquelle presse un léger ressort métallique. Une manivelle commandant l'axe de la roue permet de lui imprimer une rotation dans un plan vertical.

La figure 105 montre de quelle façon on dispose l'appareil dans le circuit.

En faisant tourner la roue, il s'établit entre le ressort et les stries une série de contacts rapidement établis et interrompus qui déterminent des variations fréquentes dans l'intensité du courant, dont le résultat est de produire un bruit dans le téléphone.

Afin d'éviter que la pile ne soit en communication constante avec la ligne, on dispose, en forme de bouton de sonnerie, un interrupteur entre la pile et l'appel.

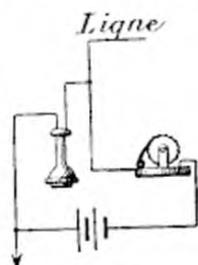


FIG. 105.

AVERTISSEURS

L'annonceur polarisé, généralement employé, est formé (fig. 106) d'un aimant en fer à cheval entre les pôles

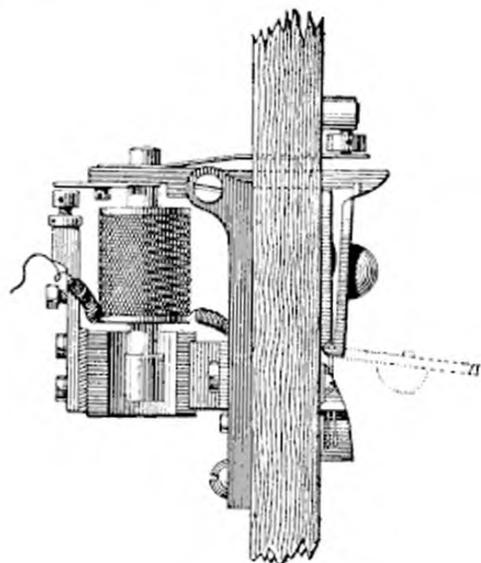


FIG. 106.

duquel est placée une pièce en fer doux mobile fixée à l'une des extrémités du noyau d'un électro-aimant. Un bras de levier coudé, pivotant autour d'un axe fixe, maintient, d'un côté, la bobine et porte, de l'autre, un crochet qui retient le volet de l'annonceur. Lorsqu'un courant circule dans l'électro-aimant, il se développe un pôle à l'extrémité de la pièce

en fer doux mobile qui est à ce moment influencée par le pôle de nom contraire de l'aimant et, suivant la direction du courant, tend à faire osciller le levier à droite ou à gauche.

Si l'armature est attirée à gauche, le volet est maintenu plus fortement contre le crochet; dans le cas contraire, ce dernier est soulevé, et l'annonceur en tombant avertit que le poste est appelé.

Il convient donc de relier les fils de ligne, en installant l'appareil, aux fils de l'électro-aimant dans le sens convenable pour faire fonctionner le système.

Il existe plusieurs modèles d'avertisseurs polarisés utilisés avantageusement dans les postes téléphoniques; mais, comme le principe de ces appareils est le même que celui dont nous venons de donner la description, il semble inutile de les décrire.

Sonnerie polarisée. — La sonnerie polarisée, basée sur le même principe que les appels, comprend (*fig. 107*) une lame

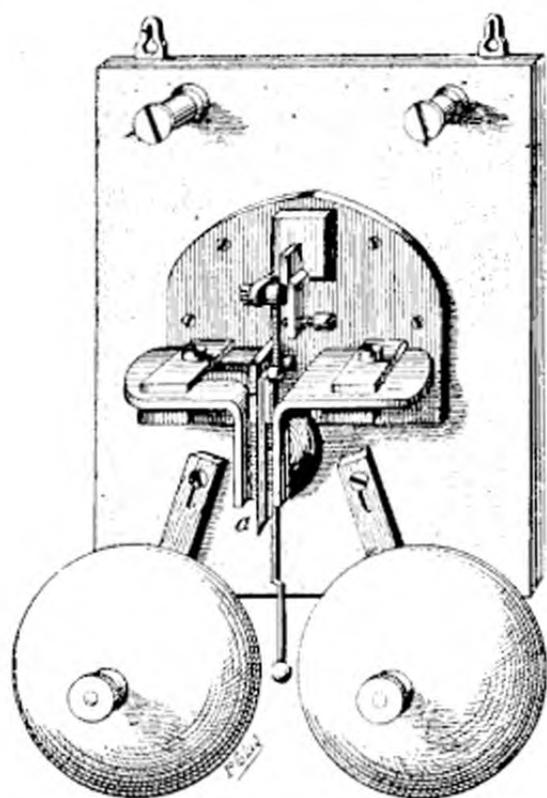


FIG. 107.

de fer doux portée par un ressort flexible fixé à l'un des pôles de l'aimant permanent et autour de laquelle on enroule un fil de cuivre recouvert de soie. La bobine ainsi formée fait partie du circuit et porte, dans son prolongement, une tige terminée par un petit marteau. De chaque côté de ce dernier se trouvent deux limbes qui peuvent, selon les besoins, en être rapprochés ou éloignés. A cet effet, les supports des limbes sont munis d'une ouverture rectangulaire, dans laquelle peut glisser une

vis, servant à maintenir le timbre contre la planchette-support.

Quand un courant induit alternativement direct et inverse traverse le fil de la bobine, l'armature de fer doux *a* présente en face de l'aimant des polarités de nom contraire qui la font osciller. Le marteau, entraîné dans ce mouvement, vient, à chaque changement de direction du courant, frapper contre l'un des timbres.

COMMUTATEURS

Commutateur rond. — Le commutateur ordinairement employé en téléphonie est le *commutateur rond* ou à manette.

Cet appareil se compose d'un disque en bois au centre duquel pivote une manette métallique communiquant au fil de ligne. Cette manette, commandée par une poignée, permet, en venant s'appuyer sur des contacts ou plots, de diriger le courant, suivant le cas, sur l'avertisseur, l'appel ou les téléphones.

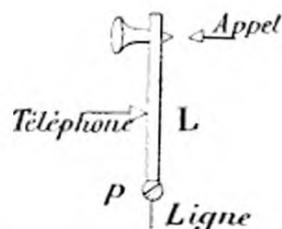


Fig. 108.

Commutateur simple. — Lorsque le téléphone fait l'office d'avertisseur, on se sert, de préférence, d'un commutateur formé d'un ressort-lame *L* (fig. 108) vissé à un pivot *P*, et lié à la ligne et terminé par un bouton en ébonite.

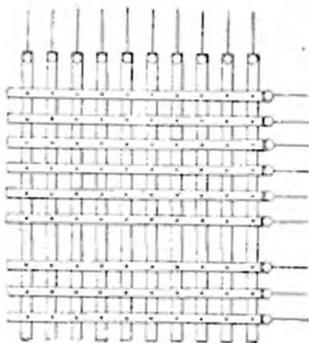


Fig. 109.

A l'état de repos, le ressort vient s'appuyer contre un bloc métallique relié au téléphone; mais, si l'on veut appeler le correspondant, il suffit de presser sur le ressort de façon à réunir les deux enclumes placées au-

dessous du bouton. L'appel est mis alors dans le circuit.

Afin d'assurer une bonne communication, les points de contact du commutateur sont platinés ¹.

Commutateur suisse. — Cet appareil est formé d'une planchette sur laquelle sont disposées horizontalement des lames métalliques parallèles derrière lesquelles se trouvent, en nombre égal, d'autres lames semblables incrustées verticalement dans le bois et isolées des premières. A leur point d'intersection sont pratiqués des trous dans lesquels une fiche métallique introduite établit une communication avec les lames placées en regard. Des vis de pression situées à chacune des extrémités permettent d'y attacher les fils (*fig.* 109).

Les lames verticales reçoivent les fils de ligne, et les autres sont en communication avec les appareils.

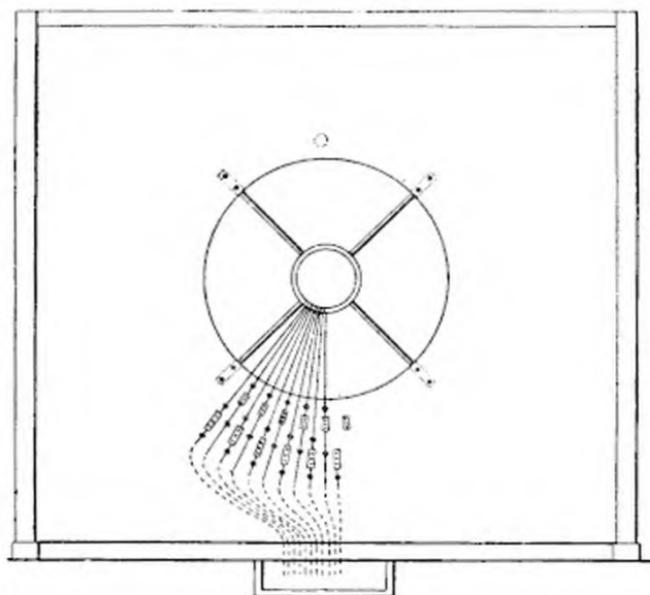


FIG. 110.

Les trois lames horizontales du bas sont reliées : la première, à l'appel du poste ; la deuxième, au téléphone ; et la troisième, au fil de terre.

¹ Comme les oxydes sont mauvais conducteurs de l'électricité, on recouvre de platine, qui est un corps inoxydable, tous les points de contact des appareils télégraphiques et téléphoniques.

Commutateur rond ou à rosace. — Cet appareil est employé dans les bureaux téléphoniques d'où partent un grand nombre de fils (*fig. 110*).

Les fils extérieurs arrivent par l'ouverture centrale pour aboutir à des bornes disposées circulairement sur un panneau vertical et auxquelles sont reliés les conducteurs qui communiquent aux appareils.

Chaque borne porte un numéro d'ordre correspondant à celui de l'abonné. On évite, de la sorte, toute confusion; et les permutations des fils, ainsi que la vérification des communications du poste, peuvent se faire rapidement et sans hésitation. Quelques commutateurs ronds sont munis de paratonnerres en papier.

Commutateur bavarois. — La disposition que le commutateur bavarois affecte est celle d'une plaque rectangulaire métallique, coupée de manière à former trois branches isolées, fixées sur un bloc en ébonite. La plus grande L (*fig. 111*)

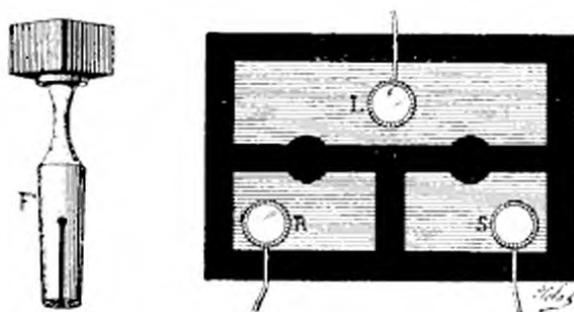


FIG. 111.

peut être mise, à l'aide d'une cheville flexible F, dans l'une des ouvertures pratiquées en regard de chaque bloc et permet de diriger le courant venant de la ligne soit sur téléphone, soit sur sonnerie.

Il existe d'autres commutateurs, comportant un plus grand nombre de branches; leur construction est analogue à celui dont nous donnons la description.

Commutateur automatique. — L'appareil comprend une tige-levier supportée par une fourchette métallique, autour de

laquelle elle pivote. Cette tige est limitée dans sa course par deux vis butoirs et est terminée, de l'autre côté, par un crochet servant à suspendre le téléphone (*fig. 112*).

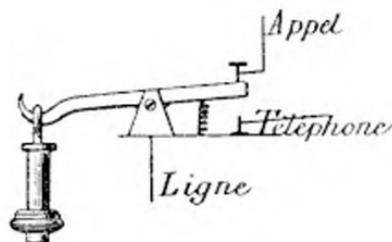


Fig. 112.

A l'état de repos, c'est-à-dire lorsque le téléphone est accroché au commutateur, la ligne qui aboutit à la fourchette se trouve reliée à l'appel phonique; au contraire, lorsque l'appareil est enlevé, un ressort antagoniste attire la

tige contre la vis inférieure, et la ligne est mise automatiquement en communication avec les téléphones.

PARATONNERRES

Quand un nuage électrisé passe dans le voisinage d'un fil téléphonique aérien ou souterrain, il y développe, par ses variations brusques et fréquentes de potentiel, des courants induits dont l'intensité, parfois considérable, peut détruire les lignes aériennes, dégrader les câbles souterrains, occasionner des accidents dans les postes téléphoniques et volatiliser le fil des bobines.

Afin de remédier à ces inconvénients, on place, à l'intersection d'une ligne aérienne et souterraine, à l'entrée de chaque poste et parfois de distance en distance sur les poteaux, des paratonnerres.

Paratonnerre Bertsch. — Le paratonnerre Bertsch, d'une solidité à toute épreuve, comprend une boîte en fonte K, à l'intérieur de laquelle se trouvent deux plateaux métalliques AB et A'B', séparés par des montants en ébonite H' et garnis d'un grand nombre de pointes dont les extrémités sont placées en regard les unes des autres. Le plateau supérieur est relié à deux bornes extérieures LS isolées de la boîte K par des rondelles en ébonite; le plateau inférieur A'B' seul repose

sur la boîte à laquelle est soudé un fil de terre. Des trous pratiqués sur le rebord permettent de visser l'appareil sur le poteau ou sur une pièce de bois (*fig. 113*).

Les courants atmosphériques, en arrivant dans l'appareil, se portent à l'extrémité des pointes, traversent la mince

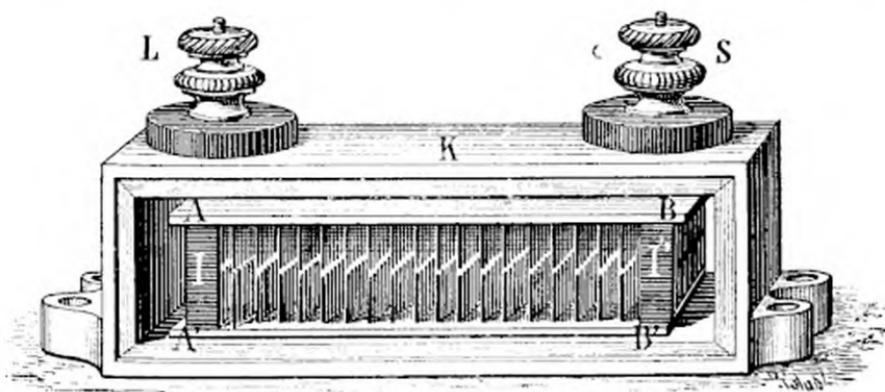


FIG. 113.

couche d'air qui les sépare et se rendent à la terre, tandis que les courants provenant des appels ou des piles passent seulement par le plateau supérieur.

Une vitre posée sur l'une des faces latérales de la boîte permet de surveiller l'état des pointes.

Paratonnerre à pointes. — Ce paratonnerre, le plus simple de tous et, pour ce motif, très employé en téléphonie, est formé (*fig. 114*) de deux plaques de cuivre garnies d'arêtes vives placées en regard et aussi rapprochées que possible.

L'une des plaques fait partie du circuit; l'autre est reliée à la terre.

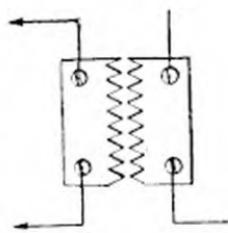


FIG. 114.

Paratonnerre à feuille de mica ou à papier. — Cet appareil comprend deux plaques métalliques séparées par une feuille de mica ou de papier huilé. La plaque supérieure est surmontée de deux bornes qui permettent d'intercaler l'appareil

reil dans le circuit; la plaque inférieure est reliée à la terre (*fig. 113*).

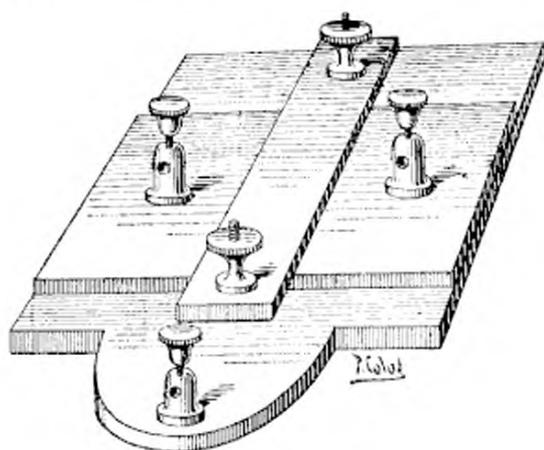


Fig. 113.

Le courant atmosphérique, au lieu de traverser l'air, comme dans le paratonnerre à pointes, transperce la feuille de mica ou de papier. Il est donc nécessaire de vérifier et de remplacer au besoin le diélectrique après chaque orage.

Paratonnerre à fil préservateur. — Ce paratonnerre, qu'il

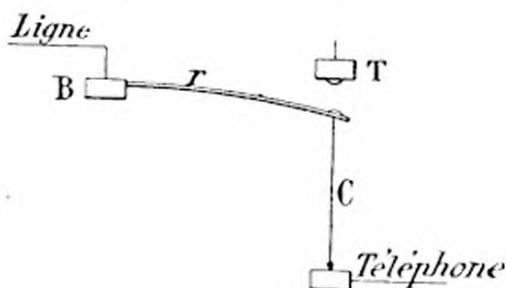


Fig. 116.

est facile de construire soi-même, est formé d'un bloc B sur lequel on visse une lame de ressort assez flexible *r*. A ce ressort on attache un fil de cuivre *C* (*fig. 116*), d'un diamètre moindre que celui du fil des bobines du téléphone, que l'on tend de manière à l'éloigner, d'une distance convenable, d'un deuxième bloc T communiquant à la terre.

Le courant venant de la ligne traverse le bloc B, le ressort r , le fil de cuivre C, et se rend au téléphone ; mais, si un courant atmosphérique, suffisant pour détériorer les bobines, pénètre dans le poste, le fil C s'échauffe, rougit et se rompt sous l'action mécanique du ressort. Ce dernier vient alors buter contre le bloc T, et la ligne se trouve mise automatiquement à la terre.

Cet appareil peut être utilisé dans les postes où la surveillance n'est pas constante, tels que châteaux, usines, etc.

Commutateur-paratonnerre pour poste central. — Les paratonnerres que nous venons de décrire ne sont pas toujours d'une efficacité parfaite pour protéger les bureaux téléphoniques centraux. Aussi est-il parfois nécessaire, à l'approche d'orages violents, de mettre les lignes qui y aboutissent à la terre. Toutefois cette opération demande toujours

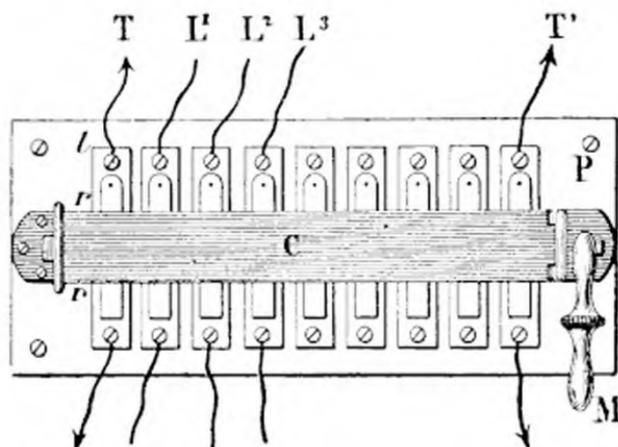


Fig. 117.

un certain temps, et un oubli peut parfois occasionner des dégâts importants, voire même des accidents.

Dans le but de parer à ces divers inconvénients, M. P. Goloubitzki a imaginé un appareil qui permet, en cas d'orage, de mettre simultanément à la terre tous les conducteurs du poste.

Ce commutateur-paratonnerre se compose d'une plan-

chette P (*fig.* 117), sur laquelle est placée une série de lames métalliques l isolées et parallèles portant des ressorts r recourbés en dos d'âne. Les lames L_1, L_2, L_3, \dots , font partie du circuit d'une ligne à l'exception des deux extrêmes TT' , reliées à la terre. Deux montants supportent un cylindre en métal C commandé par une manivelle M. Ce cylindre, échancre d'un côté, est disposé de telle sorte que, quand la manivelle est abaissée, les lames en sont isolées ; mais, si on la relève, le cylindre, venant au contact des lames, met toutes les lignes à la terre.

Paratonnerre à lame d'air. — Les paratonnerres à feuille de mica et à papier, ainsi que les paratonnerres à pointes, sont exposés à être mis hors de service à la suite d'orages, et il en résulte des dérangements fréquents.

C'est pourquoi l'Administration française des Postes et Télégraphes a reconnu qu'il était préférable, dans certains cas, de pourvoir les bureaux centraux et les postes d'abonnés de paratonnerres à lame d'air.

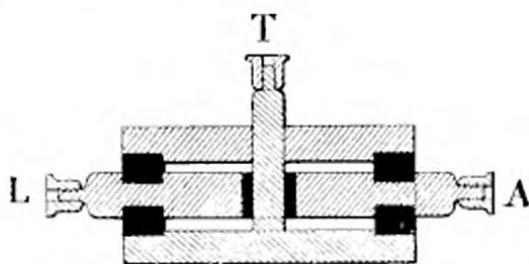


Fig. 118.

Cet appareil est formé de trois disques métalliques isolés par deux bagues d'ébonite, que l'on place dans une gorge circulaire creusée sur les faces des disques mises en regard.

La figure 118 représente, en développement, les différentes pièces du paratonnerre qui, une fois placées les unes sur les autres, sont séparées de quelques dixièmes de millimètre de distance par une couche d'air.

Le disque du milieu est garni de deux bornes L et A reliant le paratonnerre, d'une part, à la ligne et, d'autre part, à l'annonciateur ; les disques extrêmes sont réunis à la terre T.

Les paratonnerres installés dans les maisons particulières ont été pourvus d'un dispositif permettant de mettre très facilement la ligne à la terre à l'aide d'une simple cheville.

Ce mode de procéder a l'avantage de tranquilliser les abonnés pendant les orages et d'éviter la volatilisation du fil des bobines.

CHAPITRE XV

MONTAGE DES POSTES TÉLÉPHONIQUES MAGNÉTIQUES

Poste simple. — Le montage d'un poste téléphonique magnétique comprend, placés dans un ordre invariable, les appareils suivants :

- 1° Un paratonnerre;
- 2° Un commutateur;
- 3° Un appel phonique;

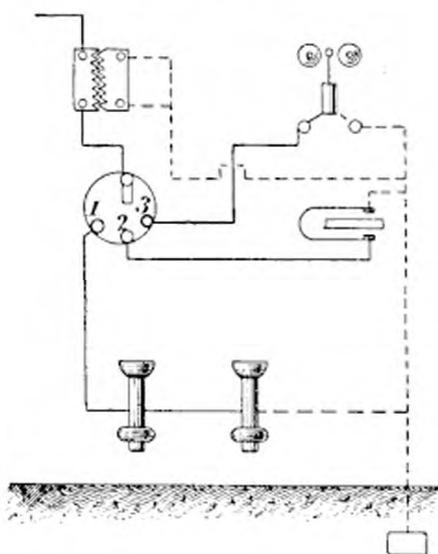


Fig. 119.

4° Une sonnerie polarisée ou un avertisseur;

5° Un ou deux téléphones.

Ces différents appareils sont reliés entre eux à l'aide de fils métalliques convenablement disposés sur une table, comme l'indique la figure 119.

Tous les fils de terre des appareils assemblés en câble sont soudés à une plaque métallique mise dans un endroit aussi humide que possible et, si le circuit était

fermé par un fil de retour, les conducteurs seraient reliés à ce deuxième fil.

A l'état de repos la ligne est toujours sur sonnerie ; quand

cette dernière fonctionne, on établit la communication avec l'appel pour répondre, puis avec les téléphones ; enfin, si l'on veut appeler le correspondant, on place la manette du commutateur sur l'appel phonique en ayant soin, après l'avoir fait manœuvrer, de remettre, aussitôt après, la ligne sur la sonnerie ou sur le téléphone pour permettre d'entendre la réponse.

Poste central. — La figure 120 représente l'ensemble des communications et des appareils d'un poste central, sauf les paratonnerres. A l'état de repos, les fiches sont placées sur la dernière lame *c* du commutateur qui, étant reliée à la terre du poste, forme un circuit dans lequel se trouvent les avertisseurs 1, 2, 3, etc.

Afin de faire comprendre comment les communications s'établissent entre abonnés par l'intermédiaire du poste central, supposons que l'abonné n° 2 veuille causer avec l'abonné n° 7.

Le courant induit provenant de l'appel de l'abonné traverse l'avertisseur n° 2 et le fait déclencher. L'employé du poste, prévenu, enfonce la fiche dans la lame *a* correspondant à la ligne 2, et répond en manœuvrant l'appel ; puis, il met son téléphone dans le circuit de l'abonné, et pour cela descend la fiche d'un rang (*b*).

La communication étant ainsi établie, l'abonné demande à être mis en relation avec le n° 7. Après avoir appelé ce dernier, l'employé place les chevilles sur l'une des lames horizontales A, et les deux correspondants se trouvent reliés. La figure 120 montre de quelle façon les fiches sont, à ce moment, disposées.

Quand la conversation est terminée, les abonnés envoient,

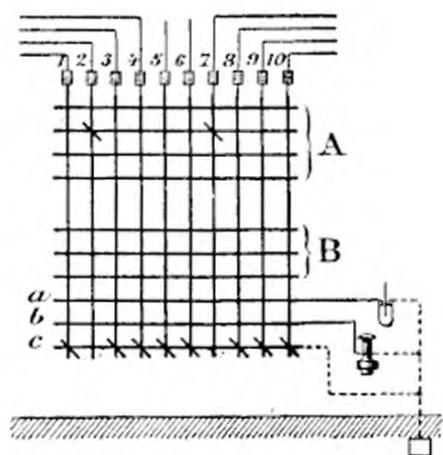


FIG. 120.

à l'aide de l'appel, un courant induit, qui actionne les avertisseurs et prévient l'employé de la fin de la conversation. Celui-ci remet alors les fiches à leur place respective.

Il peut arriver aussi que, dans un bureau central à plusieurs tableaux, on ait à relier deux abonnés dont les lignes n'aboutissent pas au même commutateur.

Pour rendre cette opération facile, on dispose sur le commutateur un certain nombre de lames horizontales B, suivant l'importance du réseau, correspondant aux autres appareils du poste. Lorsque le cas se présente, l'employé met la fiche reliant la ligne de l'abonné au tableau dont l'autre fait partie et prévient en même temps son collègue qui fait, de son côté, la même opération.

Si, au lieu d'un téléphone ordinaire, on employait un téléphone Gower ou Polto, l'installation serait plus simple, puisque le système d'appel fait partie de l'appareil de l'opérateur.

Une liste de tous les abonnés est mise à la disposition du public. En regard de chaque nom figure le numéro d'ordre de l'annonceur du poste central. On évite de la sorte tout retard ou toute confusion.

Quoique les bureaux centraux emploient aujourd'hui presque uniquement les téléphones à pile, il peut se présenter certains cas où l'installation de postes ainsi constitués soit avantageuse, par exemple dans les petites villes, les colonies et les postes militaires, en raison de la solidité et de la facilité d'entretien que présentent les appareils magnétiques.

CHAPITRE XVI

DÉRANGEMENTS

Les dérangements qui surviennent sur les lignes et dans les postes téléphoniques magnétiques proviennent :

- 1° D'un mauvais réglage des téléphones ;
- 2° D'une installation défectueuse dans l'un des postes ;
- 3° D'une ligne coupée, mal isolée, mise à la terre, ou mêlée avec des fils voisins.

Nous avons indiqué les moyens de régler les téléphones, dont on doit toujours vérifier au préalable le bon fonctionnement.

Nous admettrons donc dans la recherche des dérangements que les appareils du poste sont en bon état.

Les autres dérangements sont caractérisés par :

- 1° La non-réponse du correspondant ;
- 2° La faiblesse des sons reçus ;
- 3° La réception dans les téléphones de conversations étrangères.

1° Non-réponse du correspondant. — Dès que le correspondant ne répond pas, on doit d'abord s'assurer que les bornes d'attache sont bien serrées et qu'il n'existe aucune rupture de fil ni aucune communication anormale avec un fil de terre.

Si cette première vérification sommaire ne fait rien découvrir, on procède aux expériences suivantes pour circonscrire le dérangement.

Deux cas peuvent se présenter :

Premier cas : La ligne est isolée ;

Deuxième cas : La ligne est à la terre.

Premier cas : LA LIGNE EST ISOLÉE. — Afin d'être certain que l'isolement ne se trouve pas dans le poste, on met la manette du commutateur sur le plot 1 (*fig. 119*), et, à l'aide d'un fil volant, on relie le plot 2 à la borne de ligne du paratonnerre ; puis, on manœuvre lentement l'appel après avoir mis l'un des téléphones à l'oreille.

Si l'appareil fonctionne, l'installation intérieure du poste est bonne, et le dérangement existe soit sur la ligne, soit chez le correspondant.

Dans le cas contraire, le dérangement est dans le poste. Pour le trouver, on touche, les uns après les autres, à l'aide du fil d'essai, les fils et les bornes des appareils, jusqu'à la borne d'entrée du téléphone.

Si cette expérience n'a donné aucun résultat, on opère de la même façon depuis la plaque de terre jusqu'à la borne de sortie du téléphone.

En procédant de la sorte, on arrive à trouver l'endroit exact du dérangement qui existe entre le dernier endroit touché qui n'a pas fait fonctionner l'appareil et le premier qui l'a actionné.

La portion du circuit comprise entre le paratonnerre et la sonnerie polarisée se vérifie par le même procédé ; il suffit de placer la manette du commutateur sur le plot n° 3.

Vérification de la terre. — Si l'on suppose que le dérangement provient de la terre, cas qui se présente rarement dans les installations fixes, on fait la même expérience que celle indiquée ci-dessus, en établissant un deuxième fil de terre, distant du premier de 15 mètres environ à partir du fil de ligne du paratonnerre.

Le téléphone ne rendra aucun son, si la terre est mauvaise.

Deuxième cas : LA LIGNE EST A LA TERRE. — Comme il n'existe dans un poste téléphonique magnétique aucun appareil pouvant donner des indications précises sur la nature du dérangement, il est indispensable, après avoir fait les expériences qui viennent d'être indiquées, de procéder ensuite à celles que nous allons décrire.

La communication accidentelle d'un point du circuit avec

la terre provient d'un contact de la réunion d'un fil de poste ou de ligne avec un corps bon conducteur de l'électricité relié à la terre (eau, terre humide, conduite d'eau ou de gaz, etc.).

Pour vérifier le poste, on opère de la même façon que pour l'isolement, après avoir pris le soin, toutefois, de détacher le fil de ligne du paratonnerre.

Si la plaque du téléphone ne vibre pas, le dérangement est dans le poste. Pour le circonscrire, on renouvelle l'expérience en détachant successivement les appareils.

La perte à la terre ne se produit presque toujours dans un bureau qu'à la suite d'un orage violent. Le courant atmosphérique qui traverse la couche d'air, séparant les deux plaques du paratonnerre à pointes, fait fondre les dents, et il se forme aux extrémités des gouttelettes métalliques qui établissent entre elles une communication électrique. Dans les autres paratonnerres les trous pratiqués dans les feuilles de mica ou de papier par les décharges atmosphériques amènent le même dérangement.

Il convient donc de surveiller attentivement ces appareils après chaque orage.

A défaut d'appel on peut vérifier l'état d'un circuit à l'aide de deux téléphones. On donne de légers coups secs sur l'un d'eux et on écoute avec l'autre, mais le son est plus faible.

Moyen pratique de vérifier l'état d'un circuit et de régler simultanément la plaque d'un téléphone. — La vérification de la ligne, du poste et de la terre se fait plus rapidement et plus simplement en ouvrant et fermant régulièrement le circuit à l'aide du fil de ligne détaché du téléphone avec lequel on touche la borne de ligne de l'appareil. Comme il existe presque toujours une différence de potentiel entre les deux terres, le téléphone rendra à chaque ouverture et fermeture du circuit un son qui permettra de s'assurer aussitôt de l'état de la ligne.

Ce moyen pratique permet, de plus, de régler la plaque du téléphone.

Si le circuit se ferme par un fil de retour, cet essai ne peut se faire; mais, s'il existe dans le voisinage des fils téléphoniques ou télégraphiques donnant lieu à des courants

induits, les expériences s'exécutent de la même façon que s'il y avait une terre.

2° **Faiblesse des sons reçus.** — Cette cause de dérangement provient d'un défaut de réglage, d'un serrage insuffisant des bornes ou d'un isolement imparfait du fil de ligne.

Nous avons donné les moyens de remédier aux deux premiers inconvénients, qu'une inspection attentive fait facilement découvrir. Le troisième se manifeste sur les lignes aériennes par les temps de pluie ou d'humidité. Les fils touchent en différents points des feuilles ou des branches d'arbres chargées d'eau. Sur les lignes souterraines le diélectrique détérioré est en contact avec des corps bons conducteurs entourés de terre humide.

Quand la vérification des communications du poste n'a donné aucun résultat, on doit faire visiter avec soin la ligne, et, si les recherches n'aboutissent pas, on règle les appareils à leur maximum de sensibilité.

3° **Réception dans le téléphone des courants étrangers.** — La réception dans un téléphone de courants anormaux est désignée sous le nom de *mélange*. Ce dérangement est occasionné par la rupture, ou la chute, d'un fil aérien sur un autre. Le courant, venant de l'un d'eux, arrivé au point où le mélange existe, se bifurque et se rend à la terre des postes en traversant les appareils (*fig. 121*).

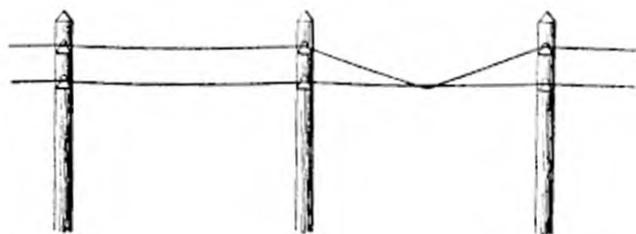


FIG. 121.

Le mélange entre les fils souterrains est plus rare; il peut provenir des courants atmosphériques se propageant sur les lignes aériennes qui, échauffant le conducteur, font fondre

la gutta-percha ou brûler le papier qui les entourent. Et, comme les fils souterrains, enfermés généralement dans une même enveloppe protectrice, sont serrés les uns contre les autres, il s'établit entre eux une communication électrique.

Pour éviter les mélanges produits sur les lignes souterraines, par l'électricité atmosphérique, on place au point d'intersection d'une ligne aérienne et souterraine un paratonnerre Bertsch.

Un dérangement de cette nature a lieu quelquefois à l'intérieur des bureaux téléphoniques. Un corps bon conducteur placé sur les fils en est la cause. Il convient donc, quand un mélange est constaté, de vérifier attentivement les communications intérieures.

4° Terre défectueuse. — Une mauvaise conductibilité de la terre peut faire croire à un mélange.

Supposons, en effet (*fig. 122*), que la terre du poste soit défectueuse. Dans ce cas, le courant venant de la ligne 1, par exemple, parcourt le fil de la sonnerie polarisée de gauche à droite et arrive au point *o*. Là, le courant, rencontrant deux résistances inégales, l'une *T* considérable, et l'autre formée des lignes 2 et 3, remontera par *o'* et *o''*, et le circuit se complètera par les terres 2 et 3. Mais on remarque que le courant, qui a parcouru dans un certain sens la sonnerie 1, circule en sens contraire à travers les sonneries 2 et 3. Par conséquent, la tige du marteau de la première sonnerie est entraînée vers la gauche, tandis que les deux autres le sont du côté opposé, c'est-à-dire à droite.

Une rupture du fil de terre donnerait lieu au même effet.

On comprend que, si les lignes, aboutissant au poste central, étaient mêlées à l'extérieur, les tiges des sonneries dévierait dans le même sens, puisque le courant entrerait par les mêmes bornes.

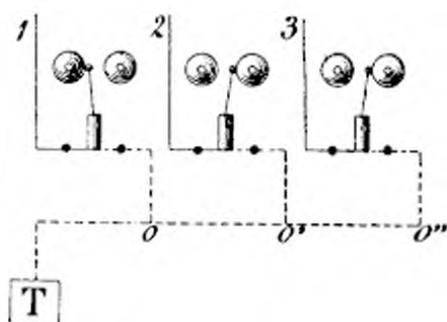


Fig. 122.

Done, chaque fois qu'un mélange a lieu, il est indispensable de mettre les lignes sur sonnerie pour s'assurer que le dérangement est en dehors du bureau.

La vérification du fil de terre, dont le diamètre doit être proportionnel au nombre de lignes desservies par le bureau, ne peut se faire qu'à l'aide des sonneries polarisées, le téléphone ne donnant à cet égard aucune indication utile.

Dans les installations à simple fil les courants terrestres, telluriques et thermo-électriques, sont quelquefois, comme nous l'avons vu, une cause d'insuccès en téléphonie.

Les précautions à prendre pour atténuer les effets des courants telluriques et thermo-électriques ont été indiquées plus haut.

CHAPITRE XVII

APPLICATIONS DU TÉLÉPHONE

Le téléphone, en raison de son extrême sensibilité, est susceptible d'être impressionné par les courants électriques les plus faibles.

Il résulte de cette particularité que cet appareil se prête à un grand nombre d'applications dont nous allons indiquer les principales.

Emploi du téléphone comme baromètre. — Le téléphone peut être utilisé pour la prévision du temps, c'est-à-dire comme une sorte de baromètre, au moyen d'un dispositif très simple.

A cet effet on plante, dans un sol bon conducteur, à 5 ou 6 mètres d'écartement, deux barres de fer fendues et ouvertes à leur extrémité inférieure, afin d'augmenter la surface du contact. Chacune d'elles est reliée à un téléphone placé à poste fixe, à l'intérieur d'une habitation voisine de l'endroit où sont établies les barres. Il faut avoir soin, de temps à autre, tous les huit ou quinze jours, d'arroser leurs pieds avec un peu d'eau tenant en dissolution du chlorhydrate d'ammoniaque.

Avec ce dispositif on est prévenu, de douze à quinze heures à l'avance, des perturbations atmosphériques qui se préparent. Lorsque le temps est orageux, il se produit sur la plaque vibrante du téléphone une sorte de grésillement caractéristique dont l'intensité augmente au fur et à mesure que l'orage se rapproche; on dirait de la grêle fine tombant dru sur une toiture de zinc. A chaque éclair correspond un coup sourd, net et accentué sur la plaque.

Quant aux changements de température, ils sont caracté-

risés par une sorte de gazouillement qui peut se comparer au chant d'une troupe d'oiseaux entendus à distance ¹.

Mesure des températures à distance. — Le Dr Lenz a appliqué le téléphone à la mesure des températures à distance.

Soient deux stations M et N réunies par deux fils, l'un de fer, l'autre d'argent, soudés aux deux extrémités. Si la soudure de la station M est à une température différente de celle de la station N, un courant thermo-électrique se développe dans les fils et y circule. Si l'on introduit dans ce circuit un téléphone et un interrupteur, le téléphone parlera jusqu'au moment où l'observateur placé en N aura élevé ou abaissé la température de la soudure de manière à la rendre identique à celle de M; le courant thermo-électrique cesse alors de se produire, et le téléphone se tait. L'exactitude mathématique de la méthode dépend de la précision avec laquelle on détermine l'instant où le téléphone cesse de parler; ce n'est pas chose facile, car une certaine résonance subsiste dans l'appareil après égalisation des températures aux deux extrémités de l'appareil. Dans une première série d'expériences, les stations M et N étant distantes de 1 mètre seulement, le Dr Lenz détermina les températures avec une précision allant jusqu'à 1/100 à 1/200 de degré. Il en conclut qu'avec des fils de fer et d'argent de 2 millimètres d'épaisseur les mesures pourraient être faites à une distance de 5 kilomètres. Avec des fils de bismuth et d'antimoine, la distance pourrait être portée à 25 kilomètres.

L'expérience du Dr Lenz est une des premières applications pratiques, sinon la première, qui aient été faites des piles thermo-électriques, en dehors de l'électrothérapie ².

Sonde téléphonique. — La propriété du corps humain, dont la résistance est d'environ 1.000 ω , d'engendrer un courant électrique par la circulation du sang, des humeurs et de la chaleur, a été utilisée par le docteur américain J.-Harvey Girdner, pour déterminer, à l'aide d'un téléphone et d'or-

¹ *Cosmos*.

² *Génie civil*.

ganes spéciaux convenablement disposés, l'endroit exact où se trouve un objet métallique.

Dans ce but, M. Gardner a construit une sonde téléphonique dont voici la description :

L'appareil, représenté en coupe par la figure 123, se compose d'un barreau de fer doux C entouré d'une bobine d'une résistance proportionnelle à celle du corps humain, et dont les extrémités sont reliées à deux bornes A et B. Le tout est placé dans une boîte en ébonite à laquelle est fixée en regard, et très près du noyau de fer doux, le diaphragme I. Deux cordons souples de 1^m,25 de longueur sont en communication avec la bobine H par les bornes A et B. L'un de ces cordons est terminé par une pièce en acier C, et l'autre E par une sonde également en acier.

Les figures 124 et 125 montrent le dispositif adopté pour relier les deux téléphones entre eux et permettre au médecin de les appliquer facilement sur les oreilles.

Ceci dit, supposons que le médecin ait à rechercher le point où se trouve une balle de fusil logée entre le radius et le cubitus d'un blessé.

Après avoir appliqué les téléphones contre les oreilles pour laisser les mains libres et mis la pièce C dans la bouche du patient, l'opérateur sonde la plaie. Si l'instrument touche un os ou un tissu, le téléphone ne rendra aucun son; mais, lorsqu'il rencontrera le projectile, le circuit se trouve complété, un courant circule, et les diaphragmes vibrent. La pièce en acier C correspond à l'électrode génératrice, et le plomb, à l'électrode conductrice.

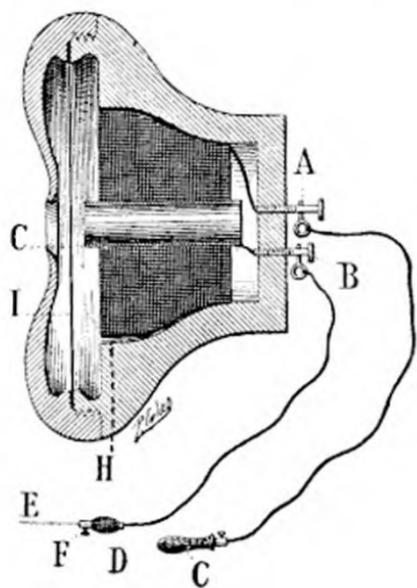


FIG. 123.

L'endroit étant déterminé très exactement, l'extraction de la balle pourra ensuite se faire sans danger.

Une balle de plomb logée depuis vingt-deux ans entre le tibia et le péroné d'un individu, et qui avait provoqué une



Fig. 124.



Fig. 125.

fistule purulente, a pu par ce procédé être retirée facilement¹.

Bouées téléphoniques. — Les bouées, qui indiquent aux abords des ports les passages difficiles, ont été utilisées par les navires de fort tonnage, obligés souvent d'attendre à une distance de la terre de 5 à 6 kilomètres le moment de la pleine mer avant de s'approcher des quais, pour se mettre en communication avec un poste téléphonique installé à terre.

Cette bouée d'une couleur conventionnelle reçoit l'extrémité d'un câble atterrissant au poste téléphonique et sur lequel le navire se relie en détachant une embarcation remorquant un câble téléphonique léger.

Ce moyen de communiquer avec les navires en mer a été mis à l'essai par la Compagnie générale transatlantique. Il ne

¹ *Medical Record.*

tardera pas, sans nul doute, à être employé pour la Marine de guerre ¹.

Téléphone employé avec le scaphandre. — Une des glaces du casque est remplacée par une plaque en cuivre dans laquelle est enchâssé un téléphone, de sorte que le scaphandrier, plongé sous les flots, n'a qu'à tourner légèrement la tête pour recevoir des instructions de l'extérieur ou pour rapporter ce qu'il voit et ce qu'il éprouve.

Autrefois, lorsque les plongeurs visitaient un navire sombré, on était forcé de les ramener hors de l'eau, manœuvre toujours difficile et dangereuse, pour qu'ils rendissent compte de leur inspection, et l'on devait leur donner des instructions longues et détaillées qu'il fallait proportionner à leur mémoire et à leur intelligence.

Aujourd'hui, un ingénieur en personne, ou même le capitaine du bord, peut diriger les investigations du scaphandrier : c'est une véritable conversation qui peut s'établir de la surface au fond de la mer.

Ajoutons que le plongeur, en cas de danger ou d'indisposition, n'avait qu'une cloche d'alarme, expression unique de toutes ses impressions et de tous ses besoins. Avec le téléphone tout malentendu disparaît, tout danger est signalé, et tout appel de secours est bien vite compris.

Le scaphandrier ne se contente plus de voir, de marcher, de respirer au fond de la mer ; aujourd'hui, il entend et il parle ².

Téléphone signal pour la protection des trains. — On a essayé, avec succès, en Amérique, un téléphone signal pour permettre aux machinistes d'être immédiatement avertis, dès qu'il y a danger, de la présence de deux trains engagés sur la même voie.

Le système comporte une simple tige de fer courant sur isolateurs entre les rails et un timbre électrique mis en communication avec une batterie placée sur la locomotive. La

¹ *La Nature.*

² *Génie civil.*

connexion entre le timbre et la tige de fer longitudinale est obtenue par un balai.

Quand deux trains s'approchent l'un de l'autre sur la même voie, le circuit se trouvant complété, le timbre tinte et avertit les machinistes. Le fait s'est produit dans les essais, alors que les deux trains étaient encore à 3 kilomètres l'un de l'autre. Dès que le timbre résonne, les machinistes peuvent entrer en conversation au moyen du téléphone qui complète l'appareil.

Quand les deux trains se suivent, passe encore, car leur rapprochement est en raison de la *différence* des vitesses; mais, s'ils roulent en sens inverse, la distance qui les sépare diminue en raison de la *somme* des vitesses. Dans cette dernière hypothèse, deux trains express se *rencontreraient* une minute et douze secondes après l'avertissement par le timbre, s'ils marchent à 75 kilomètres à l'heure.

La consigne ne doit donc pas être « d'entrer en conversation, dès que le timbre résonne », mais « stopper d'abord et causer après »; car, étant donné qu'il faut compter sur un parcours de 500 mètres pour arrêter chaque train, il ne reste plus, à partir du moment de l'alarme, que le faible laps de quarante-huit secondes pour s'édifier mutuellement; or, ce temps n'est guère suffisant, vu que les mouvements des hommes ne sont pas instantanés, que le bruit nuit à la clarté de la transmission, etc.

