

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 - http://cnum.cnam.fr](http://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)	Pierard, Émile (1864-1924)
Titre	La téléphonie : historique, technique, appareils et procédés actuels : ouvrage couronné par l'Association des ingénieurs sortis de l'École de Liège
Adresse	Liège : Charles Desoer, éditeur, 1894
Collation	1 vol. (372 p.) : ill., tabl. ; 25 cm
Nombre d'images	378
Cote	CNAM-BIB 8 Sar 371
Sujet(s)	Lignes de transmission (télécommunications) Téléphone -- 1870-1914 Téléphone -- Appareils et matériel Téléphone -- Belgique -- 1870-1914
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	20/01/2021
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8SAR371

LA TÉLÉPHONIE

Historique, technique, appareils et procédés actuels

LIEGE. — IMPRIMERIE DESOER.

LA TÉLÉPHONIE

HISTORIQUE, TECHNIQUE, APPAREILS ET PROCÉDÉS ACTUELS

PAR

ÉMILE PIÉRARD

Ingénieur honoraire des mines,
Ingénieur électricien sorti de l'Institut Montefiore,
Ingénieur des télégraphes belges, à Bruxelles.

Ouvrage couronné par l'Association des Ingénieurs
sortis de l'École de Liège.

AVEC 224 FIGURES DANS LE TEXTE

LIÈGE

CHARLES DESOER, ÉDITEUR
Rue Gérardrie

Mars 1894

LA TÉLÉPHONIE

Historique , technique , appareils et procédés actuels



AVANT-PROPOS.

Quoique le téléphone ne date que de 1876, le domaine de ses applications est déjà immense.

Les rapides et considérables développements qu'ont pris les réseaux, ont donné le jour à une quantité d'appareils tant transmetteurs que récepteurs téléphoniques, producteurs et récepteurs de signaux. Les commutateurs eux-mêmes se sont modifiés continuellement, au fur et à mesure que le problème à résoudre devenait plus difficile. Puis sont venues la téléphonie interurbaine et bientôt sous-marine, apportant de nouvelles difficultés, demandant par suite de nouvelles solutions et compliquant encore les installations.

Ce développement continu et étonnamment rapide, s'est propagé presque simultanément tant en Amérique,

pays d'origine, qu'en Europe, revêtant généralement dans sa réalisation des formes et des dispositifs appropriés au génie particulier de ceux qui les utilisaient.

Aussi ne faudrait-il rien moins que plusieurs gros volumes aussi fastidieux qu'indigestes, pour suivre partout pas à pas les progrès de la téléphonie et décrire les diverses espèces d'appareils téléphoniques qui ont vu le jour, ont été appliqués, ne fût-ce que quelques mois, et présentaient d'ailleurs, nous le concédons, des dispositions nouvelles ou intéressantes.

Notre but, hâtons-nous de le dire, est beaucoup plus modeste.

Persuadé que pour un livre, comme pour un instrument, la simplicité l'emporte sur la complication, nous avons seulement visé à donner une idée nette du fonctionnement des appareils téléphoniques, nous bornant aux principes, choisissant minutieusement dans la multitude d'appareils usités les principaux types sanctionnés par la pratique et auxquels les autres se ramènent d'ailleurs aisément, élaguant les appareils trop complexes — ne résolvant que des problèmes tout à fait spéciaux — dont il n'existe en service (et ailleurs qu'en Belgique) que quelques spécimens probablement destinés à disparaître.

Nous avons de même cru pouvoir passer sous silence les théories abstraites, ne conduisant pas à des résultats pratiques, en ayant soin toutefois d'indiquer où les amateurs de spéculations transcendantes pourront les trouver.

En résumé, tout en réservant une place très suffisante pour les appareils importants aux seuls points de vue scientifique ou historique, et en donnant en outre une monographie assez étendue des installations belges, nous nous sommes efforcé de rassembler méthodiquement et

d'exposer le plus clairement possible les matériaux *utiles*, d'application immédiate, concernant la téléphonie, espérant rendre quelques services à la phalange déjà si nombreuse des spécialistes engagés dans cette nouvelle branche technique.

CHAPITRE I.

Les téléphones non électriques.

La téléphonie, comme son nom l'indique, est l'art de transmettre les sons au loin.

La transmission de la parole en constitue la principale application; aussi entend-on généralement par téléphonie, l'art de communiquer oralement à distance.

LE PORTE-VOIX.

Le porte-voix appartient donc à la classe des téléphones, et c'est évidemment le premier de ces appareils qui vit le jour. D'après le père Kircher, mort à Rome en 1680, le porte-voix était connu d'Alexandre-le-Grand qui s'en servait pour commander ses armées.

Il se compose d'un tube conique en métal, terminé d'un côté par une partie évasée qu'on nomme le pavillon, de l'autre par une seconde partie évasée également, mais plus petite, l'embouchure.

Pour s'en servir on parle dans l'embouchure, en dirigeant le pavillon dans la direction où l'on veut transmettre les sons.

On a longtemps expliqué l'effet du porte-voix par une suite de réflexions successives des ondes sonores sur ses parois intérieures, réflexions en vertu desquelles la voix ne se transmettrait que dans la direction de l'instrument. .

Or celui-ci propageant la voix dans toutes les directions (beaucoup moins fortement cependant que suivant son axe), son effet doit plutôt être attribué à un renforcement de la voix par la colonne d'air contenue dans le tube, laquelle entre elle-même en vibration, lorsqu'on parle dans l'embouchure.

Les perfectionnements qu'il a reçus, n'ont pas grande importance; sa portée de transmission est forcément très limitée et son emploi restreint aux applications maritimes. Nous ne nous y arrêterons donc pas.

LE CORNET ACOUSTIQUE.

Il joue, par rapport à l'oreille, le rôle du porte-voix relativement à la bouche: il renforce l'audition des sons.

C'est un tube conique de métal dont une des extrémités se termine en pavillon.

Il fonctionne surtout par vibration de la colonne d'air contenue dans le tube, comme le porte-voix.

Son principal usage est de suppléer au défaut de sensibilité de l'oreille chez les personnes atteintes de surdité. L'interlocuteur parle dans ou près de l'embouchure de l'instrument dont l'extrémité ténue est introduite dans l'organe auditif. Il peut aussi servir, et c'est ce qui le fait rentrer dans la catégorie des téléphones, à saisir des sons et même des conversations à distance.

TUYAUX ACOUSTIQUES OU SPEAKING-TUBES.

A l'air libre, l'intensité du son varie en raison inverse du carré de la distance du corps sonore. Cette loi est la conséquence théorique du mode de propagation du son dans un milieu indéfini. L'ébranlement se propage par couches concentriques. Or les surfaces de celles-ci varient

proportionnellement aux carrés de leurs rayons. Par conséquent, sur une surface déterminée comme l'oreille humaine, la quantité de force vive qui sera transmise à diverses distances variera en raison inverse des surfaces sphériques correspondantes, et, par suite, en raison inverse des carrés des distances au corps sonore.

Il en est tout autrement, lorsque la transmission s'effectue dans des tuyaux, surtout si ceux-ci sont cylindriques et droits.

Dans ce cas, le son peut être porté à une distance considérable sans diminution bien sensible. Biot a constaté que dans un tuyau de conduite des eaux de Paris, long de 951 mètres, la voix perd si peu de son intensité, que d'une extrémité à l'autre de ce tuyau on peut entretenir une conversation à voix basse.

C'est sur cette propriété que sont basés les tubes acoustiques ou speaking-tubes. On les compose ordinairement de tubes cylindriques flexibles en caoutchouc, qui se terminent par deux orifices en os ou en ivoire en forme d'embouchure évasée. Un sifflet peut s'emboîter dans chacune des embouchures.

On souffle d'abord dans le tube, pour prévenir par un coup de sifflet la personne avec qui l'on veut converser. Celle-ci siffle de la même manière pour annoncer qu'elle a entendu l'appel, puis le sifflet étant enlevé, elle place l'embouchure à l'oreille, pendant que l'interlocuteur parle à voix basse dans l'autre embouchure.

On emploie cet appareil pour converser à distance dans les maisons privées, usines, magasins, ou à bord des navires, soit d'une pièce à l'autre, soit d'étage à étage.

De bons résultats sont aussi obtenus par l'emploi de tuyaux métalliques et notamment de tuyaux à gaz.

Il faut éviter autant que possible les coudes brusques et les renflements, car ils affaiblissent l'intensité du son. Plus l'intérieur du tube est poli, moins l'intensité est altérée.

Notons que la transmission est loin d'être instantanée, le son parcourant, d'après les expériences de M. Regnault, 330^m68 par seconde dans l'air sec, à la température zéro, quelle que soit d'ailleurs la pression atmosphérique.

Avec des tubes de 18 millimètres de diamètre intérieur, on ne peut guère dépasser la portée de 50 mètres ; le diamètre de 20 permet d'aller à 80 mètres et celui de 22 d'atteindre 100 à 110 mètres, en gardant une bonne transmission.

LE TÉLÉPHONE A FICELLE.

Nous le connaissons tous pour nous en être servis dans notre jeune âge ; c'est un jouet qui a joui d'une grande vogue à certains moments.

Avec lui, nous entrons dans la classe des appareils dans lesquels entre en action un autre intermédiaire que l'air pour propager le son, et dans lesquels, par conséquent, l'idée de la transmission se dégage davantage.

Suivant M. Preece (1), le document le plus ancien où la transmission du son à distance soit formulée d'une manière un peu nette, remonte à l'année 1667, comme il résulte d'un écrit du physicien Robert Hooke qui dit à ce propos : « Il n'est pas impossible d'entendre un bruit » à grande distance, car on y est déjà parvenu et l'on

(1) *Le Téléphone, le Microphone et le Phonographe*, par Dr MONCEL, 1880, p. 1.

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

Les téléphones à ficelle sont constitués par des tubes cylindro-coniques en métal ou en carton, dont un bout est formé par une membrane de parchemin tendue, au centre de laquelle est fixée par un nœud la ficelle ou le cordon destiné à les réunir.

Quand deux tubes de ce genre sont ainsi reliés et que le fil est bien tendu, il suffit qu'une personne applique un de ces tubes contre l'oreille et qu'une autre parle très près de l'embouchure de l'autre tube, pour que les paroles prononcées par cette dernière soient immédiatement transmises à l'autre, et l'on peut même converser de cette manière à voix basse.

Dans ces conditions, les vibrations de la membrane impressionnée par la voix se trouvent transmises mécaniquement à l'autre membrane par le fil qui, comme l'avait annoncé le physicien de 1667, transmet les sons beaucoup mieux et plus vite que l'air.

On a pu, par ce moyen, converser à des distances de 150, 200 et même 300 mètres.

Dans certains modèles, on a disposé les tubes de manière à présenter, entre la membrane et l'embouchure, un diaphragme percé d'un trou. Du Moncel n'a pas reconnu de supériorité bien marquée à l'appareil ainsi modifié.

D'après M. Millar, de Glasgow, l'intensité des effets produits dans ces téléphones dépend pour une large part de la nature de la ficelle, de la manière dont elle est attachée et du mode de fixation de la membrane sur l'embouchure.

Afin de permettre la transmission, lorsque la ficelle présente plusieurs coudes, M. Bréguet a eu l'idée d'employer comme supports des espèces de petits tambours de basque par le centre desquels on fait passer le fil. L'élasticité de la membrane aide à la propagation des vibrations mécaniques auxquelles la corde est soumise, ce qui permet de franchir les coudes sans trop affaiblir la transmission.

Dans le même but, M. Bréguet a également construit des espèces de relais constitués par des cylindres de laiton fermés de part et d'autre par une membrane à laquelle viennent se rattacher les ficelles.

Au lieu d'un seul récepteur, on peut en employer plusieurs et permettre ainsi l'audition à plusieurs personnes, en les rattachant par des ficelles au cordon principal et en ayant soin de tendre les fils secondaires dans une direction peu différente de celle de ce dernier.

Quoique d'un avenir évidemment fort précaire, le téléphone à ficelle a provoqué les recherches de plusieurs savants, entre autres MM. Wheatstone, Cornu, Mercadier, Millar, Heavyside et Nixon.

M. Millar a reconnu qu'avec un fil télégraphique tendu

et relié par deux fils de cuivre à deux disques susceptibles de vibrer, on pouvait transporter les sons musicaux à 150 mètres, et qu'en tendant des fils à travers une maison, ces fils étant reliés à des embouchures et à des cornets auriculaires placés dans différentes chambres, on pouvait correspondre avec toutes ces chambres.

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

M. Ducharme a obtenu des résultats remarquables à l'aide de fils métalliques non tendus, roulés en hélice, supportés par des rondelles de caoutchouc et fixés de part et d'autre, avec de la cire molle, aux organes générateurs du son (plaque, diapason ou instruments à corde) et à des feuilles de clinquant ou d'étain qui jouissent de la propriété de rendre presque tous les sons.

Enfin, s'il faut en croire les journaux américains (1), on a pu transmettre la parole à 5 kilomètres de distance par l'intermédiaire d'un fil métallique tendu sur les poteaux télégraphiques ou reposant même simplement sur le fond vaseux d'un lac de 400 à 500 mètres de largeur. L'appareil, appelé « pulsion téléphone », se compose d'une boîte munie d'un tube porte-voix, dont le fond est formé par une plaque mince d'acier fixée par une rondelle. De la plaque part le fil de ligne. Un système de ressorts de résonnance en spirale, disposés assez irrégulièrement dans la boîte, concourt à la transmission ou à la réception des harmoniques.

(1) *Bulletin de l'Association des Ingénieurs électriciens sortis de l'Institut Montefiore*, mars 1890, t. I, p. 98.

Mais, quoi qu'il en soit des perfectionnements que l'on ait imaginés pour améliorer ses effets, l'appareil n'en reste pas moins un curieux instrument de laboratoire ou mieux un intéressant jouet, plutôt qu'un instrument de quelque utilité pratique.

D'après certains voyageurs cependant, le téléphone à ficelle serait depuis longtemps employé en Espagne pour les correspondances amoureuses, — fait que, pour notre part, nous avons pu vérifier récemment à Séville.

CHAPITRE II.

Les téléphones électriques.

§ I. — LES PRÉCURSEURS DU TÉLÉPHONE ÉLECTRIQUE.

Comme toutes les grandes inventions, le merveilleux instrument dû au génie de Graham Bell ne fut pas créé d'un jet. Plusieurs années de tâtonnements marquèrent sa période de gestation, dont le commencement peut être fixé à l'année 1837. A cette époque, Page, en Amérique, reconnut qu'une tige magnétique soumise à des aimantations et à des désaimantations successives très rapides, pouvait émettre des sons, en produisant ce qu'il appelait *de la musique galvanique*.

Les sons obtenus étaient en rapport avec le nombre des émissions de courants provoquant les aimantations.

Un second pas en avant fut fait, quand en 1847 et 1852 MM. Froment et Pétrina, appropriant pour la production des sons musicaux les vibreurs électriques combinés par MM. Mac-Gauby, Wagner, Neef et d'autres, prouvèrent que le problème de la transmission des sons à distance était possible.

Toutefois, jusqu'en 1854, personne n'avait osé admettre la possibilité de transmettre électriquement *la parole* à distance. Aussi, quand M. Charles Bourseul vint l'affirmer dans une note publiée par le comte Du Moncel dans son *Exposé des applications de l'électricité*, fut-il accueilli avec une parfaite incrédulité.

Voici ce qu'il disait :

« Après les merveilleux télégraphes qui peuvent reproduire à distance l'écriture de tel ou tel individu, et même des dessins plus ou moins compliqués, il semblerait, impossible dit M. B*** (1), d'aller plus en avant dans les régions du merveilleux. Essayons cependant de faire quelques pas de plus encore. Je me suis demandé, par exemple, si la parole elle-même ne pourrait pas être transmise par l'électricité, en un mot si l'on ne pourrait pas parler à Vienne et se faire entendre à Paris. La chose est praticable, voici comment :

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

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

(1) DU MONCEL lui-même croyait si peu à la possibilité de la reproduction électrique de la parole, qu'il n'osa pas publier le nom de l'auteur de l'article et le désigna par B***.

» vous pourrez avoir à distance une autre plaque qui exé-
» cutera en même temps les mêmes vibrations.

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

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

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

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

» En tout cas, il est impossible de démontrer dans l'état
» actuel de la science que la transmission électrique des
» sons soit impossible. Toutes les probabilités, au con-
» traire, sont en faveur de la possibilité.

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

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

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

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

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

M. Bourseul restait dans des termes fort vagues, quant au mécanisme à combiner pour arriver au résultat ; mais l'idée qu'il émettait était féconde et ne devait pas tarder à porter des fruits.

Phonautographe de Scott. — Un an plus tard, M. Léon Scott, de Martinville, voulant obtenir l'inscription graphique des vibrations, imagina un appareil qu'il baptisa du nom de phonautographe. Il se composait en principe d'une peau tendue munie d'un style léger vibrant sous l'influence de la voix, du chant, d'un bruit quelconque, au moyen d'une caisse de résonnance, en forme de grand

pavillon dont le fond était occupé par la membrane. Le style enregistrait les vibrations, en produisant des stries sur une bande cylindrique de papier couverte d'une légère couche de noir de fumée et animée d'un mouvement de rotation hélicoïdal. Cette membrane du phonautographe est l'origine d'une des parties principales du téléphone actuel : la plaque vibrante.

En la combinant avec l'appareil de Page, M. Reiss arriva, en 1860, à faire entendre à de grandes distances, une mélodie jouée en un lieu donné.

Rappel de quelques principes d'acoustique. — Avant d'aborder la description de l'appareil de M. Reiss, il devient nécessaire de se remémorer quelques principes d'acoustique.

Le son se propage par vibrations longitudinales. Dans les milieux gazeux, l'air par exemple, celui-ci est en chaque point alternativement condensé et dilaté.

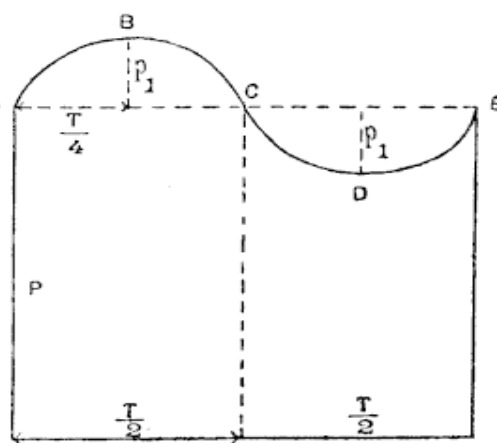
Il en résulte que la courbe des pressions d'un son simple en fonction du temps est une sinusoïde.

Pendant la période que l'on peut appeler positive, la pression, partant de sa valeur normale au lieu considéré, augmente graduellement, pour revenir par la même gradation à cette valeur normale. Pendant la période négative qui dure le même temps et lui succède immédiatement, la pression diminue de la même manière de la quantité dont elle avait augmenté et se relève ensuite à sa valeur initiale. Pendant la période complète dont la durée est T secondes, comprenant donc deux phases successives et opposées, l'une de compression, l'autre de dépression, on a ce que l'on appelle une *onde* ou *vibration complète*, repré-

sentée graphiquement fig. 1 et dont l'équation est

$$p = P + p_1 \sin \frac{2\pi t}{T}.$$

En A, au temps 0, règne la pression normale P. Elle s'élève graduellement jusqu'au temps $\frac{T}{4}$ en B, où elle a augmenté de p_1 . Elle diminue ensuite pour revenir à sa valeur normale P au temps $\frac{T}{2}$, en



C. Vient alors la période de dépression. La pression diminue jusqu'en D au temps $\frac{3}{4}T$ où elle n'est plus que $P - p_1$; elle remonte ensuite à sa valeur initiale P qu'elle atteint en E au temps T. La longueur p_1 s'appelle *amplitude* de l'onde.

Chaque son simple correspond à un certain nombre n d'ondes ou vibrations complètes par seconde. La durée de chacune d'elles est conséquemment $\frac{1}{n} = T$ secondes.

Deux sons simples de même période et même intensité seront donc représentés par deux sinusoïdes absolument semblables. Si les sons se produisent simultanément et de la même manière, c'est-à-dire que les compressions et les dépressions coïncident, les deux courbes se juxtaposent exactement. Dans tout autre cas, les deux sinusoïdes ne coïncident plus et l'on appelle *décalage*, la distance horizontale (représentant un temps) qui les sépare.

Lorsque plusieurs sons se propagent simultanément, la pression en un point déterminé, à un moment quelconque, est la résultante des pressions dues à chacun d'eux. La courbe vibratoire s'obtient alors en sommant les ordonnées des diverses sinusoïdes correspondant aux sons simples composants. Elle peut devenir très compliquée.

Les sons obtenus par les procédés habituels, même ceux qui paraissent les plus simples pour des oreilles non exercées, sont en réalité des ensembles sonores très complexes.

Lorsqu'on les analyse au moyen de résonnateurs Helmholtz, par exemple, on trouve qu'ils sont formés d'un nombre parfois assez grand d'autres sons simples, parmi lesquels on en distingue un beaucoup plus intense qui sert à caractériser l'ensemble étudié et qu'on appelle *son fondamental* ou *principal*.

On distingue dans le son trois qualités principales :

1° *La hauteur* qui dépend du nombre de vibrations complètes effectuées pendant l'unité de temps. Plus ce nombre est considérable, plus le son est élevé ou aigu. A la même note correspond toujours le même nombre de vibrations, quel que soit l'instrument qui le produit. D'après Helmholtz, les sons qui peuvent être perçus, sont renfermés entre environ 16 et 38.000 vibrations par seconde, soit un espace d'environ 11 octaves ;

2° *L'intensité*, qui se décèle par l'énergie plus ou moins grande avec laquelle nos organes auditifs sont impressionnés. Elle dépend de l'amplitude des ondes ou vibrations produites. Plus celles-ci sont considérables, en d'autres termes plus les pressions et dépressions successives de l'air sont accentuées, et plus le son peut s'entendre de loin ;

3° *Le timbre*, qui fait reconnaître l'instrument émettant

le son. Il provient de notes harmoniques tenant aux résonnances des diverses parties de l'instrument. Ces notes sont faibles, c'est-à-dire d'amplitude beaucoup moindre que celle du son fondamental auquel elles s'ajoutent.

En faisant la distinction entre le *genre* d'ondes, la transmission simultanée d'un son avec ses harmoniques peut être comparée à la propagation sur l'eau des grandes vagues dont la surface est ridée par toutes les petites ondulations qui s'y superposent.

Les sons simples, difficiles d'ailleurs à obtenir, ne flattent pas l'oreille, au contraire. Ce sont donc les harmoniques qui contribuent à rendre les ondes sonores pleines et harmonieuses.

Le premier harmonique fait un nombre double, $2n$, de vibrations ; il est l'octave du son fondamental. Le second harmonique en fait un nombre triple, $3n$; c'est le tierce, et ainsi de suite....

Chaque note jouée sur un violon est en réalité un accord de 10 sons, le fondamental et les neuf premiers harmoniques.

Si la même note est jouée sur une flûte, elle n'est accompagnée que des trois premiers harmoniques.

Si elle est jouée sur la clarinette, les premier, troisième, cinquième et septième harmoniques manquent.

Ajoutons que le timbre de la portion musicale d'un son dépend seulement du nombre et de l'intensité des sons partiels ou harmoniques, mais non de leurs différences de phases (1). Il en résulte que les différences des timbres

(1) Voir pour plus de détails : HELMHOLTZ, *Théorie physiologique de la musique*, p. 161 et suivantes.

musicaux dépendent de la présence et de l'intensité des harmoniques, mais non de leurs différences de phase.

Pour l'identité de deux timbres, la seule condition nécessaire est donc que les vibrations de l'air qui parviennent à l'oreille, présentent un même nombre de vibrations pendulaires de même intensité, en supposant que la décomposition en une somme de vibrations simples pendulaires puisse avoir lieu.

L'oreille ne distingue par conséquent pas les différentes formes d'ondes, comme l'œil distingue les représentations des diverses formes de vibrations; elle subdivise plutôt, d'après une loi déterminée, les formes d'ondes en éléments plus simples qu'elle perçoit isolément comme des harmoniques; avec une attention suffisamment exercée, elle peut même les distinguer individuellement.

§ 2. — LES TÉLÉPHONES MUSICAUX.

Appareils de Reiss. — Le téléphone transmetteur de Reiss se composait d'une caisse de résonance, rectangulaire, dont une des parois verticales était munie d'un gros tube porte-voix, dans lequel on parlait. La paroi

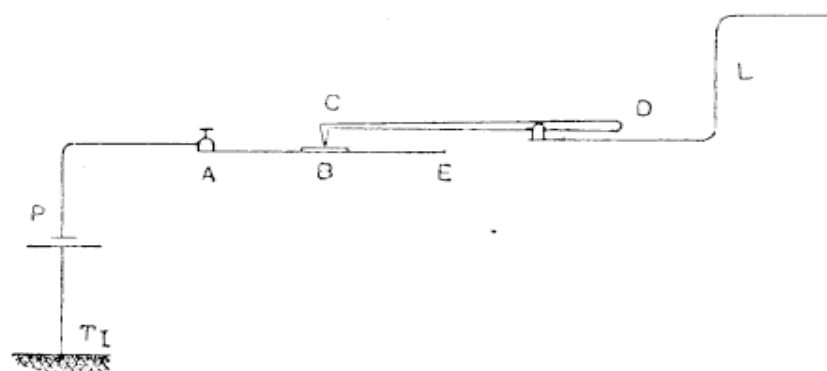


Fig. 2. — Transmetteur Reiss.

supérieure de la caisse était percée d'une large ouverture circulaire à travers laquelle était tendue une membrane AE (fig. 2). Au centre de celle-ci, on avait fixé un léger disque de platine B. Au dessus et très près du disque B se trouvait une pointe de platine C, rattachée à un levier CD. Le disque de platine était en relation, par une mince bande de cuivre, avec l'un des pôles d'une pile P dont le second pôle se trouvait à la terre T_1 ; la pointe métallique C était rattachée d'autre part au fil de ligne L qui aboutissait au téléphone récepteur placé dans un endroit éloigné.

Le téléphone récepteur (fig. 3) était constitué simplement par une longue aiguille en acier GH, entourée d'une bobine et enfermée dans une boîte de résonnance.

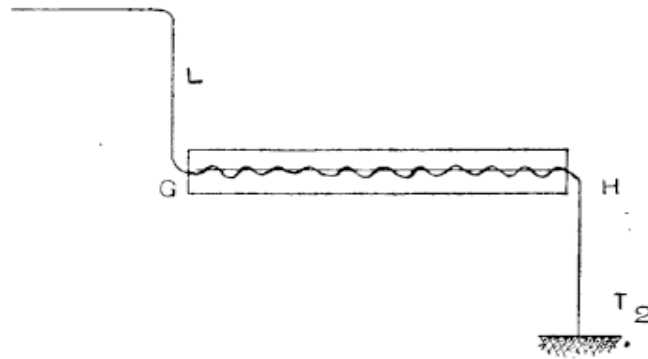


Fig. 3. — Récepteur Reiss.

Une des extrémités de la bobine était attachée au fil de ligne L, l'autre à la terre T_2 .

En produisant un son dans le tube porte-voix du transmetteur à l'aide d'un instrument de musique quelconque, ou même un son vocal, la membrane AE entraînait en vibration, l'onglet de platine B se trouvait porté à chaque vibration contre la pointe C, ce qui fermait le circuit de la pile P par le fil de ligne, la bobine réceptrice et les terres T_1 et T_2 .

Un courant se produisait donc à chaque contact.

En supposant que l'on chantât la note *la* du diapason normal, qui est caractérisée par 435 ondes ou 870 vibrations simples (positives et négatives) par seconde, le contact devait se produire à chaque onde (lors de la vibration positive projetant la plaque vers le haut), soit 435 fois par seconde, provoquant 435 émissions du courant. L'aiguille en acier du récepteur se trouvait aimantée 435 fois, ce qui, en vertu du phénomène de Page, la faisait vibrer le même nombre de fois et reproduisait par conséquent la note *la*.

La note musicale se trouvait reproduite, mais le timbre propre de l'instrument qui l'avait engendrée, ne s'y retrouvait plus, l'appareil étant beaucoup trop grossier pour être sensible aux faibles amplitudes des harmoniques qui déterminent le timbre.

Le son reçu, fortement nasillard, n'avait rien de séduisant. Toutefois, le problème de la transmission à distance d'une mélodie se trouvait résolu.

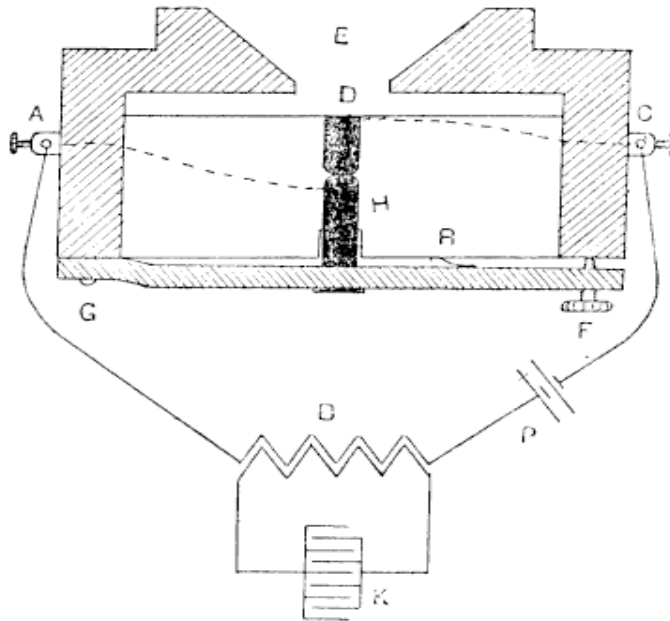
Les appareils de Reiss, tout en restant aptes à la seule transmission des sons musicaux, furent successivement perfectionnés par MM. Iates, Van der Weyde, Cecil et Léonard Wray, Elisha Gray.

Condensateur chantant. — M. Varley découvrit en 1870 qu'un condensateur chargé et déchargé rapidement émet un son. Ce fait provient de l'attraction s'exerçant entre les armatures du condensateur chargé. La hauteur du son obtenu est en rapport avec le nombre de charges et de décharges par seconde.

L'appareil de Varley, très encombrant (le récepteur était un tambour d'un mètre de diamètre), prit une forme pratique entre les mains de MM. Pollard et Garnier (fig. 4).

Appareils de MM. Pollard et Garnier. — Le condensateur K est formé de 30 feuilles de papier superposées, de 9 sur 13 centimètres, entre lesquelles sont interposées 28 feuilles d'étain de 6 sur 12 centimètres.

Les feuilles paires sont réunies ensemble à l'un des bouts du cahier de papier et les feuilles impaires à l'autre bout. Le tout



est ligaturé avec une bande de papier et les feuilles d'étain réunies aux deux garnitures de cuivre munies de bornes d'attache.

L'appareil transmetteur se compose d'une boîte cylindrique portant une embouchure E. Sous l'embouchure E se trouve une lame vibrante en fer-blanc, au centre de laquelle est soudé un morceau cylindrique de charbon D. Contre ce charbon appuie un autre cylindre de la même matière, qui est porté par une traverse en bois GF articulée en G et fixée de l'autre côté au moyen d'une vis de réglage F. Un ressort arqué R, placé en travers de cette pièce, lui donne une certaine élasticité.

La lame de fer est mise en rapport avec un des pôles d'une pile P, de 6 éléments Leclanché, et le charbon infé-

rieur H correspond à l'hélice primaire d'une bobine d'induction B reliée d'autre part au second pôle de la pile.

Enfin les deux bouts de l'hélice secondaire de la bobine sont en relation avec les deux armatures du condensateur.

On règle les charbons de manière que les extrémités en regard soient très près l'une de l'autre.

On arrive facilement à ce réglage par tâtonnement, en émettant la même note dans l'embouchure, jusqu'à ce que le condensateur résonne.

Si trois notes émises successivement sont bien reproduites, l'appareil peut être considéré comme suffisamment réglé. Pour le faire fonctionner, il suffit d'enfoncer la bouche dans l'embouchure et de chanter. Il faut, pour obtenir un bon résultat, que l'on entende la lame vibrer à la manière des mirlitons. Au lieu de charbons, on peut employer des contacts en platine.

§ 3. LES PANTÉLÉPHONES (1) MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES.

Téléphone de Graham Bell. — Le téléphone Bell n'est pas dû, comme d'aucuns pourraient le croire, à la découverte fortuite d'un heureux inventeur. Bell avait connaissance des travaux de ses devanciers, parmi lesquels il cite Page, Marrion, Beatson, Gassiot, De la Rive, Matteucci, Guillemin, Wertheim, etc., et s'était livré à de laborieuses études sur l'acoustique, en collaboration avec son père.

Il commença par l'étude des sons des voyelles, fit des expériences parallèles à celles de Helmholtz sur la reproduction artificielle des voyelles au moyen de diapasons

(1) Nous adoptons ce mot, avec M. Mercadier, pour exprimer que les appareils dont il s'agit, sont aptes à la reproduction de *tous* les sons.

électriques, combina un harmonica électrique à clavier et un Morse à audition ou *sounder*. C'est à partir de ce moment que commencèrent sérieusement ses recherches sur les téléphones électriques, et notamment sur la nature des courants engendrés par des actions différentes. On lui doit la découverte des courants *ondulatoires*, sur laquelle il basa la théorie de son merveilleux appareil.

Chose remarquable, le même jour, 14 février 1876, où Bell déposait sa demande de brevet, un autre inventeur américain (1), M. Elisha Gray, déposait un *caveat* (brevet provisoire) pour le même objet.

Les deux appareils exécutés d'après les dessins accompagnant les textes, étaient tous deux aptes à reproduire la parole.

Un procès fut l'épilogue de cette curieuse coïncidence, au cours duquel les droits de Bell à la priorité de l'invention s'imposèrent, car il fut mis en possession du brevet (2).

Nous allons maintenant nous occuper de ses travaux dont le détail se trouve dans un long mémoire qu'il lut à la Société des ingénieurs télégraphistes de Londres, le 31 octobre 1877 (3).

Après avoir exposé l'ensemble des recherches antérieures faites dans la même direction par ses prédécesseurs et des considérations générales sur les courants d'intensité variable qu'il classait en courants *intermittents*,

(1) Anglais de naissance, Bell s'était fait naturaliser américain.

(2) Il convient toutefois de faire remarquer que ce procès ne fut pas jugé quant au fond et qu'un arrangement à l'amiable intervint entre les parties, attribua à la Société Gray un tantième % dans les affaires faites par la Société Bell.

(3) Reproduit *in extenso* par la *Nature*, avril 1878.

d'impulsion et ondulatoires (1), l'inventeur décrivait ainsi la première forme de téléphone qu'il avait imaginée :

« L'appareil représenté figure 5 fut ma première forme de « téléphone articulé. Dans cette figure, une harpe à tiges

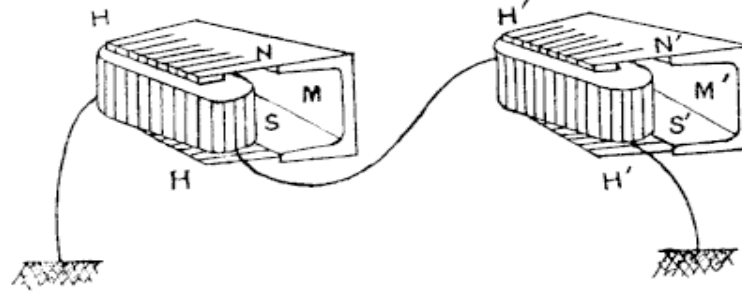


Fig. 5. — Premier dispositif du téléphone Bell.

« d'acier est attachée aux pôles d'un aimant permanent
 « NS. Lorsque l'une quelconque des tiges est mise en
 « vibration, un courant ondulatoire est produit dans les
 « bobines de l'électro-aimant ; l'électro-aimant M' attire les
 « tiges de la harpe H' avec une force variable et met en
 « vibration celle des tiges qui se trouve à l'unisson de
 « la tige qui vibre à l'autre extrémité du circuit. Ce
 « n'est pas tout ; l'amplitude de vibration dans l'une des
 « tiges détermine l'amplitude de vibration dans l'autre,
 « car l'intensité du courant induit est déterminée par
 « l'amplitude de la vibration inductrice et l'amplitude de la
 « vibration à l'extrémité de réception dépend de l'intensité
 « des impulsions attractives. Lorsque nous chantons dans
 « un piano, certaines cordes de l'instrument sont mises
 « en vibration avec sympathie par l'action de la voix et,
 « à différents degrés d'amplitude, un son approché de la
 « voyelle proférée par le piano. La théorie nous fait voir

(1) Voir DU MONCEL, *Le Téléphone*, p. 36.

» que si le piano avait un nombre beaucoup plus considé-
 » rable de cordes à l'octave, les sons de voyelles seraient
 » parfaitement reproduits. Mon idée de l'action de l'appa-
 » reil représenté fig. 5 était la suivante : proférer un son
 » dans le voisinage de la harpe H et certaines tiges
 » seraient mises en vibration à des amplitudes différentes.
 » A l'autre extrémité du circuit, les tiges correspondantes
 » de la harpe H' vibreraient avec leurs relations propres de
 » force, et le *timbre* du son serait reproduit. La dépense
 » de construction d'un semblable appareil m'empêcha de
 » m'engager dans cet ordre de recherches. »

Nous avons rapporté la description de cet appareil rudimentaire, parce qu'il est intéressant à plus d'un titre. Il montre l'idée-mère qui a guidé Bell dans ses recherches et devait le conduire au but, à savoir faire réagir chacune des ondes complexes qui constituent les sons vocaux sur un système capable d'être actionné d'une manière distincte par chacune d'elles, de manière à en déterminer en quelque sorte l'impression électrique et revenir ensuite de l'effet électrique obtenu à l'effet acoustique, en faisant passer les courants électriques engendrés dans un système semblable au premier.

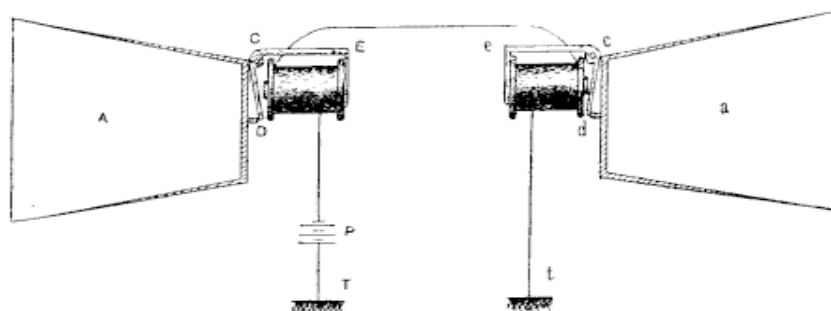


Fig. 6. — Seconde forme du téléphone Bell. Brevet datant de 1876.

L'appareil représenté fig. 6 est celui qui fit l'objet du brevet de 1876.

Quoique de construction fort grossière et quelque peu compliquée et bien que n'ayant pas donné, au dire de Bell lui-même, de résultat satisfaisant, il marque un progrès considérable sur le dispositif précédent, aussi bien au point de vue théorique que pratique.

Comme la fig. 6 l'indique, ce premier appareil, *réalisé*, comportait deux porte-voix A, a, dont les fonds étaient constitués par des membranes vibrantes. Au centre de ces membranes venaient s'attacher des feuilles d'or qui, mises en vibration, lorsque l'on parlait devant les embouchures, communiquaient leurs mouvements aux leviers CD, cd, articulés aux branches sans bobine d'électro-aimants boiteux CE, ce. Ces vibrations, réagissant sur l'état magnétique de l'électro, donnaient naissance à des courants ondulatoires reproduisant la voix au poste récepteur, par un mécanisme inverse.

Dans la filiation des ancêtres du téléphone Bell actuel,

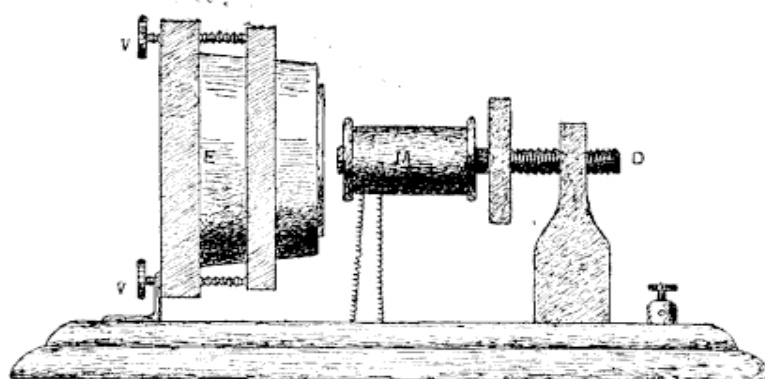
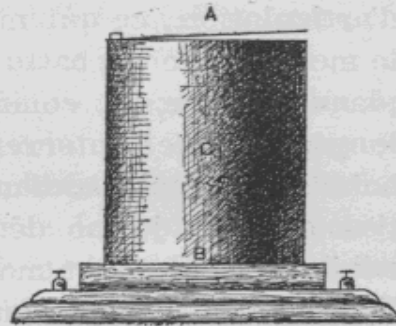


Fig. 7. — Téléphone transmetteur Bell, exposé à Philadelphie en 1876.

dont nous ne donnons que les principaux types, ceux représentés fig. 7 et 8 parurent à l'Exposition de Philadelphie de 1876.

Le premier (fig. 7) est le transmetteur. Il se composait

d'un électro-aimant M en fer à cheval, devant les pôles duquel se trouvait la membrane munie d'un disque de fer. Cette membrane pouvait être plus ou moins tendue au moyen de vis *vv*, adaptées à une sorte d'entonnoir E formant cornet acoustique et servant d'embouchure. La vis D permettait d'éloigner plus ou moins le système électro-magnétique du disque de fer servant d'armature.



La fig. 8 montre le récepteur qui comportait un électro-aimant tubulaire C, à l'enveloppe cylindrique duquel était attaché une lame vibrante en fer A. Le tout était fixé sur un pont B qui faisait fonction de caisse sonore.

Bell l'appréciait ainsi : « Les articulations produites » par cet appareil étaient bien distinctes ; mais son grand défaut était qu'il ne pouvait servir d'appareil transmetteur ; il devenait donc nécessaire d'avoir deux appareils » à chaque station, l'un pour la transmission, l'autre pour » la réception. »

Ceci lançait l'inventeur dans de nouvelles recherches : « Je cherchai alors à changer la disposition du téléphone » transmetteur en variant les conditions de ses constituants tels que les dimensions et la tension de la membrane, le diamètre et l'épaisseur de l'armature, la grandeur et la puissance de l'aimant et même les hélices de » fil enroulé sur ce dernier ; j'ai pu reconnaître empiriquement les meilleures conditions d'organisation et combiner la meilleure forme à donner à l'appareil. Ainsi j'ai » reconnu, par exemple, qu'en diminuant la longueur de

» la bobine de fil de l'hélice magnétisante et la surface de
 » la lame de fer attachée à la membrane, j'augmentais non-
 » seulement l'intensité des sons, mais encore leur netteté
 » d'articulation, ce qui me fit naturellement abandonner
 » la membrane en or battu, pour n'employer qu'une simple
 » plaque de fer, et comme il m'était démontré depuis
 » longtemps que l'intervention du courant traversant la
 » bobine de l'électro-aimant n'était utile que pour magné-
 » tiser celui-ci, je me décidai à supprimer la pile et à
 » employer pour noyau magnétique un aimant permanent.
 » Toutefois, à l'époque où ces instruments devaient être
 » exposés pour la première fois en public, les résultats
 » obtenus avec ce dernier système étaient moins satisfai-
 » sants qu'avec celui qui mettait à contribution la batterie
 » voltaïque; je ne voulus exposer que cette dernière dis-
 » position d'instrument, ce qui donna l'occasion à cer-
 » taines personnes, et entre autres au professeur Dolbear,
 » du Collège de Tufts, de réclamer la priorité pour l'in-
 » troduction des aimants permanents dans le téléphone,
 » mais j'en avais eu l'idée dès le commencement de mes
 » recherches, et alors que je m'occupais de transmissions
 » simultanées des sons musicaux.

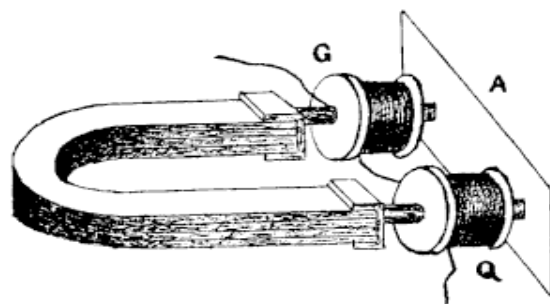


Fig. 9. — Téléphone expérimenté à Salem en 1877.

» La figure 9 repré-
 » sente un perfection-
 » nement à l'appareil
 » exposé à Philadel-
 » phie, qui a fourni
 » des effets très puis-
 » sants. Dans ce der-
 » nier, l'aimant était
 » en fer à cheval et
 » disposé à la manière de celui que M. Hughes a em-

« ployé pour son télégraphe imprimeur. Avec cet appa-
 « reil, les sons pouvaient être entendus, faiblement il est
 « vrai, par une nombreuse assemblée ; il fut exposé le 12
 « février 1877 à l'Institut d'Essex, à Salem (Massachusetts)
 « et y reproduisit devant un auditoire de 600 personnes un
 « discours prononcé à Boston dans un appareil semblable.
 « Les intonations de la voix de celui qui parlait ont pu
 « être distinguées par l'auditoire. Toutefois, l'articulation
 « n'était distincte qu'à une distance de 6 pieds (2 mètres)
 « de l'instrument. Il fut fait à cette occasion un rapport
 « qu'on transmit par l'appareil de Boston et qui fut repro-
 « duit le lendemain dans les journaux de la ville.



Fig. 10. — Téléphone Bell, modèle à muia ordinaire.

« Entre la forme de la fig. 9 et celle de l'appareil
 « représenté fig. 10, il n'y a qu'une différence bien légère,
 « et cette dernière forme n'a été combinée que pour rendre
 « l'appareil plus portatif et d'un usage plus commode. Sous
 « ce rapport, je dois exprimer ma reconnaissance à plu-
 « sieurs de mes amis, entre autres à MM. les professeurs
 « Peirce et Bloke, le docteur Channing, MM. Clarke et
 « Jones, pour l'aide qu'ils m'ont prêtée. Ainsi M. Peirce
 « a été le premier à démontrer la possibilité de l'emploi,
 « dans les téléphones, d'aimants de très petites dimensions.
 « C'est lui également qui a donné à l'embouchure recou-
 « vrant la plaque vibrante la forme que j'ai adoptée pour
 « le modèle définitif qui est représenté fig. 10. »

Comme on le voit dans cette figure, le téléphone Bell se compose d'une plaque mince en fer doux A, pouvant vibrer sous l'influence des ondes sonores, en face et très près d'un des pôles d'un aimant droit NS, entouré d'une bobine de fil isolé DE réunie d'une part à la terre, d'autre part à la ligne par l'intermédiaire des bornes d'attache $B_1 B_2$. Une vis V permet d'approcher ou d'éloigner l'aimant de la plaque; le tout est monté dans une gaine faite en bois au début et en ébonite par la suite.

Fonctionnement du téléphone Bell. — Voici comment fonctionne l'appareil. Les ondes sonores venant frapper la plaque en fer doux, la font vibrer à l'unisson. D'abord projetée en avant, ce qui réduit l'entre-fer, diminue la résistance magnétique, renforce l'aimantation du barreau NS et produit dans la bobine et par suite sur la ligne un courant induit négatif, par exemple, la plaque s'arrête et revient en arrière, vers sa position primitive qu'elle franchit en vertu de son élasticité, de la vitesse acquise et des pulsations aériennes qui l'actionnent. Pendant qu'elle s'éloigne du barreau, l'espace d'air entre le noyau et la plaque augmente, la résistance magnétique aussi et le magnétisme du barreau diminue, ce qui engendre dans la ligne un courant induit de sens inverse au premier ou positif. Enfin la plaque s'arrête de nouveau pour revenir à son point de départ, ce qui provoque de rebout le passage d'un courant négatif. A ce moment, la plaque a exécuté une oscillation complète, tandis que l'onde sonore passait concurremment par les deux phases de compression et dilatation constituant ce que nous avons appelé, page 14, une onde ou vibration complète.

Le courant électrique engendré est d'autant plus intense que les variations de magnétisme du barreau sont plus

rapides ou, ce qui revient au même, que la vitesse de la plaque est plus grande. C'est donc au moment du passage par la position normale ou moyenne de la plaque, que l'intensité est maxima, tandis qu'aux points extrêmes de la course où la vitesse est nulle, l'intensité du courant est réduite à zéro.

En conséquence, si l'on porte sur un axe horizontal (fig. 11) des longueurs proportionnelles aux temps et sur des perpendiculaires des longueurs proportionnelles aux intensités du courant, on obtiendra la courbe représentée fig. 11, partie supérieure, dans laquelle la portion AB correspond à la projection de la plaque en avant, B étant

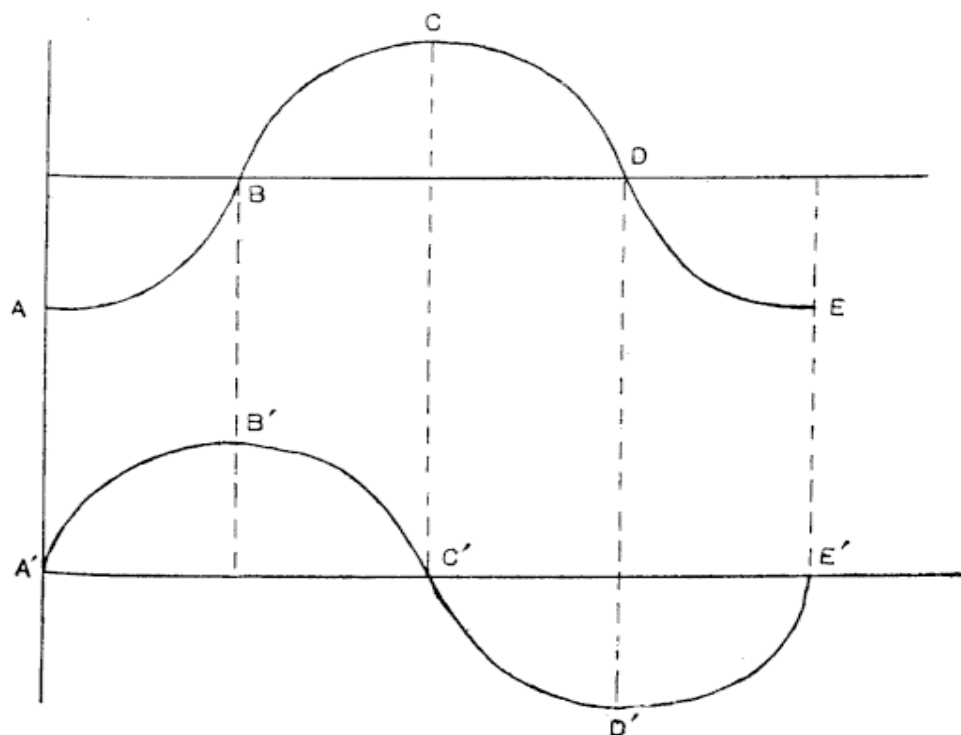


Fig. 11. — Représentation graphique des mouvements de la plaque et des courants électriques engendrés.

le point mort ou d'arrêt; la portion BCD correspond à la

rétrogradation de la plaque, C à son passage par la position moyenne; enfin DE au retour à cette dernière position avec second point mort en D.

Rapprochons maintenant la sinusoïde A'B'C'D'E' relative aux variations de pression de l'air pendant le même temps, et nous constatons que nous avons deux sinusoïdes de même phase, c'est-à-dire dont chaque onde comprend la même longueur sur l'axe horizontal des temps et différant seulement par un décalage des deux courbes égal au quart de la longueur représentative du temps de l'oscillation complète. Les sinusoïdes sont donc semblables, car les intensités électriques sont proportionnelles à l'intensité de projection de la plaque, toutes choses égales d'ailleurs.

L'équation du courant électrique engendré par un son simple sera donc de la forme $i = I \sin \frac{2\pi t}{T}$, dans lequel I est la valeur maxima de l'intensité du courant, t le temps et T la durée d'une onde.

En résumé les déplacements de la plaque engendrent dans la bobine téléphonique des courants ondulatoires en nombre et intensités d'ondes proportionnelles aux nombre et amplitude des vibrations de la plaque de fer doux elle-même, celles-ci correspondant d'ailleurs parfaitement aux vibrations aériennes.

Il en résulte qu'en parlant devant l'embouchure de l'instrument, on provoque le passage de courants induits dans la ligne, courants qui sont la traduction électrique exacte des modulations, intonations, timbre et articulations de la voix qui les a provoquées.

Prenons un exemple. Supposons qu'un mot soit formé par la succession de sons de même intensité ayant respec-

tivement 1, 2 et 4 vibrations par seconde. Pendant qu'on le prononcera devant le téléphone, la ligne sera parcourue par des courants ondulatoires présentant respectivement 1, 2 et 4 ondes (voir page 14) par seconde. On pourrait figurer schématiquement les ondes sonores par le diagramme (fig. 12) qui représentera également les ondes électriques engendrées, puisque les sinusoïdes de celles-ci sont semblables à celles des vibrations aériennes au décalage de la courbe près.

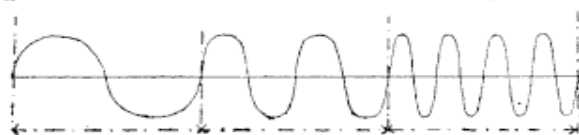


Fig. 12. — Représentation graphique d'une succession de sons simples de 1, 4 et 6 vibrations par seconde.

En recevant ces courants électriques ondulatoires ou plus correctement en leur faisant traverser la bobine d'un appareil en tout semblable à celui devant lequel on parle, on soumet son barreau aimanté et par suite sa plaque de fer doux à des changements magnétiques analogues, à l'intensité près, à ceux qui ont affecté les organes correspondant du transmetteur.

A chaque onde électrique lancée sur la ligne correspond une vibration des molécules magnétiques de l'appareil récepteur, et comme le nombre d'ondes du courant représente précisément le nombre d'ondes des sons vocaux, les éléments constituant le récepteur exécutent des vibrations parallèles à celles du transmetteur, ce qui reproduit la voix et toutes les particularités qu'elle présente, avec une fidélité remarquable.

Dans l'exemple que nous avons donné, les chiffres de 1, 2 et 4 vibrations par seconde ont été choisis d'un manière entièrement arbitraire, pour la facilité et la clarté de la représentation graphique. Des sons d'aussi faibles nombres de vibrations par seconde ne seraient pas percep-

tibles, les limites inférieures et supérieures de ces derniers étant, en effet, comme nous l'avons vu précédemment, de 16 à environ 38.000 vibrations par seconde.

En outre nous avons, toujours dans le but de simplifier le dessin, supposé les sons *simples* et de *même intensité*. En pratique, les sinusoïdes représentatives de chacun d'eux, seraient d'amplitudes différentes, proportionnelles à la grandeur de l'intensité des ondes aériennes, et dentelées par la superposition des sinusoïdes relatives aux harmoniques (voir p. 16).

Afin de renforcer les effets produits, le barreau droit du téléphone Bell a généralement été remplacé par un aimant en fer à cheval (fig. 13) et la tendance actuelle est

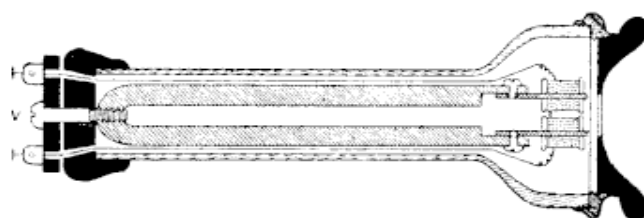


Fig. 13. — Forme à main du téléphone Bell à deux pôles et pavillon partiellement métallique.

d'employer, pour la section des épanouissements polaires, la forme ovoïde allongée au lieu de la section cylindrique. Pour parer à l'usure trop rapide du pas de vis en ébonite du pavillon, on a muni ce dernier d'un anneau en cuivre nickelé, monté sur la gaine. Dans les téléphones récemment mis sur le marché, cette dernière est faite en fibre ou en aluminium, qui présentent sur l'ébonite l'avantage d'être beaucoup plus résistants aux détériorations mécaniques.

Une vis de réglage sert à écarter ou éloigner les armatures de l'aimant de la plaque vibrante.

Téléphone Gower. — Un téléphone de la première heure qui eut beaucoup de succès, est celui de Gower. Les organes en avaient été si bien étudiés, qu'il a pu faire fonctionner un téléphone Bell sans pile, assez haut pour être entendu de toute une salle.

Rappelons cependant que Bell avait déjà obtenu en partie ce résultat lors de la mémorable expérience de Salem.

Le téléphone Gower (fig. 14) présente les caractères suivants : l'aimant, particulièrement fort, est contourné en demi-cercle et a ses deux pôles P, P', ramenés l'un vis-à-vis de l'autre et à très petite distance

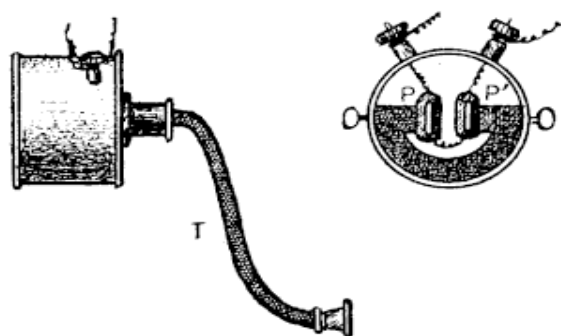


Fig. 14. — Téléphone Gower.

du centre de la boîte cylindrique dont il occupe le fond ; les pôles sont terminés par des noyaux de fer oblongs entourés d'hélice de fil très fin ; la plaque vibrante, très épaisse, est fixée solidement au couvercle et porte un ingénieux système d'avertissement formé au moyen d'une anche rattachée à la plaque par une équerre. Un tuyau acoustique T dans lequel on souffle, permet de faire vibrer cette anche dont les vibrations se transmettent à la plaque, en produisant d'énergiques courants induits, plus forts que ceux que l'on pourrait obtenir directement au moyen de la voix. Ces courants, reçus dans l'appareil récepteur, lui font rendre un son relativement intense, qui ressemble à l'appel lointain des cors de garde-barrière et se distingue facilement des bruits ambiants.

Téléphone Ader. — Le téléphone Ader (fig. 15) est

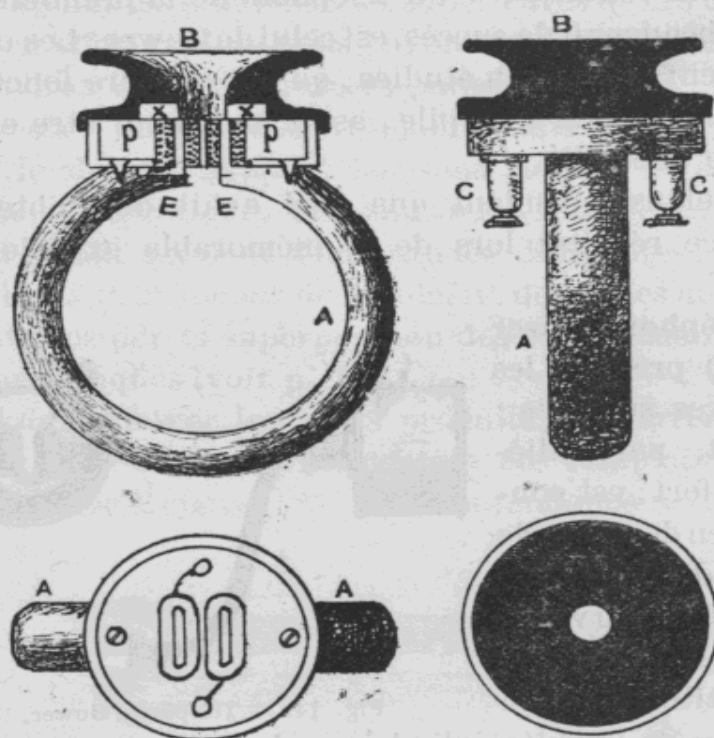


Fig. 15. — Téléphone Ader.

employé en France et en Espagne. Son aimant A sert de poignée à l'appareil, qui présente la particularité d'être muni d'une couronne annulaire en fer doux XX, destinée à concentrer les lignes de force traversant la plaque vibrante *pp* (1). Cette couronne est logée dans un évidement pratiqué dans le pavillon en ébonite B et de l'autre

(1) Rappelons qu'on appelle lignes de force, des lignes fictives allant extérieurement du pôle Nord au pôle Sud des aimants. On les met en évidence par l'intermédiaire des fantômes magnétiques obtenus au moyen de limaille de fer. Plus un aimant est puissant et plus il émet de lignes de force; le fer doux et à un degré beaucoup moindre les autres métaux magnétiques jouissent de la propriété de concentrer les lignes de force.

côté de la plaque par rapport aux armatures polaires en fer doux E qui servent de noyaux aux bobines. Comme dans les téléphones précédents, des bornes C, C' servent à l'attache des fils de connexion. Résistance du modèle ordinaire, 50 ohms ; coefficient d'induction, $L = 0,021$ (1).

Téléphone d'Arsonval. — On l'emploie en France également. Son aimant (fig. 16) est aussi contourné de manière à servir de poignée. Mais, en outre, un des pôles porte un noyau en fer doux N'S' placé au centre d'une boîte en tôle de fer AA qui sert de logement à la bobine BB. L'autre pôle de l'aimant vient se rattacher à la boîte AA, de ma-

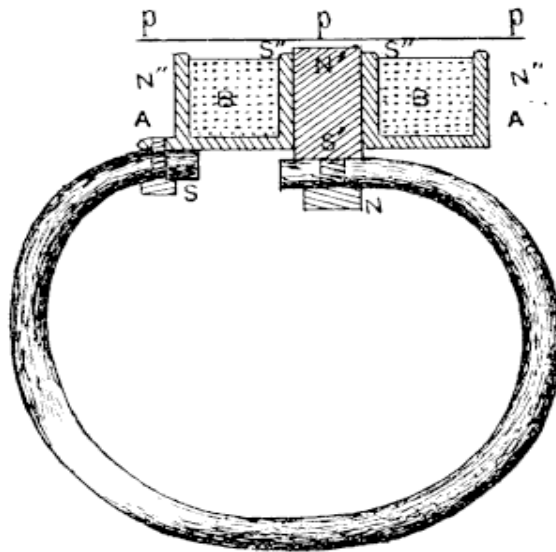


Fig. 16. — Téléphone d'Arsonval.

nière à assurer l'aimantation annulaire de la plaque de fer *ppp*. Résistance, 220 ohms environ ; $L = 0,15$ (1).

Cette aimantation annulaire est très importante, parce qu'elle renforce considérablement l'attraction exercée sur la plaque, en forçant un nombre maximum de lignes de force à la traverser radialement, chemin de moindre résistance magnétique que le trajet d'air ambiant qui devrait être emprunté en cas d'aimantation transversale.

(1) Chiffres obtenus en 1886 par MM. Vaschy et de la Touanne. *Annales télégraphiques*, p. 520.

Bitéléphone de M. Mercadier — M. Mercadier a visé à établir un téléphone très léger, pouvant rester sans fatigue fixé aux oreilles de l'opérateur et laissant les deux mains libres.

Son appareil se compose de deux récepteurs réunis par un ressort en V en fil d'acier de deux millimètres de diamètre enfilé dans un tube de caoutchouc.

Les récepteurs, de très petite taille (3 à 4 centimètres de diamètre) ne pèsent que 50 grammes. Leur cuvette est en ébonite et le couvercle se termine par un ajutage en forme de cône renversé de forme allongée. Sur les deux cônes s'adaptent des embouts de caoutchouc qu'on introduit dans l'oreille, en écartant légèrement les branches du ressort.

Par mesure de propreté, chaque personne peut avoir une paire d'embouts en caoutchouc pour son usage personnel.

L'aimant, de faibles dimensions, supporte deux noyaux en fer doux recouverts de bobines, dont la résistance est de 75 ohms par bobine. La membrane vibrante, en tôle de fer, a 3 centimètres de diamètre et 0,15 de millimètre d'épaisseur.

*
* *

Il ne faudrait rien moins qu'un volume, pour décrire les formes plus ou moins heureuses et souvent construites en vue de la seule exploitation de nouveaux brevets, qu'on a successivement données à l'instrument de Bell.

L'électricité en effet, plus que toute autre science d'application, a eu le privilège de provoquer les recherches d'une multitude d'inventeurs d'une fécondité extraordinaire. Nous nous bornerons donc à signaler seulement deux genres spéciaux de téléphones : les montres et ceux à pôles multiples. Les premiers, dont

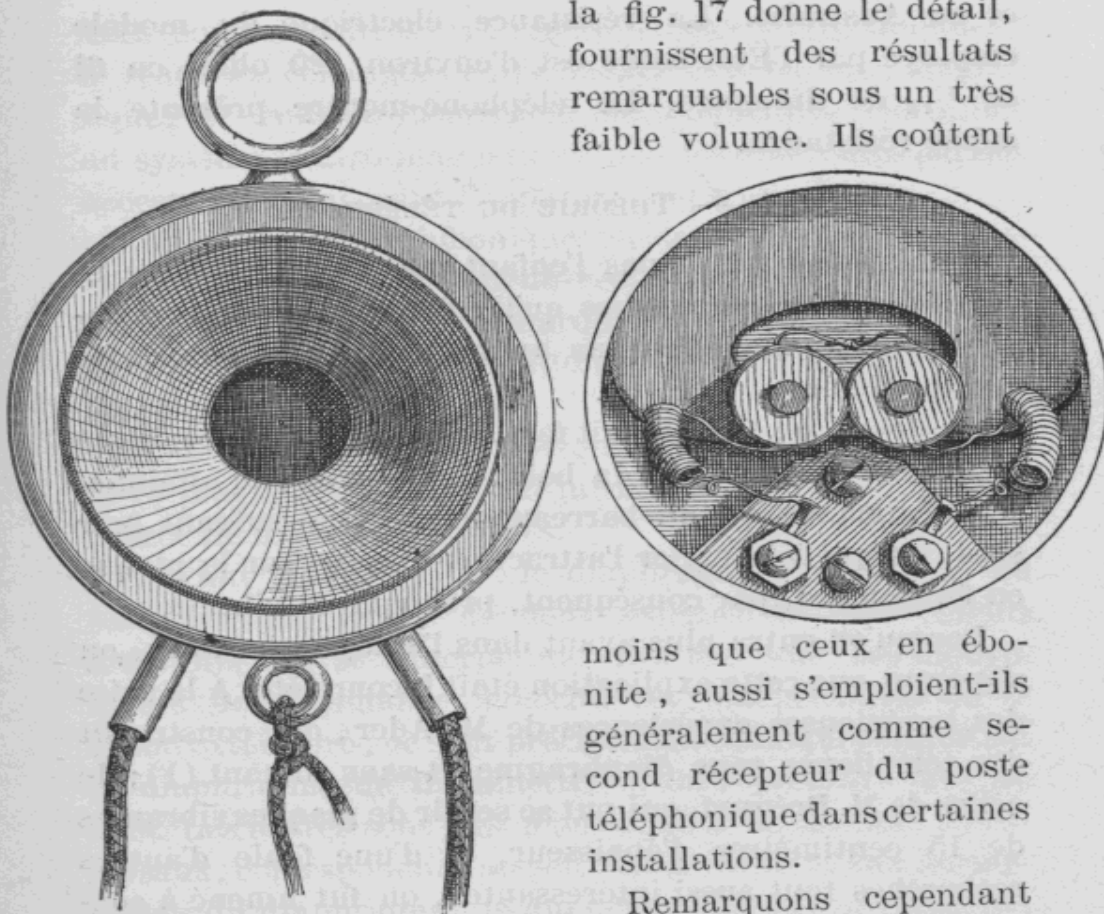


Fig. 17 — Téléphone-montre, vue extérieure ;
vue intérieure : plaque vibrante enlevée.

la fig. 17 donne le détail, fournissent des résultats remarquables sous un très faible volume. Ils coûtent

moins que ceux en ébène, aussi s'emploient-ils généralement comme second récepteur du poste téléphonique dans certaines installations.

Remarquons cependant que leur aimantation se maintient moins bien que dans le modèle à main, vu la faible masse des aimants.

Quant aux téléphones à pôles multiples, nous ne les citons que pour mémoire, leur emploi ne s'étant pas répandu dans la pratique.

Le téléphone Bell modèle à main, à doubles pôles de section ovoïde allongée, est un des meilleurs que l'on connaisse et l'un des plus employés en Belgique, en Allemagne, en Angleterre, en Italie, dans l'Amérique du Sud

et en Australie. La résistance électrique du modèle employé par l'État belge est d'environ 120 ohms en fil de $\frac{8}{10}$ de diamètre. Le téléphone-montre présente la même résistance.

§ 4. — THÉORIE DU TÉLÉPHONE.

Ayant suivi pas à pas l'enfantement du téléphone et décrit les principaux types qu'il affecte, nous nous occuperons d'une manière plus approfondie de son mode de fonctionnement.

Au début, on l'expliquait fort simplement : les courants ondulatoires traversant la bobine renforcent ou affaiblissent l'aimantation du barreau magnétique suivant leur sens, ce qui fait varier l'attraction exercée sur la plaque en fer doux et, par conséquent, provoque sa vibration.

Lorsqu'on entra plus avant dans l'analyse des faits, on s'aperçut que cette explication était incomplète. A la suite des ingénieuses expériences de M. Ader, qui construisit des téléphones sans diaphragme et sans aimant (1); de celles de M. Bréguet, qui put se servir de plaques vibrantes de 15 centimètres d'épaisseur, et d'une foule d'autres recherches tout aussi intéressantes, on fut amené à conclure que toutes les parties du téléphone contribuaient à la production du son.

On peut classer comme suit les principales actions qui s'y manifestent : 1° vibrations moléculaires du noyau magnétique et de son armature, par suite des aimantations et désaimantations effectuées en eux sous l'influence des courants ondulatoires; 2° attractions électro-magnétiques; 3° réaction des spires de l'hélice magnétisante les

(1) DU MONCEL : *Le Téléphone*, 1880, p. 157; voir également p. 62.

unes sur les autres; 4° réactions électro-dynamiques; 5° réactions échangées entre l'hélice et le barreau magnétique; 6° enfin transmission mécanique des vibrations du système électro-magnétique, par les différentes parties accessoires composant l'appareil téléphonique.

La production téléphonique du son est donc extrêmement complexe, chacun de ces facteurs pouvant avoir un effet plus ou moins marqué, suivant la forme, les dimensions et la composition des organes qu'il met en jeu.

Mode de vibration de la plaque. — Le mode de vibration de la plaque téléphonique a lui-même été longtemps une source de discussions ardues.

Suivant M. Mercadier, le diaphragme magnétique du téléphone est animé de deux espèces de mouvements différents qui se superposent. Les uns sont des mouvements de résonance moléculaire, indépendants de la forme extérieure; ce sont précisément ceux qui permettent au diaphragme de transmettre et de reproduire tous les sons. Les autres sont des mouvements d'ensemble transversaux, correspondant au son fondamental et aux harmoniques du diaphragme, et qui dépendent de son élasticité, de sa forme et de sa structure; ceux-là sont nuisibles au point de vue de la transmission nette de la musique et de la parole, car ils altèrent le timbre, leurs harmoniques ne coïncidant que par le plus grand des hasards avec ceux de la voix ou des instruments usuels.

On peut à volonté faire prédominer les uns et les autres de ces mouvements dans le même diaphragme.

Pour faire prédominer les seconds notamment, au lieu d'encastrier la plaque vibrante sur ses bords, comme on le fait ordinairement, on la pose simplement, aussi près

que possible des pôles de l'électro-aimant, sur un nombre de points suffisants d'une ligne nodale (1).

Si c'est un diaphragme circulaire, on perce trois ouvertures de 2 à 3 millimètres de diamètre sur les sommets d'un triangle équilatéral inscrit dans la circonférence qui constitue la ligne nodale du premier harmonique et l'on pose le disque sur trois pointes de liège disposées de la même manière sur un plateau fixe et pénétrant dans les ouvertures.

Cela étant, si l'on fait passer dans la bobine de l'appareil une série de courants très faibles, de période graduellement décroissante, par exemple provenant de l'émission de sons musicaux devant un transmetteur quelconque téléphonique ou radiophonique, on constate que le récepteur modifié, comme ci-dessus, ne vibre d'une manière appréciable que sous l'action de courants dont la période est égale à celle du son correspondant à la nodale sur laquelle repose le diaphragme, son qu'on peut appeler *particulier* ou *spécial*.

Influence de l'encastrement. — L'encastrement de la plaque est donc nécessaire pour la production continue de tous les sons, ce qui montre qu'il y a autre chose que des vibrations d'ensemble dans les mouvements du diaphragme.

(1) Les plaques sont des corps rigides dont deux dimensions sont très grandes par rapport à la troisième, que l'on prend pour épaisseur. Pour faire vibrer une plaque, on la fixe ou on l'appuie par un ou plusieurs points, et l'on passe l'archet sur le bord. Pendant qu'elle résonne, elle se divise en parties vibrantes séparées par des lignes de repos ou *lignes nodales*. Chladni a imaginé, pour les mettre en évidence, de jeter du sable sur la plaque placée horizontalement. Le sable saute sur les parties vibrantes et finit par s'arrêter sur les lignes de repos, après une suite de petits bonds qui l'en rapprochent de plus en plus; il forme ainsi des dessins variés que l'on nomme figures acoustiques.

(DAGUIN. *Traité élémentaire de physique*, II, p. 681.)

On peut d'ailleurs s'en convaincre en confectionnant des téléphones dont le diaphragme est criblé de trous, découpés irrégulièrement, formé de toiles métalliques diverses, de papier sur lequel on a versé une faible quantité de limaille de fer qui s'agrége suivant la direction des lignes de force, etc.

Tous ces téléphones donnent qualitativement de bons résultats.

Influence de l'épaisseur. — L'épaisseur de la plaque vibrante exerce une influence considérable sur l'intensité du son émis.

M. Mercadier l'a mise en évidence par les expériences suivantes (1). Il a employé un téléphone d'Arsonval pourvu d'un jeu de 18 diaphragmes en fer découpés dans la même pièce et d'épaisseurs variables depuis 0,148 jusqu'à 2 millimètres. Les courants actionnant le téléphone restant les mêmes, et les diaphragmes étant ajustés, il a pu reconnaître que l'intensité croît d'abord rapidement avec l'épaisseur de la plaque vibrante, atteint un maximum, puis décroît rapidement en présentant encore deux maxima partiels.

La courbe obtenue pour des diaphragmes en fer notamment est représentée figure 18.

Cette forme ondulatoire curieuse est certaine; elle a été constamment observée, ce qui a

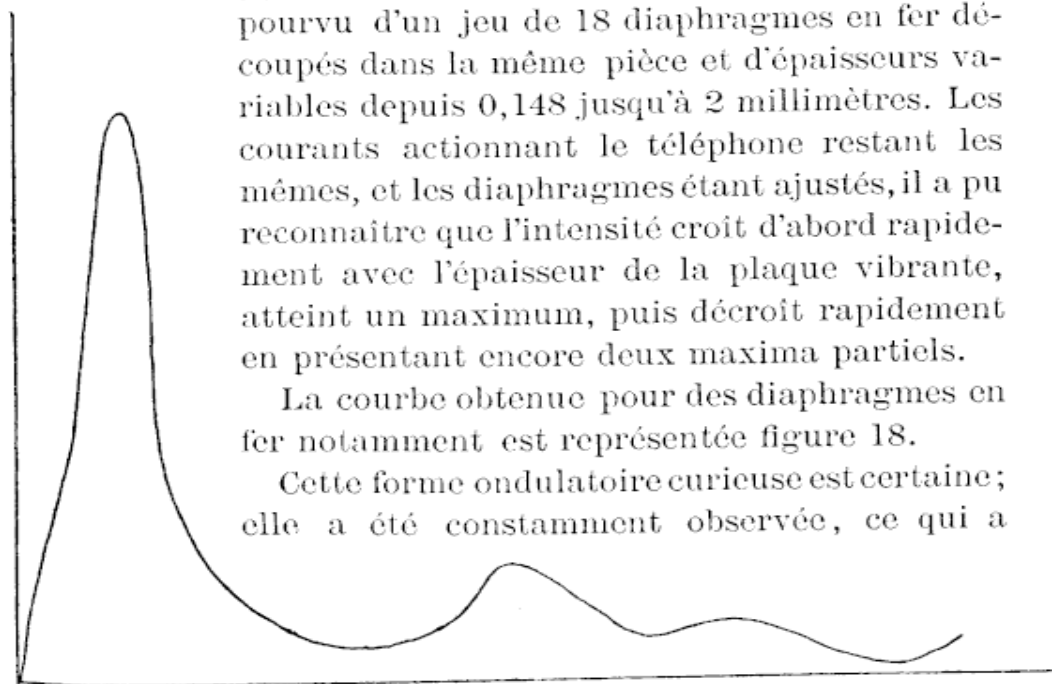


Fig. 18. — Abscisses : les épaisseurs du diaphragme.
Ordonnées : les intensités acoustiques. — Echelle variable.

(1) *L'Électricien*, 1889, p. 285 et 299.

permis de formuler la règle : *pour tout téléphone de champ magnétique donné, il y a une épaisseur de diaphragme de fer qui donne le maximum d'effet.*

Influence de la nature du métal constituant la plaque.

— Des expériences semblables ont été faites avec des diaphragmes en aluminium et en cuivre, puis avec des diaphragmes des trois métaux découpés radialement d'une fente mince pour supprimer l'effet électro-dynamique des courants circulaires engendrés dans le diaphragme.

Les résultats ont conduit à conclure : 1° *que les sons des téléphones à diaphragmes en fer sont beaucoup plus intenses que les autres et que leur effet est principalement dû à l'induction magnétique ; 2° que les téléphones dont les diaphragmes sont faits avec de l'aluminium ou du cuivre, présentent, comme les précédents, des maxima successifs d'intensité et doivent leurs effets principalement à l'induction électro-dynamique. Si ces effets sont très petits, ils sont d'une qualité remarquable, ils reproduisent bien mieux que ceux des diaphragmes en fer, le timbre des sons et de la parole articulée.*

Influence du diamètre. — On peut, étant connue l'épaisseur du diaphragme qui correspond au maximum d'effet, faire varier le diamètre (1).

On constate alors l'existence d'un diamètre qui donne aussi la meilleure intensité. Ce résultat tient à deux causes : 1° le champ magnétique du noyau ne produit un effet sensible que dans une portion limitée du diaphragme ;

(1) MERCADIER. Sur l'intensité des effets téléphoniques (*L'Electricien*, t. I, 1891, p. 75).

dès lors, en augmentant le diamètre, on augmente la partie inerte au point de vue de l'induction et non la partie induite; 2° en augmentant le diamètre progressivement, on augmente sans doute sa flexibilité et l'on favorise la production de ses mouvements; mais d'autre part, on augmente aussi la masse, et, par suite, la difficulté de produire ces mouvements par des variations nécessairement limitées du champ magnétique.

Il en résulte d'ailleurs, et l'expérience le confirme, que le diamètre qui produit le meilleur effet doit être d'autant plus grand que le champ est plus intense.

On explique ainsi comment des téléphones à grands diamètres et à champs magnétiques relativement intenses ne produisent pas d'effets plus grands que des instruments à champs plus faibles, mais de diamètres réduits.

Il y a donc lieu, si l'on veut obtenir avec un téléphone le maximum d'effet, de combiner convenablement l'épaisseur et le diamètre du diaphragme, suivant l'intensité du champ magnétique dont on dispose.

Influence de l'intensité du champ magnétique. — L'influence de l'intensité du champ est loin d'être aussi grande qu'on pourrait le croire au premier abord. En aimantant les noyaux de fer doux des bobines induites à l'aide d'un électro-aimant et augmentant graduellement le courant, on arrive rapidement à une limite à partir de laquelle l'effet du téléphone ne varie plus sensiblement.

Cela tient : d'abord à ce que la masse de fer du diaphragme devient rapidement incapable d'absorber dans son intérieur toutes les lignes de force du champ, et une partie de plus en plus grande de celle-ci traverse le diaphragme, ainsi qu'on s'en aperçoit en jetant de la limaille de fer : dès lors une portion de plus en plus grande du

champ reste sans utilité pour la production des effets téléphoniques. En second lieu, il faut remarquer que ces effets sont dus, en définitive, à des déformations des lignes de force du champ ; que celles-ci résistent d'autant plus à la déformation due à l'énergie des ondes provenant de la voix que le champ magnétique est plus intense et que cette énergie est nécessairement limitée.

Influence de la forme du champ et des bobines induites.
— Il est évident, *a priori*, que la disposition dans laquelle les lignes de force du champ sont perpendiculaires au plan des spires de la bobine est la meilleure.

D'autre part, les variations de la forme du champ, source des effets téléphoniques, peuvent être facilitées par la plus ou moins grande mobilité du champ et celle-ci peut être augmentée jusqu'à un certain point, par la mobilité de l'aimant et des noyaux des bobines. C'est sur cette considération qu'est basé le téléphone de M. Aubry, dans lequel l'aimant est fixé à une plaque vibrante. Le renforcement obtenu par ce procédé ne paraît toutefois pas devoir être considérable.

En résumé, il résulte des travaux de M. Mercadier, que pour obtenir d'un téléphone le maximum de rendement, il faut réaliser principalement les quatre conditions suivantes : 1° favoriser la mobilité des lignes de force du champ ; 2° faire traverser les lignes de force par le plus grand nombre possible des fils des bobines et perpendiculairement à leur direction ; 3° diminuer l'épaisseur du diaphragme jusqu'à celle juste suffisante pour absorber le plus grand nombre des lignes de force existant dans son voisinage ; 4° augmenter le rapport du volume induit du diaphragme au volume total, ce qui conduit à diminuer le diamètre jusqu'à une certaine limite et notamment

jusqu'à ce que le son fondamental et les harmoniques du diaphragme encastré soient plus aigus que ceux de la voix humaine, c'est-à-dire plus aigus que l'*ut*³.

Intensité des courants téléphoniques. — L'intensité des courants téléphoniques peut être extrêmement faible. MM. Estaunié et Brylinski (1) ont trouvé expérimentalement 12,72 microampères pour l'intensité limite de la conversation et 0,88 microampères pour la limite des sons perceptibles. En opérant sur des téléphones très sensibles, nous avons (2) trouvé dans ce dernier cas 0,533 microampères.

§ 5. — LES PANTÉLÉPHONES A PILE.

Ces appareils appartiennent tous à la classe des transmetteurs. Le principe sur lequel ils sont fondés est le suivant : le courant produit par une pile traverse en chaque poste un milieu dont la résistance électrique peut varier sous l'influence des ébranlements aériformes produits par la voix. La résistance du circuit variant, l'intensité du courant suit elle-même des fluctuations analogues, d'où reproduction de la voix dans le téléphone récepteur du poste correspondant que traverse le courant ondulatoire obtenu.

Les premiers de ces transmetteurs sont ceux de Gray et de Bell, décrits (mais d'une manière précise par Gray seulement) dans les brevets que nous avons vu avoir été déposés le même jour, 14 février 1876.

(1) *L'Électricien*, 1889, p. 102.

(2) *Bulletin de la Société belge d'électriciens*, 1889, p. 413.

Identiques comme principe et analogues comme construction, ces appareils mettent à contribution un intermédiaire liquide.

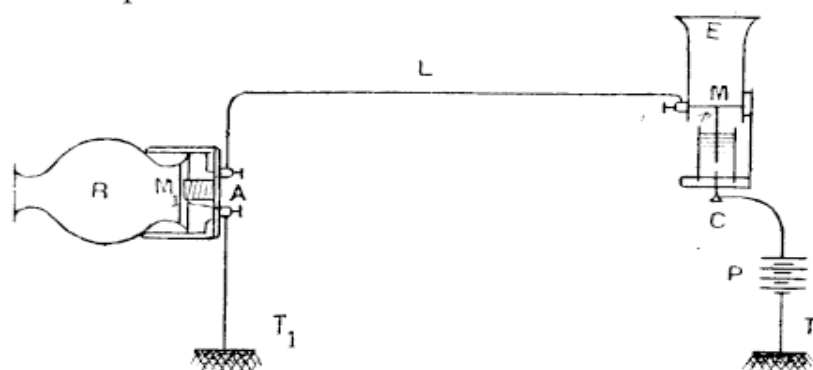


Fig. 19. — Transmetteur à liquide de Gray.

Appareil de Gray. — La figure 19 montre celui de Gray, tel qu'il était représenté dans le *caveat* de 1876.

Le transmetteur se compose d'une sorte de tube E fermé à son extrémité inférieure par une membrane M à laquelle est fixé un fil de platine *p* qui plonge dans un liquide peu conducteur ; au fond du vase contenant ce liquide se trouve une électrode de platine C en rapport avec une pile P dont le pôle opposé est réuni à la terre.

Quant au récepteur, il comporte un électro-aimant A dont l'armature est fixée au centre d'une membrane M, tendue sur une sorte de résonnateur R que l'on approche de l'oreille. Une des bornes du récepteur est en connexion avec la terre, l'autre avec la ligne qui unit les deux appareils.

Dans ces conditions, les courants ondulatoires nécessaires à la reproduction de la parole étaient obtenus par les variations de résistance de la couche de liquide interposée entre les fils du transmetteur.

Transmetteur Bell. — L'appareil transmetteur de Bell,

qui parut à l'Exposition de Philadelphie, est représenté fig. 20.

Il se compose d'une embouchure formant caisse de résonance E, dont le fond est fermé par une membrane à laquelle vient se rattacher un fil de platine *p* com-

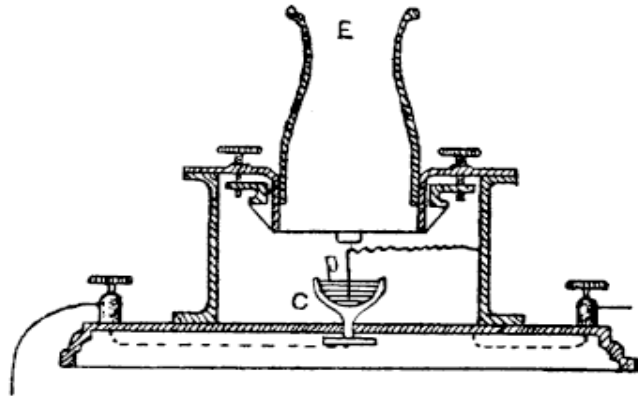


Fig. 20. — Premier modèle du transmetteur à liquide de M. Bell.

plétant, par son immersion dans l'eau d'une petite coupe C, le circuit de la ligne réunissant les deux appareils en correspondance et une pile.

En parlant devant E, la membrane entre en vibration. Elle modifie la résistance de la partie liquide du circuit, ce qui produit les courants ondulatoires dont l'effet est semblable aux courants induits engendrés par le téléphone Bell.

Les sons émis deviennent plus forts quand le liquide est légèrement acidulé ou salé, et des résultats meilleurs encore sont obtenus au moyen d'une pointe de plumbagine immergée dans de l'eau acidulée ou salée, ou dans une solution de bichromate de potasse.

Le milieu dont la résistance est variable peut être constitué par un contact (en pratique, il en a été presque exclusivement ainsi), lequel met généralement à contribution des lames, pastilles, cylindres ou granules de charbon. Le principe sur lequel repose le fonctionnement

de ces appareils : variation avec la pression de la résistance électrique de deux corps en contact, a été découvert en 1856 par le comte Du Moncel.

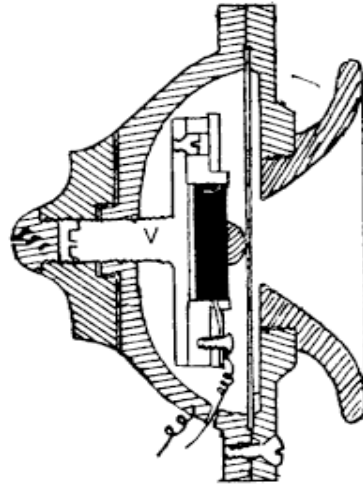


Fig. 21. — Transmetteur d'Edison.

Le premier des transmetteurs à charbon, qui a reçu un grand nombre de formes, date de 1876 : c'est celui d'Edison, représenté fig. 21.

Il comprend l'ensemble suivant : une embouchure en ébonite, une plaque vibrante et un disque de charbon préparé de la grandeur d'une pièce d'un franc, traversé par le courant de la pile et enchâssé dans un support approprié qu'on peut à volonté écarter ou rapprocher de la plaque vibrante

à l'aide d'une vis V disposée sur la face postérieure. Une petite plaque de platine surmontée d'un bouton en ivoire en forme de goutte de suif, vient s'appliquer sur la face antérieure de la pastille de charbon. Elle est amenée en contact avec la plaque vibrante au moyen de la vis V.

Les vibrations de la plaque se transmettent à la pastille par l'intermédiaire de la plaque en platine, d'où variation de la résistance du charbon et transmission des ondes sonores, comme il a été expliqué plus haut.

Insistons toutefois sur ce fait que les variations de résistance sont surtout produites au *contact* du support métallique et du disque, et non par les variations de la résistance de la masse même du charbon, comme on l'a cru au début.

Amélioration de la transmission. — Si l'on veut ampli-

fier les effets obtenus, on peut renforcer la pile alimentant le circuit. On peut également, dans le même but, augmenter le nombre des contacts de charbon, par la multiplication des disques, comme l'a fait le colonel Navez dont le transmetteur présentait 12 rondelles de charbon superposés.

Mais, d'une part, un courant trop intense produirait la destruction des charbons par échauffement et combustion; d'autre part, les surfaces des disques en contact présentent une résistance non négligeable, en sorte qu'en augmentant leur nombre, on masque de plus en plus leur effet par diminution de l'intensité du courant.

D'ailleurs les ondes sonores, d'énergie très limitée, ne permettent d'ébranler d'une manière appréciable qu'une masse relativement faible de charbon, donc un nombre restreint de disques.

Les deux moyens indiqués sont par conséquent fort limités et les transmetteurs à pile n'auraient constitué qu'un perfectionnement, somme toute, peu notable des téléphones magnétiques, si Edison ne leur avait fait faire un pas décisif, en usant d'un artifice déjà employé en 1874 par M. Elisha Gray dans son téléphone musical.

Au lieu d'envoyer le courant de son transmetteur directement sur la ligne, Edison lui fait traverser l'enroulement à gros fil ou fil primaire d'une bobine d'induction dont l'enroulement à fil fin ou secondaire est relié, d'une part, à la terre et, d'autre part, à la ligne ou des deux côtés à la ligne, si le circuit est métallique.

En parlant devant le transmetteur ainsi armé, la bobine d'induction transforme le courant ondulatoire à forte intensité circulant dans son circuit primaire en un autre de même forme, mais de grande force électro-motrice,

engendré dans son circuit secondaire. Ce courant secondaire est capable, par conséquent, de franchir de grandes résistances, ou autrement dit d'être véhiculé à travers des longueurs considérables de fil.

La puissance de la transmission devient énorme, car elle dépend alors principalement de la construction de la bobine et des variations du courant circulant dans le circuit primaire. Or, on peut rendre celles-ci très marquées, par un choix judicieux des constituants du circuit primaire : la pile, le gros fil de la bobine d'induction et le contact variable.

C'est à l'aide de ce dispositif, dont l'efficacité est en quelque sorte indépendante de la ligne (puisque la force électro-motrice produite dans le circuit secondaire est proportionnelle au nombre des spires de ce circuit) qu'on est parvenu à communiquer aisément aux prodigieuses distances de 500, 800, 1000 km. (ligne Paris-Marseille), et même 1620 km. (ligne de New-York à Chicago), qu'on atteint journellement aujourd'hui.

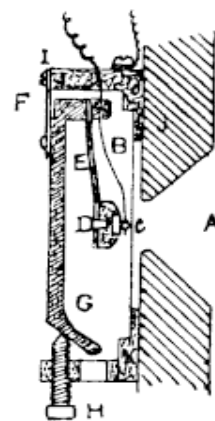


Fig. 22. — Transmetteur Blake.

Transmetteur Blake. — Un transmetteur du même genre que celui d'Edison, mais très sensible et réglable à volonté, a été imaginé par Blake. Il a été d'un usage courant en Belgique, dans les réseaux exploités par les Compagnies, en Amérique et en Angleterre.

Le contact, au lieu d'y être effectué par la pression de deux pièces dont l'une est fixe et l'autre mobile, est constitué par deux organes mobiles, toujours en contact léger l'un avec l'autre et complètement indépendants du diaphragme (fig. 22) auquel ils sont simplement juxtaposés.

A un étrier en fer G F, suspendu par une lame de ressort F au socle I J, viennent se rattacher deux ressorts B, E, terminés le premier par une pointe de platine c, le second par une capsule de cuivre dans laquelle est enchâssée une pastille de charbon.

En déplaçant la vis H, on amène la pastille de charbon, la pointe de platine et le diaphragme en contact et l'on peut modifier à volonté la pression de l'ensemble.

Le courant de la pile arrive par un des ressorts et sort par l'autre, après avoir traversé le contact platine charbon, pour se rendre dans l'enroulement à gros fil de la bobine d'induction.

Le grand avantage de ce transmetteur qui, bien construit, donne de bons résultats, réside dans son réglage facile permettant de l'ajuster à la voix de la personne qui l'emploie habituellement. Toutefois la voix obtenue, quoique très claire, est assez menue. D'autre part, si l'appareil est facile à régler, il présente néanmoins l'inconvénient de *cracher*, lorsqu'il est utilisé par une personne dont la voix diffère notablement de celle pour laquelle le réglage a été établi, et ces crachements ne sont pas sans détériorer rapidement le contact par combustion. (On appelle *crachements*, dans l'argot téléphonique, les bruits désagréables produits dans le récepteur par les fortes vibrations provoquant des ruptures complètes du circuit primaire de l'appareil transmetteur.)

Microphone Hughes. — Certains transmetteurs mettent en jeu des contacts où la pression est simplement fournie par le poids même des baguettes ou plaques de charbon qui les constituent. C'est M. Hughes, l'inventeur du télégraphe imprimant, qui en a le premier préconisé l'emploi. En raison des effets surprenants qu'il a obtenus, il leur a spécialement donné le nom de contacts micro-

phoniques, dérivé de l'appellation microphone par laquelle on a désigné au début les transmetteurs à pile et par extension, dans la suite, tous les transmetteurs à pile.

Le microphone de Hughes, le plus simple, *ridicule*ment simple comme le disait l'auteur

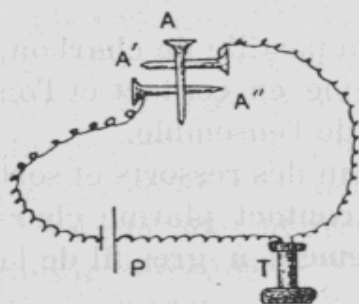


Fig. 23. — Première forme du microphone Hughes.

en le présentant, et dont la fig. 23 donne le schéma, est constitué par un clou A posé sur deux autres A' et A'' auxquels sont soudés des fils conducteurs en rapport avec une pile P et un téléphone récepteur T. Les clous A' et A'' sont fixés sur une planchette horizontale. Tout mouvement de cette dernière modifie les contacts avec le clou supérieur que traverse le courant, d'où variations dans l'intensité de celui-ci et dans le téléphone T. En chantant un air ou parlant devant la planchette, la voix est parfaitement reproduite dans le récepteur.

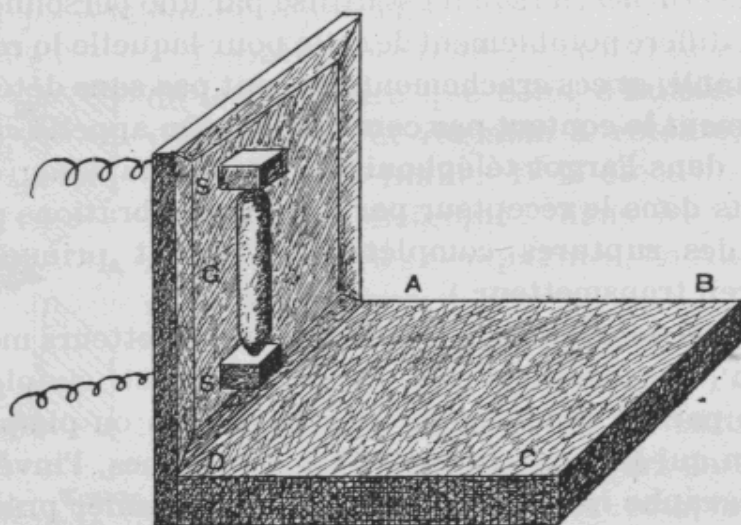


Fig. 24. — Forme classique du microphone Hughes.

Forme classique du microphone Hughes. -- Le microphone classique du professeur Hughes (fig. 24) se compose de deux petits socles rectangulaires en charbon S, disposés horizontalement, présentant deux évidements se faisant face, destinés à supporter un cylindre G de la même matière. Les deux supports S sont attachés à une planchette verticale faisant corps avec une planchette horizontale ABCD.

Au moyen de cette disposition, le moindre ébranlement mécanique imprimé aux planchettes se trouve répercuté dans le téléphone. Le tic-tac d'une montre, le frôlement d'une barbe de plume et jusqu'à l'imperceptible marche d'un insecte y sont parfaitement entendus, même quand le récepteur se trouve relié par un fil de plusieurs kilomètres de longueur !

Ce fait peut paraître paradoxal et l'on pourrait à première vue être embarrassé pour expliquer cette production ou ce renforcement extraordinaire des ondes sonores. L'explication en est assez simple cependant. Le travail de renforcement est emprunté tout entier à la pile qui alimente le circuit. Les ondes sonores ne viennent pour ainsi dire exercer qu'un effet de régularisation sur le débit du courant électrique. La puissance de celui-ci en reste donc entièrement indépendante, et par suite les variations que l'on peut en obtenir peuvent être plus ou moins grandes. L'amplification du son n'est toutefois bien manifeste que quand celui-ci résulte d'une action mécanique transmise à l'appareil.

Pour employer une image frappante, les choses se passent d'une manière analogue à ce qui se produit, lorsqu'on ouvre les vannes d'une écluse alimentant une roue hydraulique. Un enfant peut les manœuvrer, et cependant,

suivant la position qu'il leur donne, la roue produira un travail de 1, 10, 50 chevaux, incomparablement plus grand que celui que l'enfant peut développer.

Quantité de transmetteurs microphoniques ont été basés sur le principe de l'appareil Hughes. Nous décrirons le microphone Ader dont les nombreux dérivés sont beaucoup employés en France, et dont le dérivé belge, le Dejongh, a été adopté naguère par l'Administration des Télégraphes belges.

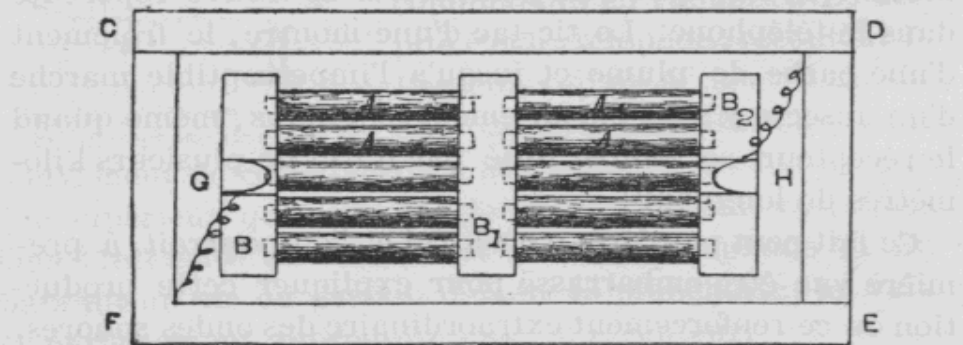


Fig. 25. — Planchette vibrante du microphone Ader.

Microphone Ader. — Dans le microphone Ader, trois baguettes de charbon B, B₁, B₂ (fig. 25) sont fixées sur une mince planchette en sapin CDEF.

Ces baguettes rectangulaires sont percées de trous dans lesquels viennent s'engager les extrémités des cylindres de charbon A, A..., A₁ A₁... au nombre de 10, disposées en deux séries de 5.

La caisse rectangulaire portant la planchette est disposée de manière à lui donner une certaine inclinaison. Les contacts se trouvent naturellement, par rapport à l'opérateur, de l'autre côté de la planchette.

Le courant arrivant en G passe dans la baguette B, les cylindres A, la baguette B₁, les cylindres A₁, la baguette

B₂, part en H. Il traverse donc 20 contacts réunis en quantité par groupe de 5.

Microphone Dejongh. — Dans le microphone Dejongh, la planchette vibrante est disposée verticalement, ce qui rend la transmission plus aisée.

Cette planchette porte deux rangées verticales de 4 demi-cylindres de charbon réunis par des fils conducteurs.

Le circuit de la pile et de la bobine se ferme au moyen de 4 cylindres de charbon s'appuyant d'un côté sur les demi-cylindres, de l'autre côté sur des épingles inclinées. Les contacts sont donc au nombre de 8 et placés par deux séries de 4 en quantité. La résistance du primaire, gros fil de la bobine d'induction compris, varie entre 6 et 10 ohms; le secondaire en mesure 150. Le fil primaire de 1^{mm}25 de diamètre a $\frac{12}{100}$ de résistance.

Les planchettes vibrantes des deux derniers microphones que nous venons de décrire, ont à peu près un décimètre carré de surface. Il semble inutile de dépasser ces dimensions et de multiplier les contacts microphoniques en conséquence, car les parties périphériques frappées par les ondes vocales sous une forte incidence, n'exercent qu'une action insignifiante sur le fonctionnement du microphone, action d'autant moindre que l'inclinaison est plus grande.

Le microphone Ader, et la plupart de ses congénères, donnent des résultats très suffisants lorsqu'il sont neufs; mais, au bout de peu de temps, on remarque que la transmission s'assourdit, l'articulation se perd et avec elle la netteté, par suite, semble-t-il, de la prépondérance des vibrations propres de la plaque. Si l'appareil rend suffisamment pour la transmission dans les limites du réseau,

son emploi devient par contre tout à fait précaire dès qu'il s'agit de l'interurbain, si important aujourd'hui. Il faut alors nettoyer les charbons, d'où frais de main-d'œuvre assez considérables, qui ont fait proscrire leur emploi, tout au moins en Belgique — où l'on a visé et où l'on est arrivé à n'employer qu'un seul élément de pile par poste, même pour la longue distance.

Une nombreuse et importante classe de microphones met à contribution des granules de charbon, pour constituer les contacts microphoniques.

Microphone Grinewald. — Dans le microphone Grinewald (fig. 26), les granules sont renfermées dans six tubes également distants, emmenagés dans un cylindre en charbon C. Elles appuient donc directement contre la plaque vibrante EF serrée au fond de l'embouchure

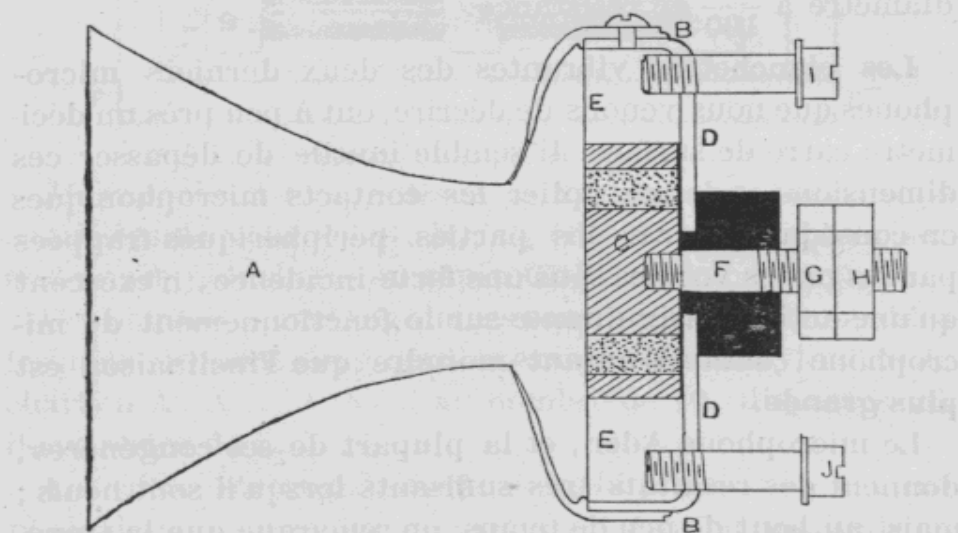


Fig. 26. — Microphone Grinewald.

porte-voix A en métal nickelé. Les vis I et J servent à la fixation de l'appareil. Le courant arrive par les écrous de serrage G et H, suit la tige F, le charbon C, les granules,

en vertu de l'isolement de ces organes du reste du transmetteur, la plaque, la cuvette de l'appareil et l'une des vis I ou J.

Microphone Hunnings. — Le microphone Hunnings (fig. 27) présente les granules renfermées dans un logement rainuré, emménagé à la partie centrale d'un cylindre de charbon C et retenues par un petit manchon en flanelle EE, fixé à la plaque vibrante BB, également serrée au fond d'un tube porte-voix A, en métal nickelé. La plaque vibrante porte à sa partie centrale une rondelle métallique du diamètre du charbon, pourvue de saillies en forme de calottes sphériques ayant 2 à 3 millimètres de diamètre, dans le but d'augmenter la surface en contact avec le charbon granulé. Un petit tube en caoutchouc enfoncé dans un trou central du cylindre C, appuie très légèrement par une de ses extrémités sur la plaque vibrante, pour amortir les vibrations de trop grande amplitude.

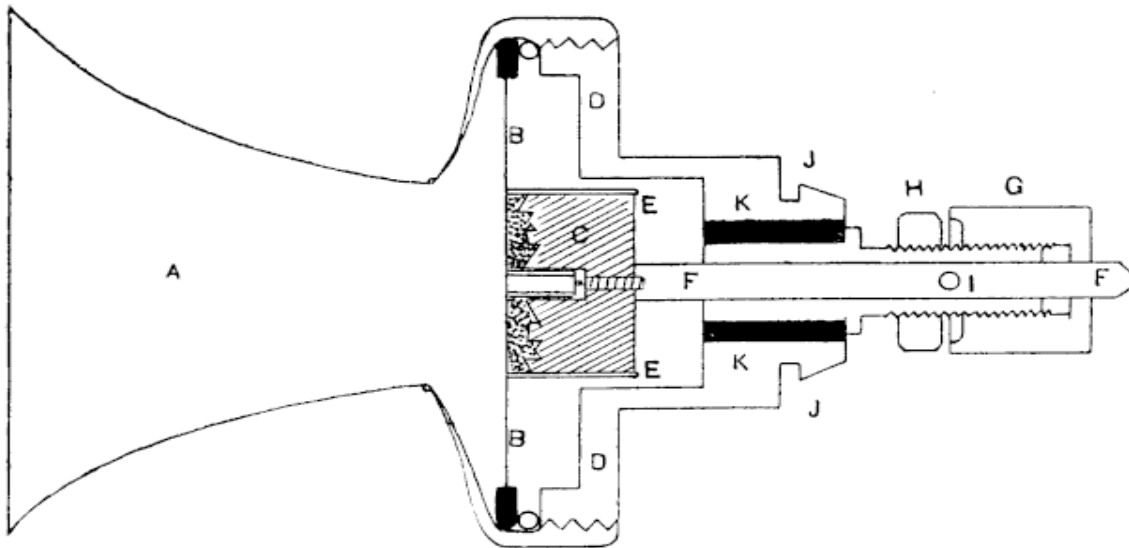


Fig. 27. — Microphone Hunnings.

Le courant entre par une lame ressort appuyant en F (à l'extrémité de droite de l'appareil), suit la tige FF, le charbon C, les granules, passe à la plaque BB, à la cuvette, pour partir par une fourche venant serrer la culasse de l'appareil dans la rainure JJ.

Cette disposition, toute symétrique autour de l'axe de figure, permet en premier lieu de faire tourner à volonté l'appareil autour de son axe horizontal, de manière à pouvoir remédier au tassement des granules s'il se produit. Mais en outre, si cela ne suffit pas, on peut rapprocher ou éloigner le cylindre de charbon C et par suite comprimer ou décompresser les granules, en agissant sur les écrous H et G entraînant une goupille I solidaire de la tige porte-charbon F.

La résistance du circuit primaire, gros fil de la bobine d'induction compris, est de 5 ohms ; le circuit secondaire de la bobine mesure environ 240 ohms, le fil primaire seul $\frac{6}{10}$ d'ohm.

Les deux microphones étudiés en dernier lieu — dont le second a fait ses preuves depuis quelques années déjà — donnent une voix forte et très nette. Ils sont remarquablement sensibles, sans présenter l'inconvénient des crachements. On peut toutefois reprocher au premier d'exiger un montage parfait pour que les granules ne coulent pas entre la plaque et le bloc de charbon, exigence qu'une fabrication soignée peut cependant surmonter ; au second de demander un réglage quelque peu délicat et parfois difficile à obtenir. Mais ils présentent à un haut degré cette qualité précieuse de reproduire, avec une fidélité également remarquable, l'articulation et le timbre de la voix quelque forte ou quelque faible qu'elle soit. La sensibilité est telle que dans les communications interurbaines,

jusqu'à une cinquantaine de kilomètres, on peut entendre l'aspiration de l'air faite par l'interlocuteur avant l'émission des sons ; même à des distances supérieures, le tic-tac d'une montre est parfaitement transmis.