Ce mode de protection peut être recommandé pour les lignes à deux voies, où les *rencontres* sont exceptionnelles et où le cas général serait qu'un train en rattrape un autre, mais toujours avec la réserve de stopper d'abord, surtout pour les express, sinon même d'amener déjà les sabots des freins au contact¹.

Calcul du jet des projectiles. — Des essais faits sur la plage de Calais ont démontré que le téléphone pourrait être utilisé au profit des expériences de balistique. En effet, on a placé un téléphone près d'une pièce, et l'on a perçu la détonation à 3 kilomètres (au point de chute); en mesurant le

¹ *Cosmos*.

temps écoulé entre la sortie du projectile et sa chute, on a pu calculer sa vitesse. Cette appréciation se fait habituellement par l'observation visuelle de la flamme qui accompagne la sortie du projectile ; mais, dans certaines circonstances telles que brouillard ou tir à longue portée, le téléphone remplacerait peut-être avantageusement 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 ¹.

Surprise des dépêches télégraphiques par le téléphone. —

En temps de guerre, le téléphone peut aussi être utilisé pour dérober à l'ennemi le secret de ses correspondances télégraphiques, sans lui donner l'éveil, par les variations du courant qui résultent de toute dérivation prise directement sur le fil, comme cela se pratique aujourd'hui. Pour cela, il suffit de mettre le téléphone en communication, non avec le fil sur lequel la dépêche est transmise, mais sur un fil voisin ou, à son défaut, sur un fil parallèle établi d'une façon rapide et provisoire sur une longueur de 50 mètres environ.

Application du téléphone à la détermination du méridien magnétique. —

Lorsque l'on remplace, dans le téléphone ordinaire, le court barreau aimanté par une tige de fer doux d'au moins 1 mètre de longueur, l'appareil transmet encore les sons, mais avec une intensité qui varie suivant l'orientation de la tige; les expériences de M. Blake ne laissent aucun doute à cet égard. Le maximum d'intensité du son qui parvient au récepteur correspond à l'orientation du transmetteur, dans la direction de l'aiguille aimantée. Le son s'éteint plus ou moins complètement, lorsque le téléphone est placé dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique. Cette remarque semble pouvoir conduire à une application.

Si l'on installe sur une suspension à la Cardan, un téléphone transmetteur à longue tige, muni d'un résonateur

¹ *Annales télégraphiques.*

quelconque et fixé obliquement à peu près suivant l'angle d'inclinaison d'un lieu, il sera toujours facile de lui faire parcourir l'horizon. Lorsque le récepteur communiquant avec cet appareil restera silencieux, c'est que le transmetteur sera à angle droit avec le méridien magnétique. On pourra déterminer aussi, non seulement la direction de l'aiguille aimantée, mais encore, approximativement, les variations d'intensité magnétique.

Cette méthode semble applicable à bord d'un navire, pour la correction des compas de route, dans quelques circonstances, notamment lorsque, malgré le système de compensation usité, les indications de la boussole peuvent être faussées dans le voisinage de roches magnétiques ou d'îles riches en gisements de fer.

Il serait possible, au surplus, d'utiliser directement le magnétisme temporaire que prend une tige de fer, pour obtenir un tracé de différentes directions suivies par un navire et un contrôle automatique des indications des compas. Imaginons, par exemple, immobilisée dans l'axe du navire symétriquement par rapport à la coque, une tige de fer doux de plusieurs mètres de longueur, portant à l'une de ses extrémités une bobine magnétique. La bobine est reliée à l'appareil encreur dont on se sert en télégraphie transatlantique pour recueillir la trace de très faibles courants. Les mouvements de tangage, en changeant l'orientation de la tige de fer, créeront des courants d'induction, et l'intensité de ces courants sera fonction du cap du bâtiment. Le diagramme tracé sur l'appareil enregistreur révélera la direction suivie et contrôlera l'indication du compas.

Il est à peine utile d'ajouter qu'une semblable tige de fer, installée le long du mât, pourrait sans doute indiquer aussi, par l'enregistrement des courants d'induction produits, l'amplitude des mouvements de tangage et de roulis d'un navire ¹.

Sensibilité du téléphone. — Le téléphone se prête encore à une foule d'applications dont nous ne pouvons donner ici la description.

¹ *Comptes Rendus.*

Il suffira de dire que, chaque fois que l'on voudra percevoir des bruits à distance, constater l'existence de courants excessivement faibles, s'assurer de la présence de l'électricité dans un corps quelconque, faire des études physiologiques sur les hommes, les animaux et les végétaux, etc., l'emploi du téléphone, qui est actionné, d'après les recherches de M. Preece, par un courant de $0^{\text{m}},00000000000006$, soit 6 dix mille millièmes d'un milli-ampère et, d'après M. Warren de la Rue, par une intensité de courant plus aible que celle d'un élément Daniell à travers une résistance de 100 mégohms, ou 100.000.000 ω est tout indiqué

CHAPITRE XVIII

MICROPHONES

Les courants engendrés par les téléphones magnétiques sont, en général, trop faibles pour permettre de les utiliser sur de longues lignes.

Dans le but d'augmenter la distance entre deux points, on emploie les téléphones à piles, ou *microphones*.

Destinés à renforcer le son, les microphones sont basés sur les variations de résistance des *contacts imparfaits* avec les variations de la pression à laquelle ces contacts sont soumis.

Les contacts imparfaits sont obtenus avec tous les corps plus ou moins conducteurs ; mais le charbon est celui dont on se sert presque exclusivement à cause de ses propriétés physiques : il donne les contacts les plus sensibles et ne s'oxyde pas.

Ces propriétés, découvertes, en 1865, par du Moncel et M. Clérac, ont été appliquées par M. Edison, pour la construction d'un transmetteur à charbon, puis par M. Hughes, pour le microphone.

Le transmetteur à charbon de M. Edison n'est pas entré dans le domaine de la pratique, son fonctionnement n'ayant pas donné de résultats satisfaisants. Aussi nous abstiendrons-nous de le décrire.

Microphone de Hughes. — Cet appareil, qui n'est réellement qu'un transmetteur téléphonique, comprend, en principe, deux crayons de charbon parallèles et isolés, reliés : l'un A, au pôle positif d'une pile ; et l'autre B, à un téléphone.

Un troisième charbon C posé en travers des deux autres complète le circuit (fig. 126).

Quand on parle devant le charbon C, les vibrations de l'air augmentent la pression, ainsi que la surface de contact. La

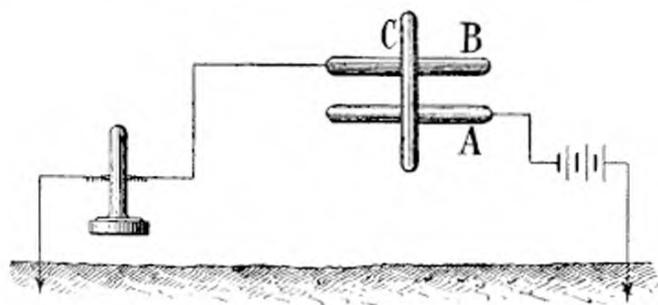


FIG. 126.

résistance électrique change donc suivant l'amplitude des vibrations sonores et, comme l'intensité du courant subit les mêmes variations, le téléphone reproduira fidèlement la parole.

La sensibilité de l'appareil est augmentée en disposant les trois blocs de charbon comme le montre la figure 127.

Une planchette P, fixée perpendiculairement à une

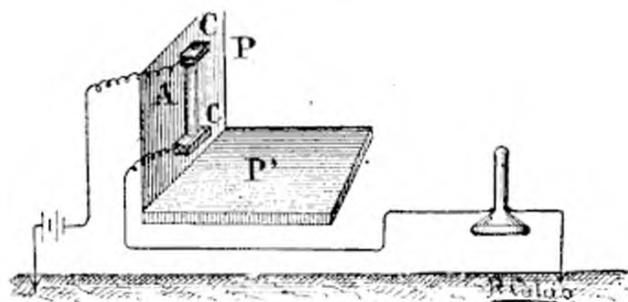


FIG. 127.

deuxième planchette P' également en bois, porte deux godets de charbon C, C, sur lesquels repose un crayon de charbon A. Les godets communiquent : l'un à la pile, et l'autre à la ligne, au bout de laquelle est placé un téléphone.

Cette disposition des organes du microphone donne à l'appareil une sensibilité tellement grande que le moindre bruit, aussi faible soit-il : le frôlement d'une barbe de plume, le tic-tac d'une montre, les pas d'un insecte, etc., sont amplifiés de telle sorte qu'ils se reproduisent dans le téléphone avec un bruit très intense. Toutefois le son décroît rapidement au fur et à mesure de la longueur de la ligne et, en résumé, cette propriété remarquable du microphone ne se manifeste que sur les lignes très courtes.

Afin d'obtenir les mêmes effets à de grandes distances, on intercale dans le circuit une bobine d'induction (*fig. 128*).

Ce résultat est obtenu en plaçant les charbons du microphone et la pile dans le circuit du fil primaire ou inducteur, et en reliant le fil secondaire ou induit, d'un côté, à la terre ou au fil de retour, et, de l'autre, à la ligne. Les moindres variations de résistance du circuit inducteur 1, occasionnées par les vibrations imprimées au crayon de charbon, donnent lieu à des courants induits dans le circuit 2 et, puisque ces derniers possèdent le double caractère d'avoir une durée très courte et une intensité considérable par rapport à celle du courant inducteur, ils peuvent vaincre de grandes résistances; c'est pourquoi il devient possible de pouvoir communiquer entre deux points très éloignés.

Le microphone a reçu des dispositions aussi variées que le téléphone; mais, comme pour celui-ci, les tentatives de perfectionnement n'ont pas toujours été couronnées de succès et, en fin de compte, on n'emploie généralement en France qu'un nombre relativement restreint de microphones.

C'est pourquoi nous nous bornerons à ne donner que la description des appareils les plus usités et de ceux qui, par une disposition originale des organes, nous ont semblé intéressants à connaître.

Microphone Ader. — Le microphone Ader se compose de trois prismes de charbon *abc* placés parallèlement. Ils sont munis d'encoches dans lesquelles s'engagent les extrémités de cylindres de charbon *EE* disposés comme le montre la figure 128. Les prismes, les crayons de charbon et le fil primaire de la bobine d'induction 1 sont compris dans le cir-

cuit de la pile, tandis que le fil secondaire est relié, d'une part, à la terre ou au fil de retour et, d'autre part, à la ligne.

Les charbons sont enfermés dans une sorte de pupitre en

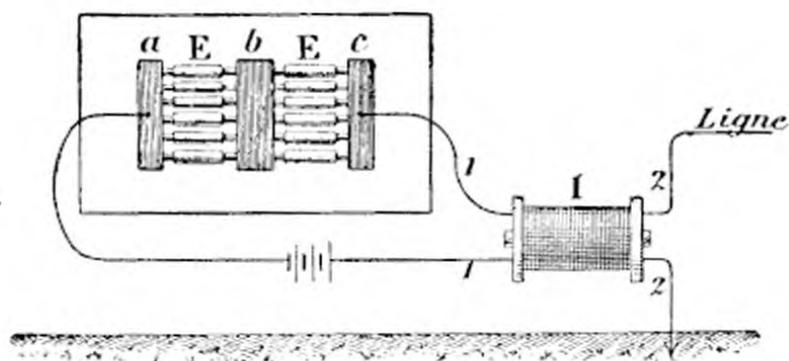


FIG. 128.

bois vissé à une planchette verticale qui s'accroche au mur et sur laquelle sont fixées les bornes d'attache.

L'ensemble de l'appareil constitue le transmetteur.

Théorie du microphone. — Dans l'état actuel de la science, il est impossible de donner une théorie exacte du microphone, car un certain nombre de phénomènes qui s'y passent échappent encore à l'analyse.

Outre les variations de résistance des contacts, il y a aussi des effets calorifiques occasionnés par le frottement des charbons et des actions moléculaires provenant des courants de différents ordres qui viennent compliquer le phénomène.

Toutefois, on peut expliquer les principales actions qui ont lieu dans le microphone en étudiant les propriétés particulières du charbon.

Ce corps appartient, d'après son degré de conductibilité électrique, à la classe intermédiaire, c'est-à-dire aux corps médiocrement conducteurs. Par suite, son changement de résistance est plus accentué que dans les métaux suivant la pression exercée ou mieux selon le nombre de molécules en contact. Conséquemment, la moindre variation produite par la parole articulée donne lieu à un changement sensible dans l'intensité du courant et, comme le contact est perma-

ment, le courant ondulatoire aura une intensité proportionnelle à la surface de contact et au degré de pression des charbons.

Le courant, en ce point du circuit, ne trouve aucune résistance anormale, puisque le charbon est un corps inoxydable; de plus, sa conductibilité augmente en raison de son échauffement provoqué par les vibrations. Enfin, l'air, interposé entre les crayons de charbon et les prismes, acquiert les propriétés magnétiques sous l'action du courant et doit, de son côté, influencer les molécules.

Ceci établi, on peut, d'une façon générale, poser la règle suivante :

L'intensité d'un courant ondulatoire traversant deux crayons de charbon superposés est, pour un nombre donné d'éléments, proportionnelle au nombre et au degré de pression des molécules mises en contact.

Microphone à contacts pulvérulents. — Les employés des bureaux centraux, appelés à correspondre fréquemment avec les abonnés, sont munis d'un appareil léger et d'un maniement facile, formé d'un téléphone magnétique et d'un microphone réunis par une poignée métallique.

L'ensemble du système, représenté par la figure 429, se

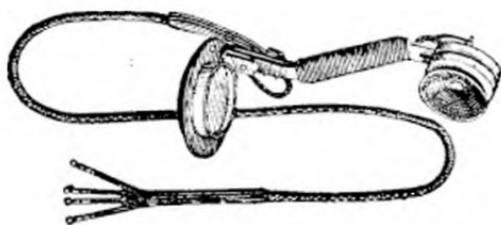


FIG. 429.

compose pour le transmetteur microphonique de deux plaques circulaires en charbon PP', d'une épaisseur de 1^{mm},5 et d'un diamètre de 60 millimètres, isolées par une rondelle en caoutchouc B.

L'espace libre entre les plaques est rempli aux trois quarts de grenaille de charbon de cornue C, légèrement arrondie et

placée dans une coupelle en ébonite dont le bord supérieur ne doit pas toucher la plaque P. Le tout est enfermé dans une boîte en ébonite A à la circonférence intérieure de laquelle une bague métallique DD maintient la plaque supérieure, tandis que la plaque P' repose sur une rondelle en caoutchouc, collée au fond de la boîte et destinée à la laisser vibrer librement. Cette action est facilitée par des ouvertures TT pratiquées dans la boîte.

Les deux plaques communiquent aux bornes bb' , à l'aide de fils de platine légèrement aplatis (*fig.* 130).

Quand on parle devant l'appareil, le microphone se trouve

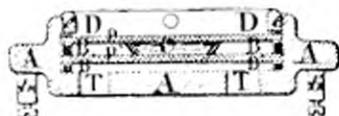


FIG. 130.

légèrement incliné, établissant de la sorte d'excellents contacts microphoniques entre les plaques, sans produire les effets si désagréables appelés *crachements*; de plus, les variations de résistance, étant plus grandes, augmentent la sonorité de l'appareil.

Pour obtenir un bon fonctionnement de ce microphone, il convient de remuer la grenaille chaque fois que l'on s'en sert, dans le but de renouveler souvent les points de contact.

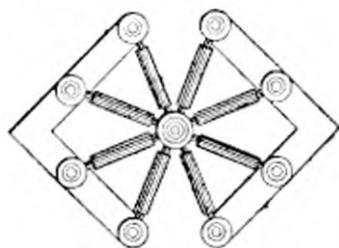


FIG. 131.

Parmi les microphones les plus répandus à l'étranger, il convient de citer : le Gower-Bell, dont les charbons sont disposés comme l'indique la figure 131 ; le Black-Bell ; le Crossley, formé de quatre crayons en charbon supportés par des

blocs de même matière dont l'ensemble représente une sorte de losange (fig. 132); le Locht-Labye (fig. 133 et 134), qui

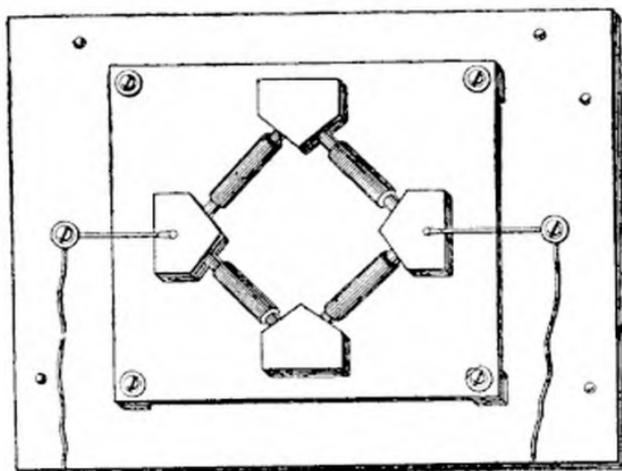


Fig. 132.

diffère des précédents en ce que le diaphragme, rendu mobile

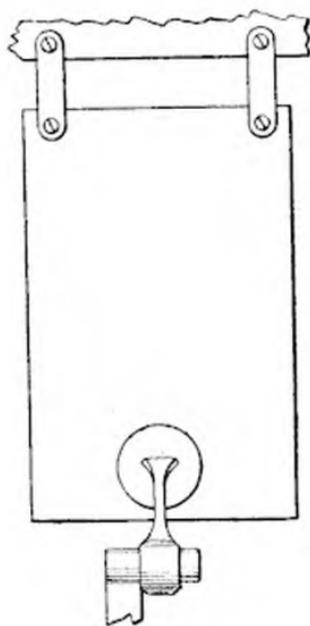


Fig. 133.

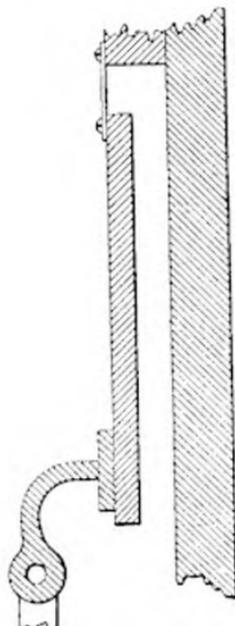


Fig. 134.

par des ressorts, porte une pastille de charbon butant contre

un levier également articulé ; le Burnsley (*fig. 135*), composé de deux membranes vibrant à l'unisson ; le Wreden (*fig. 136*),

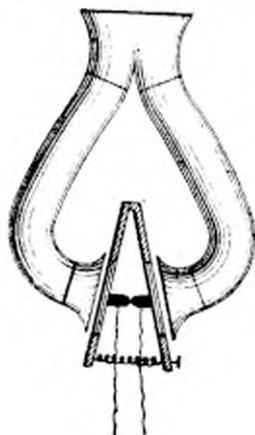


Fig. 135.

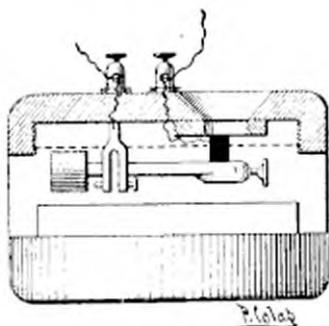


Fig. 136.

dont un poids règle, suivant le cas, le degré de pression des charbons ; le Freeman, qui emploie une bobine d'induction

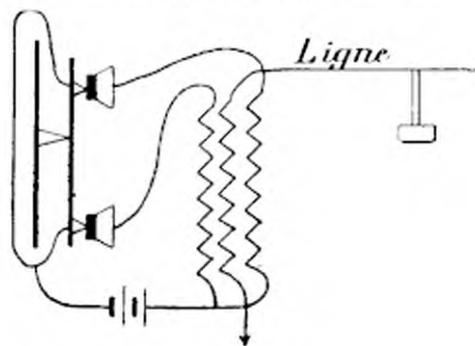


Fig. 137.

à double enroulement de l'inducteur pour renforcer les effets

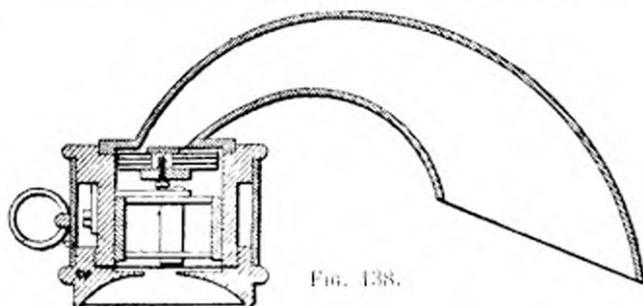


Fig. 138.

du microphone (*fig. 137*) ; le Theiler (*fig. 138*), dans lequel

sont groupés en un seul appareil, d'une façon très ingénieuse, le transmetteur et le récepteur; le de Jongh, sur le diaphragme duquel sont fixés deux rangs de quatre blocs de charbon chaque, en communication avec des crayons reposant sur des lames en laiton inclinées à 45° environ (fig. 139); le transmetteur universel de Berliner (fig. 140), à réglage micrométrique; et le microphone à frein filiforme dont nous donnons plus loin la description.

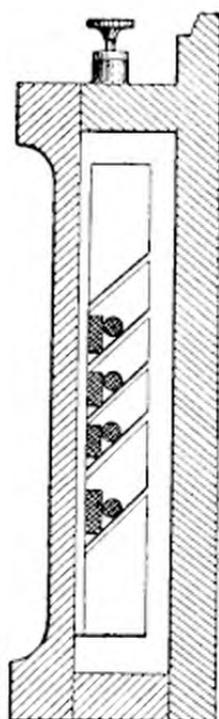


Fig. 139.

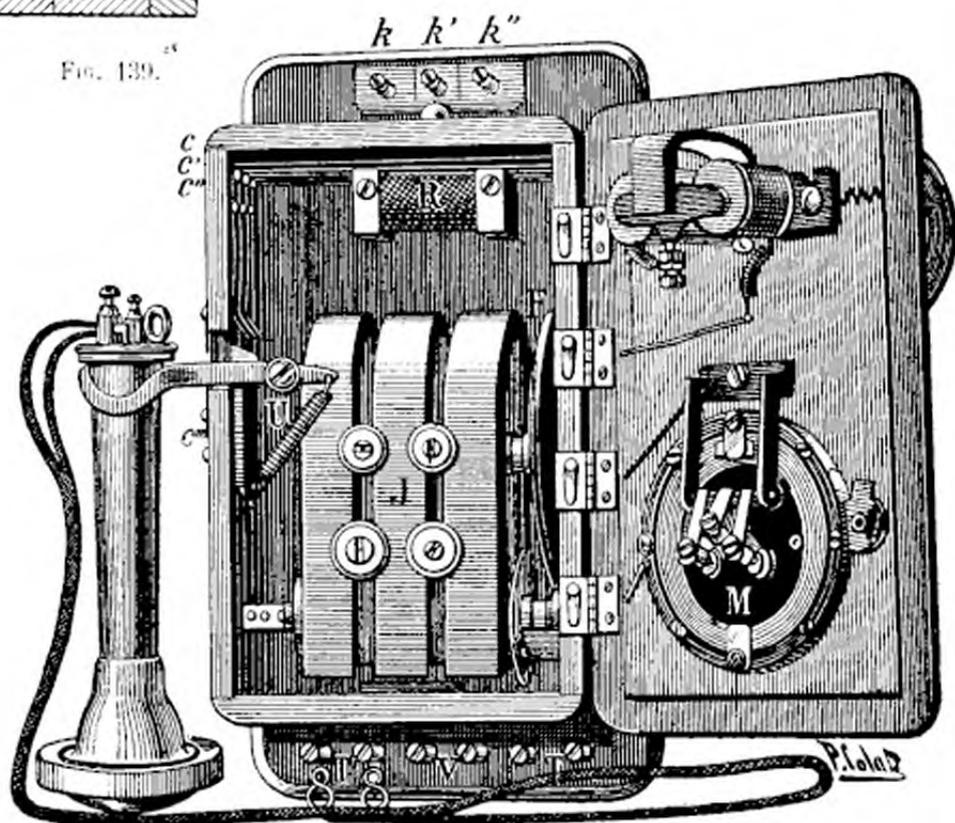


Fig. 140.

Les meilleurs d'entre eux ont été adoptés par l'Administration des Postes et des Télégraphes, et le lecteur en trouvera la description détaillée dans l'excellent ouvrage de M. L. Montillot.

Microphone à frein filiforme. — Le microphone à frein filiforme, employé en Allemagne, réalise, sous une forme simple, des avantages qu'il importe de mentionner.

Le microphone, vu de face par la figure 142 et en coupe par la figure 141, comprend une membrane sur laquelle sont

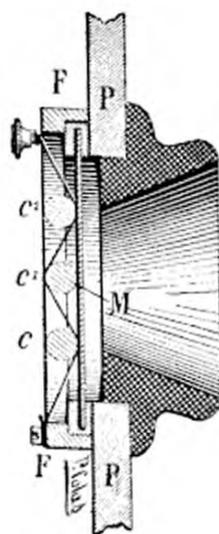


FIG. 141.

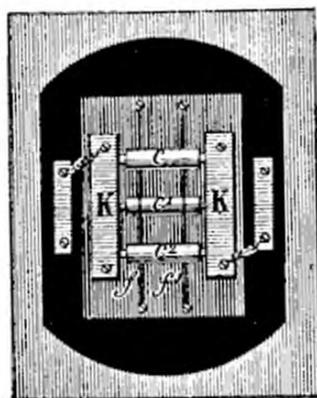


FIG. 142.

vissés deux prismes de charbon KK. La membrane M repose sur une plaque P qui maintient également un anneau de fer F. Trois crayons de charbon C, C₁, C₂, sont logés dans les prismes, comme ceux du microphone Ader.

Un ou plusieurs fils *f*, *f'* contournent, en alternant de côté, les cylindres, de manière à exercer sur chacun d'eux une pression en sens inverse.

Cette dernière disposition, qui est la caractéristique de l'appareil, présente les avantages suivants :

1° Les cylindres sont serrés convenablement dans les encoches des prismes;

2° La pression des cylindres contre la membrane étant diminuée, celle-ci vibre plus librement;

3° Le jeu des cylindres, limité par les fils, permet de faire suivre exactement aux charbons les vibrations du son;

4° Les contacts sont indérégables.

Microphone de MM. Mercadier et Anizan. — MM. Mercadier et Anizan, ayant remarqué que dans la plupart des microphones la reproduction exacte de la parole articulée laissait trop à désirer sous le rapport de la netteté, et que notamment les voyelles *e*, *a*, *i*, certaines consonnes *f*, *c*, *s*, *v*, *z*, s'affaiblissaient au point d'altérer souvent les mots, ont recherché les causes qui occasionnaient ce défaut de netteté.

Leurs études les ont amenés à reconnaître que cette imper-

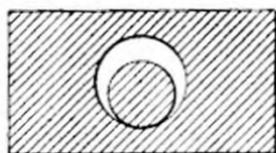


Fig. 143.

fection provenait du manque de stabilité mécanique des crayoens dans les ouvertures cylindriques au milieu desquelles ils se meuvent. Le contact microphonique ne s'opère que par un point (*fig. 143*), et le degré de pression est donné au repos de l'appareil, par la pesanteur ou tout autre moyen, suivant le système. Cette disposition fait rouler

le charbon sur la paroi cylindrique pendant le fonctionnement du microphone, et il en résulte que le mouvement vibratoire des crayoens de charbon ne s'opère pas dans les conditions voulues.

La figure 144 montre la partie intéressante de l'appareil. Deux prismes de charbon PP', fixés contre la planchette du microphone, sont munis, chacun, de quatre encoches sur lesquelles viennent s'appuyer des crayoens de charbon de forme cylindrique C engagés à frottement dur dans un tube en laiton *l*. Un peigne en ébonite, non visible sur la figure, sert à maintenir les crayoens de charbon pendant le transport ou le maniement de l'appareil.

La partie inférieure du tube est évidée en forme de cône pour permettre de le maintenir à l'aide d'une pointe métal-

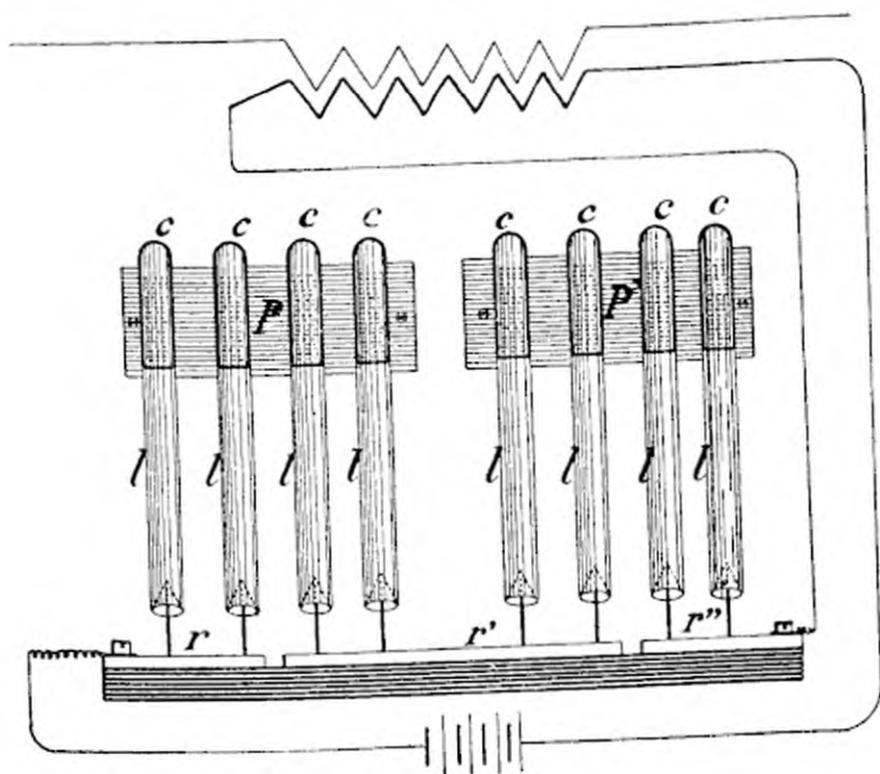


Fig. 144.

lique soudée à une réglette r , dite réglette porte-pointes.

Afin d'obtenir quatre séries de quatre contacts, la réglette est formée de trois parties isolées les unes des autres r , r' , r'' . De plus, les deux électrodes de charbon se trouvent disposées de façon à empêcher de fixer un fil de communication à la planchette, ce qui permet au courant de passer alternativement des crayons aux prismes et inversement, ainsi que cela a lieu dans les autres microphones.

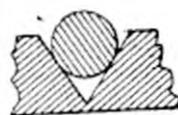


Fig. 145.

La résistance électrique des contacts microphoniques est de 7 à 8 ohms au repos. Avec une pile de faible résistance et d'une force électromotrice de 3 volts on a un courant d'une

intensité de $3/10$ d'ampère environ dans le circuit primaire.

La figure 145 indique de profil de quelle façon le contact a lieu entre le charbon et le prisme, et la figure 146, l'inclinaison donnée aux crayons de charbon.

Enfin, la figure 147 montre dans son ensemble le micro-

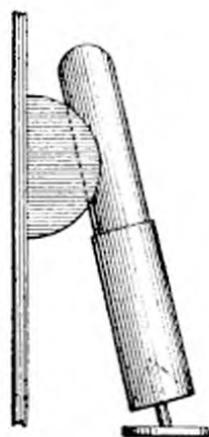


FIG. 146.

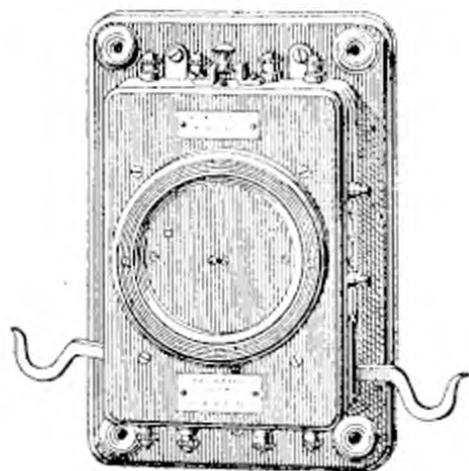


FIG. 147.

phone de MM. Mercadier et Anizan. Comme on le voit, les inventeurs ont adopté, pour plus de commodité, la forme verticale.

Système Paul Bert et d'Arsonval. — Ce microphone se distingue des précédents par une pression plus parfaite des charbons.

Sur une planchette verticale en bois très mince D sont fixés trois blocs de charbon B, B', B'', percés de trous coniques dans lesquels s'engagent quatre crayons de charbon C, C¹, C², C³, disposés deux en série et deux en quantité (*fig.* 148). Chacun d'eux est enveloppé d'une feuille de fer-blanc F soumise à l'action magnétique des pôles d'un aimant A. Cet aimant, commandé par une vis de réglage, presse plus ou moins, suivant son rapprochement ou son éloignement, les charbons contre les blocs. On évite ainsi les crachements qui se produisent dans les microphones ordinaires,

Dans ces conditions, l'appareil peut fonctionner dans n'importe quelle position, ce qui le rend facilement portable. Une

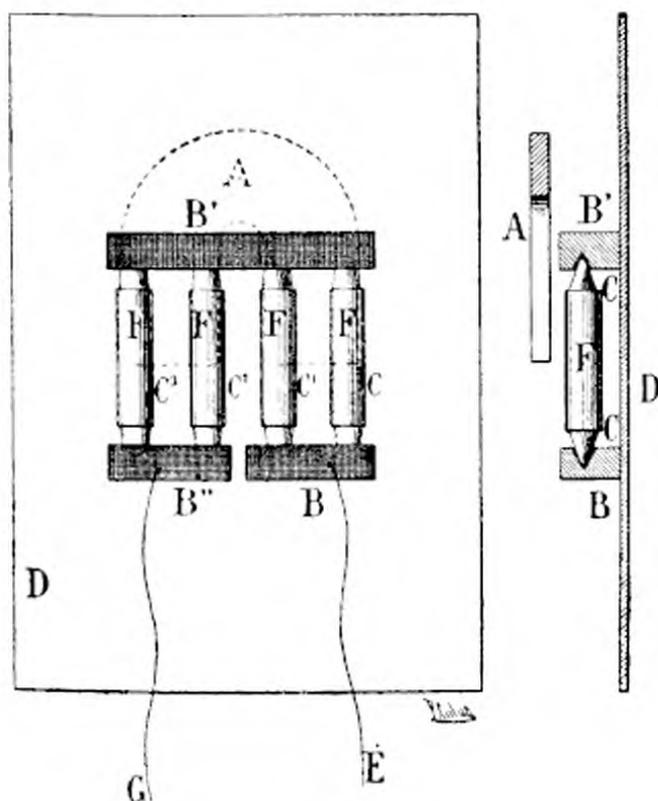


FIG. 118.

pile, une bobine d'induction et deux récepteurs téléphoniques sont disposés d'une façon analogue aux systèmes décrits. Le courant inducteur venant de E traverse le fil primaire, passe par B, les charbons C, C', le prisme B', les charbons C², C³, le prisme B'' et retourne au pôle négatif par G. Le fil secondaire est relié à la ligne et aux téléphones récepteurs.

Il existe plusieurs modèles appropriés aux différents usages auxquels ils sont destinés ; mais, comme les modifications ne portent que sur des détails mécaniques, il est inutile de les décrire.

APPAREILS BASÉS SUR DES PRINCIPES DIFFÉRENTS
DE CEUX DU MICROPHONE HUGHES

Outre les microphones utilisés sur les réseaux téléphoniques, il est nécessaire de décrire les modèles spéciaux qui présentent un intérêt scientifique.

Électro-motographe d'Edison. — Afin d'augmenter l'intensité des sons, M. Edison a imaginé un appareil récepteur auquel il a donné le nom d'électro-motographe.

C'est un récepteur téléphonique à friction basé sur l'influence produite par le passage d'un courant sur l'adhérence qui s'exerce entre les métaux et certaines substances alcalino-terreuses, maintenues humides.

L'appareil comprend un cylindre métallique A monté sur un arbre mis en mouvement à la main ou, mieux, par un mécanisme d'horlogerie et autour duquel est enroulée une bande de papier humectée d'un sel de potasse par exemple (fig. 149).

Sur le cylindre vient s'appuyer une bande métallique platinée B de 4 centimètre de largeur, fixée à un mince diaphragme de mica D de 9 centimètres de diamètre environ. Un ressort *r*, commandé par une vis de réglage V, permet d'exercer une pression constante et convenable de la lame sur le cylindre. Le fil de ligne est relié au massif du cy-

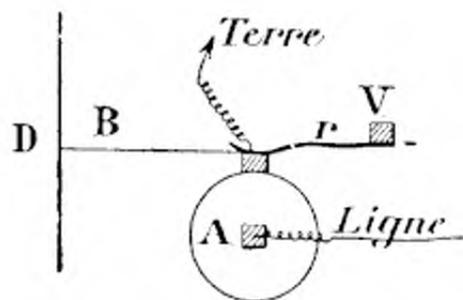


FIG. 149.

lindre, et le fil de terre ou de retour, à la lame B.

Quand le courant arrive du transmetteur, il traverse la feuille humide et la lubrifie en quelque sorte, c'est-à-dire rend le glissement de la lame beaucoup plus doux. Dès lors les variations subies par le frottement sont rigoureusement proportionnelles aux changements d'intensité du courant, et transforment les courants ondulatoires provenant de l'ap-

pareil transmetteur en ébranlements mécaniques transmis par la lame au diaphragme D.

Pour que le récepteur fonctionne, le transmetteur doit donner naissance à des courants alternatifs. Ce dernier peut être un téléphone électromagnétique énergique, comme le Gower; mais on obtient de meilleurs résultats en se servant des transmetteurs microphoniques munis de bobines d'induction. Dans ce cas la parole reçue est très intense et suffisamment nette sur une ligne très courte; le chant et les sons musicaux, notamment, sont reproduits avec une grande énergie ¹.

Cet appareil n'a pas donné cependant de bons résultats, surtout quand la ligne atteint une certaine longueur; l'articulation n'est pas nette et, pour cette raison, n'a pu entrer dans le domaine de la pratique.

Téléphone électro-capillaire de M. A. Bréguet. — Le téléphone électro-capillaire de M. A. Bréguet est fondé sur les variations qu'éprouve une colonne de mercure sous l'action d'une force électromotrice quelconque.

Cette qualité particulière, utilisée pour évaluer directement, par la grandeur de l'attraction ou de la répulsion, les différences de potentiel, permet à l'aide d'appareils appelés *élec-*

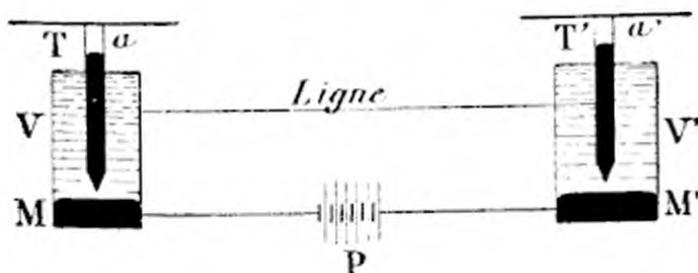


FIG. 150.

tromètres de mesurer des forces électromotrices excessivement faibles.

Le système est formé (*fig.* 150) de deux vases identiques V, V', au fond desquels on verse une certaine quantité

¹ M. Edison a perfectionné cet appareil en recouvrant le cylindre d'une substance qui peut rester sèche. La chaux est solidifiée sous une grande pression et imprégnée d'une solution alcaline de phosphate de soude.

de mercure MM' , que l'on achève de remplir d'eau acidulée. Deux tubes TT' , percés à leurs extrémités d'une ouverture capillaire, sont à peu près pleins de mercure et plongent dans l'eau acidulée du vase. Leur partie supérieure, qui renferme une masse d'air aa' , supporte une planchette très mince en sapin. Enfin, deux fils relient respectivement le mercure des vases et des tubes, pour former un circuit à l'aide d'une pile P intercalée dans l'un des conducteurs.

Quand on parle devant l'une des plaques, la masse d'air renfermée dans le tube subit une dépression qu'elle transmet à la colonne de mercure. Sous cette pression il s'établit aussitôt, entre le mercure du tube et celui du vase, une différence de potentiel à laquelle correspond un niveau nettement défini de mercure dans le tube correspondant. La masse d'air qui s'y trouve variera proportionnellement au déplacement du mercure et, comme le mouvement des molécules de l'air se fait à l'unisson de la voix de la personne qui parle devant l'une des plaques, tous les mots qu'elle prononcera seront perçus en appliquant l'oreille contre la plaque correspondante.

Microphone à jet d'eau de M. C.-A. Bell. — Le microphone

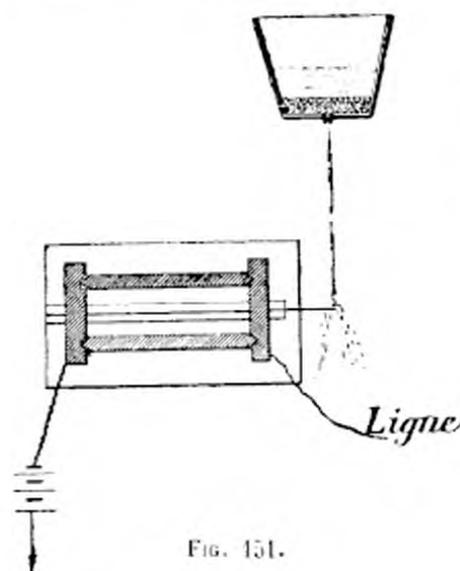


Fig. 151.

à jet d'eau est une invention des plus intéressantes destinée à prouver que le phénomène microphonique se manifeste dans un grand nombre de corps.

On verse dans un réservoir de l'eau très pure, sans globules d'air et acidulée au 1/300 d'acide sulfurique. Une ouverture donne passage à l'eau qui traverse un filtre épais en coton dégraissé et tombe en mince filet sur l'extrémité d'un fil de platine fixé

à un petit cylindre en ébonite. Un tube mince, également

en platine, entoure le fil autour duquel on place un microphone relié à une pile et à une ligne.

La figure 131 montre comment sont disposés les divers organes de l'appareil.

En parlant en face de la colonne d'eau on transmet, par l'intermédiaire du liquide, le mouvement ondulatoire de la voix au fil de platine qui, à son tour, le communique à l'air renfermé dans le tube et, par suite, aux charbons du microphone.

Pour obtenir un bon résultat, il est nécessaire de laisser tomber directement le filet d'eau sur la pointe du fil central avec une pression de 90 centimètres. Dans ces conditions, les paroles sont très fortement reproduites dans le récepteur.

Cet appareil se recommanderait, paraît-il, pour la téléphonie à grande distance, puisque le nombre des éléments peut être augmenté à volonté.

Le téléphone à jet d'eau est exploité commercialement, en Amérique, où des stations centrales sont installées et fonctionnent à la satisfaction des abonnés.

A l'intérieur de la station se trouve une boîte rectangulaire de 1 mètre de hauteur environ au fond de laquelle est un réservoir recueillant l'eau qui tombe de la pointe en platine; au-dessus de ce réservoir est disposé l'arrangement pour le jet d'eau formant microphone.

Le téléphone récepteur, accroché sur l'un des côtés de la boîte, ouvre ou ferme le circuit suivant qu'il est suspendu ou décroché. Un levier vissé sur l'autre côté a pour but, en l'abaissant, de faire monter, par une conduite en ébonite, une partie de l'eau du réservoir inférieur au réservoir supérieur.

Système téléphonique à courant thermo-électrique. — M. F. Kretlinger, de Vienne, a publié dans l'*Angewandte Elektrizitätslehre* la description d'un nouveau système téléphonique fondé sur les variations d'intensité de courants thermo-électriques dont la source de chaleur est disposée de manière à être impressionnée par la voix. Pour obtenir ce résultat, l'auteur emploie une pile thermo-électrique à éléments allongés, dont un des côtés est maintenu à une température relativement froide au moyen d'un liquide, et dont

L'autre côté est actionné par la partie supérieure de la flamme d'une bougie maintenue à hauteur constante au moyen d'un dispositif analogue à celui des bougies de lanternes de voiture. En face et à côté de la pile se trouve placée, dans une position invariable, une embouchure téléphonique dont le diaphragme est flexible et percé d'une grande quantité de trous de diverses grandeurs, et le tout est enveloppé dans une caisse disposée de manière à empêcher la résonance des bruits extérieurs, et à travers laquelle passent seulement l'embouchure téléphonique et les boutons d'attache de la pile thermo-électrique. Avec cette disposition, on comprend que les vibrations déterminées par la voix ont pour résultat de changer les conditions normales du courant d'air chaud de la flamme, et de déterminer des variations correspondantes dans la chaleur actionnant la pile; d'où il résulte des variations de même nature dans l'intensité du courant produit par la pile et, par suite, la reproduction de la parole dans le récepteur téléphonique mis en rapport avec ce courant. Il paraît que ce système, sans avoir donné des résultats avantageux, a fourni des effets assez nets pour montrer que la transmission de la parole est possible dans ces conditions, ce qui présente évidemment un certain intérêt au point de vue scientifique.

Le krotophone¹. — M. Spaulding, de New-York, donne ce nom à un téléphone récepteur, dans le circuit duquel il ne se trouve ni aimant, ni diaphragme, ni courants secondaires, ni bobine d'induction, ni aucune matière sonore ou vibrante.

Dans cet appareil, où le procédé consiste à reproduire la voix humaine au moyen de mouvements moléculaires, l'aimant et la plaque vibrante du téléphone Bell sont remplacés par un crayon de charbon et une plaque de même substance.

Le poste transmetteur est formé d'une pile P reliée à la terre et à un microphone A, non muni d'une bobine d'induction, d'une ligne C et du krotophone.

Cet instrument se compose d'un crayon de charbon D logé

¹ Κροτοσ, claquement, bruit; et φωνη, voix.

dans un étui en bois, dont l'un des bouts, taillé en pointe, s'appuie sur une plaque de charbon D. Cette dernière est entourée d'un anneau KK et d'une garniture en caoutchouc destinée à empêcher la plaque de se casser. Une vis de réglage F permet d'assurer un contact parfait entre les deux charbons (fig. 152).

Comme on le voit, tout l'appareil récepteur H est constitué par les deux charbons DD' et la vis de réglage F.