Microphone White. — Un microphone récent, dont on dit le plus grand bien et qui est employé sur la plus longue ligne téléphonique du monde, de New-York à Chicago (1620 km.), est celui de M. White de Boston. Il utilise aussi des granules, mais celles-ci sont enfermées (fig. 28) dans une petite chambre métallique cylindrique W, dont un des fonds est obturé par une rondelle en mica B, au centre de laquelle se trouve un disque de charbon E pressant sur les granules. Le disque de charbon,

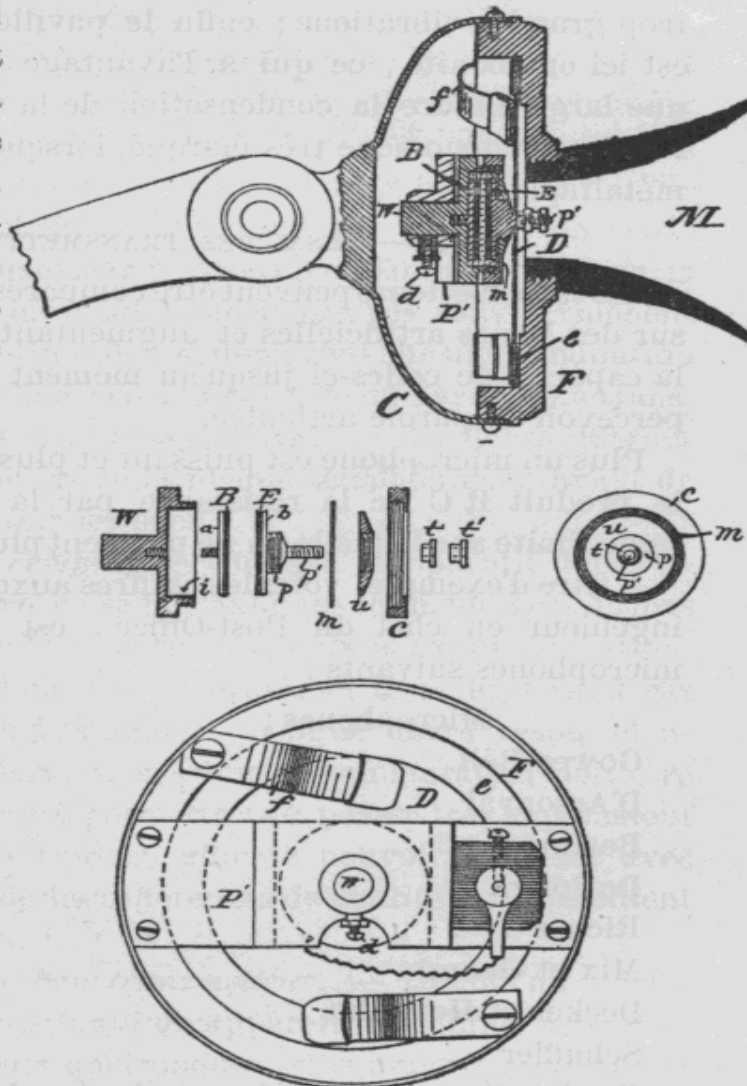


Fig. 28. — Microphone White.

fixé sur une petite tige filetée p' traversant la plaque vibrante, est rendu solidaire de celle-ci au moyen de deux écrous t et t' .

Des ressorts f , munis de bandes en caoutchouc, appuient sur la plaque vibrante pour empêcher la production de trop grandes vibrations ; enfin le pavillon porte-voix M est ici en ébonite, ce qui a l'avantage d'atténuer dans une large mesure la condensation de la vapeur d'eau de l'haleine, phénomène très marqué, lorsque le pavillon est métallique.

§ 6. — ESSAI DES TRANSMETTEURS.

Les transmetteurs peuvent être comparés, en les essayant sur des lignes artificielles et augmentant la résistance et la capacité de celles-ci jusqu'au moment où l'on cesse de percevoir la parole articulée.

Plus un microphone est puissant et plus peut être grand le produit R C de la résistance par la capacité de la ligne limite sur laquelle on ne parvient plus à transmettre.

A titre d'exemple, voici les chiffres auxquels M. Preece, ingénieur en chef du Post-Office, est arrivé pour les microphones suivants :

Microphones :	R C
Gower-Bell.	14.553
D'Arsonval.	22.308
Berliner.	17.457
De Jongh	14.553
Richez	6.468
Mix et Genest.	6.468
Decker et Homolka	10.692
Schaffler	19.000
Berliner (avec deux éléments Leclanché) .	320.000
Berliner (" quatre " ") .	400.000

Dans certaines usines, on utilise une espèce de phonomètre très simple, constitué d'une boîte traversée par une tige aimantée sur laquelle peut coulisser une bobine rattachée par fil souple à deux bornes. En face d'une des extrémités de la tige aimantée se trouve encastrée une plaque téléphonique dans un espace complètement clos, sauf à la partie centrale antérieure, qui est percée et munie d'un tube métallique sur lequel vient se chausser un tube en caoutchouc terminé par un pavillon qu'on applique à l'oreille. Cela posé, les deux bornes de l'appareil sont rattachées à une ligne sur laquelle on parle devant le transmetteur à l'essai, et l'on fait coulisser la bobine mobile jusqu'au moment où les sons deviennent imperceptibles. Un index se déplaçant sur une graduation permet de noter la division à laquelle on s'arrête. Le transmetteur sera d'autant plus puissant que l'on devra éloigner davantage la bobine de la plaque téléphonique, avant de cesser de percevoir les sons.

Conditions à remplir. — Un essai comparatif doit évidemment se faire, en se plaçant dans les mêmes conditions pour les différents appareils soumis à expérimentation. La pile devra donc être la *même*, et dans le dernier cas que nous venons d'examiner, la ligne devra rester identique. D'autre part, un système de commutateur doit être établi de manière à permettre de passer très rapidement d'un appareil à l'autre, afin de pouvoir analyser avec quelque certitude les différences de qualité que présentent les sons obtenus.

Qualités d'un bon transmetteur. — Quoiqu'un microphone soit somme toute un appareil fort simple à réaliser (deux conducteurs quelconques en contact léger peuvent le constituer), il n'en est pas moins vrai qu'un bon appa-

reil industriel est fort difficile à établir. La preuve en est dans la multitude de transmetteurs dont les états de service se bornent à l'usage qu'en a fait l'inventeur lui-même, et à une description dans quelques journaux techniques.

Il ne suffit pas en effet que le transmetteur donne de beaux sons à l'essai, il faut encore que sa puissance et son réglage se maintiennent; qu'il parle bien pour toutes les voix, sans crachements ou résonnances, avec un seul élément de pile; qu'il soit suffisamment simple pour être mis entre les mains des poseurs ordinaires et néanmoins suffisamment robuste pour résister à l'usage quotidien. Enfin, outre le bas prix, il est indispensable que la fabrication le fournisse en quantités bien homogènes, dans lesquelles le déchet d'appareils mauvais ou à rebuter ne dépasse pas un à deux pour cent.

§ 7. — LES TÉLÉMICROPHONES.

Le téléphone employé comme transmetteur, ainsi que le microphone, étant impressionnés par les ondes sonores d'une manière identique, on conçoit qu'il a dû promptement venir à l'esprit des inventeurs d'essayer de superposer leurs effets (1).

Les contacts microphoniques sont alors rendus solidaires de la plaque vibrante d'un téléphone, et intercalés comme à l'ordinaire dans le circuit primaire d'une bobine d'induction et d'une pile.

Quant au téléphone, il est mis en rapport avec la ligne et le circuit secondaire de la même bobine d'induction, comme dans les postes usuels.

(1) MERCADIER : Sur des appareils télémicrophoniques (*Annales télégraphiques*, 1886, p. 103).

Cela posé, lorsqu'on parle devant la plaque vibrante, les contacts microphoniques produisent les courants induits ordinaires dans le circuit extérieur, tandis que la membrane téléphonique engendre, par les mêmes vibrations, d'autres courants induits magnéto-électriques, qui viennent se superposer aux précédents. Il y a donc, théoriquement, renforcement de la transmission.

Pour ce qui concerne la réception, l'appareil est naturellement réversible, puisque c'est, en somme, un téléphone qu'il suffit de porter à l'oreille. Si on veut le laisser à poste fixe, on se sert de tuyaux acoustiques adaptés, soit au couvercle, soit à la chambre interne sous la plaque vibrante.

Les appareils ainsi construits donnent, paraît-il, des résultats satisfaisants; mais nous ne leur trouvons guère, comme avantage, que la possibilité d'un double mode de fonctionnement, l'un pouvant encore suffire, si l'autre vient à manquer.

D'autre part, il est certain que le téléphone et le microphone réunis sont chacun individuellement moins parfaits que des appareils séparés dont tous les organes ont été étudiés pour fournir le maximum d'effet.

Enfin, il nous semble difficile d'appliquer à ce dispositif les microphones à granules qui donnent de si bons résultats et prennent aujourd'hui le dessus d'une manière très marquée.

En fait, les télémicrophones constituent des appareils simplement intéressants qui ne se sont pas répandus dans la pratique.

CHAPITRE III.

Appareils d'appel.

Sonnerie magnéto-électrique. — L'appel d'un poste téléphonique a généralement lieu à l'aide d'une sonnerie magnéto-électrique actionnée au moyen de courants alternatifs.

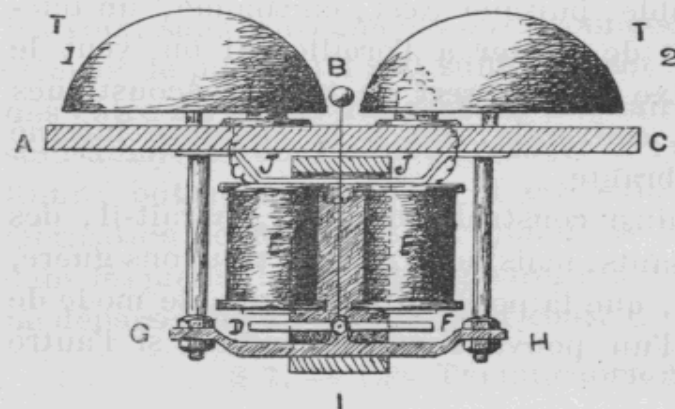


Fig. 29. — Sonnerie magnéto-électrique.

Cette sonnerie, dite aussi sonnerie polarisée, comporte deux électro-aimants $E_1 E_2$ (figure 29) à noyaux de fer doux. En face d'une des extrémités des noyaux et à courte distance, peut osciller un barreau horizontal $D F$ en fer doux également, suspendu sur pivots verticaux et supportant le battant B . Un aimant permanent $I J$ polarise tout le système noyaux de l'électro et barreau oscillant de la manière indiquée, par exemple, au schéma (fig. 30), ainsi qu'on peut s'en rendre compte par le fantôme magnétique. Un pôle nord conséquent N est développé au milieu du barreau, et deux pôles de même nom sud, à ses deux extrémités S, S , en sorte qu'elles

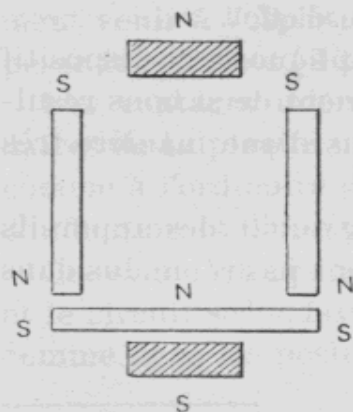


Fig. 30. — Distribution du magnétisme dans les organes de la sonnerie.

sont également sollicitées par l'aimant permanent NS (IJ de la figure 29) et les noyaux polarisés par influence N, S, des électros $E_1 E_2$.

Quand un courant alternatif traverse les bobines, l'équilibre est rompu. Pendant la phase positive l'action d'un noyau est renforcée, tandis que celle de l'autre est affaiblie; pendant la phase négative, l'inverse a lieu, le second noyau prenant une influence prépondérante. Il en résulte des oscillations du barreau D F, donc du battant B, qui vient ainsi frapper alternativement les deux timbres $T_1 T_2$, à chaque phase complète du courant.

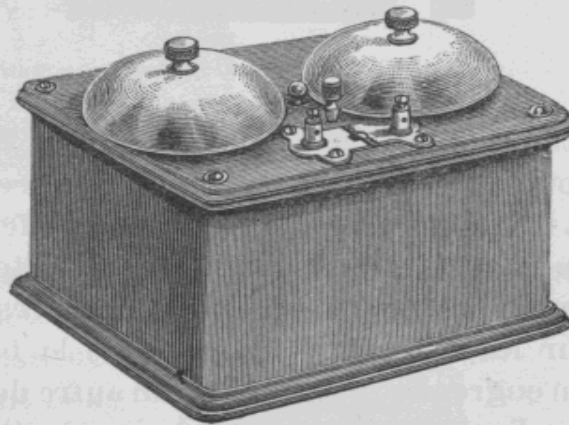


Fig. 31. — Vue extérieure de la sonnerie magnéto-électrique.

La fig. 31 donne la vue extérieure de l'appareil. On voit entre les deux timbres un bouchon métallique de court-circuit permettant, dans certains types, de réunir métalliquement les deux bornes en temps d'orage. La résistance électrique est d'environ 80 ohms, sa self-induction 1⁴4 (1).

Machine magnéto-électrique. — Les abonnés au téléphone préviennent le bureau central en actionnant la manivelle de la petite machine magnéto-électrique dont sont généralement munis les postes téléphoniques. Cette magnéto

(1) *Annales télégraphiques* de juillet-août 1891, p. 359.

se compose d'une bobine d'une résistance d'environ 500 ohms de fil isolé enroulé autour d'une armature de fer doux en forme de **T** (fig. 32). Un bout de la bobine est

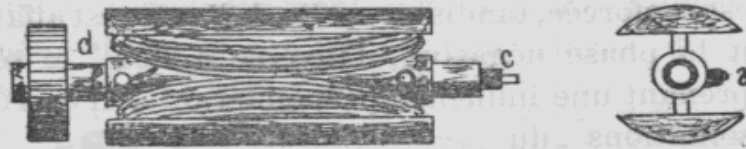


Fig. 32. — Induit : vue et coupe transversale.

attaché en *b* à la masse métallique de l'armature; l'autre bout est relié à une goupille *a* isolée de la partie massive et en rapport avec un cylindre en fer *c*, isolé également, au moyen d'un manchon en ébonite. On recueille le courant par l'intermédiaire de deux ressorts venant appuyer sur les extrémités de l'axe de la bobine. En *d* se trouve un engrenage attaqué par un autre de plus grand diamètre, sur l'axe duquel est calé la manivelle qui sert à mettre en mouvement tout le système. Au début, l'entraînement avait lieu par roues de friction dont le fonctionnement était beaucoup moins sûr que l'engrenage et demandait un grand entretien.

La bobine tourne dans le champ magnétique régnant entre des pièces polaires en fer doux, aimantées par trois ou quatre forts aimants permanents en fer à cheval (fig. 33). L'ensemble est fixé sur la paroi de fond d'une caisse rectangulaire en noyer poli portant sur sa paroi antérieure la sonnerie magnéto-électrique décrite plus haut, mais de résistance un peu plus forte (100 à 120 ohms). En outre, une fourche métallique nickelée pouvant pivoter dans un plan vertical et tenue normalement abaissée par

le téléphone récepteur qu'on y suspend, traverse la paroi de gauche de la caisse. L'appareil entier, appelé couram-

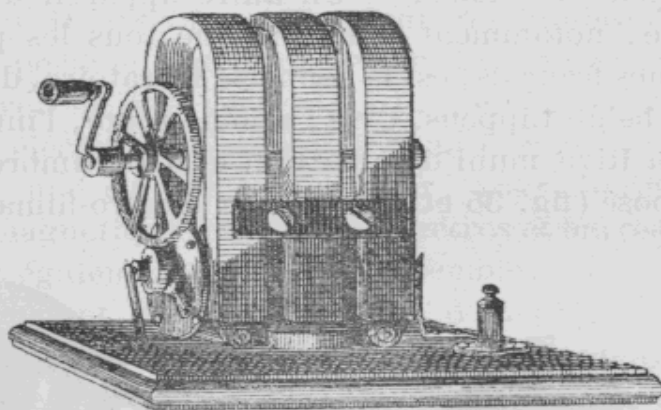


Fig. 33. — Machine magnéto-électrique. Elévation.

ment sonnerie-magnéto, possède à sa partie inférieure des bornes qui permettent de le relier à un microphone et sa pile, pour constituer le poste complet, dont nous verrons la description plus loin. Les deux téléphones récepteurs se rattachent à des bornes fixées, soit sur les parois latérales, soit à la partie inférieure de la magnéto au moyen de cordons souples.

La fig. 34 montre la vue intérieure d'une sonnerie magnéto (caisse ouverte).

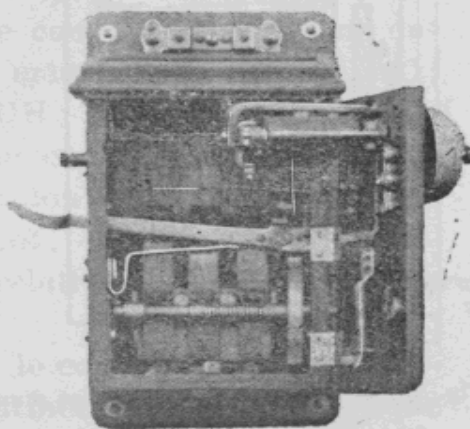


Fig. 34. — Vue intérieure d'une sonnerie magnéto.

Nous avons dit que la bobine a environ 500 ohms de résistance. Des mesures effectuées sur une armature de 550 ohms ont donné comme coefficient de self-induction

2⁷ quand le plan de la bobine est sur la ligne qui joint les pôles et 7³ dans la position à angle droit (1).

Sonnerie vibratoire. — Un autre appareil d'appel très employé, notamment dans presque tous les postes téléphoniques français, est la sonnerie vibratoire, due à l'électricien belge Lippens. C'est, somme toute, l'interrupteur de la Rive muni d'un battant et d'un timbre (2). Elle se compose (fig. 35 et 36) de deux électro-aimants E_1E_2 ,

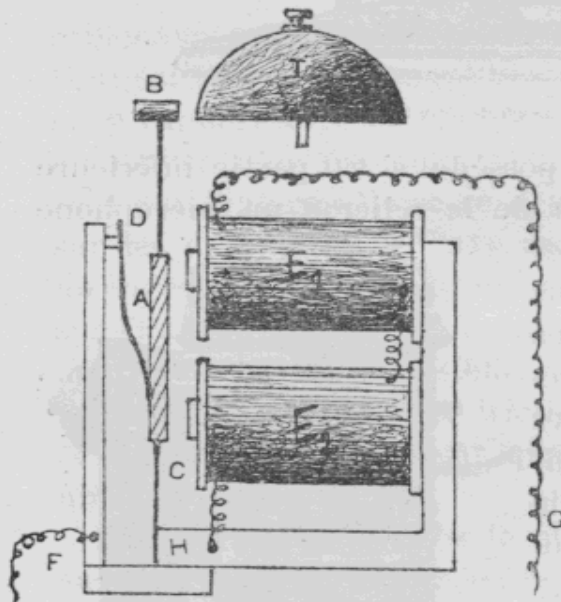


Fig. 35. — Schéma des connexions d'une sonnerie vibratoire.

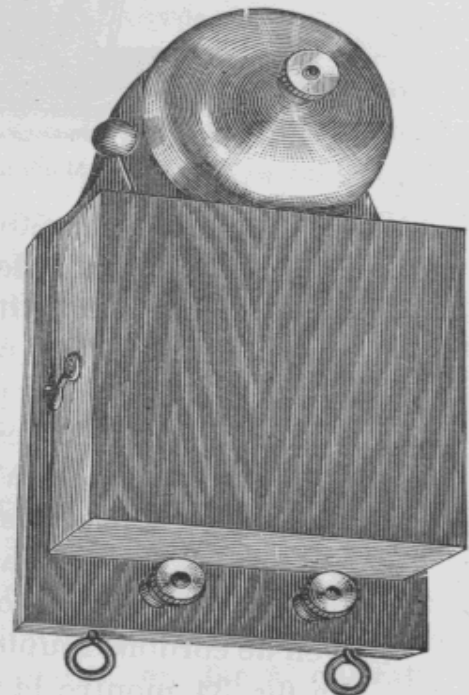


Fig. 36. — Vue extérieure.

(1) *Annales télégraphiques* de juillet-août 1891, p. 359.

(2) DU MONCEL. *Exposé des applications de l'électricité*, 1853.

en face des joues desquels se trouve un barreau mince en fer doux AC monté sur une lame flexible CH et terminé à sa partie supérieure par une tige mince surmontée d'un battant B arrivant à hauteur du timbre T. Le barreau AC porte en outre un ressort DC venant en contact en D avec la tige verticale DF. Les extrémités des noyaux des électro-aimants opposées au barreau AC, sont réunies par une culasse en fer doux, pour diminuer la résistance magnétique du système électros et barreau. La culasse sert également de bâti à l'ensemble.

Les liaisons ont lieu comme suit : d'un côté le fil des bobines aboutit par G à l'une des bornes de l'appareil ; de l'autre il est en connexion avec les lames HC, CD, la tige DF et la seconde borne.

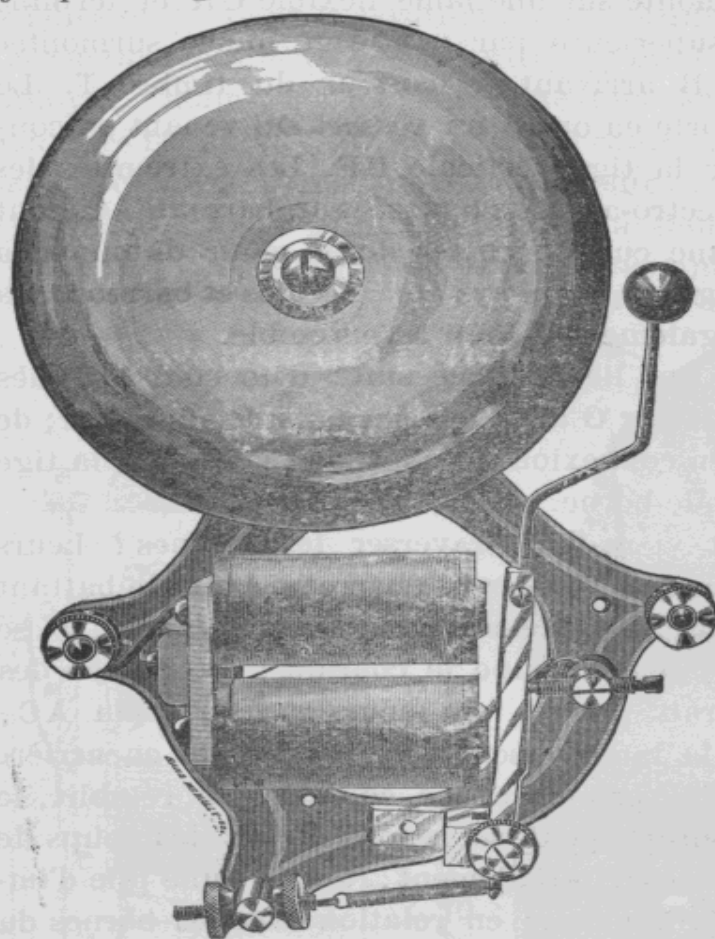
Un courant vient-il à traverser les bobines ? Leurs noyaux s'aimantent, attirent le barreau AC et le battant frappe le timbre. En même temps, le contact en D se trouve rompu, ce qui coupe le courant ; l'attraction des noyaux disparaît par le fait même et le barreau AC, sollicité par la lame-ressort CH, est projeté en arrière vers sa position primitive. Le contact D se rétablit, le passage du courant peut se renouveler et les coups de sonnerie se succéder rapidement, tant qu'une pile d'importance suffisante reste en relation avec les bornes de la sonnerie.

Afin de faciliter le réglage, le contact D est généralement produit à l'extrémité platinée d'une vis métallique nickelée. La fig. 37 en donne un exemple.

Dans cet appareil, le bâti, élégant et robuste, est entièrement métallique.

La sonnerie vibratoire se rencontre sous une infinité de formes et dimensions. Les dimensions du timbre atteignent

jusqu'à vingt centimètres. Pour certaines applications



spéciales, on remplace le timbre par un grelot. On emploie aussi, parfois, des timbres en bois. Les petites sonneries exigent un seul élément de pile; celles de grand modèle, deux ou trois.

Citons pour mémoire les sonneries vibratoires à un coup (1), celles qui, une fois entrées en fonctionnement, exigent l'arrêt

du battant à la main (2) et enfin les sonneries vibratoires aptes au montage en série (3).

Fig. 37. — Autre forme de sonnerie vibratoire.

(1) *L'Électricien*, n° 40 du 3 octobre 1891, p. 230.

(2) HOSPITALIER. *L'électricité à la maison*, p. 48.

(3) *L'Électricien*, n° 40 du 3 octobre 1891, p. 230.

Bouton d'appel. — De ce que la sonnerie vibratoire fonctionne dès qu'elle est traversée par un courant suffisamment intense, on en conclut qu'en temps normal le circuit doit être ouvert. Sa fermeture se produit au moyen d'un petit appareil bien connu : le bouton d'appel.

Il se compose (fig. 38) de deux lames-ressorts, dont les extrémités se trouvent en face l'une de l'autre sur une même



Fig. 38. — Bouton d'appel.

verticale. On peut les amener au contact, en exerçant une pression légère sur un bouton en ivoire ou en os, reposant sur le ressort supérieur. Les fils se rendant d'une part à la sonnerie, d'autre part à la pile viennent s'attacher à des vis de serrage. La calotte plus ou moins enjolivée, au centre de laquelle coulisse le bouton, se visse sur le socle portant les lames-ressorts.

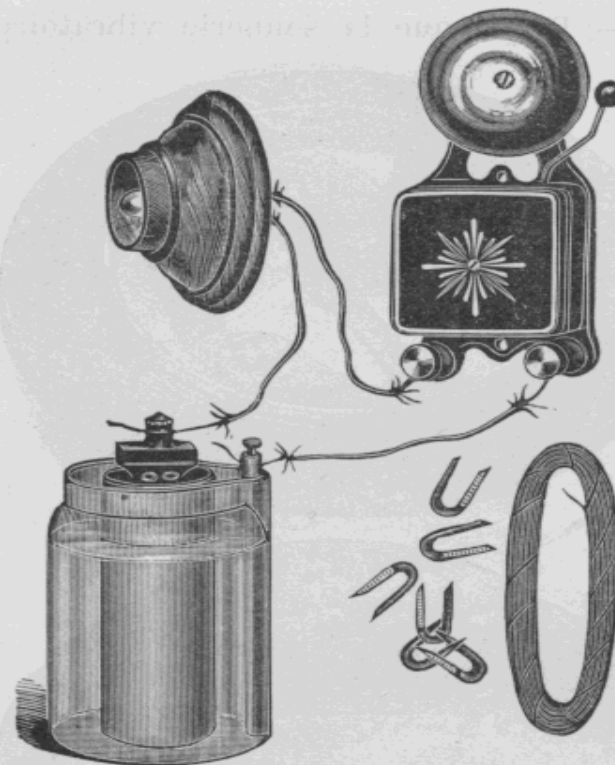


Fig. 39. — Montage ordinaire d'une sonnerie vibratoire.

Le montage habituel d'une sonnerie vibratoire est représenté (fig. 39).

Telle est la disposition générale adoptée pour les installations domestiques.

Dans les applications téléphoniques, le système est différent.

On y provoque généralement le fonctionnement de la sonnerie vibratoire au moment voulu, par la chute d'un volet avertisseur V (fig. 40) qui produit

automatiquement la fermeture du circuit.

Annonciateur. — a) *Annonciateur de ligne.* — L'annon-

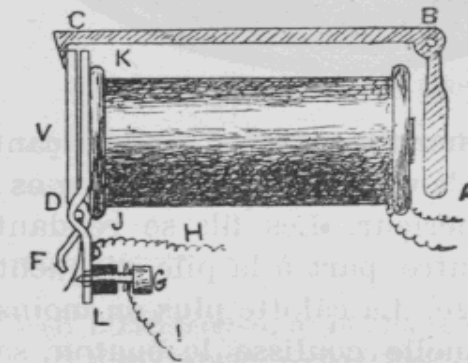


Fig. 40. — Annonciateur.

ciateur est un simple électro-aimant à deux noyaux dont l'armature A commande le volet V et qu'il suffit donc d'insérer dans la ligne. Quand des courants d'appel sont émis par un poste, ils traversent les électros, aimantent leurs noyaux, d'où attraction de l'armature A qui s'approche

de ces derniers en pivotant autour de B et faisant, d'autre part, basculer le bras BC. Le volet V est donc déclenché. Il pivote autour de l'axe J, tandis qu'un appendice effilé F vient appliquer une petite lame de ressort sur la pointe de la vis G. Cette dernière est isolée par une gaine en ébonite de la plaque KL à laquelle se fixe la lame F. Comme les deux extrémités du circuit comprenant la pile et la sonnerie vibratoire viennent se rattacher d'une part à cette plaque, d'autre part à la vis G, on voit que la chute du volet ferme le circuit d'appel, d'où fonctionnement de la sonnerie jusqu'à ce que l'on ait relevé le volet V.

Les bobines de l'annonceur ont une résistance de 100 ohms. Quand il n'y a qu'un seul annonceur, on le monte soit sur un petit socle, soit sur une boîte rectangulaire portant à sa partie supérieure les bornes d'attache de la ligne et du circuit d'appel comprenant la sonnerie vibratoire et la pile.

Généralement on en réunit plusieurs sur la même plaque et ils entrent alors dans la composition des commutateurs à numéros. Les vues de commutateurs que nous donnerons plus loin, en fourniront de nombreux exemples.

b) *Annonceur de fin de communication.* — Ce qui précède a trait aux annonceurs insérés dans les lignes



Fig. 41. — Annonceur de fin de communication.

et dénommés pour cette raison annonceurs de lignes. Dans certains commutateurs à numéros et tableaux de bureaux centraux, on en rencontre d'autres d'une construction différente. On les appelle annonceurs de fin de communication. Ils se placent en dérivation sur deux lignes d'abonnés reliées temporairement et servent à déceler, par la chute de leur volet, la fin de la communication.

Afin d'éviter une trop grande déperdition du courant dans la dérivation qu'ils établissent, on leur donne une grande résistance, 5 à 800 ohms, et un fort coefficient de self-induction en les entourant complètement d'une armature tubulaire en fer doux (fig. 41).

Annonciateur à relèvement automatique. — Une fois le volet déclenché, le rôle de l'annonciateur est terminé et l'employé doit, en donnant suite à la demande qu'indique la chute du volet, relever celui-ci.

Afin d'économiser cette manœuvre et par suite gagner le temps et l'attention qu'elle exige, certains annonciateurs de fin de communication portent deux enroulements. D'autre part, le volet très massif ne se déplace angulairement que d'une faible quantité, mais fait basculer un voyant très léger qui accuse, sans aucun doute possible, le fonctionnement de l'annonciateur.

Les connexions sont établies de telle manière que quand l'employé fait les manœuvres nécessaires pour répondre à l'appel, il envoie d'abord un courant dans le second enroulement de l'électro-annonciateur, ce qui, provoquant l'attraction du volet, le renclanche automatiquement.

Le relèvement spécial à la main qu'exige l'annonciateur ordinaire, est donc évité.

CHAPITRE IV.

Piles employées en téléphonie.

§ 1. — PILES AU CHLORURE AMMONIQUE.

Leclanché à agglomérés. — L'élément de pile le plus répandu en Belgique où il a été exclusivement employé par les Compagnies téléphoniques, est le Leclanché à plaques agglomérées.

Il se compose (fig. 42) d'un bocal en verre renfermant une solution saturée de chlorure d'ammonium dans laquelle plonge une lame de charbon de cornue E à laquelle sont juxtaposées deux plaques en matière dépolarisante A. Enfin, un bâton de zinc Z séparé par un blochet B de bois, est réuni aux plaques A, E, A, au moyen de jarretières en caoutchouc *bb*, *bb*.

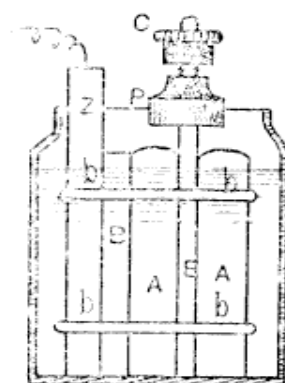


Fig. 42. — Élément Leclanché à agglomérés.

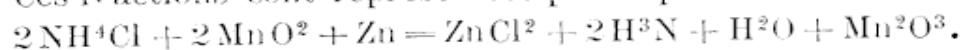
La lame de charbon se termine à la partie supérieure par une garniture en plomb dans laquelle est fixée une tige filetée en cuivre C munie d'un écrou pour pincer le fil de connexion. C'est le pôle positif de la pile. La partie supérieure de la lame ainsi que la tête en plomb, sont noyées dans un mélange de cire et de paraffine destiné à remplir les pores et arrêter les sels grimpants qui pourraient attaquer le plomb et compromettre la communication électrique. Enfin, pour protéger plus complètement la garniture en plomb contre les actions extérieures, elle est enduite d'un mélange de résine et de goudron.

Les plaques agglomérées sont formées d'une pâte composée de 42 parties de bioxyde de manganèse, 52 de charbon de cornue granuleux, 6 de gomme laque, comprimée à 300 atmosphères à la température de 100° centigrades.

Le zinc, pôle négatif, est du métal étiré aussi pur que possible et bien amalgamé.

Le vase, de 0^m15 de hauteur, est de forme quadrangulaire ou ronde et ses bords supérieurs sont enduits de paraffine ou plus simplement de savon mou, pour arrêter les sels grimpants.

En circuit fermé, le zinc se dissout partiellement à l'état de chlorure de zinc. L'hydrogène réduit le bioxyde de manganèse en sesquioxyde et l'ammoniaque se dégage. Ces réactions sont représentées par l'équation :



Des réactions secondaires donnent naissance à du chlorure double de zinc et d'ammonium et à de l'oxychlorure de zinc. Ce dernier sel, peu soluble, se forme surtout quand l'élément est inactif. Il s'attache au zinc et doit être gratté après quelque temps.

Ces combinaisons chimiques, qui sont celles indiquées dans le principe par l'inventeur lui-même, ont été très discutées.

D'après M. Ditte, professeur de chimie minérale à la Faculté des sciences de Paris, qui a récemment publié un travail étendu sur la question (1), le composé qui prendrait naissance dans la pile et cristallise principalement vers la partie supérieure de l'aggloméré, répondrait à la formule: $2(\text{NH}^4\text{Cl})\text{ZnO}$. Le liquide inférieur serait surtout riche en chlorures simples ou doubles de zinc, tandis que la partie supérieure, beaucoup moins dense, renfermerait une forte proportion d'ammoniaque.

La force électro-motrice de l'élément est 1^v48, la résistance intérieure d'environ 0,8 ohm.

On n'est pas encore fixé sur le rôle exact du bioxyde de manganèse dans les piles Leclanché. D'après les expériences de M. Oback (2), la moitié seulement de l'oxygène consommé par la pile serait fournie par le bioxyde. Il est plus que probable que l'autre moitié est empruntée à l'air

(1) *Lumière électrique*, t. 48, nos 21 et 22.

(2) *L'Électricien*, n° 43 du 24 octobre 1891, p. 287.

atmosphérique emprisonné dans le charbon et le bioxyde et dissous dans le liquide environnant. Lorsque la pile travaille continuellement, la chute rapide de force électromotrice que l'on observe pendant les premiers jours, est vraisemblablement due à la disparition de la plus grande partie de cet oxygène. Après une période de repos, cette perte est partiellement recouvrée.

Élément Leclanché-Barbier. — C'est une variante assez heureuse du type précédent préconisée dans ces dernières années par la firme Leclanché. Dans cet élément, le zinc est maintenu dans l'axe du bocal. Concentriquement se trouve un cylindre creux formé par l'agglomération de graphite et de bioxyde de manganèse pulvérisés. Ces matières sont mélangées avec du brai et un peu de soufre, puis moulées à la forme voulue sous pression et soumises à une température de 350°. Le produit ainsi obtenu est solide en même temps que poreux, ce qui facilite l'action dépolarisante.

Élément Warnon. — Le gouvernement belge emploie exclusivement cet élément dans ses postes téléphoniques. Il ne diffère du Leclanché à agglomérés qu'en ce que le zinc (fig. 43) se présente sous forme de cylindre creux de grand diamètre et que les agglomérés sont remplacés par un sac en forte toile rempli du mélange dépolarisant de charbon de cornue et peroxyde de manganèse aiguillé, concassé et placé à l'intérieur du cylindre de zinc dont on l'isole par des blocs en bois.

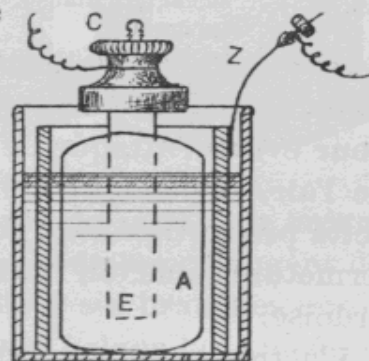


Fig. 43. — Élément Warnon.

La force électro-motrice est naturellement la même que

celle des éléments précédents, mais la résistance intérieure est un peu moindre. Elle est de 0,7 ohm. Son prix est avantageux, vu la grande simplicité de sa fabrication.

§ 2. — PILES A LA POTASSE.

Élément de Lalande et Chaperon. — Employé en France. Il comprend un bocal rempli jusqu'à 4 centimètres environ du bord d'une solution de potasse caustique à 30 ou 40 %, dont le fond porte un cylindre de tôle A (fig. 44), contenant le mélange dépolarisant qui est ici de l'oxyde de cuivre.

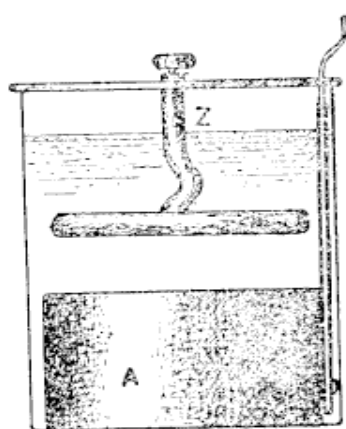


Fig. 44. — Élément de Lalande et Chaperon.

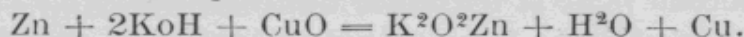
Une tige de zinc Z contournée en spirale pour présenter une grande surface sous un petit volume, attachée au couvercle en ardoise fermant le vase, plonge sa partie spiraloïde dans la solution potassique. Une borne fixée à l'extrémité de cette tige, constitue le pôle —; le pôle + est fourni par une tige de cuivre recouverte de caoutchouc à la traversée du vase et rivée au cylindre du fond.

On verse habituellement au-dessus de la solution potassique une couche de pétrole brut ou de paraffine fondue, pour éviter l'attaque de la potasse par l'acide carbonique de l'air. Cependant il n'est pas indispensable de prendre cette précaution avec l'élément que nous décrivons, vu la fermeture plus ou moins hermétique du couvercle en ardoise.

L'action chimique est nulle en circuit ouvert. En circuit fermé, l'eau est électrolysée, l'oxygène qui se porte à l'anode (pôle négatif) forme de l'oxyde de zinc qui se dis-

sout à l'état de zincate de potasse. L'hydrogène dégagé à la cathode réduit l'oxyde de cuivre en cuivre métallique.

Ces réactions répondent à la formule :



La force électro-motrice est de 0,8 à 0,9 volt ; la résistance intérieure 0,15 ohm.

La manipulation des piles à la potasse exige certaines précautions, la potasse produisant sur la peau une impression de brûlure et détériorant les vêtements. On guérit la lésion produite en lavant la partie attaquée avec une solution de chlorhydrate d'ammoniaque ou plus simplement de vinaigre.

§ 3. — PILES AU SULFATE DE CUIVRE.

Élément Gravity. — Il se compose (fig. 45) d'un vase cylindrique contenant deux solutions superposées par

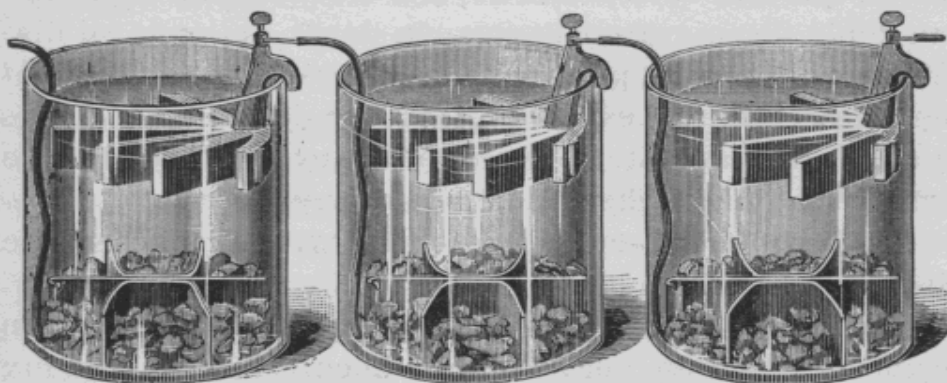


Fig. 45. — Batterie de trois éléments Gravity.

ordre de densité : l'une, inférieure, de sulfate de cuivre, l'autre de sulfate de zinc. Dans la première plongent des lames de cuivre formant une étoile à six branches entourées de cristaux de sulfate de cuivre ; dans la seconde un zinc amalgamé ramifié en sept branches et attaché au bocal au moyen d'un crochet ménagé dans la masse du

support. Aux lames de cuivre qui constituent le pôle positif, vient s'attacher un fil de cuivre recouvert de gutta-percha pour la traversée des liquides.

En circuit fermé, le zinc (pôle négatif) se transforme en sulfate de zinc ; le sulfate de cuivre est réduit en cuivre.



Les cristaux de sulfate ont pour but de maintenir la constance de la concentration.

Par le travail de la pile, la solution supérieure se concentre de plus en plus. On la retire au moyen d'une pipette et la remplace par de l'eau de pluie après un certain temps.

Quand l'élément ne fonctionne pas ou lorsqu'il est soumis à des vibrations, le sulfate de cuivre remonte en petite quantité à la partie supérieure du bocal et produit un dépôt de cuivre sur le zinc. Ce dépôt s'allonge en filaments qui finissent par réunir les pôles et mettre l'élément en court-circuit. Il est donc nécessaire de passer de temps à autre une baguette de verre sous le cylindre de zinc, de manière à en détacher les dépôts cuivreux.

La force électro-motrice est de 1'07 et la résistance intérieure de 4 à 5 ohms.

Le montage du Gravity est quelque peu délicat. On commence par déposer des lames de cuivre et les cristaux de sulfate sur lesquels on place une feuille de papier circulaire ayant approximativement le diamètre intérieur du vase. On verse la solution cuivrique le long de la paroi, en s'aidant d'un agitateur. Le papier surnage. Quand la couche de sulfate dépasse d'environ deux centimètres les lames de cuivre, on verse légèrement sur le disque de papier de l'eau de pluie, au moyen d'une pipette ou de

l'agitateur. Le papier empêche les remous et par suite le mélange de l'eau et du sulfate de cuivre. Quand l'eau parvient à quelques centimètres du bord, on arrête, retire le papier et accroche le zinc.

Avant de mettre l'élément en service, il convient de réunir les deux pôles en court-circuit pendant quelques heures, pour provoquer la formation du sulfate de zinc.

Élément Meidinger. — C'est une variante du précédent.

Les cristaux de sulfate de cuivre sont contenus dans un ballon renversé, reposant sur les bords du vase. Le col du ballon se prolonge par une tubulure jusqu'à un gobelet en verre rempli de la solution de sulfate de cuivre dont la concentration est maintenue par la dissolution progressive des cristaux. Les lames de cuivre formant pôle positif sont contenues dans le gobelet qui, d'autre part, est immergé entièrement dans la solution zincique. Le zinc est, dans ce cas, de forme cylindrique.

Dans certains bureaux centraux, on supprime le gobelet contenant le sulfate de cuivre, pour éviter son bris sous la pression qui se développe dans le cuivre réduit s'agglomérant autour du pôle positif. L'élément ainsi transformé ne diffère donc plus du précédent qu'en ce que la provision de cristaux cuivriques se trouve placée à la partie supérieure dans le ballon renversé.

Élément d'Infrville. — Le grand défaut de tous les modèles de piles au sulfate de cuivre est la perte d'une notable proportion de zinc par la mise hors service de l'électrode avant d'être entièrement consommée. Cette perte, très variable, atteint jusqu'à 45 % du poids total de zinc dans les meilleurs types de piles à gravité.

Les déchets de zinc peuvent en général être recueillis et vendus comme zinc impur, mais leur prix n'étant que

la moitié de celui du métal neuf, il en résulte encore une perte de 20 % au moins.

M. d'Infreville a réussi à éviter radicalement cet inconvénient, en changeant simplement le mode d'attache du zinc du Gravity.

Au lieu de le suspendre comme l'indique la figure 45, il le termine par une partie cylindro-conique, tandis qu'un trou de même calibre se trouve à sa partie inférieure, au droit de la saillie. Une pièce de support triangulaire, percée d'un trou exactement calibré à la forme de l'appendice saillant du zinc permet, en engageant ce dernier dans le trou du support, de le suspendre dans la solution zincique.

Quand l'usure commence à devenir notable, il suffit d'enlever le zinc usé, de le remplacer par un neuf, puis d'attacher à celui-ci l'ancien zinc, en engageant sa saillie cylindro-conique dans le creux du nouveau.

La jonction est si bien établie, qu'il est impossible de séparer les zincs lorsqu'on se borne à les tirer en sens opposés. On peut cependant les détacher sans difficulté par une torsion combinée avec de petits coups frappés sur le côté des branches radiales.

La tige centrale des zincs a environ 2^{cm}5 de longueur et de diamètre; les branches radiales mesurent 5^{cm}7 de long, 1 centimètre d'épaisseur au point de départ et 0^{cm}6 à leur extrémité libre. Chaque pièce de zinc pèse environ 1350 grammes.

Lorsque l'intensité diminue, on ajoute un troisième zinc et ainsi de suite. On comprend qu'en opérant ainsi tout le métal se trouve utilisé, ce qui a permis de donner à cette forme d'électrode le nom de *Wasteless* (sans perte).

* * *

Les éléments du type Leclanché conviennent bien pour les usages intermittents, aussi les applique-t-on aux sonneries et postes téléphoniques des abonnés. Ceux au sulfate de cuivre se recommandent lorsqu'il s'agit de produire un courant sensiblement constant et de longue durée. On les emploie donc pour actionner les microphones des opératrices des bureaux centraux importants, qui fonctionnent continuellement pendant la journée. On les utilise également pour les relais phoniques que nous étudierons lors de la description du système Van Rysselberghe.

Emploi des éléments secs. — On a tenté à diverses reprises d'actionner les microphones au moyen d'éléments secs. Leur substitution aux éléments à liquide serait surtout avantageuse au point de vue du coût d'entretien des postes, coût dans lequel la pile intervient, comme on sait, pour une large part. A notre connaissance, on n'est pas encore toutefois parvenu à des résultats réellement satisfaisants, les éléments secs se polarisant avec rapidité et donnant par suite une transmission insuffisante lorsqu'ils doivent travailler sans repos et d'une manière prolongée sur la très faible résistance du circuit primaire des microphones. Notons cependant qu'ils entrent avec avantage dans la constitution des postes de secours ou de recherches de dérangements, vu la grande facilité de manipulation qu'ils présentent. Leur emploi peut également se justifier dans les postes de faible trafic.

Contrôleur de piles. — Dans certains pays, en France notamment, on vérifie si les piles téléphoniques possèdent encore une force électro-motrice suffisante au moyen d'un petit appareil très simple dénommé contrô-

leur de pile. C'est somme toute une sonnerie vibratoire sans timbre ni battant, réglée de manière à ne pas fonctionner lorsque la force électro-motrice tombe au-dessous d'une certaine limite. Lorsque la pile est encore en bon état, l'appareil l'indique par un ronflement caractéristique produit par les interruptions de sa tige vibrante.

CHAPITRE V.

Montage des postes téléphoniques.

§ 1. — EMPLOI DU TÉLÉPHONE SEUL POUR CONSTITUER UN POSTE TÉLÉPHONIQUE.

L'appareil de Bell étant réversible, c'est-à-dire pouvant s'employer soit comme transmetteur, soit comme récepteur, suffit à lui seul pour constituer un poste téléphonique.



Fig. 46.

La fig. 46 représente une installation de deux postes de ce genre, qui peut encore se simplifier par l'emploi de la terre en remplacement d'un des deux conducteurs (fig. 47).

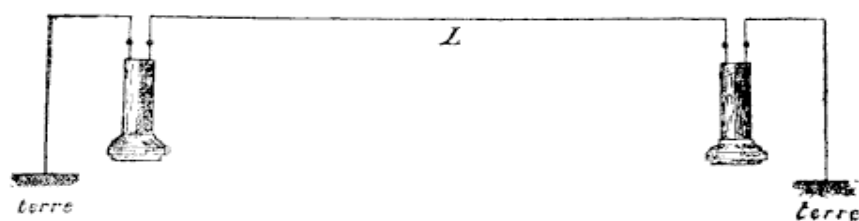


Fig. 47.

Faite de cette façon, l'installation est sans doute très simple et peu coûteuse, mais son maniement serait incommode. On devrait, en effet, porter alternativement l'appareil devant la bouche, puis à l'oreille, tandis que le correspondant exécuterait simultanément les opérations inverses. Aussi est-il bon d'avoir deux téléphones par station, l'un tenu en main et devant lequel on parle, l'autre appliqué à l'oreille pour la réception.

Les premiers postes téléphoniques furent constitués de cette manière (outre un appareil d'appel) et possédaient même parfois trois téléphones : deux pour la réception et un pour la transmission, ce dernier portant un cornet assez long faisant l'office de pavillon-embouchure.

C'est sous l'empire de cette préoccupation de les rendre aptes à la transmission, que les premiers téléphones lancés dans le commerce, ceux de la maison Brégnet notamment, portaient un cornet débouchant en face de la plaque vibrante, de manière à impressionner celle-ci plus énergiquement en parlant devant l'embouchure. (De là aussi le nom de cornet parfois donné au récepteur.)

Il est toutefois à remarquer qu'un téléphone bien réglé pour la transmission ne l'est plus pour la réception et réciproquement, ce qui se comprend aisément par la manière différente dont ils sont actionnés dans les deux cas. Lorsqu'il s'agit d'un transmetteur, les vibrations de la plaque ont une certaine amplitude ; ses déplacements deviennent, au contraire, infinitésimaux quand l'appareil fonctionne comme récepteur.

Aussi, afin de pouvoir opérer facilement ce réglage différent et le noter à l'aide de points de repère, certains téléphones, ceux de Champvallier, puis Trouvé(1), avaient-

(1) DUMONCEL. *Le Téléphone*, 1880, p. 71

ils la vis de réglage que nous avons vue pages 29 et 34, munie d'un index se déplaçant sur un cadran gradué. Voulait-on s'en servir comme récepteur ? On embrochait le téléphone dans une ligne en communication avec un poste où une personne lisait d'une manière uniforme ou comptait des séries de chiffres. On tournait la vis jusqu'à obtention du maximum d'effet et l'on notait la position de l'index sur le cadran, pour pouvoir l'y ramener aisément en cas de dérèglement. Voulait-on l'utiliser comme transmetteur ? On communiquait avec un poste donné et tournait la vis jusqu'à ce que la voix y fût reçue avec le maximum d'intensité et de netteté. On notait également la position de l'index.

Pour l'appel, on se servit bientôt d'une sonnerie vibratoire placée en chaque poste et parfois reliée par fil spécial. En appuyant sur un bouton, la pile était mise en connexion avec la ligne et la sonnerie du poste correspondant fonctionnait aussitôt. On employa aussi des appels musicaux produits au moyen d'appareils de Reiss ou de diapasons.

On chercha ensuite à simplifier la production des signaux. Dans le *bouton téléphone*, l'appel par la pile se produit automatiquement au moment où l'on enlève le téléphone récepteur de son support, effet qui persiste jusqu'à ce que le correspondant ait également décroché son récepteur pour le porter à l'oreille. Dans ce dispositif, l'enlèvement du téléphone fait déplacer un levier qui établit la liaison de la pile et de la ligne comme si l'on pressait sur un bouton d'appel.

D'autre part, nous avons vu précédemment l'ingénieux dispositif d'appel imaginé par Gower.

Mais quoi qu'il en soit des perfectionnements que ces

postes magnéto-électriques reçurent par la suite, leur emploi ne devait pas s'étendre, à cause du peu de puissance de la transmission obtenue même à courte distance. On peut aisément s'en rendre compte.

L'intensité d'un courant, donnée par la loi d'Ohm étendue au cas du courant variable, est

$$i = \frac{E_0 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \theta \right)}{f(R, L, C, T)}$$

i représente l'intensité ou quantité d'électricité passant au temps t dans le circuit; E_0 la force électro-motrice maxima développée; T la durée de la période du son simple considéré; θ le retard du courant sur l'onde sonore, c'est le décalage dont nous avons parlé p. 32; R la résistance ohmique mesurée par les procédés habituels; L le coefficient de self-induction et C la capacité du circuit. Nous supposons l'isolation parfaite.

Or le numérateur de la valeur de i (la force électro-motrice agissante) est extrêmement petit, en raison de la faible amplitude des vibrations de la plaque du téléphone transmetteur et des masses minimales de fer mises en jeu; aussi suffit-il d'une valeur peu élevée de la résistance $f(R, L, C, T)$ du circuit, correspondant à une longueur de quelques kilomètres de fil usuel, pour atténuer les variations du courant au point de rendre la réception difficile pour des personnes non exercées.

§ 2. — EMPLOI DES PANTÉLÉPHONES A PILE SANS BOBINE D'INDUCTION.

Une seconde étape fut franchie lorsque Edison fit connaître son transmetteur à charbon, qui rendait pratique l'emploi de la pile pour la production des courants télé-

phoniques. On renforçait ainsi la réception et pouvait donc transmettre plus loin. Le schéma d'une installation de ce genre est représentée fig. 48.

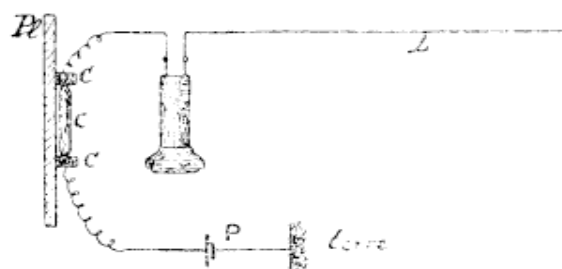


Fig. 48. — Schéma d'un poste téléphonique monte avec un pantéléphone à pile.