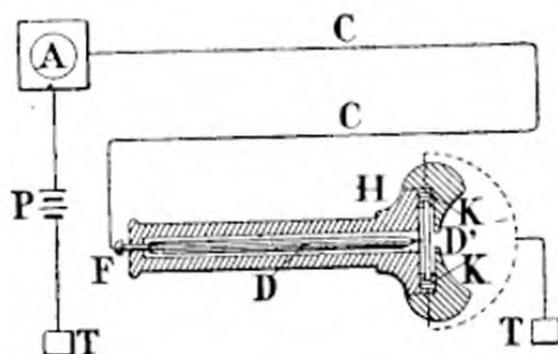


Fig. 152.

La ligne C, reliée dans le poste transmetteur, au microphone A, est attachée au poste récepteur H à la vis F, et la plaque de charbon DD' est mise en communication avec la terre T par l'anneau métallique KK.

Pour expliquer le fonctionnement du krotophone, l'inventeur admet que le courant, traversant le crayon D, comme un faisceau de lignes parallèles, occasionne un mouvement moléculaire qui se transmet aux molécules de la plaque D' par un rayonnement du courant dans toutes les directions jusqu'à l'anneau métallique, d'où il passe à la terre.

La diffusion du courant influence toutes les molécules placées dans le voisinage de la plaque D', et le mouvement vibratoire qui en résulte, occupant une grande surface, amplifie le son.

Le krotophone, d'après l'inventeur, offre sur les appareils récepteurs magnétiques un avantage en raison de la simplicité et de l'inaltérabilité des organes qui le composent; de plus, son fonctionnement est certain, et sa durée très longue.

CHAPITRE XIX

APPAREILS ACCESSOIRES

Les installations de postes téléphoniques avec pile nécessitent, comme celles des postes magnéto-électriques, des appareils accessoires dont l'emploi est nécessaire pour faciliter et assurer le bon fonctionnement des communications.

ANNONCIATEURS

On désigne sous ce nom les appareils destinés à recevoir les appels des correspondants ou les signaux de fin de conversation.

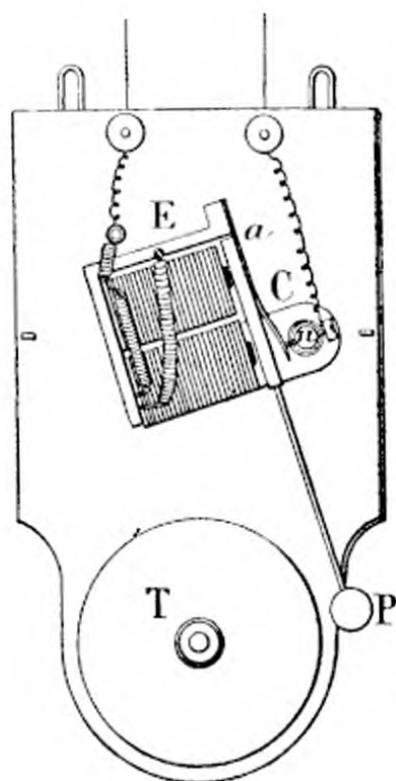


FIG. 133.

Sonnerie. — La sonnerie usitée ordinairement dans les postes téléphoniques est formée d'un électro-aimant rectangulaire (*fig. 133*), dont les deux bobines sont réunies par un fil de jonction. Une traverse métallique *E* le maintient solidement sur une planchette en bois. Vis-à-vis des pôles de l'électro-aimant pivote une armature en fer doux *a* portant dans son prolongement un marteau *P* placé en regard d'un timbre *T*. Un ressort interrupteur fixé à l'armature s'appuie sur la borne de ligne *a*. Le fil de

l'électro-aimant est attaché, d'une part, de la pièce métallique *E*

soutenant le ressort antagoniste de l'armature et, d'autre part, à la borne de terre.

Le courant, arrivant par la borne de gauche, parcourt le fil des bobines, l'armature *a*, le ressort interrupteur *C*, la borne *n*, et se rend à la terre.

Comme le sens de l'enroulement du fil est inverse sur chaque bobine, les noyaux de fer doux sont aimantés et attirent par influence l'armature *a*. Dans son mouvement elle entraîne le marteau *P* qui frappe contre le timbre; à ce moment le ressort *C* n'est plus en contact avec la borne *n*, et il se produit en ce point une rupture de circuit. L'aimantation cesse aussitôt, mais le ressort qui commande l'armature l'oblige à venir de nouveau toucher le ressort. Il en résulte une nouvelle aimantation, et ainsi de suite.

Cette succession d'aimantations et de désaimantations ayant lieu dans un temps très court occasionne des oscillations rapides de l'armature et, par conséquent, un bruit continu.

Deux petits crochets servent à suspendre la sonnerie contre la muraille, et un couvercle en bois préserve les points de contact de la poussière; le marteau et le timbre seuls émergent de la boîte.

Tableaux annonciateurs. — Il arrive fréquemment que plusieurs fils venant de différents points aboutissent, dans les maisons particulières, les administrations et les bureaux centraux, à une salle commune.

Comme le bruit occasionné par les sonneries est gênant et qu'il ne reste aucune trace de son fonctionnement, on emploie, de préférence, les tableaux annonciateurs, dont la disposition varie suivant l'usage auquel on les destine.

Outre l'économie et la facilité de surveillance qu'ils présentent, ces appareils ne sont pas encombrants et permettent de savoir de suite d'où provient l'appel, même en l'absence du correspondant.

Tableau annonciateur pour maisons particulières ou administrations. — Le tableau annonciateur ordinairement employé dans les maisons particulières ou les administrations comprend une boîte (*fig. 154*) à l'intérieur de laquelle sont disposés horizontalement plusieurs appareils identiques.

Chacun d'eux est formé (*fig. 154*) d'un électro-aimant comportant deux noyaux. L'un d'eux est garni d'une bobine *M*; l'autre sert à supporter une armature *f* à laquelle est accrochée, par un mentonnet *n*, un écran *S* pivotant en *o*.

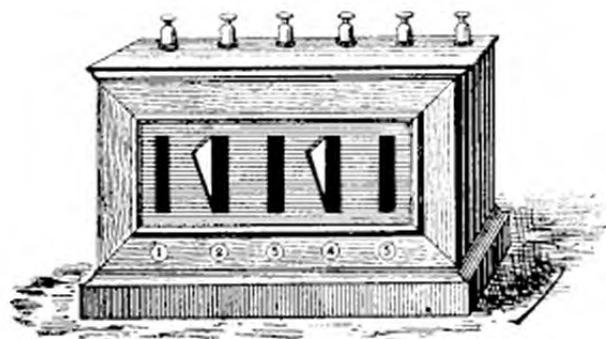


FIG. 154.

L'écran, une fois libre, tombe par son propre poids et, en sortant d'une ouverture verticale pratiquée sur l'un des côtés de la boîte, prend la position vue en pointillé.

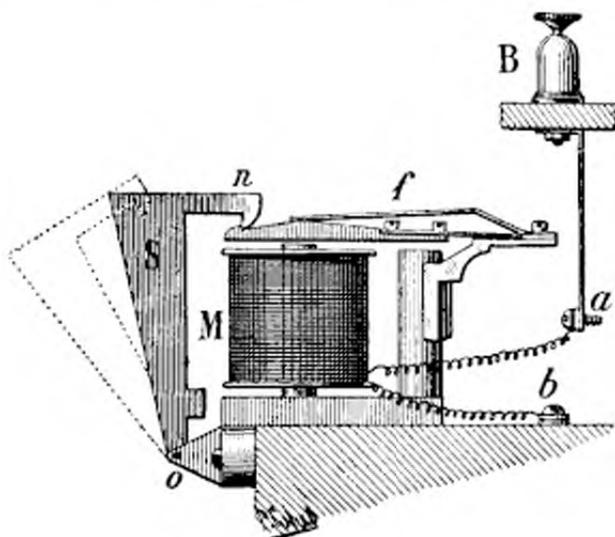


FIG. 155.

La bobine *M* est mise dans le circuit par les bornes *B* et *b*. La première est placée sur le couvercle de la boîte et reçoit le fil de ligne; la seconde est reliée à un seul con-

ducteur en communication avec un fil de retour ou de terre et, dans certains cas, à une sonnerie.

Quand un courant parcourt l'une des bobines de l'annonceur, il aimante le noyau de fer doux qui attire l'armature. Celle-ci, en s'abaissant, fait tomber l'écran, ou le *lapin*, comme on l'appelle vulgairement; puis, le courant sort par la borne *b* et actionne ensuite une sonnerie ou retourne au pôle négatif de la pile du poste de départ par la terre ou le fil de retour. Pour remettre l'écran à sa position de repos, il suffit de le relever avec la main.

Tableau annonceur pour bureau central. — Les tableaux annonceurs pour bureaux centraux sont basés sur le même principe que les précédents.

En nombre égal à celui des abonnés, ces appareils comprennent également des commutateurs qui servent à établir la communication entre les divers abonnés.

Un annonceur se compose essentiellement d'un électro-aimant *A* placé derrière le panneau *P* du tableau et d'une armature *M* pivotant autour d'un axe *O*. Cette dernière est terminée par une entaille servant à retenir, à l'état de repos, un clapet *C* (*fig. 156*).

Lorsque l'armature est attirée, le clapet *C* tombe et fait voir un numéro d'ordre correspondant à celui de l'abonné. Nous verrons comment l'employé, après s'être mis en relation avec ce dernier, établit la communication qui lui est demandée.

Dans certains modèles le clapet, en s'abaissant, vient buter contre un plot *B* qui ferme avec *O'* le circuit local d'une pile à travers une sonnerie.

Les tableaux peuvent être disposés pour recevoir un grand

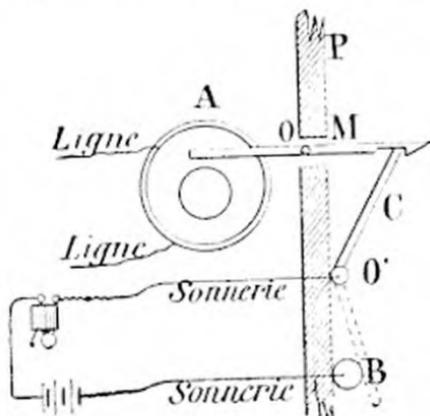


FIG. 156.

nombre de directions, ou cinq ou dix seulement. Dans ce dernier cas, le tableau et le microphone sont fixés sur une seule planchette (fig. 157).

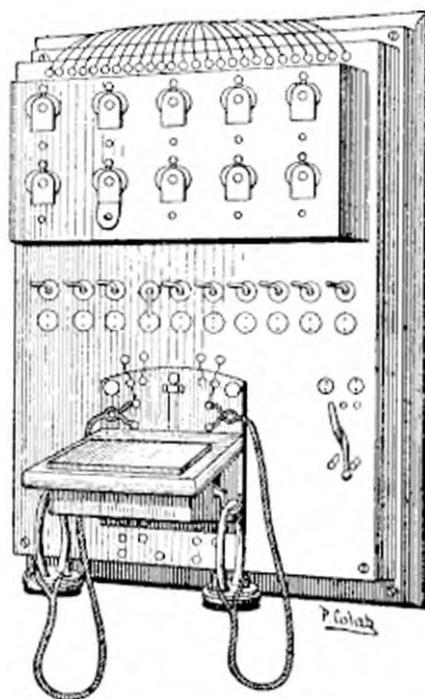


FIG. 157.

Annonciateur de fin de conversation. — L'annonciateur de fin de conversation fonctionne de la même façon que l'annonciateur pour bureau central. L'électro-aimant seul diffère. Il est tubulaire, et le fil a une résistance de 600 ohms.

Placé à la dernière rangée des annonciateurs d'appel, l'appareil est mis, par dérivation, en communication avec une ligne occupée à l'aide d'un commutateur appelé *cle d'écoute*.

COMMULATEURS

Outre les commutateurs décrits plus haut, on se sert, dans les bureaux centraux de postes téléphoniques avec piles, d'appareils analogues destinés à faciliter les changements de

direction qui sont beaucoup plus fréquents et plus complexes que ceux des postes magnéto-électriques.

Le nombre de ces instruments est relativement considérable, et leurs formes très variées.

Nous ne décrivons, pour ce motif, que ceux dont l'emploi est le plus fréquent.

Commutateur à crochet. — Sur un panneau P est vissé un bloc métallique B auquel est fixée à l'aide d'une vis V, rece-

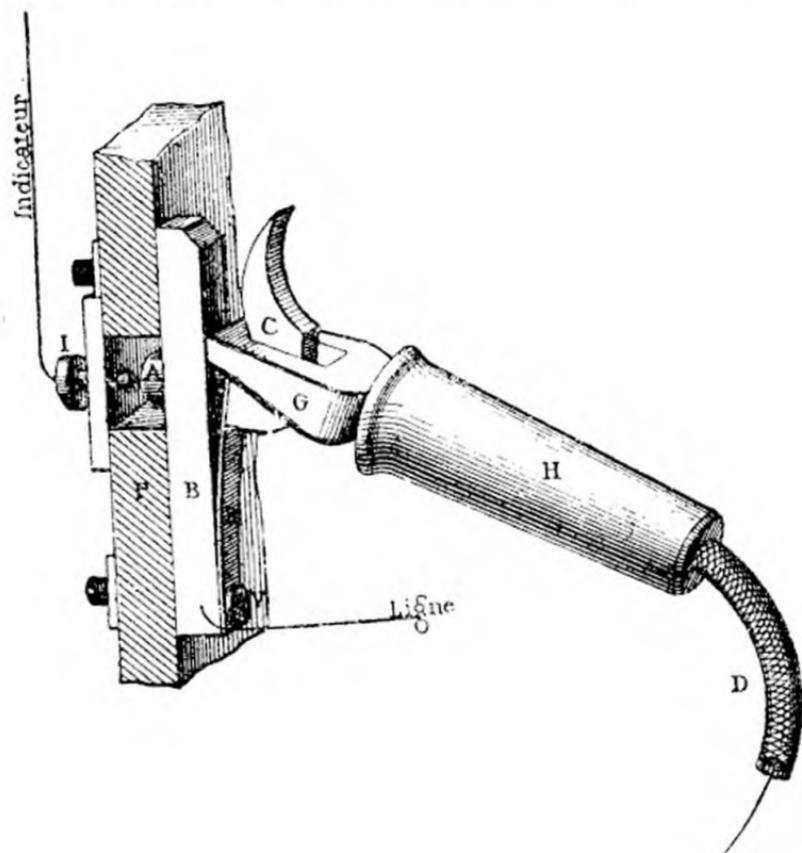


FIG. 158.

vant le fil de ligne, une lame-ressort terminée en forme de crochet C (fig. 158). Une vis d'arrêt A, faisant corps avec le crochet, passe par un trou pratiqué dans le panneau et vient

buter contre une deuxième vis I en communication avec l'annonceur. Une clé G, attachée à un manche H, est reliée au téléphone du poste par le fil D renfermé dans un cordon souple.

A l'état de repos les vis A et I sont en contact, et la ligne est sur annonceur. Si ce dernier fonctionne, le téléphoniste n'a qu'à mettre la clé dans le crochet pour communiquer avec l'abonné.

Cette simple manœuvre a le double but de mettre l'annonceur en dehors du circuit et de relier simultanément la ligne avec l'appareil du poste. Le crochet simple ne peut servir qu'à relier deux postes simples.

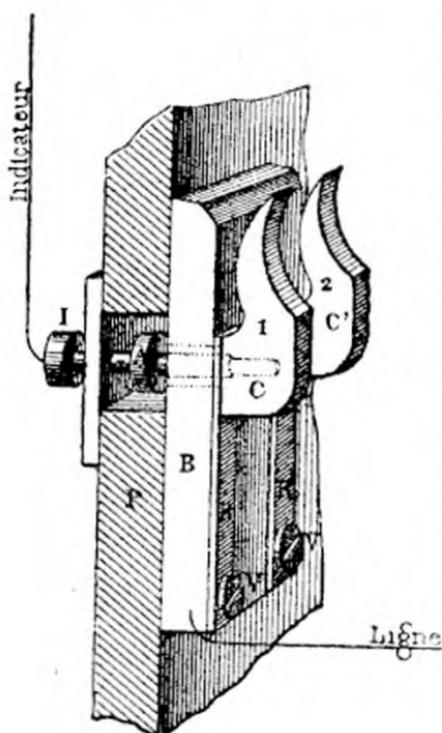


Fig. 159.

Dans les bureaux centraux où le commutateur est destiné à mettre la ligne à volonté en communication avec l'un ou l'autre des deux appareils séparément, ou avec les deux à la fois en dérivation, on est obligé de lui donner une disposition différente, suivant qu'il s'applique à une ligne simple ou à une ligne double.

M. Sieur, l'inventeur de ce commutateur, en donne la description suivante dans son *Étude sur la Téléphonie* :

Pour les lignes simples, on se sert d'un commutateur à deux crochets C et C' (fig. 159) montés sur un même bloc métallique B. On appelle le crochet C,

crochet de gauche ou crochet 1; et le crochet C', crochet de droite ou crochet 2.

Le crochet 1 bute au repos par la vis d'arrêt sur la vis de contact I. Le crochet 2 n'a pas de contact.

Au repos des crochets, la ligne est en communication avec l'indicateur par le bloc B et la vis I.

Si on place une clé sur le crochet 1, le contact de ce crochet avec la vis I est rompu, et la ligne n'est en communication par le crochet 1 qu'avec la clé et l'appareil auquel elle correspond.

Si on place la clé sur le crochet 2, la ligne se trouve en communication avec la clé par le crochet 2 et, en même temps, avec l'indicateur par le crochet 1 et la vis I.

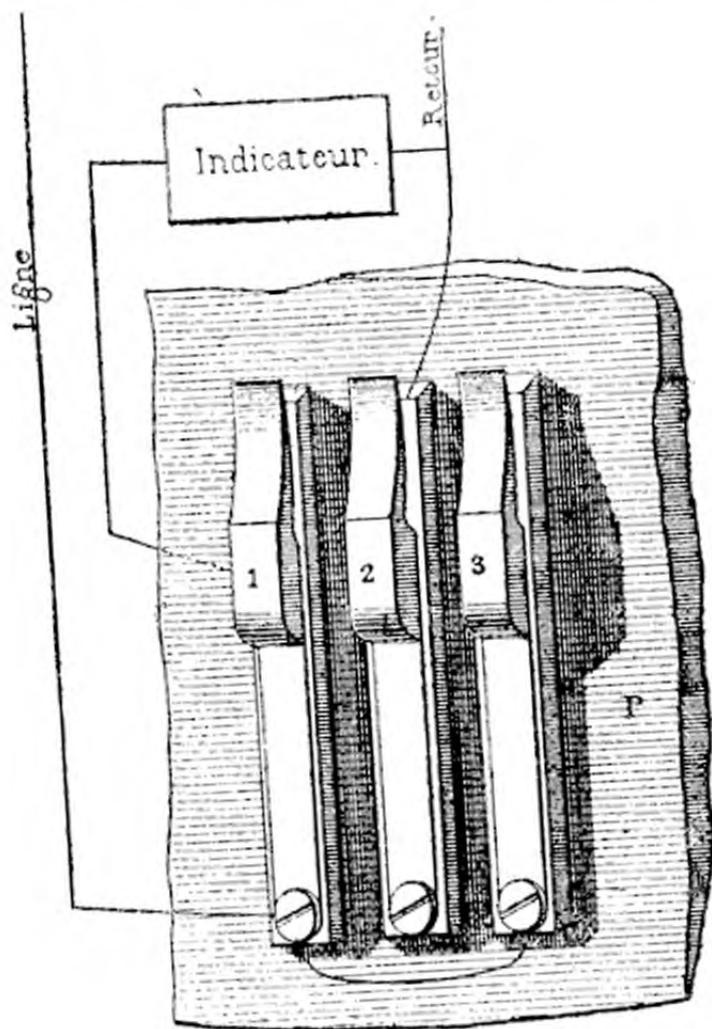


FIG. 160.

Pour les lignes doubles, on se sert d'un commutateur à trois crochets (*fig.* 160) montés sur une planchette P et ayant chacun son socle métallique.

Le crochet de gauche, ou crochet 1, a seul une vis de contact en dessous de la planchette.

Le fil de ligne arrive aux socles des crochets extrêmes 1 et 3, et va, par la vis de contact du crochet 1, au relais indicateur.

Le fil de retour est relié à la sortie du relais indicateur et au crochet du milieu 2.

La clé employée pour ce commutateur (*fig.* 161) est à deux pitons L et L', isolés l'un de l'autre par une plaque I en ébo-

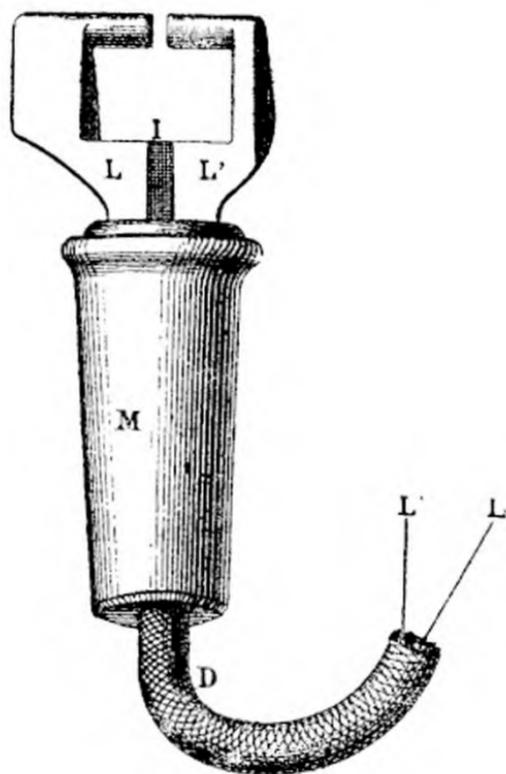


FIG. 161.

nite et vissés dans le manche creux en corne M. A l'intérieur de ce manche est passé un cordon souple D, contenant deux conducteurs L et L' fixés à leur extrémité par une vis, L sur le piton L, et L' sur le piton L'.

L'ouverture des deux pitons permet à la clé d'embrasser deux crochets à la fois. La joue du piton L peut entrer facilement dans l'intervalle de deux crochets. Au contraire, la joue du piton L a une épaisseur assez grande pour ne pas y entrer.

Ceci expliqué, on comprendra facilement que, si l'on accroche la clé sur les crochets 1 et 2, le piton L', dont la joue peu épaisse peut passer entre deux crochets, sera placé

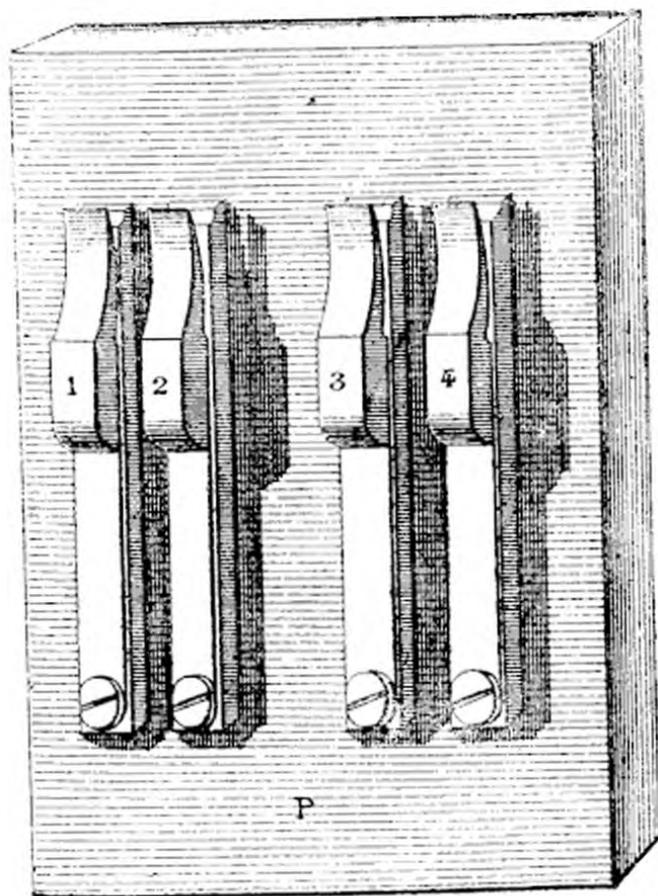


FIG. 162.

sur le crochet 2, tandis que le piton L, dont la joue est trop épaisse, sera placé sur le crochet 1.

Lorsqu'on met la clé sur les crochets 1 et 2, le contact du crochet 1 sur sa vis-butoir est rompu ; la ligne L est en communication avec le fil L du cordon souple par le piton L, et le fil de retour, avec le fil L' du cordon souple par le piton L'.

Quand on place la clé sur les crochets 2 et 3, la ligne reste en communication avec l'indicateur par le crochet 1 et sa vis de contact; elle est mise, en outre, en communication avec le fil L du cordon souple par le crochet 3 et le piton L.

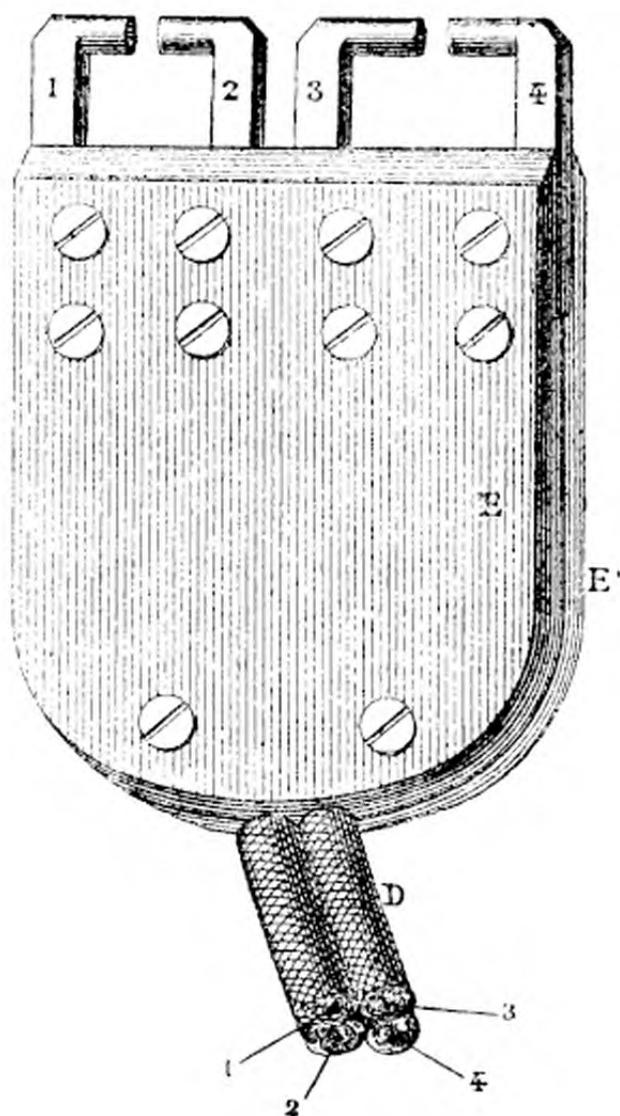


Fig. 163.

de la clé. Le fil de retour, qui est en communication permanente avec la sortie de l'indicateur l'est également avec le fil L' du cordon souple par le crochet 2 et le piton L' de la clé. Dans cette position le relais indicateur se trouve donc en dérivation entre les deux fils L et L' du cordon souple.

Le commutateur à quatre crochets (*fig. 162*) est particuliè-

rement destiné à l'installation des appareils portatifs de poste central. Les quatre crochets qui le composent n'ont pas de vis de contact. Ils sont fixés sur la planchette P, de façon à laisser entre eux des intervalles inégaux. Cette disposition a pour but d'obtenir que la clé de ce commutateur soit toujours placée dans le même sens sur les crochets.

La clé (*fig. 163*) consiste en quatre pitons, 1, 2, 3, 4, fixés entre deux plaques isolantes E et E'. Un cordon souple quadruple contient quatre conducteurs. L'une des extrémités des conducteurs 1 et 2 est fixée aux pitons 1 et 2 de la clé, et leur autre extrémité, aux charbons de l'appareil portatif. Les conducteurs 3 et 4 sont reliés par l'une de leurs extrémités aux pitons 3 et 4 de la clé, et pour l'autre, au récepteur de l'appareil portatif.

On voit, d'après la forme et l'écartement des pitons de la clé, qu'elle ne peut se placer sur les crochets que d'une seule manière et de façon qu'ils correspondent entre eux, chacun dans l'ordre de son numéro.

Les crochets 1 et 2 du commutateur communiquent au circuit primaire de la bobine d'induction et de la pile du microphone; les crochets 3 et 4, au circuit secondaire de la bobine d'induction. Il en résulte que, quand on place la clé sur les crochets du commutateur, le transmetteur de l'appareil portatif ferme par ses charbons le circuit primaire de la bobine d'induction et de la pile du microphone, tandis que le téléphone récepteur est mis dans le circuit secondaire de la bobine d'induction, conditions qui permettent de communiquer par cet appareil.

Conjoncteur Jack-Knife. — Le conjoncteur Jack-Knife¹ est formé d'un bloc rectangulaire en laiton percé de deux trous A et B. Sur ce bloc est fixé un ressort-lame RR portant une goupille r qui traverse la masse et dépasse légèrement l'affleurement du trou A. Ce bloc est encastré dans le panneau du tableau, où il est maintenu par deux vis C, D garnies d'écrous (*fig. 164*).

¹ Étymologie : *Knife*, couteau; *Jack*, nom de l'inventeur.

La vis D fait corps avec le bloc, tandis que la vis C en est isolée par un tube d'ébonite ; mais cette dernière communique avec le ressort à l'aide de la pièce *a* isolée du massif.

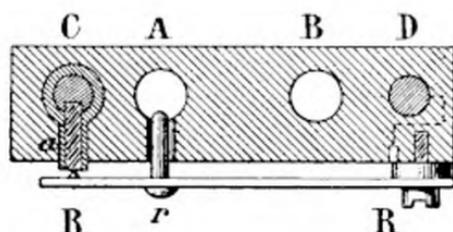


FIG. 164.

Lorsque les trous sont libres, la vis D, à laquelle est attachée la ligne, est reliée à l'annonceur par le ressort RR, la pièce *a* et la vis C. Si l'on introduit une fiche, dont les pièces métalliques extrêmes (fig. 165) sont réunies par plusieurs brins de fil de cuivre, dans le trou A, le courant de la ligne, ne communiquant plus avec l'annonceur, est dirigé soit sur l'appareil du bureau, soit sur une autre ligne.

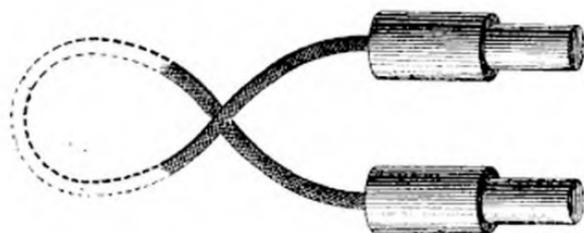


FIG. 165.

La figure schématique 166 montre clairement la position occupée par deux joncteurs d'un poste central reliant deux abonnés entre eux.

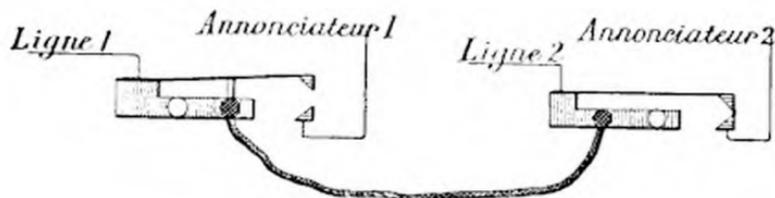


FIG. 166.

On se sert aussi de Jack-Knives à double fil formés de deux joncteurs ordinaires superposés et isolés. Le cordon ren-

ferme deux conducteurs séparés par une enveloppe de coton et de soie, mais aboutissant à deux pièces métalliques concentriques (fig. 167) également, isolées l'une de l'autre.

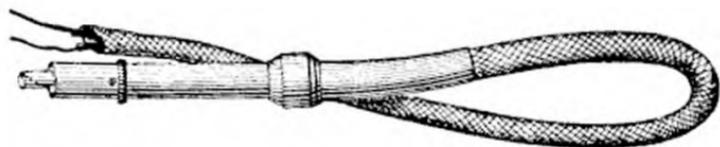


FIG. 167.

Les fiches peuvent être garnies d'un disque en ébonite I dont le diamètre est calculé pour obstruer le trou voisin par lequel il serait facile de surprendre par dérivation une conversation. Pour ce motif on les appelle *fiches à communications secrètes* (fig. 168).

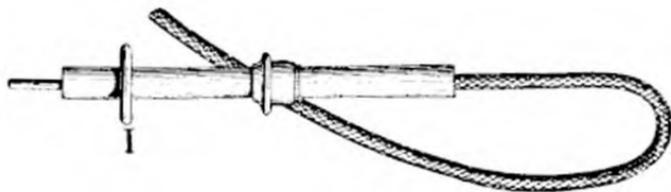


FIG. 168.

Commutateur à touches ou clé d'écoute. — Cet appareil est employé pour relier entre eux les postes centraux situés dans une même ville ou les différents tableaux d'un bureau.

Deux ressorts flexibles R, S, isolés l'un de l'autre par des plaques EE', sont fixés sous la table et maintenus séparés l'un de l'autre par un bouton en ébonite *e* (fig. 169). Un levier L commande un cylindre A qui, abaissé, agit sur les ressorts. Ces derniers viennent alors s'appuyer sur deux blocs *c* et *d* faisant partie du circuit induit local.

Le commutateur de chaque groupe porte une pièce *a* en contact, à l'état de repos, avec le ressort R. Par cet intermédiaire l'annonceur local est mis en relation avec les lignes

auxiliaires permettant aux bureaux centraux d'une même ville de pouvoir communiquer.

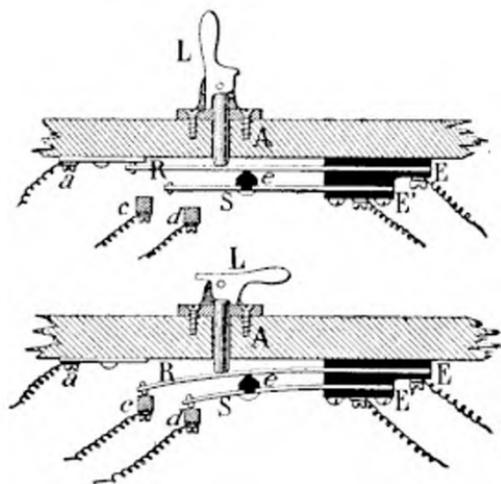


FIG. 169.

Conjoncteur pour simple fil. — Ce conjoncteur comprend trois ressorts r , r' , r'' , isolés les uns des autres, mais maintenus ensemble par un contre-écrou VV' (fig. 170) entouré lui-

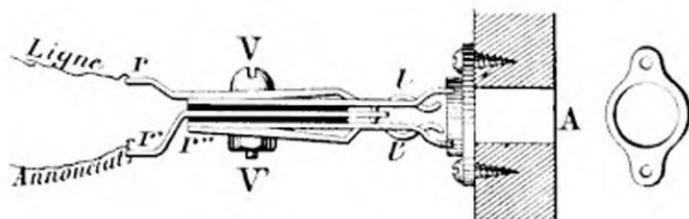


FIG. 170.

même d'une bague en ébonite. Les ressorts r , r'' , terminés par deux lames l , l' , font corps avec le conjoncteur A, dans lequel on peut introduire une fiche métallique. Le fil de ligne est attaché au ressort r ; et le fil d'annonceur d'appel, à r' .

A l'état de repos les trois ressorts r , r' , r'' sont en communi-

cation (position 1) (fig. 171), et un courant venant de la ligne se rend à l'annonceur ; si la fiche est ensuite placée dans le

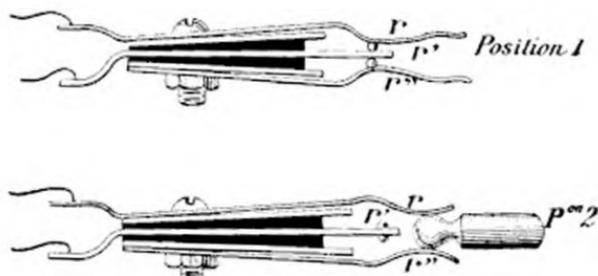


FIG. 171.

trou A (position 2), r' est isolé. Il en résulte que le téléphone du poste se trouve dans le circuit de la ligne par l'intermédiaire de la clé d'écoute qui a été abaissée au préalable par l'opérateur.

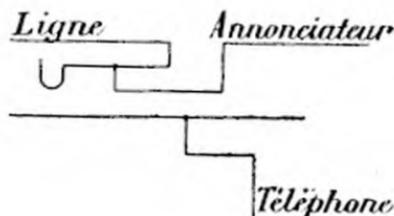


FIG. 172.

Dans les figures schématiques le conjoncteur est représenté comme l'indique la figure 172.

Commutateur inverseur. — Chaque fois que la situation géographique le permet et que des postes T et T', reliés à un bureau central C, ont, en partie, un parcours commun (fig. 173), on a intérêt, dans un but d'économie, à n'établir qu'une seule ligne sur la section CO. Mais, comme les postes TT' ne pourraient sans inconvénient être appelés simultanément, on installe au bureau central C un commutateur inverseur qui permet, en changeant la direction du courant, d'ac-

tionner à volonté T, T' où sont placés des appareils spéciaux que nous décrirons plus loin.

L'instrument (*fig. 174*) comprend une planchette rectangulaire portant quatre

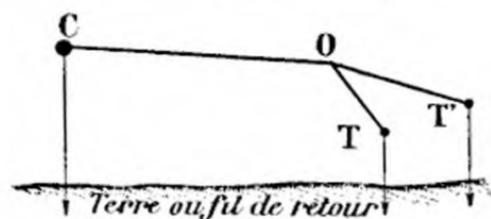


Fig. 173.

bornes L, T, C, Z, trois plots *a*, *b*, *a'*, deux tiges flexibles en laiton *t*, *t'*, tournant sur deux pivots *p*, *p'*, et isolées l'une de l'autre électriquement, mais rendues

solidaires dans leurs mouvements au moyen d'une entretoise articulée en ébonite ou en ivoire *I*. La tige *t* communique avec le contact de pile du manipulateur par la borne L, et la tige *t'* à la terre par la borne T.

Les trois contacts *a*, *b*, *a'* sont disposés de telle sorte que les extrémités libres des tiges *t*, *t'* puissent venir s'y appuyer. Celui du milieu *b* communique avec le pôle négatif de la pile par la borne Z; celui de gauche *a*, ainsi que celui de droite *a'*, avec le pôle positif par la borne C.

D'après cette disposition, si les tiges sont placées sur les contacts *b* et *a'*, le pôle cuivre sera à la terre ou au fil de retour, et le pôle zinc, à la ligne; si, au contraire, elles sont sur les plots *a* et *b*, le zinc sera à la terre ou au fil de retour, et le cuivre à la ligne.

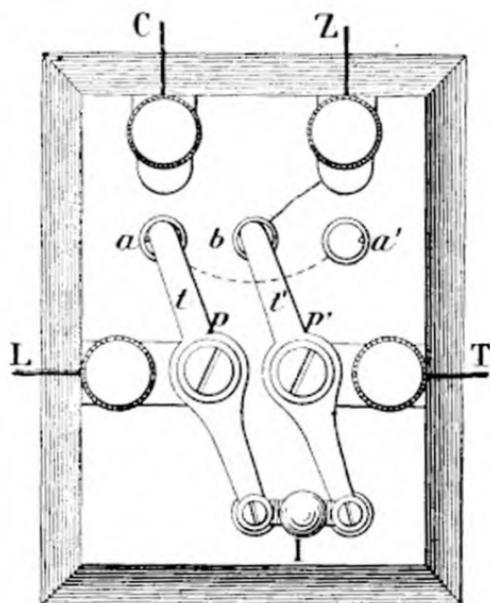


Fig. 174.

L'effet serait le même en reliant les deux pôles de la pile aux bornes L et T, et les fils de ligne aux bornes C et Z¹.

Commutateur à six directions et à deux manettes. — Les

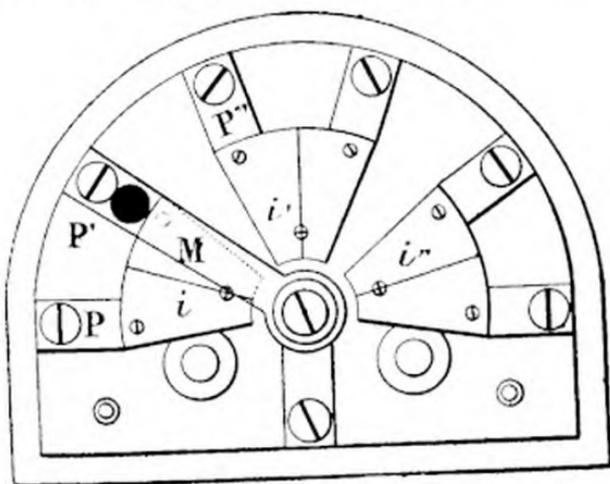


Fig. 175.

bureaux centraux, appelés à établir des communications ou à opérer des mutations multiples de fils, emploient, outre les commutateurs à rosace, des instruments permettant de diriger le courant dans plusieurs directions.

Parmi les commutateurs dont on se sert de préférence, il convient de citer: le commutateur à six directions (fig. 175), formé d'une manette M et de six plots P, P', ..., en regard desquels se trouvent des plaques indicatrices en ivoire *i*, *i'*, ..., et le commutateur à deux manettes (fig. 176)

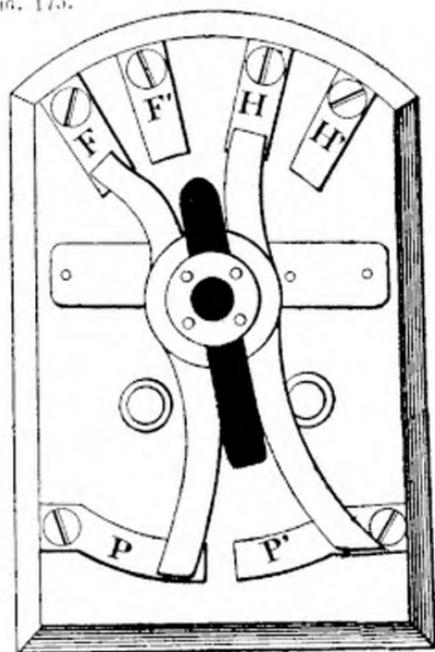


Fig. 176.

P. Gillet

¹ *Leçons élémentaires de Télégraphie électrique*, par L. MICHAUX et M. GILLET.

destiné à permuter trois lignes à simple fil ou deux lignes à double fil. De plus, l'appareil peut être transformé facilement en commutateur inverseur sur une ligne à deux fils. Pour cela les deux pôles de la pile sont attachés aux plots PP ; l'un des fils de ligne est relié aux bornes F, H', et l'autre aux bornes F'', H.

RELAIS. — RAPPEL PAR INVERSION DE COURANT

Le courant électrique étant parfois insuffisant pour faire fonctionner convenablement un appareil situé à l'extrémité d'une ligne longue ou mal isolée, on supplée à cet inconvénient en plaçant dans le poste récepteur ou sur un point convenable du circuit un *relais* qui, comme son nom l'indique, substitue un nouveau courant à celui du poste de départ.

En téléphonie le relais sert aussi à actionner une sonnerie ou un annonceur ; mais il est plus spécialement destiné, ainsi que le rappel par inversion de courant, à permettre de desservir deux abonnés par un même conducteur, ou d'appeler directement un correspondant sans être obligé de demander la communication au bureau central.

Relais simple. — Sur un massif métallique C supportant tous les organes du relais, est fixé un électro-aimant à deux bobines E dont il est isolé par une plaque en ébonite *d*. Au-dessus des noyaux de fer doux une armature légère *l* pivote entre les deux vis *p* et *b*. Une vis curseur *t* soutenue par un écrou taraudé *e* commande un ressort *r* qui, réglé convenablement, doit permettre à l'armature de venir buter franchement contre la vis *p*, isolée du massif, au moment du passage du courant dans les bobines (*fig. 177*).

L'électro-aimant est placé dans le circuit de la ligne par les bornes L et T.

La borne P communique à la vis *p* et extérieurement au pôle positif de la pile locale ; la borne S, au massif et à une sonnerie reliée au pôle négatif.

Lorsque le courant traverse l'électro-aimant, l'armature *l* est attirée et se met en contact avec la vis *p*. Il en résulte

une fermeture de circuit local et, comme la pile et la sonnerie s'y trouvent comprises, cette dernière est actionnée.

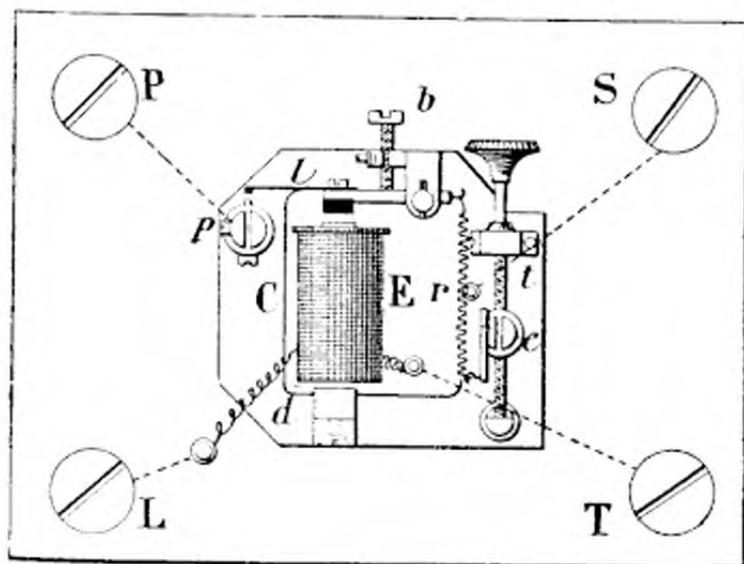


Fig. 177.

La résistance de l'électro-aimant du relais simple est de 200 ohms.

Relais à appel direct. — Cet appareil a été imaginé pour permettre à deux abonnés de pouvoir communiquer entre eux, sans être astreints à demander la communication au poste central, ou séparément avec ce dernier.