Mais, comme on peut s'en rendre compte par un calcul fort simple, la portée de transmission, un peu plus grande que lorsqu'on se sert exclusivement de pantéléphones magnéto-

électriques, reste néanmoins faible.

Soit en effet E la force électro-motrice de la pile mise à contribution, R la résistance du circuit. La loi d'Ohm nous donnera encore :

$$i = \frac{E}{R} \quad (I)$$

Dans le cas qui nous occupe, la force électro-motrice E de la pile reste constante, ou du moins n'est pas influencée par les ondes vocales; c'est sur la résistance R que portent les variations. Or cette résistance se compose d'un terme constant englobant la pile, la ligne et les récepteurs, R_1 , et d'un terme variable R_2 (partie liquide dans les transmetteurs Bell et Gray, contacts de charbon dans les appareils genre Edison, Blake, etc...), en sorte que l'équation (I) peut s'écrire :

$$i = \frac{E}{R_1 + R_2} \quad (II)$$

Cela posé, en parlant devant le transmetteur, la résistance R_2 varie et devient $R_2 + r_2$, d'où, en négligeant

les effets dus à l'induction, une nouvelle valeur de i :

$$i' = \frac{E}{R_1 + R_2 \pm r_2} \quad (\text{III})$$

Soit une variation d'intensité :

$$i - i' = \frac{\pm r_2}{(R_1 + R_2)(R_1 + R_2 \pm r_2)}.$$

Or, la variation de résistance du contact r_2 peut être considérée comme négligeable vis-à-vis de la résistance normale totale $R_1 + R_2$, en sorte qu'il vient :

$$i - i' = \frac{\pm r_2}{(R_1 + R_2)^2},$$

et l'on voit que les différences d'intensité, qui seules provoquent le fonctionnement du récepteur, s'atténuent en raison du carré de la résistance du circuit, ou, ce qui revient au même, en raison du carré de sa longueur, la résistance étant proportionnelle à la longueur lorsqu'on opère avec le même fil.

Les pantéléphones à pile, dont la figure 49 donne la vue d'un exemplaire, sont généralement construits pour être placés sur des pupitres ou consoles; la planchette vibrante portant les contacts microphoniques est verticale ou légèrement inclinée.

Ils nécessitent deux ou trois éléments Leclanché. Le poste se complète par une sonnerie vibratoire d'appel et un ou deux téléphones récepteurs suspendus à un crochet-commutateur d'un jeu analogue à celui des postes magnéto-électriques; quand un des téléphones y est suspendu, la ligne est en relation avec la sonnerie seule; quand on décroche le téléphone, la sonnerie est remplacée par les appareils micro et téléphoniques.

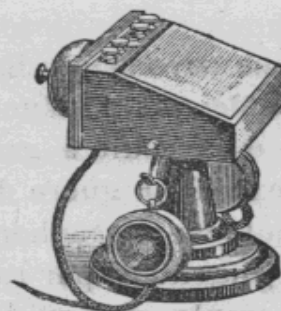


Fig. 49. — Vue extérieure d'un pantéléphone à pile (poste domestique).

Montés de cette manière, les téléphones à pile, peu coûteux et d'entretien facile, sont donc exclusivement réservés aux installations locales, communications entre appartements, étages, bureaux, etc.

Quelques-uns, comme les petits postes Abdanck et Mildé, jouissent d'une certaine vogue.

§ 3. — EMPLOI DES PANTÉLÉPHONES A PILES AVEC BOBINE D'INDUCTION. — DESCRIPTION DU POSTE TÉLÉPHONIQUE UTILISÉ DANS LES RÉSEAUX

A dater du moment de l'introduction de la bobine d'induction dans la composition du poste, la téléphonie à longue distance devenait possible.

Si nous reprenons en effet, l'équation (II), qui doit dès lors s'appliquer à son circuit primaire :

$$i = \frac{E}{R_1 + R_2}, \quad (\text{II})$$

nous voyons que R_1 (abstraction faite des effets dus aux coefficients d'induction) sera la seule résistance de la pile et du circuit à gros fil de la bobine, résistance faible n'excédant guère 1 à 2 ohms; R_2 est la résistance des contacts microphoniques, dont les variations ne sont plus négligeables par rapport à R_1 . Si $R_1 + R_2 = 6$ ohms par exemple, une modification additive de 1 ohm provoquera une diminution d'intensité du courant de 14 %; une modification soustractive de 1 ohm produira une augmentation d'intensité de 20 %, au total une variation de 34 %, ce qui est très considérable.

La bobine d'induction téléphonique. — En donnant suffisamment de tours de fil au circuit secondaire de la bobine d'induction, on pourra donc disposer d'une grande

force électro-motrice, laquelle sera capable d'envoyer à très grande distance le minime courant nécessaire pour actionner le récepteur.

M. de Cazenave, ingénieur en chef de l'ancienne Compagnie belge du téléphone Bell, a adopté et proposé, après de nombreux essais, une bobine d'induction qui a généralement été employée en Belgique, il y a quelques années.

Elle répond aux spécifications suivantes : *primaire*, deux couches de fil isolé de 1^{mm}20 et d'une résistance de 0,12 d'ohm; *secondaire*, fil isolé de 0^{mm}24 ayant une résistance de 120 à 125 ohms; noyaux en fils de fer de 0^{mm}55 de diamètre; longueur de la bobine entre les joues, 88 millimètres; diamètre intérieur, 15 millimètres.

La tendance actuelle est d'augmenter la résistance du secondaire jusque 150 et même dans les nouveaux microphones (Hunnings, par exemple), jusque 250 ohms.

Ces chiffres n'ont cependant rien d'absolu. Nous avons eu occasion d'utiliser naguère un microphone White donnant des résultats réellement supérieurs et dont le circuit secondaire de la bobine ne présentait qu'une résistance de 14 ohms. La bobine était, il est vrai, de grandes dimensions, contrairement à l'usage général; elle avait 15 centimètres de long et son noyau en fil de fer doux mesurait 1^{cm}3 de diamètre.

On comprend d'ailleurs qu'on ne puisse indiquer de règle absolument fixe et qu'une grande diversité est, au contraire, très naturelle, puisque trois éléments variables réagissant plus ou moins l'un sur l'autre entrent en jeu dans le circuit primaire du microphone : le contact microphonique, l'enroulement à gros fil de la bobine, la pile. Il y a là certaines proportions à trouver expérimenta-

lement, pour faire fournir aux divers transmetteurs leur maximum de rendement.

Notons que, contrairement à ce qu'on pouvait attendre, les bobines d'induction à circuit magnétique fermé n'ont donné aucun résultat. On a donc continué à se tenir aux appareils de cette espèce à circuit magnétique ouvert, généralement composé de minces aiguilles de fer doux.

Description du poste normal. — Le poste normal le plus couramment usité comprend une magnéto portant

sa sonnerie magnéto-électrique et une fourche commutatrice, un microphone, un ou deux téléphones récepteurs, un élément de pile.

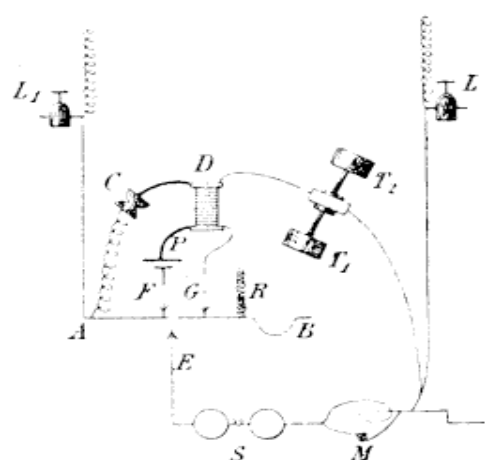


Fig. 50. — Schéma d'un poste téléphonique métallique, le fil de ligné et le fil de terre si le circuit est avec terre, et les plaques d'un paratonnerre ; AB est la fourche commutatrice. Quand le téléphone T_1 est suspendu à la fourche, celle-ci, qui pivote autour du point A, est en contact avec la lame-ressort inférieure E. Cette lame est en relation avec la sonnerie magnéto-électrique S et la magnéto M, laquelle est, au repos, mise en court-circuit pour éliminer sa forte résistance à l'aide d'une disposition mécanique connexe de son système d'entraînement, que nous étudierons plus loin.

Le téléphone étant suspendu à la fourche et celle-ci se trouvant donc abaissée, tout courant venant de L_1 vient en A, puis E, traverse la sonnerie S qu'il actionne, le court-circuit de la magnéto et aboutit enfin à la borne L_2 .

Si l'on tourne la manivelle de la magnéto, son court-circuit est rompu et des courants sont lancés d'un côté à travers la sonnerie S, la lame E, la fourche AB, la borne L_1 ; de l'autre, directement en L_2 .

Au moment où l'on dépend le téléphone T_1 de la fourche AB, celle-ci pivote vers le haut sous l'action du ressort R. Le circuit primaire comprenant le ou les contacts microphoniques C, le fil primaire de la bobine d'induction D et la pile P, se trouve fermé par la lame-ressort F; d'autre part, la borne L_2 se trouve en connexion par la lame G, avec le circuit secondaire de la bobine et les deux téléphones T_1 , T_2 unis soit en quantité, cas de la figure, soit en série.

Le poste est donc prêt à fonctionner, tant pour la transmission que pour la réception.

Fourche commutatrice automatique. — Comme on s'en rendra aisément compte, la fourche commutatrice est un des organes les plus importants du poste. Si les contacts qu'elle doit établir ne sont pas bien assurés, la communication peut devenir précaire. Il est donc bon de s'assurer qu'elle remonte à fond vers le haut en la poussant avec le doigt lorsqu'on dépend le téléphone.

Au début, elle se composait d'une fourche nickelée portant deux petits

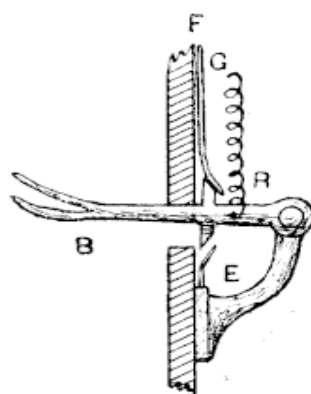


Fig. 51. — Fourche commutatrice, ancien type.

plans inclinés métalliques (fig. 51) venant au contact, par frottement, avec les lames-ressorts F et G dans la position supérieure, avec la lame-ressort E dans la position inférieure; mais les contacts finissaient par se salir et le ressort à boudin R relevant la fourche, par se déformer.

Actuellement on emploie d'autres dispositifs dont les figures 52 et 53 donnent deux exemples. Le rappel à la

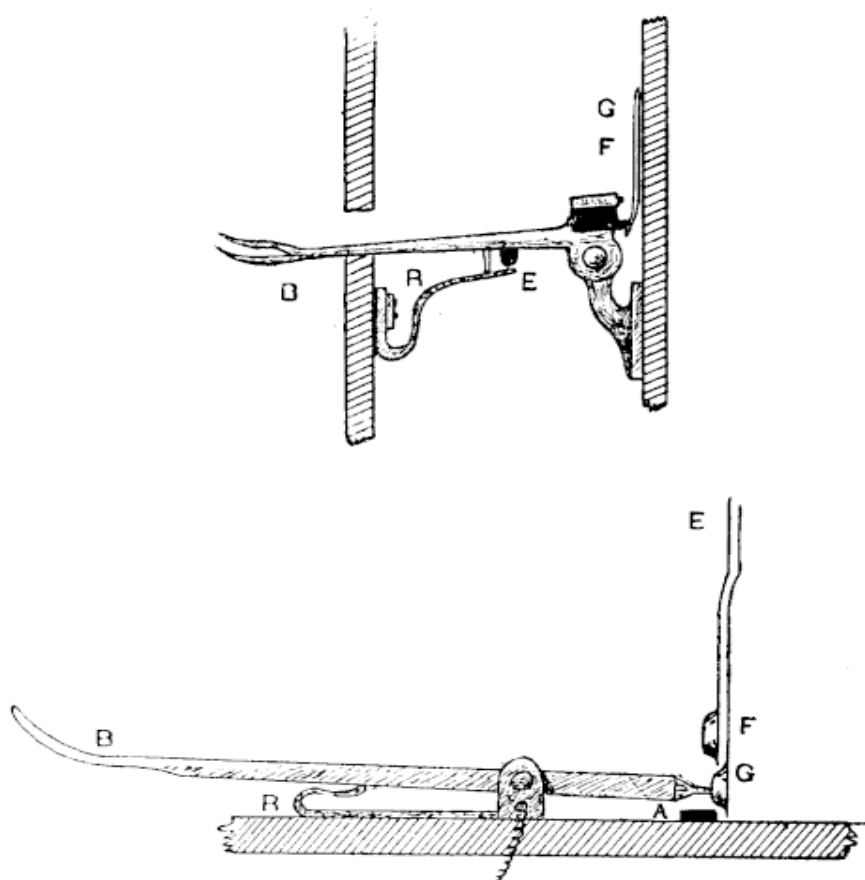


fig. 52 et 53. — Nouveaux dispositifs de fourche commutatrice.

position supérieure y a lieu par l'intermédiaire d'une lame-ressort R suffisamment longue, agissant sur un bras

de levier plus grand que l'ancien ressort à boudin. Tous les points de contact sont platinés. Dans la disposition fig. 52, les contacts se font par pression ; dans la disposition fig. 53, ils s'effectuent en outre par frottement.

Le bras de la fourche traverse la paroi verticale de gauche de la magnéto ; un des récepteurs y est suspendu dans la position de repos.

Dispositif de mise en court-circuit de la bobine. — Le dispositif de rupture du court-circuit produit par l'axe de la manivelle est aussi simple qu'ingénieux.

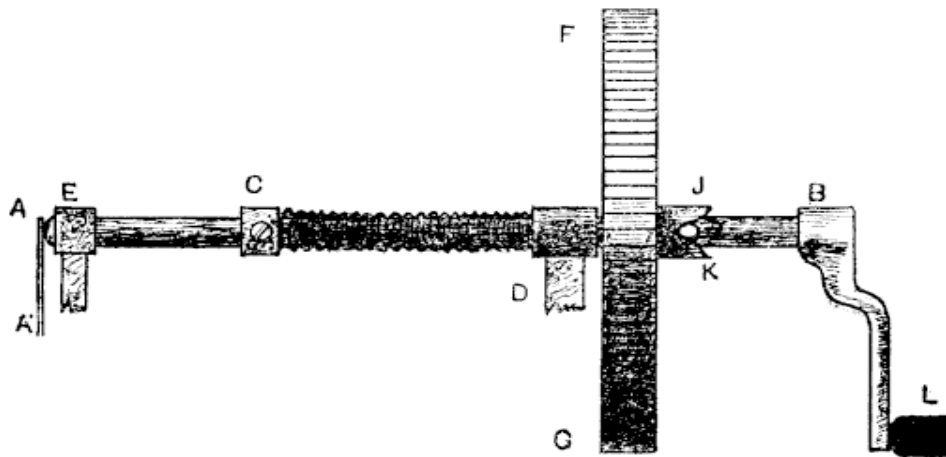


Fig. 54. — Dispositif de court-circuit de la bobine induite de la magnéto.

Comme on le voit sur la figure 54, l'axe moteur AB tourne dans les châssis E, D, et entraîne l'engrenage de grand diamètre F G au moyen d'une goupille H reposant dans la gorge d'une échancreuse pratiquée dans un manchon faisant corps avec cet engrenage. Ce dernier attaque directement l'engrenage de plus petit diamètre monté sur l'axe de la bobine induite.

En temps normal, le ressort à boudin CD provoque le contact de l'axe AB et de la lame-ressort AA'.

L'entrée de la bobine induite étant en relation avec l'engrenage FG, et sa sortie avec la lame AA', elle se trouve par le fait même mise en court-circuit.

Mais, lorsqu'on provoque la rotation de la manivelle en appuyant sur la poignée en ébonite L, la goupille H glisse en premier lieu sur le plan incliné IJ, ce qui produit un déplacement longitudinal de l'axe AB vers la droite, rompt le contact A et, par suite, le court-circuit. La goupille vient ensuite se caler à l'extrémité du plan incliné, dans une encoche de courbure appropriée et dès lors le

mouvement d'entraînement des engrenages se produit. Lorsqu'on cesse de tourner, le ressort CD repousse énergiquement l'axe AB vers la gauche, ce qui rétablit le court-circuit.

La figure 55 donne la vue extérieure d'un poste mural monté avec microphone Ader; la figure

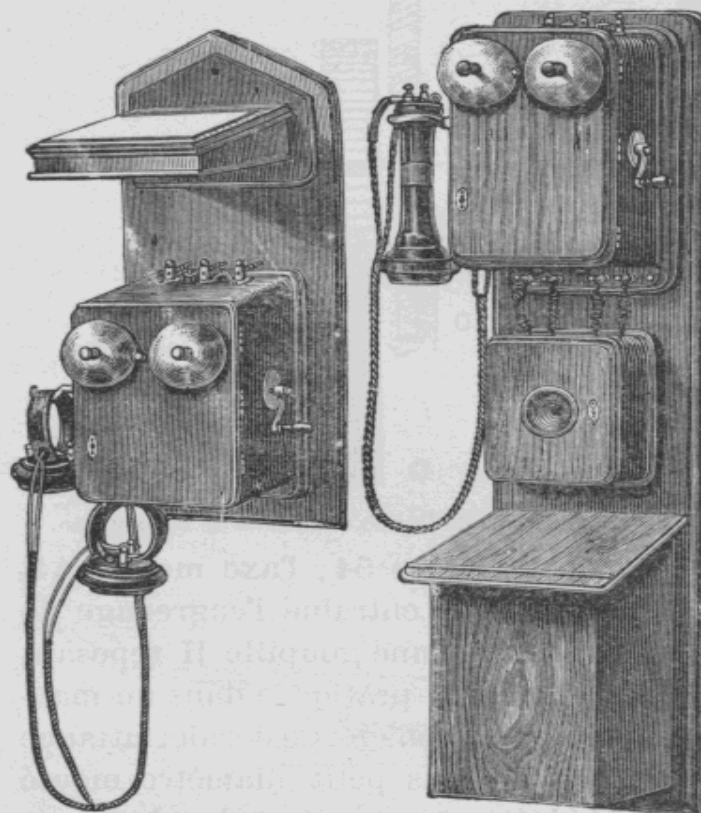


Fig. 55. — Poste téléphonique mural avec microphone Ader.

Fig. 56. — Poste téléphonique mural avec microphone Blake.

56 celle d'un poste monté avec microphone Blake.

Le microphone est parfois adapté sur le couvercle même de la magnéto. La bobine d'induction est alors fixée dans l'angle supérieur interne de la magnéto. L'arrivée du courant aux contacts microphoniques se fait dans ce cas par l'intermédiaire de bandes minces en cuivre soudées aux charnières. Pour mieux assurer la conductibilité électrique de la charnière, une petite lame-ressort est vissée sur un des pans de cette dernière et se trouve donc fortement comprimée par l'autre pan quand le couvercle est fermé. Dans un modèle récent (voir fig. 34), les charnières sont réunies électriquement par un petit ressort à boudin soudé à chacune d'elles.

Le courant parvient aux bobines de la sonnerie magnéto-électrique d'une manière analogue.

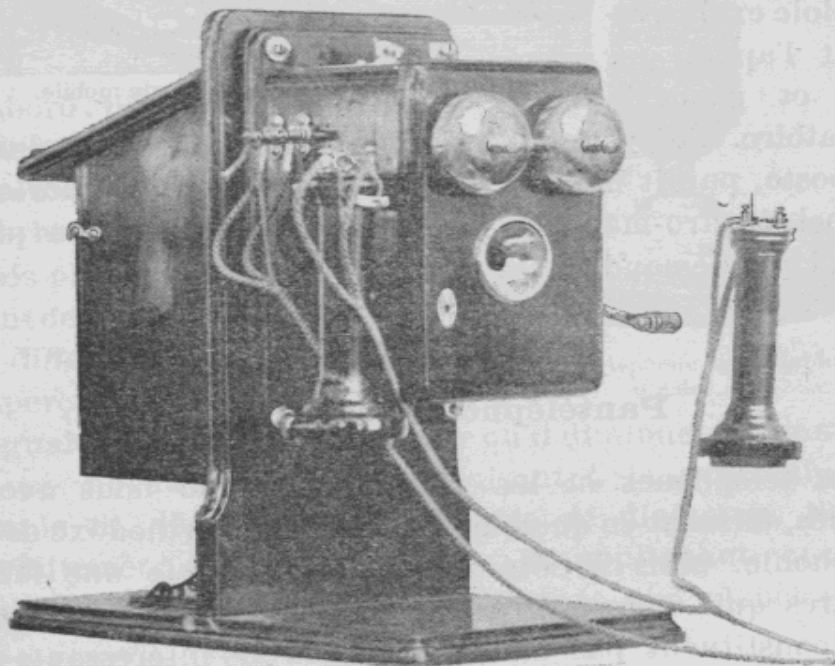


Fig. 57. — Poste mobile.

Cette disposition, qui ne se rencontre pas couramment

dans les postes muraux où l'on préfère souvent séparer nettement les deux appareils magnéto et transmetteur, est au contraire d'usage constant dans les postes mobiles. Ces derniers sont en effet destinés à prendre place sur des bureaux et il s'agit d'y coordonner tous les constituants en un ensemble compact et restreint.

Les figures 57 et 58 donnent la vue de postes mobiles montés avec transmetteur Blake.

Dans certains pays, en France notamment, on emploie exclusivement l'appel par pile et sonnerie

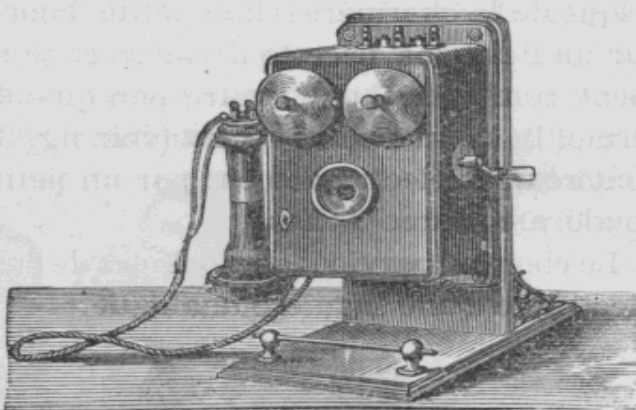


Fig. 58. — Autre forme de poste mobile.

vibratoire. Ce système, qui réduit beaucoup le volume du poste, paraît moins avantageux que celui comportant l'appel électro-magnétique, à cause de l'entretien plus grand que demandent les piles.

CHAPITRE VI.

Pantéléphones spéciaux.

Les téléphones et les microphones que nous avons étudiés, forment en quelque sorte la partie orthodoxe de la téléphonie. Mais à côté d'eux, il en existe une foule d'autres qui, pour n'être pas entrés dans la pratique, n'en constituent pas moins des appareils intéressants en raison, soit de la simplicité de leur construction, soit des principes physiques qu'ils mettent en jeu. Ils présentent

en outre souvent une valeur historique, en ce qu'ils ont servi à élucider la théorie du téléphone.

Téléphone sans diaphragme d'Ader. — A ce point de vue, les appareils sans diaphragme construits par M. Ader sont d'un intérêt tout particulier. Dans la grande controverse entre les partisans des actions moléculaires à la tête desquels se trouvait, en France, le comte Du Moncel, et ceux des vibrations d'ensemble, dont le principal protagoniste était le colonel Navez en Belgique, ils ont apporté un argument décisif en faveur des premiers, dont la théorie, savamment interprétée et complétée par M. Mercadier, est généralement admise aujourd'hui (1).

M. Ader (2) construisit d'abord un téléphone ordinaire sans diaphragme et put reconnaître qu'il reproduisait très bien les sons inarticulés, mais pas la parole. En prenant des noyaux magnétiques de différentes dimensions, il s'aperçut bientôt que les sons gagnaient en intensité à mesure qu'il diminuait le diamètre de ces noyaux, et en les réduisant à la grosseur d'un simple fil de fer d'un millimètre de diamètre, il put parfaitement entendre la parole. En appliquant contre le bout libre de ce fil de fer piqué dans une planche une

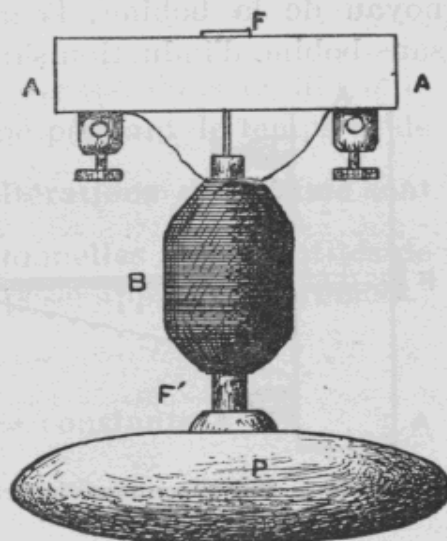


Fig. 59. — Téléphone sans diaphragme d'Ader.

(1) C'est cette théorie que nous avons donnée p. 40 et suivantes.

(2) DU MONCEL. *Le Téléphone*, p. 157.

masse métallique, il constata que l'intensité des sons était plus que doublée.

L'appareil classique qu'il construisit, est représenté fig. 59 : AA planchette en bois, FF' tige mince en fer doux, P clixe de porte, B bobine montée sur un tuyau de plume d'oie. Il n'est pas même nécessaire d'appliquer la planchette contre l'oreille pour entendre; on peut la tenir à 10 ou 15 centimètres de distance.

Il est à remarquer qu'avec une tige en fer doux pour noyau de la bobine, l'emploi d'un transmetteur à pile sans bobine d'induction s'impose, parce qu'il faut obtenir l'aimantation du noyau.

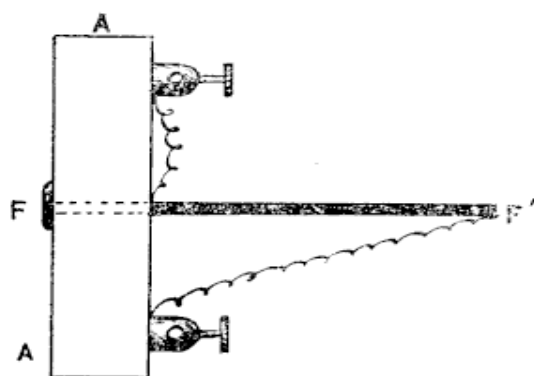


Fig. 60. — Téléphone sans diaphragme et sans bobine d'Ader.

Nous verrons plus loin la raison de cette exigence (p. 113).

M. Ader construisit un téléphone encore plus simple que le précédent et composé (fig. 60) d'une tige de fer FF' traversée par les courants téléphoniques et piquée par

une extrémité dans une planchette en bois. En portant celle-ci à l'oreille et appliquant une masse pesante à l'extrémité libre de la tige, on entend distinctement la parole.

Ces transmissions s'expliquent simplement par le phénomène de Page. La tige est aimantée soit longitudinalement par le courant circulant dans sa bobine (fig. 59), soit transversalement quand le courant la parcourt (fig. 60). Celui-ci venant à varier au poste transmetteur par suite de l'action des ondes vocales sur les contacts variables,

l'aimantation et par suite la disposition des molécules aimantées varie semblablement, et ces mouvements se transmettent à l'air ambiant en reproduisant la voix.

Téléphone thermique de M. Preece. — Lorsqu'un courant d'intensité i traverse un fil de résistance r , il y développe pendant le temps infiniment petit dt une quantité de chaleur représentée par $i^2 r dt$. Si le courant est sinusoïdal de la forme $i = I_0 \sin \frac{2\pi t}{T}$, cette quantité devient

$$I_0^2 \sin^2 \frac{2\pi t}{T} \cdot r dt.$$

La chaleur ainsi produite se dissipe dans le fil en le dilatant. Son volume passe donc pendant le temps dt de $\frac{l\pi D^2}{4}$ à $\frac{l\pi (D + dD)^2}{4}$ et les altérations de volume sont entre certaines limites proportionnelles aux quantités de chaleur produites. On peut donc poser approximativement :

$$\frac{I_0^2 \sin^2 \frac{2\pi t}{T} \cdot r}{l\pi D^2} = \text{constante},$$

$$\text{ou} \quad \frac{I_0 \sin \frac{2\pi t}{T}}{D} = k,$$

c'est-à-dire que le diamètre du fil varie semblablement aux intensités du courant qui le traverse, d'où reproduction de la voix.

M. Preece, ingénieur en chef du Post-Office de Londres, est arrivé, après une série de tâtonnements, à mettre ce phénomène en évidence par la construction d'un téléphone thermique formé d'un fil de platine de 7 à 8 centièmes de millimètre de diamètre et 15 centimètres de longueur,

fixé par une de ses extrémités à un support et par l'autre à un disque de carton ou une plaque vibrante.

Les effets sont donc dus à la rapidité avec laquelle les fils fins gagnent et perdent leur température et à la sensibilité extrême qu'ils présentent à la dilatation.

Téléphone chimique d'Edison. — Le principe sur lequel il est fondé, est celui-ci :

Si une feuille de papier ou une surface poreuse quelconque préparée avec une solution d'hydrate de potasse, est appliquée sur une plaque métallique réunie au pôle positif d'une pile et qu'une pointe de plomb ou de platine reliée au pôle négatif soit promenée sur le papier, le coefficient de frottement entre le papier et la pointe qu'on déplace, varie proportionnellement à l'intensité du courant. L'effet est très sensible et se manifeste sous les plus faibles courants.

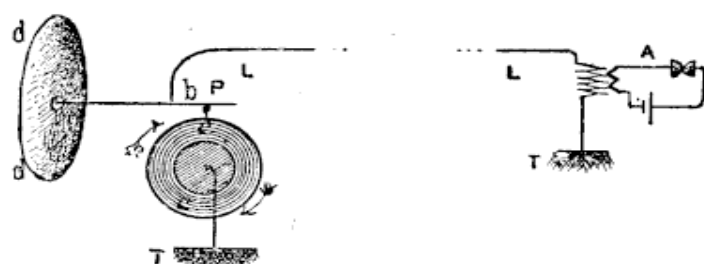


Fig. 61. — Téléphone chimique de M. Edison.

Le téléphone chimique d'Edison se compose (fig. 61) d'une lame de ressort *b* fixée par une extrémité au centre d'un disque en mica *dd*, et pressant légèrement par son autre extrémité, qui est platinée, sur un cylindre *cc* animé d'un mouvement de rotation dans le sens des flèches. Ce cylindre est recouvert d'une couche de chaux légèrement humidifiée.

Le frotteur étant relié à la ligne *L* et le cylindre tour-

nant, aucun son ne se produit, parce que la tension du ressort reste la même. Mais il suffit de transmettre du poste A, pour faire varier la tension du ressort proportionnellement aux intensités et par suite au nombre des ondulations électriques envoyées sur la ligne. Ces vibrations se transmettent à la plaque de mica et la parole se trouve reproduite.

Dans les modèles perfectionnés, le cylindre est formé d'une composition qui peut rester sèche. A cet effet, la chaux est solidifiée sous une grande pression et imprégnée d'une solution alcaline de phosphate de soude.

Phonographe d'Edison — Pour passer au phonographe du même inventeur, il suffit de ne garder de l'appareil précédent que le style léger attaché à une plaque vibrante et frottant sur un cylindre recouvert d'une substance capable de garder la trace des vibrations du style. Cela posé, faisant tourner le cylindre, le déplaçant en même temps longitudinalement d'une manière parfaitement régulière au moyen d'un mécanisme d'horlogerie, et parlant devant la plaque vibrante, le tracé hélicoïdal parcouru par le style subira un gaufrage qui est, jusqu'à un certain point, la reproduction de la courbe des pressions (voir pages 15 et 16) engendrées par les ondes vocales.

Si l'on fait alors recommencer la rotation du cylindre en replaçant le style à son point initial et lui donnant une certaine pression, il suivra le tracé primitif dont les ondulations lui communiqueront des vibrations qui, se transmettant à la plaque vibrante, reproduiront la parole.

L'appareil est donc entièrement mécanique.

Au début, l'enregistrement de la voix était obtenu au moyen de feuilles minces d'étain ou de cuivre, mais la voix reproduite avait un ton très nasillard. M. Tainter

a remplacé les feuilles métalliques par une composition céracée qui a amélioré considérablement l'effet produit. Tous les organes ont d'ailleurs subi des perfectionnements notables : la rotation du cylindre notamment est, dans les appareils récents, provoquée par un moteur électrique ; un stylet trace le sillon hélicoïdal que vient ensuite gaufrer le style vibrant avec infiniment plus de fidélité ; dans le graphophone Tainter, les organes de transmission et de réception sont différents, ce qui permet de mieux les adapter au but que l'on a en vue, etc.

L'instrument est certes extrêmement curieux et l'on en a dit merveille à l'origine. Nous ne voyons cependant pas bien le développement pratique qu'il est susceptible de prendre.

Téléphone à mercure de M. Bréguet. — Quand un tube capillaire T (fig. 62), partiellement rempli de mercure,

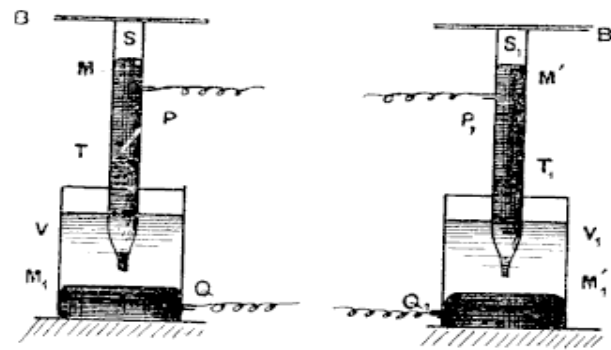


Fig. 62. — Téléphone à mercure de M. Bréguet.

pénètre par sa pointe effilée dans une couche d'eau acidulée surmontant du mercure M_1 contenu dans un vase V, la hauteur du ménisque de la pointe capillaire dépend de la différence de potentiel existant entre le mercure du tube et celui du vase. Réciproquement, toute déformation du ménisque provoquée par une cause extérieure, par exemple la pression exercée sur une membrane fermant le tube à sa partie supérieure, engendre une différence de potentiel entre les deux récipients.

En réunissant métalliquement entre eux le mercure des tubes capillaires et des vases de deux appareils semblables — qui ne sont donc que des électromètres de Lipmann simplifiés — il suffit de parler au-dessus de la membrane d'un des tubes pour reproduire à l'autre tout ce qui s'y dit.

Le mécanisme de cette transmission est facile à saisir après les prémices que nous avons posées. En parlant au-dessus du tube T, on modifie continuellement la pression de l'air contenu en S, d'où déplacements du ménisque et production de forces électro-motrices qui, se transmettant par les fils PP_1 , QQ_1 , provoquent inversement des modifications correspondantes du ménisque du second tube. Celles-ci se transmettent à la chambre d'air S_1 puis à la membrane B_1 dont les vibrations se communiquent à l'air ambiant.

Condensateur parlant. — A peu près vers la même époque, MM. C. Herz d'une part, Dunant d'autre part, sont parvenus à faire reproduire la voix articulée par le condensateur. Pour y arriver, il suffit de donner à cet appareil une certaine charge électrique.

Le dispositif imaginé par M. Dunand est des plus simples.

Un poste transmetteur M (fig. 63) à bobine d'induction B_1B_2 (primaire B_1 , secondaire B_2) se trouve relié, par l'intermédiaire de la bobine, à un circuit contenant une pile P_2 et un condensateur C embrochés en série.

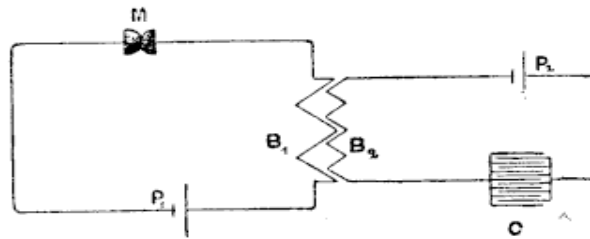


Fig. 63. — Condensateur parlant.

M. Dunand obtint les meilleurs résultats avec un con-

densateur composé de 36 feuilles d'étain carrées, mesurant 6 centimètres de côté, séparées par du papier à lettre. Avec une bobine d'induction de 12 centimètres, 10 éléments Bunsen dans le circuit secondaire (pile P_2 de la figure) et 2 dans le primaire (pile P_1), le condensateur parlait aussi bien que le téléphone Bell. Avec 15 éléments Bunsen, on pouvait entendre les paroles prononcées, lorsque le condensateur était éloigné à 90 centimètres de l'oreille.

Quelle est l'action exercée sur le condensateur par la pile auxiliaire indispensable pour la reproduction de l'articulation de la parole? M. Giltay (1) a conclu des expériences qu'il a entreprises à ce sujet, que la pile *sensibilise* le condensateur et *rend possible* la reproduction de l'articulation, parce qu'elle *permet aux feuilles des condensateurs de suivre exactement les inflexions des courants téléphoniques*. On sait, en effet, que les armatures d'un condensateur chargé s'attirent. Supposons que nous les reliions sans charge aux bornes du circuit secondaire B_2 de la bobine d'induction (fig. 63) et qu'un son simple soit émis devant les contacts microphoniques M, le circuit secondaire sera parcouru par un courant sinusoïdal dont le nombre de périodes coïncidera exactement avec celui des vibrations du son simple.

Or, pendant l'ondulation positive ABC (fig. 64) du courant, le condensateur se charge, puis se décharge positivement, d'où attraction et retour des armatures à leur position initiale, courbe A'B'C' (fig. 64). Pendant l'ondulation négative CDE, le condensateur se charge et dé-

(1) GILTAY. *La polarisation des récepteurs téléphoniques*. Archives néerlandaises, t. XIX.

charge négativement, d'où nouvelle attraction des armatures et nouveau retour à la position initiale, courbe $C'D'E'$. L'onde électrique produite par une onde sonore, correspond donc à deux vibrations du condensateur. En d'autres termes, le condensateur non chargé d'une manière permanente, reproduit les sons à l'octave, fait constaté par M. Giltay.

La conclusion est que le timbre est altéré. Car si nous émettons, par exemple, la voyelle *o* qui, d'après M. Helmholtz, renferme toujours le *si b'*, n'importe à quelle hauteur on la prononce, le condensateur va porter tous les sons à l'octave, et le *si b'* caractéristique de l'*o* en sortira transformé en *si b''*, caractéristique de la voyelle *a*. Les consonnes, malgré la surélévation de ton, ne sont pas altérées, de sorte que si l'on prononce le mot *obrocodobro* devant le microphone, le condensateur non chargé laisse entendre très distinctement *abracadabra*.

S'il est, au contraire, chargé d'une manière permanente, positivement par exemple, de A à B (fig. 64), ses armatures se rapprocheront, car la charge augmentera. De B à C elles s'éloigneront, parce que la charge diminue ; de C à D elles s'éloigneront encore, la charge continuant à diminuer, puisque les courants ont changé de sens ; enfin de D à E elles se rapprocheront de nouveau. Les feuilles d'étain suivront donc le mouvement des ondulations électriques parcourant la ligne, parce que la pile auxiliaire empêche l'inversion de la polarité des armatures.

Il n'est pas nécessaire pour cela que la charge permanente soit considérable ; il suffit qu'elle surpasse la plus forte charge téléphonique qui atteint le condensateur.

L'intensité des sons produits est d'autant plus forte que

la pile auxiliaire acquiert d'importance. L'attraction des armatures est en effet proportionnelle au carré de la différence de potentiel qui leur est appliquée.

$$F = K V^2,$$

$$\text{d'où} \quad dF = 2 K V dV = K' V dV.$$

La variation d'attraction résultant d'une variation de potentiel dV est donc d'autant plus grande que le potentiel lui-même est plus élevé.

M. Bosscha a interprété mathématiquement ces phénomènes.

La valeur de la charge du condensateur est donnée à chaque instant par l'expression :

$$a + b \sin \frac{2 \pi t}{T}.$$

T désigne la durée de la vibration du son simple produit devant le microphone; a la charge permanente. L'attraction des armatures étant aussi proportionnelle au carré de la charge (puisque $Q \text{ charge} = CV$, C capacité, invariable s'il s'agit du même condensateur), on a :

$$F = K'' \left(a + b \sin 2 \pi \frac{t}{T} \right)^2 = K'' \left(a^2 + 2 a b \sin \frac{2 \pi t}{T} + b^2 \sin^2 \frac{2 \pi t}{T} \right) \quad (\text{I})$$

Quand $a = 0$, c'est-à-dire quand le condensateur ne possède aucune charge permanente, (I) devient :

$$F_1 = K'' b^2 \sin^2 \frac{2 \pi t}{T} \quad (\text{II})$$

Comme dans le cas de petites amplitudes, l'écart peut être supposé proportionnel à l'attraction exercée à cet

instant, l'équation (II) représente ainsi la courbe du mouvement du condensateur non chargé, courbe A'B'C'D' (fig. 64).

En remplaçant $\sin^2 \frac{2\pi t}{T}$ par

$$\frac{1 - \cos 2\pi \frac{t}{\frac{1}{2}T}}{2}$$

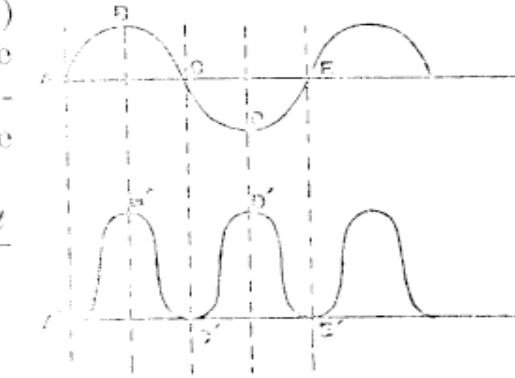


Fig. 64. — Diagramme des ondulations électriques et des déplacements concomitants des armatures d'un condensateur non chargé d'une manière permanente.

$$(II) \text{ devient : } F_1 = K'' \left(\frac{b^2}{2} - \frac{b^2}{2} \cos 2\pi \frac{t}{\frac{1}{2}T} \right). \quad (III)$$

Il suit de là que la courbe A'B'C'... peut être décomposée en une sinusoïde à durée de vibration $\frac{1}{2}T$ et en une ligne droite parallèle à l'axe des temps (axe des x) située à la distance $K'' \frac{b^2}{2}$. Cela signifie donc qu'un son simple produit devant le microphone sera rendu par le condensateur non chargé, non seulement à une octave plus haut, mais aussi comme un son simple.

En remplaçant $b^2 \sin^2 \frac{2\pi t}{T}$ de (I) par sa valeur en fonction du cosinus de l'arc demi, il vient :

$$F = K'' \left[a^2 + 2ab \sin 2\pi \frac{t}{T} + \frac{b^2}{2} - \frac{b^2}{2} \cos \frac{2\pi t}{\frac{1}{2}T} \right] \quad (IV)$$

Cette expression montre que la courbe du mouvement

d'un condensateur *chargé* peut être décomposé en une droite menée parallèlement à l'axe des x à une distance $K''\left(a^2 + \frac{b^2}{2}\right)$ et en deux sinusoïdes : l'une à période T , l'autre à période $\frac{1}{2}T$. Outre le son simple produit devant le microphone, le condensateur fera entendre aussi l'octave supérieure de ce ton.

Les expériences de M. Giltay ont confirmé cette spéculation. En plaçant dans le circuit primaire de la bobine d'induction (fig. 63) un microphone Ader et trois éléments Bunsen ; dans le circuit secondaire un condensateur qui, au moyen de boutons de pression, pouvait à volonté être chargé par un ou deux éléments Leclanché ; faisant émettre devant le microphone le *la* de l'orchestre au moyen d'une flûte, ce *la* était entendu dans le condensateur ainsi que le *la* supérieur, ce dernier plus faiblement avec un seul Leclanché. Avec deux éléments, cette octave était encore moins perceptible.

La formule (IV) permet de se rendre compte de cette dernière particularité. Les amplitudes des deux tons sont en effet dans le rapport des facteurs $2ab$ à $\frac{b^2}{2}$ et les forces attractives comme $4a^2b^2 : \frac{b^4}{4}$ ou comme $16a^2 : b^2$.

L'octave aura donc la même intensité sonore que le son fondamental quand $4a = b$. Déjà pour une charge permanente faible, le ton fondamental sera plus fort que l'octave, aussi avec une pile d'un petit nombre d'éléments, ne pourra-t-on déjà plus distinguer l'octave dans la masse sonore, et le mouvement du condensateur sera alors conforme à la courbe ABC... (fig. 64).

Le phénomène est réversible, c'est-à-dire qu'en parlant devant le condensateur chargé, on provoquera l'envoi de courants dans le circuit. On pourra ainsi communiquer à distance au moyen de deux condensateurs embrochés dans une ligne avec une pile.

Nécessité d'un noyau à aimantation permanente dans le téléphone Bell. — On remarquera sans doute la complète analogie qui existe entre la polarisation des armatures du condensateur et celle du noyau du téléphone Bell.

Si le noyau de celui-ci était un simple fer doux, les considérations relatives à la fig. 64 développées pour le condensateur seraient entièrement applicables. Chaque ondulation de l'onde électrique produirait une attraction de la plaque vibrante, d'où conclusion que le téléphone ainsi constitué *doit rendre les sons à l'octave et très faiblement*. M. Giltay l'a vérifié expérimentalement. L'aimantation permanente est donc nécessaire au noyau du téléphone Bell ; *elle empêche les renversements de polarité et sensibilise considérablement l'instrument*.

Un calcul sommaire permet d'ailleurs de s'en rendre compte. Appelons H l'intensité du champ magnétique produit dans le diaphragme par l'aimantation permanente du noyau. La force mécanique exercée sur les molécules de ce diaphragme étant proportionnelle au carré de l'intensité du champ, pourra être représentée par $F = KH^2$, K étant une constante.

Si H varie de dH par le passage d'un courant téléphonique, la variation de force mécanique sera $dF = 2KH dH$, montrant que la variation sera d'autant plus forte que le champ lui-même est plus intense.

Un autre avantage qui résulte de l'aimantation permanente du noyau de fer doux par l'adjonction d'un aimant

permanent, est l'accroissement de perméabilité magnétique résultant de cette aimantation, ce qui réagit favorablement sur les valeurs de H et dH . Un coup d'œil jeté sur les courbes d'aimantation permet de s'en rendre compte.

Il convient toutefois de remarquer que les considérations qui précèdent ne sont applicables que lorsqu'il s'agit d'aimants permanents. En augmentant graduellement l'intensité du champ magnétique au moyen d'électro-aimants, par exemple, on arrive promptement, comme nous l'avons vu précédemment, page 45, à une limite à partir de laquelle on ne constate plus d'amélioration dans le rendement du téléphone.

Les formules que nous venons de voir sont entièrement analogues à celles données pour le condensateur parlant, H , intensité du champ magnétique correspondant à V , la différence de potentiel appliquée aux faces du condensateur.

Réception téléphonique par la main gantée. — Une jolie application du condensateur parlant, due à M. Giltay, est fournie par les réceptions téléphoniques obtenues au moyen de la main gantée.

Le montage de la fig. 63 est conservé, mais on enlève le condensateur et les bouts de fil sont réunis à des poignées d'électro-médicaux ordinaires. Il suffit alors que des personnes A et B prennent chacune en main une des poignées et appliquent leur seconde main gantée A sur l'oreille de B et B sur celle de A, pour qu'elles entendent toutes les paroles transmises du poste M.

En répétant l'expérience au laboratoire de physique de Paris, M. Hospitalier (1) est arrivé à pouvoir supprimer le

(1) HOSPITALIER. *L'électricité à la maison*, p. 236.

gant, qui peut aussi être remplacé par une feuille de papier ordinaire ou paraffiné intercalée entre la main et l'oreille ou les oreilles rapprochées de A et B.

Une des formes les plus curieuses de l'expérience consiste à former une chaîne de trois personnes A, B, C. A et C tiennent d'une main les électros et appliquent l'autre sur l'oreille de B qui *entend parler* les mains des premières.

Réception sur circuit ouvert. — Enfin, les bobines d'un téléphone récepteur ont par elles-mêmes assez de capacité pour permettre de recevoir la parole se transmettant sur un circuit.

Supposons deux postes téléphoniques M, M₁ (fig. 65) embrochés dans une ligne. Il suffit d'appliquer en un point quelconque de la ligne un fil relié à l'une des bornes d'un téléphone dont l'autre borne reste isolée, pour entendre tout ce qui se dit sur le circuit, très faiblement, il est vrai.

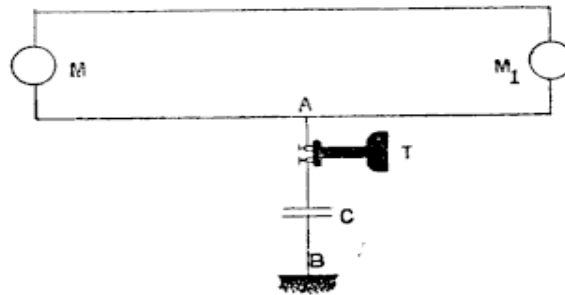


Fig. 65.

Le phénomène est produit par le passage des courants venant charger le fil des bobines téléphoniques, sous l'influence des différences de potentiel qui se produisent au point de connexion avec la ligne.

Nous en devons une interprétation mathématique assez simple à notre ami et collègue français Brylinski.

Supposons qu'un point A du circuit est réuni à la terre par l'intermédiaire d'un récepteur téléphonique T et d'un condensateur C (fig. 65), et que le microphone d'un des

postes est actionné par un son simple provoquant l'envoi d'un courant sinusoïdal sur la ligne.

V_0 étant le potentiel au point A avant l'émission du son simple, devient $V_0 + E \sin mt$ sitôt la production de celui-ci. (En posant $m = \frac{2\pi}{T}$, voir p. 15), E étant la force électro-motrice maxima se manifestant en A.

La face du condensateur reliée à la terre est au potentiel zéro ; l'autre à un potentiel que nous désignerons par v . Soient C la capacité du condensateur, q la quantité d'électricité qu'il retient à l'instant t , i l'intensité du courant qui traverse le téléphone de résistance R et de self-induction L .

On a par définition :

$$dq = i dt \quad (I)$$

$$dq = C dv \quad (II)$$

$$V_0 + E \sin mt - L \frac{di}{dt} - v = Ri \quad (III)$$

Ces trois relations existant simultanément, vont nous permettre d'obtenir l'équation du courant.

Éliminons à cet effet q et v . De (I) et (II) on tire :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{i}{C} \quad (IV)$$

En différentiant (III), on a :

$$m E \cos mt - L \frac{d^2i}{dt^2} - \frac{dv}{dt} = R \frac{di}{dt},$$

laquelle devient par substitution de la valeur (IV) :

$$m E \cos mt - L \frac{d^2i}{dt^2} - \frac{i}{C} = R \frac{di}{dt};$$

ou enfin :

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{i}{CL} = \frac{m E}{L} \cos mt \quad (V)$$

Telle est l'équation différentielle du courant qui prendra naissance dans le circuit AB sous l'influence des différences de potentiel qui se manifestent en A.

Son intégration donne :

$$i = \frac{E \sin (m t - 2 \pi \varphi)}{\sqrt{R^2 + \left(m L - \frac{1}{C m}\right)^2}} \quad (\text{VI})$$

La formule (VI) permet de calculer la capacité minima nécessaire pour que l'audition soit possible.

On en déduit aisément :

$$\left(m L - \frac{1}{C m}\right)^2 = \frac{E^2 \sin^2 (m t - 2 \pi \varphi)}{i^2} - R^2.$$

Or, si l'on se reporte aux valeurs minima (1) des courants téléphoniques mesurées par MM. Estaunie et Brylinsky : 12,72 microampères ou $12,72 \cdot 10^{-6}$ pour lesquelles les variations maxima de force électro-motrice étaient $E = \frac{1}{2}$ volt; que l'on remarque que le maximum du sinus est 1 et la résistance d'un téléphone ordinaire 125 à 130 ohms, on en déduit sans peine que le second terme R^2 du second membre est entièrement négligeable en présence du premier.

Il reste donc après extraction des racines carrées :

$$m L - \frac{1}{C m} = \frac{E \sin (m t - 2 \pi \varphi)}{i}$$

$$\text{ou} \quad C = \frac{i}{m [m i L - E \sin (m t - 2 \pi \varphi)]} \quad (\text{VII})$$

Si maintenant nous introduisons dans (VII) les données suivantes : $i = 12,72 \cdot 10^{-6}$; $E = \frac{1}{2}$; $\sin = 1$; L coefficient

(1) *L'Électricien* du 16 février 1889, p. 102.

de self-induction du téléphone $= 10^{-4}$ et supposons qu'il s'agisse d'un son de 500 vibrations par seconde (1) auquel

cas $m = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot n = 2\pi \cdot 500 = 3141,6$, nous obtenons :

$$C = 0,008 \cdot 10^{-6} = 0,008 \text{ microfarad.}$$

Comme la charge du fil de l'extrémité isolée traverse seule tout le téléphone, la capacité nécessaire pour permettre l'audition d'un son de 500 vibrations dans les conditions indiquées sera le double environ de celle calculée, soit 0,016 ou 0^{farad},000 000 016, capacité très faible.

La formule (VI) est très intéressante, parce qu'elle montre nettement que la capacité et la self-induction ont des effets de nuisance opposés. On peut donc en disposer de manière qu'ils se neutralisent complètement, ce qui arrive quand

$$m L = \frac{1}{C m}. \quad (\text{VIII})$$

L'intensité électrique est alors maxima. C'est celle qui résulte de l'application de la loi d'Ohm au circuit ATCB, abstraction faite du condensateur, et le son rendu par le téléphone sera maximum également.

Il est toutefois à remarquer que pour un circuit donné L et C ayant des valeurs définies, l'équation (VIII) n'est satisfaite que pour une seule valeur de m , autrement dit pour un seul son.

La conclusion est que le téléphone ne reproduira pas avec une fidélité absolue les intonations de la voix, certains sons étant renforcés du fait des facteurs électriques du circuit, c'est-à-dire indépendamment de la volonté de celui qui parle dans l'appareil transmetteur.

(1) Hauteur moyenne, car l'échelle de la voix humaine va des sons de 40,5 vibrations par seconde à ceux de 1044 (*Daguerre*, t. I, p. 742.)

Transmissions radiophoniques.

Les transmissions et réceptions que nous venons d'étudier, quoique déjà bien curieuses, le cèdent cependant de loin à celles dont nous allons nous occuper. Dans les premières, en effet, un conducteur métallique était le lien nécessaire entre deux postes. Dans les transmissions radiophoniques, ce lien pondérable disparaît; il suffit, pour constituer la ligne, d'un immatériel rayon lumineux actinique ou calorifique. Le mécanisme de ces phénomènes est basé notamment sur les variations de résistance électrique qu'éprouvent certains corps soumis à des radiations.