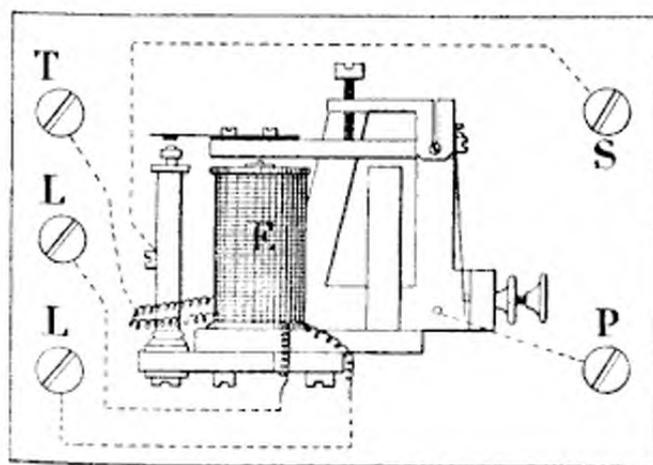


Fig. 178.

Dans ce relai, l'électro-aimant E est garni d'une seule

bobine sur laquelle sont enroulés deux fils distincts ayant la même résistance (200 ohms). Un bâti métallique soutient une armature terminée par un ressort qui, attiré, vient s'appuyer

contre une colonne (fig. 178). Les fils de la bobine sont en communication avec les bornes L, L, et leurs extrémités sont toutes deux reliées à une borne commune T. Enfin, P est réuni à l'armature, et S à la colonne.

Le fonctionnement du relais à appel direct est semblable à celui du relais simple, c'est-à-dire que l'attraction de l'armature actionne la sonnerie; mais l'installation entraîne dans chacun des trois postes une disposition uniforme indiquée très clairement par la figure schématique 179.

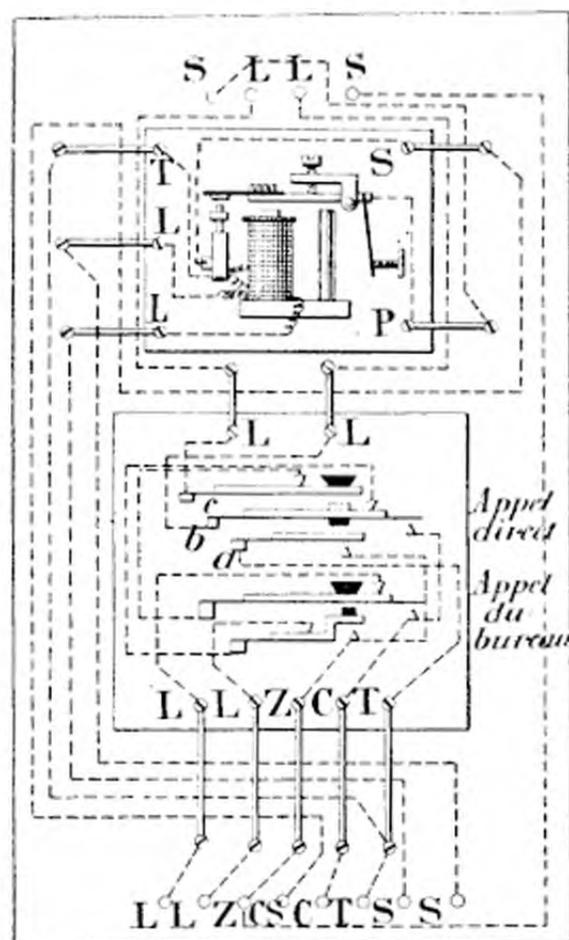


Fig. 179.

M. L. Montillot, dans son ouvrage *la Téléphonie pratique*, en indique les communications comme il suit :

Le tableau porte quatre bornes en haut, deux bornes *ligne* et deux bornes *sonnerie*; deux bornes intermédiaires servant à la liaison du relais avec les clés; huit bornes en bas : L, L, Z, C, SG, T, SS.

Les deux bornes S, S d'en bas communiquent directement chacune avec l'entrée de l'un des circuits de la bobine du relais, c'est-à-dire avec les bornes L, L dudit relais; la borne T d'en bas communique avec la borne T d'en haut, c'est-à-

dire avec la sortie commune des deux circuits de la bobine ; elle communique également avec le massif du levier inférieur *a* de la clé d'appel direct.

Les autres connexions sont les suivantes :

Borne C, avec l'un des plots de travail de chacune des clés ;

Borne CS, avec la borne S du relais ;

Borne Z, avec le second plot de travail des deux clés, et aussi avec la borne S de droite en haut, LL, avec les deux plots de repos de la clé ordinaire ; les massifs des deux leviers de cette clé sont réunis aux deux plots de repos de la clé d'appel direct ; les massifs des leviers *bc* de celle-ci sont réunis aux deux bornes LL d'en haut ; par conséquent, les bornes LL d'en bas sont réunies aux bornes LL d'en haut par l'intermédiaire des deux clés. Enfin, la borne P du relais est reliée à la borne S de gauche en haut.



FIG. 180.

La figure 180 représente l'aspect extérieur du relais.

Deux plaques indicatrices,

placées en regard de chaque clé, évitent toute hésitation, toute erreur de la part des abonnés.

Rappel par inversion de courant. — Dans la description donnée ci-dessus du commutateur inverseur, il a été dit qu'un poste central C (*fig.* 173) pouvait à l'aide de cet appareil, communiquer à volonté avec l'un ou l'autre des postes T, T' par une seule ligne se bifurquant au point O. Cette réalisation n'est toutefois complète qu'en plaçant dans chacun des postes un *rappel par inversion de courant*.

En voici la description :

L'armature A constitue le prolongement de l'un des pôles, le

pôle nord par exemple, d'un aimant fixe *Ai* auquel elle est rattachée par un pivot *p* (fig. 181). Elle est mobile entre les pôles d'un électro-aimant, et au repos s'appuie contre le butoir isolé *V* par l'action du ressort *r*. Lorsqu'un courant positif venant de la ligne *L* passe dans les bobines, il déve-

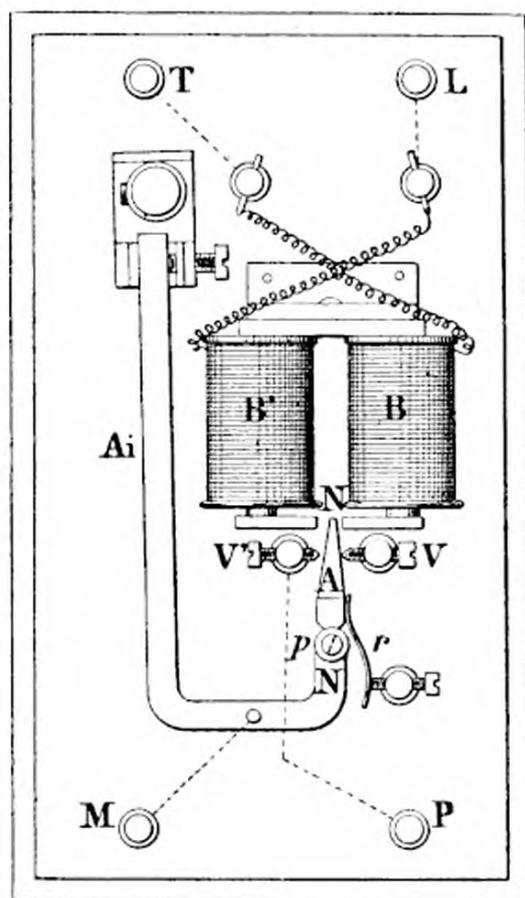


FIG. 181.

loppe dans le noyau *B'* un pôle austral et dans *B* un pôle boréal. L'armature, attirée vers *B'*, se met au contact du butoir *V* et ferme ainsi le circuit de la pile locale et de la sonnerie par les bornes *P* et *M*.

En intervertissant les fils des bobines aux bornes *L* et *T*, on

obtiendra dans l'autre poste un effet contraire, c'est-à-dire que l'armature restera au repos.

Les rappels ainsi montés sont installés respectivement dans les deux postes, et le bureau central change à volonté le sens du courant par la manœuvre du commutateur inverseur, suivant l'orientation du rappel qu'il veut actionner.

Transformateur. — Il peut arriver qu'il y ait intérêt à relier

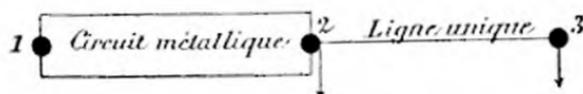


Fig. 182.

une ligne à fil unique à un circuit métallique pour permettre à trois postes 1, 2, 3, de pouvoir communiquer entre eux (fig. 182).

A cet effet on place dans le poste intermédiaire 2 un trans-

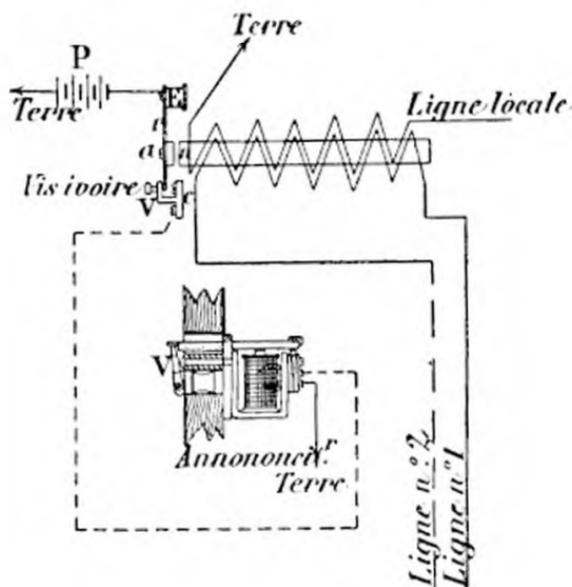


Fig. 183.

formateur. Cet appareil n'est autre chose qu'une bobine d'in-

duction dont les deux enroulements sont concentriques. Le noyau de fer doux est formé d'un faisceau de petits fils de fer doux en regard desquels se trouve une armature très légère *a* (fig. 483) commandée par un ressort *r*, fixé lui-même à un bloc de cuivre *E*, relié au pôle positif d'une pile *P*. Le réglage de l'armature s'obtient à l'aide d'une vis en ivoire *V* et d'une pièce mobile *C*.

Les deux fils de ligne du circuit métallique sont directement attachés aux deux extrémités de l'un des fils du transformateur, l'autre communique à la ligne unique d'un côté, et, de l'autre, à la terre.

Les courants induits provenant du microphone correspondant ne sont pas assez intenses pour aimanter le noyau *n*, et l'armature reste au repos. Mais si un courant de pile est envoyé dans l'une quelconque des lignes, l'armature est attirée et vient buter contre le contact *C*. Le circuit de la pile *P* est alors fermé à travers l'annonciateur de fin de conversation. Le volet *V* en tombant avertit que, la conversation entre les postes 1 et 3 étant terminée, la ligne est libre des deux côtés.

Adaptateur microphonique pour diverses distances de MM. E. Mercadier et Anizan. — On sait que la principale difficulté à vaincre, dans les microphones appelés à être utilisés sur les distances diverses, est d'obtenir à la fois l'intensité et la netteté. Mais, comme ces deux qualités sont opposées, c'est-à-dire qu'on ne peut augmenter l'une d'elles sans nuire à l'autre, on est obligé de se servir, dans la plupart des cas (comme la Compagnie Bell, en Amérique), de transmetteurs microphoniques différents, l'un pour les petites distances exclusivement, et l'autre pour le service à longue distance.

Pour éviter l'emploi de deux appareils, on peut faire usage de diaphragmes de mêmes dimensions, mais de natures différentes, en fer et en bois par exemple, ou régler le microphone de façon à lui donner son maximum d'effet sur une ligne d'une longueur moyenne.

Malgré la facilité d'exécution des moyens indiqués, aucun d'eux ne remplit le but cherché et, comme il arrive souvent

dans la pratique qu'un abonné est appelé à communiquer téléphoniquement à l'aide d'un même appareil avec des correspondants rapprochés ou éloignés par l'intermédiaire des bureaux centraux, il en résulte fréquemment des difficultés dans la transmission.

MM. E. Mercadier et Anizan ont remédié à cet inconvénient d'une façon heureuse et très simple à l'aide d'un adaptateur microphonique.

Ce petit appareil a pour but :

1° De faire donner à un microphone quelconque son maximum d'intensité lorsqu'on s'en sert pour les grandes distances ;

2° D'obtenir du même microphone une intensité et une netteté convenables lorsqu'il est utilisé pour les petites distances.

La figure 184 représente schématiquement le dispositif de cet adaptateur microphonique.

Ce dispositif consiste à placer à un moment donné une résistance électrique convenable, en dérivation, sur les charbons du microphone. Sh est une résistance de 3 ohms environ ; I est un interrupteur ordinaire.

Un système aussi simple est facile à réaliser pratiquement.

Dans l'intérieur d'une boîte en bois de petites dimensions (*fig. 183*) se trouvent la bobine de résistance Sh et l'interrupteur I .

Les inventeurs se sont arrangés pour que l'interrupteur soit sur contact lorsque la manette a été placée en face de l'étiquette : « Urbain », et qu'il soit ouvert quand la manette est sur l'étiquette : « Longue distance. »

Deux bornes extérieures servent à relier l'adaptateur avec les charbons du microphone.

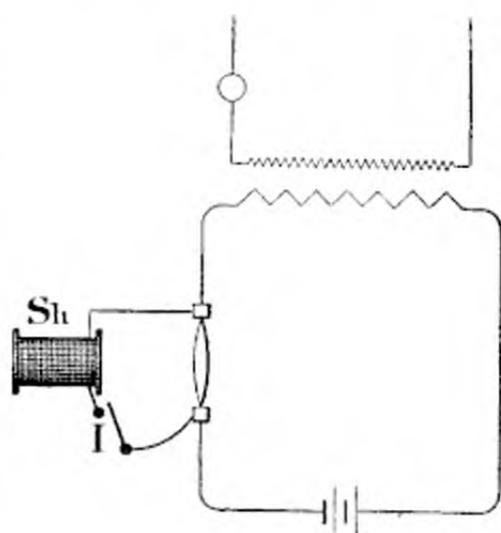


Fig. 184.

L'abonné n'a à s'occuper que de la manœuvre de la manette au commencement de la conversation. Il la place dans l'une des deux positions suivant le cas.

Lorsqu'on veut se servir du microphone pour une longue distance, l'interrupteur, commandé par la manette, est ouvert, et, par conséquent, la résistance Sh n'agit pas. Le microphone est, dans ces conditions, sensibilisé de façon à le rendre aussi puissant que possible.

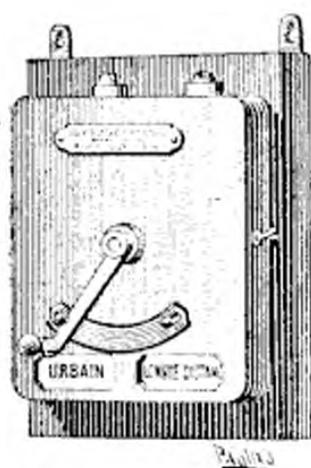


Fig. 485.

Pour une ligne courte, dont la résistance et la capacité sont très faibles, si le réseau est aérien, il suffit, en agissant sur la manette, de mettre l'interrupteur I sur contact et de disposer, par suite, la résistance sur les charbons. On constate alors deux effets: une diminution d'intensité, et une parfaite netteté. La diminution d'intensité s'explique par ce fait qu'une partie du courant traversant la résistance Sh , les variations de résistance des charbons en vibration n'agissent que sur la

partie du courant qui parcourt les charbons.

Il est très important de déterminer par l'expérience la valeur et la résistance de la bobine Sh qui doit dépendre de celle des charbons employés et, quoique la résistance de 3 ohms convienne généralement, il est utile néanmoins de faire procéder à un réglage préalable par le constructeur.

Un moyen plus simple d'arriver au même résultat consisterait à se servir de microphones puissants et de parler bas ou à une certaine distance de la planchette pour les communications urbaines, et d'élever la voix pour les grandes distances. Toutefois, ce serait une éducation téléphonique nouvelle à faire aux abonnés, surtout en France, où les transmetteurs du genre Ader sont nets, il est vrai, mais peu intenses. C'est pourquoi l'invention de MM. E. Mercadier et Anizan est appelée à rendre de réels services.

CABINES TÉLÉPHONIQUES

Aussitôt après la création du réseau téléphonique, l'Administration française a installé dans chaque bureau de poste important des cabines permettant au public de pouvoir communiquer soit avec un abonné, soit avec un poste téléphonique relié au bureau.

Ces cabines offraient plusieurs inconvénients, dont le principal était de ne pas amortir suffisamment la voix de la personne qui parlait, et il en résultait que la conversation pouvait être entendue de l'extérieur.

La cabine téléphonique actuelle est une sorte d'armoire en bois, composée de deux bâtis distincts enchâssés l'un dans l'autre.

La figure 186 représente le plan de l'une de ces cabines. Le premier bâti B, en bois de chêne assez épais, est capitonné à

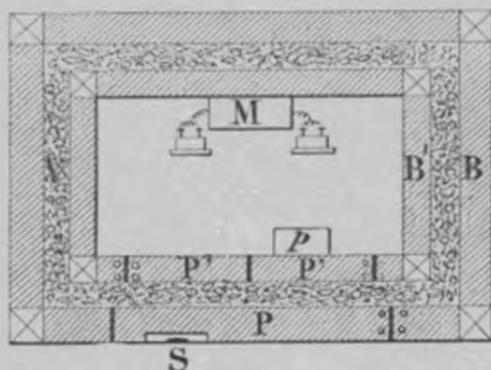


FIG. 186.

l'intérieur avec du varech, ou une autre substance mauvaise conductrice du son, recouvert de moleskine; le deuxième, également en chêne, contient le poste téléphonique M du système Ader, ou d'Arsonval, à l'exception de la sonnerie, qui est placée en dehors pour que les appels puissent être entendus du sous-agent préposé au service.

Deux portes donnent accès au téléphone : la première P, à un seul vantail, est munie d'une serrure S; la deuxième P'

est à deux vantaux et peut être poussée dans les deux sens, à l'aide de ressorts disposés à cet effet. Un petit siège *p*, sur lequel on peut s'asseoir en attendant l'établissement des communications, complète l'installation intérieure.

Afin que la personne une fois enfermée puisse au besoin lire ou écrire, le plafond de la cabine est garni de carreaux posés en double épaisseur par lesquels pénètre la lumière du jour ou celle d'un bec de gaz placé à 0^m,43 environ au-dessus du vitrage.

Les fils, au sortir de la cabine, aboutissent, comme dans les bureaux centraux, à un commutateur rond, de façon à pouvoir procéder rapidement à la vérification du poste en cas de dérangement.

Les communications sont demandées et établies par les agents de l'Administration, qui laissent ensuite la personne dans la cabine. A partir de ce moment compte la durée de la conversation, dont la taxe varie suivant le nombre de minutes écoulées et les bureaux avec lesquels la personne est en relation.

Cabine à ventilateur amortisseur. — M. Max de Nansouty, dans l'une de ses intéressantes causeries scientifiques du journal *le Temps*, donne la description d'une cabine téléphonique à ventilateur amortisseur imaginée par M. H. Menier. Voici en quoi elle consiste :

A la partie supérieure de la cabine est ménagée une large ouverture au-dessus de laquelle on dispose une caisse ouverte aux deux bouts. A l'intérieur de cette caisse sont disposés, comme le montre la figure 187, de distance en distance, horizontalement, des cadres en bois reposant sur des tasseaux et recouverts de draps. Dans l'axe de chacun d'eux est pratiquée une ouverture; d'autres cadres, plus petits, et également garnis de drap, s'interposent entre les premiers, élastiquement accrochés, par des cordons, aux parois de la caisse.

Cette disposition permet à l'air une large circulation, tout en empêchant la voix d'être entendue de l'extérieur.

Cabines téléphoniques belges. — Les cabines téléphoniques

belges sont en pitch-pin et affectent, à peu de choses près, la même forme que les cabines françaises.

D'après M. Pierrard, auquel nous empruntons ces détails dans son ouvrage *la Téléphonie*, l'assemblage des diverses pièces

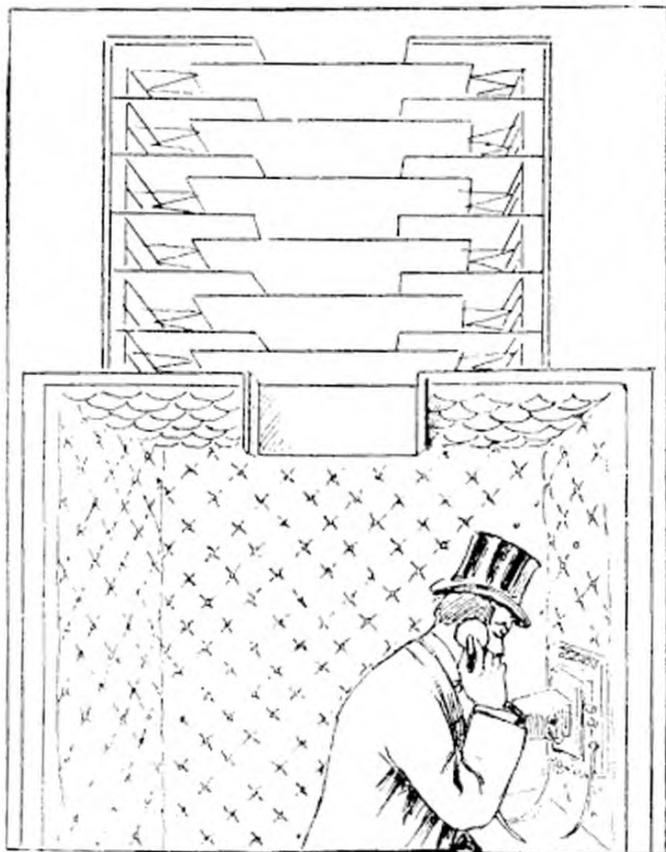


Fig. 187.

est assuré à l'aide de vis, et le tout est rattaché au socle par des fers équerres. Le chapiteau est divisé en quatre parties au moyen de croisillons et vitré par des carreaux posés en double épaisseur. Un bec de gaz situé à 0^m,15 environ au dessus éclaire suffisamment l'intérieur pendant la nuit, et des carreaux placés sur les côtés latéraux laissent pénétrer la lumière du jour.

La libre circulation de l'air est assurée par des ouvertures

ménagées dans les parois inférieures et dans les croisillons du vitrage supérieur.

L'intérieur de la cabine est matelassé à l'aide de deux couches épaisses d'étoffe de coton recouverte d'une forte toile grise.

Cabines téléphoniques allemandes. — Installées luxueusement et construites dans d'excellentes conditions pour que les bruits extérieurs ne gênent pas la conversation, entre abonnés, les cabines allemandes répondent bien au but que l'on s'est proposé d'atteindre.

Les parois de la cabine sont formées de deux épaisseurs de 0^m,03 de bois séparées par un matelas de 0^m,04 de gravier.

L'intérieur, entièrement capitonné d'une plaque de feutre de 0^m,04, est éclairé par des lampes électriques, et un gradin permet aux personnes de petite taille d'atteindre le microphone.

L'agent chargé du service détient les clés des cabines, donne les communications à l'aide d'un commutateur monté extérieurement et contrôle les conversations à l'aide d'un téléphone établi en dérivation. La demande de communications se fait pendant que le client se rend à la cabine, l'ouvre et s'installe, ce qui évite toute perte de temps.

CHAPITRE XX

MONTAGE DES POSTES MICROPHONIQUES

Poste simple. — Le montage d'un poste téléphonique avec pile comprend, disposés dans le même ordre, les appareils ci-après :

- 1° Un paratonnerre (non visible sur la figure) ;
- 2° Un commutateur automatique C ;
- 3° Une bobine d'induction I ;
- 4° Un microphone M ;
- 5° Deux téléphones T, T' ;
- 6° Une clé d'appel simple A ;
- 7° Une sonnerie S ;
- 8° Deux piles P, P'.

Les communications d'un poste simple, montré dans son ensemble par la figure 188, sont reproduites en détail sur la figure 189.

Au-dessous de la planchette B, devant laquelle on parle, sont fixés les prismes de charbon mm' dans la cavité desquels reposent les extrémités des crayons de charbon.

La bobine d'induction I est placée, ainsi que les charbons, dans la boîte ; le fil inducteur 1 est désigné par un trait plein, et le fil induit 2 par un pointillé.

Le commutateur automatique C, pivotant autour du point O, est terminé, d'un côté, par un crochet c' , auquel on suspend un téléphone et, de l'autre, par un frotteur métallique f isolé du commutateur au moyen d'une plaque en ébonite. Le levier C, étant abaissé, appuie sur le bloc s ; mais, quand le téléphone est enlevé, un ressort antagoniste r le fait relever et, à ce moment, vient buter contre le bloc i . En même temps,

les deux plaques p, p' sont reliées entre elles par le frotteur f .

La clé d'appel simple A vissée au panneau de la boîte est formée d'une lame-ressort qui est en contact, à l'état de repos, avec le plot s' réuni par un fil à la sonnerie S. En

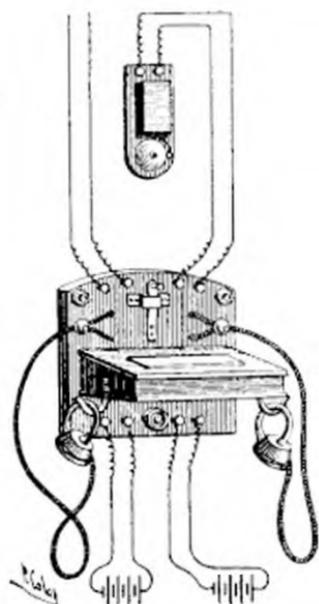


FIG. 188.

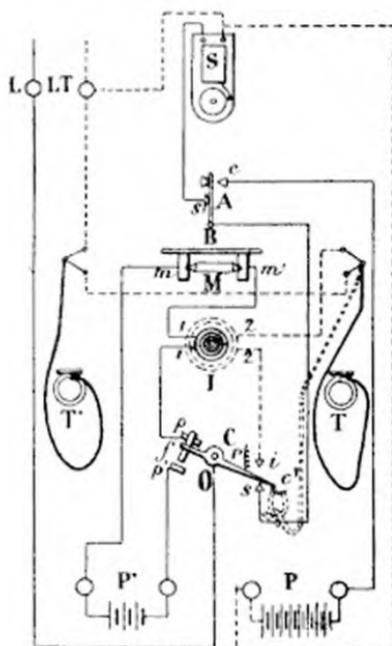


FIG. 189.

regard du bouton d'appel se trouve l'enclume e reliée au pôle positif de la pile P .

Les deux piles P, P' servent: l'une, P , à actionner la sonnerie du correspondant; l'autre, P' , à alimenter le circuit inducteur m, M, m', I et p, f, p' .

Les téléphones T, T' sont placés dans le circuit induit de la bobine d'induction et de la ligne, lorsque le commutateur-levier est relevé.

Pour installer les communications, on attache, comme l'indique la figure d'ensemble, les fils extérieurs aux huit bornes placées sur le panneau.

A l'état de repos le téléphone T est suspendu au crochet e' du commutateur C . Dans cette position (indiquée sur la figure 189), la sonnerie S fait partie du circuit.

La manœuvre de l'appareil comprend trois opérations successives que nous allons examiner :

- 1^o Le premier correspondant appelle ;
 - 2^o Le deuxième correspondant répond ;
 - 3^o Les deux correspondants sont en communication.
- 1^o Le premier correspondant appelle. — Le courant venant de la ligne entre par la borne L, suit le chemin C, c', s', A, s', traverse la sonnerie et se rend par LT au pôle négatif de la pile du poste de départ par le fil de retour ou la terre.

2^o Le deuxième correspondant répond. — Dès que la sonnerie a fonctionné, le deuxième correspondant appuie sur le bouton A et ferme le circuit de sa pile P dans lequel se trouve la sonnerie du correspondant.

Le chemin parcouru par le courant est le suivant : pôle positif de la pile P, enclume e, plot s, levier e', C, borne L et la ligne. Arrivé dans le poste du premier correspondant, le courant parcourt le même chemin que celui indiqué plus haut, puis revient au pôle négatif de la pile P.

3^o Les deux correspondants sont en communication. — Pour se mettre en communication, les deux correspondants prennent ensuite les deux téléphones T, T' qu'ils appliquent contre leurs oreilles et se placent à 0^m,20 environ au-dessus de la plaque B. Les leviers e' des deux appareils, rendus libres, viennent buter respectivement contre les blocs l et l', en même temps, les plots p, p' sont réunis par l'intermédiaire des bobines f. Ce mouvement de bascule ferme les circuits inducteurs et induits des postes en correspondance.

La conversation terminée, les correspondants ne doivent pas oublier de remettre dans chaque poste le téléphone T au crochet c'.

En examinant attentivement la figure, on remarque que, dans l'installation d'un poste microphonique, on distingue trois circuits distincts.

Le premier est formé par la borne L, le levier e' le plot s, la clé A, le plot s', la sonnerie S, la borne LT, la pile P et le conducteur aboutissant au plot e.

Le deuxième comprend la pile P, les plaques p, f, p', le fil inducteur L, les charbons m', M, m, et le pôle négatif de la pile.

Le troisième est constitué par la borne L, le levier Cc', le plot i , le fil induit 2 de la bobine les téléphones T, T' et la borne LT.

Le premier est un circuit électrique simple; le deuxième, un circuit inducteur; le troisième, un circuit induit.

Cette distinction, utile à faire, nous permet non seulement de pouvoir suivre facilement la marche du courant et de montrer de quelle façon on doit se servir de l'appareil, mais elle nous sera, en outre, d'un grand secours pour la vérification des communications ou la recherche des dérangements dans les postes.

Poste double avec commutateur. — Il arrive fréquemment qu'un abonné désire entrer en communication, par une seule ligne, avec le bureau central de deux points différents d'un même local.

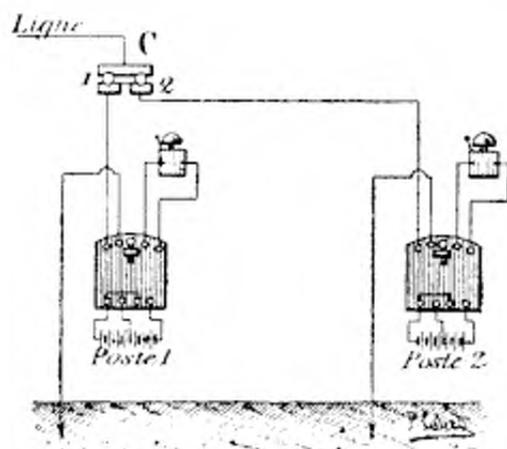


Fig. 190.

L'installation comporte (fig. 190) deux postes simples mis à volonté dans le circuit à l'aide du commutateur C. Pour cela l'abonné place, suivant qu'il se trouve dans le poste 1 ou 2, la fiche du commutateur dans l'un des trous 1 et 2.

Poste à deux directions. — Un poste simple peut être relié simultanément à un bureau central et à un abonné par un même appareil. Dans ce cas, il est nécessaire de disposer les communications de telle sorte que le poste central ait la faculté d'appeler l'un quelconque des abonnés pendant que les deux postes travaillent ou que l'un de ceux-ci puisse envoyer un signal d'appel quand l'autre se trouve en relation avec le bureau central.

Ce résultat est obtenu par l'emploi d'un tableau annoucia-

teur à deux directions placé dans chaque poste d'abonné.

L'installation, représentée en diagramme par la figure 191, comprend :

Deux bornes L_1 et L_2 auxquelles sont attachés les fils de ligne du bureau central et du poste n° 2 ;

Une borne T, qui reçoit les fils de sortie des appareils et communique avec la terre ou le fil de retour ;

Deux bornes S, S^2 reliées :

l'une S, à la borne 4 du microphone et au fil d'entrée de la sonnerie ; l'autre S^2 , aux bornes T, 2 et au fil de sortie de la sonnerie S ;

Deux jack-knives J_1, J_2 ;

Deux annonceurs a_1, a_2 dont les clapets, c_1, c_2 , pivotant autour des points o_1, o_2 , viennent en tombant s'appuyer sur les enclumes e_1, e_2 ;

Un microphone Ader ;

Deux fiches f_1, f_2 servant aux permutations des fils ;

Un commutateur bavarois C ;

Une pile P.

Le poste intermédiaire n° 1 doit pouvoir :

1° Recevoir les appels du poste central et communiquer avec lui ;

2° Établir la communication entre le poste central et le poste n° 2 ;

3° Établir la communication entre lui et le poste n° 2.

1° *Le poste central appelle le poste n° 1.* — À l'état de repos les jack-knives sont isolés l'un de l'autre, et les ressorts, appuyant sur les enclumes, mettent respectivement les annonceurs a^1, a^2 dans le circuit des deux lignes. La branche supérieure du commutateur C est, de plus, reliée par une fiche à la branche inférieure de gauche.

Dans cette position le courant venant du poste central arrive en L_1 , traverse J^1, a^1 , et se rend à la terre. Le clapet c^1 ,

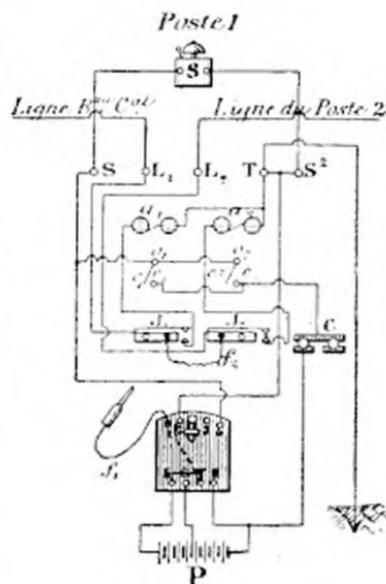


FIG. 191.

en s'abaissant, ferme un circuit local qui comprend la pile, le commutateur C, le clapet e^1 , e^1 , o^1 , la borne S, la sonnerie S, la borne S² et le pôle négatif, après avoir traversé le microphone par les bornes 2, 7 et 3.

Le poste 1, entendant la sonnerie et voyant le clapet e^1 tombé, sait que l'appel vient du poste central. Il relève le clapet et met la fiche f^1 dans le trou de droite de J¹. Cette manœuvre met le microphone et les organes qui en dépendent dans le circuit du bureau central; puis, il répond en appuyant sur le bouton du commutateur simple et décroche ensuite le téléphone. A ce moment, la conversation entre le bureau central et le poste 1 est établie. Quand elle est terminée, celui-ci remet les choses comme précédemment.

2^o *Le poste n° 1 établit la communication entre le bureau central et le poste n° 2.* — Après avoir reçu l'ordre du bureau central de le relier au poste n° 2, le téléphoniste appelle d'abord ce dernier. Pour cela il place la fiche 4 dans le trou de droite de J² et attaque le poste 2 en pressant sur le bouton du commutateur simple. Ceci fait, il retire la fiche 4, et met le cordon f^2 dans le trou de droite de J¹, et celui de gauche de J². La communication directe est établie entre les postes extrêmes; mais en même temps l'annonceur a^2 est sur la ligne par dérivation. Lorsque les correspondants ont terminé, le poste 2 envoie un courant de pile qui fait tomber le clapet e^2 de l'annonceur a^2 . La sonnerie S fonctionne et le poste 1, prévenu que la conversation est finie, retire le cordon des jack-knives. Cette opération rétablit les communications en leur état primitif.

La figure 191 montre comment la liaison des deux lignes est opérée dans le poste n° 1.

3^o *Le poste n° 1 peut parler avec le poste n° 2.* — La manœuvre à faire est la même que celle indiquée pour relier le bureau central au poste n° 1. La seule différence consiste à mettre en jeu les appareils accessoires de droite et de laisser ceux de gauche au repos.

Comme la pile Leclanché se polarise rapidement en court circuit, les abonnés doivent prendre la précaution, pendant leur absence, de placer la fiche du commutateur C dans le trou de droite. Le signal d'appel est bien reçu par l'abaisse-

ment du clapet : mais, le circuit local n'étant pas fermé, la polarisation de la pile n'a pas lieu.

Il existe également des tableaux annonceurs à trois, quatre et à un plus grand nombre de directions. L'installation et le fonctionnement de postes munis de ces tableaux sont identiques à celui dont nous venons de donner la description. Il suffit de connaître la marche du courant dans un circuit téléphonique pour se familiariser promptement avec les communications plus complexes de postes à plusieurs directions.

Installation de trois postes avec rappel par inversion de courant. — L'installation d'un poste à deux directions nécessite, comme nous l'avons vu, des demandes de communication chaque fois que les postes extrêmes veulent parler entre eux.

Cette perte de temps est évitée en plaçant dans chacun des postes des rappels par inversion de courant.

L'emploi de ces appareils permet de pouvoir installer trois postes en embrochage A, B, C, de telle façon que l'un quelconque des postes puisse appeler à volonté l'un d'eux sans actionner le troisième.

Le montage des postes extrêmes A et C est identique. Le commutateur inverseur est intercalé entre la pile et l'enclume du bouton d'appel ; le rappel par inversion est placé entre la ligne et la sonnerie (*fig. 192*).

Le montage du poste B diffère des deux autres en ce que des conjoncteurs sont intercalés dans le circuit pour pouvoir relier les différents postes entre eux ; de plus, il n'est pas pourvu de commutateur inverseur.

Les rappels des postes A et C sont montés pour fonctionner quand le courant arrive par les bornes L, et celui du poste B, lorsqu'il entre par la borne T.

L'emploi du commutateur inverseur et le principe du relais polarisé ou rappel par inversion étant connus, la manœuvre à faire dans chacun des postes, la marche du courant et les effets produits par ce dernier sont faciles à saisir.

Le poste A appelle le poste B. — La manette du commutateur inverseur étant poussée à droite, on ferme le circuit de la

pile en appuyant sur le commutateur simple. Le courant part du pôle positif C", sort en T et entre dans les postes B, C par les bornes T. Comme les rappels sont montés en sens inverse, le courant agit sur l'un d'eux et reste sans effet sur l'autre. Si B est disposé pour fonctionner quand le courant circule dans ce sens, l'armature de son rappel vient buter contre la vis de pile C', un circuit local est formé, comprenant la pile, la vis butoir, le massif de l'armature et la sonnerie.

Le courant, entrant dans le poste C par la borne T, n'ac-

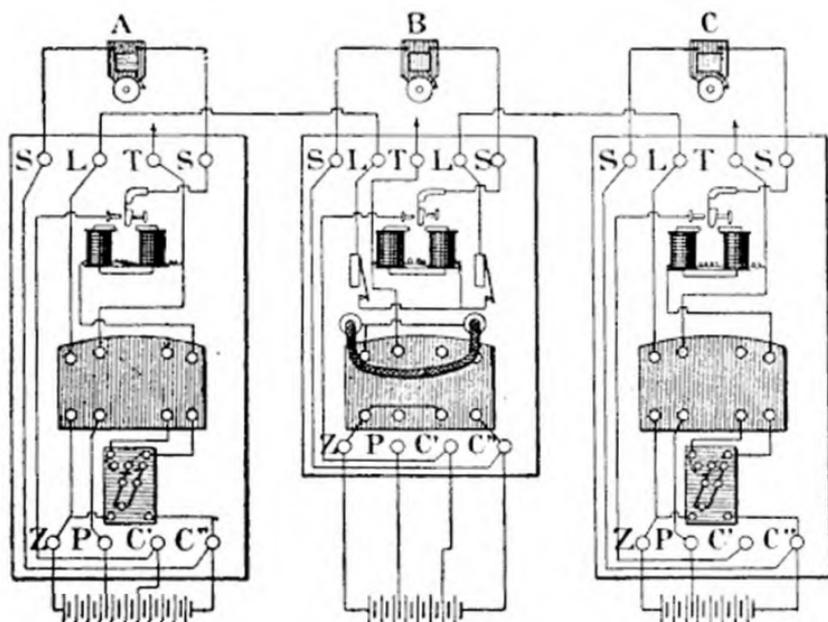


FIG. 192.

tionnera pas l'armature du rappel, puisqu'il circule en sens inverse dans l'électro-aimant. Le poste B appelé met son microphone dans le circuit, en plaçant la fiche de droite du cordon souple dans le conjoncteur de gauche, et répond pour indiquer qu'il est prêt à recevoir.

Le poste A appelle le poste C. — Si A veut ensuite parler avec l'abonné C, il tourne la manette de son commutateur à gauche. Le courant est ainsi renversé et, comme précédem-

ment, la sonnerie de B était actionnée, celle de C le sera à son tour.

Le poste C appelle le poste B ou A. — Le poste C procède de la même façon que A, suivant qu'il désire communiquer avec B ou A.

Le poste B appelle le poste A ou C. — La manœuvre des appareils dans le poste B, non muni d'un commutateur inverseur pour appeler A ou C, consiste à relier son microphone à l'une des lignes à l'aide de la fiche et du conjoncteur.

Si, par exemple, B veut parler à l'abonné A, il place la fiche de droite dans le conjoncteur de gauche et presse sur le commutateur simple à l'enclume duquel aboutit le pôle positif de sa pile; le courant fait alors fonctionner l'armature du rappel de A, et la conversation s'engage sans que C la reçoive.

Le circuit de C est, pendant la durée de la conversation échangée entre B et A, fermé par la terre du poste B. En effet, si C attaque B ou A, son courant arrive à la borne L ou T de B et passe du conjoncteur au rappel. La non-réponse de ces postes avertit C que la ligne est occupée. Un galvanomètre placé dans chaque poste permet de plus de s'assurer de l'état du circuit.

Poste central. — L'extension des communications téléphoniques a été si rapide, dans ces dernières années, que les appareils et l'outillage employés précédemment pour l'établissement des postes sont devenus insuffisants. Par suite, l'installation des bureaux centraux a dû subir de profondes modifications.

Quoique le matériel, créé de toutes pièces, réponde à l'heure actuelle à toutes les exigences du service, il n'y a pas encore, à proprement parler, de type uniforme adopté, et on emploie, suivant les circonstances ou l'importance des bureaux, tel ou tel système. Toutefois, comme le principe reste toujours le même, nous nous bornerons à donner une description d'ensemble d'un bureau central et à indiquer la marche du courant, ainsi que les principales opérations à effectuer.

Un poste central téléphonique comprend essentiellement un tableau annonceur divisé en sections.

Chaque section se compose :

- 1° D'annonceurs d'appel et de fin de conversation ;
- 2° De conjoncteurs ou jacks qui se distinguent en jacks généraux, locaux, de service et de lignes auxiliaires ;
- 3° D'appareils accessoires, tels que : condensateurs, bobines d'induction et retardatrice, clés, piles et téléphones. L'ensemble de ces derniers constitue un poste d'opérateur.

MONTAGE D'UN POSTE CENTRAL A CIRCUIT UNIFILAIRE. — Afin de saisir plus facilement le fonctionnement des divers organes qui composent un bureau central, considérons d'abord un poste à circuit unifilaire, et soient (*fig.* 193) deux conducteurs A et B desservant deux abonnés.

Le courant, à son arrivée dans le poste par la ligne A, traverse les jacks généraux a^1b^1 , a^2b^2 , a^3b^3 des sections 1, 2, 3, pour aboutir à son jack local a^4b^4 , relié à l'annonceur R de l'abonné.

Les massifs des jacks c^1 , c^2 , c^3 et c^4 communiquent entre eux et sont isolés des ressorts a^1b^1 , a^2b^2 , a^3b^3 , a^4b^4 .

Le poste d'opérateur est formé de deux cordons souples dont les fiches f , f' sont reliées respectivement aux enclumes e , e' en relation avec une clé d'écoute C qui, ouverte, presse contre deux plots cc' communiquant : l'un, c' , au pôle négatif d'une pile P' d'un élément, le fil induit de la bobine d'induction I, un téléphone magnétique T et la terre ; l'autre, c , est en relation avec l'annonceur de fin de conversation R' qui se trouve en dérivation sur les conducteurs A ou B, lorsque la clé C est ouverte.

La ligne B est installée d'une façon identique à celle de A ; mais, pour plus de clarté, l'annonceur local correspondant à cette ligne n'est pas représenté sur la figure.

L'ensemble du poste étant ainsi disposé, nous allons examiner successivement les manœuvres à exécuter par le téléphoniste de la section 4 et nous indiquerons en même temps la marche du courant et les effets qu'il produit pendant ces différentes phases.

Quatre cas se présentent :

1° L'abonné A appelle le bureau central pour lui demander la communication avec l'abonné B ;

2° Le bureau parle avec l'abonné ;

3° Le téléphoniste éprouve une ligne occupée ;

4° Les deux abonnés sont en communication.

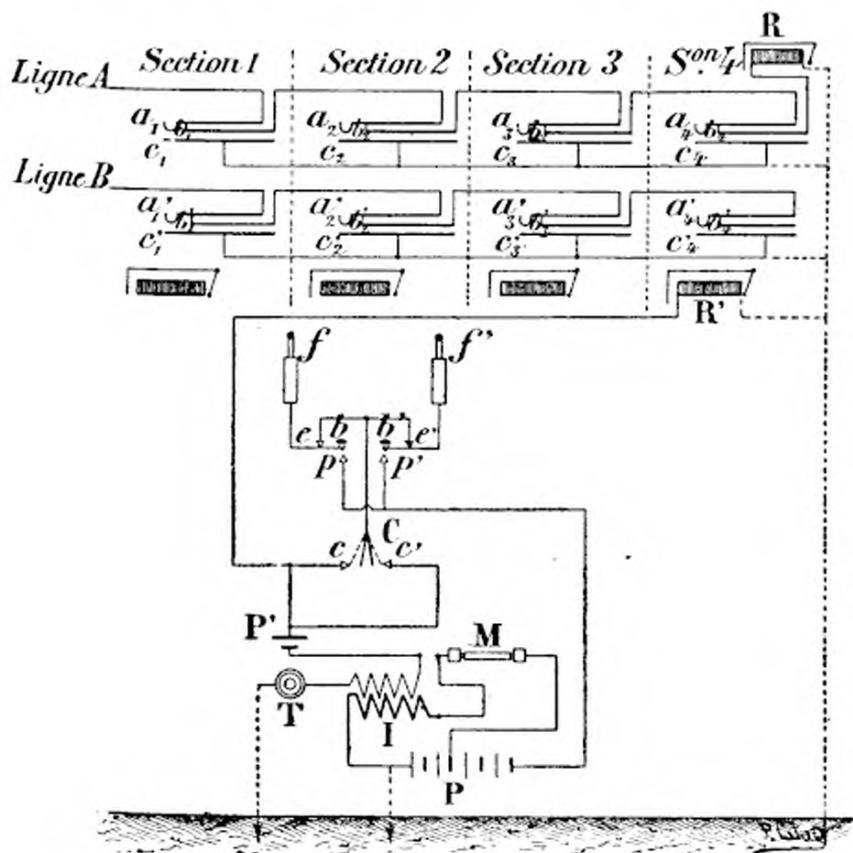


FIG. 493.

1° L'abonné A appelle le poste central. — Le courant venant de la ligne traverse les jacks généraux des sections 1, 2, 3, par les ressorts a_1b_1 , a_2b_2 , a_3b_3 . Arrivé au jack local a_4b_4 , il se rend dans l'annonceur d'appel R, qu'il actionne, puis à la terre. Dès que le clapet de l'annonceur est tombé, le téléphoniste met sa fiche f' dans l'ouverture du jack et le ressort a_4 , soulevé, se trouve isolé de b_4 , mais en contact

avec c_1 . Ceci fait, il répond et pour cela appuie sur le bouton b' . Le courant de la pile P passe de p' en b^1, f^1, a^1 , la ligne, et fait fonctionner la sonnerie de A.

2° *Le téléphoniste du bureau central parle avec l'abonné.* — Après avoir répondu, le téléphoniste ouvre la clé C qui relie le circuit induit du poste d'opérateur à la ligne par c' . En même temps, l'annonciateur de fin de conversation R se trouve par C, c en dérivation sur la ligne.

La conversation s'engage aussitôt, et l'abonné A demande la communication avec B.

3° *Le téléphoniste éprouve la ligne de l'abonné B.* — La manœuvre pour relier les abonnés A et B consiste à placer la fiche f dans le jack général de la section $\frac{1}{4}$ correspondant à la ligne B. Toutefois, cette dernière peut être occupée sur une autre section, et l'introduction de la fiche f couperait la conversation engagée d'autre part. Il en résulterait fréquemment un trouble dans les communications qui condamnerait le système.

Un dispositif ingénieux remédie à cet inconvénient et permet au téléphoniste de s'assurer, avant de relier les abonnés, que la ligne B est libre ou non. Il consiste à placer un élément de pile P' dans le circuit du fil induit et à toucher le ressort a'_4 du jack général avec l'extrémité de la fiche f . Si la ligne n'est pas occupée, les massifs des jacks généraux de B sont isolés et, le circuit de la pile P' n'étant pas fermé, le téléphone T ne rendra aucun son; si, au contraire, elle est en service, l'un des massifs c'_1, c'_2, \dots , d'un jack se trouve en contact avec l'un des ressorts a'_1, a'_2, \dots , et le circuit de la ligne B est fermé par l'un des massifs c'_1, c'_2, \dots , et le ressort a'_1, a'_2 ou a'_3 ; celui de la pile P' le sera également, et le téléphone de l'opérateur produira un toc à chaque contact de la fiche f et du ressort a'_4 .

Cette opération qui consiste à *éprouver la ligne* permet d'établir sûrement les communications entre deux abonnés et de les renseigner dans le cas où elles ne pourraient être données immédiatement.

4° *Les deux abonnés sont en communication.* — Après avoir reconnu la ligne, le téléphoniste place la fiche f dans le jack correspondant à l'abonné B, et l'appelle en appuyant sur le

bouton b ; puis, il laisse les fiches f, f' dans les jacks a_4, b_4, c_4 , et a'_4, b'_4, c'_4 .

L'abonné B, qui doit répondre aussitôt, se trouve en relation avec A.

Il est indispensable que le poste central soit prévenu dès que la conversation entre A et B est terminée. A cet effet le téléphoniste laisse la clé C ouverte, et l'annonciateur de fin de conversation R se trouve en dérivation sur le circuit AB. Il suffira donc à l'un des abonnés, lorsqu'il aura terminé, d'appuyer sur la clé d'appel, après avoir accroché son téléphone au levier. Le courant, arrivant par f ou f' , agit sur l'annonciateur R, et la chute du clapet prévient le téléphoniste qu'il doit rétablir les lignes en leur état primitif. Pour cela, il retire les fiches des jacks.

POSTE D'OPÉRATEUR. — Chaque section, desservie par un ou deux téléphonistes, dispose de trois postes d'opérateur comprenant un transmetteur et un récepteur. Les modèles diffèrent, et tous peuvent être utilisés avantageusement.

Nous nous contenterons de donner la description de ceux qui sont le plus fréquemment employés.

Dans l'un de ces modèles le microphone est suspendu à deux cordons souples, glissant sur des poulies. Il est amené à la hauteur de la bouche du téléphoniste à l'aide de contre-poids qui lui font conserver une position fixe.

Le téléphone est maintenu à l'oreille par un ressort emboîtant bien la tête. Un tampon rembourré le termine et bouche suffisamment l'autre oreille de l'opérateur.

Un fil d'essai de pile aboutit au fil d'entrée de la bobine, ce qui porte à trois les conducteurs reliés au téléphone. Ceux-ci sont réunis à une fiche à trois lames qui, s'introduisant dans une mâchoire à trois contacts, enchâssée sur la tablette, permet de relier le téléphone au circuit par une seule manœuvre.

L'appareil d'opérateur de la Société des Téléphones est formé d'un microphone à contacts pulvérulents et d'un téléphone réunis par une traverse formant poignée.

Cet appareil, que nous avons décrit plus haut, porte un cordon souple terminé par quatre lames auxquelles communiquent respectivement les fils du téléphone et du micro-

phone. Ces ressorts, une fois enfoncés dans une mâchoire à quatre contacts, isolés les uns des autres, permettent de mettre immédiatement le poste de l'opérateur dans le circuit.

Les figures 194 et 195 montrent de quelle façon cette com-

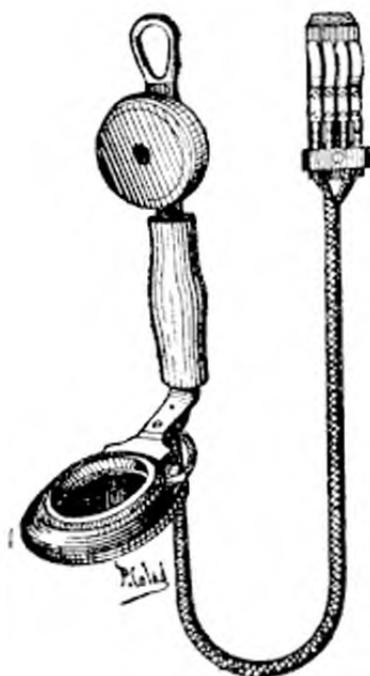


Fig. 194.

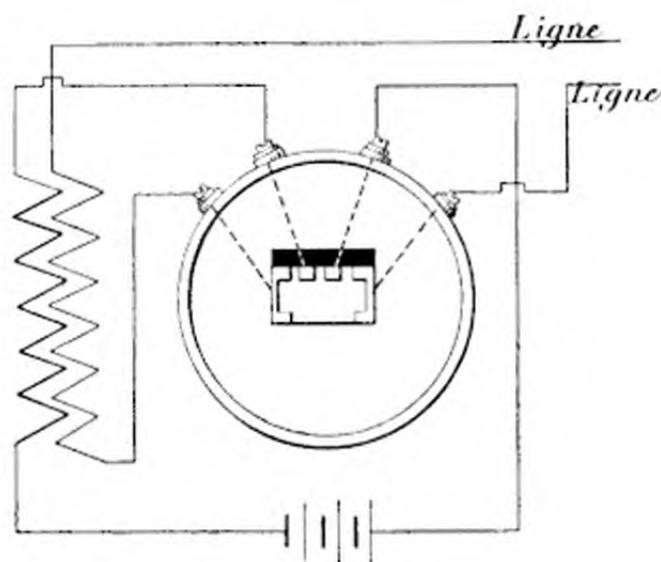


Fig. 195.

munication s'établit, en sachant que les ressorts extrêmes du cordon sont reliés au téléphone, et ceux du milieu au microphone.

MONTAGE D'UN POSTE CENTRAL MULTIPLE A CIRCUIT BIFILAIRE. — Le montage d'un poste multiple, à circuit bifilaire, est identique pour les sections à celui des postes à circuit unilaire, avec cette différence que les massifs des jacks sont reliés au deuxième fil (fil de retour), au lieu de l'être à la terre (fig. 196).

L'installation du poste d'opérateur subit, par contre, des modifications dont les principales consistent dans le système de clés d'appel et d'écoute et par un arrangement du circuit induit que l'on a dû changer pour remédier aux phénomènes de l'induction.

Dans ce but le circuit induit de la bobine et le téléphone sont à double enroulement, afin que les appareils du poste

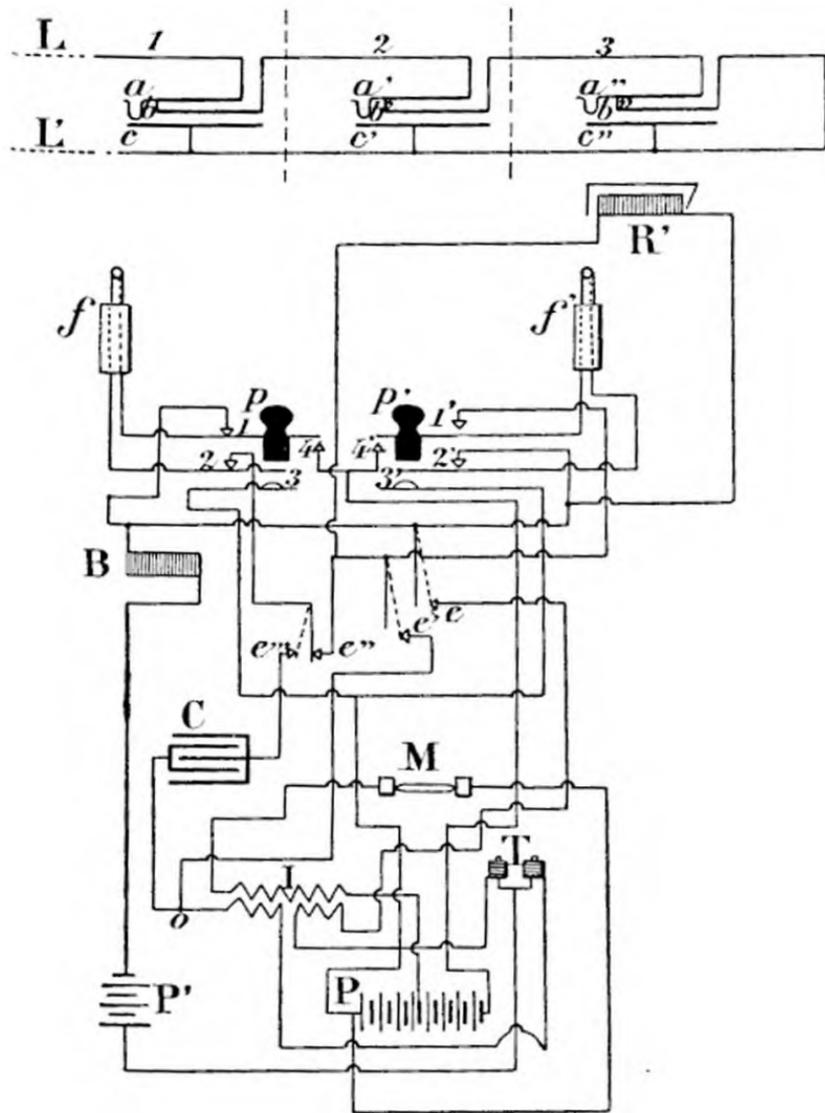


FIG. 196.

présentent le même état par rapport au circuit total des con-

ducteurs. On évite ainsi, en partie, le bruit de *friture*, nom sous lequel on désigne l'action inductrice en téléphonie.

La manœuvre à exécuter par les téléphonistes reste semblablement la même que celle indiquée ci-dessus.

Quand un abonné appelle, le téléphoniste met la fiche à deux fils f' dans le trou du jack local 3, par exemple, et répond en appuyant sur la poignée p' . Le courant partant de la pile P suit le chemin $f'p'$, l'un des fils de la fiche f' , le ressort a'' , la ligne, la sonnerie de l'abonné, et revient au pôle négatif de la pile P par le fil de retour L' , le massif e'' du jack, le deuxième fil de la fiche et les ressorts 2' et 3'.

Ceci fait, le téléphoniste ouvre la clé d'écoute dont les trois branches viennent buter contre les enclumes e, e', e'' ; le circuit du poste central est fermé à travers le microphone de l'abonné. Celui-ci ayant demandé la communication avec un abonné, le téléphoniste essaie la ligne comme il a été indiqué.

En raison du dispositif spécial adopté pour empêcher une dérivation du courant, nous allons indiquer sa marche à travers les différents appareils.

1° *La ligne n'est pas occupée.* — Si la ligne essayée n'est pas occupée, aucun circuit local n'est fermé, le téléphone reste silencieux, et la communication entre les abonnés peut s'établir.

2° *La ligne est occupée.* — Si la ligne est occupée, la fiche f' , placée dans l'ouverture du jack, ferme le circuit de la pile P dans lequel est compris le téléphone T.

La marche du courant est la suivante :

Pile P', bobine retardatrice B, contact 2', premier fil de la fiche f' , ressort a'' du jack local, ligne L, appareils de l'abonné, ligne L' , ressort e'' du jack, deuxième fil de la fiche, plot 1', clé, plot e' , fil induit de la bobine d'induction I, téléphone T et pôle négatif de la pile P'.

Comme on le voit, le condensateur C empêche le courant en arrivant au point de bifurcation o de se diriger vers e'' , plot 2 et la fiche f' , placée dans le jack du premier abonné.

La bobine retardatrice B, dont la résistance est de 600 ω , a pour fonction, en augmentant la résistance, d'atténuer e

bruit désagréable que le téléphoniste perçoit à chaque essai de ligne.

La figure 197 montre la position de la fiche pendant l'essai

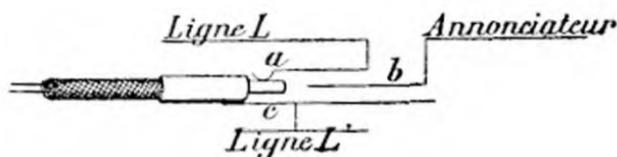


FIG. 197.

de la ligne. Les fils sont soudés aux deux pièces concentriques isolées : l'une, par le ressort *a*, est reliée à la ligne *L* ; l'autre, par *c*, à la ligne *L'*.

Poste central système Mandroux. — M. Mandroux a imaginé, il y a quelques années, un poste central à vingt, quarante ou soixante directions, employé avantageusement par l'Administration des Postes et des Télégraphes.

La partie originale de ce système consiste en un clavier qui permet de mettre en dérivation l'appareil de l'opérateur sur une ligne quelconque en appuyant simplement sur une touche. De plus, les touches sont solidaires les unes des autres.

La figure 198 est un diagramme des communications du tableau Mandroux montrant le fonctionnement de l'une des touches du clavier.

Si l'on appuie sur la touche *C*, les ressorts *H* et *N*, poussés vers la droite, se trouvent en contact avec deux plots qui communiquent avec les deux lignes *S*. A ce moment le téléphone *A* de l'opérateur est en dérivation et, par suite, ce dernier peut prendre les ordres de l'abonné qui vient d'appeler.

Le nombre de touches du clavier étant égal à celui des lignes, l'opérateur peut se mettre rapidement en relation avec chaque abonné et, quand il abaisse une deuxième touche, il fait relever la première et coupe ainsi la communication précédemment établie.

La manœuvre, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte, se fait très rapidement grâce à ce clavier.

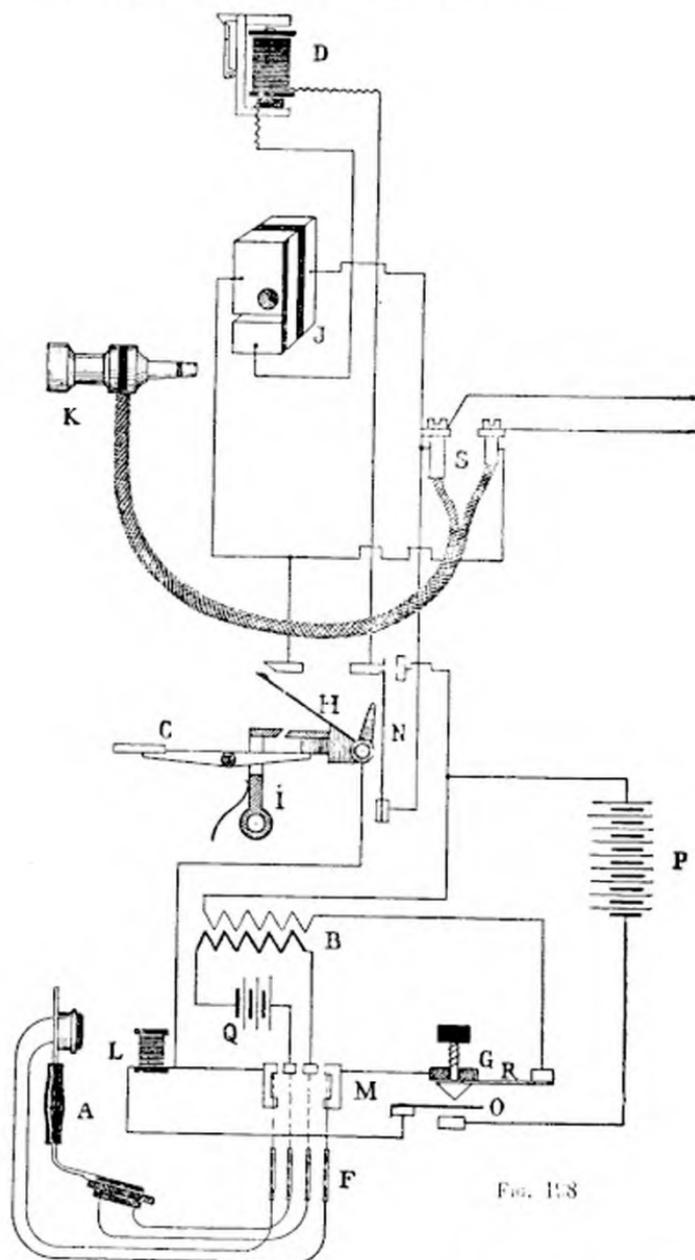


FIG. 138

La figure 199 représente un poste Mandroux à soixante directions.

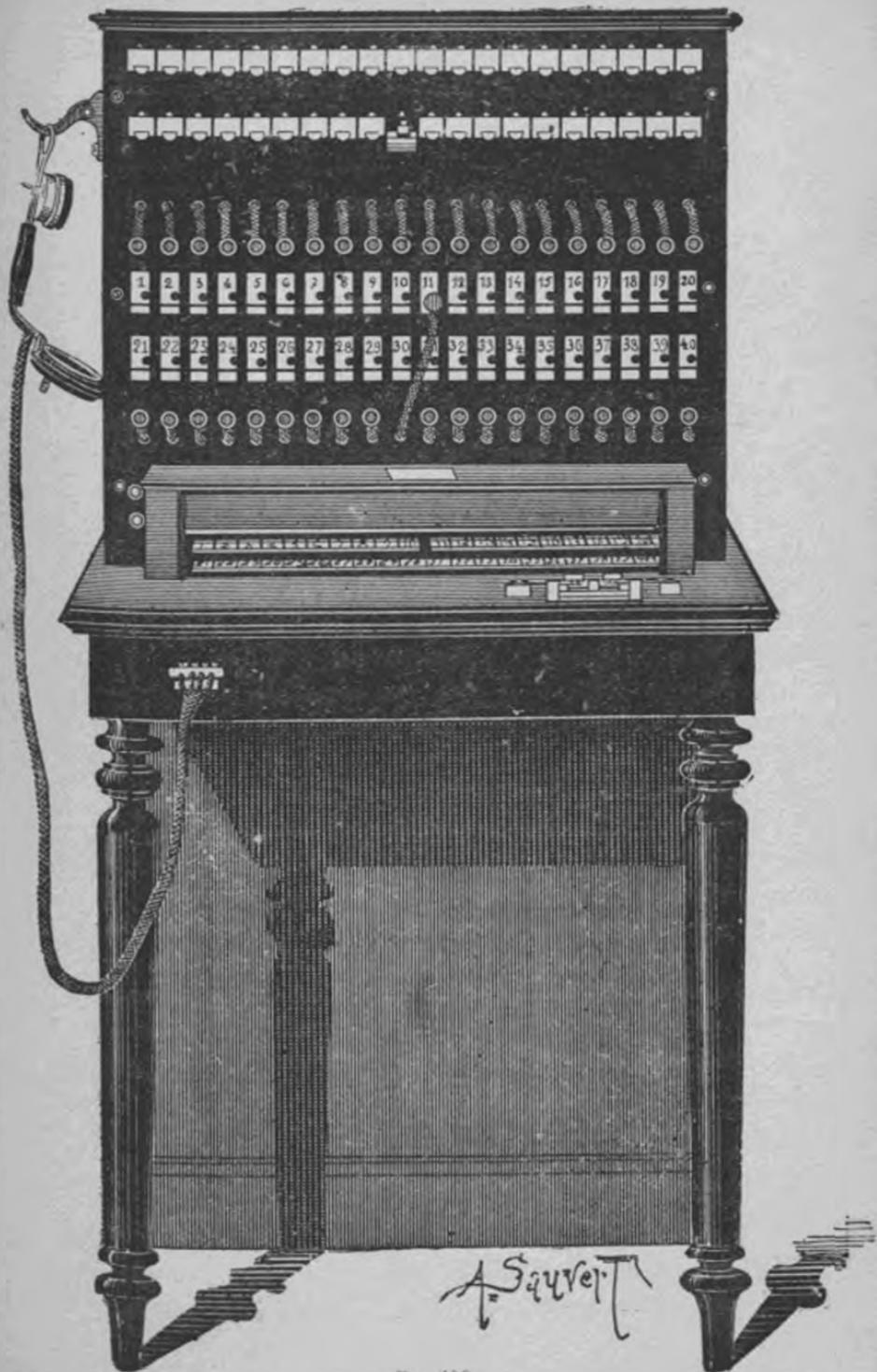


FIG. 199.

CHAPITRE XXI

DÉRANGEMENTS

Les transmissions téléphoniques ne se produisent dans un circuit que lorsque toutes les parties concourant à la mise en œuvre du système remplissent certaines conditions indispensables ou sont douées de certaines qualités. Chaque fois qu'une ou plusieurs d'entre elles sont altérées ou anéanties, les transmissions sont alors ralenties ou empêchées selon la gravité du dérangement, c'est-à-dire suivant que ces qualités sont plus ou moins dénaturées.

Les essais et vérifications des divers organes qui composent un poste téléphonique avec pile doivent pouvoir être faits très rapidement, dès qu'un dérangement est occasionné par l'une des causes signalées dans le chapitre xvi.

La remarque faite que les communications se partagent en trois circuits distincts rend faciles les opérations à effectuer pour la vérification des postes.

Nous allons les passer en revue :

Non-réponse du correspondant. — La non-réponse du correspondant peut provenir d'un mauvais état de la pile, d'une solution de continuité dans le circuit ou d'une perte à la terre.

ISOLEMENT. — VÉRIFICATION DE LA PILE

Vérification du circuit de la sonnerie. — La partie du circuit à vérifier comprend (*fig.* 200) la borne L, le massif du

levier o , le bloc s , la clé d'appel A , la sonnerie jusqu'au pôle négatif de la pile.

La vérification se fait en reliant par un fil d'essai le bloc e à la borne L . Si la sonnerie fonctionne, le poste est bon, et le dérangement existe sur la ligne ou chez le correspondant. En effet, le courant part du pôle positif de la pile P , arrive à

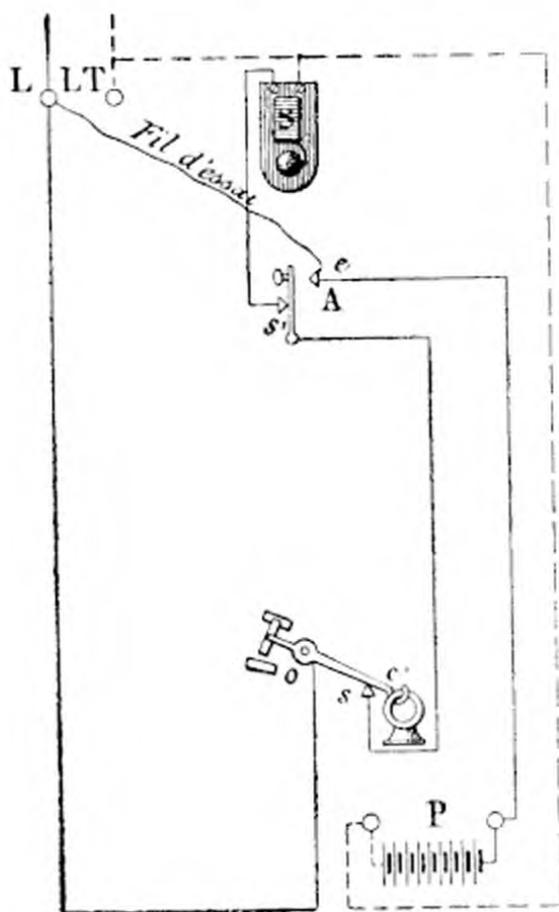


Fig. 200.

la borne L et suit le chemin o , e , s , s' , la sonnerie et le pôle négatif. Dans le cas contraire, le dérangement se trouve dans le poste. Pour le circonscrire, on vérifie d'abord la pile, en reliant les deux pôles à un galvanomètre ou un appareil; puis, on promène successivement l'extrémité du fil d'essai sur toutes les parties du circuit jusqu'au fil d'entrée de la sonnerie. Le dérangement se trouvera entre le dernier endroit tou-

ché qui n'a pas fait fonctionner l'appareil et le premier point à partir duquel il est actionné.

La partie du circuit comprise entre le fil de sortie de la sonnerie et la borne LT se vérifie en reliant le pôle négatif de la pile P à la borne L et le positif à LT. Le courant dans sa marche parcourt la section que l'on suppose défectueuse.

Dans les expériences indiquées ci-dessus, toutes les communications d'un poste téléphonique sont vérifiées, sauf la terre. Pour s'assurer de sa bonne conductibilité, on détache le fil du pôle négatif, que l'on relie à une deuxième terre distante de la première de 15 à 20 mètres environ ; puis il est procédé aux mêmes essais que pour l'isolement. Si l'expérience ne donne aucun résultat et que la sonnerie fonctionnait précédemment, la terre est mauvaise.

Vérification des circuits inducteur et induit. — Après avoir décroché le téléphone suspendu au levier automatique et l'avoir porté à l'oreille, on frappe de légers coups ou, mieux, on place une montre sur la planchette du microphone; les téléphones doivent rendre un son; sinon il y a un dérangement soit dans le circuit inducteur, soit dans le circuit induit. Il importe donc de les vérifier séparément.

Circuit inducteur. — Pour s'assurer que le circuit inducteur n'est pas ouvert, on détache le fil du pôle positif de la pile P et on y substitue le fil d'essai F au milieu duquel est intercalé un téléphone, une sonnerie ou un galvanomètre; puis, on décroche le téléphone pour relier les plaques p, p' , et on touche (*fig.* 201) toutes les parties du circuit jusqu'au prisme de charbon m . Si, par exemple, l'aiguille du galvanomètre est restée immobile lorsque le fil F a touché le point A et qu'au contraire elle dévie quand le fil d'essai se trouve en B, le dérangement est circonscrit, et l'isolement provient d'un défaut de contact du frotteur contre les plaques pp' .

La portion du circuit comprise entre le prisme de charbon m' et le pôle négatif se vérifie de la même façon.

Circuit induit. — La vérification du circuit induit se fait en intercalant entre les bornes L et LT (*fig.* 202) une pile P et un galvanomètre G. Cette fermeture du circuit doit faire dévier l'aiguille du galvanomètre. Sinon, on trouve l'endroit

défectueux en promenant le fil d'essai de la borne L à la borne LT.

On procède aussi à cette vérification sans galvanomètre en touchant avec le fil d'essai les différents points du circuit, après avoir mis un téléphone à l'oreille. Le toc que l'on y perçoit indique le bon état des communications.

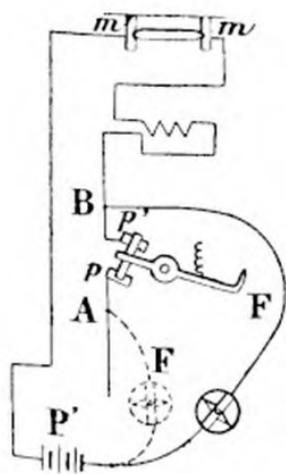


Fig. 201.

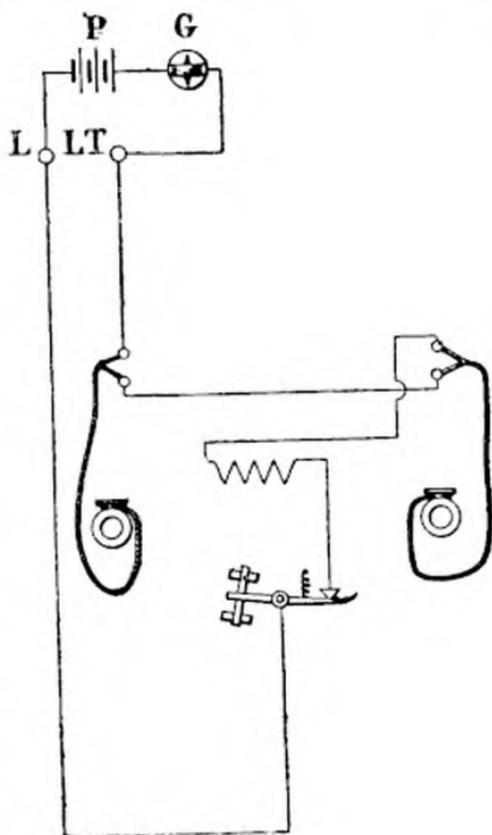


Fig. 202.

Perte à la terre. — La non-réponse du correspondant peut également provenir d'une perte à la terre. Le fil touche, en un point quelconque du circuit, le sol bon conducteur ; ou deux fils du poste, dont l'un est en communication avec la terre et l'autre fait partie du circuit, sont mêlés. Dans les deux cas le courant revient au pôle négatif de la pile sans actionner les appareils du correspondant.

La vérification du poste se fait de la même façon que pour l'isolement, à la condition toutefois de détacher, au préalable, le fil de ligne et d'isoler successivement les appareils. Le

dérangement existera entre le dernier appareil du poste, enlevé du circuit, qui n'a pas actionné le galvanomètre ou le téléphone et le premier à partir duquel il fonctionne.

Il convient de faire remarquer que les branches des paratonnerres peuvent être reliées entre elles à la suite d'une forte décharge atmosphérique. Cet accident amène uniformément une perte à la terre.

RECHERCHE DES DÉRANGEMENTS DANS LES CABLES

Isolement. — Perte à la terre. — La recherche des dérangements dans un câble, qui nécessite, en télégraphie, l'emploi d'appareils délicats et de personnes expérimentées, est rendue très simple à l'aide du téléphone.

Le système consiste en un interrupteur comprenant un mécanisme d'horlogerie, dont le dernier mobile (seul visible sur la figure 203) est formé d'une roue métallique contre laquelle vient s'appuyer un ressort relié à l'un des pôles d'une

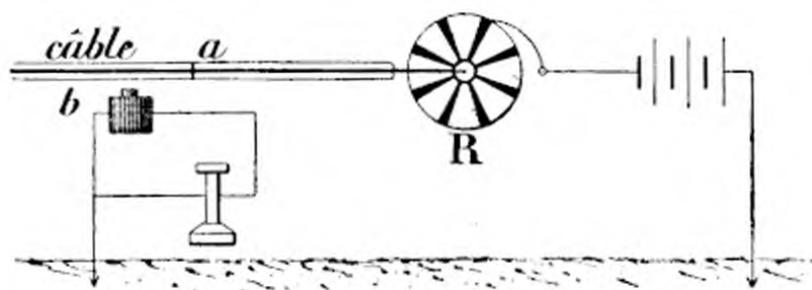


FIG. 203.

pile dont l'autre est à la terre. Cette roue est munie sur son pourtour de plaques en ébonite alternant avec des lames en fer qui se trouvent toutes en communication avec une borne placée au centre et à laquelle on attache le fil à expérimenter.

Lorsqu'un dérangement se produit dans un câble la personne chargée des essais dispose l'appareil comme le montre la figure et met en mouvement la roue R; puis, elle parcourt

la ligne en appliquant de distance en distance contre le câble une bobine d'induction *b*, garnie d'un noyau de fer doux comprenant un téléphone relié à la terre.

Si le dérangement se trouve en *a*, par exemple, on entendra jusqu'à ce point les émissions successives de courant, le circuit se complétant par le conducteur, le diélectrique, l'air, les appareils et la terre; mais, au-delà de ce point *a*, le téléphone ne produira plus aucun son ou, du moins, ce dernier sera très affaibli.

Ce système peut être simplifié en remplaçant le mouvement d'horlogerie par une sonnerie montée en dérivation.

Les expériences qui viennent d'être indiquées et leur mode de procéder s'appliquent aussi bien à la recherche d'un isolement que d'une perte de terre.

Mélanges. — Outre les dérangements caractérisés par un isolement ou une perte à la terre d'un conducteur enfermé dans un câble, il peut arriver également que l'on ait à rechercher l'endroit où plusieurs fils sont mêlés.

Ces recherches, ainsi que celles dont il vient d'être ques-

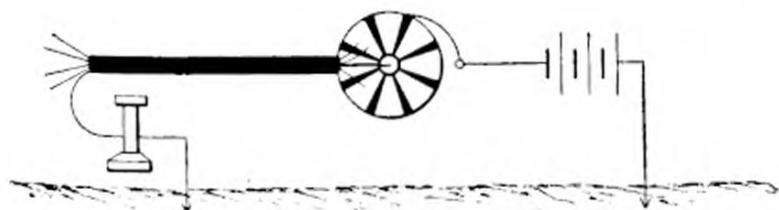


Fig. 204.

sion, sont facilitées en disposant aux différents points de bifurcation des commutateurs qui permettent de couper les fils sans détériorer le câble.

Pour reconnaître l'endroit du dérangement et les fils qui se trouvent accidentellement mêlés, on place au poste de départ l'interrupteur sur l'un des conducteurs mis hors de service et, au point de coupure, on relie les uns après les autres les différents fils du câble au téléphone (*fig. 204*). Chaque son que rendra l'appareil indiquera le nombre des fils mêlés

et, si, au contraire, aucun d'eux, sauf celui sur lequel le courant circule par l'intermédiaire de l'interrupteur, ne fait fonctionner le téléphone, le mélange n'existe pas dans la portion du circuit soumise à l'expérience.

Recherche d'un fil dans un câble. — L'expérience à faire pour la recherche d'un conducteur dans un câble est la même que celle indiquée ci-dessus.

Le fil sera reconnu lorsqu'on percevra dans le téléphone les courants intermittents du vibreur.

CHAPITRE XXII

APPLICATIONS DU MICROPHONE

Emploi du microphone comme thermoscope. — Le microphone constitue un thermoscope très sensible. On prend un tube mince, un tuyau de plume par exemple, que l'on remplit avec quatre ou cinq petits cylindres de charbon de fusain; on relie les extrémités du tube à une pile et à un galvanomètre. La chaleur dilatant l'enveloppe diminue la pression établie entre les cylindres de charbon à leurs points de contact, la résistance du circuit augmente et, par suite, la déviation du galvanomètre diminue. Pour apprécier si la température d'un corps est supérieure ou inférieure à la température ambiante, il suffit donc d'approcher le corps du tube. Dans le premier cas, la déviation diminue; dans le second, elle augmente. L'approche de la main, l'intervention du soleil et de l'ombre produisent dans l'intensité du courant des variations indiquées par le galvanomètre ¹.

Microphone explorateur de MM. Chardin et Berjot. — Cet instrument, destiné à la recherche des calculs pierreux dans la vessie, se compose d'une tige métallique légèrement recourbée par une de ses extrémités et qui est adaptée à un manche à l'intérieur duquel est fixé le microphone. Celui-ci consiste dans une petite bascule de charbon de cornue, maintenue appuyée sur un contact de charbon par un petit ressort à boudin, et qui est reliée, ainsi que ce contact, aux deux fils d'un circuit télégraphique dans lequel est interposée une

¹ *Annales Télégraphiques.*

pile. Quand la pointe de la tige rencontre un corps pierreux, il se produit dans le téléphone un bruit sec et métallique, que l'on distingue très facilement des autres bruits dus au frottement de la tige sur les tissus ¹.

Une application pratique du microphone. — M. P. Seubel a décrit, dans la *Centralblatt für Elektrotechnik*, une application du microphone qu'il a eu l'occasion de faire, en 1878, à Canton, dans l'Ohio.

Il s'agissait de déterminer une fuite considérable dans une conduite d'eau, longue d'environ 5 kilomètres, formée de tuyaux en terre cuite de 70 centimètres de diamètre, et enterrée de 2 mètres.

Comme le sol était formé de gravier, l'eau s'y infiltrait sans parvenir à la surface, ce qui aurait obligé, pour découvrir et réparer cette fuite, de déterrer la conduite de place en place.

Pour éviter ce travail, M. Seubel eut l'idée d'employer le microphone, en supposant qu'il pourrait indiquer le bruit provenant de l'écoulement de l'eau à travers la fuite.

Le tuyau ayant été fermé, et mis sous pression, aucun courant n'aurait eu lieu sans cette fuite, et, par suite, si un bruit particulier devait se produire, c'était au-dessus de la partie endommagée.

La figure 203 montre l'appareil employé, qui comporte une combinaison microtéléphonique ordinaire. R est une caisse en bois ouverte en bas et dont le fond est fermé par une mince plaque de bois. Les tiges de graphite *g, g, g*, reposent dans des petites cavités de la plaque de charbon K; elles sont supportées par la barrette *b* en laiton.

L'auteur commença ses recherches en enterrant la caisse R vers le milieu de la conduite; un bruissement distinct avait lieu dans le téléphone; ce bruit diminuait à mesure qu'on éloignait le microphone dans un sens, le long de la conduite. En se rapprochant dans l'autre sens, de 50 en 50 mètres, le bruit était à peu près le même, mais cessait tout à coup, ce qui prouvait qu'on avait dépassé la partie endommagée.

Il fut possible, de cette manière, de déterminer, à environ

¹ *Comptes Rendus.*

10 mètres près, la place exacte de la fuite, ce que vérifia parfaitement la mise au jour de la conduite, qui montra qu'effectivement elle était fort détériorée en cet endroit.

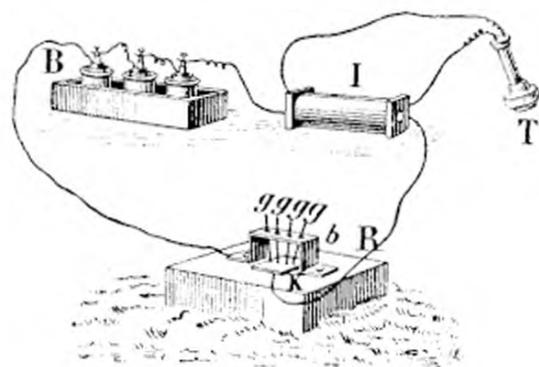


FIG. 205.

Nous ne savons pas si cette méthode sera utilisée dans des cas analogues; mais, en tout cas, cette application spéciale du microphone nous a paru intéressante à signaler.

Application du microphone aux usages militaires. — Plusieurs microphones renfermés dans des caisses et enterrés aux abords d'un fort ou d'une batterie et reliés par une canalisation souterraine au bureau télégraphique permettent d'être avertis en tout temps de l'approche de l'ennemi.

Placés sur différents points sur lesquels on suppose que l'ennemi doit passer, ces appareils indiqueront exactement les bruits de toutes natures. Les pas d'hommes et de chevaux, le roulement des pièces d'artillerie, la parole même, etc., sont nettement perçus, et avec un peu d'habitude il est possible d'évaluer approximativement l'effectif de la troupe qui s'approche.

Par un temps de brouillard, de pluie, ou pendant la nuit, ce dispositif rend toute attaque brusque, toute surprise impossibles.

Un appareil destiné à cet effet a été imaginé par M. Draw-

baugh. Il se compose (fig. 206) de trois contacts en charbon F, G, E, renfermés dans une gaine d'ébonite D. Le tout est logé à l'intérieur d'un tube A terminé par un pas de vis B.

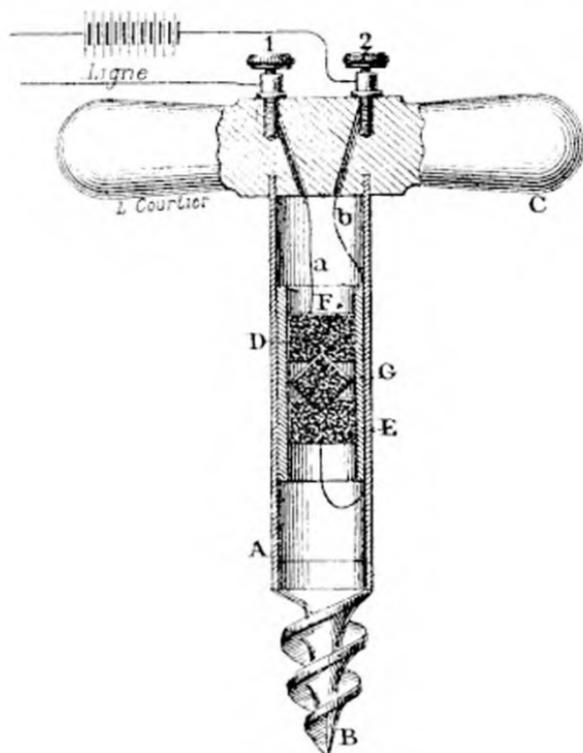


Fig. 206.

Les charbons F et E sont reliés respectivement aux bornes 1 et 2 par l'intermédiaire des fils *a* et *b*. Une poignée C permet d'enfourer rapidement l'appareil.

Ce microphone, qui se recommande par son ingéniosité, sa solidité et son utilité, ne semble pas avoir été jusqu'ici employé pour les usages militaires.

Applications du microphone à la médecine. — L'application du téléphone à l'*auscultation des vaisseaux sanguins* est remarquable par la netteté des indications. Les premiers appareils combinés dans ce but par les professeurs Stein, Spillmann et Dumont transformaient en son, à l'aide d'interrup-

leurs, les battements du pouls : mais ils ne permettaient pas de reproduire les vibrations dues au frottement du sang sur les parois des artères. Le téléphone permet, non seulement d'ausculter les pulsations d'un vaisseau, mais encore d'en percevoir tous les bruits intérieurs. Avec un peu d'habitude, on peut distinguer les différences de rythme, les bruits du souffle, etc., et le diabolisme normal est perceptible. Sur une artère, la carotide, par exemple, on entend distinctement le *galop* du sang, et les plus petites variations dans le régime sont nettement accusées.

L'appareil est construit de la façon suivante (*fig. 207*) : le système microphonique, formé par deux charbons *cc'* mobiles, avec ressort en papier et vis de réglage *M*, est porté sur une membrane *T* bien tendue recouvrant un petit tambour dont l'intérieur est relié par un tube de caoutchouc à un entonnoir explorateur *B*. Ce petit cornet s'applique sur la partie à ausculter, et les vibrations recueillies sont transmises par

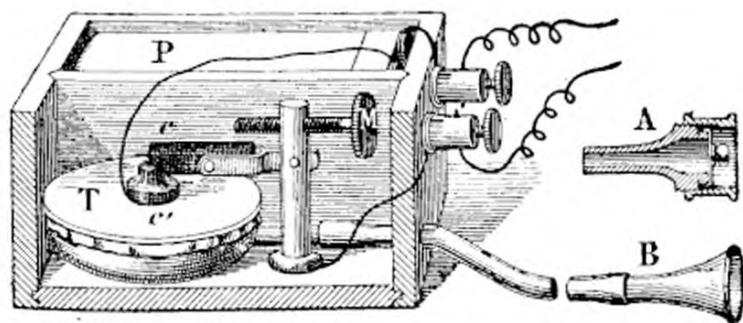


FIG. 207.

l'air du tube de caoutchouc à la membrane du tambour qui, à l'aide d'un microphone et d'un téléphone récepteur, les amplifie et les transforme en vibrations sonores que l'on peut percevoir très aisément. Une pile *P* au chlorure d'argent suffit pour le fonctionnement du microphone, ce qui permet d'en faire un appareil transportable très pratique.

On évite ainsi toute pression sur l'organe à ausculter, et l'emploi de cet appareil est commode pour l'étude des anévrysmes des petites artères et des tumeurs vasculaires. Grâce

à sa sensibilité, il permet de reculer les limites de l'auscultation ordinaire, et de rétablir l'origine exacte des bruits veineux, pulmonaires ou même musculaires, en le modifiant dans sa forme suivant les applications.

On constate, par exemple, qu'à l'état de repos le muscle produit un bruit continu d'une tonalité assez basse qui varie avec le degré de contraction. Cette tonalité peut s'élever d'une quinte suivant les circonstances. Si par des excitations électriques on provoque des contractions, la tonalité du bruit musculaire correspond au nombre des excitations, et son intensité varie avec celle du courant. Si l'on examine un muscle paralysé, l'affaiblissement du bruit est en rapport avec son degré d'inertie : et lorsque la paralysie est complète on ne perçoit plus que des sons bien différents des roulements caractéristiques du tonus musculaire. C'est un excellent moyen de constater si les muscles sont sensibles à l'action d'un courant électrique, car une contraction se révèle par le bruit perçu dans le téléphone, alors que la vue est complètement insuffisante pour l'apprécier.

Une expérience intéressante montre l'extrême sensibilité d'un microphone convenablement disposé. On enlève le cœur d'une grenouille, et si on le met en relation avec un explorateur microphonique, on perçoit distinctement les bruits qui accompagnent les mouvements de systole et de diastole et même les frottements du sang contre les parois de l'organe, ainsi que les bruits de contraction musculaire. Le cœur de cet animal continue à battre quelques heures après la mort ; c'est un fait que l'on observe chez la plupart des animaux à sang froid.

Le Dr Boudet de Paris a également construit un appareil permettant de transmettre les vibrations sonores aux dents des sourds-muets ; de là, on sait qu'elles se communiquent au nerf auditif par l'intermédiaire des os de la tête. Le but est identique à celui de l'*audiphone*, connu depuis longtemps déjà, mais les résultats obtenus jusqu'ici ont été incomplets.

L'application du téléphone a, dans cet ordre d'idées, donné lieu à des phénomènes remarquables. Sur la plaque vibrante d'un téléphone ordinaire, on soude, par l'une de ses extrémités, une tige métallique d'une dizaine de centimètres de

longueur ; à l'autre extrémité on fixe un bouton d'ivoire que la personne mise en expérience tient entre les dents. Dès que la plaque du téléphone vibre sous l'influence d'un courant, cette vibration se transmet mécaniquement par la tige en métal aux dents du sujet, et de là au nerf auditif.

Si l'on veut transmettre les notes produites par un instrument, on emploie comme transmetteur le condensateur de M. Pollard, par exemple, et, s'il s'agit de la parole articulée, on se sert du microphone.