Photo-électrophone à sélénium. — Le sélénium par exemple, dans sa variété allothropique cristalline couleur de plomb, obtenue en le laissant refroidir lentement après fusion, est extrêmement sensible aux radiations lumineuses, propriété découverte en 1873 par M. May, télégraphiste à Valentia.

Dans certains échantillons fabriqués par M. Siemens, en représentant par 15 la résistance électrique dans l'obscurité, cette résistance n'était plus que 1 à la lumière solaire.

Il en résulte qu'en insérant une plaque de ce métalloïde dans un circuit comprenant une pile et un téléphone, l'éclairant vivement et la plongeant brusquement dans l'ombre, on peut *entendre l'effet de cette ombre tombant sur la plaque*, comme l'annonçait M. Graham Bell dans un mémoire communiqué à la Société royale de Londres le 17 mai 1878.

On obtient ainsi un *photophone* ou plus exactement *photo-électrophone*, lequel, moyennant quelques modifi-

cations, permet la reproduction des sons à distance, voix articulée comprise, par l'intermédiaire de rayons lumineux.

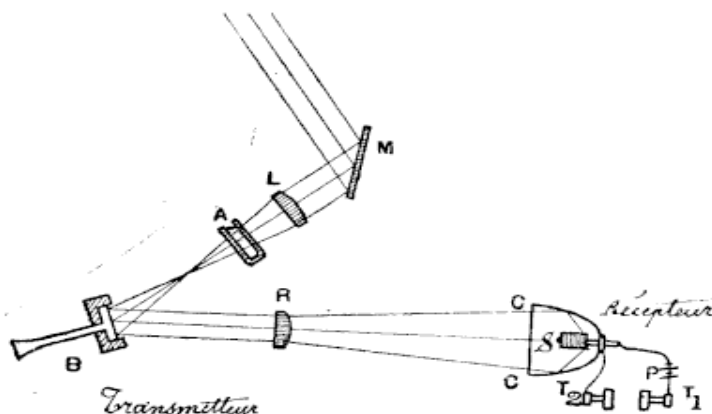


Fig. 66 — Diagramme théorique d'un photo-électrophone, d'après un croquis de M. Graham Bell.

La figure 66 donne le diagramme théorique d'un photo-électrophone présenté à l'Académie des Sciences le 18 octobre 1880, qui a donné de bons résultats.

Le transmetteur (1) se compose d'une petite lame mince de verre argenté, de la grandeur d'une plaque de téléphone ordinaire, encastrée dans un support B, lequel est adapté à l'extrémité d'un tuyau de caoutchouc de 0^m50 de longueur.

A l'aide d'un miroir et d'une lentille convergente achromatique L, on fait tomber sur cette plaque argentée les rayons d'une lumière électrique ou de la lumière solaire.

Les rayons réfléchis par le miroir argenté traversent en R une seconde lentille qui les renvoie sur le récepteur après les avoir rendus sensiblement parallèles. Un système de vis calantes permet de diriger le faisceau sur le récepteur.

Lorsqu'on parle dans l'embouchure, la plaque de verre

(1) Voyez HOSPITALIER. *Les principales applications de l'électricité*, p. 266.

argenté se gondole plus ou moins, vibre et modifie synchroniquement l'intensité des rayons envoyés dans la direction du récepteur.

Celui-ci CSC, placé à distance, se compose d'un réflecteur parabolique en cuivre argenté de 0^m70 de diamètre environ, au foyer duquel se trouve placé le sélénium préparé mis en circuit avec une pile de neuf éléments Leclanché P et deux téléphones Bell T₁, T₂ (fig. 66).

Le récepteur de MM. Bell et Tainter est composé comme suit (fig. 67) : des disques de laiton L, L₁, L₂... sont

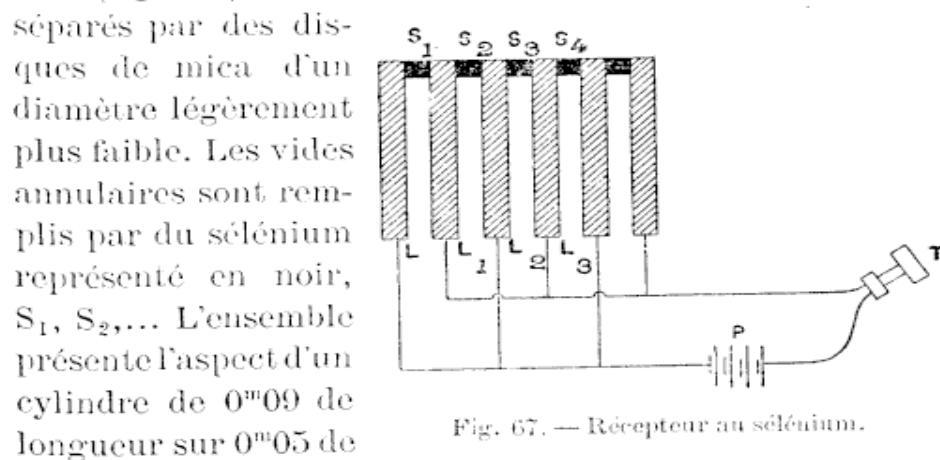


Fig. 67. — Récepteur au sélénium.

séparés par des disques de mica d'un diamètre légèrement plus faible. Les vides annulaires sont remplis par du sélénium représenté en noir, S₁, S₂,... L'ensemble présente l'aspect d'un cylindre de 0^m09 de longueur sur 0^m05 de diamètre environ. Les disques de rang pair, de même que ceux de rang impair, sont réunis entre eux ; l'ensemble se ferme sur la pile et les téléphones.

Cette ingénieuse disposition a été adoptée parce que le sélénium offre une grande résistance électrique ; il fallait donc l'impressionner sur une grande surface pour obtenir des effets sensibles.

Le récepteur ainsi constitué présente une résistance de 1200 ohms dans l'obscurité et 600 à la lumière du jour.

Voici comment on le prépare. Après avoir empilé les disques successifs de laiton et de mica, on maintient l'ensemble à une température voisine de celle à laquelle

fond le sélénium (210°). On frotte alors la surface du récepteur avec un crayon de sélénium ordinaire; le métal loïde se loge dans les espaces annulaires. On élève ensuite graduellement la température jusqu'à ce que l'aspect métallique du sélénium disparaisse et soit remplacé par une couleur mate d'un gris ardoise. On éteint alors l'appareil de chauffage, on laisse refroidir et le récepteur est prêt à fonctionner.

L'instrument ainsi construit est d'une extrême sensibilité; il obéit à toutes les modifications d'intensité de la lumière qui le frappe, au point qu'on entend dans le téléphone toutes les vibrations provenant de la source lumineuse, quand elle est constituée par un régulateur électrique. La lumière interrompue d'une bougie suffit pour produire un son et il a été ainsi possible de transmettre des sons à plus de deux kilomètres de distance, en employant une source lumineuse assez intense.

Photo-électrophone à tellure et à noir de fumée. — Le professeur W. G. Adams, de Londres, montra que le tellure change aussi de résistance sous l'influence de la lumière, mais d'une manière moins marquée que le sélénium.

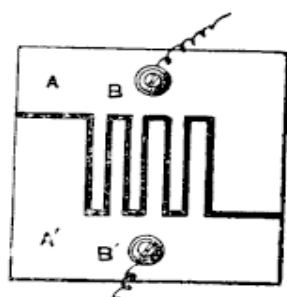


Fig. 68.

Radiophone à noir de fumée produisant un son sec: l'influence d'un rayon intermittent ou d'un courant interrompu.

En rapprochant ces phénomènes des grandes variations moléculaires que provoque un rayon intermittent sur le noir de fumée, M. Tainter pensa que des variations analogues devaient se produire dans l'intensité du courant électrique qui le traverserait.

Il fut ainsi conduit à construire un radio-électrophone à noir de fumée, dont la fig. 68 donne la vue d'un spé-

cimen remarquable par sa simplicité. On le constitue de la manière suivante : une glace est recouverte d'une mince couche d'argent dans laquelle on découpe une rainure en zig-zag (représentée en trait fort sur la figure). On obtient ainsi deux pellicules dentées A et A' s'emboîtant, quoique isolées l'une de l'autre, et l'on fume la surface dénudée de manière à la recouvrir d'une couche de noir de fumée. Deux bornes B et B' permettent de réunir l'élément ainsi formé à une pile et un téléphone.

Lorsque cet appareil est exposé à l'influence d'un rayon intermittent, le téléphone donne un son musical intense. Ce résultat semble plutôt dû aux conditions physiques de la substance conductrice qu'à sa nature. Un métal quelconque, à l'état spongieux, produit des effets analogues. En employant une bobine d'induction, on augmente les effets et les éléments sensibles peuvent être employés aussi bien pour la reproduction de la parole articulée que pour les sons musicaux.

L'élément à noir de fumée produit également des sons lorsqu'il est traversé par un courant électrique interrompu et peut même être employé comme récepteur téléphonique électrique pour la reproduction des sons articulés.

Photo-électrophone au sulfure d'argent. — En faisant des recherches de radiophonie électro-chimique, MM. Chaperon et Mercadier (1) ont été amenés à construire un photo-phone composé de deux lames métalliques, l'une d'argent, l'autre d'argent recouvert d'une couche électrolytique de sulfure d'argent, placées l'une au-dessus de l'autre dans un tube d'essai et plongeant dans l'eau acidulée. Le

(1) *Annales télégraphiques* de 1888, p. 428 et suivantes.

téléphone s'adapte directement à ce couple, et ici l'éclairement des plaques provoque entre elles une différence de potentiel.

Thermo-électrophone et thermo-magnétophone.—M. Mercadier a fait connaître (1) qu'un microphone, de même aussi qu'un téléphone quelconque employé comme transmetteur, est sensible à l'action de radiations thermiques intermittentes. Il suffit de prendre un microphone à plaque vibrante en sapin mince verni, relié à un téléphone avec ou sans bobine d'induction dans le circuit de la pile, puis envoyer sur le diaphragme des radiations thermiques interrompues, par exemple à l'aide d'une roue tournante percée d'ouvertures, pour entendre dans le téléphone des sons dont la hauteur varie d'une manière continue avec la vitesse de la roue. Le nombre des vibrations du téléphone est égal à celui des intermittences dans l'éclairement.

Un téléphone quelconque employé comme transmetteur est également sensible à la même action produite sur son diaphragme en fer.

*
*
*

Le chant du téléphone. — Enfin c'est ici le moment de parler d'un phénomène signalé depuis longtemps déjà et sur lequel l'attention a été récemment réattirée par M. Deckert en Allemagne. On a même pensé de lui donner une portée pratique en l'utilisant à la production des appels.

Voici en quoi il consiste. Le circuit primaire d'un microphone sensible étant fermé sur une pile suffisamment forte,

(1) *Annales télégraphiques* de 1885, p. 569.

on approche normalement et à courte distance de la plaque vibrante du microphone un téléphone embroché dans la ligne et le circuit secondaire du microphone. Si l'on vient alors, en sifflant ou soufflant, à ébranler la couche d'air qui sépare les deux instruments — ou même à heurter simplement la plaque vibrante avec le téléphone — le récepteur rend un son qui persistera tant qu'on reste dans les mêmes conditions et notamment tant que le courant de la pile gardera une valeur suffisante.

Le son émis est assez intense et de hauteur variable, selon les appareils utilisés ; il se maintient quand on intercale un diaphragme de faible épaisseur et même, mais d'une manière moins stable, quand on éloigne le récepteur du transmetteur.

Diverses explications ont été données. La plus plausible est celle de M. Lamberg qui distingue trois périodes : la première impulsion part de la membrane du microphone, dont le mouvement vibratoire est modifié par suite du mouvement de l'atmosphère ambiante ; le contact des charbons devient plus parfait et la résistance diminuant, le courant primaire acquiert plus d'intensité : cela se traduit dans la deuxième période par des courants induits qui influencent le magnétisme du téléphone ; enfin le troisième terme de cette série est le phénomène acoustique de la vibration aérienne qui, par son action sur la plaque vibrante, contribue à l'entretien des vibrations électriques.

Une action réciproque s'exerce entre le microphone et le téléphone par l'intermédiaire des ondes sonores, analogue jusqu'à un certain point à celle qui se produit entre le système inducteur et l'induit d'une dynamo qui s'amorce et qui tend à renforcer le phénomène jusqu'à son maximum d'intensité.

CHAPITRE VII.

Lignes.

§ 1. — LIGNES EN FIL NU.

A part dans les transmissions radiophoniques, qui n'ont reçu jusqu'ici aucune importante application pratique, la liaison entre deux postes se fait au moyen d'une ligne généralement aérienne à un ou deux conducteurs.

Nature du conducteur. Supériorité du bronze. — La nature du métal employé pour constituer les conducteurs a passé par trois phases bien distinctes : d'abord le fer et le fer galvanisé puis, pour diminuer le poids, allonger les portées et par suite réduire le nombre des points d'appui, l'acier ; enfin, pour éviter la destruction par la rouille et gagner en conductibilité électrique, le cuivre et presque exclusivement depuis quelques années ses dérivés, bronze phosphoreux (1), bronze silicieux (2), qui ont l'avantage de joindre à une grande indifférence à l'action des agents atmosphériques, une haute conductibilité et une ténacité considérable comprise entre celle du fer et de l'acier.

Pour ce qui concerne l'indifférence aux agents atmosphériques, elle est presque complète. Exposé à l'air, le bronze se recouvre d'une patine superficielle qui enchâsse comme

(1) L'inventeur du bronze phosphoreux est M. G. Montefiore-Levy, qui le fabrique en Belgique, à son usine d'Anderlecht lez-Bruxelles.

(2) L'emploi du bronze silicieux a été vulgarisé par M. Lazare Weiler, en France. Usine à Angoulême.

Le bronze a sur le cuivre l'avantage de pouvoir être aisément obtenu en quantités bien homogènes, par suite de l'action désoxydante du phosphore ou du silicium.

dans une gaine protectrice les couches sous-jacentes. Les fils de bronze se conservent donc et si, après un long usage ils sont tordus ou coupés, ils gardent toujours la valeur intrinsèque du métal.

Abstraction faite de cette importante qualité, le tableau suivant fait ressortir clairement les avantages spéciaux de chaque espèce de fil et la marche progressive suivie.

Nature et diamètre. ↔	Fer 3mm.	Acier 2mm.	Cuivre 2mm.	Bronze phosphoreux à 95 % de conductibilité.	
				2mm.	3mm.
Poids en kg par km	56	25	28	28,5	65
Résistance en ohms par km .	18	54	5,6	5,41	2,41
Résistance à la traction en kg	300	440	150	141	318

Non seulement les bronzes phosphoreux et silicieux sont doués d'une haute conductibilité, mais encore à résistance électrique égale (résistance statique mesurée par les procédés habituels), ils ont sur le fer l'énorme avantage de présenter moins d'obstruction au passage des courants téléphoniques qui sont, comme nous l'avons vu, ondulatoires.

Un fil de fer traversé par un courant s'aimante circulairement. Le courant téléphonique variant constamment non seulement d'intensité, mais de direction, l'aimantation résultante suit des variations de grandeur analogues. Et comme ces variations exigent un certain temps pour se produire et absorbent de l'énergie, il en résulte que le

conducteur en fer présente de l'inertie au passage des courants téléphoniques. On peut *grosso modo* comparer cette résistance à celle qu'éprouve un liquide dans une conduite. Les électriciens la désignent sous le nom d'inertie électro magnétique, et sa valeur, qu'on mesure et suppose par un chiffre, porte, comme on le sait, le nom de coefficient de self-induction.

Cette résistance présentée par le fer, pour les courants ondulatoires est telle, qu'aux environs de 500 kilomètres, avec du fil de 4 à 4^{mm}5 de diamètre, il devient impossible de communiquer par téléphone.

Ce chiffre extrême a été déterminé par Van Rysselberghe, dans ses expériences de 1886 faites en Amérique. Comme il le fit remarquer dans le rapport rédigé à cette époque :

« Lorsque, avec des conducteurs en fer, la conversation
 » devient impossible au-delà d'une certaine limite, ce
 » n'est nullement à cause de la faiblesse des sons perçus
 » au téléphone ; mais la voix est profondément altérée,
 » le timbre en devient très grave et l'on ne reconnaît
 » plus son interlocuteur. On reçoit des sons assez volu-
 » mineux encore, mais confus et assourdis ; l'articulation
 » est perdue, en un mot c'est par défaut de netteté et
 » non par trop grande faiblesse des sons que la correspon-
 » dance devient impossible.

« Tout autres sont les résultats avec les conducteurs
 » en cuivre. Alors la voix, avec tous ses détails d'articu-
 » lation, reste pure, claire et nette, sans altération
 » aucune, jusqu'à ce que, par la distance franchie, elle
 » s'affaiblisse au point d'atteindre la limite de la percep-
 » tion par l'oreille humaine. »

Ces particularités s'expliquent aisément par la théorie. Nous avons vu précédemment que l'intensité d'un courant

sinusoïdal se propageant dans un circuit pourvu de self-induction et de capacité, est donné par l'équation :

$$i = \frac{E \sin (m t - 2 \pi \varphi)}{\sqrt{R^2 + \left(m L - \frac{1}{C m}\right)^2}} \quad (\text{VI})$$

dans laquelle E est la valeur maxima de la force électromotrice, $m = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$ (n nombre d'ondes par seconde), R la résistance de tout le circuit, L son coefficient de self-induction et C sa capacité.

Pour une ligne aérienne en fer, le terme en L l'emporte considérablement sur celui dû à la capacité. Dans un calcul approximatif, nous pourrions négliger cette dernière, en sorte qu'il reste :

$$i = \frac{E \sin (m t - 2 \pi \varphi)}{\sqrt{R^2 + m^2 L^2}}. \quad (\text{IX})$$

Posons $E = \frac{1}{2}$, $\sin = 1$; $R = 100$; $L = 2$ et supposons qu'il s'agisse d'un son de 1000 vibrations par seconde pour lequel $m = 2\pi \cdot 1000 = 6283,2$.

En appelant I la valeur que prendrait le courant si le circuit était dénué de self-induction, valeur obtenue en posant $L = 0$ dans l'équation (IX), on a :

$$\frac{i}{I} = \sqrt{\frac{R^2}{R^2 + m^2 L^2}} = \frac{R}{m L} = \frac{100}{12566} = \frac{1}{125} \quad (\text{X})$$

environ, en négligeant R vis-à-vis de $m L$.

Dans le cas considéré, l'effet de la self-induction est donc de réduire à plus du centième l'intensité du courant qui se propagerait dans le circuit s'il n'avait pas de self-induction. Or l'intensité du son perçu à l'appareil récepteur dépend de l'intensité électrique.

Ceci dans le cas d'un son simple. Mais en pratique, les sons, loin d'être simples, présentent une grande complexité et c'est même, comme nous l'avons vu, cette complexité apportée par la présence des harmoniques qui sert à les caractériser. Notre son fondamental de 1000 vibrations par seconde sera donc accompagné d'autres sons de plus grande hauteur. Si, par exemple, le deuxième harmonique qui fait 3000 vibrations par seconde lui est concomitant, l'application de la formule (X) nous montre que la self-induction réduira la partie du courant total qui correspond à cet harmonique au $\frac{1}{376}$. Pour le cinquième harmonique l'intensité sera réduite au $\frac{1}{754}$.

Il en résulte conséquemment que les variations d'intensité des courants dus aux harmoniques deviendront rapidement trop faibles pour être perçues au téléphone. Les harmoniques supérieurs disparaîtront et les sons, surtout ceux de la voix humaine très riches en harmoniques, seront dénaturés.

En résumé, la formule (IX) corroborant les résultats fournis par l'expérience, montre que : 1° la self-induction réduit notablement l'intensité des courants téléphoniques ; 2° elle dénature le timbre en le rendant plus grave par élimination des harmoniques supérieurs.

Son effet nocif est donc considérable, aussi convient-il de l'atténuer autant que possible.

La valeur de L comprend le coefficient de self-induction des postes en relation et celui de la ligne. Le premier est inévitable et constant pour des types donnés d'appareils. Le second croît avec la longueur du circuit et *sa nature* ; c'est conséquemment sur celle-ci que la réduction doit porter, par un choix judicieux du conducteur.

Ce n'est que tout récemment que l'on est parvenu à mesurer les coefficients de self-induction des lignes aériennes. Ces mesures, effectuées par M. Massin (1), ont porté : A, sur deux fils de fer de 3 millimètres de $49^{\text{km}}100$ placés au 3^e et 4^e rang et à 0^m40 l'un de l'autre sur des poteaux de 8 mètres ; B, sur deux fils de cuivre de $2^{\text{mm}}5$ d'une longueur de $49^{\text{km}}100$ placés supérieurs et à 0^m40 l'un de l'autre sur des poteaux de 8 mètres.

Les résultats obtenus sont groupés dans les tableaux suivants :

Essai A.

Nature de la constante. →	Isolement km.	Résistance km.	Capacité km.	Self-induction km. pour les 2 fils.
Fil 1.	3Mo6	18ohms3	0 ^u F010 3	
Fil 2.	3Mo5	18ohms3	0 ^u F009 4	
Fils 1 et 2 bouclés à une extrémité.			0 ^u F006 9	0 ^u 012 9 0 ^u 012 9

Essai B.

Nature de la constante. →	Isolement km.	Résistance km.	Capacité km.	Self-induction km. pour les 2 fils.
Fil 1.	8Mo	5ohms51	{ 0 ^u F009 5 0 ^u F008 9	
Fil 2.	9Mo5	5ohms51	{ 0 ^u F010 6 0 ^u F009 5	
Fils 1 et 2 bouclés à une extrémité.			{ 0 ^u F007 2 0 ^u F006 5	{ 0 ^u 002 5 0 ^u 002 5 0 ^u 002 5

(1) MASSIN. Mesures de capacité et de self-induction effectuées sur des lignes aériennes. (*Annales télégraphiques* de juillet-août 1891, p. 339.)

Il ressort de ces tableaux que la self-induction d'un circuit métallique de 100 kilomètres en fil de fer de 3 millimètres atteint la valeur très notable déjà de 1429, tandis que celle d'un circuit métallique de même longueur en cuivre de 2^{mm}50 n'arrive qu'à 0425, soit le $\frac{1}{5}$ environ, concurremment à un abaissement de la résistance à plus du $\frac{1}{3}$ de la première.

Par l'emploi des conducteurs en cuivre ou en bronze, on réduit donc dans une forte proportion les deux facteurs du dénominateur de la formule (IX), ce qui, comme nous l'avons vu plus haut, explique théoriquement la raison pratiquement constatée de leur grande supériorité sur le fer pour la constitution des circuits affectés à la téléphonie.

Toutes les lignes construites depuis quelques années dans les réseaux belges, sont en fil de bronze phosphoreux, généralement d'un diamètre de 1^{mm}4 et à 30 % de conductibilité.

Le tableau suivant donne le poids et la résistance électrique kilométrique des fils de ce métal que peut couramment fournir le commerce.

Fil de bronze phosphoreux.

Diamètre.	Poids par km.	Résistance km. Conductibilité 30 %	Résistance km. Conductibilité 95 %.
1mm00	65,97	68ohms5	21ohms7
1,25	10,93	43,8	13,8
1,4	13,71	34,9	11
1,6	18,50	26,7	8,46
2	27,98	17,1	5,41
2,4	40,27	11,8	3,75
3	62,99	7,6	2,40

Avec le 1^{mm}4 à 30 ‰, la portée normale est de 100 à 120 mètres, mais l'on peut facilement aller jusqu'à 250, 500 et exceptionnellement 700 et 800 mètres ; avec le 1^{mm}6 à 30 ‰ également, ces limites sont encore reculées.

Inconvénients du bronze. — L'emploi du bronze ne laisse cependant pas de présenter des inconvénients. Il se charge facilement d'une forte couche de givre et neige durcie. Le fil de 1^{mm}4 peut alors atteindre un diamètre de 6, 8 et même 10 centimètres, ce qui change notablement les conditions de stabilité de la ligne. Quand il se trouve notamment placé en pays de montagnes soumis à des différences de température brusques et excessives, son usage peut même devenir fort précaire. Certaines lignes des chemins de fer vicinaux belges construites primitivement en fil de bronze phosphoreux de 1^{mm}4 et 1^{mm}6 à 95 ‰ de conductibilité, ont dû être rétablies soit en fil de fer de 3^{mm}, soit en fil de bronze de 1^{mm}6 à 30 ‰, à cause des bris extrêmement nombreux dus à l'action combinée du givre et du froid.

Un autre inconvénient et non des moindres, réside dans la grande valeur du fil de bronze (fr. 2,25 le kg actuellement) qui excite la cupidité des voleurs d'une manière très marquée, surtout aux environs des grandes villes.

Enfin sa manipulation exige des précautions minutieuses que nous détaillerons plus loin.

Tension à donner au fil. — Le conducteur doit être fixé de manière à pouvoir résister quelles que soient les conditions atmosphériques. La tension à lui donner variera donc suivant sa nature, sa section, la température au moment de la pose, la portée.

La courbe qui prend un fil tendu librement entre deux points d'appui est une chaînette. Pour une portée de

a mètres, une tension T et un poids p du fil par unité de longueur, tous deux exprimés en kg, la longueur de la chaînette est donnée par la formule générale :

$$l = a + \frac{a^3 p^2}{24 T^2}. \quad (\text{I})$$

Lorsque la température s'abaisse de t^0 , le fil se contracte et sa longueur devient

$$l' = l (1 - \alpha t). \quad (\text{II})$$

Mais la contraction augmente la tension qui devient T' , et de l'excès de tension $T' - T$ résulte un allongement. La longueur l' se modifie conséquemment et prend la valeur :

$$l'' = l' [1 + e' (T' - T)] \quad (\text{III})$$

e' étant le coefficient d'élasticité du fil.

Nous avons alors une nouvelle chaînette avec les données a, p, l'', T' , liées entre elles par l'équation générale (I) écrite plus haut :

$$l'' = a + \frac{a^3 p^2}{24 T'^2}. \quad (\text{IV})$$

Nous possédons ainsi quatre équations entre les inconnues l, l', l'', T, T' , ce qui nous permettra d'en éliminer trois. Faisons disparaître l' et l'' en remplaçant dans (4) l'' par sa valeur (III), et dans l'équation nouvelle obtenue l par sa valeur (II). Nous arrivons ainsi à l'équation :

$$T' = \sqrt{\frac{a^3 p^2}{24 [l (1 - \alpha t) [1 + e' (T' - T) - a]}} \quad (\text{V})$$

dans laquelle il suffit de remplacer l par sa valeur (I) pour éliminer cette troisième inconnue.

On est ainsi conduit à une équation du troisième degré en T' fort compliquée, dont la résolution est très laborieuse, mais qui permet de résoudre tous les cas qui peuvent se présenter. μ , α et e' sont en effet connus pour le fil dont on fait usage; on se donne α , et T représente la tension normale à donner pour une température moyenne. t est la différence entre cette température moyenne et celle pour laquelle on veut calculer la tension. t est positif ou négatif, selon que la température est inférieure ou supérieure à la température normale adoptée. En fixant cette dernière à 18° et estimant que T doit alors être au plus égale au $\frac{1}{4}$ de la charge de rupture totale,

M. H. Cloeren, chef de service des essais aux usines de M. Montefiore-Levi, à Anderlecht, a calculé les tableaux suivants qui contiennent toutes les données utiles relatives aux fils de bronze les plus employés (1). Le fil dit téléphonique a une conductibilité égale à 30 % de celle du cuivre pur; le fil télégraphique est à 95 %.

(1) Extrait de la note: *Conditions d'équilibre d'un fil de bronze phosphoreux tendu entre deux appuis*, par M. Cloeren. (*Bulletin de la Société belge d'électriciens*, janvier 1888.)

A. — Fil téléphonique de 1^{mm}0.

Diamètre en mm		Section en mm ²	Poids par mètre en K ^{os}	Charge de rupture en K ^{os} totale		par mm ²		Tension à donner à 18°, en K ^{os}		
1,00		0,785	0,007	62,8		80,0		15,7		
Températ ^{re}	Portées en mètres.									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
- 10	T	20,4	20,0	19,6	19,2	18,7	18,4	18,0	17,7	17,5
	f	0,432	0,988	1,797	2,864	4,283	5,848	7,829	10,088	12,545
	l	100,005	150,017	200,043	250,087	300,160	350,261	400,409	450,603	500,839
- 5	T	19,6	19,3	19,0	18,6	18,2	18,0	17,7	17,4	17,3
	f	0,449	1,024	1,852	2,953	4,342	5,973	7,971	10,237	12,731
	l	,005	,018	,046	,093	,167	,272	,423	,621	,864
0	T	18,8	18,6	18,4	18,1	17,8	17,7	17,3	17,1	17,0
	f	0,468	1,036	1,916	3,037	4,451	6,103	8,118	10,383	12,923
	l	,006	,020	0,049	0,098	,176	,284	,439	,640	,891
+ 5	T	18,1	18,0	17,8	17,5	17,3	17,3	17,0	16,9	16,8
	f	0,486	1,109	1,978	3,136	4,566	6,238	8,271	10,547	13,120
	l	,006	,021	,052	,105	,185	,296	,456	,659	,918
+ 10	T	17,3	17,3	17,1	17,1	16,9	16,9	16,7	16,6	16,5
	f	0,507	1,142	2,052	3,219	4,687	6,380	8,429	10,750	13,324
	l	,007	,023	,056	,108	,195	,310	,474	,685	,947
+ 15	T	16,6	16,6	16,6	16,6	16,4	16,4	16,3	16,2	16,2
	f	0,531	1,194	2,123	3,318	4,815	6,554	8,627	10,962	13,533
	l	,007	,025	,060	,117	,206	,327	,496	,712	,977
+ 20	T	15,8	15,9	16,0	16,0	16,0	16,1	16,0	16,0	16,0
	f	0,557	1,242	2,200	3,437	4,950	6,711	8,800	11,137	13,750
	l	,008	,027	,064	,126	,218	,343	,516	,735	1,008
+ 25	T	15,0	15,2	15,4	15,5	15,5	15,7	15,7	15,7	15,7
	f	0,585	1,300	2,287	3,551	5,079	6,875	8,979	11,318	13,973
	l	,009	,030	,070	,144	,230	,360	,537	,759	1,041
+ 30	T	14,3	14,5	14,8	15,0	15,1	15,3	15,4	15,4	15,5
	f	0,616	1,363	2,381	3,672	5,244	7,047	9,167	11,553	14,146
	l	,010	,033	,075	,144	,244	,378	,560	,791	1,067
+ 35	T	13,6	13,9	14,2	14,5	14,7	14,9	15,0	15,2	15,3
	f	0,648	1,426	2,477	3,802	5,380	7,229	9,462	11,748	14,383
	l	,011	,036	,082	,154	,257	,398	,584	,818	1,103
+ 40	T	12,8	13,2	13,6	13,9	14,2	14,5	14,7	14,9	15,0
	f	0,687	1,502	2,594	3,942	5,574	7,420	9,565	11,950	14,613
	l	,013	,040	,090	,166	,276	,419	,610	,846	1,141

B. — Fil téléphonique de 1^{mm}25.

Diamètre en mm		Section en mm²	Poids par mètre en K ^{os}	Charge de rupture en K ^{os} totale		par mm²		Tension à donner à 18°, en K ^{os}		
1,25		1,227	0,011	98,2		80		25		
Températures	Portées en mètres.									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
- 10	T	31,8	31,3	30,6	30,0	29,2	28,8	28,1	27,6	27,4
	f	0,432	0,988	1,797	2,864	4,283	5,848	7,829	10,088	12,545
	l	100,005	150,017	200,043	250,087	300,160	350,261	400,409	450,603	500,839
- 5	T	30,6	30,2	29,7	29,1	28,5	28,2	27,6	27,2	27,0
	f	0,449	1,024	1,852	2,953	4,342	5,973	7,971	10,237	12,731
	l	,005	,018	,046	,093	,167	,272	,423	,621	,864
0	T	29,4	29,1	28,7	28,3	27,8	27,6	27,1	26,8	26,6
	f	0,468	1,036	1,916	3,037	4,451	6,130	8,118	10,389	12,923
	l	,006	,020	,049	,098	,176	,284	,439	,640	,891
+ 5	T	28,3	28,1	27,8	26,4	27,1	27,0	26,6	26,4	26,2
	f	0,486	1,109	1,978	3,136	4,566	6,238	8,271	10,547	13,120
	l	,006	,021	,052	,105	,185	,296	,456	,659	,918
+ 10	T	27,1	27,0	26,8	26,7	26,4	26,4	26,1	25,9	25,8
	f	0,507	1,142	2,052	3,219	4,687	6,380	8,429	10,750	13,324
	l	,007	,023	,056	,108	,195	,310	,474	,685	,947
+ 15	T	25,9	25,9	25,9	25,9	25,7	25,7	25,5	25,4	25,4
	f	0,531	1,194	2,123	3,318	4,815	6,554	8,627	10,962	13,533
	l	,007	,025	,060	,117	,206	,327	,496	,712	,977
+ 20	T	24,7	24,9	25,0	25,0	25,0	25,1	25,0	25,0	25,0
	f	0,557	1,242	2,200	3,437	4,950	6,711	8,800	11,137	13,750
	l	,008	,027	,064	,126	,218	,343	,516	,735	1,008
+ 25	T	23,5	23,8	24,0	24,2	24,3	24,5	24,5	24,6	24,6
	f	0,585	1,300	2,287	3,551	5,079	6,875	8,979	11,318	13,973
	l	,009	,030	,070	,134	,230	,360	,537	,759	1,041
+ 30	T	22,3	22,7	23,1	23,4	23,6	23,9	24,0	24,1	24,3
	f	0,616	1,363	2,381	3,672	5,244	7,047	9,167	11,553	14,146
	l	,010	,033	,075	,144	,241	,378	,560	,791	1,067
+ 35	T	21,2	21,7	22,2	23,6	23,0	23,3	23,5	23,7	23,9
	f	0,648	1,426	2,477	3,802	5,380	7,229	9,462	11,748	14,383
	l	,011	,036	,082	,154	,257	,398	,584	,818	1,103
+ 40	T	20,0	20,6	21,2	21,8	22,2	22,6	23,0	23,3	23,5
	f	0,687	1,502	2,594	3,942	5,574	7,420	9,565	11,950	14,613
	l	,013	,040	,090	,166	,276	,419	,610	,846	1,141

C. — Fil téléphonique de 1^{mm}4.

Diamètre en mm	Section en mm ²	Poids par mètre en K ^{os}	Charge de rupture en K ^{es} totale		par mm ²		Tension à donner à 18°, en K ^{es}			
1,4	1,539	0,0137	123,2		80		30,8			
Températ ^{es}	Portées en mètres.									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
- 10	T	39,9	39,3	38,4	37,6	36,6	36,1	35,2	34,6	34,4
	f	0,432	0,983	1,797	2,864	4,283	5,848	7,829	10,088	12,545
	l	100,005	150,017	200,043	250,087	300,160	350,261	400,409	450,603	500,839
- 5	T	38,4	37,9	37,2	36,5	35,7	35,4	34,6	34,1	33,9
	f	0,449	1,024	1,852	2,953	4,342	5,973	7,971	10,237	12,731
	l	,005	,018	,015	,093	,167	,272	,423	,621	,864
0	T	36,9	36,5	36,0	35,5	34,9	34,6	34,0	33,6	33,4
	f	0,468	1,036	1,916	3,037	4,451	6,103	8,118	10,389	12,923
	l	,006	,020	,019	,098	,176	,284	,439	,640	,891
+ 5	T	35,5	35,2	34,9	34,4	34,0	33,9	33,4	33,1	32,9
	f	0,486	1,109	1,978	3,136	4,566	6,238	8,271	10,547	13,120
	l	,006	,021	,052	,105	,185	,296	,456	,659	,918
+ 10	T	34,0	33,9	33,6	33,5	33,1	33,1	32,7	32,5	32,4
	f	0,507	1,142	2,052	3,219	4,687	6,280	8,429	10,750	13,324
	l	,007	,023	,056	,108	,195	,310	,474	,685	,947
+ 15	T	32,5	32,5	32,5	32,5	32,2	32,2	32,0	31,9	31,9
	f	0,531	1,194	2,123	3,318	4,815	6,554	8,627	10,962	13,533
	l	,007	,025	,060	,117	,206	,327	,496	,712	,977
+ 20	T	31,0	31,2	31,4	31,4	31,4	31,5	31,4	31,4	31,4
	f	0,557	1,242	2,200	3,437	4,950	6,711	8,800	11,137	13,750
	l	,008	,027	,064	,126	,218	,343	,516	,735	1,008
+ 25	T	29,5	29,8	30,1	30,3	30,5	30,7	30,7	30,8	30,8
	f	0,585	1,300	2,287	3,551	5,079	6,875	8,979	11,318	13,973
	l	0,009	,030	,070	,134	,230	,360	,537	,759	1,041
+ 30	T	28,0	28,5	29,0	29,3	29,6	30,0	30,1	30,2	30,5
	f	0,616	1,363	2,381	3,672	5,244	7,047	9,167	11,553	14,146
	l	,010	,033	,075	,144	,241	,378	,560	,791	1,067
+ 35	T	26,6	27,2	27,8	28,3	28,8	29,2	29,5	29,7	30,0
	f	0,648	1,426	2,477	3,802	5,380	7,229	9,462	11,748	14,383
	l	,011	,036	,082	,154	,257	,398	,584	,818	1,103
+ 40	T	25,1	25,8	26,6	27,3	27,8	28,3	28,8	29,2	29,5
	f	0,687	1,502	2,594	3,942	5,574	7,420	9,565	11,950	14,613
	l	,013	,040	,090	,166	,276	,419	,610	,846	1,141

D. — Fil téléphonique de 2^{mm},00.

Diamètre en mm		Section en mm ²	Poids par mètre en K ^{os}	Charge de rupture en K ^{os} totale		Tension à donner à 18°, en K ^{os}				
2,0		3,14	0,028	251,4		80		63		
Températures	Portées en mètres.									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
- 10	T	81,4	80,1	78,3	76,8	74,7	73,7	71,9	70,7	70,1
	f	0,432	0,988	1,797	2,864	4,283	5,848	7,829	10,088	12,545
	l	100,005	250,017	200,043	250,087	300,160	350,261	400,400	450,603	500,839
- 5	T	78,3	77,3	76,0	74,5	73,0	72,2	70,7	69,6	69,1
	f	0,449	1,024	1,852	2,953	4,342	5,973	7,971	10,237	12,731
	l	,005	,018	,046	,093	,167	,272	,423	,621	,864
0	T	75,3	74,5	73,5	72,4	71,2	70,7	69,4	68,6	68,1
	f	0,468	1,036	1,916	3,037	4,451	6,103	8,118	10,389	12,923
	l	,006	,029	,049	,098	,176	,281	,439	,640	,891
+ 5	T	72,4	71,9	71,2	70,1	69,4	69,1	68,1	67,6	67,1
	f	0,486	1,109	1,978	3,136	4,566	6,238	8,271	10,547	13,120
	l	,006	,021	,052	,105	,185	,296	,456	,659	,918
+ 10	T	69,4	69,1	68,6	68,3	67,6	67,6	66,8	66,3	66,0
	f	0,507	1,142	2,052	3,219	4,687	6,380	8,429	10,750	13,324
	l	,007	,023	,056	,108	,195	,310	,474	,685	,947
+ 15	T	66,3	66,3	66,3	66,3	65,8	65,8	65,3	65,0	65,0
	f	0,531	1,194	2,123	3,318	4,815	6,554	8,627	10,962	13,533
	l	,007	,025	,060	,117	,206	,327	,496	,712	,977
+ 20	T	63,2	63,7	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0
	f	0,557	1,242	2,200	3,437	4,950	6,711	8,800	11,137	13,750
	l	,008	,027	,064	,126	,218	,343	,516	,735	1,008
+ 25	T	60,2	60,9	61,4	61,9	62,2	62,7	62,7	63,0	63,0
	f	0,585	1,309	2,287	3,551	5,079	6,875	8,979	11,318	13,973
	l	,009	,030	,070	,134	,230	,360	,537	,759	1,041
+ 30	T	57,1	58,1	59,1	59,9	60,4	61,2	61,4	61,7	62,2
	f	0,616	1,363	2,381	3,672	5,244	7,047	9,167	11,553	14,146
	l	,010	,033	,075	,141	,244	,378	,560	,791	1,067
+ 35	T	54,3	55,5	56,8	57,9	58,9	59,6	60,2	60,7	61,2
	f	0,648	1,426	2,477	3,802	5,380	7,229	9,462	11,748	14,383
	l	,011	,036	,082	,154	,257	,398	,584	,818	1,103
+ 40	T	51,2	52,7	54,3	55,8	56,8	57,9	58,9	59,6	60,2
	f	0,687	1,502	2,594	3,942	5,574	7,420	9,505	11,950	14,613
	l	,013	,040	,090	,166	,276	,419	,610	,846	1,141

E. — Fil télégraphique de 1^{mm}6

Diamètre en mm	Section en mm ²	Poids par mètre en K ^{os}	Charge de rupture en K ^{os} totale		par mm ²		Tension à donner à 18°, en K ^{os}		
1,6	2,01	0,018	92		45,8		23		
Températ ^s	Portées en mètres.								
		50	60	70	80	90	100	150	200
— 10	T	34,1	33,7	33,3	32,9	32,4	31,9	29,4	27,4
	f	0,164	0,239	0,329	0,436	0,560	0,703	1,716	3,271
	l	50,001	60,002	70,004	80,006	90,009	100,013	150,052	200,143
— 5	T	32,1	31,7	31,4	31,0	30,6	30,1	28,1	26,5
	f	0,174	0,254	0,350	0,463	0,593	0,743	1,794	3,382
	l	,002	,003	,005	,007	,010	,015	,057	,152
0	T	30,0	29,7	29,5	29,1	28,8	28,5	26,8	25,7
	f	0,186	0,271	0,372	0,492	0,630	0,786	1,875	3,491
	l	,002	,003	,005	,008	,011	,016	,062	,162
+ 5	T	28,0	27,8	27,6	27,4	27,1	26,9	25,7	24,9
	f	0,200	0,290	0,397	0,523	0,669	0,833	1,904	3,590
	l	,002	,004	,006	,009	,013	,018	,068	,173
+ 10	T	26,1	25,9	25,8	25,6	25,5	25,3	24,6	24,2
	f	0,214	0,310	0,425	0,559	0,712	0,884	2,045	3,704
	l	,002	,004	,007	,010	,015	,021	,074	,183
+ 15	T	24,2	24,1	24,0	24,0	23,9	23,9	23,6	23,5
	f	0,231	0,334	0,456	0,597	0,758	0,938	2,134	3,815
	l	,003	,005	,008	,011	,017	,023	,081	,194
+ 20	T	22,3	22,3	22,4	22,4	22,4	22,5	22,7	22,8
	f	0,251	0,361	0,490	0,640	0,808	0,994	2,224	3,932
	l	,003	,006	,009	,013	,019	,026	,088	,206
+ 25	T	20,5	20,6	20,8	20,9	21,1	21,2	21,8	22,1
	f	0,273	0,391	0,528	0,685	0,862	1,054	2,316	4,046
	l	,004	,007	,011	,015	,022	,030	,095	,218
+ 30	T	18,7	19,0	19,3	19,5	19,8	20,0	21,0	21,6
	f	0,299	0,424	0,570	0,734	0,917	1,118	2,401	4,154
	l	,005	,008	,012	,017	,024	,033	,102	,239
+ 35	T	17,1	17,5	17,9	18,2	18,6	18,9	20,2	21,0
	f	0,328	0,461	0,612	0,786	0,974	1,182	2,492	4,268
	l	,006	,009	,014	,020	,028	,037	,110	,243
+ 40	T	15,6	16,1	16,6	17,1	17,5	17,9	19,5	20,5
	f	0,360	0,500	0,662	0,839	1,038	1,250	2,590	4,375
	l	,007	,011	,016	,023	,032	,041	,119	,255

F. — Fil télégraphique de 2^{mm}0.

Diamètre en mm	Section en mm ²	Poids par mètre en K ^{os}	Charge de rupture en K ^{os}		Tension à donner à 18°, en K ^{os}				
2,0	3,14	0,028	144	45,8	36				
Température	Portées en mètres.								
		50	60	70	80	90	100	150	200
- 10	T	53,3	52,7	52,1	51,4	50,6	49,8	45,9	42,8
	f	0,164	0,239	0,329	0,436	0,560	0,703	1,716	3,271
	l	50,001	60,002	70,004	80,006	90,009	100,013	150,052	200,113
- 5	T	50,1	49,6	49,0	48,4	47,8	47,1	43,9	41,4
	f	0,174	0,254	0,350	0,463	0,593	0,743	1,791	3,382
	l	,002	,003	,005	,007	,010	,015	,057	,152
- 0	T	46,9	46,5	46,1	45,6	45,0	44,5	42,0	40,1
	f	0,186	0,271	0,372	0,492	0,630	0,786	1,875	3,491
	l	,002	,003	,005	,008	,011	,016	,062	,162
+ 5	T	43,8	43,5	43,2	42,8	42,4	42,0	40,1	38,9
	f	0,20	0,290	0,397	0,523	0,669	0,833	1,964	3,599
	l	,002	,004	,006	,009	,013	,018	,068	,173
+ 10	T	40,8	40,6	40,3	40,1	39,8	39,6	38,5	37,8
	f	0,214	0,310	0,425	0,559	0,712	0,884	2,045	3,704
	l	,002	,004	,007	,010	,015	,021	,074	,183
+ 15	T	37,8	37,7	37,6	37,5	37,4	37,3	36,9	36,7
	f	0,231	0,331	0,456	0,597	0,758	0,938	2,134	3,815
	l	,003	,005	,008	,011	,017	,023	,081	,194
+ 20	T	34,8	34,9	35,0	35,0	35,1	35,2	35,4	35,6
	f	0,251	0,361	0,490	0,640	0,808	0,994	2,224	3,932
	l	,003	,006	,009	,013	,019	,026	,088	,206
+ 25	T	32,0	32,2	32,5	32,7	32,9	33,2	34,0	34,6
	f	0,273	0,391	0,528	0,685	0,862	1,054	2,316	4,046
	l	,004	,007	,011	,015	,022	,030	,095	,218
+ 30	T	29,3	29,7	30,1	30,5	30,9	31,3	32,8	33,7
	f	0,299	0,424	0,570	0,734	0,917	1,118	2,461	4,154
	l	,005	,008	,012	,017	,024	,033	,102	,230
+ 35	T	26,7	27,3	28,0	28,5	29,1	29,6	31,6	32,8
	f	0,328	0,461	0,602	0,786	0,974	1,182	2,492	4,268
	l	,006	,009	,014	,020	,028	,037	,110	,243
+ 40	T	24,3	25,2	25,9	26,7	27,3	28,0	30,4	32,0
	f	0,360	0,500	0,662	0,839	1,038	1,250	2,590	4,375
	l	,007	,011	,016	,023	,032	,041	,119	,255

G. — Fil télégraphique de 3^{mm}0.

Diamètre en mm	Section en mm ²	Poids par mètre en K ^{os}	Charge de rupture en K ^{os} totale		par mm ²		Tension à donner à 18°, en K ^{os}		
3,0	7,07	0,063	324		45.8		81		
Températ ^{ns}	Portées en mètres.								
		50	60	70	80	90	100	150	200
— 10	T	119,9	118,6	117,1	115,6	113,8	112,1	103,3	96,3
	f	0,164	0,239	0,329	0,463	0,560	0,703	1,716	3,271
	l	50,001	60,002	70,004	80,006	90,009	100,013	150,052	200,143
— 5	T	112,7	111,6	110,3	109,0	107,5	106,0	98,7	93,2
	f	0,174	0,254	0,350	0,463	0,593	0,743	1,794	3,382
	l	,002	,003	,005	,007	,010	,015	,057	,132
0	T	105,6	104,5	103,6	102,5	101,3	100,1	94,4	90,3
	f	0,186	0,271	0,372	0,492	0,630	0,786	1,875	3,491
	l	,002	,003	,005	,008	,011	,016	,062	,162
+ 5	T	98,6	97,9	97,1	96,2	95,3	94,5	90,3	87,6
	f	0,200	0,290	0,397	0,523	0,669	0,833	1,964	3,599
	l	,002	,004	,006	,009	,013	,018	,068	,173
+ 10	T	91,7	91,3	90,7	90,2	89,6	89,0	86,6	84,9
	f	0,214	0,310	0,425	0,559	0,712	0,884	2,045	3,704
	l	,002	,004	,007	,010	,015	,021	,074	,183
+ 15	T	85,0	84,8	84,6	84,3	84,1	83,9	83,0	82,5
	f	0,231	0,334	0,456	0,597	0,758	0,938	2,134	3,815
	l	,003	,005	,008	,011	,017	,023	,081	,194
+ 20	T	78,4	78,5	78,7	78,8	78,9	79,1	79,7	80,1
	f	0,251	0,361	0,490	0,640	0,808	0,994	2,224	3,932
	l	,003	,006	,009	,013	,019	,026	,088	,206
+ 25	T	72,0	72,5	73,1	73,6	74,1	74,6	76,6	77,9
	f	0,273	0,391	0,528	0,685	0,862	1,054	2,316	4,106
	l	,004	,007	,011	,015	,022	,030	,095	,218
+ 30	T	65,9	66,8	67,8	68,7	69,6	70,4	73,8	75,8
	f	0,299	0,424	0,570	0,734	0,917	1,118	2,401	4,154
	l	,005	,008	,012	,017	,024	,033	,102	,230
+ 35	T	60,1	61,5	62,9	64,2	65,4	66,5	71,1	73,9
	f	0,328	0,461	0,612	0,786	0,974	1,182	2,492	4,268
	l	,006	,009	,014	,020	,028	,037	,116	,243
+ 40	T	54,8	56,6	58,4	60,0	61,5	62,9	68,5	72,1
	f	0,360	0,500	0,662	0,839	1,038	1,250	2,590	4,375
	l	,007	,011	,016	,023	,032	,041	,119	,255

La tension donnée au fil se mesure au dynamomètre. Celui-ci se compose d'une tige terminée d'un côté par un crochet, de l'autre par un plateau coulissant dans une enveloppe cylindrique en comprimant un fort ressort à boudin. Un index fixé sur la tige se déplace le long d'une graduation déterminée empiriquement.

Joints. — La liaison des fils est d'une grande importance et ne laisse pas de présenter quelques difficultés. Un joint doit en effet avoir une résistance à la traction au moins égale à celle du brin lui-même et être soudé pour assurer une bonne conductibilité. La soudure implique le chauffage du fil. Or le cuivre dur et les alliages de cuivre exclusivement utilisés en téléphonie, qui doivent presque toute leur ténacité à l'écrouissage, la perdent par le recuit.

a) *Manchon Baron.* — Il faut donc chauffer les joints le moins possible. Aussi lorsqu'en France on emploie les manchons (fig. 69) qui sont de petits tubes aplatis en bronze dans les-



Fig. 69. — Manchon-joint.

quels les deux fils entrent à frottement doux, se sert-on de soudure plus fusible pour noyer les deux brins dans l'intérieur de ceux-ci. Comme on le voit sur la figure, chaque brin est enroulé sur l'autre de quelques spires, de chaque côté du manchon.

b) *Double torsade.* — La double torsade (fig. 70) est beaucoup employée en Belgique. On tord les deux fils l'un sur l'autre, puis on ramène les deux bouts

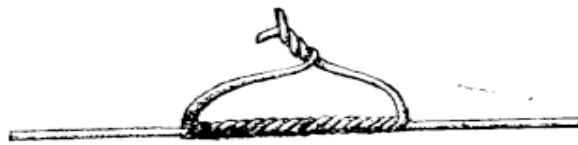


Fig. 70. — Joint à double torsade.

à quelque distance du joint. On tord de nouveau et soude cette dernière torsade. On sépare donc ainsi le joint mécanique du joint électrique ; le résultat est excellent.

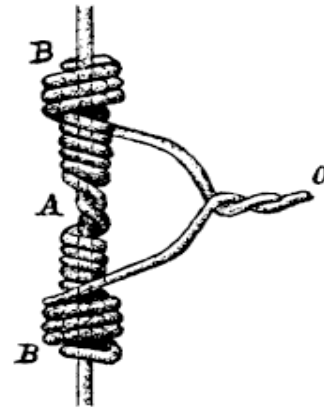


Fig. 71. — Double torsade pour fil de bronze.

Pour le fil de bronze phosphoreux, on effectue en outre quelques tours supplémentaires en B (fig. 71), au bout de la première torsade, en revenant vers le milieu du joint.

c) *Mac-Intire*. — D'invention relativement récente (1887), ce joint, qui présente une certaine originalité, a donné, paraît-il, de bons résultats aux États-Unis. Deux tubes de cuivre (fig. 72) sont brasés côte à côte de manière à constituer un même morceau de métal. On y engage les extrémités des fils à réunir ; les tubes sont alors saisis à l'aide de mâchoires convenables



Fig. 72 et 73. — Joint Mac-Intire.

et tordus (fig. 73). La torsion diminue la longueur du double manchon ; la surface intérieure des tubes et le fil sur lequel elle

glisse à frottement viennent en contact intime et l'on se dispense de souder. L'humidité et l'oxydation ne pénètrent pas, dit-on, à l'intérieur des tubes qui, d'ailleurs, sont choisis de manière à bien s'adapter sur le fil avant la torsion.

Ce joint, qui serait peut-être d'un bon emploi pour les gros diamètres, est plus coûteux que le précédent et d'une exécution moins aisée.

Il n'a pas été appliqué en Belgique à notre connaissance

Précautions spéciales qu'exige le fil de bronze. — Dévidoirs. — Le fil de bronze est très sensible aux moindres détériorations mécaniques. On doit donc le manipuler avec les plus grandes précautions et éviter notamment tout effort brusque de torsion ou de tension qui produisent facilement des *coques*. En conséquence, on le déroulera au moyen de dévidoirs (fig. 74 et 75). Ces appareils se composent d'un tambour à claire-voie pivotant autour d'un axe central et fixé soit sur un support en X (fig. 74), soit sur un tréteau à poignées (fig. 75).

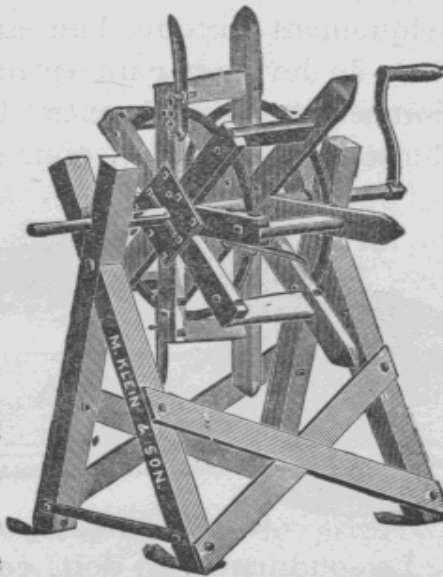


Fig. 74. — Dévidoir sur support en X.