Le Dr Boudet a pu « faire entendre un air de musique à un « sourd-muet dont l'appareil auditif très rudimentaire n'avait « jamais éprouvé aucune vibration ; l'effet qui résulta de « cette sensation si nouvelle pour lui fut tel que l'on put « craindre un moment pour sa raison ». La parole peut se transmettre de la même façon.

Ces applications sont appelées à rendre de grands services pour l'éducation des sourds-muets.

Le Dr Boudet de Paris a utilisé le téléphone comme instrument de mesure pour évaluer en quantités connues et mathématiques les excitabilités nerveuse et musculaire aux diverses phases d'une maladie, et suppléer ainsi à l'insuffisance des diagnostics ordinaires. Un seul exemple fera saisir la valeur de cette application. Un malade se plaignant d'une diminution d'ouïe va consulter un spécialiste : celui-ci constate une perte plus ou moins complète de l'acuité auditive en plaçant sa montre à une certaine distance des oreilles du sujet ; il arrive même par ce moyen à reconnaître qu'une oreille est plus faible que l'autre, étant données les distances relatives auxquelles le tic-tac est perçu. Ce moyen très simple est très imparfait ; toutes les montres n'ont pas le même tic-tac, et si l'on fait un peu de bruit dans la rue, la mensuration devient impossible ou incertaine et l'on ne peut pas suivre exactement la marche de la maladie. L'électricité, au contraire, fournit un moyen précis permettant de mesurer mathématiquement le degré de l'affection, à l'aide d'un étalon de comparaison admis partout : l'ohm.

L'appareil est formé de trois fils de cuivre de même diamètre et de même longueur, enroulés sur une petite bobine de quelques millimètres de hauteur. Deux de ces fils BB' font

l'office d'un inducteur différentiel ; l'autre, ou l'induit C, a ses extrémités reliées à un téléphone. Les deux fils inducteurs sont traversés en sens contraire par le courant, de sorte que, si l'intensité est la même dans les deux, l'induction sera nulle sur le troisième. On a, de plus, intercalé dans l'une des branches un rhéostat étalonné r de 1 à 40.000 ohms, et le courant de pile P qu'on lance dans l'appareil traverse un vibreur spécial, microphone M, ou diapason interrupteur. Lorsque l'on met ce diapason en marche, le courant traverse les deux fils inducteurs en sens contraire ; s'ils ont exactement la même résistance, le téléphone ne produit aucun son ; mais, si l'on ajoute quelques ohms dans le circuit étalonné, l'une des branches étant plus résistante que l'autre, les courants ne sont plus égaux, le téléphone vibre à l'émission du diapason, et l'intensité du son produit est variable avec la résistance ajoutée (fig. 208).

Le fonctionnement de l'appareil est simple ; à l'état normal, avec une addition de 1 ohm environ, une oreille saine doit

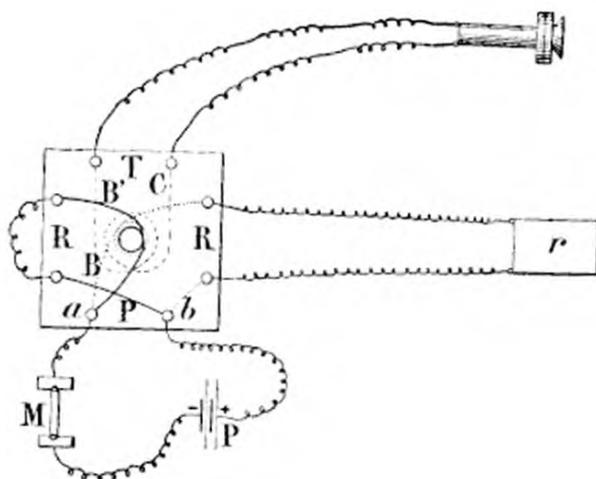


Fig. 208.

entendre le diapason. Si chez un malade il faut intercaler 100 ohms pour qu'il perçoive le son, on dira que son oreille est 99 fois plus faible que la normale. On peut même évaluer en fraction de kilogrammètres l'énergie du courant induit,

par suite le degré de sensibilité de l'organe soumis à cette excitation.

Voici un autre exemple : On prépare le muscle jambier d'une grenouille, le nerf crural reposant sur les branches d'un excitateur ; si l'on met les extrémités du *troisième* fil de la bobine précédente en communication avec l'excitateur, et que l'on fasse vibrer le diapason, pour que le muscle entre en mouvement, par conséquent que son nerf moteur soit excité, il faut déboucher 32 ohms, l'excitabilité minima correspond à 32 unités ; si l'on fait croître la résistance, l'amplitude du mouvement augmente jusqu'à un maximum qu'elle ne dépasse pas.

Si l'on ajoute une goutte de solution de strychnine sur la peau de la grenouille, au bout de quelques instants il suffira d'une résistance de 10 ohms pour que le muscle entre en mouvement ; l'excitabilité du nerf a augmenté de 22 unités.

Dans le traitement des paralysies, cet appareil permet de constater l'efficacité du traitement par la mesure exacte de la contractilité musculaire, et de mesurer l'énergie nécessaire pour obtenir un effet déterminé.

Si, pendant que l'on excite le muscle, on fait tourner un cylindre d'un mouvement uniforme devant un stylet relié à l'organe en expérience, sa pointe trace sur cette surface mobile une courbe dont la forme permet d'étudier les différentes phases de l'excitation.

L'examen des contractions musculaires produites par le passage d'un courant a conduit à des résultats surprenants au point de vue des recherches médico-légales.

Dans les cas d'empoisonnement, il arrive très souvent que la chimie ne peut pas découvrir les traces du poison, principalement lorsqu'il s'agit d'alcaloïdes. Dans ce cas, on a recours à l'expérimentation physiologique : des parcelles du cadavre sont mises à macérer, et l'on injecte quelques gouttes de ce liquide sous la peau d'un animal ; si au bout d'un certain temps il présente des symptômes d'empoisonnement, symptômes qui sont presque toujours les mêmes pour un poison donné, on en déduit que l'animal est empoisonné, mais il n'est pas toujours possible de reconnaître la nature du poison, et souvent même on ne peut savoir si l'intoxi-

cation n'est pas due aux *ptomaines*, alcaloïdes qui se forment spontanément dans le cadavre. L'électricité peut encore venir en aide dans cette circonstance.

Si l'on empoisonne des grenouilles, des cobayes, et même des animaux de plus forte taille, avec des alcaloïdes végétaux : strychnine, morphine, nicotine, etc., et que l'on excite électriquement les muscles et les nerfs de ces animaux, la courbe de contraction affecte des formes particulières et bien déterminées dans chaque cas.

Ainsi certains poisons donnent une courbe présentant toujours un ressaut, c'est-à-dire qu'il y a toujours en des points différents, assez voisins, deux tangentes parallèles à l'axe des abscisses. D'autres modifient simplement l'excitabilité du nerf et du muscle, sans altérer la forme de la courbe. Pour que les résultats soient comparables, il faut que les excitations aient une valeur bien déterminée, afin que les expertises soient concluantes.

A l'aide de graphiques établis expérimentalement, en indiquant l'énergie électrique qui a servi à les obtenir, la dose de poison injectée et sa nature, etc., on forme des tables de moyennes, auxquelles on comparera les tracés obtenus dans une expertise. On a ce grand avantage qu'il est possible de tenir un compte exact de la valeur qu'il convient d'attribuer aux *ptomaines*, ce qui n'avait pu être fait jusqu'à ce jour.

Les tracés que nous reproduisons (*fig.* 209 à 211) indiquent

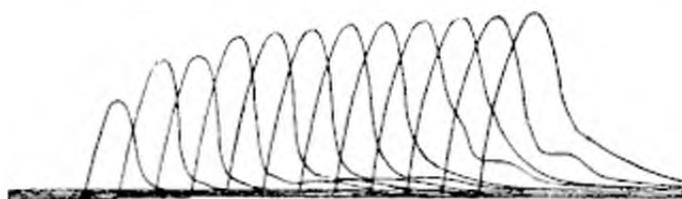


Fig. 209.

les quatre phases successives de l'intoxication strychnique chez la grenouille.

La première série (*fig.* 209) a été prise cinq minutes après l'injection du poison sous la peau et les trois autres à cinq minutes d'intervalle. Chacune d'elles a été obtenue par douze décharges, lancées à dix secondes l'une de l'autre, à l'aide

d'un condensateur de 0,56 microfarad, chargé successivement avec 1, puis 2, puis 3, etc., jusqu'à 12 éléments au bioxyde de manganèse et chlorure de zinc, la force électromotrice de chacun d'eux étant 1,35 volt.

On voit que sur la première série de courbes le muscle reprend rapidement sa forme primitive et que, à la douzième excitation, il n'y revient que beaucoup plus lentement. Dans les excitations suivantes, il obéit de moins en moins aux décharges électriques.

L'emploi des condensateurs comme source d'électricité fournit un moyen d'obtenir des excitations d'une valeur constante et surtout facilement mesurables. Ils sont formés de

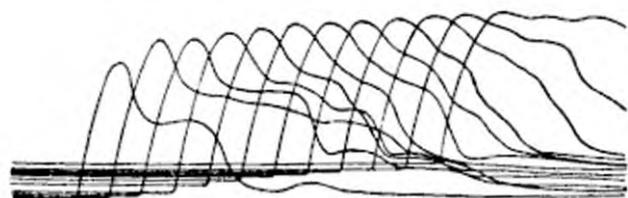


FIG. 210.

feuilles d'étain séparées les unes des autres par du mica ou du papier paraffiné, et on les charge à l'aide d'une batterie composée d'un certain nombre d'éléments, dont la force électromotrice est sensiblement constante, puisqu'ils ne travaillent jamais en circuit fermé ¹.

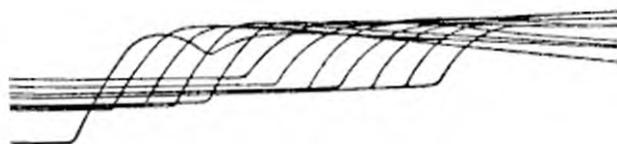


FIG. 211.

Connaissant la capacité C en farads et la force électromotrice E en volts, on peut évaluer en milligrammètres l'énergie

¹ Le farad est l'unité pratique de capacité. Comme le farad est une quantité trop grande pour les besoins de la pratique, on ne fait usage que du microfarad, soit $\frac{1}{1.000.000}$ de farad.

de décharge au moyen de la formule :

$$W = \frac{1}{2} E^2 C.$$

Enfin, la décharge du condensateur est d'une très grande utilité dans les applications thérapeutiques ; elle permet, comme nous l'avons dit, d'obtenir des excitations d'une valeur déterminée et de diriger le traitement d'une façon parfaitement méthodique en dosant le courant suivant les résultats de l'électrisation. Ainsi, dans certains cas, les courants de la bobine d'induction sont sans effet, bien que la douleur

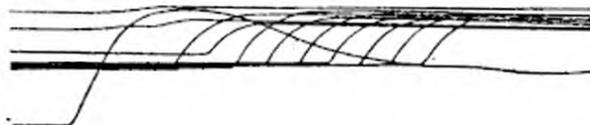


Fig. 212.

causée soit très grande ; il semble que ces courants ayant trop de tension donnent dans les tissus des chocs trop brusques qui, fréquemment répétés peuvent, amener l'épuisement musculaire. Une décharge bien appropriée du condensateur donne alors de bons résultats.

Pour régler la durée et l'intervalle des excitations, on peut avoir recours à une simple clef Morse ou à un vibreur automatique à électro-aimant, dont on règle le nombre d'oscillations par seconde.

On peut employer directement un courant de pile lorsque le maximum d'excitation de l'organe est obtenu à l'aide des courants galvaniques. C'est ce qui a lieu en particulier pour les muscles lisses de l'intestin.

Pour combattre l'occlusion intestinale, ou *coliques de miserece*, le Dr Boudet s'est servi d'un excitateur intestinal, permettant de soumettre l'intestin à des courants très intenses, sans cependant désorganiser les tissus. A cet effet, il emploie une sonde en gomme, pourvue d'un manchon métallique creux relié à la canule d'un irrigateur rempli d'eau salée ; le mandrin, mis en communication avec le pôle d'une pile, sert de conducteur au courant et le transmet à

l'eau salée qui baigne les parois de l'intestin sur une grande surface; l'autre pôle de la pile est mis en rapport avec les reins ou l'abdomen, selon le cas, à l'aide d'une large plaque recouverte de peau de chamois mouillée. Le courant se ferme sur un circuit d'une très grande section et ne peut occasionner aucune désorganisation par excès d'intensité en un point quelconque de l'intestin. Sur 46 cas soumis à l'expérience, 33 fois l'occlusion a été vaincue. C'est donc un moyen pratique de combattre cette terrible affection.

Dans le cas que nous venons d'examiner, le courant est réparti sur une très large surface. Dans d'autres circonstances, par exemple lorsqu'on opère aux environs du cerveau, toute dérivation peut avoir une influence nuisible; pour les éviter, on fait usage d'excitateurs concentriques (fig. 213) dont la forme peut varier à l'infini avec les effets à

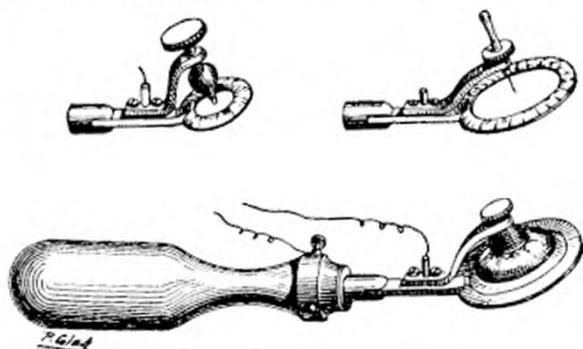


Fig. 213.

obtenir et la partie du corps sur laquelle ils doivent être appliqués.

Cet aperçu prouve que l'électricité est un agent thérapeutique du plus haut intérêt, qui se trace peu à peu un chemin bien net en dehors de toutes les habitudes de la routine et profite de toutes les découvertes scientifiques ¹.

Microphone utilisé pour l'étude des mouvements du sol. — En Italie, M. Mugna a appliqué le microphone à l'étude des mouvements du sol; au fond d'un puits, un petit poids sus-

¹ Génie civil.

pendu à un long fil de cuivre, comme une sorte de pendule, vient buter légèrement contre un fragment de charbon; l'ensemble est parcouru par un courant dont un téléphone accuse les variations. On entend ainsi les moindres secousses, même lointaines, et on peut espérer de la sorte prévoir quelque temps à l'avance les tremblements de terre.

M. Mugna a donné à son appareil le nom de microphone sismique.

Correction des horloges au moyen du microphone. — Un chronomètre de Marine est placé dans une armoire parallépipédique de 0^m,21 de largeur, 0^m,31 de profondeur et 0^m,28 de hauteur, fixée à l'un des murs de l'observatoire magnétique. Le couvercle et deux faces opposées du parallépipède sont formés par des glaces qui donnent une bonne résonance. Le microphone se trouve contre la porte qui fait face au mur et permet de percevoir les battements du chronomètre plus distinctement encore que si on l'appuyait contre l'oreille. Le chronomètre bat la demi-seconde et est réglé d'après le temps moyen, tandis que l'horloge bat la seconde et indique l'heure astronomique. L'intervalle qui, par suite, sépare deux coïncidences est de trois minutes deux secondes et demie de temps moyen ou trois secondes de temps astronomique. L'observateur perçoit, au travers du couvercle, l'heure indiquée par le cadran, les battements du chronomètre et de l'horloge astronomique. La correction se fait donc en se basant sur l'intervalle existant entre deux coïncidences.

Des expériences assidues et quotidiennes ont montré que les irrégularités du chronomètre sont beaucoup plus importantes que les erreurs probables causées par le retard dû à la transmission téléphonique.

Cette application du microphone à la correction des horloges et des chronomètres est susceptible de rendre des services à la Marine et aux observatoires astronomiques ⁴.

Transmission téléphonique sans appareil récepteur. — En constituant un circuit semblable à la figure 214, il est pos-

⁴ *Génie civil.*

sible de faire entendre à quelque distance, sans téléphone, la voix d'une personne parlant ou chantant devant un microphone M.

Cette expérience intéressante, due à M. Giltay, consiste à

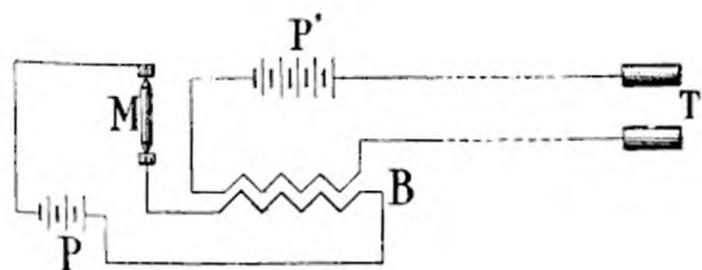


FIG. 214.

faire prendre les poignées T par deux personnes ayant chacune une main gantée que l'on applique sur les oreilles de l'auditeur. On perçoit de la sorte très distinctement la voix ou le chant.

Dans ces conditions les mains gantées des opérateurs et les oreilles de la personne qui écoute constituent les armatures d'un condensateur dans lequel le gant remplit le rôle diélectrique.

A côté des applications que nous avons décrites en raison de leur originalité ou de l'intérêt qu'elles présentent au point de vue scientifique, le microphone et le téléphone combinés se prêtent encore à une foule d'emplois, tels que les auditions théâtrales, les avertisseurs d'incendie, les exploitations minières, etc., etc.

En terminant cette revue des applications du téléphone, nous croyons utile de donner la description des principaux appareils imaginés par M. Hughes pour l'étude des actions moléculaires.

Nul autre appareil que le téléphone ne pouvait être mis à contribution pour révéler et mesurer l'existence d'un change-

ment moléculaire dans un corps quelconque, et connaître les conditions d'état dans lesquelles se trouvent les corps conducteurs.

Audiomètre ou sonomètre. — L'audiomètre est un appareil destiné à mesurer l'intensité d'un son.

Il est formé d'une règle métallique triangulaire sur laquelle sont gravés les sous-multiples du mètre.

Deux bobines A et B sont posées (fig. 215) à chaque extrémité de cette règle; l'une, A, est recouverte d'un grand nombre

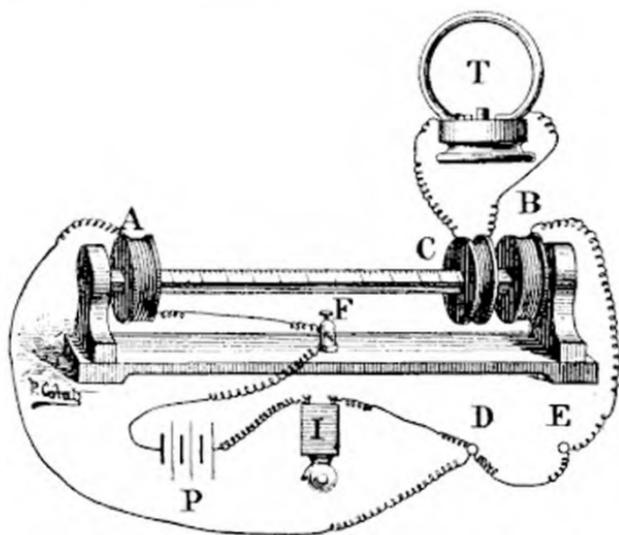


FIG. 215.

de tours de fil fin; l'autre, B, ne contient que quelques tours de fil gros. Une troisième bobine, C, mobile sur la règle, comprend dans son circuit un téléphone T.

Les extrémités des fils des bobines A, B communiquent respectivement aux bornes F et D.

Une pile P, reliée également aux bornes F et D, actionne un interrupteur I. Le sens d'enroulement des bobines A et B est inverse pour que le courant produise des effets opposés. Il en résulte que les champs électriques développés dans chacune d'elles tendront à se neutraliser, mais celui de A sera

plus étendu que celui de B. Par conséquent, la bobine C sera moins influencée au fur et à mesure de son éloignement de A.

Ceci étant connu, il est évident qu'en plaçant la bobine C sur l'une des divisions de la règle, on ne pourra percevoir aucun son dans le téléphone T. Par suite, les différences de sensibilité de l'organe de l'ouïe pourront être mesurées.

Sachant que l'ouïe est plus fine quand une personne est bien portante que lorsqu'elle est souffrante, il serait possible d'enrayer une maladie en se servant de l'audiomètre, puisque le moindre déplacement de la bobine C lui indiquera un changement dans son état général.

Un constructeur peut aussi utiliser l'audiomètre pour régler les téléphones et s'assurer de leur bonne construction.

Cet appareil sert également à calculer la mesure des résistances électriques des différents corps en égalisant la résistance des bobines A et B et en plaçant la bobine C au point où le téléphone ne rend aucun son ; puis, on intercale la résistance à calculer entre les bornes D et E, et on déplace de nouveau la bobine C jusqu'à ce que le téléphone redevenue muet. Le nombre de degrés, étalonnés au préalable en ohms, indique exactement la résistance cherchée.

La règle graduée peut être remplacée par une caisse de résistance. Dans ce cas les trois bobines A, B et C n'en forment qu'une. Les fils correspondants aux bobines A et B ont la même résistance, mais ils sont enroulés en sens inverse et fixés aux mêmes bornes. Un microphone est placé dans le circuit de la pile, et la caisse de résistance est en communication avec les deux extrémités du fil de l'une des bobines. Le fil induit est, comme précédemment, relié au téléphone. A l'état de repos aucun bruit ne se fait entendre dans le téléphone, le courant circulant en sens contraire par les deux fils primaires. Si, au contraire, on intercale une résistance quelconque, l'équilibre sera détruit et on percevra un bruit.

Balance d'induction téléphonique. — Nous empruntons à l'ouvrage de du Moncel, *le Microphone, le Radiophone et le Phonographe*, la description de la balance d'induction téléphonique de M. Hughes et le résumé des expériences faites à l'aide de cet appareil.

« La balance d'induction téléphonique, qui est fondée sur le même principe que celui que nous venons de décrire (l'audiomètre), a produit des résultats si merveilleux et si inattendus que nous croyons devoir lui consacrer une description un peu étendue. Nous en représentons le dispositif dans la figure 216. Il comprend, comme on le voit, plusieurs organes. Dans la partie supérieure de la figure, on voit la coupe des deux parties de la balance ; dans la partie inférieure, les communications électriques qui relient l'appareil au téléphone, à la pile, à l'interrupteur du courant et à un commutateur qui permet d'appliquer à l'instrument le sonomètre, se trouvent suffisamment indiquées pour qu'on puisse comprendre aisément le fonctionnement de tout le système.

« L'appareil consiste dans deux tubes d'ébonite ou de buis T, T', d'environ 10 centimètres de hauteur sur 3 centimètres de diamètre, à l'extrémité de chacun desquels se trouvent fixées quatre rondelles de la même matière disposées de manière à former des bobines A, B, A', B', sur lesquelles on enroule 150 mètres environ de fil recouvert de soie du n° 32. Ces bobines sont séparées, sur chaque tube, par un intervalle d'à peu près 1.2 centimètre, et le tube est lui-même porté par un socle qui est fixé sur la planchette servant de support à l'appareil.

« Ces tubes représentent les deux plateaux d'une balance ; l'un d'eux, celui de gauche, est destiné à recevoir les corps qui doivent servir de types de comparaison ; l'autre, les corps à étudier ; et comme, pour arriver à peser en quelque sorte les effets qui résultent de la différence d'état physique ou chimique de ces corps, il est nécessaire d'équilibrer ces effets, le tube de droite est muni d'un dispositif particulier que l'on distingue aisément sur la figure. Pour éviter toute confusion, nous appellerons le tube de gauche *tube d'épreuve* ; et l'autre tube à droite, *tube d'équilibre*. Dans le premier se trouvent adaptés plusieurs dispositifs accessoires pour les différentes expériences que l'on a à faire, et dont la forme dépend, par conséquent, du genre de ces expériences. Dans notre figure, nous avons supposé l'appareil destiné à étudier les effets des alliages métalliques sur des pièces plates, comme des pièces de monnaie, et alors le dispositif dont nous par-

lons se compose d'une espèce de godet G dont le fond C est disposé de manière que la pièce P se trouve exactement au milieu de l'intervalle séparant les deux bobines. Si l'on a à expérimenter des tiges de fer ou des barreaux aimantés, le fond C de ce godet est percé à son centre, afin de laisser passer la tige, et celle-ci est disposée en conséquence. Nous ne décrirons pas tous ces dispositifs qui peuvent être extrêmement nombreux et variés.

« Le tube d'équilibre T' a à peu près la même disposition que le tube T, mais la bobine supérieure A' est mobile sur la surface extérieure du tube, et se trouve encastrée dans une pièce d'ébonite L, articulée en K sur un support X et portant du côté opposé de son articulation une vis qui appuie sur une colonne D. De cette manière, la bobine A' peut être plus ou moins rapprochée de la bobine fixe B'. Un petit godet, dont le fond C' supporte en P' une pièce métallique semblable à P, se trouve disposé, dans l'appareil, dans les mêmes conditions que le godet G, et permet, au moyen de la vis V, d'établir le réglage des deux parties de l'appareil. Ce réglage est, du reste, fait une fois pour toutes et ne doit être changé que dans des cas exceptionnels. Pour l'effectuer, le téléphone O est introduit dans le circuit des bobines A, A', et un courant interrompu est lancé en Q à travers les bobines B, B', qui constituent les deux inducteurs. Sous l'influence de ce courant, des courants induits naissent dans les bobines A, A', et comme les circuits sont disposés de manière que ces courants induits se trouvent neutralisés quand les actions inductrices sont égales, il ne se produit des sons dans le téléphone qu'autant qu'il peut y avoir une différence entre les deux actions inductrices. Si les pièces P, P' étaient aussi semblables que possible et dans une position exactement pareille, il ne devrait se produire aucun son, mais l'expérience démontre qu'il n'en est pas ainsi, et c'est pour arriver à cet équilibre complet des deux courants, équilibre qui est accusé par l'annulation du son dans le téléphone, qu'a été disposé le système mobile L, réglé par la vis V. En abaissant ou en élevant successivement cette pièce L, on arrive, en effet, à trouver une position de la bobine A', qui entraîne l'annulation complète des sons dans le té-

l'éphone. En général, il faut tourner excessivement peu la vis V pour obtenir ce résultat.

« Dans ces conditions, l'appareil est propre à fournir des indications, et c'est alors que l'on peut constater les différences

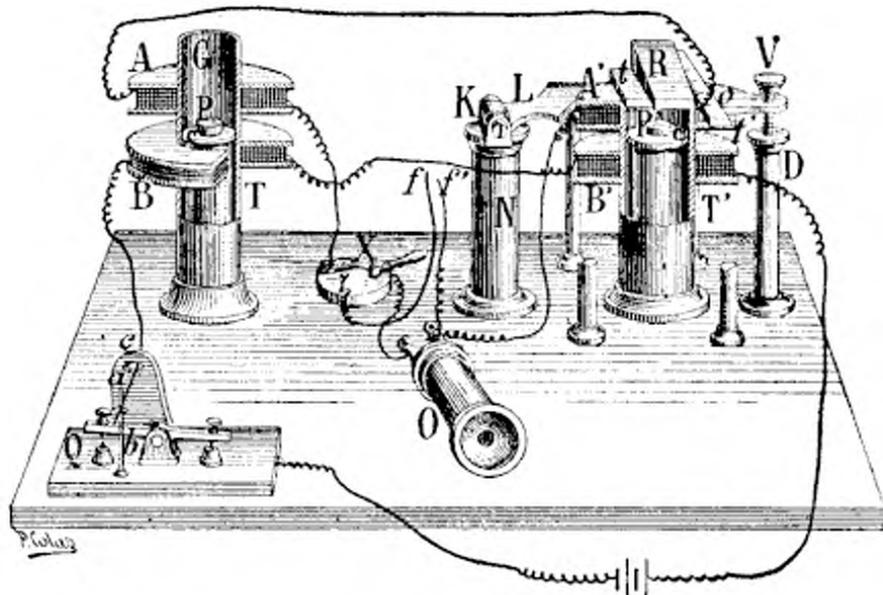


FIG. 216.

existant entre deux pièces d'un métal différent, ou même entre deux pièces d'un même métal soumises à des effets physiques différents. Il s'agissait maintenant de mesurer exactement ces différences, et, pour y arriver, M. Hughes a employé deux systèmes. Quand il ne s'agit que d'une appréciation peu rigoureuse, il met à contribution le *sonomètre*, et pour cela il met le téléphone O en communication avec le sonomètre, au moyen des fils f, f' , ce que l'on obtient au moyen du commutateur X qui relie en même temps la bobine A avec le sonomètre. Alors, on règle celui-ci au moyen de la bobine mobile, jusqu'à ce qu'il y ait extinction des sons dans le téléphone, et la position de cette bobine mobile sur la règle graduée indique l'importance du courant induit résultant de la différence d'état des deux pièces ; mais ce système, comme nous l'avons dit, n'est qu'approximatif. Pour obtenir la mesure d'une manière plus rigoureuse, M. Hughes emploie le dispositif qui surmonte le tube T'.

« Ce dispositif consiste essentiellement dans une règle R d'inégale épaisseur à ses deux extrémités, et graduée sur l'un de ses côtés ; cette règle, qui a 30 centimètres de longueur, forme donc comme une espèce de coin très allongé, dont l'extrémité antérieure est presque coupante. Elle est en zinc et se trouve placée au-dessus de l'ouverture du tube entre deux guides à rainure t, t' , supportés horizontalement par des traverses à colonnes. L'un de ces guides t' porte un repère o accompagné d'un vernier placé au point de tangence de la bobine A' et de la règle et qui sert de point de repère pour les mesures. Cette disposition a été adoptée, afin de laisser la pièce L complètement libre dans ses mouvements, sans que le système mesureur appuie dessus.

« Les effets produits dans ce cas sont faciles à comprendre : l'action exercée par la règle R sur la bobine A' modifie l'intensité des courants induits qui sont développés dans cette bobine, et cela proportionnellement à son épaisseur. On peut donc arriver, en poussant plus ou moins cette règle à travers la bobine A' , à compenser la différence d'intensité du courant induit qui est résulté de l'intervention de la pièce P' , et on arrive de cette manière à éteindre les sons dans le téléphone comme avec le sonomètre. Il ne s'agit plus alors, pour avoir la mesure de l'action produite, que de lire le numéro de la graduation de la règle correspondant au repère o . On place alors le commutateur X sur le contact qui relie directement le téléphone à la bobine A. Cette partie de l'appareil peut, du reste, aussi bien être placée au-dessus du tube T qu'au-dessus du tube T', et même il peut y avoir quelquefois avantage à employer la première disposition en raison de la fixité de la bobine A. Les deux dispositions ont été employées par M. Hughes.

« L'interrupteur destiné à fournir les courants discontinus qui doivent agir sur le téléphone a été varié dans sa disposition. Dans l'origine, M. Hughes employait, à cet effet, un microphone actionné par les battements d'une horloge sur laquelle il était placé ; mais la disposition qui lui a donné les meilleurs résultats est celle que nous représentons en Q. C'est une sorte de clef Morse sur le levier de laquelle appuie un fil métallique a , suspendu en c et terminé par une masse

pesante. Le serrage de ce fil contre la clef est produit par une petite boule métallique adaptée, comme dans un *peson*, à un petit bras placé à angle droit au bout supérieur du fil, au point précisément où il est articulé sur le support *b*. Une petite pièce d'ivoire est incrustée dans ce fil à hauteur du levier de la clef, et, par conséquent, le courant passant par ce levier et regagnant l'appareil par le fil, se trouve interrompu au moment de l'inaction de la clef; mais, en abaissant celle-ci, le contact métallique est produit, et la fermeture du circuit a lieu.

« Ce genre de contact par friction est, à ce qu'il paraît, préférable pour les expériences de cette nature. Toutefois, certains expérimentateurs préfèrent employer un trembleur électrique à petite résistance, et dont les vibrations sont assez multipliées pour produire des sons musicaux. »

Expériences faites avec la balance d'induction. — « Nous allons maintenant passer en revue les principales expériences que M. Hughes a faites avec cet instrument, et elles suffiront pour en montrer l'importance.

« Disons, tout d'abord, que la balance d'induction, étant surtout un appareil d'analyse d'effets physiques, ne donne des indications chimiques que par la différence de structure moléculaire des différents corps, laquelle subit l'influence de toutes les causes physiques extérieures qui peuvent agir sur eux. Il peut donc arriver non seulement que des corps de nature différente puissent fournir des indications différentes à la balance d'induction, mais encore qu'un même corps puisse en donner également, quoique étant chimiquement dans les mêmes conditions, si toutefois il présente des différences de température, ou de structure moléculaire, ou même s'il a été soumis à des actions mécaniques différentes. On peut comprendre, d'après cela, que cet appareil est unique pour étudier les phénomènes moléculaires des corps, et qu'il présente, à ce point de vue surtout, des avantages qui ne pourraient être fournis par aucun autre instrument.

« Supposons, d'abord, que, l'appareil étant parfaitement réglé et bien équilibré, on prenne un disque métallique du diamètre et de l'épaisseur d'une pièce de 4 franc et qu'on

l'introduise dans le tube d'épreuve en P; le téléphone, qui était muet, fera alors entendre très fortement des sons, aussitôt qu'on fera fonctionner l'interrupteur; mais on pourra le rendre muet de nouveau, si on fait mouvoir la bobine mobile du sonomètre ou la règle R du tube d'équilibre, jusqu'à ce que l'on ait obtenu ce résultat. Si on note alors le degré indiqué par le sonomètre, ou par la règle R, on aura la mesure de la capacité inductrice de la pièce de métal. Or, M. Hughes a constaté que, pour un même métal ayant les mêmes dimensions, le degré marqué sur le sonomètre ou sur le tube d'équilibre est constant et varie seulement avec la composition chimique et moléculaire de ce métal. En opérant sur des disques de différents métaux de l'épaisseur et du diamètre d'un shilling, M. Hughes a trouvé les chiffres suivants:

Argent chimiquement pur.....	125°
Or.....	117°
Argent monnayé.....	115°
Cuivre.....	100°
Fer ordinaire.....	52°
Fer chimiquement pur.....	43°
Plomb.....	38°
Bismuth.....	10°
Coke de cornue à gaz.....	2°

« Les mêmes résultats se constatent avec les alliages, ce qui a permis d'employer cet appareil pour le contrôle des monnaies, du moins comme premier renseignement, car, en raison des causes physiques qui peuvent intervenir, ces indications peuvent ne pas correspondre exactement à la nature chimique du métal.

« Pour qu'on puisse se faire une idée de la sensibilité de cet appareil aux effets moléculaires, citons quelques expériences relatives au fer et à l'acier. Voici les résultats obtenus par M. Hughes :

	recuit	trempe
Fer chimiquement pur.....	160°	130°
Fer doux forgé.....	150°	125°
Fil de fer tréfilé.....	156°	120°
Acier fondu.....	120°	100°

« Ces résultats sont bien nets et assez marqués pour qu'il ne

puisse y avoir aucun doute à leur égard; mais l'appareil constate des effets beaucoup plus insaisissables encore : ainsi, il donne des indications différentes suivant la forme et les dimensions des corps que l'on soumet à l'analyse, suivant leur température, selon qu'ils ont été soumis à un effet de traction ou de torsion, selon qu'ils sont magnétisés ou non, et, s'ils sont à l'état de poudre, suivant le degré de pression exercée sur eux, etc., etc. Parmi les expériences qui ont été faites à cet égard, nous devons rappeler celles qui concernent les métaux magnétiques, car elles nous intéressent à plusieurs points de vue dans le travail qui fait l'objet de ce livre. Voici le résumé qu'en a fait M. Géraldy dans le journal *la Lumière électrique*, du 15 août 1879 :

« M. Hughes place dans l'intérieur des bobines un disque de fer; il y a rupture d'équilibre. Retirant ce disque, il le remplace par un fil traversant les deux bobines; l'équilibre est détruit de nouveau. Mais, si l'on suit à la fois le disque et le fil avec des dimensions convenablement choisies, rien ne se produit; l'un des deux morceaux de métal agissant en sens inverse de l'autre, l'un pour diminuer, l'autre pour augmenter ses inductions, leurs effets s'annulent. Dans ces conditions et en changeant le fil magnétique, M. Hughes a constaté : 1° que l'acier trempé a pour le magnétisme un pouvoir conducteur bien inférieur à celui du fer doux et, au contraire, une puissance de retenue beaucoup plus élevée; 2° que le magnétisme, tout en ne changeant pas leur pouvoir conducteur, détermine dans les corps un changement moléculaire analogue à celui qui est produit par la trempe. En effet, mettons dans les deux tubes de la balance deux tiges d'acier, et rendons l'équilibre parfait en ajoutant quelques fils de fer fins du côté le plus faible : si l'on prend l'une des tiges et qu'on la magnétise en l'exposant à l'action d'un fort aimant, on trouvera que, remise dans la balance, elle éprouvera une perte de pouvoir conducteur équivalente à 30%. Reprenons l'expérience : si, au lieu de magnétiser la barre, on la porte au rouge et qu'on la trempe dans l'eau froide, on trouvera que, remise dans la balance, elle manifestera la même perte. Si ces expériences sont répétées aux diverses sortes de fers, se rapprochant de l'acier comme

composition et consistance, on trouvera que ces métaux possédant déjà de la trempe seront de moins en moins affectés par le magnétisme, jusqu'à ce que l'on arrive à l'acier dur, qui n'éprouve plus aucun changement. De ceci on peut conclure déjà que l'effet produit par le magnétisme est analogue à celui produit par la trempe. Les expériences suivantes vont permettre de reconnaître que la modification qu'il produit a lieu perpendiculairement aux lignes de force magnétique.

« L'instrument montre qu'un changement remarquable a lieu dans la puissance conductrice magnétique du fer et de l'acier, si l'on soumet le fil que l'on examine à une tension longitudinale. Passons à travers l'axe d'un couple de bobines un fil de fer de 1/2 millimètre de diamètre, de 20 centimètres environ de longueur, attaché à une clé de manière qu'on puisse le tendre : le fil non tendu marque 100° par exemple ; en appliquant une tension légère et croissante, la valeur augmente rapidement, et atteint le double lorsqu'on arrive au point de rupture. Si pendant cette tension on frappe le fil de façon à entendre la note qu'il rend, quel que soit le procédé de tension, un fil semblable rendant la même note marquera invariablement le même degré. Ainsi la note *la*, de 435 vibrations par seconde, amène toujours la valeur magnétique de 160°.

« Si maintenant, tandis que le fil est tendu et marque 160°, nous le magnétisons en attirant sur lui un fort aimant composé, la note ne varie pas, mais la valeur à la balance tombe de 20° et se réduit à 80°. Ce fil ne pourra plus alors être ramené par la tension à sa valeur primitive, et se rompra avant de l'atteindre. Nous voyons donc que l'effet de la traction, qui est de ramener les fibres parallèlement à la ligne de tension mécanique, développe la puissance conductrice, tandis que le magnétisme ainsi que la trempe détruisent ces effets, d'où nous sommes déjà amenés à penser que l'action magnétique est produite perpendiculairement aux lignes de force.

« Cette opinion est confirmée par les effets que produit la torsion. En effet, si, au lieu d'étendre le fil, on le tord, il décroît en valeur conductrice magnétique, chaque tour

diminuant sa puissance suivant une loi remarquablement régulière. A 80 tours, il y a diminution de 65 0/0; à 85 tours, la rupture avait lieu. En prenant un fil ainsi amené auprès de son point de rupture et le soumettant au magnétisme, on reconnaît que celui-ci n'a plus aucune action; mais, en échange, ce fil de fer doux ainsi tordu possède un pouvoir de rétention magnétique remarquable, supérieur à celui de l'acier trempé.

« Enfin, prenons trois morceaux semblables de fil de fer doux; laissons le premier à l'état naturel, soumettons le second à la tension jusqu'auprès de son point de rupture, et le troisième à la torsion dans les mêmes conditions; puis, magnétisons-les également; le pouvoir de rétention du fil à l'état naturel étant 100, celui du fil tendu sera 80, et celui du fil tordu, 300. »

« L'action de la chaleur sur les métaux a révélé, grâce à la balance d'induction, des effets très inattendus: ainsi, alors qu'elle diminue la conductibilité des métaux non magnétiques, elle facilite, au contraire, les mouvements du magnétisme dans les métaux magnétiques; ainsi, le degré d'induction est beaucoup plus élevé dans le fer, l'acier et le nickel soumis à une forte température que quand ils sont à la température ordinaire. Une barre de fer doux, dont la valeur de la conductibilité magnétique (à la température de 20° C.) était au sonomètre de 160°, a pu indiquer 300° à la température de 200°.

« Pour le nickel, l'accroissement est plus considérable encore: ce métal, qui est inférieur au fer à la température ordinaire, lui est supérieur à 200°, et la variation magnétique du nickel avec la température est si grande que la chaleur rayonnante de la main suffit pour faire changer sa valeur de plusieurs degrés; il peut ainsi être regardé comme un thermomètre magnétique très sensible.

« Le nickel, du reste, est le métal le plus apte à révéler les *sous moléculaires*, mais il faut qu'il soit très pur et disposé en lamelles de 5 centimètres de longueur sur 3 de largeur et 1/4 de millimètre d'épaisseur. Quand ce métal est aimanté, les sons sont encore plus intenses.

« Si l'on tient cette lame près d'une hélice plate ou d'une

bobine quelconque, on entendra toujours des sons moléculaires très caractérisés, quelle que soit, d'ailleurs, la position de la lame par rapport à la bobine.

« Si cette lame est employée comme diaphragme d'un téléphone actionné par un microphone, elle est soumise à deux genres de vibrations : les unes, qui tiennent aux attractions électromagnétiques ; les autres, qui sont moléculaires et qui se greffent sur les premières, de manière à rendre leurs contours dentelés.

« Bien que les sons fournis par le nickel soient, à la balance d'induction, quatre fois plus forts que ceux fournis par l'acier, les diaphragmes de téléphone en nickel ne valent pas les diaphragmes en fer. Cependant, dans le cas où le téléphone n'a pas de noyau magnétique et qu'il est réduit à une simple bobine, les diaphragmes de nickel ont une grande supériorité.

« Le nouvel appareil de M. Hughes fera sans doute découvrir bien d'autres phénomènes importants, et nous sommes heureux de pouvoir enregistrer les découvertes qui précèdent, et qui montrent comment, dans les sciences, une découverte en amène une et plusieurs autres. »

CHAPITRE XXIII

CONSTRUCTION DES LIGNES

La communication entre les postes téléphoniques s'établit à l'aide de fils métalliques qui doivent être, dans toute leur longueur, aussi isolés que possible.

Les fils sont placés à ciel ouvert, à la voûte des égouts, dans des tranchées, ou immergés au fond des cours d'eau ou des mers.

Suivant leurs conditions d'établissement, les lignes prennent respectivement le nom de : *aériennes*, *souterraines* ou *sous-marines*.

INDUCTION. — CAPACITÉ ÉLECTROSTATIQUE

Avant de parler des différents modes de construction des lignes et des matériaux employés à cet effet, nous allons indiquer sommairement les moyens actuellement en usage pour atténuer les effets si nuisibles de l'induction qui sont dus à des causes multiples.

Lignes aériennes. — L'induction est combattue avantagement sur les lignes aériennes en disposant un circuit téléphonique, placé dans le voisinage du fil télégraphique, comme le montre la figure 217. Si un courant inducteur circule dans le fil L, il fait naître en chacune des sections 1, 2, 3, 4, 5 et 6 du fil téléphonique des courants induits; mais, comme l'action induite agit à son tour en sens contraire

dans chaque section correspondante, 1', 2', 3', ..., l'effet est nul.

M. de Rothen, dans son *Étude sur la Téléphonie*, indique un

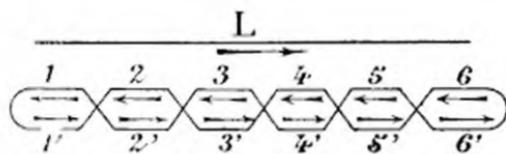


FIG. 217.

autre système de croisement des fils doubles sur une ligne à cinq fils établissant entre deux postes trois communications indépendantes. Le fil télégraphique placé sur le sommet des poteaux forme un circuit avec terre aux deux extrémités, et les quatre fils latéraux constituent deux circuits sans terre, leurs plans étant à angle droit. Pour égaliser les distances entre le fil unique et les deux fils du premier circuit métallique, les fils ont été croisés juste au milieu de la ligne. Le second circuit métallique a dû être protégé contre les influences des deux autres circuits, et *vice versa*. Pour cela il a reçu deux croisements, l'un au $1/4$, l'autre aux $3/4$ de la longueur totale de la ligne.

L'arrangement schématisé est montré par la figure 218.

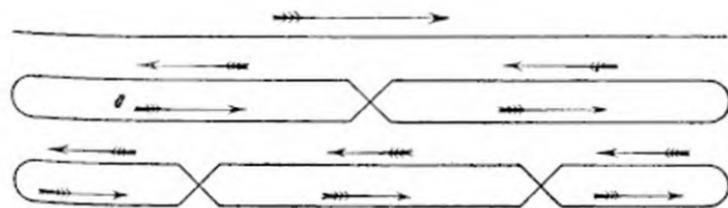


FIG. 218.

Sur les poteaux télégraphiques le fil unique se trouve à distance égale des deux fils de chacun des autres circuits, et les fils de chaque circuit métallique sont à distance égale de chacun des autres fils.

On peut aisément calculer combien de croisements il faudrait donner aux différents circuits doubles s'il y en avait un plus grand nombre sur les mêmes poteaux; pour un total de six circuits on aurait :

Pour le 1 ^{er} circuit.....	0 croisements
— 2 ^e —	1 —
— 3 ^e —	2 —
— 4 ^e —	2 ² = 4 croisements
— 5 ^e —	2 ³ = 8 —
— 6 ^e —	2 ⁴ = 16 —

Ces dispositifs, qui donnent les meilleurs résultats, se réalisent sans difficulté dans la pratique. Aussi ce mode de croisement des fils est-il employé de préférence aux appareils anti-inducteurs pour combattre l'induction.

La nature du métal utilisé comme conducteur a, de plus, une certaine influence au point de vue de l'induction.

On sait que tous les fils télégraphiques sont en fer galvanisé. Ce métal, qui ne gêne nullement le fonctionnement des appareils télégraphiques, favorise l'induction et devient une cause d'insuccès dans les communications téléphoniques. Cet inconvénient disparaît partiellement, en remplaçant le fil de fer par le cuivre ou le bronze. Outre leur bonne conductibilité ¹, ces derniers propagent beaucoup moins les courants induits des lignes voisines en raison de leur manque d'inertie électromagnétique et, pour ce motif, ne sont pas non plus influencés par le magnétisme terrestre.