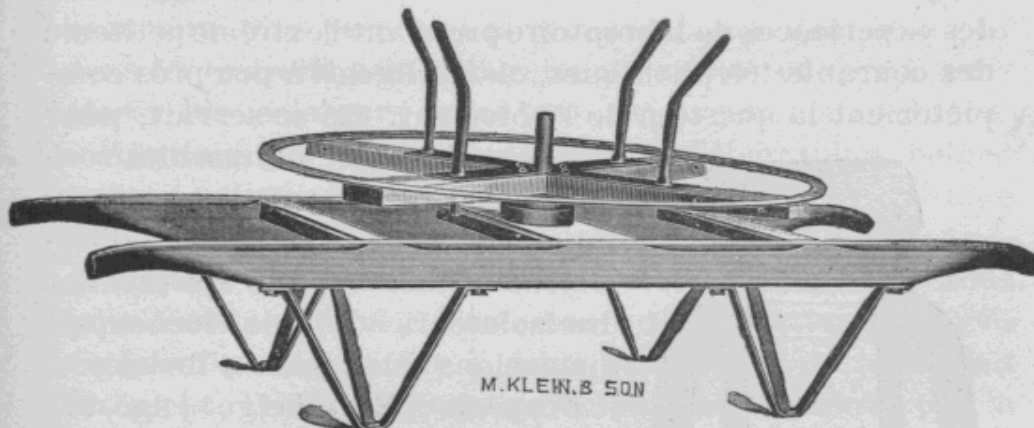


Fig. 75. — Dévidoir sur support à poignées.

Pinces à tirer. — On exerce les efforts de traction nécessaires pour amener le fil à la tension voulue, par l'intermédiaire de pinces à tirer dont la fig. 76 donne la vue d'un spécimen. Elles se composent en général de deux

mâchoires dont l'une est fixe et dont l'autre tourne excentriquement autour d'un axe. Une bielle actionnant un bras de levier par un tirant ou un ressort provoque le coïncement du fil entre les deux mâchoires qui sont dentelées légèrement pour éviter tout glissement.

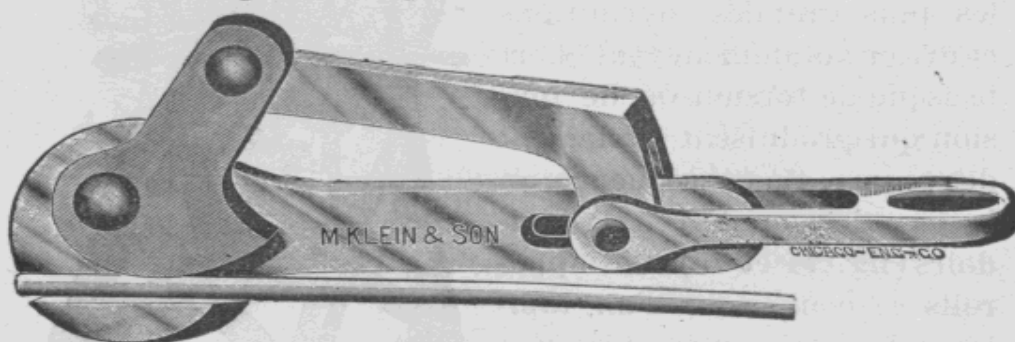


Fig. 76. — Pince à tirer.

La soudure du fil doit, comme nous l'avons dit, se faire à la plus basse température possible et à la résine.

LES SUPPORTS. — a) *Isolateurs*. — Au début, se basant sur des expériences de laboratoire prouvant l'extrême petitesse des courants téléphoniques, on négligeait à peu près complètement la question de l'isolement. On se servait, pour

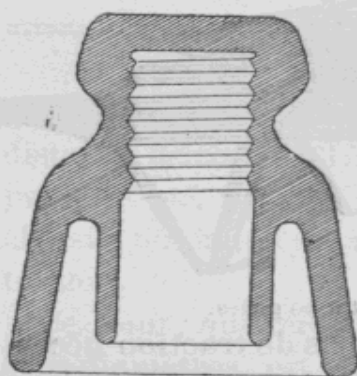


Fig. 77. — Isolateur téléphonique.

l'attache du fil, de minuscules roulettes en porcelaine. Peu à peu, on fut amené à soigner davantage l'isolement et l'on emploie maintenant des isolateurs à double cloches, de dimensions relativement fortes.

Ceux de l'État belge (fig. 77) ont une cloche extérieure de 6 centimètres de diamètre et une hauteur de 7 centimètres.

Isolateurs colorés. — Les isolateurs ordinaires, fabriqués en porcelaine blanche recou-

verte d'un émail blanc, sont fort visibles. Dans les lignes sur chaussées, ils servent de cibles aux passants mal intentionnés; aussi, ayant eu particulièrement à nous occuper de l'établissement de lignes téléphoniques hors des agglomérations, avons-nous été amené à chercher le moyen de diminuer leur visibilité et à essayer dans ce but l'emploi d'isolateurs dont la cloche extérieure est recouverte d'un émail coloré. Un premier essai réalisé avec des isolateurs bruns donna des résultats si satisfaisants (1) que l'usage en a été généralisé sur les lignes sur chaussées de l'Administration belge. La coloration a toutefois été changée en gris-ardoise encore moins visible à distance que la teinte brune.

Isolateurs blindés. — Un second moyen de préserver les supports en porcelaine, et tout à fait efficace celui-là, consiste à entourer la cloche extérieure de l'isolateur d'un blindage en fonte malléable galvanisée. Ce second type, beaucoup plus pesant et plus coûteux, ne s'emploie que dans les endroits particulièrement exposés et sert à remplacer les isolateurs précédents brisés par malveillance.

Ajoutons que l'Administration des Télégraphes belges soumet actuellement à l'essai des cloches en acier estampé beaucoup plus légères que celles en fonte.

D'après des mesures de laboratoire auxquelles nous nous sommes livré, l'isolement des isolateurs colorés équivaut pratiquement à celui des blancs. On le conçoit aisément, l'isolation étant principalement obtenue par la

(1) Nous en avons donné le détail dans le *Bulletin de la Société belge d'électriciens*, 1890, p. 182. On remarquera que la protection relative obtenue est la résultante de deux facteurs. L'isolateur étant moins visible : 1^o attire moins l'attention ; 2^o est moins facilement atteint que s'il présente aux projectiles un but bien en vue et tranchant nettement sur le fond sombre des poteaux, comme les supports blancs.

surface des cloches intérieures, laquelle est la même dans les deux cas.

Valeur de l'isolement. — L'isolement des isolateurs téléphoniques est de 2000 mégohms au minimum.

Cette isolation élevée est celle prescrite par les cahiers des charges de l'Administration belge. On l'obtient sans aucune difficulté dans les essais de laboratoire, les isolateurs, renversés, ayant intérieurement et extérieurement de l'eau acidulée jusqu'à deux centimètres du bord.

En pratique, l'isolement varie extrêmement et dans des limites fort étendues. Il dépend non-seulement des conditions atmosphériques, mais aussi de l'état de propreté des isolateurs. Dans des essais poursuivis pendant plus d'une année, M. Lagarde (1) a obtenu pour des isolateurs à double cloche, du modèle employé par l'Administration française, un isolement kilométrique (10 supports par kilomètre) allant de 3,6 mégohms par temps pluvieux à 98 820 mégohms par temps ensoleillé.

Capacité des isolateurs. — Entourés par le conducteur et son fil de ligature, montés sur une ferrure, les isolateurs possèdent une certaine capacité qui intervient pour une quantité non négligeable dans la capacité totale de la ligne.

D'après M. Lagarde (2), la capacité des isolateurs téléphoniques à double cloche de l'Administration française est de 0,000 15

La capacité des isolateurs téléphoniques à simple cloche est de 0, 000 23

La capacité des isolateurs blindés est de . . 0, 000 09

(1) Isolateurs (*Annales télégraphiques*, janvier-février 1888, p. 32).

(2) Note relative aux capacités des isolateurs: *Annales télégraphiques*, mars-avril 1892, p. 125.

Les épaisseurs de la porcelaine aux cols de ces isolateurs étaient :

Pour l'isolateur téléphonique à double cloche	10 ^{mm}
„ „ „ à simple „	8,25
„ „ „ blindé	9

Quant à l'isolement, il avait pour valeur :

Isolateur téléphonique à double cloche .	248 000 Mo
„ „ „ à simple „	164 000
„ „ „ blindé	124 000

Attache du fil sur l'isolateur. — Pour attacher le conducteur sur l'isolateur, on procède

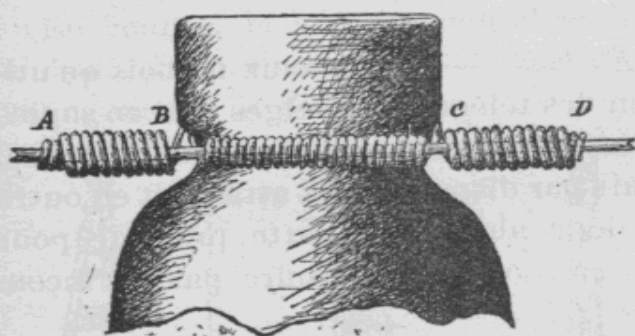


Fig. 78. — Attache du fil sur l'isolateur.

comme suit : un fil de cuivre mou de faible diamètre est enroulé en son milieu sur la partie du conducteur qui doit porter contre le support, de B en C (fig. 78). On passe les bouts autour du col de l'isolateur du côté opposé au conducteur, de manière à embrasser doublement celui-ci, puis on roule le bout ramené vers la gauche de B en A, puis de A en B et le bout ramené vers la droite de C en D, puis de D en C.

A l'Administration des Télégraphes belges, on fixe les conducteurs de 1^{mm}4 et 1^{mm}6 avec du fil de cuivre mou de 1^{mm}25 et 1^m40 de long; ceux de 2 millimètres avec du fil de bronze à 95 % de 1^{mm}4 et 1^m50 de long; ceux de 2^{mm}4 et 2^{mm}7 avec du fil de bronze à 95 % de 1^{mm}6 et 1^m60 de long; ceux de 3 millimètres avec du fil de bronze à 95 % de 2 millimètres de diamètre et 1^m65 de long.

b) *Ferrures.* — Les isolateurs sont montés sur une fer-

rure. La tête filetée de celle-ci est, à cet effet, scellée dans leur cloche intérieure au moyen de plâtre ou d'un mastic très résistant.

Il faut distinguer les ferrures pour un, deux, trois, quatre, six isolateurs. Elles se subdivisent encore en ferrures droites, obliques ou courbes et s'implantent, soit dans les murailles auquel cas la tige se termine en queue-d'aronde, soit dans les poteaux et la queue est alors filetée.

Certaines ferrures sont montées sur des branches horizontales en forme d'**U**, les deux extrémités des branches de l'**U** s'encastrant dans la muraille.

c) *Poteaux.* — 1° *En bois.* — Les poteaux en bois qu'utilise l'Administration des télégraphes belges sont en sapin, pin ou mélèze. On les imprégnait jadis de sulfate de cuivre, mais celui-ci finissait par disparaître et attaquait en outre les ferrures. On a donc abandonné cette pratique pour la remplacer par le créosotage qui n'offre pas ces inconvénients.

La durée d'un poteau créosoté peut être évalué à au moins 20 ans.

Voici un tableau résumant les principales données sur les poteaux :

Longueur en mètres.	Longueur de la circonférence		Longueur de la partie enterrée.	Nombre d'iso- lateurs qu'il peut porter.	Prix créosotage inclus.
	de base.	de tête.			
6 ^m 50 { faible .	0 ^m 42	0 ^m 31	1 ^m 50	8	fr. 4,48
{ fort . .	0 60	0 40	"	"	" 7,45
7 ^m 50 { faible .	0 42	0 31	"	10	" 5,12
{ fort . .	0 60	0 40	"	"	" 8,57
9 ^m 00 { faible .	0 42	0 31	"	12	" 5,60
{ fort . .	0 63	0 40	"	"	" 11,50
10 ^m 50	0 63	0 40	"	16 à 20	" 14,50
12 ^m 00	0 68	0 40	"	20 à 26	" 17,41
14 ^m 00	0 68	0 40	2 ^m 00	26 à 30	" 28,36
17 ^m 00	0 70	0 40	"	30 à 40	" 46,02
20 ^m 00	0 72	0 40	"	40 à 70	" 62,81

Remarques : les isolateurs sont espacés à 0^m30 , mais on les rapproche jusqu'à 0^m15 sur les grands poteaux quand la place manque ; le coût du créosotage ressort à 35 % environ des prix indiqués.

En ligne droite et pour la pose de quelques conducteurs, on emploie en moyenne 12 poteaux par kilomètre. Tant que le nombre des fils reste constant, les poteaux simples peuvent suffire. Leur hauteur varie avec le nombre de conducteurs posés, le profil du terrain et les obstacles à franchir.

En courbe, le nombre de points d'appui devient plus considérable ; il dépend du rayon de courbure et des changements de direction.

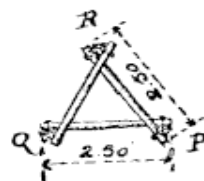
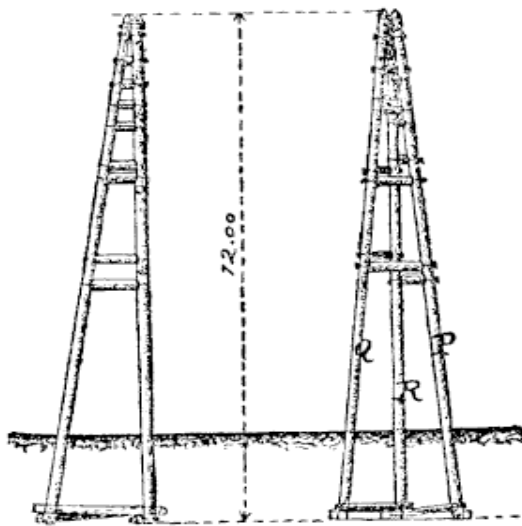


Fig. 79. — Poteau triple

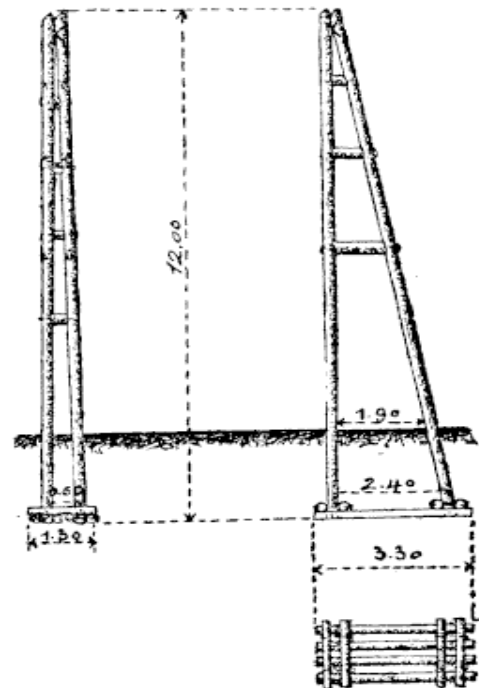


Fig. 80. — Poteau quadruple

Si le rayon de courbure est faible, la résultante des efforts qui agissent sur le support a pour effet de le faire fléchir ou de tendre à l'arracher du sol. On y remédie par l'emploi de haubans si le terrain est dur; de poussards ou jambes de force disposés de manière à résister par compression, si le terrain est meuble.

Enfin, dans le cas où les poteaux sont soumis à des efforts considérables, on les réunit soit par paires, poteaux doubles; par trois, poteaux triples (fig. 79); par quatre, poteaux quadruples (fig. 80).

Leurs assemblages sont consolidés par des boulons, entretoises, et ligatures en fil de fer galvanisé.

L'isolement d'une ligne sur poteaux varie dans des limites fort étendues avec l'état de propreté des isolateurs et les conditions atmosphériques. Avec un peu d'entretien on peut maintenir sans peine l'isolement kilométrique à 2 mégohms par les plus mauvais temps.

La création des bureaux centraux urbains et le formidable développement de la téléphonie ont provoqué l'existence de lignes à plusieurs centaines de conducteurs et par suite l'étude de poteaux métalliques et chevalets destinés à les supporter.

2° Poteaux métalliques. — On les réserve généralement pour les très grandes hauteurs, notamment lorsqu'il s'agit de traverser des rivières navigables, des canaux ou d'importantes voies de chemin de fer. C'est ainsi que M. Delville, ingénieur des télégraphes belges, a fait construire pour le réseau de Termonde un poteau de 37 mètres, dont 32^m50 émergent du sol, destiné à supporter une ligne de 50 fils à la traversée de la Dendre.

Dans quelques réseaux, à Anvers et à Namur, les poteaux métalliques de 29 à 25 mètres se rencontrent

assez fréquemment. Ils ont généralement la forme d'une pyramide quadrangulaire très élancée, composée de fers cornières aux angles, réunis par des entretoises et croix de St-André en fers plats. Le poids varie de 70 à 120 kil. par mètre courant. Quant au prix, on ne peut guère fixer de chiffres. Il dépend essentiellement du problème à résoudre, de la manière dont on l'a résolu et de la proximité des ateliers de construction. Le poteau de Termonde a coûté environ 4000 francs, frais de montage et pose compris ; à Anvers, on paie 32 francs les 100 kg.

CALCUL DES DIMENSIONS DES POTEAUX. — Lorsque des conditions spéciales requièrent l'emploi de poteaux de grande hauteur devant supporter un grand nombre de fils, il est prudent de les soumettre au calcul, pour déterminer d'une manière certaine tout au moins leurs principales dimensions.

M. A. Vautier a communiqué à la *Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes* un mode de calcul résumé ci-après (1).

Les poteaux télégraphiques et téléphoniques sont soumis aux trois genres d'efforts : 1° la pression verticale due aux poids des fils et du poteau lui-même ; elle est négligeable d'ordinaire ; 2° le fléchissement dû à l'action du vent et à l'obliquité de la tension des fils, lorsque le poteau considéré forme un sommet d'angle du réseau. Ces deux actions sont faciles à déterminer. Des haubans corrigent d'ailleurs facilement le second effet ; 3° le fléchissement dû à la tension inégale des deux travées de fils qui aboutissent au poteau. Ce fléchissement atteint son maximum quand tous les fils d'une travée sont rompus en même

(1) *L'Électricien, Revue générale d'électricité*, 1890, p. 715.

temps, ce qui peut arriver, par exemple, quand un incendie a détruit un chevalet de support voisin.

Avant la rupture, la travée des fils restée intacte exerce une tension T_1 que l'on peut mesurer directement à l'aide d'un dynamomètre ou bien calculer en mesurant la flèche.

En conservant les notations précédemment adoptées et se rappelant que la flèche f de la chaînette est donnée par l'équation $f = \frac{pa^2}{8T}$, d'où $T = \frac{pa^2}{8f}$, on a dans le cas qui nous occupe :

$$T_1 = \frac{npa^2}{8f},$$

n est le nombre de fils, p le poids par mètre courant en supposant en outre une surcharge de givre, a la longueur horizontale de la travée.

Au moment de la rupture, le poteau s'infléchit d'une quantité b et la tension diminue jusqu'au point où il y a équilibre entre la traction des fils et la résistance du poteau agissant comme ressort s'il est bien encastré.

Pour déterminer cette condition d'équilibre, désignons par t la tension des fils après la rupture et par f' la flèche des fils correspondant à cette tension. On a :

$$t = \frac{np(a-b)^2}{8f'}. \quad (\text{I})$$

Si l'on assimile le poteau à un ressort sollicité à sa partie supérieure par une force t agissant horizontalement, on a :

$$b = \frac{th^3}{3EI}. \quad (\text{II})$$

h est la hauteur du poteau, E le coefficient d'élasticité

des matériaux employés, I le moment d'inertie de la section supposée constante sur toute la hauteur.

Une troisième équation est fournie par le fait que les fils conservent sensiblement la même longueur :

$$a + \frac{8f^2}{3a} = a - b + \frac{8f'^2}{3(a-b)}. \quad (\text{III})$$

Exprimons enfin que le moment résistant à la base du poteau est égal au moment fléchissant dû à la force t ,

$$\frac{RI}{v} = ht. \quad (\text{IV})$$

R est le travail admissible par unité de surface pour la matière employée à la construction du poteau; v la distance de la fibre la plus éloignée du centre de gravité de cette section mesurée dans le sens parallèle au fil de la travée restée intacte.

En résumé, on dispose de quatre équations pour déterminer les six inconnues b , t , f' , I, v , R. On en fixe deux arbitrairement; ce sera le plus souvent R et f' que l'on prendra aussi grandes que possible.

L'équation (III) donne

$$b = \frac{a}{2} - \frac{4f^2}{3a} + \sqrt{\frac{16f^3}{9a^2} + \frac{4f^2}{3} + \frac{a^2}{4} - \frac{8}{3}f'^2}$$

l'équation (I) la valeur de t , (II) celle de I et (IV) celle de v .

Quand f' est relativement grand, on est conduit à une section rectangulaire dont la plus petite dimension $2v$ est dirigée dans le sens des fils de la travée restée intacte.

d) *Chevalets et tours centrales.* — Dans les grandes agglomérations à réseau aérien, Bruxelles par exemple, les chevalets dominant. D'abord construits en bois, ce qui conduisait à des échafaudages massifs d'aspect fort peu

satisfaisant, ils sont maintenant entièrement façonnés en matériaux métalliques, fers profilés, principalement des cornières. On gagne ainsi non-seulement en légèreté et esthétique, mais en place disponible, avantage important. Les isolateurs y sont couramment espacés à 0^m20.

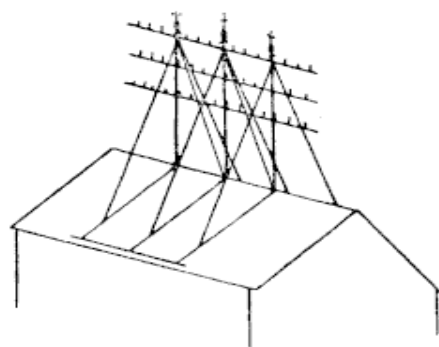


Fig. 81. — Vue schématique d'un chevalet métallique.

Les poinçons portent des traverses horizontales généralement en fers cornières, auxquelles sont fixées les ferrures porte-isolateurs.

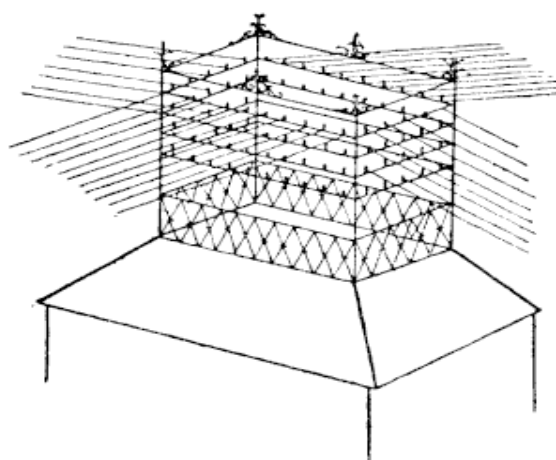


Fig. 82. — Vue schématique d'une tour centrale, côtés sont fortement haubannés et réunis entre eux par de solides tirants en fer.

Comme le montre la figure schématique 81, les chevalets sont constitués par des fermes triangulaires dont l'entrait repose sur la charpente du toit par l'intermédiaire de semelles en feuilles de plomb laminé et feutre dur, pour éviter la transmission du bourdonnement des fils au bâtiment.

L'ensemble est, le cas échéant, complété au moyen de forts haubans en fer galvanisé.

Quant au support installé sur le bureau central, il affecte couramment la forme d'une tourelle ou d'une cage métallique quadrangulaire (fig. 82) dont les

CALCUL DES TOURELLES TÉLÉPHONIQUES. — Les tourelles téléphoniques sont généralement à peu près en équilibre sous l'action des tractions qu'elles supportent, soit que les fils se distribuent uniformément sur leur pourtour, soit, dans le cas d'une distribution irrégulière, que les excédents de traction dans des directions données, aient été corrigés au moyen de haubans.

Pour que les conditions de sécurité se trouvent complètement satisfaites, il faut que les tourelles soient à même de résister dans les circonstances les plus défavorables qui puissent se présenter, celles-ci fussent-elles extrêmement peu probables. La chute d'une grande hauteur des masses considérables qui les constituent, dans les grandes artères de circulation à proximité desquelles elles se trouvent généralement, ne serait pas sans présenter les plus grands dangers; aussi convient-il d'en effectuer le calcul avec beaucoup de circonspection.

Les circonstances les plus défavorables qui peuvent se présenter et qui doivent par conséquent servir de point de départ au calcul, sont : 1° rupture de tous les fils sur la moitié de la tourelle si elle est de forme circulaire ou polygonale, de deux côtés adjacents si elle est quadrangulaire; 2° surcharge des fils par le givre; 3° effort du vent dans la direction et dans le même sens que la traction résultante des lignes supposées restées intactes.

Nous allons envisager successivement ces trois points (1):

1° *Rupture des fils.* — La traction T exercée par un fil est dirigée suivant la tangente à la chaînette décrite par

(1) On lira avec fruit une note de M. CHAUVELON : Établissement des tourelles téléphoniques (*Annales télégraphiques* de 1892, t. XIX, p. 405).

le fil, menée du point d'appui. Elle se décompose en deux autres, l'une horizontale H, l'autre verticale P. En appelant α l'angle de l'horizontale menée par le point d'appui dans la direction du fil avec la tangente à ce dernier :

$$H = T \cos \alpha ; P = T \sin \alpha.$$

La force horizontale H pour une portée d'une centaine de mètres et du fil de 1^{mm}4 se tient, à l'état ordinaire, aux environs de 30 kg, mais elle peut atteindre 120 kg par temps de givre.

Supposons d'abord que la tourelle affecte la forme cylindrique ou d'un prisme polygonal régulier, et que les isolateurs soient uniformément répartis sur les n montants à raison de q par montant. Deux montants successifs feront avec l'axe de la tourelle un angle constant de $\frac{2\pi}{n}$. La résultante de toutes les tractions s'exerçant sur une moitié de la tourelle sera égale à la projection de toutes les tractions partielles sur un plan perpendiculaire à celui de la rupture supposée. Cette résultante aura par expression :

$$T_1 = 120 \cdot q \left[\sin \frac{2\pi}{n} + \sin 2 \cdot \frac{2\pi}{n} + \sin 3 \cdot \frac{2\pi}{n} + \dots + \sin \left(\frac{n}{2} - 1 \right) \frac{2\pi}{n} \right]$$

si n est pair, et :

$$T_2 = 120 \cdot q \left[\sin \frac{2\pi}{n} + \sin 2 \cdot \frac{2\pi}{n} + \dots + \sin \frac{n-1}{2} \cdot \frac{2\pi}{n} \right]$$

si n est impair.

La formule :

$$\begin{aligned} \sin b + \sin 2b + \sin 3b + \dots + \sin (m-1)b &= \\ &= \frac{\sin \frac{mb}{2}}{\sin \frac{b}{2}} \sin \frac{m-1}{2} b \end{aligned}$$

permet de sommer aisément les termes entre parenthèses, ce qui donne :

$$T_1 = 120 \cdot q \frac{\sin \left(\frac{n}{2} - 1 \right) \frac{\pi}{n}}{\sin \frac{\pi}{n}}$$

$$\text{et } T_2 = 120 \cdot q \frac{\sin \frac{n+1}{2} \cdot \frac{\pi}{2} \sin \frac{n-1}{2} \cdot \frac{\pi}{n}}{\sin \frac{\pi}{n}}.$$

Dans le cas où la tourelle a une capacité de 1000 fils, soit par exemple $n = 32$, $q = 32$, on a :

$$T_1 = 3840 \cdot \frac{\sin 84^\circ 15'}{\sin 5^\circ 37'} = 3\,840 \cdot 10,16 = 39\,014 \text{ kg.}$$

La rupture des fils d'un même côté peut donc donner lieu à un moment de renversement très considérable.

Si la tourelle est rectangulaire, le calcul de l'effort de renversement ne donne lieu à aucune difficulté.

2° *Surcharge due au givre.* — On possède peu de données sur sa valeur. Nous en avons tenu implicitement compte en mettant tout au pis, puisque nous supposons un effort de 120 kilogrammes par fil, ce qui correspond sensiblement à la charge de rupture, qui est de 123 kilogrammes pour le fil usuel de 1^{mm}4 (voir tableaux donnés précédemment).

3° *Effet du vent.* — On distinguera l'effort exercé sur la

turelle et celui dû aux fils. Le premier se calculera facilement. Il suffira de projeter tous les éléments de la tourelle sur un plan perpendiculaire à la direction d'un courant aérien horizontal et de considérer cette surface comme attaquée normalement.

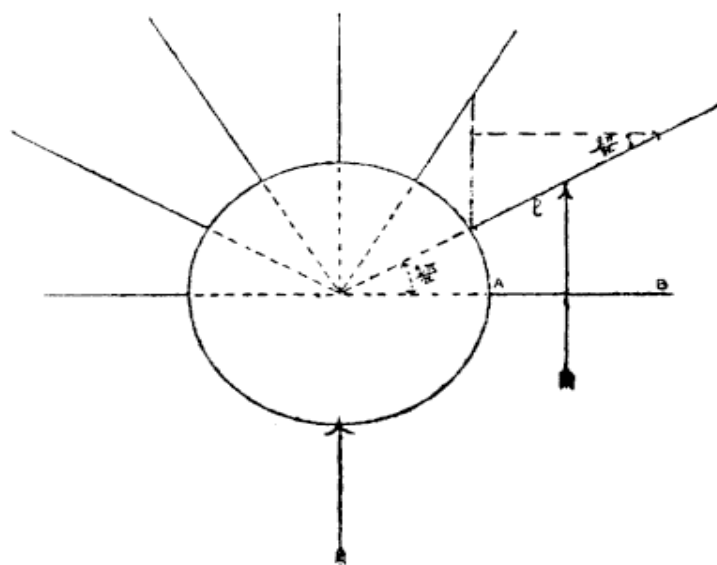


Fig. 83.

Quant au maximum de l'effort développé sur un fil de longueur l , de diamètre d et faisant un angle de α° avec le diamètre perpendiculaire à la direction du vent (fig. 83), il est

$$t = P \cdot l \cdot d \cdot \cos \alpha.$$

P étant l'effort maximum qu'exerce le vent par unité de surface attaquée normalement. Pour nos latitudes, on peut poser $P = 200$ kilogrammes. Donc $t = 200 \cdot l \cdot d \cos \alpha$. Et le fil étant fixé en deux points, chacun de ceux-ci recevra la moitié de l'effort, soit $100 \cdot l \cdot d \cdot \cos \alpha$.

Chaque montant muni de q isolateurs supportera donc du chef de la poussée du vent un effort maximum de :

$$t = q \cdot 100 \cdot l \cdot d \cdot \cos \alpha.$$

et les montants seuls attaqués lorsque les fils seront rompus sur une moitié de la tourelle auront à résister à l'effort total résultant :

$$T_{\Sigma \frac{n}{2}} = q \cdot 100 \cdot l \cdot d \cdot \Sigma \cos \alpha.$$

Pour en déterminer la valeur, supposons encore que les montants soient distribués régulièrement sur le pourtour de la tourelle et que la direction du vent soit perpendiculaire à la direction de la première AB (fig. 83) des portées de fils intacts. En partant du plan AB, on a :

$$T'_1 = 100 \cdot q \cdot l \cdot d \left(\cos 0 + \cos \frac{2\pi}{n} + \cos 2 \frac{2\pi}{n} \right. \\ \left. + \dots + \cos \frac{n}{2} \cdot \frac{2\pi}{n} \right)$$

si n est pair, et :

$$T'_2 = 100 \cdot q \cdot l \cdot d \left(\cos 0 + \cos \frac{2\pi}{n} + \dots + \cos \frac{n-1}{2} \cdot \frac{2\pi}{n} \right)$$

si n est impair.

Pour sommer les suites de cosinus à partir des seconds et sauf le dernier dans la première équation, nous appliquerons la formule :

$$\cos b + \cos 2b + \dots + \cos (m-1)b \\ = \frac{\sin \frac{mb}{2}}{\sin \frac{b}{2}} \cos \frac{m-1}{2} b,$$

d'où :

$$T'_1 = 100 \cdot q \cdot l \cdot d \left[2 + \frac{\cos \left(\frac{n-1}{2} \right) \frac{\pi}{n}}{\sin \frac{\pi}{n}} \right]$$

et

$$T'_2 = 100 \cdot q \cdot l \cdot d \left[1 + \frac{\sin\left(\frac{n+1}{2}\right) \frac{\pi}{n} \cdot \cos\frac{n-1}{2} \cdot \frac{\pi}{n}}{\sin \frac{\pi}{n}} \right].$$

Reprenant les données précédemment adoptées, $n = 32$, $q = 32$ et supposant qu'il s'agisse de portées de 100 mètres et d'un diamètre de 1^{mm}4, il vient :

$$T'_1 = 100 \cdot 32 \cdot 100 \cdot 0,0014 (2 + 1,02) = 1\,352,96 \text{ kil.}$$

Comme on le voit, l'effet du vent est loin d'être négligeable, si l'on considère que la valeur précédente doit en outre se composer avec la pression exercée sur la tourelle elle-même.

En tenant compte des indications générales qui précèdent, le calcul des éléments d'une tourelle n'est plus qu'un problème de construction, sur lequel nous ne croyons pas devoir nous étendre davantage. Rappelons seulement que pour l'élaboration des formes à adopter, il ne faut pas perdre de vue que le triangle est la seule figure indéformable.

§ 2. DISPOSITIONS RELATIVES DES LIGNES EN FIL NU ; DE L'INDUCTION MUTUELLE ET DES MOYENS DE L'ÉVITER.

Les circuits en fil nu à un seul conducteur (retour par la terre) sont encore beaucoup employés par raison d'économie, quoique sujets à être parcourus par des courants telluriques, atmosphériques, etc., qui y provoquent le crépitement et les mille bruits connus sous le nom de friture téléphonique. Cette friture peut devenir gênante, quand les lignes sont longues, surtout si une ligature laisse à désirer, car elle fonctionne alors comme contact microphonique.

Induction mutuelle électro-magnétique. — Mais leur plus grave inconvénient est d'être particulièrement sensibles à l'induction mutuelle. Lorsque deux fils I et II sont voisins, tout courant s'établissant dans I doit théoriquement provoquer par induction électro-magnétique, le passage d'un courant de sens inverse dans II. Au moment où le courant de I cesse, le second fil est parcouru par un courant de même sens que I. Enfin, quand le courant de I reste constant, il n'exerce aucune influence sur II. L'induction est d'autant plus forte que les fils sont plus rapprochés et les courants inducteurs plus intenses.

Pour empêcher cette répercussion nuisible d'un fil sur l'autre, un moyen approché, mais peu recommandable, consiste à ne laisser chevaucher les conducteurs l'un près de l'autre que sur une longueur insuffisante pour permettre à l'induction de se manifester d'une manière sensible. Mais les changements de position des fils augmentent le nombre des dérangements possibles, ce qui rend plus ardue leur recherche.

La vraie solution, préconisée en Belgique avec autant de persistance que d'autorité par M. Banneux, directeur d'administration des télégraphes, consiste dans l'emploi du double fil. Il suffit, en effet, de constituer le circuit II de deux fils placés à égale distance du brin I, pour que des courants induits égaux

I_1 et I_2 (fig. 84) tendent à y être engendrés. Comme ces courants sont de directions opposées dans la boucle, ils s'annulent mutuellement et le circuit reste silencieux.

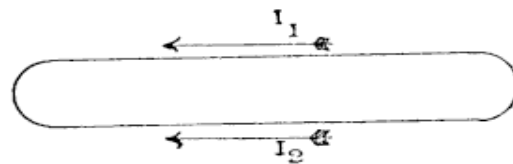


Fig. 84. — Courants induits électro-magnétiques engendrés dans une boucle.

La solution du problème consiste donc à adopter le

circuit métallique, et à disposer ses deux brins de manière qu'ils soient également influencés par les fils voisins. Ces influences s'exerçant comme nous venons de le voir, en sens inverse dans le circuit bifilaire, seront dès lors neutralisées.

Mais sur les poteaux, les circuits sont entourés d'autres fils, au-dessus, en dessous, voire même sur les côtés. Pour que l'induction des fils voisins soit égale sur chacun des brins constitutants, il faut que la position relative de ces derniers varie par rapport aux premiers et qu'elle varie de manière que les deux brins aient occupé successivement des situations telles que la somme de leurs distances à chacun des fils inducteurs soit égale de part et d'autre, puisque l'intensité de l'action inductrice est proportionnelle à la distance. Il est en outre indispensable que les longueurs influencées soient égales dans chaque position.

Or, si l'on considère deux hélices de même pas, tracées sur le même cylindre de révolution et d'un même nombre de spires, on voit immédiatement que la somme des distances de tous leurs points à une droite parallèle à l'axe est égale, tandis que les longueurs semblablement distantes sont identiques.

On a donc été amené, dès le principe, à faire tourner les deux fils constituant chaque circuit téléphonique soumis à induction, suivant une hélice à pas plus ou moins allongé.

Le phénomène d'induction électro-magnétique, plausible pour expliquer les perturbations, lorsqu'il s'agit de fils inducteurs parcourus par des courants intenses (1),

(1) Nous croyons cependant que les bruits perturbateurs, perçus sur des circuits voisins de fils aériens qui les influencent, sont en général principalement dus à des actions électro-statiques. Car si l'on isole à une extrémité un fil influencé par un autre fil — même parcouru par des courants intenses pouvant s'élever à plusieurs dizaines d'ampères — et

ne l'est plus quand on a affaire à des courants téléphoniques infinitésimalement petits.

Or, il suffit que des lignes aériennes à simple fil affectées à la téléphonie empruntent les mêmes supports sur quelques centaines de mètres, pour que le secret des communications devienne illusoire. Si les circuits sont voisins sur quelques kilomètres, on peut même éprouver une réelle difficulté pour recevoir les paroles de son correspondant, quand des conversations s'échangent en même temps sur les conducteurs environnants.

Induction mutuelle électro-statique. — Comme l'a prouvé M. Carty, l'induction mutuelle électro-magnétique est complètement négligeable dans ce cas et les perturbations sont dues à des phénomènes d'induction électro-statique.



Fig. 85.

En voici la démonstration expérimentale. Si nous disposons une ligne L_1 (fig. 85) de 60^m90 de long, armée d'un

qu'on écoute à l'autre extrémité, on ne perçoit au téléphone qu'une différence d'intensité sonore très faible, *presque négligeable*, quand on produit l'isolement.

Or les courants électro-dynamiques ordinaires, dus à la variation du nombre de lignes de force traversant le circuit induit, sont ainsi éliminés.

Quant aux dérivations, elles ne paraissent pas devoir être à considérer sur des circuits en bon état. On arrive d'ailleurs au même résultat sur des lignes à fort isolement, n'ayant *aucun point d'appui commun* avec le fil influençant ce dernier étant distant de plus de 50 mètres.

L'effet perturbateur résulterait donc uniquement des courants de *charge* du circuit induit, quelle que soit la nature du champ, électro-magnétique ou électro-statique, qui les engendre par ses variations.

transmetteur Blake T, et placée à 3 millimètres d'une autre ligne L_2 , contenant deux téléphones a et b et qu'on produise le plus fort courant téléphonique sur L_1 , on constate que les téléphones a et b restent silencieux.

Les circonstances restant les mêmes, nous ouvrons le circuit inducteur en L_1 et immédiatement les téléphones a et b fonctionnent. Si l'on place un téléphone au centre exact de la résistance apparente du circuit L_2 , il reste silencieux. L'induction n'est donc certainement pas de nature électro-magnétique; on l'explique au contraire, aisément, en la supposant électro-statique.

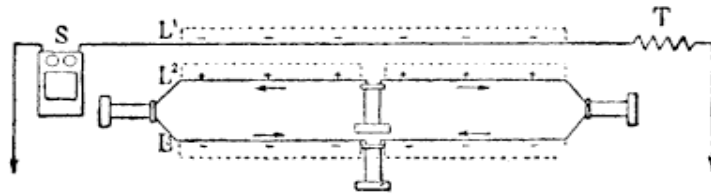


Fig. 86.

M. Carty a réalisé le montage suivant. Dans la figure 86, L_2 et L_3 sont deux fils de cuivre bien isolés, de 152 mètres de long, et distants l'un de l'autre de 0^m91. Ces deux fils sont réunis à chacune de leurs extrémités par l'intermédiaire d'un téléphone ordinaire. L_1 est un fil semblable aux deux autres et également bien isolé; il est placé à 0^m013 du fil L_2 et muni à l'une de ses extrémités d'un transmetteur Blake T et à l'autre extrémité d'une sonnerie magnéto S; il est en outre mis à la terre à ses deux extrémités, ainsi que le montre la figure. Quand le transmetteur entre en fonction, soit que l'on parle, soit que l'on fasse vibrer devant lui un fort diapason, des dérangements se produisent dans les téléphones placés aux extrémités du circuit $L_2 L_3$.

On constate d'ailleurs que si des téléphones sont insérés

au milieu de L_2 et L_3 , on n'y entend aucun son anormal, tandis que le bruit persiste, comme avant, dans les téléphones des extrémités.

Cela constitue un cas simple de dérangement par action inductive et ne peut être expliqué qu'en admettant que le fil L_1 agit électro-statiquement sur le circuit composé par L_2 et L_3 .

Supposons, qu'à un moment donné, le potentiel le long du fil L soit représenté par les lignes verticales pointillées et la charge sur ce fil, par le rectangle formé par le fil et les lignes pointillées. La présence de cette charge, que nous supposerons de signe négatif, entraîne une charge égale, mais de signe positif, sur L_2 , ce qui produira une charge négative sur L_3 agissant à son tour sur la terre.

Supposons maintenant que le potentiel sur L devienne nul. Il en résultera, pour le rétablissement de l'équilibre dans le circuit formé de L_2 et L_3 , une série de courants, comme l'indiquent les flèches. La charge positive de L_2 s'écoulant à travers les téléphones des extrémités, neutralise la charge négative de L_3 , laissant un point neutre au milieu de chacun des fils L_2 et L_3 .

Dans cette expérience et dans celles qui suivent, les charges induites sont représentées par des rectangles. Ce mode de représentation n'est pas tout à fait exact, mais comme une erreur à cet égard n'affecte les résultats que quantitativement et ne peut altérer les conclusions, nous l'adopterons pour la simplicité.

Le potentiel le long du fil L_1 , à un instant donné, est indiqué comme constant. De fait, il a été constaté que, pratiquement, en raison de la grande résistance apparente des appareils, il n'y avait pas de chute de potentiel dans

le fil même. Il a d'ailleurs été établi dans les expériences qui vont être décrites, que les résultats restaient les mêmes, que le fil inducteur fût ouvert ou relié à la terre à travers la sonnerie S. Il y aurait chute de potentiel cependant sur le fil L_1 , si ce fil avait une longueur suffisante, comme cela arrive souvent dans la pratique, auquel cas la distribution de la charge serait modifiée d'une façon correspondante. Mais comme cette circonstance n'affecterait que la localisation des points neutres, il n'est pas nécessaire de se préoccuper de la question de la chute de potentiel et l'on peut se servir, comme source d'induction, d'un fil ouvert à une extrémité.

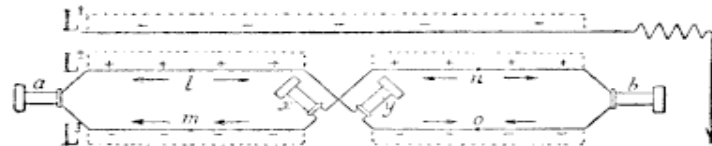


Fig. 87.

La figure 87 montre encore les circuits employés dans l'expérience précédente, avec cette différence que les fils L_2 et L_3 s'intervertissent en leur milieu pour se continuer de la même manière que figure 86. C'est ce qu'on appelle une transposition ou croisement. Les téléphones des extrémités existent encore, de même que ceux du milieu. Dans ces conditions, lorsque le transmetteur fonctionne, on ne perçoit plus qu'un son amoindri en a et b , tandis que les téléphones x et y , silencieux dans le premier cas, émettent maintenant un son de même intensité que celui perçu en a et b . Si l'on place des téléphones aux quarts l , m , n , o , les sons subsistent en a , b , x et y , mais on n'entend rien en l , m , n , o . L'effet de la transposition a donc été de réduire le trouble pour les téléphones

d'extrémité a et b et de donner lieu à un déplacement des points neutres du milieu aux quarts; leur nombre se trouve ainsi porté de deux à quatre.

L'examen de la charge induite permet de se rendre compte de ces résultats. En se reportant à la figure 87, on verra que la première moitié de L_2 est chargée positivement et la seconde moitié négativement; de même, la première moitié de L_3 présente une charge négative et la seconde moitié une charge positive. Quand il y a décharge de la charge positive sur L_2 , la moitié de cette charge traverse le téléphone a et l'autre moitié le téléphone y . La charge positive sur L_3 s'écoule d'une façon analogue, moitié par le téléphone x et moitié par b . Cela produit quatre courants, deux partant du point l et deux partant du point n . L'un des courants partis de l rencontre en o un courant issu du point n , et l'autre parti de n rencontre en m le second courant originaire de l . Les courants qui, dans ce cas, traversent les téléphones des extrémités ne sont donc pas aussi forts que quand il n'y a pas de croisement, puisqu'ils sont dus à une charge induite représentée par une surface moitié moins grande. On a trouvé que le nombre de points neutres augmentait en même temps que le nombre de transpositions, pendant que la surface représentative de la charge traversant les téléphones des extrémités diminuait. Pour obtenir le silence, il faudra donc augmenter la fréquence des croisements, jusqu'à ce que la décharge à travers les téléphones des extrémités soit assez petite pour ne donner lieu à aucun son.

Dans la pratique, la résistance apparente des téléphones doit être prise en considération; de sorte que si, dans la fig. 87, les téléphones médians x et y étaient supprimés,

les points neutres se déplaceraient vers les extrémités et les courants circulant dans les téléphones extrêmes se trouveraient réduits d'une façon correspondante.

Quand le fil perturbateur est placé à égale distance des deux côtés d'un circuit métallique, aucun bruit n'est produit dans les téléphones insérés dans ce circuit et l'équilibre, une fois obtenu, est indépendant de la force électromotrice dans le fil perturbateur et de la capacité spécifique inductive du diélectrique. La fig. 88 montre cet

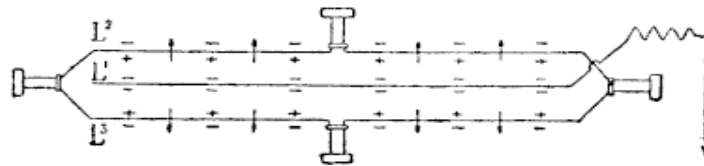


Fig. 88.

arrangement : L_2 et L_3 sont les deux fils composant le circuit métallique et à la même distance l'un de l'autre que précédemment ; le fil perturbateur est intercalé à égale distance des deux branches du circuit. Quand le courant perturbateur agit, aucun son n'est perçu aux téléphones extrêmes, ni aux téléphones placés au milieu de chaque branche. On peut l'expliquer en admettant, qu'à un moment donné, il existe sur le fil perturbateur une charge négative qui détermine une charge positive sur la partie interne des fils L_2 et L_3 et une charge négative sur leur partie externe. Quand la charge du fil perturbateur disparaît, il se produit conséquemment une série de courants dans les fils L_2 et L_3 , dans une direction à angle droit avec leurs axes, ainsi que le montrent les flèches sur la figure. Dans ce cas, l'écoulement est latéral et aucun courant ne traverse les téléphones extrêmes ni ceux placés au milieu. Ainsi qu'on le voit, ce mode d'arrangement des

fil diffère essentiellement des modes usuels ; malheureusement son application pratique est limitée à deux circuits.

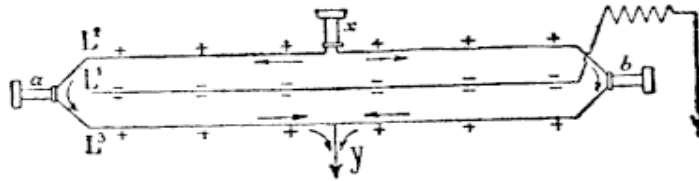


Fig. 89.

Quand le fil perturbateur occupe la position montrée figure 88, le courant dans les conducteurs n'est latéral, que lorsque les fils L_2 et L_3 sont isolés de la terre. Si le fil L_3 était mis à la terre en son milieu, comme on le voit fig. 89, le flux deviendrait longitudinal et les téléphones a et b seraient fortement affectés, tandis que le téléphone x , au milieu de L_2 , resterait silencieux ; l'expérience l'a montré. Cela tient à ce que le fil perturbateur, que nous supposons chargé négativement, détermine par induction une charge positive sur L_2 et L_3 et une charge négative sur la terre. La décharge s'effectue alors par deux courants partant de x (qui devient ainsi un point neutre) et passant par les téléphones extrêmes pour gagner finalement la terre, ainsi que le montre le système des flèches. Si la mise à la terre était déplacée de y vers le téléphone a , le point neutre se déplacerait du côté du téléphone b , et si la mise à la terre était effectuée au centre de résistance du téléphone a , le point neutre se trouverait au centre du téléphone b , pourvu qu'un téléphone semblable à x fût intercalé en y .

Quoi qu'il en soit de la nature de l'induction, le moyen de la combattre reste donc le même : constituer le circuit à protéger de deux brins, et égaliser l'action inductrice

sur chacun d'eux, en agissant sur leur position relative. Comme nous l'avons vu plus haut, l'emploi de l'hélice répond à cette exigence, aussi y a-t-on recouru dès le début pour les lignes importantes.

Dispositif pour tourner les fils en hélice. — L'Administration belge a notamment adopté pour les trois circuits Bruxelles-Paris, et quelques-uns de ses circuits interurbains, des ferrures à selle se plaçant sur la tête des poteaux. Deux types : l'un à deux isolateurs (fig. 90), pour les permutations en altitude seulement; l'autre à quatre isolateurs (fig. 91), pour les permutations en plan horizontal.

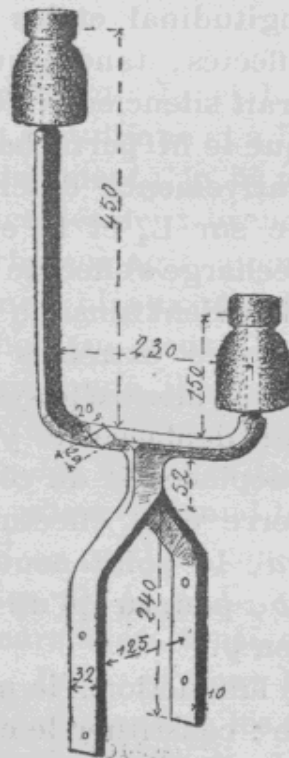


Fig. 90.

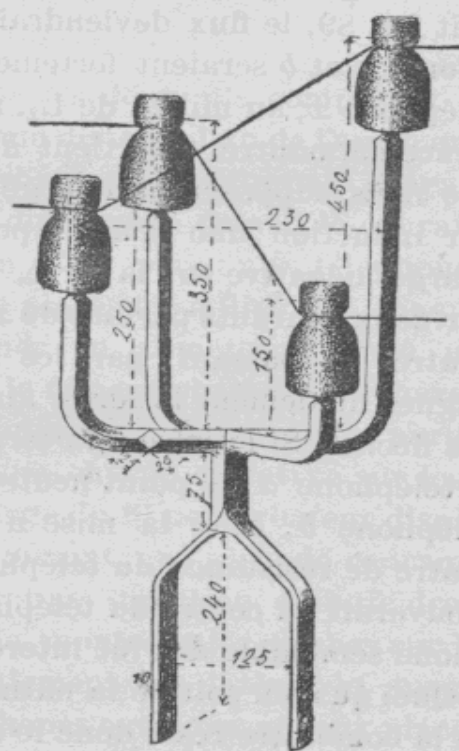


Fig. 91.

Ferrures à selles.

On voit, qu'après le passage par deux des ferrures quadruples entre lesquelles et après lesquelles s'est effectué une permutation en hauteur de sens inverse, chaque fil a passé par les quatre positions qu'il peut occuper: avant-dessous, arrière-dessous, arrière-dessus, avant-dessus. La spirale est obtenue, si les permutations successives ont été établies à des distances égales.

Mais les fils ne pouvant arriver au contact sans perturbations graves, on comprend que cette courbe soit difficile à réaliser pratiquement. L'expérience a prouvé, en effet, que les transpositions en hauteur obtenues entre deux poteaux consécutifs au moyen des ferrures (fig. 90), produisaient des contacts, lorsque les fils se détendaient inégalement et étaient agités par le vent. On a donc été forcé d'abandonner ce mode de transposition et de se borner aux permutations en plan horizontal seulement. Celles-ci sont d'ailleurs suffisantes pour équilibrer les courants perturbateurs, ainsi que nous allons le démontrer.

L'hélice n'est pas indispensable. — Nous nous occuperons d'abord de l'induction électro-dynamique.

Soient F_1 , F_2 (fig. 92), les deux fils d'un circuit téléphonique distants des longueurs l_1 , l_2 , d'un fil télégraphique, par exemple.

Pendant sa période variable, le courant télégraphique engendre dans le fil F_1 une force électro-motrice d'induction proportionnelle à la longueur sur laquelle l'action inductrice se produit, au coefficient d'induction mutuelle par unité de longueur des deux fils



Fig. 92.

considérés et à la vitesse de variation d'intensité du courant inducteur :

$$E_1 = M_1 L_1 \frac{di}{dt}.$$

De même dans le fil F_2 :

$$E_2 = M_2 L_1 \frac{di}{dt}.$$

Ces forces électro-motrices sont de même sens dans chaque fil, donc de sens opposé dans la boucle. La boucle $F_1 F_2$ sera par conséquent le siège d'un courant engendré par la force électro-motrice résultante :

$$E_1 - E_2 = (M_1 - M_2) L_1 \frac{di}{dt}.$$

Mais si à l'extrémité de la longueur L_1 , nous faisons prendre à F_2 la position de F_1 et réciproquement, et que nous prolongions les circuits inducteur et induit d'une

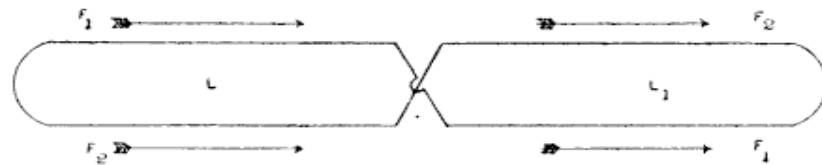


Fig. 93.

longueur L_2 (fig. 93), le fil F_2 sera soumis dans cette section à une force électro-motrice :

$$E'_2 = M_1 L_2 \frac{di}{dt}$$

et le fil F_1 à :

$$E'_1 = M_2 L_2 \frac{di}{dt}$$

d'où, dans cette nouvelle boucle, la force électro-motrice résultante : $E'_1 - E'_2 = (M_2 - M_1) L_2 \frac{di}{dt}.$

En résumé, sur l'ensemble des deux boucles agira la force électro-motrice :

$$E_1 - E_2 + (E'_1 - E'_2) = [M_1 L_1 + M_2 L_2 - (M_2 L_1 + M_1 L_2)] \frac{di}{dt}$$

et l'on voit qu'il suffit, pour l'annuler, que les longueurs L_1 et L_2 soient égales.

Quant à ce qui concerne l'induction électrostatique, nous avons vu, par les expériences de M. Carty, qu'on réduit aussi ses effets par la présence de croisements ou de transpositions. Si la boucle ne présente aucun croisement, les courants de charge et de décharge résultent de la capacité C des deux fils l'un par rapport à l'autre. En plaçant un croisement au milieu de la boucle, les courants ne seront plus dus qu'à la capacité $\frac{C}{2}$ et se réduiront donc de moitié ; avec 3, 5, 7, croisements, les effets perturbateurs n'atteindront plus que les $\frac{1}{4}, \frac{1}{6}, \frac{1}{8}, \dots$ de leurs valeurs primitives.

Il est toutefois à remarquer que les considérations précédentes s'appliquent seulement, lorsque le brin du circuit inducteur et les deux brins du circuit induit sont d'un bout à l'autre dans les mêmes conditions électriques d'isolement, de résistance, de capacité et de self-induction. La moindre trace d'hétérogénéité rompt l'équilibre.

Nous l'avons vérifié en des occasions nombreuses et notamment sur la ligne téléphonique Anvers-Paris via Bruxelles, qui emprunte des poteaux télégraphiques sur la presque totalité de son parcours. Normalement cette ligne est silencieuse. Mais il suffit d'intercaler dans *un* des fils, à Bruxelles-Nord par exemple, un condensateur d'un demi-microfarad pour qu'une légère friture se manifeste aussitôt. En remplaçant le condensateur par un poste téléphonique, la friture devient assez intense pour apporter une entrave sérieuse aux communications. Enfin, si un des fils est sur terre, la friture devient tellement forte que toute communication est impossible.

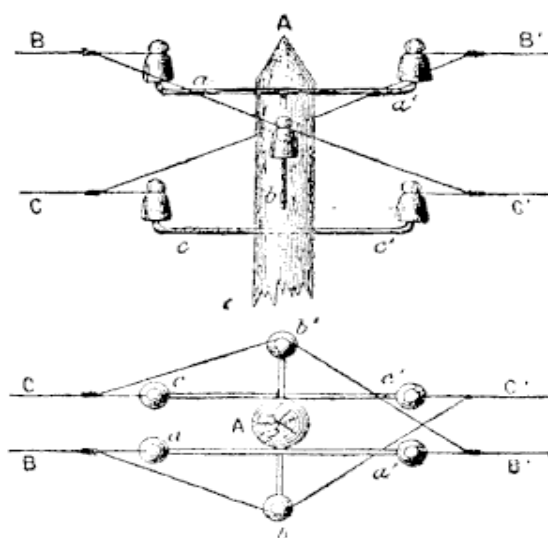
Dispositif de croisement de l'Administration française.

Fig. 94.

— Le système adopté par l'Administration française et appliqué entre autres sur le circuit Paris-Marseille, dont la longueur en chiffres ronds est de 1000 kilomètres, soit un développement de 2000 kilomètres de fil est représenté fig. 94. Il comporte l'emploi de deux ferrures spéciales horizontales aa' ,

cc' , placées de part et d'autre des poteaux et à une distance verticale de 0^m50 et deux ferrures ordinaires b, b' , fixées entre les deux ferrures horizontales et à 0^m25 de celles-ci.

En allant de droite à gauche, le fil arrière-dessous C' passe sur l'isolateur b placé à l'avant du poteau et de là prend en B la position avant-dessus. Au croisement suivant, il quitte la position avant-dessus pour passer derrière le poteau sur l'isolateur b' et reprendre la position arrière-dessous qu'il occupait avant la permutation précédente.

Croisements Fisson, Vrancken, Saboo. — En Belgique, les permutations sur le corps même des poteaux ont d'abord été effectuées au moyen des croisements Fisson et

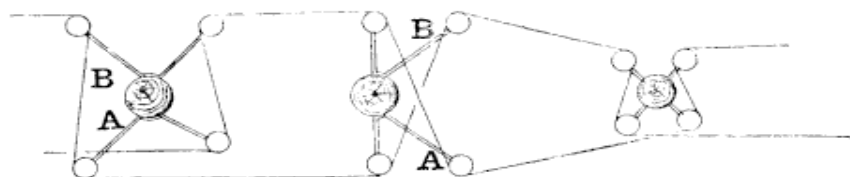


Fig. 95, 96 et 97. — Types de croisements : Fisson, Vrancken, Saboo.

Vrancken (fig. 95 et 96). Mais ces croisements qui exigent l'emploi de ferrures spéciales, ont été abandonnés pour le dispositif Saboo (fig. 97 et 98) plus simple et moins coûteux, car on le constitue au moyen de quatre isolateurs ordinaires.

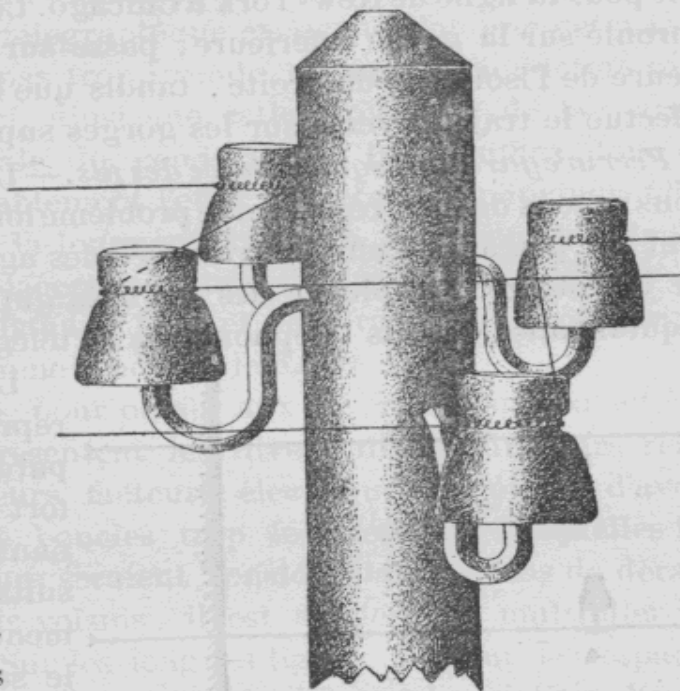


Fig. 98. — Croisement Saboo : vue verticale.

Ferrure avec console pour deux fils. — La présence d'un nombre de fils de plus en plus considérable sur les poteaux a nécessité l'emploi de ferrures avec consoles pour deux fils (fig. 99), au moyen desquelles la capacité des lignes construites avec isolateurs simples peut être doublée. Les croisements s'effectuent alors au moyen de ferrures du même type portant quatre tiges de hauteurs inégales. Les deux tiges supplémentaires sont fixées par l'intermédiaire de pattes.

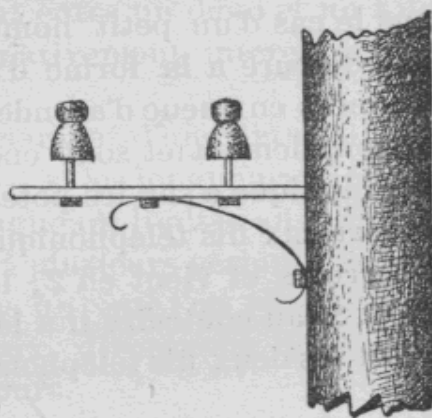
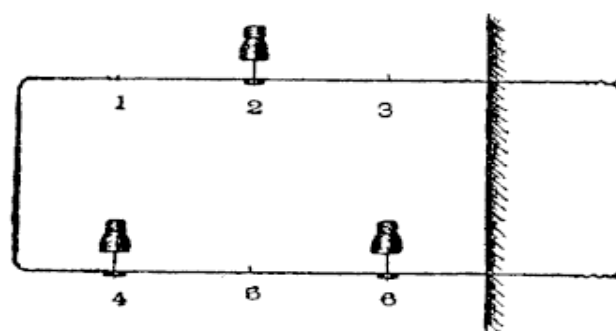


Fig. 99. — Ferrure avec console pour deux fils.

Un dispositif de croisement, plus élégant, consiste à recourir à des isolateurs à double gorge, ainsi qu'on l'a

fait pour la ligne de New-York à Chicago. Le fil de gauche, enroulé sur la gorge inférieure, passe sur la gorge inférieure de l'isolateur de droite, tandis que le fil de droite effectue le trajet inverse sur les gorges supérieures.

Ferrure gardant l'équidistance des fils.— Les ferrures que nous venons de voir, résolvent le problème lorsque les lignes sont sur poteaux. Pour la traversée des agglomérations, on est obligé d'employer des ferrures qui maintiennent l'équidistance des fils téléphoniques et télégraphiques.



La figure 100 représente un appareil de ce genre fort simple, donnant de bons résultats et également utilisé par le service des télégraphes belges

Fig. 100. — Ferrure horizontale compensatrice, dans le cas d'un petit nombre de lignes.

La ferrure a la forme d'un **U** dont les deux branches, façonnées en queue d'aronde à leurs extrémités, se placent horizontalement et sont encastrées dans le mur. Si le fil télégraphique a sur les poteaux la position supérieure par rapport aux fils téléphoniques, il la garde également sur les ferrures et vient en 2, les deux fils téléphoniques en 4 et 6. Si au contraire il a la position inférieure, il vient en 5 et les deux fils téléphoniques en 1 et 3.



Fig. 101. — Annulation de l'induction sensible dans les circuits téléphoniques.

Comme application, supposons une ligne sur poteaux portant deux fils télégraphiques AB, CD (fig. 101), sur laquelle il faille établir un circuit téléphonique.

En plaçant un croisement au milieu de la longueur AB du premier fil télégraphique et à condition que cette longueur ne soit pas trop grande, on annule l'induction sensible de celui-ci, ainsi que celle provenant de la partie voisine et égale du conducteur CD. Il suffira donc de réduire semblablement l'effet du second conducteur télégraphique sur la longueur restante BD, pour atteindre le but. On placera en conséquence un croisement au milieu de la distance BD, et le circuit téléphonique se présentera comme l'indique la figure 101.

En pratique, pour obvier aux diverses causes d'hétérogénéité que présentent les divers fils conducteurs relativement à leurs facteurs électriques et éviter d'avoir des parties de boucles trop longues, sur lesquelles les effets inducteurs seraient considérables en cas de dérangement des fils voisins, il est prudent de multiplier les croisements. Sur les longues lignes, on peut les espacer à un et même deux kilomètres; sur les petites lignes à postes embrochés, on se tient entre un demi et un kilomètre et les postes sont alternativement intercalés dans chaque brin.

La figure 101 montre que, partant d'une extrémité du circuit téléphonique, il suffit — si les longueurs à équilibrer ne dépassent pas les longueurs limites au-delà desquelles il convient de recourir à plusieurs permutations — d'autant de croisements moins un, que l'on rencontre de fils soit isolés, soit en faisceaux, divergeant de la ligne en prenant terre sur son parcours.

Ainsi, suivant de A en C la ligne représentée fig. 101, on trouve deux fils divergeant en A, un en B, un troisième en D. Le nombre minimum de croisements nécessaires sera donc $3 - 1 = 2$, cas de la figure.

Plus simplement, en dénommant *sections* les parties homogènes (relativement au nombre de fils) du faisceau dont on emprunte les supports, il faudra au minimum autant de permutations qu'il y a de *sections*.

On remarquera que lorsque le placement de plusieurs transpositions s'impose sur une section, il est avantageux, au point de vue de la facilité de la détermination de leur position, d'en établir un nombre impair, ou autrement, de diviser la section en un nombre pair de parties égales.



Fig. 102. — Permutation de fils les plus simples.

Si, en effet, un circuit télégraphique AB (fig. 102), est voisin d'un cir-

cuit téléphonique, on peut équilibrer ce dernier notamment des deux manières suivantes : ou par la pose d'un croisement en C au milieu de AB, ou par deux croisements D et E situés chacun à $\frac{AB}{4}$ des extrémités A et B. La première solution est évidemment la plus simple, la moins coûteuse et la plus facile à réaliser exactement.

Lors donc que la longueur L d'une section est telle que la pose de plusieurs transpositions s'impose et que l'on veuille espacer celles-ci à un kilomètre de distance par exemple, on comptera le nombre N de poteaux existant sur la section et on le divisera par le nombre de poteaux au kilomètre n . Si $\frac{N}{n} = a$ est pair, ce chiffre peut être admis et le circuit téléphonique présentera sur la section considérée $a - 1$ croisements distants l'un de l'autre d'un kilomètre.

Si $\frac{N}{n}$ est impair, en force le quotient d'une unité. Le

nombre des poteaux qui séparera les croisements sera $\frac{N}{a+1} = n'$. Les a transpositions se trouveront à moins d'un kilomètre l'une de l'autre.

Ceci implique une plantation régulière des supports. Au cas où il n'en serait pas ainsi, on mesurerait la distance horizontale des poteaux et opérerait sur les *longueurs*, comme précédemment sur les nombres de points d'appui.

Supposons maintenant qu'il s'agisse d'établir un second circuit téléphonique sur les poteaux de la ligne mixte constituée (fig. 101).

On considérera le premier circuit téléphonique comme formant un faisceau de fils télégraphiques dont les sections à équilibrer sont les parties adjacentes CE, EF, FD limitées par les croisements, et l'on superposera par la pensée ce faisceau fictif au faisceau réel préexistant.

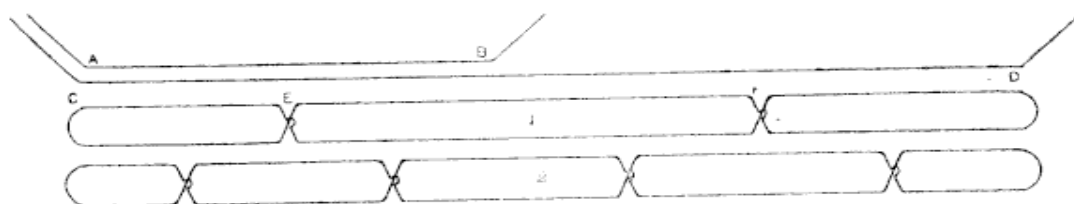


Fig. 103. — Schémas de lignes téléphoniques placées sur poteaux télégraphiques.

Les transpositions du second relèvement se trouveront alors aux milieux des nouvelles sections formées CE, EB, BF, FD (fig. 103) et ainsi de suite.

Si un grand nombre de relèvements téléphoniques devait être établi sur poteaux communs, on serait amené, par ce système, à un nombre trop considérable de permutations pour les derniers circuits. Ces permutations, par la multiplication des points d'appui, réduiraient sensiblement l'isolement.

On évite cet écueil en remarquant qu'après avoir posé cinq ou six lignes biliaires, on peut sans inconvénients revenir aux dispositifs des premières, par la raison que les fils intermédiaires forment un écran imperméable aux effets inducteurs.

A titre d'exemple, nous donnons (fig. 101) le plan d'une

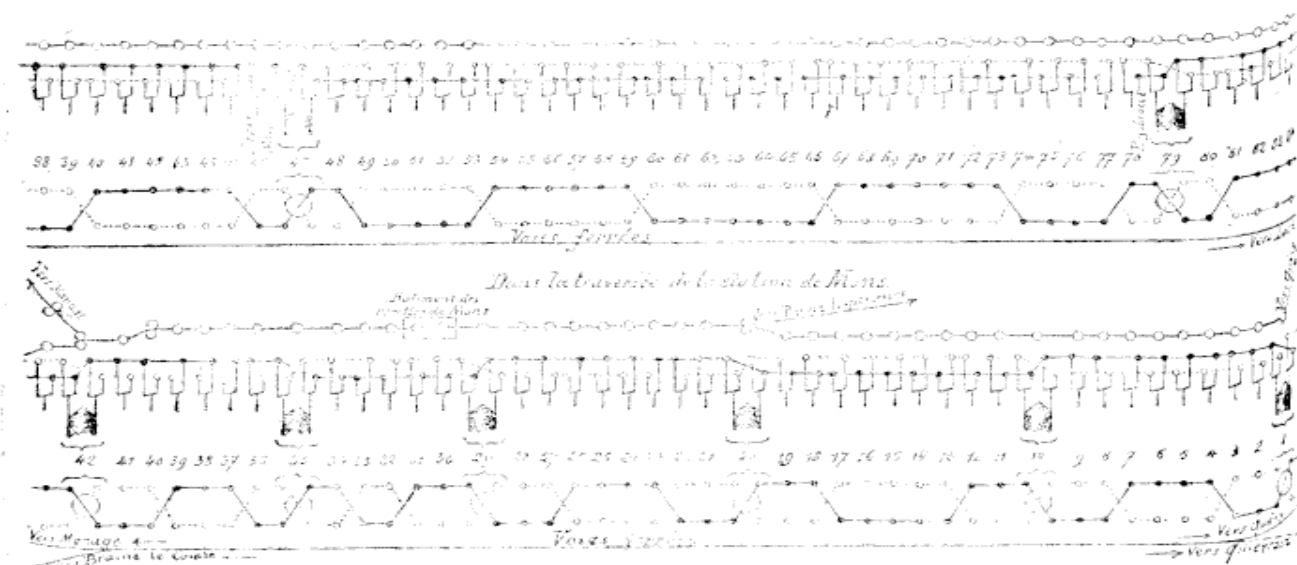


Fig. 101. — Première ligne téléphonique de Paris-Bruxelles.
 Elle va de Paris à Bruxelles et traverse la station de Mons.
 section du premier circuit Bruxelles-Paris, partie belge.
 Ce circuit, long de 320 kilomètres, s'étend en Belgique sur environ 80 kilomètres. Il aboutit d'un côté au Palais de la Bourse à Bruxelles, de l'autre à la Bourse de Paris, par l'intermédiaire d'un câble sous plomb de 5^{kg}100 par mètre placé dans les égouts. Les sections aériennes sont en bronze de 3 millimètres de diamètre, bronze phosphoreux sur notre territoire, bronze silicieux au delà de la frontière. Chacun des fils du circuit est approprié suivant le système Van Rysselberghe et peut être utilisé simultanément pour la télégraphie et la téléphonie.

Indépendamment des circuits téléphoniques dont nous venons de parler, il en existe d'autres, utilisés en Belgique pour la téléphonie interurbaine. Ils sont formés par deux fils télégraphiques placés sur le corps même des poteaux et appropriés suivant le système Van Rysselberghe. Afin d'éviter l'induction de ces circuits l'un sur l'autre, on opère les croisements dans les bureaux secondaires par lesquels ils passent, lorsque leurs fils constitutifs n'étant pas voisins sur les poteaux ne permettent pas la pose d'un des types de croisements étudiés précédemment.

§ 3. — BOURDONNEMENT DES FILS; SOURDINES.

Tendus entre deux appuis et frappés par les courants d'air, les fils métalliques sont animés de vibrations transversales. On peut s'en rendre compte, même par temps calme, en appliquant l'oreille contre un poteau télégraphique. On entend un bruit caractéristique dans lequel on distingue un grand nombre de sons musicaux dus aux vibrations des fils des portées adjacentes. La hauteur des sons perçus dépend de la nature des conducteurs, de leur tension et de la longueur des portées.

Lorsque le vent souffle, le bourdonnement se change en un mugissement fort désagréable, s'entendant de loin et se transmettant avec intensité par les charpentes et murs, de manière à incommoder les habitants des maisons sur lesquelles les fils sont fixés.

Il faut donc faire disparaître cet inconvénient, si l'on ne veut pas se heurter à des obstacles insurmontables dans la construction des réseaux. On y parvient au moyen des sourdines.

Celles-ci sont basées sur un des deux principes suivants où tous les deux à la fois : 1° empêcher les vibra-

tions de se propager en pinçant le fil ou le munissant de masses à grande inertie aux ventres de vibration voisins de l'isolateur ; 2° absorber les vibrations par l'interposition de matières élastiques entre le fil et le point d'appui.

1° Un procédé assez rudimentaire consiste à serrer le conducteur entre des boules ou cylindres de bois garnis de feutre. Ce système donne de bons résultats pendant quelque temps, mais le bois ne tarde pas à jouer sous l'action des variations atmosphériques et se déforme à un point tel, qu'au bout de peu de mois l'efficacité de la sourdine est pour ainsi dire nulle.

On obtient un résultat plus stable, soit en fixant des deux côtés de l'isolateur trois ou quatre petits rouleaux de fils en plomb, placés à quelques centimètres l'un de l'autre, soit en entourant le conducteur d'un fil en plomb sur une vingtaine de centimètres de part et d'autre du point d'appui.

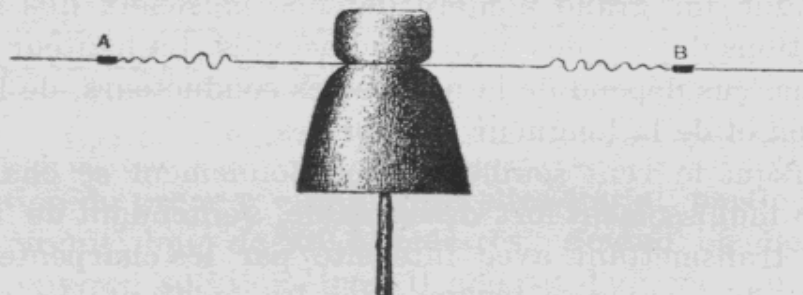


Fig. 105. — Sourdine Bardonnaut.

2° *Sourdine Bardonnaut.* — M. Bardonnaut a recouru, il y a quelques années déjà, à l'emploi d'un ressort à boudin, façonné au moyen d'un ressort d'appareil Hughes ligaturé sur l'isolateur (fig. 105) et rattaché au fil par l'intermédiaire de manchons A et B.

Cette sourdine coûte cher et ne serait plus actuellement

à recommander pour les lignes téléphoniques, vu l'emploi exclusif de conducteurs en bronze.

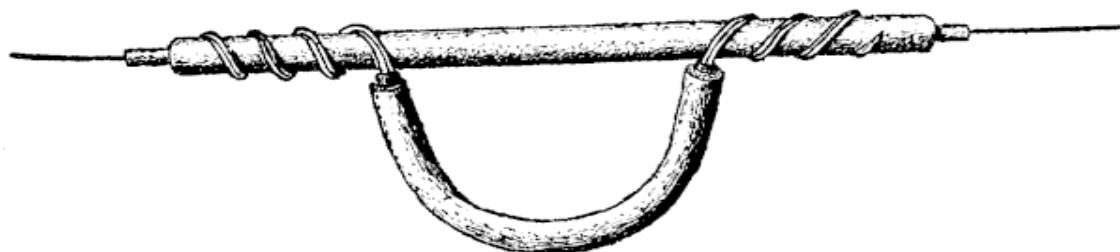


Fig. 106. — Sourdine Beau.

Sourdine Beau. — La confection en a lieu sur place. On commence par enrouler du chanvre autour du fil de ligne, à son point de contact avec l'isolateur. L'épaisseur de la couche de chanvre doit être sensiblement égale au diamètre du fil; sa longueur varie de 0^m30 (fil de 4^{mm}) à 0^m20 (fil de 2^{mm}).

Sur le chanvre, on applique un tube de caoutchouc (fig. 106) préalablement fendu dans le sens de sa longueur et recouvrant exactement le chanvre qu'il est destiné à protéger. L'épaisseur du caoutchouc est de 1^{mm}5 environ.

Le caoutchouc à son tour se recouvre d'une lamelle de plomb de 0^{mm}7 à un millimètre d'épaisseur, suivant le diamètre du fil. Il importe que les deux bords de cette lamelle empiètent l'un sur l'autre et que la jonction soit orientée contre la pluie, c'est-à-dire de haut en bas.

Enfin, tout le système est maintenu par un toron de trois brins de fil à ligatures de un millimètre, enroulé en spirale autour du plomb et formant un collier dans lequel s'engage la tête de l'isolateur. On passe le toron, avant de l'enrouler, dans un manchon en caoutchouc recouvert d'un tube en plomb.

Cette sourdine est surtout employée en France.

En Belgique, on serre simplement le col de l'isolateur dans un fort anneau en caoutchouc de 5 millimètres d'épaisseur et de 2 centimètres de hauteur. On complète souvent le système en appliquant d'abord une bande de plomb laminé, puis le caoutchouc.

Enfin, si l'on a affaire à des propriétaires exigeants, on enroule en outre un fil en plomb autour du conducteur, de part et d'autre de l'isolateur.

Quant aux chevalets, on les isole des charpentes sur lesquelles ils reposent, au moyen de fortes bandes de feutre recouvertes de plaques minces en plomb laminé.

§ 4. — LIGNES EN FIL RECOUVERT.

Lorsque les fils aériens sont fort nombreux, comme dans les grandes villes, leur emploi devient une véritable gêne. Si l'on considère qu'ils doivent être distants en tous sens d'au moins 0^m20 à 0^m25 pour que les ouvriers puissent avoir accès aux isolateurs, on conçoit que les chevalets et les tours des bureaux centraux doivent prendre rapidement des proportions très grandes, ce qui complique considérablement le problème de leur installation. En outre, les fils aériens s'allongeant par la chaleur, balayant par le vent, sont susceptibles de se mettre en contact, de se briser sous l'influence des gelées ou du givre, d'où danger pour la circulation dans les rues. Enfin, ils obscurcissent le ciel qu'ils zèbrent de traînées noires peu décoratives.

Ces divers inconvénients ont fait qu'on a cherché à remplacer les fils aériens par des câbles, dès les débuts de la téléphonie, mais on s'est immédiatement heurté à deux grands obstacles : l'induction mutuelle et la capacité.

L'induction mutuelle est d'autant plus intense que la cause inductrice est plus rapprochée et agit sur un par-

cours plus long. Or, dans les câbles, où les conducteurs ne sont souvent distants que d'une fraction de millimètre, l'induction devient assez intense pour se faire déjà sentir sur des longueurs de 30 à 50 mètres. Aussi, l'une des premières préoccupations des constructeurs a-t-elle été de la réduire le plus possible.

Câbles sans induction. Simple fil. — Deux moyens ont été employés, en général simultanément.

Le premier consiste à entourer chaque conducteur revêtu de son recouvrement isolant, d'une enveloppe conductrice en relation avec la terre. Chaque fois que le fil conducteur parcouru par un courant positif, par exemple, se charge positivement, l'enveloppe conductrice se couvre par influence d'une charge négative et l'action sur les conducteurs voisins est absolument nulle.

Le second moyen consiste à noyer dans la masse des fils un gros conducteur (fig. 107) en relation avec l'armature métallique extérieure du câble, s'il en existe une, et la terre aux deux extrémités du câble. La self-induction de ce fil étant beaucoup moindre que celle des circuits téléphoniques, il en résulte qu'il se charge plus rapidement qu'eux sous l'influence des différences de potentiel se produisant dans l'un quelconque de ceux-ci. Le fil inducteur et le gros fil, jouent donc le rôle des deux armatures d'un condensateur et les autres conducteurs du câble se chargent latéralement par influence. Les courants longitudinaux de charge qui tendent à se produire et sont seuls nuisibles, s'atténuent, parce qu'ils ne résultent que d'une action différentielle.

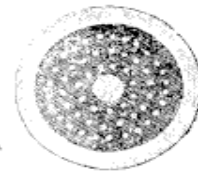


fig. 107.

Lorsqu'on mit ces câbles en usage, on ne fut pas longtemps sans s'apercevoir qu'ils exerçaient une influence

tellement fâcheuse sur la transmission, que leur application générale était impossible. Ce résultat n'a rien de surprenant. Les artifices employés pour atténuer l'induction mutuelle, que nous venons d'étudier, concourent à augmenter la capacité; car les enveloppes métalliques des fils ou les gros conducteurs de terre jouent exactement le même rôle que les feuilles d'étain dans un condensateur. Or, la capacité se développe aux dépens non-seulement de l'intensité du courant parvenant au récepteur, mais encore de sa forme.

Une expérience fort simple permet de s'en rendre compte. On établit un circuit comprenant un poste transmetteur A, une ligne ℓ et un téléphone récepteur T (fig. 108). Ce der-

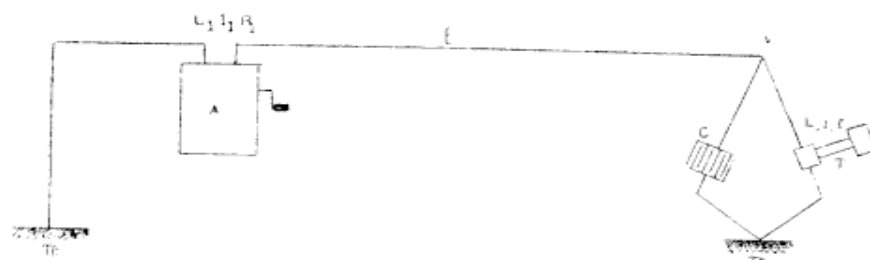


Fig. 108. — Expérience pour montrer l'influence nuisible de la capacité. L'opérateur du poste A transmettant d'une voix uniforme, on écoute au téléphone T et l'on constate qu'une réduction d'intensité sonore se manifeste, lorsque le condensateur est introduit dans le circuit. Afin de mieux saisir cette perturbation, on intercale dans la ligne deux électro-graduateurs Van Rysselberghe de 500 ohms. L'intensité électrique est fortement réduite et la différence d'intensité sonore s'accuse nettement. On constate en outre, que l'introduction du condensateur rend l'audition des paroles transmises plus difficile, en affaiblissant la netteté de l'articulation.

On a donc à la fois perte d'intensité et de clarté, résultat qui peut être prévu par la théorie, comme le prouve le calcul suivant dû à notre collègue des télégraphes français, M. Brylinski.

Soient R_1 et L_1 la résistance et la self-induction de tout le circuit (fig. 108) depuis le poste A inclus, jusqu'au point de bituration vers le condensateur où le potentiel est V , et i_1 le courant qui le traverse ; r , L , i , les mêmes valeurs pour la branche contenant le téléphone. En appelant F la force électro-motrice développée dans le transmetteur, on a les trois équations :

$$F - V = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} \quad (I)$$

$$V = ri + L \frac{di}{dt} \quad (II)$$

$$i_1 = i + C \frac{dV}{dt} \quad (III)$$

d'où, par élimination de i_1 et de V :

$$F = (R_1 + r) i + (L_1 + L + CR_1 r) \frac{di}{dt} + C(R_1 L + L_1 r) \frac{d^2 i}{dt^2} + CL L_1 \frac{d^3 i}{dt^3} \quad (IV)$$

Après avoir remplacé F par sa valeur $\sin mt$ et négligeant la période variable, la résolution de cette équation différentielle du 3^e degré donne :

$$i = I \sin (mt - \varphi)$$

sous les conditions :

$$I = \frac{E}{\sqrt{h^2 + k^2 m^2}} \quad \text{et} \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{mk}{h}$$

$$h = R_1 + r + Cm^2 (R_1 L + L_1 r)$$

$$k = L + L_1 + CR_1 r + m^2 CL L_1.$$

On voit que la sinusoïde représentative de l'intensité du courant est décalée de la quantité φ sur celle de la force électro-motrice. En d'autres termes, il y a *retard* dans l'établissement de l'intensité du courant. Ce retard atteindra sa valeur maxima d'un quart de période pour $h = 0$, car alors $\operatorname{tg} \varphi = \infty$ et $\varphi = \frac{\pi}{2}$. Or $h = 0$ pour

$$m = \sqrt{\frac{R_1 + r}{C(R_1 L + L_1 r)}}.$$

En posant $R_1 = 2$ graduateurs + circuit secondaire de A + 2 récepteurs unis en quantité = 1000 + 150 + 50 = 1200; $C = 2 \cdot 10^{-6}$; $r = 100$; $L_1 = 13$; $L = 0,1$; on trouve que $m = 675$, ce qui correspond à un son de 107 périodes par seconde.

Au contraire, $\varphi = 0$ et le retard est nul pour $h = 0$, soit pour

$$m = \sqrt{\frac{L + L_1 + CR_1 r}{CLL_1}} = 2264$$

soit pour un son de 360 périodes ou vibrations par seconde.

Enfin, pour des valeurs élevées de m , les termes en m^2 des expressions de h et k l'emportent sur ceux en R et L ; les termes h^2 et k^2 sont très grands et le dénominateur de la valeur de i devient très petit.

On en conclut : 1° que le retard dans la phase étant considérable pour les sons graves, ils se sépareront des sons élevés concomitants; 2° les sons élevés seront extrêmement affaiblis.

Et comme la voix humaine consiste dans la superposition de sons de périodes différentes, l'effet du condensateur

est d'altérer le timbre de la voix, en brouillant les voyelles à harmoniques élevés peu importants et en faisant presque disparaître les voyelles où les harmoniques très élevés jouent un rôle prépondérant.

On voit quelle perturbation profonde apporte au régime du courant la présence d'un simple condensateur placé en dérivation sur un récepteur téléphonique.

Dans un câble, où la capacité est distribuée tout le long du conducteur, cet effet perturbateur se manifeste à chaque longueur nouvelle qu'on ajoute au circuit, et l'on comprend que l'onde électrique sorte affaiblie et déformée, lorsqu'elle en a traversé une longueur relativement faible.

Pour remédier à ce nouvel inconvénient, il faut diminuer la capacité, donc supprimer les armatures métalliques voisines faisant l'office d'écrans anti-inducteurs et revenir ainsi aux câbles à induction. On est pris entre deux écueils.

En pratique, on s'attache à avoir une capacité qui, tout en étant aussi faible que possible, permet cependant de réduire l'induction mutuelle dans des limites compatibles avec un service régulier.

La capacité d'un conducteur revêtu d'une gaine isolante est donnée par l'expression :

$$C = \frac{0,434 \, k \, l}{2 \log \frac{R}{r}},$$

l représentant la longueur du câble, R le rayon de l'enveloppe isolante, r celui de l'âme en cuivre et k un coefficient dépendant des unités adoptées et de la capacité inductive spécifique de l'isolant employé.

Voici, d'après M. Fleming-Jenkin, la valeur de cette

capacité spécifique pour les diélectriques les plus fréquemment employés :

Air	1	Caoutchouc pur	2,80
Résine	1,55	Composition de Hooper . . .	3,10
Verre	1,90	Gutta-percha de W. Smith . .	3,40
Soufre	1,93	Gutta-percha	4,20
Gomme laque	1,95	Mica	5
Paraffine	1,98	Flint-glass très léger . . .	6,55

Mais lorsqu'il s'agit de charges et de décharges rapides, cas qui se présente notamment quand les courants téléphoniques sont en jeu, les capacités inductives sont très différentes, ainsi qu'il résulte du tableau suivant dressé par MM. Salford et Halman :

Pétrole (câble Brooks) . . .	1,6	Caoutchouc	3,5
Paraffine solide	2	Gutta-percha artificielle . . .	3,9
Coton saturé de paraffine . .		Gutta-percha	4,2
bouillante	2,6	Verre	4,6

Nécessité d'employer le double fil. — A la vérité, l'influence nocive de la capacité ne se manifeste d'une manière exagérée que lorsqu'on emploie les circuits à simple conducteur, la seconde armature (la terre) ou les fils voisins, étant toujours fort rapprochés. C'est ainsi qu'avec les premiers câbles téléphoniques fabriqués par la maison Felten et Guilleaume, de Mülheim, composés de conducteurs isolés au moyen de coton imprégné d'une substance isolante, entourés d'une mince feuille d'étain en rapport avec la terre, la capacité atteignait 2,5 microfarad par kilomètre, ce qui limitait la transmission à une dizaine de kilomètres.

Quand on recourt au double fil, la capacité par rapport à la terre est très faible, les deux fils agissant en sens inverse, et la capacité des deux conducteurs l'un par rapport à l'autre est restreinte par suite de leur éloignement et de leur faible surface. De plus, il suffit de les tourner en hélice pour éviter complètement l'induction mutuelle.

Comme pour les lignes aériennes, on est donc conduit au circuit métallique, aussi les réseaux dans lesquels les câbles interviennent notablement sont-ils construits en circuits à deux conducteurs. Tel est le cas pour les réseaux de Madrid et de Paris, le premier aérien, le second souterrain, dont nous dirons plus loin quelques mots.

Dans les tableaux que nous avons donnés plus haut, on remarquera que la capacité inductive spécifique d'un corps simplement entouré d'air est de beaucoup moindre que celle obtenue avec n'importe quel isolant solide ou liquide. On comprendra donc sans peine que les efforts des constructeurs aient visé à réduire le plus possible l'importance de ces derniers et à mettre largement à contribution cet isolant idéal, l'air.

Câble Patterson. — Cette préoccupation se manifeste déjà d'une manière tangible dans d'anciens câbles qui ont eu beaucoup de succès en Amérique : les câbles Patterson.

Les conducteurs y sont entourés de coton ou de jute et disposés dans un tube en plomb qu'on remplit de paraffine. Puis, tandis que celle-ci est encore liquide, on introduit dans le tube de l'acide carbonique sous pression. Ce gaz se répand dans la masse en une infinité de bulles microscopiques qui donnent à l'ensemble une certaine élasticité, empêchant la production de fissures et diminuant la capacité de 15 %.

Voici la spécification de câbles Patterson mis récemment à l'essai dans le réseau de Paris. Le câble contient 52 lignes doubles, soit 104 fils. Chaque brin est formé d'un fil de cuivre de un millimètre de diamètre, entouré de deux couches, superposées et enroulées en sens inverse, de fil de coton paraffiné blanc pour 52 fils et mêlé de rouge pour les 52 autres.

Les deux conducteurs, l'un blanc, l'autre rouge, forment un circuit d'abonné et sont câblés ensemble suivant une hélice de 10 centimètres de pas.

Trois de ces circuits métalliques, réunis en faisceau et cordés, puis serrés par une mince cordelette, forment en quelque sorte l'âme du câblage. Les autres circuits s'enroulent autour du premier par couches successives. Le câble complet est de nouveau entouré d'une couche de fils de coton, plongé dans un bain de paraffine, glissé dans un tuyau en plomb de 0,3 centimètre d'épaisseur et traité à l'acide carbonique.

Le diamètre du câble de 104 conducteurs, y compris le tuyau de plomb, est de 5,5 centimètres. La longueur de chaque section enroulée sur une bobine varie entre 150 et 200 mètres.

Câble Fortin-Hermann. — Un autre câble fort intéressant est celui de Fortin-Hermann. Il se compose (fig. 109)



Fig. 109. — Câble Fortin-Hermann.

d'une corde de fils en cuivre enfilée dans l'axe d'une série de perles cylindriques à bords arrondis en bois de bouleau bien sec.

Ces perles sont imprégnées de paraffine qui en remplit les pores et en recouvre la surface.

Le ou les conducteurs ainsi préparés sont introduits dans des tubes protecteurs en plomb.

Les constantes de ce câble sont les suivantes :

Isolement km supérieur à 200 mégohms,

Capacité km : 0,05 microfarad.

Résistance km : 13 ohms.

Câbles au papier et à l'air. — La maison Felten et

Guillaume de Mülheim a, dans ces dernières années, lancé dans le commerce des produits remarquables [par une faible capacité électrostatique et dont la fabrication est néanmoins très simple.

Le nouveau câble Felten et Guillaume est composé de circuits élémentaires métalliques câblés en hélice, mis sous plomb, puis pourvu, le cas échéant, des revêtements protecteurs ordinaires.

Quant aux circuits élémentaires, ils comportent, et ceci constitue l'originalité du système, deux fils métalliques en cuivre (dont l'un est étamé pour le distinguer de l'autre)

Fig. 110. — Circuit élémentaire à deux conducteurs.

tordus en hélice et séparés (fig. 110) par une bandelette de papier végétal fort.

Fig. 112. — Circuit élémentaire à quatre conducteurs.

L'ensemble des deux hélices et de leur bande séparatrice est également entouré d'une bande de papier.

Les deux fils restent donc dans une chambre d'air ; les points de contact avec le papier sont relativement restreints, d'où le grand isolement et la faible capacité constatés. Le diamètre d'un circuit élémentaire est de 4,5 millimètres.

Plusieurs groupes bifilaires, en général 27, sont câblés ensemble et le tout est recouvert de papier ou d'étoffe et enfin d'une gaine en plomb ou d'une armature en fils de fer (fig. 111).

Un autre type de câble comporte des groupes de quatre conducteurs (fig. 112) au lieu de deux. Un certain nombre de ces groupes réunis ensemble forment un câble dont la section se présente comme l'indique la fig. 113.

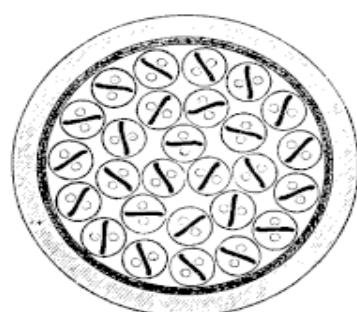


Fig. 111. — Coupe d'un câble à 27 circuits.

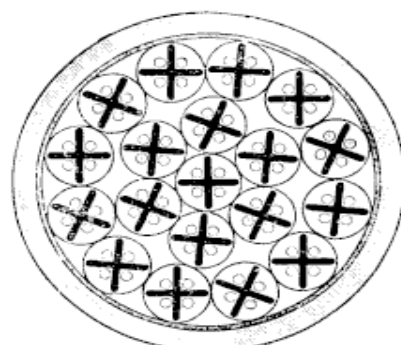


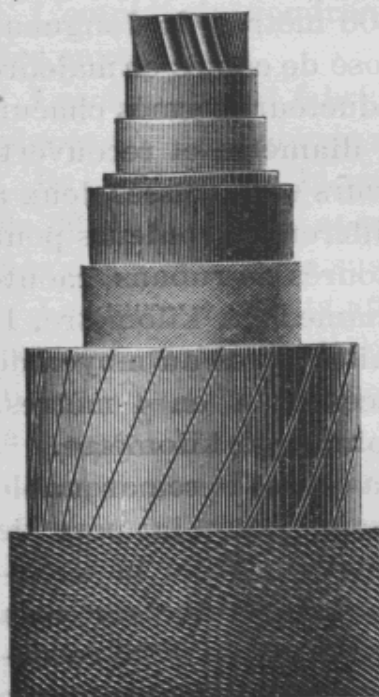
Fig. 113. — Coupe d'un câble à circuits bifilaires conjugués.

Ce câble est composé de 19 groupes de quatre fils de 1 millimètre, protégés par une gaine en plomb.

Le papier employé dans la fabrication de ces câbles peut être imprégné de matière isolante ou simplement séché, afin d'enlever toute trace d'humidité. La capacité est naturellement plus grande dans le premier cas que dans le second.

Voici les chiffres que nous avons relevés en opérant sur d'anciens câbles à feuille d'étain du dernier type décrit (à groupes élémentaires de quatre conducteurs) et sur des nouveaux câbles au papier imprégné et non imprégné.

Désignation des câbles.	Résistance. Km.	Isolement. Km.	Capacité km.		
			Par rapport à la terre.	Des deux fils, l'un par rapport à l'autre.	
Câble ancien (armatures d'étain).	17,12	1621 Mo	0,17 μ F	0,093 μ F	
Câble au papier	imprégné . .	35,74	1861 Mo	0,063 μ F	0,051 μ F
	non imprégné	36,33	2980 Mo	0,055 μ F	0,04 μ F



MM. Felten et Guillaume ont aussi étudié un modèle de câble téléphonique sous-marin au papier, dont les fig. 114 et 115 représentent un type à quatre conducteurs.

Le toron des quatre conducteurs, formé comme nous l'avons vu, est enfermé dans une gaine

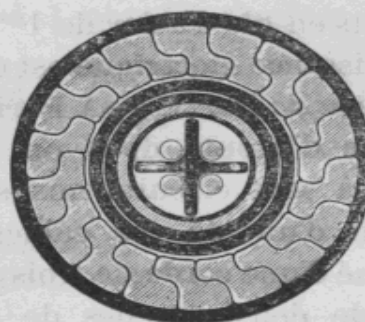


Fig. 114 et 115. — Coupe et vue d'un câble sous-marin au papier.

en plomb recouverte de deux couches de gutta-percha. Vient ensuite une enveloppe de ruban tanné ou asphalté, puis l'armature qui est formée de fils d'acier à section trapézoïdale curviligne (fig. 115), de manière à obtenir un revêtement impénétrable et indéformable. Le tout est ensuite recouvert d'une composition bitumineuse.

En France, la fabrication des câbles au papier est faite par la maison Aboilard, de Paris.

Pour éviter l'entrée de l'humidité qui serait extrêmement préjudiciable aux câbles à papier, il faut avoir soin de noyer leurs extrémités dans un bouchon compact de paraffine.

Voyons maintenant quelques exemples d'application des câbles téléphoniques.

Réseau de Madrid. — A Madrid, les lignes ne peuvent, par décret municipal, dépasser 500 mètres de longueur en fil nu. Le réseau est donc composé de câbles en majeure partie. Ceux-ci comportent 12 conducteurs formés chacun de 7 brins de 0,1 de millimètre de diamètre et recouverts de caoutchouc. Les douze conducteurs sont tressés deux à deux, guipés avec du coton de différentes couleurs pour la distinction des circuits et entourés de rubans caoutchoutés. Le câble pèse 330 kilogrammes par kilomètre. Il est suspendu à un fil d'acier de 3 millimètres au moyen de crochets en fils d'acier de 1^{mm}5 placés de 4 en 4 mètres. La résistance électrique est de 40 ohms par kilomètre.

Réseau de Paris. — A Paris, on a utilisé le remarquable système d'égouts dont on disposait, pour la pose de câbles à sept circuits mis sous plomb. Voici la spécification d'un de ces câbles : chaque conducteur sera composé d'une corde de trois fils de cuivre de 0^{mm}5 recouverte de deux couches de gutta-percha alternant avec

deux couches de Chatterton-composition, le tout formant un cylindre de 2^{mm}5 de diamètre; il sera ensuite enveloppé d'un guipage de coton. Deux conducteurs câblés formeront le conducteur double. Sept conducteurs doubles semblables, mais guipés de couleurs différentes, seront câblés ensemble, puis recouverts de deux rubans de coton enroulés en sens inverse et introduits ensuite dans un tuyau en plomb de 1^{mm}25 d'épaisseur.

Les conditions imposées sont les suivantes :

La résistance d'isolement de chaque conducteur doit être comprise entre 200 et 2000 mégohms par kilomètre à la température de 24° après deux minutes d'électrisation avec une pile équivalente à 200 éléments Daniell;

La capacité électrostatique kilométrique ne doit pas dépasser 0,25 microfarad;

L'emploi du goudron est interdit dans la préparation des enveloppes;

Les câbles sont fabriqués par bouts de 500 mètres et placés sur des bobines de fer.

Ils sont fixés à la voûte des égouts, sur une largeur de 30 centimètres et une épaisseur de 10, et soutenus par des crochets de suspension.

Les dérangements affectant le réseau sont relativement rares. Après la quatrième année de l'adoption des câbles, ils se chiffraient seulement à 1 par 10 abonnés et par an (1).

Ligne de Buenos-Aires à Montevideo. — Une très inté-

(1) E. CAËL. *Note sur la situation du réseau de Paris au 1^{er} janvier 1887* (*Annales téléphoniques* de 1887, p. 196).

ressante application des câbles (1) a été faite en Amérique, en octobre 1889. Buenos-Aires et Montevideo, séparés par le Rio de la Plata, ont été pourvus d'une communication

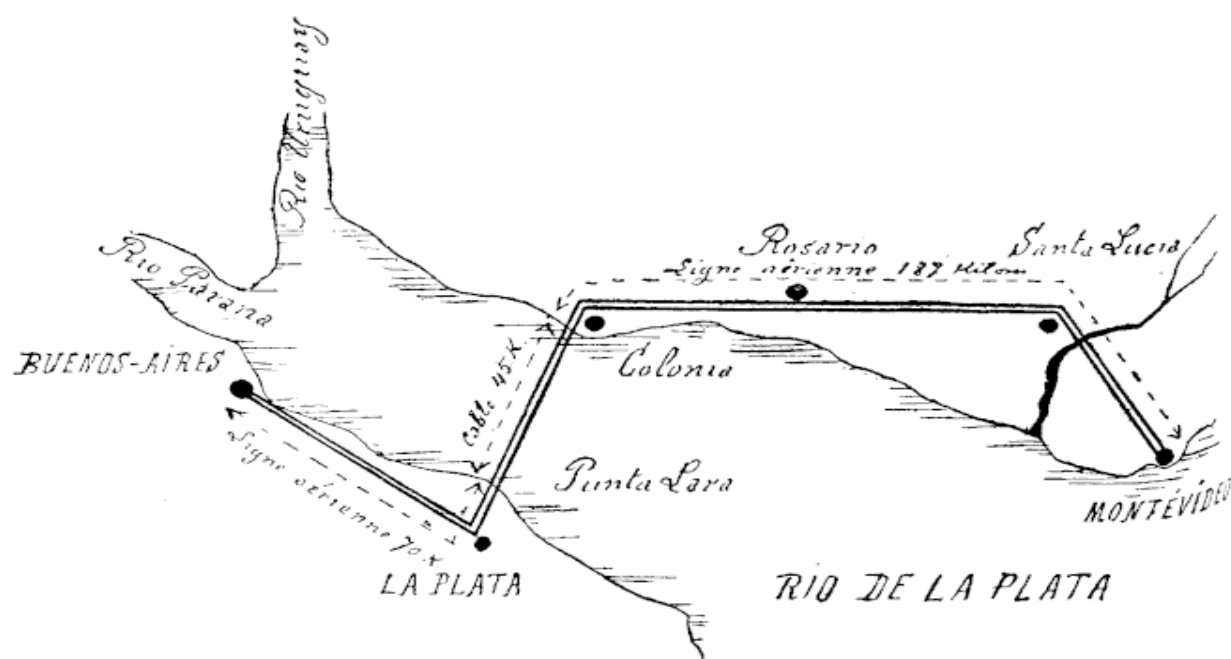


Fig. 116. — Câble téléphonique sous-marin entre Montevideo et Buenos-Aires. téléphonique. La ligne qui les unit comprend trois parties : de Montevideo (fig. 116), une ligne aérienne suit l'estuaire du Rio de la Plata jusqu'à Colonia, sur une longueur de 187 kilomètres; un câble sous-marin traverse alors le Rio de la Plata dont la largeur à cet endroit est de 45 kilomètres, et aboutit sur la rive opposée à Punta de Lara; de Punta de Lara à Buenos-Aires, c'est-à-dire sur une longueur de 70 kilomètres, la ligne est de nouveau aérienne.

Le circuit est métallique. La partie aérienne se compose de deux fils de bronze de haute conductibilité, de

(1) *L'Électricien* du 14 décembre 1889, p. 800.

6 millimètres de diamètre, placés sur des poteaux. Le conducteur a une section de 28 millimètres carrés. Il pèse 251 kilogrammes par kilomètre; sa conductibilité est de 90 % de celle du cuivre pur, ce qui donne une résistance kilométrique de 0,55 ohm. Le parcours total de la ligne aérienne est de 257 kilomètres, soit une longueur de fil égale à 514 kilomètres, un poids total de 130 tonnes et une résistance électrique de 285 ohms.

Sur les 302 kilomètres formant la longueur totale du circuit, il y a donc 45 kilomètres en câbles sous-marins. L'âme des deux câbles sous-marins utilisés est composée (fig. 117) d'un toron de 7 fils de cuivre pur de un millimètre de diamètre, recouvert de trois couches de gutta ayant une épaisseur totale de 2^{mm}5. Cette âme est entourée d'un matelas de chanvre goudronné, puis d'une armature de douze fils de fer galvanisé de 6 millimètres de diamètre; le tout est recouvert d'une enveloppe extérieure formée de deux couches de filin bitumé appliquées en sens inverse. Le câble, dont le diamètre extérieur est de 34 millimètres, pèse 3500 kil. par kilomètre.

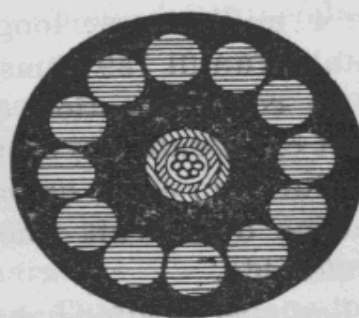


Fig. 117. — Section d'un des câbles de la ligne Buenos-Aires à Montevideo.

Ligne Paris-Londres. — Enfin, Paris et Londres disposent, depuis le 1^{er} avril 1891, d'un circuit téléphonique d'une longueur totale de 514 kilomètres, composé comme suit :

a) Dans les égouts de Paris, un câble Fortin-Hermann de 7^{km}490, reliant la Bourse à la guérite de raccordement de la partie aérienne, sur la ligne ferrée du Nord ;

b) Section aérienne française en fils de cuivre de 5 millimètres de diamètre de 333 kilomètres de long jusqu'à Sangatte. Résistance d'un conducteur 294 ohms; capacité 3,33 μ F ;

c) Câble sous-marin d'une longueur de 37^{km}564. Diamètre de chaque conducteur 2^{mm}35, résistance 143 ohms, capacité totale mesurée après l'immersion 5,52 μ F ; isolement, ramené à 24° centigrades, entre 2000 et 2100 Mo ;

d) Section aérienne anglaise, de Saint-Margaret's Bay au General Post-Office à Londres, en fils de cuivre dur de 4 millimètres; longueur 135 kilomètres, résistance totale d'un fil 189 ohms, capacité totale 1,36 μ F.

La communication est satisfaisante, sans être cependant excellente. Le système d'avoir un câble spécial par conducteur, ainsi qu'on l'a admis pour la partie sous-marine du circuit Buenos-Aires à Montevideo, paraît préférable.

Les spécifications du câble (d'une capacité de quatre conducteurs pour constituer deux circuits et dont la fig. 118 donne la coupe transversale), sont les suivantes :

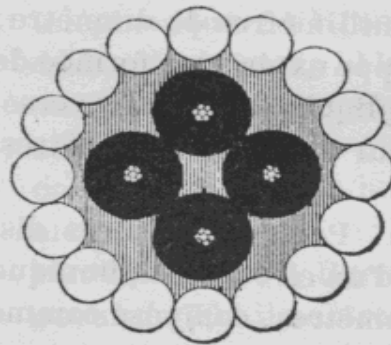


Fig. 118. — Câble de la ligne Paris-Londres.