Lignes souterraines. — Sur les câbles souterrains, où les différents conducteurs sont enfermés dans une gaine protectrice, l'induction est évitée en se servant de deux fils pour chaque circuit qui tournent l'un autour de l'autre en longue spirale. C'est, on le voit, un dispositif analogue à celui employé pour les lignes aériennes. Ainsi qu'il a été dit, la capacité électrostatique seule est un grave inconvénient à la

La résistance ordinaire du cuivre est, à poids égal, 6 à 7 fois plus faible que celle du fer.

propagation des ondes électriques, dès que la distance entre les deux postes atteint une certaine longueur. La portée des transmissions est, par conséquent, limitée, et cette difficulté, que l'on surmonte sur les lignes télégraphiques en espaçant les signaux, ne peut être évitée pour la téléphonie. Il en résulte que la conversation est impossible sur les lignes souterraines d'une certaine longueur.

LIGNES AÉRIENNES

Le matériel indispensable pour la construction d'une ligne aérienne est :

- 1° Le fil ;
- 2° Les isolateurs ;
- 3° Les poteaux.

Fils. — Les fils téléphoniques sont en cuivre ou en bronze.

Dans le but d'augmenter la conductibilité et d'éviter l'oxydation, ces métaux subissent une préparation qui consiste à les unir intimement, lorsqu'ils sont en fusion, à de petites quantités de certains corps, tels que le phosphore de cuivre, le chrome, le magnésium, ou un mélange de sodium et de fluosilicate de potasse.

Suivant les substances qui les composent, ces fils prennent les noms de fils de cuivre ou de bronze phosphoreux, silicieux, chromeux, etc.

Les conducteurs sont de diamètres différents. Ceux dont il est fait usage en téléphonie sont de 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 et 5 millimètres de diamètre pour les fils de cuivre.

Le diamètre du fil de bronze que l'Administration des Télégraphes français emploie est de 1 millimètre.

La résistance kilométrique des fils de cuivre est de 20^o,57 pour un fil de 1 millimètre de diamètre à la température de 0°.

La résistance des fils de cuivre d'un diamètre différent s'obtient en divisant la résistance du fil de 1 millimètre par le carré du diamètre du fil considéré en tenant compte du

coefficient d'augmentation de résistance par degré centigrade qui est de 0,0039 pour le cuivre.

Le tableau ci-dessous donne la résistance kilométrique des fils ordinairement employés en France pour la construction des réseaux téléphoniques.

NATURE DES CONDUCTEURS	DIAMÈTRE EN MILLIMÈTRE	RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE À 0°
Fils de cuivre	2 »	3 ^o ,14
—	2,5	3 29
—	3 »	2 28
—	3,5	1 68
—	4 »	1 28
—	4,5	1 01
—	5 »	0 82
Fils de bronze.....	1,1	17 58
—	3 »	2 36

Les fils, enroulés sur une longueur variant entre 570 et 170 mètres, sont livrés en couronnes de 0^m,40 ou de 0^m,30 de diamètre, suivant la grosseur.

Le diamètre du conducteur augmente avec la longueur des lignes et selon les conditions atmosphériques des contrées qu'elles traversent.

Lignes électriques artificielles. — Les inventeurs et les constructeurs sont souvent arrêtés dans l'essai de nouveaux appareils télégraphiques ou téléphoniques par l'impossibilité où ils se trouvent de reproduire les conditions pratiques d'une ligne réelle. En effet, les rhéostats destinés à remplacer les lignes réelles par des lignes artificielles ne peuvent donner que des indications inexactes malgré l'emploi de condensateurs établis en dérivation, pour suppléer à la capacité électrostatique à laquelle sont soumises les longues lignes aériennes et, principalement, les lignes souterraines, dont la capacité est environ 30 fois plus grande que les premières.

MM. de Branville et Anizan ont comblé cette lacune en réalisant deux modèles de lignes artificielles : l'une aérienne de 500 kilomètres, et l'autre souterraine de 50 kilomètres.

La figure 219 représente la disposition schématique adoptée par les inventeurs.

$A_1, A_2, A_3, \dots, A'_1, A'_2, A'_3, \dots$ sont deux séries parallèles de masses de cuivre ou plots disposés de façon à pouvoir être reliés entre eux à l'aide de chevilles permettant d'introduire ou

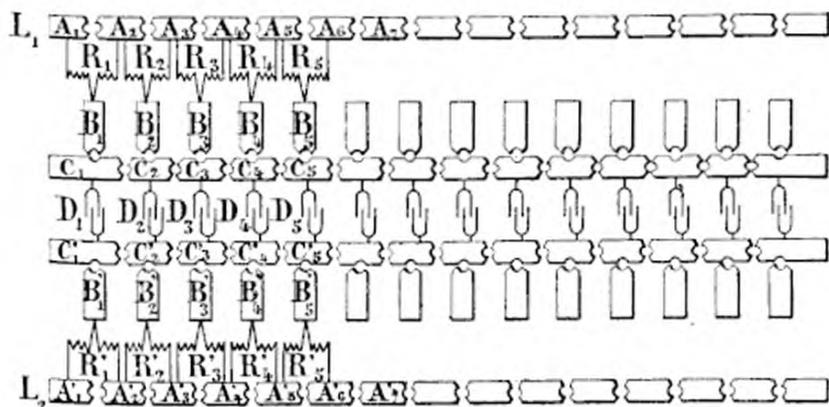


Fig 219.

supprimer à volonté les résistances $R_1, R_2, R_3, \dots, R'_1, R'_2, R'_3, \dots$. Les bobines de résistance sont soudées, par leurs milieux, aux plots $B_1, B_2, C_3, \dots, B'_1, B'_2, B'_3, \dots$, lesquels peuvent à leur tour être mis en communication électrique avec les condensateurs D_1, D_2, \dots .

Cette disposition particulière des bobines R_1, R_2, \dots , donne le moyen d'introduire en son milieu *la capacité qui concieut à la résistance*, et comme les résistances correspondantes sont égales $R_1 = R'_1, R_2 = R'_2$, etc.

Les appareils à expérimenter sont reliés respectivement aux bornes L_1 et L_2 et aux extrémités opposées des deux séries de plots extérieurs.

Si nous plaçons, par exemple, les fiches sur les séries $A_1, A_2, \dots, A'_1, A'_2, \dots$, les condensateurs sont isolés et les résistances $R_1, R_2, \dots, R'_1, R'_2, \dots$, étant mises en court circuit, la résistance et la capacité de la ligne sont nulles. Mais, si nous voulons obtenir une ligne de 50 kilomètres, on cherchera dans les résistances R_1, R_2 celle qui porte ce nombre, soit R_3 par exemple ; on enlèvera ensuite la fiche

placée entre A_3 et A_6 , et on la mettra entre B_3 et C_3 ; puis, on procédera de la même manière pour la tige posée symétriquement entre A_3 et A_6 .

Les résistances R_3 et R_3 introduites dans le circuit, ainsi que le condensateur D_3 , la ligne artificielle de 50 kilomètres réunit toutes les conditions de résistance et de capacité d'une ligne double réelle de même longueur.

Dans le cas où l'on voudrait expérimenter avec une ligne simple, on procéderait comme il vient d'être indiqué pour la ligne double, en ayant soin de mettre la borne L_1 ou L_2 et la borne correspondante à la terre.

Il existe deux modèles de lignes artificielles. L'un sert aux lignes aériennes, et l'autre aux lignes souterraines. Le dispositif est le même, avec cette différence que, dans ces dernières, la capacité des condensateurs est naturellement beaucoup plus grande.

De plus, les inventeurs ont réuni dans une même boîte les deux sortes de conducteurs employés actuellement, fer et bronze, en leur appliquant des condensateurs communs. Ce dispositif permet d'expérimenter dans d'excellentes conditions les appareils destinés à être employés soit sur une ligne de fer, soit sur une ligne de bronze.

Jonction des conducteurs. — Les bouts des fils sont raccordés au moyen de manchons en cuivre rouge (*fig.* 220).



FIG. 220.

Un manchon est un cylindre aplati percé d'un trou latéral de 0^m,015 à 0^m,020. Deux échancrures de même dimension que le diamètre du fil sont pratiquées de chaque côté.

Elles permettent, une fois les deux fils introduits dans le manchon et recourbés à angle droit, de les maintenir solidement. On décape ensuite l'intérieur du manchon et les conducteurs à l'aide d'un petit pinceau imbibé d'acide chlorhydrique; puis, on coule une soudure composée de 2/3 d'étain et 1/3 de plomb.

En raison de la nature même du métal, l'opération doit être faite rapidement, afin que l'action trop prolongée du fer rouge sur le fil de bronze ne lui enlève sa ténacité. Ce résul-

tal est obtenu en chauffant auparavant le manchon pour empêcher que la soudure en fusion ne se refroidisse trop brusquement *fig. 221*.



FIG. 221.

Isolateurs. — Les isolateurs utilisés en téléphonie sont formés d'une cloche simple en porcelaine vernie qui, surmontée d'une sorte de renflement, est scellée à une forte tige de fer vissée au poteau *fig. 222*. Le fil est solidement fixé à

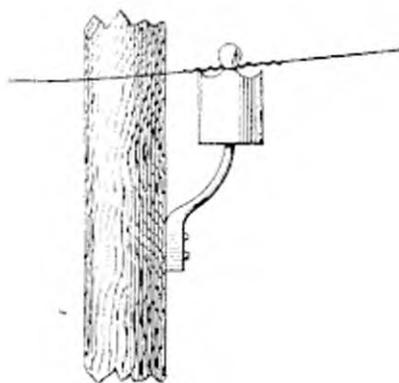


FIG. 222.

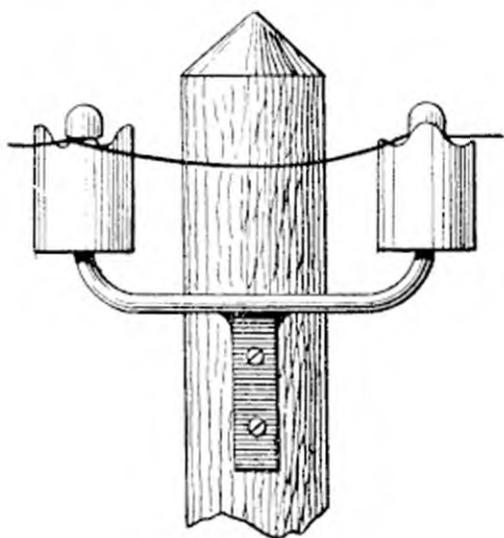


FIG. 223.

la tête de l'isolateur à l'aide de fil à ligature pour l'empêcher de s'user par le frottement.

On se sert aussi d'isolateurs à *arrêt double* (*fig. 223*) pour permettre de couper le fil sur son parcours en cas de dérangements ou d'expériences.

Poteaux. — Les appuis qui servent à supporter les fils sont en bois ou en fer.

Poteaux en bois. — Les poteaux en bois sont semblables à ceux dont on fait usage en télégraphie. Ils sont pris de préférence parmi les essences résineuses : pins, sapins, mélèzes, etc. Ces bois, injectés au sulfate de cuivre, ont une longue durée.

Cette opération, qui a pour but de chasser la sève et de la remplacer par une substance stable dont l'effet est d'éviter la décomposition des fibres, consiste à disposer les poteaux dépouillés de leurs branches, parallèlement sur un chauffier, en ayant soin de placer le pied en haut et la tête reposant dans une rigole. Une boîte remplie d'une dissolution de sulfate de cuivre recouvre entièrement le gros bout du poteau, dont l'inclinaison ne doit pas être trop accentuée, de crainte que l'injection ne se fasse trop brusquement.

L'expérience démontre que l'opération doit durer :

4 jours 1/2	pour un poteau de 6 à 6 ^m ,50		
5 —	4/2	—	7 mètres
8 —	1/2	—	8 ^m ,50
12 —		—	10 mètres

Emmagasinés à l'abri du soleil, les poteaux sont écorcés et planés un mois après l'injection.

Poteaux en fer. — Dans certains cas particuliers, on est obligé de se servir de poteaux et de supports métalliques dont les formes sont extrêmement variées suivant les besoins.

À l'intersection des lignes aériennes et des lignes souterraines les poteaux sont creux. La jonction des fils avec le câble se fait sur l'isolateur. Au dessus se trouve un tube coudé en porcelaine dans lequel on introduit le conducteur.

Chaque fil aboutit à l'une des bornes du commutateur placé à l'intérieur d'une boîte, dite de coupure, ou d'une guérite, suivant le nombre des conducteurs. Des paratonnerres Bertsch, intercalés dans le circuit de chaque ligne, préservent la partie souterraine. Les figures 224 et 225 montrent comment la liaison s'effectue.

Ces points de coupure facilitent les recherches des dérangements et les permutations de fils.

Quand les fils convergent vers un même point, on emploie

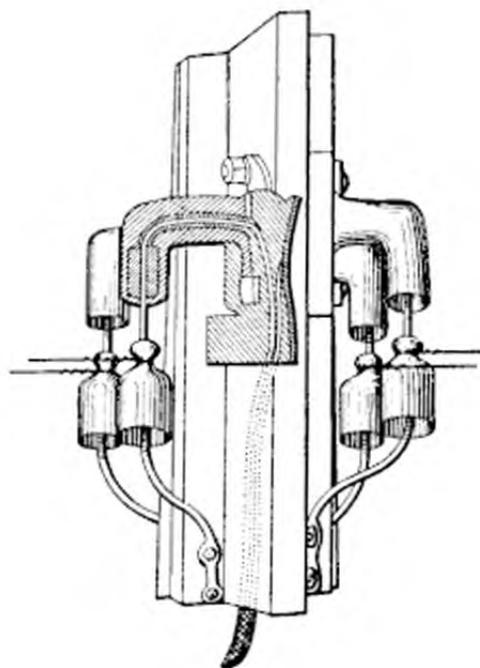
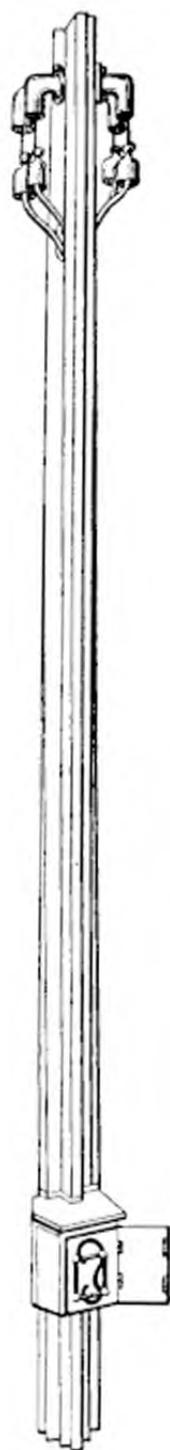


FIG. 224.

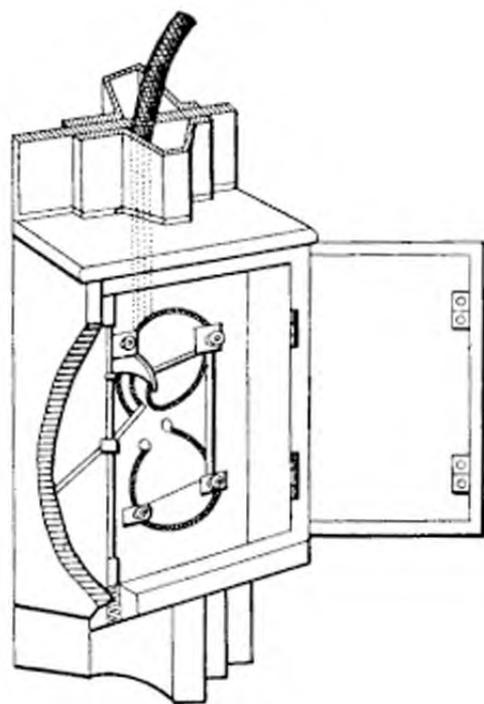


FIG. 225.

des *herSES* (fig. 226) en fer ou en fonte. Une herse est formée de deux montants métalliques réunis par des traverses qui supportent des isolateurs.

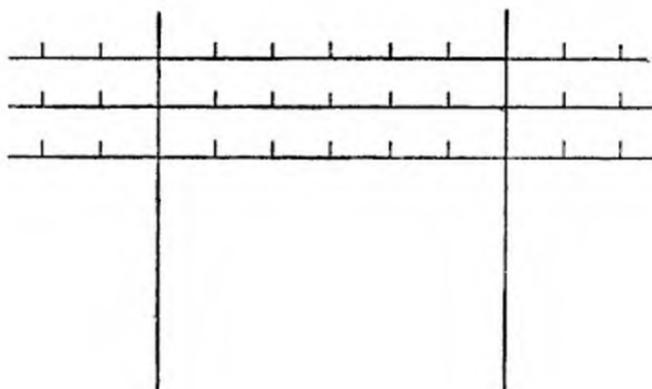


Fig. 226.

Potelets. — Lorsque les conducteurs longent les murs d'une maison, on fait principalement usage de potelets en fer. Formés d'un tube sur lequel sont fixés les isolateurs, les potelets sont supportés par une ou plusieurs consoles scellées dans la pierre (fig. 227). Pour les entrées de poste le tube est creux, à l'effet d'y recevoir les fils de ligne réunis en câble.

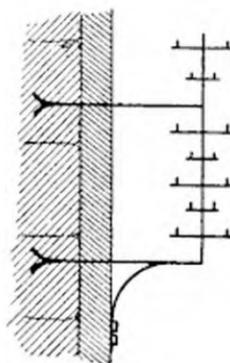


Fig. 227.

Haubans. — Les poteaux en bois ou en fer n'offrant pas toujours, à une traction horizontale exercée à leur sommet, la résistance nécessaire pour supporter seuls les fils, soit comme poteaux d'arrêt, soit comme poteaux d'angle, il est indispensable de les consolider à l'aide de haubans ou de jambes de force.

Le *hauban* (fig. 228) est formé d'un câble en fil de fer qui a pour but de faire équilibre à la tension de la ligne.

La *jambe de force* (fig. 229) est un poteau qui s'appuie

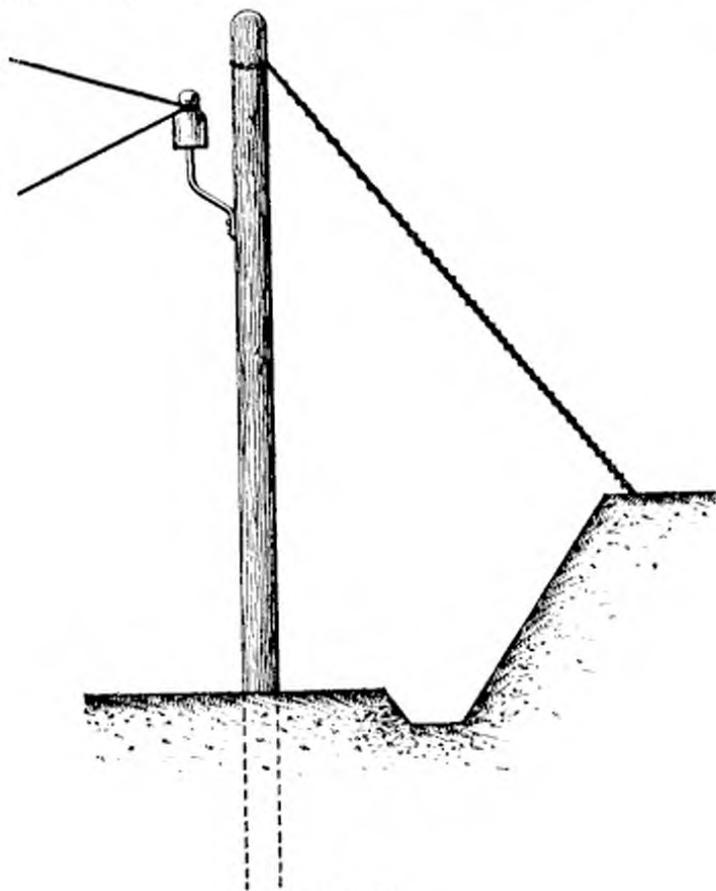


FIG. 228.

à 30 ou 50 centimètres au-dessous du dernier isolateur, contre le poteau vertical sous un certain angle.

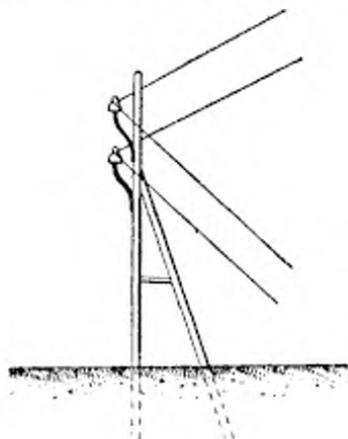


FIG. 229.

Poteaux jumelés. — On accouple quelquefois, au point de croisement d'une route ou d'une ligne de chemin de fer, les poteaux deux à deux. Ils sont placés l'un à côté de l'autre et réunis par une entretoise en fer ou en bois maintenue par des boulons.

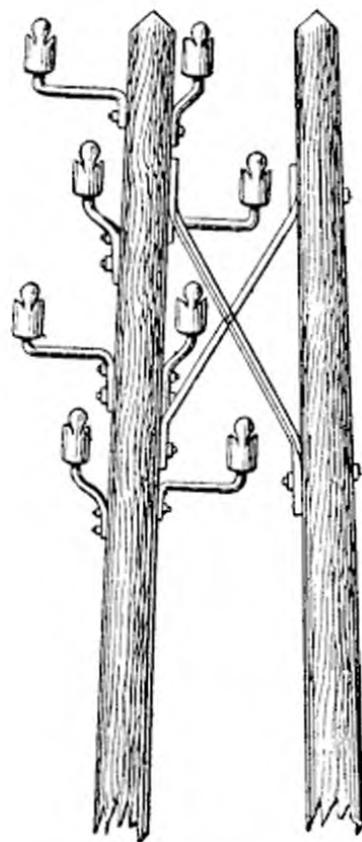


FIG. 230.

M. Barbarat, ingénieur des Télégraphes, a imaginé un mode d'accouplement de poteaux pour lignes téléphoniques qui permet d'armer uniformément les appuis dans les courbes, avantage qui n'existait pas avant, puisqu'il n'était possible de placer en ce point les isolateurs que d'un seul côté.

La figure 230 montre deux poteaux jumelés d'après le système de M. Barbarat.

Sourdines. — Afin d'éviter le bruit désagréable occasionné par les vibrations des fils fixés sur les appuis des maisons, M. Beau, inspecteur des Télégraphes, a

imaginé un dispositif qui, sans le faire disparaître complètement, le rend tout au moins supportable pour les habitants.

En face de l'isolateur où le fil doit être attaché, ce dernier est entouré, sur une longueur de 30 centimètres environ, d'une couche de chanvre, recouverte elle-même d'un tube en caoutchouc fendu longitudinalement. Le tout est maintenu par une lame de plomb dont les bouts sont tournés vers le bas, afin d'empêcher l'eau de s'infiltrer.

Pour relier le fil, ainsi préparé, à la tête de l'isolateur, on l'enveloppe d'un toron de trois fils à ligature, et l'on forme vers le milieu une boucle qui est passée dans la tête de l'iso-

lateur, après avoir été recouverte de caoutchouc ou de plomb (fig. 231).

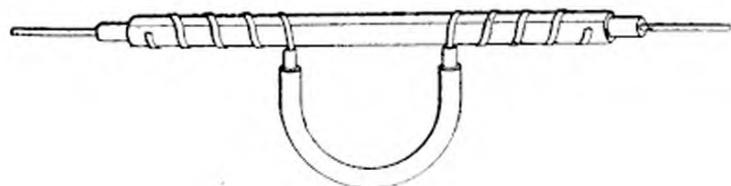


Fig. 231.

Tourelles de concentration. — Quand le réseau est aérien et important, les fils sont concentrés dans une tourelle, placée généralement sur le faite d'un toit disposé à cet effet, avant d'être introduits dans le bureau central.

Une tourelle de concentration est, en réalité, une cage de forme circulaire ou rectangulaire en bois ou en fer, recouverte d'un toit en zinc sur lequel est placé un paratonnerre (fig. 232).

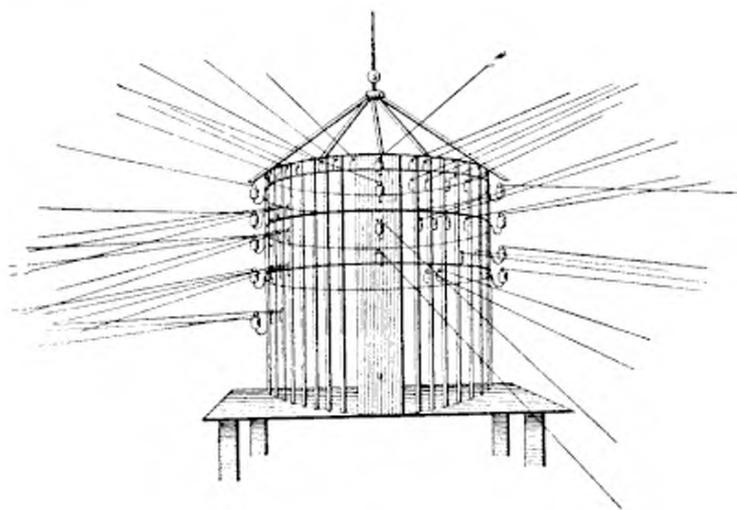


Fig. 232.

Les fils aériens sont reliés aux conducteurs souterrains de la même façon que ceux des poteaux en fer munis d'une

boîte de coupure. Les câbles, logés dans des conduites métalliques, sont réunis et amenés aux rosaces du bureau.

Suivant la disposition des bâtiments, et dans certains pays où les constructions sont peu élevées, en Algérie et en Tunisie notamment, on est obligé d'établir des tourelles téléphoniques indépendantes. S'il y a avantage, on peut aussi réunir les lignes dans le voisinage du bureau au moyen de herbes de concentration.

LIGNES SOUTERRAINES

A l'intérieur des villes, les conducteurs téléphoniques sont généralement placés sous terre ou dans les égouts.

Chaque conducteur est isolé convenablement par une enveloppe de gutta-percha, protégée par un revêtement en plomb.

Un câble est formé de deux, quatre, six, huit, dix et quatorze conducteurs.

Nous empruntons, au *Traité général des Lignes électriques* de M. L. Weiller, les renseignements suivants sur les câbles téléphoniques employés en France.

Les conducteurs sont de deux modèles principaux :

Le premier, qui sert à relier les abonnés au bureau central dont ils dépendent, se compose de deux conducteurs, formés chacun d'une corde de trois fils de cuivre de $\frac{3}{10}$ de millimètre, recouverte de deux couches de gutta-percha alternant avec deux couches de composition Chatterton portant le diamètre total à $3^{\text{mm}},5$. Ils sont ensuite recouverts d'un guipage de coton noir pour l'un, rouge pour l'autre, ce qui permet de retrouver à chaque bout d'une section de conducteur double les éléments qui se correspondent.

Les deux conducteurs sont câblés avec une ficelle, de façon à donner à l'ensemble une forme symétrique. Le tout est recouvert de deux rubans de coton enroulés en sens inverse. Un tube de plomb protège le conducteur.

Pour introduire le câble dans le tube en plomb, on lance, par pression d'air, d'un bout du tuyau à l'autre, un postillon qui entraîne avec lui une ficelle. On attache le câble à cette ficelle, ce qui permet d'opérer le tirage.

Le tube ainsi garni est soumis ensuite à un léger laminage qui le resserre et le rend adhérent au conducteur qu'il renferme.

On pourrait introduire les conducteurs élémentaires parallèlement, au lieu de les câbler. Cette dernière disposition est adoptée comme anti-inductrice.

Un autre type de câbles téléphoniques, destiné à réunir les bureaux centraux entre eux, est composé de sept conducteurs doubles.

Chacun est formé d'une corde de trois fils de cuivre de $0^{\text{mm}},5$, recouverte de deux couches de gutta, qui portent le diamètre du conducteur à $2^{\text{mm}},5$, ou à 3 millimètres, selon le cas.

Ils sont recouverts d'un guilage de coton de même couleur. Deux conducteurs semblables, câblés, forment le conducteur double. Sept conducteurs doubles guipés de couleurs différentes, vert, rouge, blanc, bleu, noir, marron et jaune, sont ensuite câblés, puis recouverts de deux rubans de coton enroulés en sens inverse et d'un tube de plomb de $1^{\text{mm}},25$ d'épaisseur.

Les conditions imposées sont les suivantes :

La résistance qui représente l'isolement de chaque conducteur doit être comprise entre 200 et 2.000 mégohms par kilomètre, à la température de 24° , après deux minutes d'électrisation avec une pile fournissant une force électromotrice de 200 volts environ ;

La capacité électrostatique par kilomètre de câble ne doit pas dépasser 25 centièmes de microfarad.

L'emploi de goudron est interdit dans la préparation des enveloppes ;

Ces câbles sont fabriqués par bouts de 500 mètres et placés sur des bobines en fer.

Câbles Fortin-Hermann. — M. Fortin-Hermann a imaginé un système de câble qui, tout en plaçant le conducteur dans les mêmes conditions que les fils aériens, supprime en grande partie, sinon en totalité, les effets d'induction et diminue la capacité électrostatique si nuisibles à la propagation des courants ondulatoires dans les lignes souterraines.

Le conducteur métallique est introduit dans de petits cylindres en bois imprégnés de paraffine, se touchant et formant chapelet; le tout est ensuite enfermé dans un tuyau de plomb qui, en isolant le fil, permet de le poser dans l'eau ou dans la terre. La couche d'air renfermée dans le tuyau constitue le meilleur diélectrique au point de vue de la libre circulation du courant.

Les figures 233 et 234 montrent la disposition intérieure

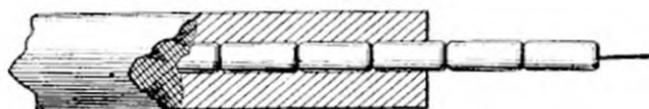


FIG. 233.

du câble Fortin-Hermann à un et à plusieurs conducteurs.

Les résultats obtenus sont très satisfaisants, et l'emploi des

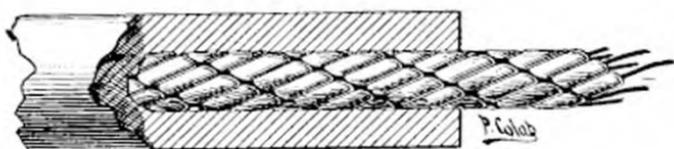


FIG. 234.

lignes enfermées se généralise chaque jour. Du reste, la capacité électrostatique n'est que de 0,05 microfarad par kilomètre; la résistance, de 13 ω ; et l'isolement, de 200 mégohms.

Câbles au papier et à air. — L'Administration des Postes et Télégraphes vient d'adopter pour son réseau téléphonique un câble dont les conducteurs sont recouverts de papier.

Les types définitifs, au nombre de cinq, sont les suivants:

- Câble à 4 paires;
- 7 paires;
- 28 paires;
- 56 paires;
- 112 paires.

Les trois derniers modèles sont, comme on le voit, des multiples de sept, ce qui permet de pouvoir raccorder entre eux les différents modèles de câbles en utilisant tous les conducteurs.

Outre leur prix de revient peu élevé, la capacité électrostatique de ces câbles est très faible.

Chaque brin est formé d'un fil de cuivre de 1 millimètre de diamètre, recouvert d'une simple bande de papier enroulé en hélice.

Pour reconnaître facilement les deux conducteurs d'un même circuit, on recouvre de papier blanc, par exemple, les fils d'aller, et de papier rouge les fils de retour.

Ces fils, ainsi recouverts, sont protégés par une gaine en plomb dont l'épaisseur varie suivant le nombre de conducteurs qu'elle renferme.

Afin d'enlever toute trace d'humidité au papier, on fait passer un courant d'air très sec pendant un certain temps à l'intérieur du câble. A cet effet, on se sert d'un appareil nommé *dessécheur d'air*¹. Une pompe, mise en mouvement par une machine dynamo ou autre, envoie de l'air dans une série de six tubes remplis de chlorure de calcium. Une grille, placée à quelques centimètres de la partie inférieure de chacun d'eux, laisse un espace libre destiné à recueillir l'eau qui s'écoule par un robinet de purge.

Le câble à dessécher est bouché à ses extrémités, sur une longueur de 0^m,23, à l'aide d'un tampon de paraffine. Une ouverture pratiquée à chaque bout permet, en adaptant à l'une un tuyau relié au dernier tube du dessécheur d'air et en laissant l'autre libre, à l'air sec de circuler dans le câble et d'y enlever l'humidité.

Lorsque l'opération est terminée, les ouvertures sont hermétiquement fermées, comme les conduites de gaz, à l'aide d'un bouchon dit *pas de Paris*.

Les machines adoptées par l'Administration française peuvent dessécher une longueur de câble de 10 kilomètres.

¹ Cet appareil a été imaginé par M. Barbarat, ingénieur des Télégraphes.

Placées sur des chariots, elles peuvent être utilisées en n'importe quel point, ce qui permet de réparer sur place un câble défectueux.

Le câble de 112 paires a 54 millimètres de diamètre, et le plomb, 3^{mm},75 d'épaisseur.

CHAPITRE XXIV

TRANSMISSION TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE SIMULTANÉE

Dès 1870, c'est-à-dire avant l'apparition du téléphone articulant, M. Varley avait imaginé un système destiné à transmettre les sons musicaux concurremment avec les signaux télégraphiques Morse par la superposition d'ondulations électriques rapides et alternées perceptibles à l'oreille, mais n'ayant aucun pouvoir mécanique ou chimique sur les courants télégraphiques.

En 1877, MM. Elsasser et Zetzche avaient pensé qu'il serait possible de combiner un téléphone avec un appareil Morse par la simple intercalation des appareils respectifs l'un contre l'autre, à la seule condition d'empêcher l'interruption de la ligne pendant la transmission télégraphique, résultat facile à obtenir, disaient-ils, en actionnant un appareil Morse par un seul renforcement ou affaiblissement du courant, de façon à rendre le téléphone insensible.

Système Van Rysselberghe. — Ces deux systèmes n'ont pas reçu d'application pratique, et M. Van Rysselberghe, qui avait eu certainement connaissance des recherches entreprises avant lui, a été assez heureux pour résoudre le problème de la transmission télégraphique et téléphonique simultanée.

Son invention repose sur le fait suivant :

Lorsqu'un courant augmente et diminue progressivement d'intensité dans un conducteur, il ne produit aucun effet dans un téléphone.

Pour arriver à ce résultat, il remplace les émissions brusques

du courant par des *courants graduels*. Ces derniers, qui ont lieu dans un temps inappréciable, s'obtiennent par l'intercalation de petits électro-aimants *graduateurs*, ou de condensateurs mis en dérivation, ou, mieux encore, d'une combinaison d'électro-aimants et de condensateurs placés dans le circuit.

Ces appareils ainsi disposés agissent comme des réservoirs qui, à la fermeture du circuit, absorbent une certaine quantité de courant pour la restituer au moment de la rupture.

La figure 235 montre le dispositif adopté dans les bureaux, où les appareils télégraphiques et téléphoniques sont installés

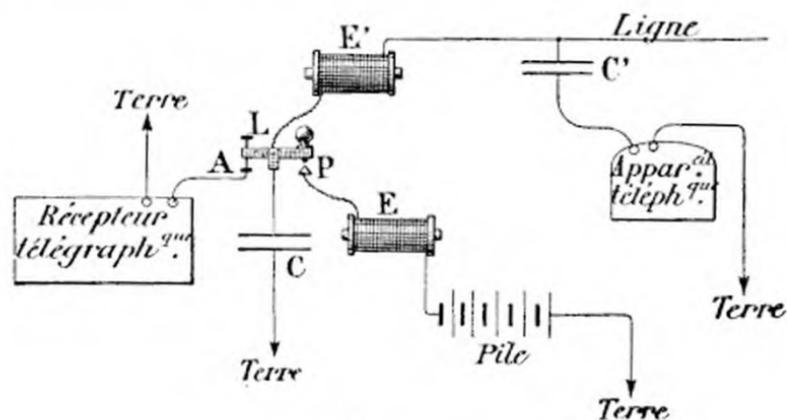


Fig. 235.

sur un même fil, pour la graduation des courants intermittents.

Cette opération s'effectue par l'intermédiaire des électro-aimants E', E, que le courant télégraphique traverse en série, et des condensateurs C, C'.

Les effets réunis de ces appareils sont un prolongement de la période instable dont le courant a besoin pour passer de 0 à 1, par exemple, et de 1 à 0. En même temps, le courant télégraphique, traversant les condensateurs, se transforme en courant ondulatoire, avec cette différence sur le courant téléphonique que le premier se développe insensiblement. De cette dernière particularité il résulte que le téléphone est bien influencé par le courant, mais son diaphragme s'infléchit si lentement, si doucement que l'ouïe ne peut en

reconnaître l'existence. Dans ces conditions le téléphone reste muet, quoique intercalé dans le circuit télégraphique.

Le condensateur *C* remplit l'office d'écran électrique pour les courants intermittents; mais les courants ondulatoires ne rencontrent, en ce point, aucun obstacle à leur propagation.

On voit que, malgré les deux chemins ouverts, chaque courant impressionne l'appareil pour lequel il est destiné.

La figure 236 représente, dans son ensemble, l'installation généralement adoptée dans les bureaux de l'État. De plus, elle montre la disposition prise par l'inventeur pour com-

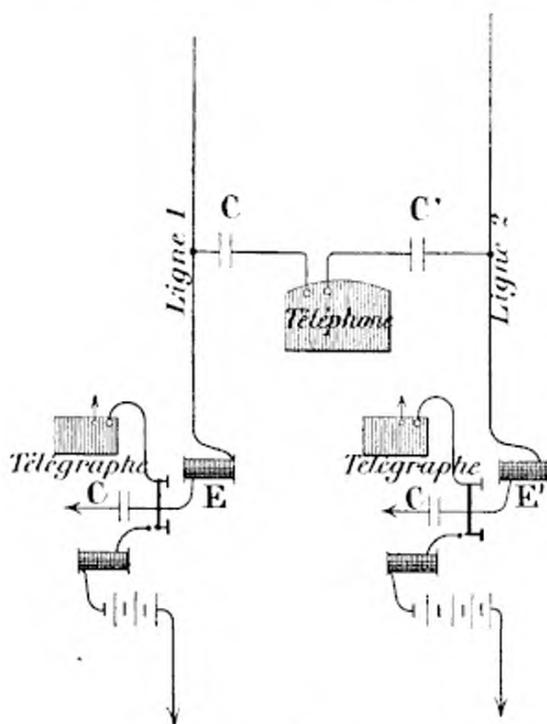


FIG. 236.

battre l'induction occasionnée par le voisinage des fils télégraphiques et téléphoniques.

L'induction télégraphique est évitée en plaçant dans la portion du circuit télégraphique deux électro-aimants *E* et *E'* appelés, pour ce motif, bobines anti-inductrices. A l'aide de ces appareils les courants intermittents subissent une période

variable suffisante pour éviter leur action inductrice sur les téléphones.

On est arrivé même à supprimer l'induction en établissant le poste téléphonique en dérivation entre les fils télégraphiques L_1 , L_2 , dont il est séparé par deux condensateurs de faible capacité C , C' .

Le système que nous venons de décrire, s'il ne laisse rien à désirer au point de vue théorique, présente, dans l'application, des inconvénients qui en empêchent le développement, et dont les principaux sont :

- 1° Frais d'installation très coûteux ;
- 2° Appareils délicats, notamment les condensateurs qu'une décharge atmosphérique relativement faible peut détruire ;
- 3° Fermeture continuelle de la pile d'appel en court circuit, entraînant une usure rapide des électrodes et craintes de polarisation pour certaines d'entre elles¹ ;
- 4° Nécessité d'avoir un grand nombre d'éléments ;
- 5° Rendement des lignes télégraphiques, desservies par les appareils Hughes, Wheatstone, Baudot, etc., sauf le Morse, diminué par l'augmentation de la durée de l'état variable des courants ;
- 6° Sons téléphoniques faibles.

Appel phonique pour système Van Rysselberghe. — Les condensateurs placés entre la ligne et l'appareil téléphonique, barrant le chemin aux courants intermittents nécessaires pour actionner une sonnerie, il a été nécessaire de remplacer cette dernière par un appareil fonctionnant comme un téléphone magnétique.

Cet appareil, dû à M. Sieur, est nommé *appel phonique*. La figure 237 montre comment les communications sont établies.

Lorsqu'aucun courant ne circule dans la bobine, le circuit de la pile est fermé par le bras de levier BA et la plaque vibrante ; mais, si le correspondant appelle, la plaque, attirée vers la bobine, rompt en ce point la fermeture du circuit

¹ Une pile Callaud de 10 éléments, employée pour actionner un relais d'appel phonique avec annonceur à bobine différentielle, consomme environ 3 kilogrammes de sulfate de cuivre, par mois, et les zincs doivent être renouvelés tous les trois mois. Ces frais d'entretien représentent une dépense annuelle de 47 francs.

local. A ce moment le courant de la pile P qui, en temps ordinaire, suit la marche dans laquelle il rencontre le moins de résistance, est obligé de traverser la sonnerie S, qu'il actionne.

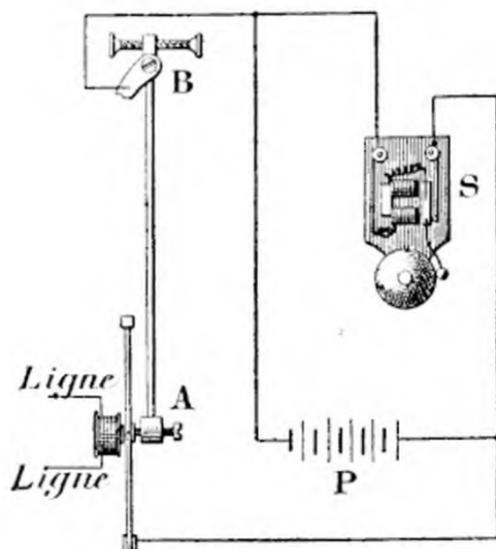


FIG. 237.

Le défaut de ce système est, comme nous l'avons dit plus haut, la fermeture permanente de la pile; de plus, le bras de levier BA est d'un réglage assez délicat.

Système de M. P. Picard. — M. P. Picard, commis principal des Postes et des Télégraphes, a simplifié le problème de la transmission télégraphique et téléphonique simultanée par l'emploi d'une bobine différentielle à laquelle il a donné le nom de *transformateur différentiel*¹.

L'appareil, qui ressemble extérieurement à une bobine d'induction, est formé (*fig. 238*) de deux fils de même longueur, de même diamètre et enroulés parallèlement autour

¹ On appelle *bobine différentielle* l'accouplement de deux bobines produisant des effets contraires.

d'un faisceau de fils en fer doux. L'un d'eux est relié, d'une part, à la borne A qui reçoit la ligne 1 et, d'autre part, à la ligne 2 par la borne B. Ce fil est fixé, au milieu de son parcours, à une borne E en communication avec Z_0 massif du manipulateur M de l'appareil télégraphique.

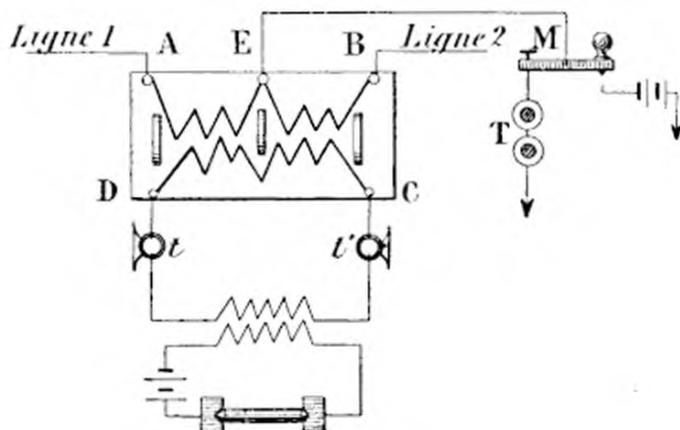


Fig. 238.

L'autre fil, disposé de la même façon que le premier, est soudé, à chaque extrémité, aux bornes D et C communiquant extérieurement avec le circuit induit du poste téléphonique.

Ceci posé, examinons successivement les effets produits par le transformateur différentiel, quand les courants télégraphiques et téléphoniques sont envoyés ou reçus.

1° *Le poste télégraphique T transmet.* — Le manipulateur M est abaissé. Le courant émis par la pile P, arrivé à la borne E, parcourt en sens contraire chaque partie EA et EB du transformateur. Les effets du courant, agissant différemment sur deux parties égales du fil DC, s'annulent.

2° *Le poste téléphonique T reçoit.* — Le courant venant du poste correspondant arrive aux bornes A et B par les lignes 1 et 2; mais, comme précédemment, il circule en sens inverse dans chacune des parties AE et BE. Il n'y aura donc pas d'effet sur le circuit DC.

Par suite, quelle que soit la direction du courant, les téléphones t' ne seront pas influencés dans les deux cas.

3° *Le poste téléphonique transmet ou reçoit.* — Le courant induit, en circulant dans le fil DC du transformateur, agit à son tour sur le fil AEB, et fait naître un nouveau courant qui, sortant par L_1 et L_2 , impressionne les téléphones du correspondant, mais reste sans effet sur l'appareil télégraphique.

Il en est de même lorsque le poste reçoit.

Comme on le voit, le transformateur différentiel de M. Picard réalise, plus simplement que le système Van Ryselberghe, toutes les conditions théoriques et pratiques de la transmission télégraphique et téléphonique simultanée; de plus, cet appareil permet toutes les combinaisons de circuit pouvant se présenter, telles que, par exemple, une ligne téléphonique continue et une ligne télégraphique sectionnée, ou inversement, une installation de poste téléphonique intermédiaire avec ligne télégraphique continue et communication téléphonique directe facultative.

Appelphonique P. Picard.

— Le principe de l'appelphonique de M. Picard est sensiblement le même que celui imaginé par M. Sieur. Toutefois, la sonnerie est remplacée par une bobine différentielle agissant sur un annonceur d'appel Sieur.

La figure 239 montre de quelle façon l'appareil fonctionne. A l'état de repos, le circuit de la pile étant fermé sur les deux fils enroulés en sens inverse, l'effet est nul; mais, quand la plaque vibre, l'intensité du courant varie dans chaque partie du fil. Il en résulte une aimantation des noyaux qui, attirant l'armature, fait tomber le volet de l'annonceur.

Le dispositif serait le même, si l'annonceur était remplacé par une sonnerie, en ayant soin cependant de relier

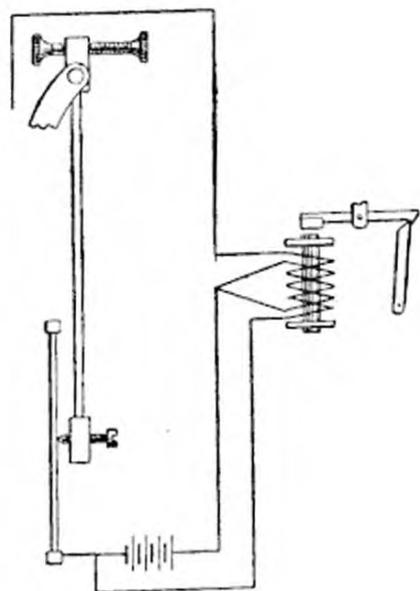


FIG. 239.

le pôle négatif de la pile à la culasse de la sonnerie.

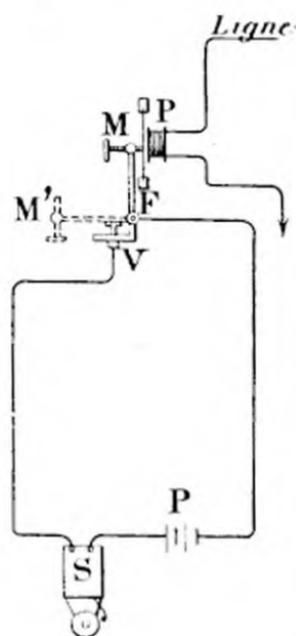


FIG. 240.

A l'état de repos, le circuit de la pile P n'est pas fermé ; mais, sous l'action du courant de la ligne, la plaque vibre et fait tomber le marteau M, qui tourne autour de l'axe F. Ce marteau vient se rabattre suivant FM et s'appuyer sur la vis V. A ce moment le circuit de la pile P est fermé, et la sonnerie fonctionne.

Appel phonique Teilloux. — Un perfectionnement important a été apporté aux appels phoniques par M. Teilloux. Il supprime le courant continu de la pile locale et l'inconvénient du réglage en plaçant le pivot de l'axe supportant le marteau au-dessous de la plaque vibrante.

Ce pivot F (fig. 240) est fixé à une pièce traversée par une vis V, reliés l'un et l'autre aux pôles d'une pile locale P, à travers le circuit de laquelle est intercalée une sonnerie S.

L'adhérence du marteau M contre la plaque P est obtenue en garnissant son extrémité d'un petit morceau de fer doux qui, attiré par l'aimant de l'appel, l'empêche de basculer.

CHAPITRE XXV

PHOTOPHONIE

Parmi les métalloïdes qui sont, en général, mauvais conducteurs de la chaleur et de l'électricité, comme le soufre, chlore, le phosphore, etc., il s'en trouve un, le sélénium, dont les propriétés remarquables ont été mises à profit pour communiquer téléphoniquement à l'aide d'un simple rayon lumineux.

Ce métalloïde fut découvert en 1817 par Berzelius et Gottlieb Gahn, auquel ils donnèrent le nom de sélénium (de *σεληνη*, lune), pour marquer la grande analogie qu'il offre au point de vue chimique avec le tellure¹ (de *tellus*, terre).

Cette ressemblance n'est vraie qu'en partie, puisque, examinés au point de vue de leurs propriétés électriques, le tellure est, à l'exception des métalloïdes, bon conducteur, tandis que le sélénium est, au contraire, à l'état naturel, une substance isolante.

En 1837, Knox remarque que le sélénium, amené à l'état

¹ Une analyse du sélénium faite au laboratoire de l'École des Mines a donné les résultats suivants :

Argent.....	1,96
Cuivre.....	28,00
Plomb.....	14,10
Fer.....	8,40
Sélénium.....	28,80
Tellure.....	1,80
Soufre.....	1,30
Silice et argile.....	10,00
Oxygène et perte.....	5,64

liquide par la chaleur, devient bon conducteur. Hittorff, en 1852, constate que le refroidissement brusque de ce corps le rend de nouveau isolant; mais, si cette opération se fait lentement, sa structure et ses caractères physiques changent. Dans ces conditions, il est relativement bon conducteur à la température ordinaire.

Enfin, en 1873, M. May, préparateur du physicien Willoughy Smith, découvre que la résistance électrique de ce métalloïde est moins grande, exposé à la lumière, que placé dans l'obscurité.

Dès que cette particularité fut connue, un grand nombre de physiciens étudièrent ce métalloïde et imaginèrent différents systèmes qui ne donnèrent aucun résultat pratique.

Il était encore réservé à M. G. Bell, aidé par M. Tainter, de créer la *photophonie* en utilisant les propriétés remarquables du sélénium.

Photophone. — Le photophone se compose de deux miroirs, dont l'un H reçoit les rayons lumineux, provenant d'une source extérieure (lumière solaire, électrique, etc.). Ces rayons sont réfléchis sur le deuxième miroir M formé d'une feuille de verre de $\frac{1}{10}$ de millimètre d'épaisseur, obturant, comme les figures 241 et 242 le démontrent, un tube devant lequel on parle. Entre ces deux miroirs se trouve une lentille qui réfracte les rayons et une cuve C remplie d'alun, destinée à empêcher le miroir récepteur d'être détérioré par les rayons calorifiques qui accompagnent toujours les rayons lumineux.

Les rayons, réfléchis en M, sont rendus cylindriques par une deuxième lentille placée à une distance convenable de l'appareil transmetteur; puis, ils viennent frapper au poste récepteur un miroir parabolique de grand diamètre qui les ramène sur la surface du sélénium R; celui-ci est relié, d'une part, au pôle positif d'une pile de six éléments Leclanché et, d'autre part, à l'une des bornes du téléphone T dont l'autre borne est en communication avec le pôle négatif.

Lorsque, sous l'influence de la parole, la plaque M vibre, c'est-à-dire devient convexe ou concave, les rayons subissent le même mouvement. Or, comme ce mouvement est à l'unisson de la voix, et que le faisceau lumineux vient influencer le

sélénium, ce dernier subit des variations de résistance correspondant à celles de la pression de l'air dans le tube trans-

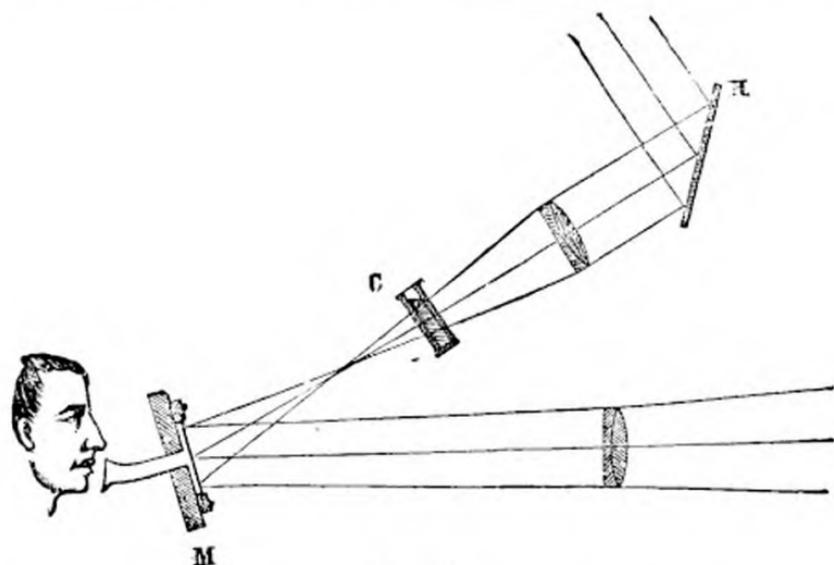


FIG. 241.

metteur. Par suite, le téléphone éprouve les mêmes changements, ce qui revient à dire que la parole est fidèlement transmise et reçue.

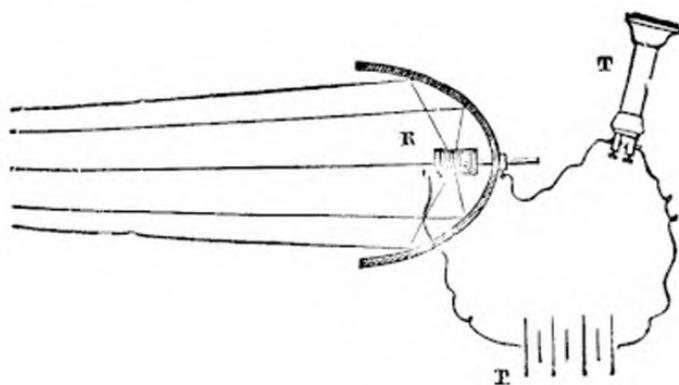


FIG. 242.

La sensibilité du système récepteur dépend uniquement de l'état moléculaire dans lequel se trouve le sélénium. Là encore la propriété particulière de ce corps se trouve intime-

ment liée au mode d'agrégation des molécules, puisque nous venons de voir que, suivant son mode de préparation, les effets sont tout opposés.

Ces considérations nous amènent à indiquer de quelle façon le récepteur est construit.

Le récepteur (*fig. 243*) est formé d'une série de rondelles

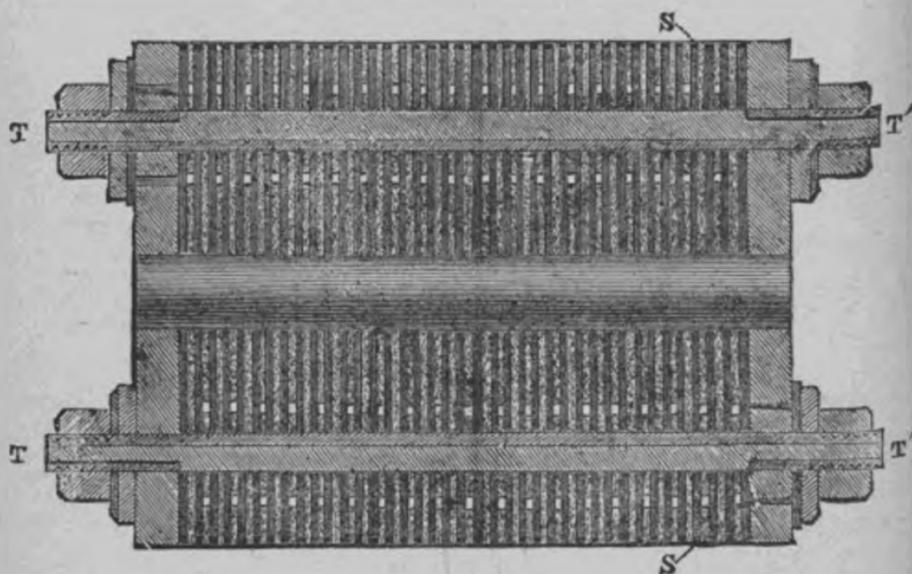


FIG. 343.

de laiton, qui alternent avec des feuilles de mica dont le diamètre est un peu moindre. Pressées les unes contre les autres, ces rondelles présentent une surface rugueuse sur laquelle on frotte un crayon de sélénium réduit à l'état pâteux par la chaleur. Les rondelles de laiton de rangs pairs communiquent aux rhéophores T, T, et celles de rangs impairs aux rhéophores T', T'.

La figure 244 représente l'appareil vu sur l'un de ses côtés.

Le récepteur ainsi constitué est placé dans une étuve dont on élève graduellement la température jusqu'à ce que le métalloïde SS, redevenu pâteux, prenne la couleur mate d'un gris ardoisé. Ceci étant obtenu, on le laisse refroidir très lentement.

Cette opération a pour but de dégager les molécules les

unes des autres et de leur permettre, pendant le refroidissement, de se placer dans les conditions voulues pour acquérir la propriété qui est propre à ce corps.

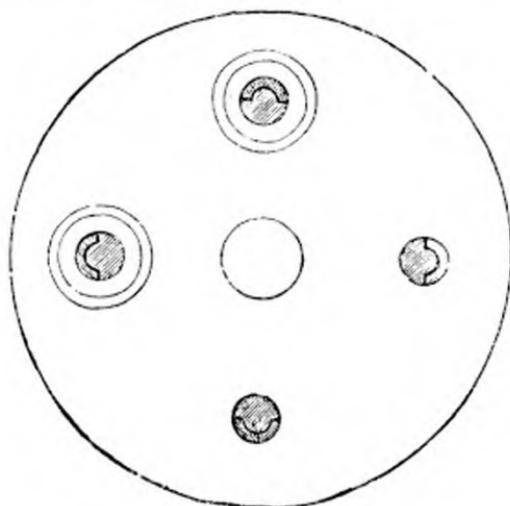


Fig. 244.

La résistance totale est équivalente à 4.200 ω dans l'obscurité, et à 600 ω à la lumière du jour.

Le système récepteur donne les meilleurs résultats quand :

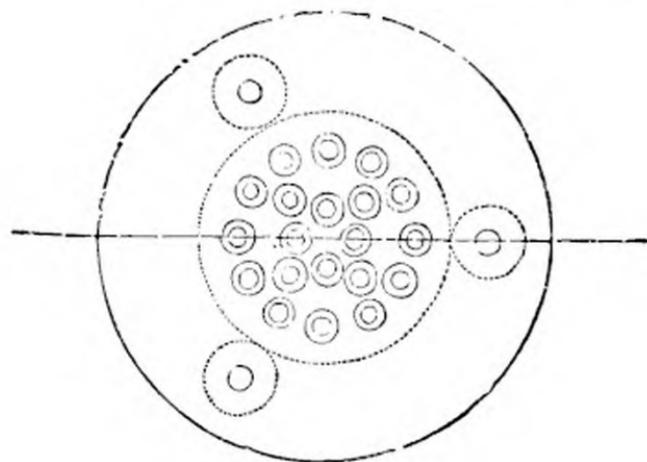


Fig. 244 bis.

1^o Le sélénium présente à la lumière une surface aussi grande que possible :

2° Le sélénium offre au courant une résistance très faible.

Ces deux conditions, qui semblent contradictoires de prime abord, sont réalisées en donnant au sélénium une surface suffisante pour recevoir le plus grand nombre de rayons réfléchis par le miroir et en le façonnant en forme de lame excessivement mince. La résistance est, de plus, diminuée par la disposition même des rhéophores que le courant parcourt en *quantité*.

Les figures 244 bis et 245 montrent la coupe et le plan d'un récepteur de forme triangulaire. Il est formé de deux plaques

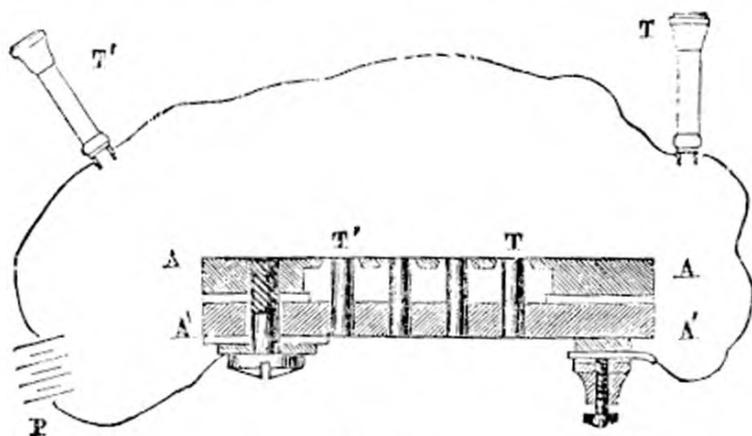


Fig. 245.

AA et A'A', dont l'une A'A' porte des tiges T, T' qui viennent se placer au milieu d'ouvertures circulaires pratiquées dans la plaque AA. Deux vis communiquent respectivement : celle de gauche, à la plaque supérieure ; celle de droite, à la plaque inférieure.

Le sélénium est répandu sur la surface AA et se loge dans tous les espaces compris entre les tiges T, T' et les ouvertures circulaires. Une pile P et deux téléphones complètent l'installation.

On voit par cette description que le courant entrant par la borne de gauche est obligé, pour sortir par la borne de droite, de traverser les anneaux de sélénium qui entourent les tiges.

Quoique le sélénium ait été expérimenté de nouveau par

plusieurs savants depuis l'invention du photophone, il semble que cet appareil soit resté un instrument scientifique devant lequel l'esprit reste étonné ; mais, comme le cercle des connaissances s'agrandit sans cesse, il est permis de croire que cette belle découverte sera rendue pratique et susceptible de recevoir, par la suite, des applications utiles.

M. Bidwell, qui a étudié les propriétés électriques si curieuses du sélénium, pense que ce corps contient toujours des quantités plus ou moins notables de séléniures¹, et que c'est à leur électrolyse² qu'il faut attribuer la polarisation que l'on observe dans ce métalloïde après le passage d'un courant.

Les recherches de M. Bidwell l'ont amené, en outre, à découvrir qu'une plaque de soufre additionnée de sulfure d'argent ou une feuille d'argent exposée à la vapeur du soufre, jusqu'à ce qu'elle soit noire sur les deux faces, sont excessivement sensibles à la lumière, mais que ces échantillons présentent, comme le sélénium, le phénomène de la polarisation.

La résistance des plaques ainsi composées diminue de moitié environ pour reprendre ensuite sa valeur initiale quand elles reçoivent un jet lumineux intense.

*Application du photophone à l'étude des bruits qui ont lieu à la surface solaire*³. — En visitant l'Observatoire de Mendon, où il avait été invité par M. Janssen, en 1880, M. Graham Bell a examiné avec beaucoup de soin les grandes photographies qu'on y fait pour l'étude de la surface solaire. M. Janssen lui ayant fait connaître qu'il constatait des mouvements d'une rapidité prodigieuse dans la matière photosphérique, M. Bell eut alors l'idée d'employer le photophone à la reproduction des bruits qui doivent nécessairement se produire à la surface de l'astre en raison de ces mouvements. M. Janssen trouva l'idée très belle et engagea M. Bell à en tenter la réalisation

¹ Résultat de la combinaison du sélénium avec un corps simple.

² L'électrolyse est la décomposition d'un liquide ou d'une solution produite par un courant.

³ Note présentée à l'Académie des Sciences par M. Janssen, au nom de M. Alex. GRAHAM BELL (séance du 2 novembre 1880).

à Meudon même, mettant tous les instruments de l'Observatoire à sa disposition.

Le temps s'étant montré très beau quelques jours après, M. Bell vint à Meudon en vue de cette expérience. Une grande image solaire de 0^m,65 de diamètre fut explorée avec le cylindre au sélénium. Les phénomènes n'ont pas paru assez marqués pour pouvoir affirmer le succès; mais M. Bell ne désespère pas de réussir par de nouvelles études.

En discutant les conditions qui seraient propres à assurer le succès, M. Janssen a émis l'idée qu'on augmenterait singulièrement les chances de réussite si, au lieu d'interroger directement l'image solaire, où les variations qui se produisent, quoique répondant à des changements considérables à la surface du soleil, ne sont pas assez rapides dans nos instruments, même les plus puissants, pour déterminer dans l'appareil photophonique la production de bruits perceptibles, on faisait passer avec une rapidité convenable, devant un objectif qui donnerait les images conjuguées sur l'appareil à sélénium, ou tout autre, une série de photographies solaires d'une même tache, par exemple, prises à des intervalles suffisamment grands pour obtenir des variations très notables dans la constitution de la tache. Ce serait en quelque sorte le moyen de condenser en un temps aussi court qu'on voudrait des variations qui, dans les images solaires, sont beaucoup trop lentes pour donner naissance à un bruit par l'action de la *pile photophonique*.

M. Janssen s'est mis à la disposition de M. Bell pour lui donner les photographies solaires convenables à la réalisation de cette idée; de son côté, M. Bell a eu la gracieuseté de proposer à M. Janssen de lui envoyer les appareils photophoniques qu'il pourrait désirer pour atteindre le même but.

Il a paru à M. Janssen que l'idée de chercher à reproduire sur terre les bruits causés par les grands phénomènes de la surface solaire était trop belle et trop importante pour que son auteur ne s'en assurât pas immédiatement la priorité. C'est dans cette pensée que M. Janssen a engagé M. Bell à faire connaître cette application du photophone.

CHAPITRE XXVI

PHONOGRAPHIE

PHONAUTOGRAPHE. — LOGOGRAPHE. — PHONOGRAPHE
OU GRAPHOPHONE

Le Phonautographe. — Vers 1837, M. Scott avait eu l'idée d'utiliser les mouvements vibratoires d'une membrane pour l'inscription permanente des sons transmis par l'air, et particulièrement de la voix.

L'appareil, auquel il a donné le nom de *phonautographe* (fig. 246), se compose d'un grand cornet dont la partie

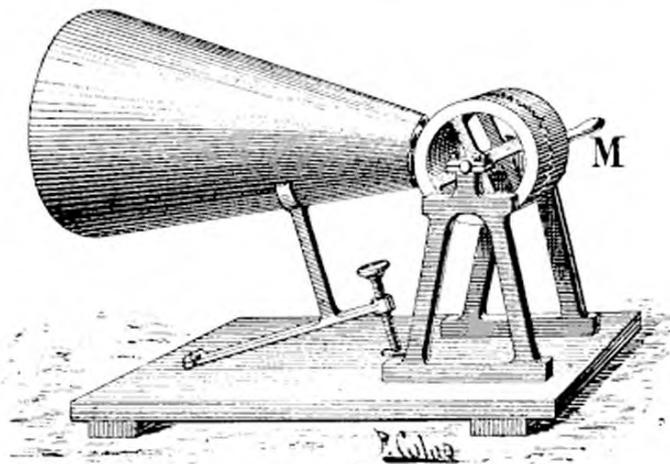


Fig. 246.

la moins évasée porte une membrane tendue, à laquelle est fixé un stylet formé d'une barbe de plume dont la pointe,

très effilée, vient s'appuyer contre un cylindre recouvert de noir de fumée. L'axe de ce cylindre est tarandé de façon qu'en le faisant tourner à l'aide de la manivelle M il n'avance dans le sens de l'axe que d'une quantité égale au pas de la vis.

Quand on parle devant l'ouverture et que le cylindre tourne, le stylet enlève le noir de fumée et laisse voir sur le papier une trace sinuëuse représentant les particularités du mouvement vibratoire imprimé à la membrane par l'air.

Cet appareil, perfectionné, en 1864, par Barlow, a été employé dans le but de déchiffrer les sinuosités laissées par la parole d'un orateur et, pour ce motif, a été appelé *logographe*.

Les expériences faites à l'aide du logographe ont permis de reconnaître que, si les mêmes mots donnaient toujours identiquement les mêmes courbes et que si les consonnes se distinguaient généralement des voyelles par un ébranlement plus prolongé, il se produisait à certains moments de légères perturbations qui rendaient la lecture difficile, sinon impossible.

M. Edison a pensé que ce tracé graphique ainsi obtenu pouvait être employé pour reproduire avec une fidélité presque parfaite les sons ou la parole articulée.

Ce but a été atteint en apportant des modifications très légères au phonautographe de Scott.

Le Phonographe. — Le phonographe est un instrument mécanique qui enregistre les vibrations engendrées par la parole pour les reproduire à un moment donné avec exactitude.

L'appareil, représenté dans son ensemble par la figure 247, se compose d'un diaphragme de fer *ee* (fig. 248) au-dessous duquel est collé un petit tube de caoutchouc *c*, formant coussin. Un ressort *r* très flexible s'appuie sur ce tube et porte à l'une de ses extrémités un stylet *e*. Ces différentes pièces sont fixées à un support mobile *m*, que l'on déplace à l'aide d'une poignée *p* pour régler le degré de pression convenable du stylet contre le cylindre D ; le cylindre en laiton est monté

sur un axe horizontal A commandé par une manivelle L. L'axe est taraudé et tourne librement dans un support P servant d'écrou à la vis.

La surface du cylindre est creusée en spirale d'un pas égal à celui de la vis qui le fait tourner. Elle est recouverte d'une

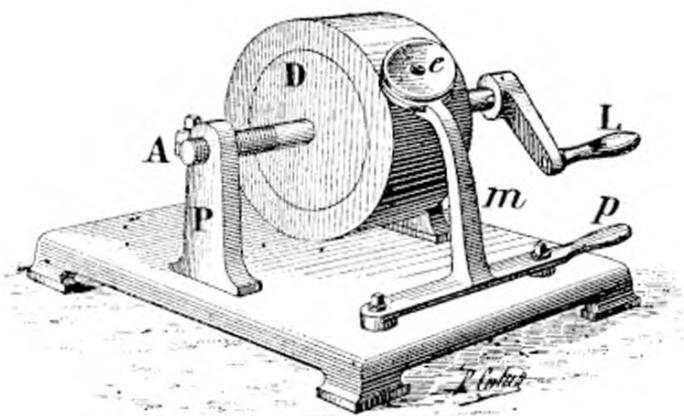


Fig. 247.

feuille d'étain sur laquelle s'appuie à l'état de repos le stylet qui, par ce dispositif, se trouve toujours devant la spirale.

Pour se servir de l'appareil, il suffit de parler devant le diaphragme *cc* en faisant tourner le cylindre d'un mouvement uniforme. Le stylet vibre à l'unisson de la voix et produit des gaufrages sur la feuille d'étain correspondant aux sons qui les ont formés.

La parole est ainsi enregistrée.

La reproduction de la voix est obtenue en écartant, à l'aide de la poignée *p*, le diaphragme et le stylet, et en ramenant le cylindre au point de départ. Cette opération faite, on tourne le cylindre comme précédemment; et le stylet, en suivant les

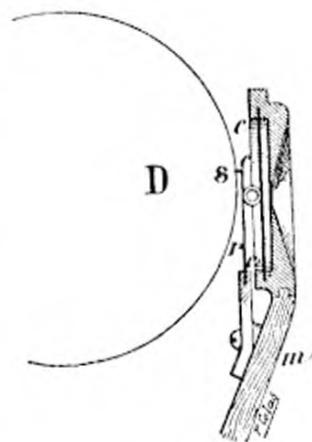


Fig. 248.

sinuosités qu'il a creusées antérieurement, imprimera au diaphragme le même mouvement que la voix lui avait communiqué.

Comme on le voit, le phonographe se compose de deux parties distinctes : la première analyse les sons, et la seconde réalise entièrement leur synthèse.

La reproduction fidèle de la voix n'est obtenue qu'à la condition d'imprimer au cylindre une vitesse de rotation rigoureusement égale à celle qui lui était transmise lors de l'enregistrement de la parole, sinon la hauteur du son ne serait pas reproduite, et la voix haute d'un enfant pourrait devenir la voix basse d'un homme, et *vice versa*.

Afin de parvenir à avoir une vitesse uniforme, le cylindre est actionné par un mécanisme d'horlogerie.

L'expérience a démontré qu'en donnant au cylindre une vitesse de 33 centimètres par seconde l'articulation gagnait en netteté et que les chants, notamment, étaient rendus avec une fidélité remarquable.

L'étain, dont la souplesse se prête aisément à l'enregistrement, ne peut, par contre, servir indéfiniment à la reproduction. Dans le but de conserver les traces gravées par le stylet, on remplace l'étain par un cylindre en cire ou en fer ductile de Norwège et par des feuilles de cuivre ou de gutta-percha.

Application militaire du phonographe. — L'*Admiralty and Horse Guards Gazette* a rendu compte d'une conférence faite récemment à Aldershot, par le colonel de cavalerie Gouraud, des États-Unis, dans laquelle l'orateur démontrait les applications militaires que pouvait avoir un phonographe dans l'armée. La partie la plus intéressante de ce discours consiste dans la description d'un appareil portatif, pouvant être transporté à cheval, par un aide de camp, et avec lequel un général pourrait donner ses ordres lui-même, avec la certitude qu'ils seraient exactement transmis, et sans perdre de temps.

Le colonel Gouraud a expérimenté personnellement cette idée pendant les manœuvres du Berkshire. Munis d'un de ces instruments, des correspondants de journaux sont par-

venus, avec un travail minime, à donner la description des principaux événements, tels que les mouvements de la cavalerie, avec la même rapidité que cette arme mettait à les exécuter, chose que n'aurait pu faire un habile sténographe, contraint à avoir continuellement les yeux sur les tablettes où il écrit.

Beaucoup d'officiers pensent que, dans un avenir plus ou moins long, le phonographe trouvera une application très importante dans les opérations militaires¹.

Le Micro-Graphophone. — Le reproche adressé au phonographe est de ne pas reproduire *fidèlement* les paroles ou les sons.

M. Gianni Bettini, lieutenant de la Marine italienne, a cherché à obtenir de cet instrument de meilleurs résultats, et ses études ont porté particulièrement sur la plaque vibrante.

Nous avons vu dans l'étude du son que toute plaque, tige ou colonne d'air vibrantes, présentaient des points, lignes ou surfaces où les ondes ne sont pas uniformes. Le stylet, placé dans le phonographe, au centre de la plaque, ne peut donc tracer en cette partie tous les mouvements imprimés à la surface de la membrane. Il en résulte une altération du timbre de la voix.

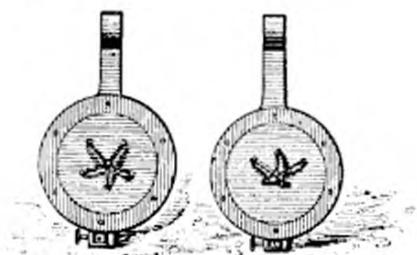


Fig. 249.

Fig. 250.

Pour remédier à cet inconvénient, M. Bettini emploie des diaphragmes de diamètres très petits; mais, comme une telle membrane n'aurait pas une force suffisante pour actionner efficacement le stylet, il en a groupé plusieurs.

Les figures 249, 250, 251 et 252 montrent les différentes

¹ *Cosmos*.

dispositions proposées par l'inventeur et de quelle façon le stylet est relié à chacune des membranes, suivant l'emploi auquel on destine l'appareil.

Parmi les dispositions données par l'inventeur à ses plaques, il convient de signaler le diaphragme multiple (*fig. 252*), dans lequel les membranes, de dimensions différentes, sont réglées pour reproduire, chacune, l'un des tons de la voix humaine.

L'enregistrement est parfait, et la reproduction donne le

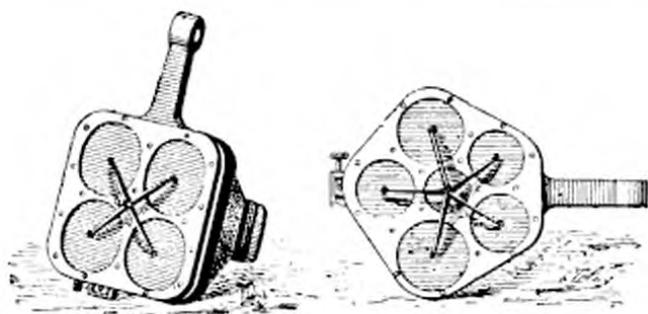


FIG. 251.

FIG. 252.

timbre exact de la personne. De plus, la voix se fait entendre à une grande distance.

Les autres organes de l'appareil sont semblables au phonographe, sauf quelques détails de construction. L'axe est mù par un moteur électrique ou un mécanisme d'horlogerie enfermé dans la boîte et porte un cylindre de cire destinée à recevoir les empreintes tracées par le stylet.

Graphophone de Tainter. — Le graphophone de Tainter est beaucoup plus simple et moins coûteux que le phonographe d'Edison. Il se divise en quatre parties distinctes : 1° le mécanisme d'entraînement du cylindre ; 2° le système enregistreur ; 3° le système répéteur ; 4° le système moteur et régulateur de vitesse.

1° *Mécanisme d'entraînement du cylindre.* — Le mécanisme d'entraînement du cylindre se compose d'un axe horizontal sur lequel est placée une poulie dont l'embrayage et le désembrayage se font à l'aide de deux petites pièces placées

à droite. Cette poulie est mise en mouvement à l'aide d'une cordelette actionnée par le moteur.

Le cylindre recouvert de cire est placé entre deux pièces demi-sphériques destinées à lui assurer un centrage parfait et une mise en place rapide.

2° *Système enregistreur.* — Une plaque de mica sur laquelle est fixée une lame coupante qui s'appuie sur le cylindre recouvert de cire forme le système enregistreur. Elle est maintenue à sa périphérie dans une monture portant un pas de vis qui s'engage sur la vis horizontale destinée à entraîner le système enregistreur dans le sens de la longueur.

3° *Système répéteur.* — Le système répéteur se substitue au système enregistreur. Il comprend un appareil en ébonite dont l'une des extrémités porte une petite pointe articulée en acier qui s'engage dans la partie rugueuse de la rainure pratiquée par le stylet enregistreur. L'autre extrémité repose sur le cylindre et porte un fil tendu attaché au centre d'un disque mince en celluloïd de 18 à 20 millimètres de diamètre.

Lorsque le cylindre est mis en mouvement, le stylet transmet ses vibrations au disque de celluloïd par l'intermédiaire du fil tendu et, de là, au tympan par un tuyau en caoutchouc muni de deux petits cornets que l'auditeur place contre ses oreilles.

4° *Système moteur.* — Le système moteur entraînant le cylindre comprend deux plateaux de friction recouverts d'une composition succédanée du cuir. Ces deux plateaux restent en contact tant que la vitesse angulaire de l'appareil est suffisante; mais, dès qu'elle est dépassée, un régulateur à force centrifuge agit pour séparer le plateau fixé sur l'arbre moteur à pédale du plateau de l'axe commandant le graphophone. Il en résulte que l'axe de la pédale tourne à vide, et l'appareil tend à s'arrêter. Dès que la vitesse se ralentit, l'embrayage se produit de nouveau par le rapprochement des plateaux. On obtient de la sorte, à l'aide d'un dispositif très simple, une vitesse sensiblement uniforme.

Le graphophone, qui fonctionnait avec succès à l'exposition de 1889, a reçu, en France, une application pratique. On

a pu, en effet, le voir fonctionner, à la grande satisfaction des curieux, dans les foires suburbaines de Paris.

Le cylindre est remplacé par une plaque de gutta-percha, placée sur un plateau horizontal que le forain met en mouvement à l'aide d'une pédale.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

	Pages.
Définitions préliminaires.....	1

CHAPITRE II

Constitution et état des corps

Constitution des corps	4
Etat des corps.....	4
Etats solide, liquide, gazeux.....	4
Propriétés des corps.....	5
Propriétés générales.....	5
Porosité	5
Ether.....	6
Compressibilité	6
Elasticité	7
Propriétés particulières	7

CHAPITRE III

Acoustique

Production du son. — Bruits.....	8
Ondes sonores.....	8
Corps sonores. — Vibrations. — Formation des sons.....	9
Qualités du son. — Timbre.....	10
Propagation et vitesse du son.....	10
Le son ne se propage pas dans le vide.....	12
Vibrations des cordes.....	12

	Pages.
Vibration des fils	13
Vibration des plaques	13
Vibration des membranes	14
Vibration des solides de forme quelconque	14

CHAPITRE IV

Perception des sons, de la voix, de la prononciation

Perception des sons	15
Oreille externe	15
Oreille moyenne	16
Oreille interne	17
De la voix	18
De la prononciation	19

CHAPITRE V

Téléphones à air ou tubes acoustiques. — Téléphones mécaniques

Tube acoustique ou tube parlant	23
Appareils avertisseurs	26
Téléphone à ficelle	27
Téléphone Knudson et Ellsworth	29
Téléphone de M. Montagu de Mandeville	30
Applications pratiques des téléphones mécaniques	31
Installation d'un poste central	31
Audiphone	33

CHAPITRE VI

Notions d'électricité

Définition de l'électricité	35
Actions mécaniques	35
Actions magnétiques	35
Actions chimiques	36
Actions calorifiques	36
Phénomènes naturels	37
Théorie de l'électricité	37
Corps conducteurs et isolants	38
Potentiel	39
Electrisation par influence ou induction électrique	40

	Pages.
Distribution de l'électricité sur les corps conducteurs de diverses formes.....	40
Électricité atmosphérique.....	41
Paratonnerres.....	42

CHAPITRE VII

Magnétisme

Aimants naturels, artificiels.....	43
Substances magnétiques.....	43
Pôles. — Ligne neutre.....	43
Action mutuelle des pôles magnétiques.....	44
Magnétisme terrestre.....	45
Composition des aimants.....	46
Aimantation par influence.....	46
Fantômes magnétiques. — Ligne de force. — Champ magnétique.....	47
Procédés d'aimantation.....	49
Propriétés magnétiques d'un barreau d'acier suivant son mode de préparation.....	51
Points consécutifs.....	51
Distribution lamellaire du magnétisme. — Plaques magnétiques.....	52
Conservation du magnétisme dans les barreaux aimantés.....	53
Faisceaux magnétiques.....	53

CHAPITRE VIII

Courant électrique. — Piles

Courant électrique.....	55
Piles.....	55
Pile à un seul liquide.....	56
Polarisation.....	57

PILES A UN SEUL LIQUIDE AVEC DÉPOLARISANT SOLIDE

Piles Leclanché.....	58
Pile à vase poreux.....	58
— à plaques agglomérées mobiles.....	59
Pile Bloc à liquide immobilisé.....	61
— Lalande et Chaperon.....	63
— Lalande à plaques agglomérées.....	64

PILES A UN SEUL LIQUIDE AVEC DÉPOLARISANT LIQUIDE

Piles au bichromate de soude.....	65
-----------------------------------	----

PILES A DEUX LIQUIDES

	Pages.
Pile au bichromate de soude.....	65
— Callaud.....	66

CHAPITRE IX

Circuits. — Loi de Ohm. — Groupement des piles

Circuit téléphonique magnétique ou magnéto-électrique.....	68
Circuit téléphonique avec pile.....	68
Circuit ouvert. — Circuit fermé.....	68
Rôle de la terre.....	69
Composition d'un circuit téléphonique magnétique.....	69
Composition d'un circuit téléphonique avec pile.....	70

LOIS DES COURANTS

Résistance. — Intensité. — Loi de Ohm. — Unités électriques.....	70
Force électromotrice.....	72
Résistance.....	72
Résistance intérieure des piles.....	73
Intensité.....	74
Contrôleurs de piles.....	74
Groupement des piles.....	75

CHAPITRE X

Électro-magnétisme

Galvanomètre.....	77
Action des courants sur les aimants.....	78
Action des courants sur un barreau de fer doux.....	79
Electro-aimants.....	79

CHAPITRE XI

Courants de différents ordres

Courant inducteur.....	81
Circuit induit ou d'induction.....	81

Pages.

Emploi des bobines comme moyen d'augmenter l'intensité de l'induction électrique et magnétoélectrique.	84
Maximum d'intensité de l'induction électrique.....	86
Bobine d'induction.....	86
Propriétés générales des courants induits.....	87
Extra-courants. — Self-induction.....	88
Courants induits de différents ordres.....	89
Courants intermittents.....	90
Courants d'impulsion.....	90
Courants ondulatoires.....	91
Condensation. — Courant de décharge.....	91
Condensateurs.....	93
Courants telluriques et thermo-électriques.....	95
Courants terrestres.....	97
Courants d'aurore boréale.....	98

CHAPITRE XII

Les téléphones primitifs	100
---------------------------------	-----

CHAPITRE XIII

Téléphones magnétiques

TÉLÉPHONES MUSICAUX

Téléphone de Reiss.....	105
Transmetteur.....	106
Récepteur.....	107
Condensateur chantant.....	108

TÉLÉPHONES ARTICULANTS

Téléphone Bell.....	110
Principes généraux.....	111
Vérification de la bobine.....	111
Réglage de la plaque vibrante.....	112
Aimantation du barreau.....	112
Résistance que doit offrir le fil de la bobine.....	113
Mode d'emploi du téléphone.....	113
Théorie du téléphone.....	114
Réversibilité du téléphone.....	116
Téléphone montre.....	117
Téléphones Bell jumelés.....	181

	Pages.
Téléphone Gower.....	118
Téléphone Ader.....	123
Description de l'appareil.....	124
Téléphone Poney-Crown.....	125
— d'Arsonval.....	125
— Ochrowicz.....	127
— Aubry à membrane porte-aimant.....	128
Caractères distinctifs.....	128
Parties essentielles.....	129
Résultats obtenus.....	129
Désignation des types.....	130
Bi-téléphone Mercadier.....	131
Téléphone Roulez.....	133
Condensateur parlant.....	136
Téléphone automatique Polto.....	136

CHAPITRE XIV

Appels phoniques. — Avertisseurs. — Sonneries polarisées Commutateurs. — Paratonnerres

APPELS PHONIQUES

Appel Siemens.....	138
Appel Abdank-Abakonowicz.....	139
Appel Sieur.....	140
Appel Cooke.....	140

AVERTISSEURS

Sonnerie polarisée.....	142
-------------------------	-----

COMMUTATEURS

Commutateur rond.....	143
— simple.....	143
— suisse.....	144
— rond ou à rosace.....	145
— bavarois.....	145
— automatique.....	145

PARATONNERRES

Paratonnerre Bertsch.....	146
— à pointes.....	147
— à feuille de mica ou à papier.....	147
— à fil préservateur.....	148

	Pages.
Commutateur-paratonnerre pour poste central.....	149
Paratonnerre à lame d'air.....	150

CHAPITRE XV

Montage des postes téléphoniques magnétiques

Poste simple.....	152
— central.....	153

CHAPITRE XVI

Dérangements

Non-réponse du correspondant.....	155
Vérification de la terre.....	156
Ligne à la terre.....	156
Moyen pratique de vérifier l'état d'un circuit et de régler simultanément la plaque d'un téléphone.....	157
Faiblesse des sons recus.....	158
Réception dans le téléphone de courants étrangers.....	158
Terre défectueuse.....	159

CHAPITRE XVII

Applications du téléphone

Emploi du téléphone comme baromètre.....	161
Mesure des températures à distance.....	162
Sonde téléphonique.....	162
Bouées téléphoniques.....	164
Téléphone employé avec le scaphandre.....	165
Téléphone signal pour la protection des trains.....	165
Calcul du jet des projectiles.....	166
Surprise des dépêches télégraphiques par le téléphone.....	167
Application du téléphone à la détermination du méridien magnétique.....	167
Sensibilité du téléphone.....	169

CHAPITRE XVIII

Microphones

Microphone de Hughes.....	170
— Ader.....	172

	Pages.
Théorie du microphone	173
Microphone à contacts pulvéralents	174
Microphone à frein filiforme	179
Microphone de MM. Mercadier et Anizan	180
Système Paul Bert et d'Arsonval	182

APPAREILS BASÉS SUR DES PRINCIPES DIFFÉRENTS
DE CEUX DU MICROPHONE HUGHES

Electro-motographe d'Edison	184
Téléphone électro-capillaire de M. A. Bréguet	185
Microphone à jet d'eau de M. G.-A. Bell	186
Système téléphonique à courant thermo-électrique	187
Le krotophone	188

CHAPITRE XIX

Appareils accessoires

ANNONCIATEURS. — SONNERIE

Sonnerie	190
Tableaux annonciateurs	191
Tableau annonciateur pour maisons particulières	191
— — bureau central	193
Annonciateur de fin de conversation	194

COMMULATEURS

Commuteurs à crochet	195
Conjoncteur Jack-Knife	201
Commutateur à touches ou clé d'écoute	203
Conjoncteur pour simple fil	204
Commutateur inverseur	205
Commutateur à six directions et à deux manettes	207

RELAIS. — RAPPEL PAR INVERSION DE COURANT

Relais simple	208
Relais à appel direct	209
Rappel par inversion de courant	211
Transformateur	213
Adaptateur microphonique pour diverses distances de MM. E. Mercadier et Anizan	214

CABINES TÉLÉPHONIQUES

	Pages.
Cabine à ventilateur amortisseur.....	218
Cabines téléphoniques belges.....	218
Cabines téléphoniques allemandes.....	220

CHAPITRE XX

Montage des postes microphoniques

Poste simple.....	221
Poste double avec commutateur.....	224
Poste à deux directions.....	224
Installations de trois postes avec rappel par inversion de courant.....	227
Poste central.....	229
Montage d'un poste central à circuit unifilaire.....	230
Poste d'opérateur.....	233
Montage d'un poste central multiple à circuit bifilaire..	234
Poste central système Mandroux.....	237

CHAPITRE XXI

Dérangements

Non-réponse du correspondant.....	240
-----------------------------------	-----

ISOLEMENT. — VÉRIFICATION DE LA PILE

Vérification du circuit de la sonnerie.....	240
— des circuits inducteur et induit.....	242
Perte à la terre.....	243

RECHERCHE DES DÉRANGEMENTS DANS LES CABLES

Isolément. — Perte à la terre.....	244
Mélanges.....	245
Recherche d'un fil dans un câble.....	246

CHAPITRE XXII

Applications du microphone

Emploi du microphone comme thermoscope.....	247
Microphone explorateur de MM. Chardin et Berjot.....	247
Une application pratique du microphone.....	248

	Pages.
Application du microphone aux usages militaires.....	249
Application du microphone à la médecine.....	250
Microphone utilisé pour l'étude des mouvements du sol....	259
Correction des horloges au moyen du microphone.....	260
Transmission téléphonique sans appareil récepteur.....	261
Audiomètre ou sonomètre.....	262
Balance d'induction téléphonique.....	263
Expériences faites avec la balance d'induction.....	268

CHAPITRE XXIII

Construction des lignes

INDUCTION. — CAPACITÉ ÉLECTROSTATIQUE.

Lignes aériennes.....	274
Lignes souterraines.....	276

LIGNES AÉRIENNES

Fils.....	277
Lignes électriques artificielles.....	278
Jonction des conducteurs.....	280
Isolateurs.....	281
Poteaux.....	281
Poteaux en bois.....	282
— en fer.....	282
Potelets.....	284
Haubans.....	284
Poteaux jumelés.....	286
Sourdines.....	288
Tourelles de concentration.....	287

LIGNES SOUTERRAINES

Câbles Fortin-Hermann.....	289
Câbles au papier et à air.....	290
Dessécheur d'air.....	291

CHAPITRE XXIV

Transmission télégraphique et téléphonique simultanée

Système Van Rysselberghe.....	293
Appel phonique pour système Van Rysselberghe.....	296

	Pages.
Système de M. P. Picard.....	297
Appel phonique P. Picard.....	299
Appel phonique Teilloux.....	300

CHAPITRE XXV

Photophonie

Photophone de MM. Bell et Tainter.....	302
Application du photophone à l'étude des bruits qui ont lieu à la surface solaire.....	307

CHAPITRE XXVI

Phonographie

PHONAUTOGRAPHE. — LOGOGRAPHE. — PHONOGRAPHE OU GRAPHOPHONE

Le phonautographe.....	309
Le phonographe.....	310
Application militaire du phonographe.....	312
Le micro-graphophone.....	313
Le graphophone de Tainter.....	314