1° Chacun des quatre conducteurs sera formé d'une tresse de 7 fils de cuivre, tous du même diamètre, pèsera 39^{kg}08 par kilomètre, et ne devra pas avoir, à la température de 23°8 c., une résistance de plus de 4^{ohms}109 ou de moins de 4^{ohms}03 par kilomètre ;

2° Chaque conducteur sera isolé au moyen de trois couches de ciment Chatterton alternant avec trois couches de gutta-percha, en commençant par une couche du composé,

dont il ne sera pas employé plus qu'il ne faut pour assurer l'adhérence de la gutta au cuivre et des couches de gutta entre elles. Le diélectrique sur chaque conducteur pèsera $73^{\text{kg}}276$ par kilomètre, de telle sorte que le poids total du conducteur recouvert du diélectrique soit de 112 kil. par kilomètre ;

3° La capacité inductive de chaque conducteur isolé ne sera pas supérieure à $0^{\text{F}}1641$ par kilomètre ;

4° La résistance d'isolement de chaque bobine d'âme ne sera pas inférieure à $927,5 \text{ Mo}$ par kilomètre, après une immersion dans de l'eau maintenue à 24° pendant au moins 24 heures consécutives, qui précéderont immédiatement l'essai et après une électrification d'une minute ;

5° Les âmes seront garnies du meilleur jute, complètement tanné, et d'une armature de 16 fils de fer de $7^{\text{mm}}11$ de diamètre, ayant chacun une charge de rupture minima de 1586 kil. et présentant 10 tours d'hélice sur une longueur de $0^{\text{m}}15$.

Le succès de la ligne Paris-Londres a été complet. Dès le premier mois d'exploitation, le nombre des communications a été de 1 222 et a suivi une progression ascendante, comme l'indique le relevé suivant :

Mai, 1 494 ; juin, 1 709 ; juillet, 1 988 ; août, 2 276 ; septembre, 2 311 ; octobre, 2 732 ; soit au 1^{er} novembre un total de 12 507 communications.

La taxe est de 10 francs par trois minutes.

Pose des câbles. — Les câbles se placent, soit sur des supports comme les lignes aériennes, soit souterrainement, soit sous l'eau.

Dans le premier cas, ne pouvant être tendus librement entre deux points d'appui, on les supporte d'une manière

spéciale. On enroule en hélice autour d'eux un fil d'acier assujéti par des liens métalliques, ou bien on suspend le câble au fil porteur en acier au moyen de manchons munis d'agrafes ou de crochets (fig. 119).

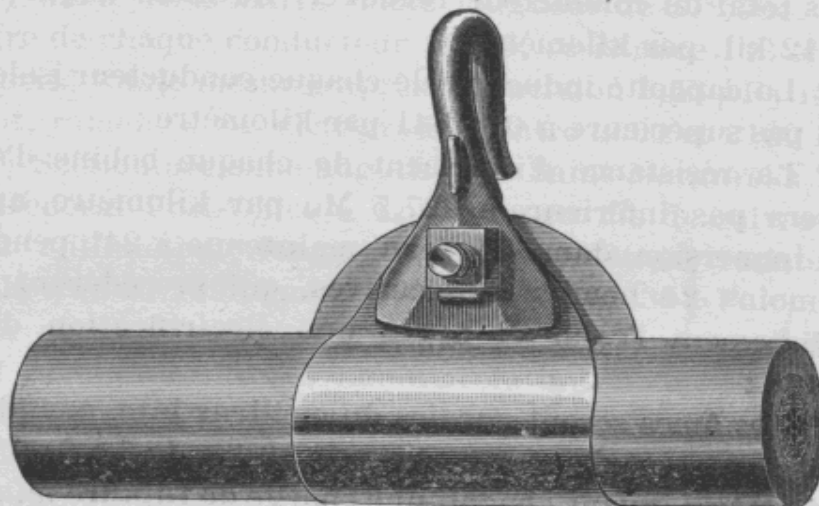


Fig. 119. — Crochet de suspension pour câbles.

En souterrain, il est prudent de placer les câbles même munis de leur gaine en plomb dans un caniveau en briques, ciment, fer U ou fer Zorès. Les longueurs employées sont, en général, voisines d'un kilomètre. Il y a avantage à poser les câbles d'une seule pièce, pour éviter les soudures qui, dans les câbles à conducteurs nombreux, constituent toujours une opération très délicate.

Pour les applications sous-fluviales ou marines, les câbles sont revêtus d'enveloppes composées d'une ou de plusieurs couches de fils de fer enroulés en hélice, protégées elles-mêmes par des enveloppes textiles diverses. Nous en avons vu deux exemples dans la description des circuits de Buenos-Aires à Montevideo et de Paris à Londres.

Les câbles aériens paraissent moins avantageux que les souterrains ; ils sont d'un aspect disgracieux, soumis aux intempéries, aussi en compte-t-on peu d'exemples d'application. La solution de l'avenir semble devoir consister dans l'adoption de réseaux entièrement souterrains (à part les raccords terminus des abonnés) comme à Paris. Toutefois cette ville n'a pu l'appliquer que grâce à son remarquable réseau d'égouts spacieux. Jusque maintenant, le prix des câbles téléphoniques et surtout la difficulté de leur pose, ont mis obstacle à leur usage sur une grande échelle, aussi ne sont-ils couramment employés que là où les règlements l'exigent.

§ 4. — CALCUL DES LIGNES TÉLÉPHONIQUES.

La propagation des ondes électriques sur une ligne a été traitée, dès 1854, par sir William Thomson, pour le cas des lignes sous-marines. Ainsi restreint, le problème se simplifie notablement si l'on considère, que dans les circuits de cette espèce, les effets de la capacité l'emportent de beaucoup sur ceux de la self-induction, en sorte que ces derniers peuvent être négligés.

Il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de canalisations téléphoniques aériennes, cas envisagé notamment par M. H. O. Heaviside dans l'*Électrician* en 1884-1887, par M. Vaschy dans le tome des *Annales télégraphiques* de 1888 et par M. Brylinski dans le tome de 1889. Malheureusement, par suite de la difficulté du problème, les calculs de ces auteurs sont extrêmement compliqués et les formules auxquelles ils arrivent, inapplicables en pratique.

M. Vaschy a cependant déduit des travaux qu'il a publiés sur la question, des conclusions intéressantes parmi lesquelles nous citerons :

1° La self-induction L a pour effet de relever l'intensité

du courant à l'arrivée, notablement au-dessus de la valeur qu'elle aurait d'après la théorie de Thomson (c'est-à-dire en supposant $L = 0$);

2° Là où la théorie de Thomson indique des affaiblissements très inégaux des sons de hauteurs différentes, et, par suite, une altération profonde du timbre d'un son complexe, la self-induction empêche cette altération dans de larges proportions et change complètement le caractère de la transmission ;

3° Si le rapport $\frac{L}{r}$ de la self-induction à la résistance kilométriques, qui dépend du type de la ligne et non de sa longueur, dépasse une certaine valeur limite qui paraît atteinte pour les fils de cuivre de 4^{mm}5, le timbre n'est pas sensiblement altéré, même lorsque la ligne est très longue (1000 à 2000 km.).

En fait, on n'a guère utilisé jusque maintenant, pour calculer les lignes téléphoniques, qu'une formule empirique due à M. Preece.

Règle de Preece. — Lorsque dans le circuit de deux postes téléphoniques, on insère des résistances graduellement croissantes, on trouve que l'intensité de la réception téléphonique diminue de plus en plus. D'autre part, lorsqu'on rattache, en différents points de ces résistances, des condensateurs dont la seconde armature est à la terre, on constate que la correspondance téléphonique devient impossible, lorsque les résistances ont une valeur bien moindre que dans le premier cas. En se basant sur ces faits, M. Preece a été amené à préciser numériquement la loi liant la capacité, la résistance et la qualité de la réception téléphonique, loi qui, d'après la formule de Thomson relative à la propagation des ondes électriques dans les câbles, est représentée par $CR = \text{constante}$.

A la suite de nombreux essais faits sur les câbles existant entre Douvres et Calais, Holyhead et Dublin, le South Wales et Wexfort, M. Preece est arrivé à établir les données suivantes :

Quand $CR = 15\ 000$, la conversation devient impossible.

-	-	-	12 500,	-	-	possible.
-	-	-	10 000,	-	-	bonne.
-	-	-	7 500,	-	-	très bonne.
-	-	-	5 000,	-	-	excellente.
-	-	-	2 500 au moins,	-	-	la réception est parfaite.

Mais il faut en outre que le circuit soit entièrement métallique et en cuivre (les bronzes phosphoreux et silicieux sont évidemment applicables au même titre que le cuivre pur).

En appliquant la règle de Preece au circuit Buenos-Aires à Montevideo, qui a 582 ohms de résistance et une capacité de $18\ \mu\text{F}$, on trouve comme produit 10 400. Or, dans le tableau donné plus haut, ce chiffre correspond à une bonne communication, ce qui corrobore la règle énoncée plus haut. Il en est de même pour le circuit de Paris-Londres.

Calcul du câble du circuit Paris-Londres. — Celui-ci a été calculé par M. Kempe de la manière suivante. Soient r la résistance totale de la ligne aérienne; ρ la résistance totale du câble; c la capacité totale de la ligne aérienne; X la capacité totale du câble; D le diamètre du diélectrique du câble; x le diamètre du conducteur; C la capacité de la ligne totale; R la résistance de la ligne totale.

$$\text{On a :} \quad CR = (c + X)(r + \rho)$$

$$\text{et} \quad \rho = \frac{a}{x^2}; \quad X = \frac{b}{\log_e \frac{D}{x}}.$$

a et b étant des constantes.

On en déduit :

$$\text{CR} = \left(c + \frac{b}{\log_e \frac{\text{D}}{x}} \right) \left(r + \frac{a}{x^2} \right),$$

d'où :

$$\begin{aligned} \frac{b}{\log_e \frac{\text{D}}{x}} &= \frac{\text{CR}}{r + \frac{a}{x^2}} - c = \frac{\text{CR} - c \left(r + \frac{a}{x^2} \right)}{r + \frac{a}{x^2}}, \\ \log_e \frac{\text{D}}{x} &= \frac{b \left(r + \frac{a}{x^2} \right)}{\text{CR} - c \left(r + \frac{a}{x^2} \right)}, \\ \log_e \text{D} &= \frac{b \left(r + \frac{a}{x^2} \right)}{\text{CR} - c \left(r + \frac{a}{x^2} \right)} + \log_e x, \\ \log \text{D} &= \frac{r + \frac{a}{x^2}}{\frac{\text{CR} - cr}{b} - \frac{ca}{bx^2}} + \log_e x = \frac{\frac{r}{a} + \frac{1}{x^2}}{\frac{\text{CR} - cr}{ab} - \frac{c}{bx^2}} + \log_e x. \end{aligned}$$

Et en posant

$$\alpha = \frac{r}{a}; \quad \beta = \frac{\text{CR} - cr}{ab}; \quad \gamma = \frac{c}{b};$$

$$\log_e \text{D} = \frac{\alpha + \frac{1}{x^2}}{\beta - \frac{\gamma}{x^2}} + \log_e x. \quad (\text{I})$$

Pour rendre D minimum, il faut faire $\log_e \text{D}$ minimum en prenant la dérivée par rapport à x et en l'égalant à zéro, ce qui conduit, tous calculs faits, à l'équation :

$$x = \frac{\sqrt{\beta + \alpha\gamma} + \sqrt{\beta + \alpha\gamma + 2\beta\gamma}}{\sqrt{2\beta}}. \quad (\text{II})$$

On a posé $CR = 10\,400$, et après calcul des constantes a et b , on a déduit la valeur de x de l'équation (II) et celle de D de l'équation (I).

Comparaison des lignes en fil nu et recouvert. — En se basant sur la règle de M. Preece et admettant qu'elle puisse s'appliquer aux circuits exclusivement aériens, on peut facilement se rendre compte de l'infériorité manifeste des câbles, relativement aux lignes en fil nu.

Deux lignes sont, en effet, équivalentes, quand

$$cr^2 = c'r'^2$$

c , c' , r et r' sont les capacités et résistances km, l et l' les longueurs respectives.

En supposant qu'il s'agisse d'une ligne aérienne et d'un câble, posons que la résistance km est la même, $r = r'$. Comme la capacité km c de la ligne en câble sera environ 100 fois plus grande que celle de la ligne aérienne, on aura :

$$100l^2 = l'^2$$

ou
$$l = \frac{1}{10} l'$$

c'est-à-dire qu'à égalité de transmission, la ligne en câble de même résistance totale ne pourra avoir que le dixième de la longueur du circuit aérien !

C'est ainsi qu'en calculant, d'après la règle de M. Preece, à quelle longueur de ligne aérienne de 5 millimètres équivalait le tronçon terminus de 7^{km}740 en câble Fortin-Herman du circuit Londres-Paris, M. Banneux (1) est arrivé au chiffre de 65 kilomètres.

1) *Bulletin de la Société belge d'Électriciens*, n° de juillet-août 1891.

La capacité des câbles agit donc d'une manière extrêmement pernicieuse sur la téléphonie à grande distance.

Discussion de la formule de M. Preece. — Accueillie avec peu d'enthousiasme au début, la règle de M. Preece finit par être admise d'une manière à peu près générale. Elle avait servi, comme nous l'avons vu plus haut, au calcul de la ligne Paris à Londres et à celle de Buenos-Aires à Montevideo, lorsqu'elle fut, tout récemment, l'objet de critiques fort vives (1).

En faisant, conformément aux indications premières données par M. Preece, le produit CR pour certaines de leurs longues lignes aériennes, les ingénieurs américains avaient trouvé que la transmission était :

Excellente	à 1000 kilomètres,	avec $CR = 31\ 000$.
Bonne	à 1200	" " " = 45 000.
Médiocre	à 1420	" " " = 62 000.
Impossible	à 1750	" " " = 94 000.

En particulier le CR de la ligne New-York à Chicago, construite en fil de cuivre de 4 millimètres, est de 33 000, et celui de la ligne plus récente Boston à Chicago (par New-York, plus de 1900 kilomètres), de 54 000, quoique la communication téléphonique y soit cotée bonne.

Pour faire concorder ces résultats avec le tableau qu'il a primitivement donné, M. Preece recule la limite d'une bonne transmission à 8000, lorsqu'il existe des câbles dans le circuit, et attribue au c des lignes aériennes des valeurs de plus en plus faibles, d'où polémique.

A notre sens, la formule de M. Preece, fondée lorsqu'il s'agit de câbles où la capacité l'emporte notablement sur les autres facteurs, notamment la self-induction, devient

(1) *La Lumière électrique*, n° 12, 25 mars 1893.

plus sujette à caution, lorsqu'il est question de lignes aériennes (1).

En outre, il nous paraît qu'un point important a été perdu de vue dans son élaboration, à savoir la qualité des appareils utilisés.

C'est un fait bien connu des téléphonistes que telle ligne impossible avec des appareils déterminés, donne au contraire des résultats satisfaisants avec d'autres. Il nous est souvent arrivé de constater que des communications à longue distance impraticables avec des microphones Blake ou Dejongh, par exemple, devenaient au contraire aisées, lorsqu'il était fait usage de microphones à granules comme le Hunnings. Le produit CR ne variait cependant pas. Il en résulte que pour qu'il ait une signification physique bien déterminée, il est nécessaire de préciser avec quels appareils, tant transmetteurs que récepteurs et avec quelle pile il a été obtenu. La formule véritable serait donc :

$$ACR = \text{constante},$$

le coefficient A dépendant des appareils mis en ligne et de la pile qui les actionne.

M. Preece lui-même a implicitement consacré cette manière de voir, en donnant un tableau de la valeur limite CR des lignes sur lesquelles on ne parvient plus à parler avec divers types de transmetteurs.

(1) Il convient de remarquer que, se basant sur la valeur 20 088 du produit CR de la ligne aérienne Chicago à Buffalo, M. le commandant Waffelaert avait signalé dès 1891, l'inapplicabilité de la règle de M. Preece aux circuits aériens.

Voir l'intéressant article de cet auteur : Sur le mécanisme de transmission électrique de la parole : (*Bulletin de la Société belge d'électriciens*, n° de juillet-août 1891).

Il a trouvé pour le Mix et Genest (voir p. 62)	CR =	6 468
" " " " D'Arsonval	" =	22 308
" " " " Berliner (avec 2 Leclanché)	" =	320 000
" " " " " (" 4 ")	" =	400 000

Il est évident que les chiffres caractéristiques d'une mauvaise, médiocre, bonne, etc. communication, suivent des fluctuations parallèles et l'on voit à quelles énormes divergences conduit l'emploi d'appareils différents ou de piles plus ou moins fortes.

Si, comme nous le pensons, M. Preece a dressé son tableau primitif reproduit au commencement du présent chapitre, en utilisant des microphones Blake ou à quelques contacts, il n'en faut peut-être pas plus pour expliquer dans une large mesure les résultats discordants trouvés en Amérique, étant donné qu'on y applique sur les grandes lignes, notamment celle de New-York à Chicago, le microphone White, incomparablement plus puissant que le Blake et ses congénères.

Formule de M. Demany. — M. Demany, qui a aussi abordé l'étude de la propagation des ondes électriques sur les longues lignes métalliques (1), est arrivé, à la suite de calculs trop longs pour trouver place ici, à une formule extrêmement simple.

D'après cet ingénieur, des *lignes aériennes* installées dans des conditions semblables, donneront approximativement les mêmes résultats, si leurs résistances totales sont

(1) Aperçu de la théorie de la propagation de l'électricité sur les longues lignes à deux conducteurs métalliques. (*Bulletin de l'Association des ingénieurs électriciens sortis de l'Institut Montefiore*, mai-juin-juillet 1890.)

égales, r et r' étant les résistances kilométriques, l et l' les longueurs kilométriques des deux lignes :

$$rl = r' l', \text{ ou comme } r = \frac{k}{d^2} ; r' = \frac{k'}{d'^2},$$

d et d' étant les diamètres respectifs des fils :

$$k \frac{l}{d^2} = \frac{k' l'}{d'^2},$$

ou encore : $\frac{d^2}{d'^2} = k' \frac{l}{l'} ; \frac{d}{d'} = k' \sqrt{\frac{l}{l'}}$,

et les diamètres des fils seraient en raison directe des racines carrées des longueurs.

Conclusions. — En résumé, dans l'état actuel de la question, il est impossible de formuler des bases absolument certaines pour le calcul des lignes téléphoniques.

Si, en terrain tant controversé, il n'était téméraire d'exprimer un avis, nous dirions que lorsqu'il s'agit de lignes principalement souterraines ou sous-marines, nous inclinerions à admettre la formule de M. Preece, modifiée comme nous l'avons indiqué plus haut.

Quant aux lignes en majeure partie aériennes, comparant aux longs reliements de l'espèce existant, nous appliquerions plutôt la formule de M. Demany, en tenant également compte, pour celle-ci, de la puissance des appareils et piles employés sur la ligne-type.

CHAPITRE VIII.

Transmissions multiples.

§ 1. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

Système Van Rysselberghe. — Les réseaux locaux étaient à peine construits, qu'il fallut songer à les relier entre eux, pour permettre l'établissement de relations inter-urbaines. Afin d'éviter la grande dépense que ces longues

lignes nouvelles auraient imposée, Van Rysselberghe chercha à se servir des lignes télégraphiques existantes pour la transmission de la parole, et cela, sans mettre obstacle au trafic télégraphique.

Le problème était ardu. Lorsque dans un circuit télégraphique ordinaire on intercale un téléphone, celui-ci rend un son sec très fort, à chaque émission de courant. Il résonne non seulement pour les courants lancés dans son propre circuit, mais encore (sous l'influence des courants induits) pour ceux véhiculés par les conducteurs voisins. Si le téléphone est intercalé dans un circuit placé sur les mêmes poteaux qu'un grand nombre de fils télégraphiques en service, toutes les transmissions de ceux-ci y sont répercutées, produisant d'une manière extrêmement marquée le bruit caractéristique que les téléphonistes ont appelé *frilure téléphonique*. La conversation est absolument impossible dans ces conditions.

Le bruit sec rendu par le téléphone ne se produit que parce que le courant s'établit avec une extrême rapidité, renforçant ou diminuant ainsi brusquement le magnétisme des aimants téléphoniques. Si le courant télégraphique s'établissait lentement, la membrane fléchirait graduellement par suite de la variation progressive du magnétisme des noyaux et elle ne rendrait aucun bruit. La démagnétisation brusque qui se produit lors de la disparition du courant, provoque un second bruit dans le téléphone qui serait également évité, si le courant s'affaiblissait peu à peu, ou, en d'autres termes, si sa période variable était suffisamment allongée.

Or on peut augmenter la durée de la période variable assez sensiblement pour atteindre ce but. On dispose pour cela de deux moyens, que Van Rysselberghe a appliqués simultanément :

1° Intercaler dans le circuit télégraphique des électro-aimants. Le courant devant d'abord aimanter leurs noyaux

en fer doux ne peut, par le fait même, prendre instantanément sa valeur normale.

Cela revient à donner au circuit un grand coefficient d'induction.

Au lieu de s'établir brusquement suivant un rectangle ABCD (fig. 120), (les abscisses représentant les temps, les ordonnées, les intensités), l'intensité du courant croîtra en fonction du temps suivant une courbe *ab* (fig. 121) d'autant moins convexe, que les électro-

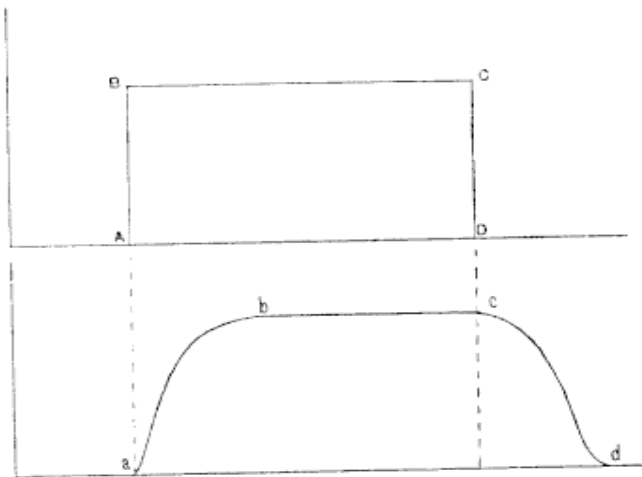


Fig. 120 et 121.

aimants ou graduateurs introduits seront plus importants. De même, lorsque le circuit sera rompu, le courant s'éteindra lentement suivant la courbe *cd*, par suite de l'extra-courant de rupture fourni par les électro-aimants.

La théorie permet de se rendre compte de ces particularités. Négligeons, pour éviter des calculs complexes, l'influence des autres facteurs que la résistance et la self-induction.

Si R est la résistance du circuit non compris la pile,

R' - - - - - de la pile locale,

E la force électromotrice de la pile,

L le coefficient total de self-induction du circuit et que l'on prenne, pour origine des temps t , le moment où le circuit est fermé, l'intensité i_1 du courant satisfait à la relation :

$$(R + R') i_1 + L \frac{di_1}{dt} - E = 0,$$

d'où en intégrant :

$$i_1 = \frac{E}{R + R'} \left(1 - e^{-\frac{R + R'}{L} t} \right) = \frac{E}{R + R'} \left(1 - \frac{1}{e^{\frac{R + R'}{L} t}} \right) \quad (I)$$

et l'on voit que, théoriquement, l'établissement du régime permanent $i_1 = \frac{E}{R + R'}$ demande un temps infini.

En supposant le temps t très petit, de telle sorte que dans le développement de $e^{-\frac{R + R'}{L} t}$ en série, on puisse négliger les termes d'un ordre supérieur au premier, nous aurons :

$$e^{-\frac{R + R'}{L} t} = 1 - \frac{R + R'}{L} t.$$

L'équation (I) devient alors :

$$i_1 = \frac{E}{L} t \text{ et montre qu'à l'instant de la fermeture du}$$

circuit, la self-induction acquiert une valeur prépondérante, tandis que la résistance proprement dite du circuit devient négligeable.

Au moment de la rupture du circuit, en supposant, pour simplifier, la pile remplacée par une résistance équivalente, on a :

$$(R + R') i_1 + L \frac{di_1}{dt} = 0.$$

Ou en intégrant :

$$i_1 = \frac{E}{R + R'} e^{-\frac{R + R'}{L} t} = \frac{E}{R + R'} \cdot \frac{1}{e^{\frac{R + R'}{L} t}}.$$

Le courant s'éteint suivant une courbe d'autant plus étalée que L est plus grand.

2° On arrive également à graduer le courant, en plaçant en dérivation sur le circuit téléphonique, entre le télé-

phone *Te* et la pile *P* (fig. 122), un condensateur *C* de capacité suffisante.

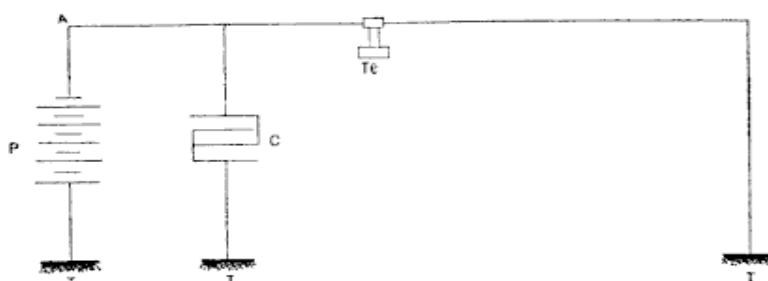


Fig. 122.

Lorsqu'on ferme la pile sur la ligne, situation qu'indique la fig. 122, le condensateur se charge d'abord, en sorte que le courant traversant le téléphone croît lentement et d'autant plus lentement que la capacité du condensateur est plus grande. Nous avons étudié mathématiquement ce cas dans l'hypothèse d'un courant sinusoïdal, p. 188 et suivantes. Il se produit un phénomène analogue à celui qui se passerait dans une conduite munie en un point d'un réservoir, dans laquelle on lancerait de l'air comprimé. Au delà du réservoir, la pression normale s'établirait lentement et d'autant plus lentement que le réservoir serait plus important. De même, à la rupture du circuit qui, ainsi que nous le verrons plus loin, se produit vers le point *A*, le courant ne tombe pas brusquement à zéro, car la charge totale du condensateur doit traverser la ligne pour se rendre en terre.

Cela posé, l'installation Morse habituelle se transforme de la manière représentée fig. 123, lorsqu'elle est appropriée suivant le dispositif Van Rysselberghe. Entre la pile *P* et le buttoir d'attaque *A*, s'intercale un électro-graduateur *B* d'une résistance de 500 ohms, entouré

complètement d'un revêtement cylindrique en fer doux fermé aux extrémités, pour augmenter les effets d'inertie

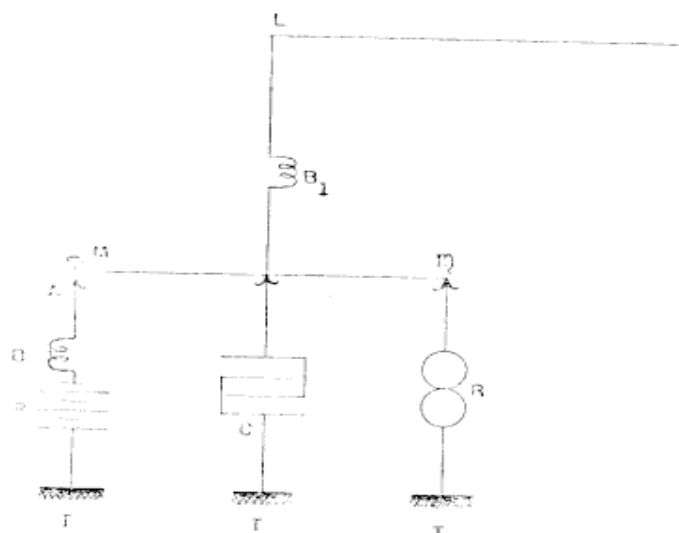


Fig. 123. — Appropriation d'un poste télégraphique Morse suivant le système Van Rysselberghe.

électro-magnétique (son coefficient d'induction $L = 10$ à 12 quadrants); de même, entre le manipulateur Mm et la ligne se place un second graduateur B_1 de 500 ohms. A l'axe du manipulateur, aboutit un fil en rapport avec une des armatures d'un condensateur C , de 2 μF , dont l'autre armature est à la terre.

Dans la position de repos, le manipulateur prend appui sur le buttoir relié au récepteur Morse. Quand on l'abaisse sur le buttoir de travail A , le courant de la pile traverse le premier graduateur B , arrive à l'axe du manipulateur, charge le condensateur C , traverse le second graduateur B_1 , la ligne, le poste correspondant armé semblablement au premier.

Grâce à ces dispositifs, les courants télégraphiques ordinaires de 10 à 15 milliampères sont bien gradués, de

telle sorte que l'on peut à peine s'apercevoir, dans le téléphone, du moment où la clé touche ou quitte le plot en relation avec la pile. On remarque, en faisant cette expérience, que le léger son émis à la fermeture du circuit est plus étouffé qu'à la rupture, ce qui provient des extra-courants fournis, dans ce dernier cas, et de la mise hors circuit du premier graduateur, dont l'influence ne peut plus se faire sentir.

Les raccordements télégraphiques étant équipés semblablement, il sera possible de placer sur les poteaux qui les supportent un circuit téléphonique à fil simple. On pourra même y installer plusieurs reliements téléphoniques, mais alors ils devront être à double fil et comprendre un certain nombre de croisements pour éviter l'induction réciproque.

Franchissons maintenant le dernier pas qui nous sépare du dispositif Van Rysselberghe complet. Nous avons vu que les courants téléphoniques sont alternatifs et essentiellement variables : le condensateur les transmet parfaitement, tout en étant un obstacle pour les courants permanents. D'autre part, les électro-aimants opposent un grand obstacle à la propagation des courants téléphoniques. Donc, si après l'électro-graduateur de ligne (fig. 123), nous rattachons l'armature d'un petit condensateur C_1 dont l'autre armature vient à la terre après avoir traversé un poste téléphonique Te_1 (fig. 124), et si une installation semblable est faite à l'autre extrémité de la ligne, nous pourrons télégraphier et téléphoner simultanément par le même fil, sans gêne aucune.

Enfin, si sur les poteaux télégraphiques, nous voulons greffer plusieurs circuits téléphoniques, en utilisant les conducteurs télégraphiques exclusivement, nous devons

composer chacun de ces circuits de deux fils télégraphiques.

Un circuit téléphonique constitué de la sorte, se présentera comme l'indique la fig. 125. $C'_1 C''_1$ sont les condensateurs dénommés *séparateurs*, en relation d'un côté avec les fils télégraphiques L', L'' armés, comme l'indique la figure 123, et de l'autre côté avec les fils de ligne se rendant au bureau téléphonique central où ils se relient aux appareils que nous décrirons plus loin.

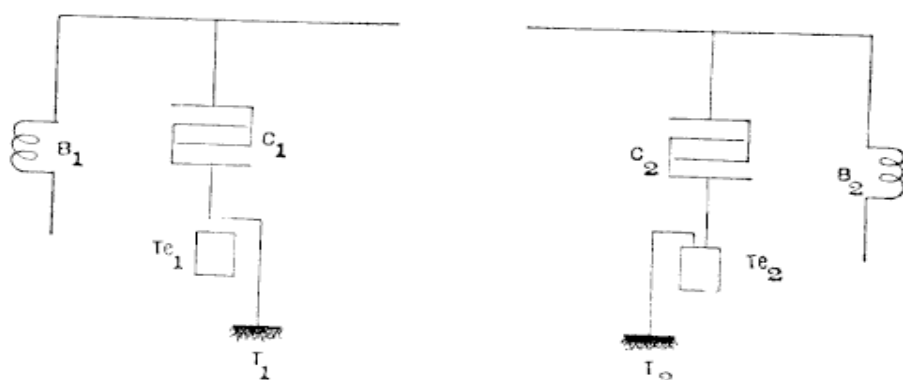


Fig. 124. — Appropriation d'un fil télégraphique pour la téléphonie simultanée

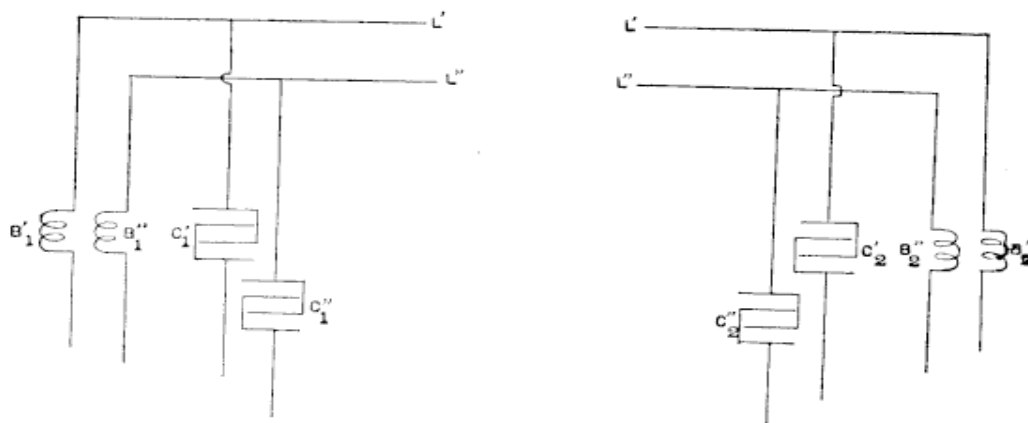


Fig. 125. — Appropriation de deux fils télégraphiques pour la téléphonie simultanée, système Van Rysselberghe.

Lance-t-on un courant télégraphique sur le fil L' , il charge les condensateurs correspondants C'_1 , C'_2 et un certain flux d'électricité traverse partiellement le circuit téléphonique. Mais, étant *gradué*, il ne fait entendre aucun son dans les téléphones. Si, au contraire, une communication est engagée entre les postes téléphoniques, les courants émis par les microphones traversent parfaitement les quatre séparateurs C'_1, C''_1, C'_2, C''_2 , se dérivent en *minime* quantité vers les postes télégraphiques, par suite de l'obstacle considérable que leur présentent les électro-graduateurs $B'_1 B''_1$, etc..., et les récepteurs Morse dont l'effet s'ajoute aux électro-graduateurs, et restent donc presque entièrement confinés dans le circuit téléphonique où ils actionnent les téléphones, comme si l'on disposait d'un raccordement distinct.

On a d'abord utilisé pour la téléphonie des circuits télégraphiques directs, en les disposant, bien entendu, de manière à éviter l'induction mutuelle, c'est-à-dire en adoptant pour constituer un circuit les fils les plus voisins, éloignant les divers circuits l'un de l'autre et les établissant autant que possible, dans des plans à angle droit.

A la tête des poteaux, on emploie toujours les ferrures représentées fig. 90 et 91, p. 172. Mais, lorsque par suite de l'augmentation du trafic les circuits téléphoniques se sont multipliés, on a été amené à approprier également au système les fils omnibus (1), c'est-à-dire ceux reliant les bureaux intermédiaires. Dans ce cas, on a encore appliqué

(1) Fils omnibus, ceux qui entrent dans les bureaux intermédiaires où l'on peut les relier aux appareils de transmission et de réception; par opposition à fils directs, ceux qui vont de station principale à station principale, sans entrer dans les bureaux secondaires.

l'importante propriété des condensateurs de former barrage pour les courants télégraphiques, sans exercer d'influence nuisible sensible sur la propagation des courants téléphoniques, en réunissant les fils omnibus par un condensateur de $0,5 \mu F$, appelé connecteur.

Voyons maintenant quels sont les appareils spéciaux nécessités par le système que nous étudions, dans les bureaux téléphoniques centraux.

Appareils spéciaux au système Van Rysselberghe. Vibreur. — Nous savons que des courants variables seront seuls transmis par le circuit télégrapho-téléphonique. En outre,

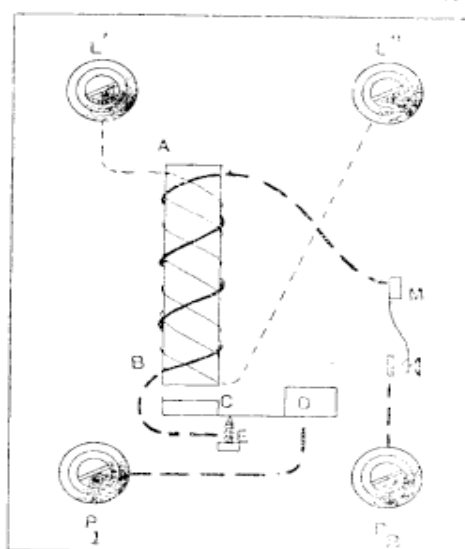


Fig. 126. — Transmetteur d'appel phonique.

le circuit étant résistant, il sera nécessaire de disposer d'une source énergétique de courant. L'appel est donc produit au moyen d'une petite bobine d'induction, représentée fig. 126 et portant le nom de vibreur ou transmetteur d'appel phonique.

AB est son barreau en fer doux, recouvert d'un enroulement à gros fil ou circuit primaire et d'un enroulement à fil fin ou circuit secondaire.

Le circuit primaire est en connexion d'une part, avec un bouton de pression M et une borne P_2 à laquelle vient s'attacher un des pôles d'une pile; d'autre part, avec la vis E, le marteau vibrant CD et une borne P_1 à laquelle se rattache le second pôle de la pile.

En poussant le bouton M au contact de son plot, le circuit primaire est fermé, le courant prenant naissance

aimante le barreau AB qui attire l'armature CD, laquelle rompt le circuit. Le courant cesse et l'aimantation disparaît. Le marteau revient au contact par suite de son élasticité, ce qui permet au courant de s'établir de nouveau. L'oscillation se reproduit. Le primaire est donc parcouru par des courants interrompus, lesquels engendrent des courants ondulatoires dans le circuit secondaire dont les deux bornes L' et L'' sont mises en relation avec les fils allant vers les condensateurs séparateurs C', C'' , lorsqu'on veut produire l'appel.

Le circuit primaire a une résistance de 0,2 ohm et le secondaire de 1000 ohms.

Ceci est l'appareil usité dans les réseaux à circuit métallique.

Lorsque le réseau est à fil simple, on utilise le transformateur que nous étudierons plus loin, pour la transformation des courants, et le vibreur que nous venons de décrire, se simplifie par la suppression de l'enroulement secondaire.

Récepteur d'appel phonique. — Les courants ondulatoires transmis par le circuit télégrapho - téléphonique, sont reçus et décelés au bureau téléphonique correspondant au moyen du récepteur d'appel phonique, représenté fig. 127 et 128, dérivé de l'appareil du même nom imaginé par M. Sieur.

Il se compose de deux bobines F' et F'' dont les

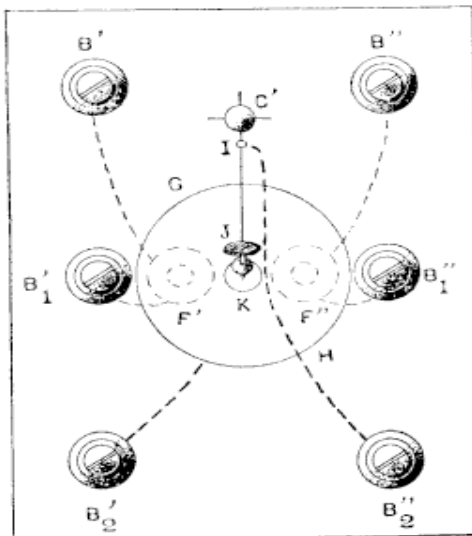


Fig. 127. — Récepteur d'appel phonique.

noyaux en fer doux, polarisés par un aimant plat en fer à cheval AA, agissent sur une membrane vibrante circulaire

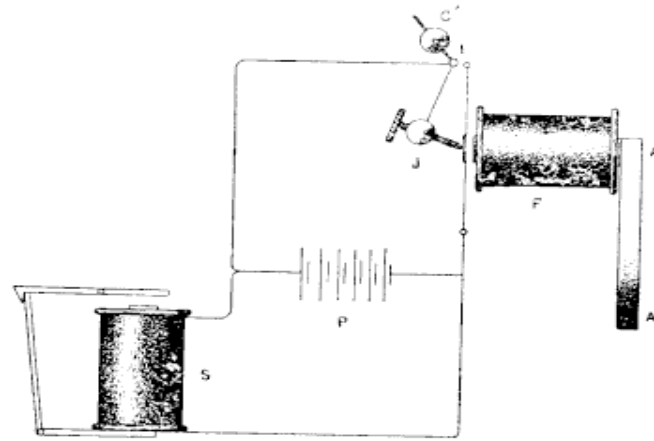


Fig. 128. — Schéma du montage d'un récepteur d'appel phonique.

GH en fer doux également. Au centre de celle-ci se trouve un disque en platine K, sur lequel repose un petit marteau métallique J, articulé en I et portant en ce point une petite tige en retour d'équerre

(voir fig. 128) filetée à son extrémité, le long de laquelle peut se déplacer une sphère en cuivre C'. Cette sphère est taraudée au diamètre de la tige. Son déplacement permet d'augmenter ou de diminuer la pression exercée par la pointe J sur le disque.

Aux bornes B'_2 et B''_2 aboutissent les pôles d'une pile ; les bornes B' et B'' sont reliées à la ligne. Nous supposons pour le moment B'_1 et B''_1 connectées ensemble.

Les courants lancés par le transmetteur d'appel phonique du bureau en correspondance, aboutissent aux bornes B' , B'' et traversent les bobines F' , F'' , en modifiant l'aimantation de leurs noyaux ; la plaque GH entre en vibration, le marteau J également, d'où rupture de son contact avec la plaque K. La pile P, qui est fermée sur le circuit IJK et sur un annonceur S (fig. 128), envoie dès lors tout son courant dans celui-ci, ce qui provoque le déclenchement de son volet, lequel peut fermer par sa chute le circuit d'une sonnerie vibratoire.

La résistance de chacune des bobines F est de 50 ohms.

Ce montage présente les inconvénients : 1° de mettre la pile P en court-circuit, d'où usure relativement importante et inutile de celle-ci ; 2° d'aimanter le noyau de l'annonciateur S, ce qui exige un réglage de son armature.

Modification de M. de la Touanne. — Pour y remédier, M. de la Touanne, ingénieur des télégraphes français, a imaginé d'enrouler sur la bobine de l'annonciateur S, une seconde bobine, en sens inverse de la première et de l'intercaler dans le circuit du pendule J. Quand celui-ci est au repos, l'action des deux courants se neutralise ; quand il oscille, l'un des deux prédomine, d'où le fonctionnement décrit plus haut.

Nous avons supposé que les deux bornes $B'_1 B''_1$ (fig. 127) étaient reliées directement. En pratique, dans le montage primitif du système, on y rattache à l'aide de certains dispositifs que nous étudierons plus loin, soit les fils de ligne d'un abonné à double fil qui désire communiquer à grande distance, soit le circuit à fil fin ou secondaire d'un translateur, s'il s'agit d'un abonné à fil unique.

Translateur. — Le translateur est une bobine d'induction qui permet de transposer les ondes téléphoniques, d'un circuit à simple fil sur le circuit télégrapho-téléphonique à double fil.

Celui adopté par Van Rysselberghe et représenté fig. 129 se compose de deux bobines d'induction disposées perpendiculairement l'une à l'autre sur une planchette.

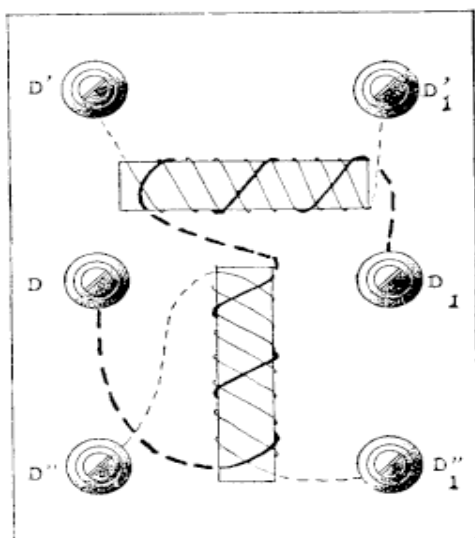


Fig. 129. — Translateur.

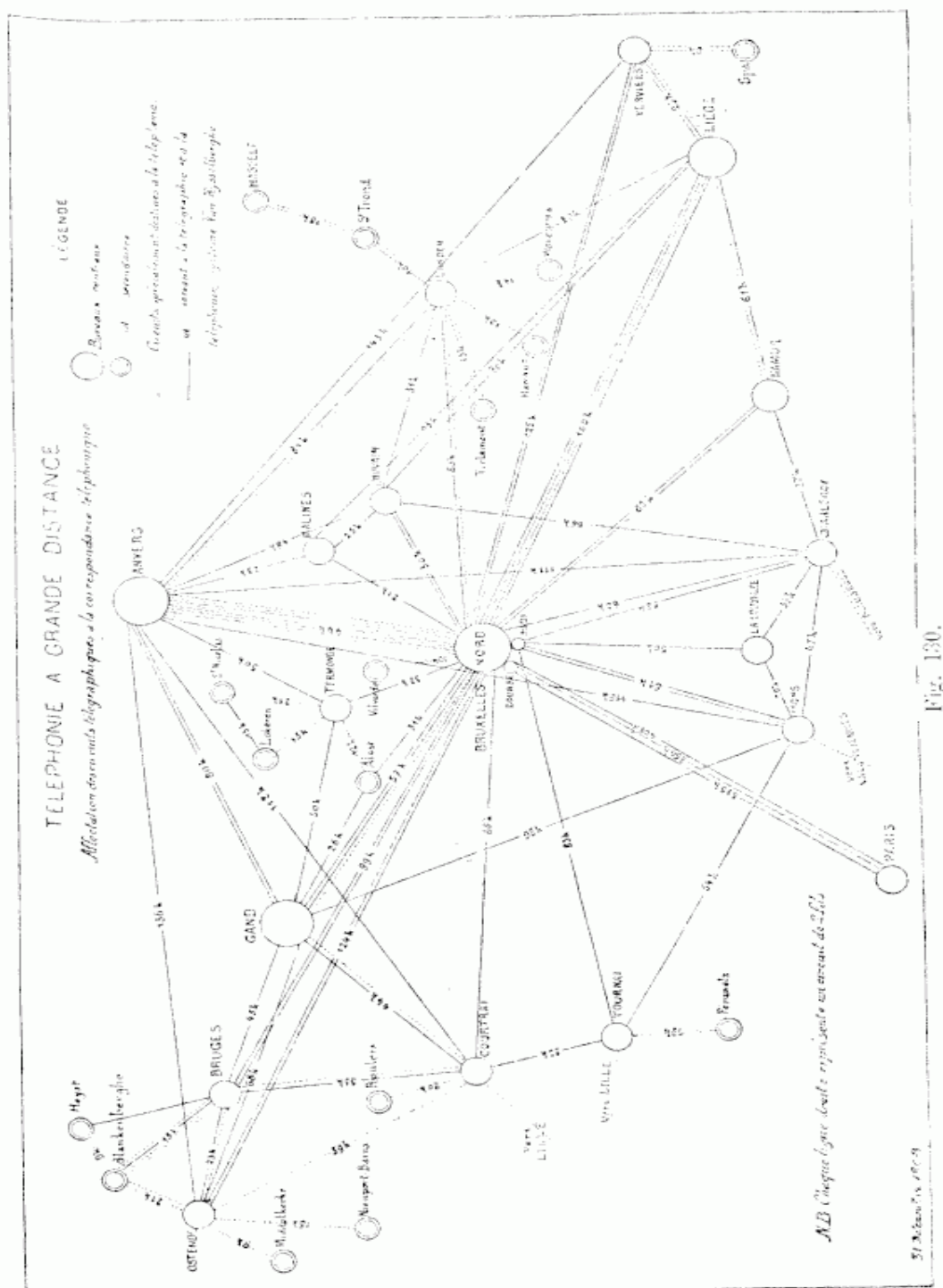
Le noyau des bobines est un tube de fer fendu longitudinalement d'une longueur de 78 millimètres, dont le diamètre intérieur est d'un centimètre et le diamètre extérieur 1^{er}3. Sur ce tube sont fixées deux joues en bois, entre lesquelles se trouve enroulé le fil des bobines.

La bobine centrale est formée de 20 couches de fil de 0,23 millimètre de diamètre, ayant une résistance de 80 ohms environ. La bobine extérieure a également 20 couches en fil de 0,16 millimètre de diamètre d'une résistance de 300 ohms.

Lorsqu'on veut permettre à un abonné à simple fil d'utiliser le circuit télégrapho-téléphonique, on relie sa ligne en D par exemple, la borne D₁ étant sur terre. D'autre part, D'₁ et D''₁ sont connectées entre elles, D' est relié à B''₁ (fig. 127) et D'' à B'₁, tandis que B' et B'' sont rattachées aux fils de ligne, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Le système Van Rysselberghe a été généralement appliqué en Belgique, il y a quelques années. Actuellement, pour satisfaire aux besoins croissants de la téléphonie à grande distance, on construit surtout des circuits spéciaux. La figure 130 donne l'état du réseau belge au 31 décembre 1893.

Appréciation du système Van Rysselberghe. — Si d'une part le système Van Rysselberghe permet d'économiser les circuits à double fil qui relient les villes importantes du pays, il impose d'autre part l'obligation : 1^{re} de munir des appareils d'anti-induction dont nous avons parlé, tous les conducteurs télégraphiques fixés sur les poteaux supportant les circuits mixtes ; 2^o de renforcer les piles de tous les bureaux (en Belgique les piles ont été majorées dans la proportion de $\frac{12}{30}$), à cause de la forte résistance supplé-



mentaire que les graduateurs introduisent dans les reliefs télégraphiques; 3° enfin, de multiplier les sources de dérangement des raccordements téléphoniques et rendre fort difficile leur recherche, d'où augmentation notable du coût d'entretien, relativement à celui qu'exigeraient des circuits spéciaux.

On peut se rendre aisément compte de ce dernier point, en considérant que lorsqu'une communication requiert l'emploi de deux circuits télégrapho-téléphoniques (par exemple une communication Bruges-Anvers établie par l'intermédiaire du bureau central de Bruxelles), ce qui, pour n'être pas le cas général, se présente cependant journellement et doit par conséquent être examiné, il existe dans le circuit mixte temporairement formé, 35 appareils supplémentaires dus au système Van Rysselberghe. Ils se subdivisent comme suit :

16 électro-graduateurs.

8 condensateurs de 2 μ F.

8 séparateurs (condensateurs de 0,5 μ F).

3 récepteurs d'appel phonique.

Les dix-neuf derniers sont très délicats.

Enfin, et c'est peut-être le point le plus faible du système, des perturbations sont souvent occasionnées par des postes télégraphiques éloignés des circuits affectés. Dans le système télégraphique adopté en Belgique, en effet, on établit des communications directes, c'est-à-dire que tout bureau télégraphique transmet *directement* sa dépêche au bureau de destination. Des mises en communication sont effectuées dans les bureaux intermédiaires, s'il y a lieu. Il arrive donc que les fils de petits bureaux éloignés des grandes artères téléphoniques sont momentanément connectés avec les fils télégraphiques des circuits

mixtes. Si leurs appareils anti-inducteurs ne sont pas en bon état, leur transmission affecte la correspondance téléphonique et, lorsque le personnel technique averti vient faire des recherches, le dérangement a disparu, parce que la transmission du petit bureau a cessé et sa ligne est déconnectée.

En somme cependant si, admis exclusivement pour des reliements courts et nombreux, le système Van Rysselberghe est onéreux, il n'en est pas moins vrai qu'il existe une certaine longueur pour laquelle la dépense supplémentaire qu'il impose, équilibre les avantages qu'il procure. Lorsque cette longueur est dépassée, il devient économique et d'autant plus, que les localités à desservir sont en moins grand nombre et plus lointaines.

Il a présenté en Belgique, l'incontestable utilité de permettre d'emblée l'ouverture d'un grand nombre de relations interurbaines, que les ressources budgétaires n'eussent pas permis de réaliser, s'il avait fallu établir de toutes pièces des lignes distinctes.

Système de M. Pierre Picard. — M. Pierre Picard a fait récemment breveter (20 janvier 1891) un système de télé-

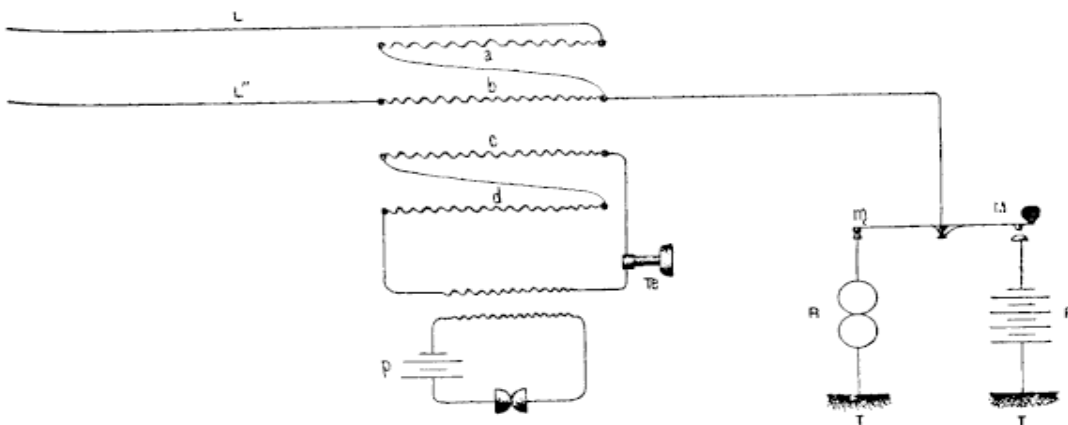


Fig. 131. — Télégraphie et téléphonie simultanées, système Pierre Picard.

graphie et téléphonie simultanées, obtenu par l'emploi d'un translateur différentiel qui n'est autre chose qu'une bobine d'induction à quatre fils de dimensions et résistances égales, parallèles et enroulés ensemble sur un noyau de fer doux.

Le montage de l'installation est représenté fig. 131.

Deux quelconques des fils du transformateur différentiel, a et b par exemple, sont reliés entre eux par leurs extrémités opposées; à chacune des autres extrémités vient s'attacher l'un des deux conducteurs de ligne; ceux-ci se trouvent ainsi bouclés pour constituer le circuit téléphonique de ligne et ils sont en même temps associés en quantité pour servir de ligne télégraphique. Les deux autres fils c et d du transformateur sont également réunis l'un à l'autre par leurs extrémités opposées et font partie du circuit local d'une installation téléphonique ordinaire.

Les quatre fils du transformateur différentiel concourent donc à former deux circuits seulement; a et b sont communs au circuit télégraphique et au circuit téléphonique de ligne; c et d sont compris dans le circuit téléphonique local.

Les parties des circuits téléphoniques de ligne et local comprises dans le transformateur doivent avoir le même nombre de tours, pour que les actions inductrices réciproques soient égales.

On voit aisément en examinant le diagramme :

1° Que les courants télégraphiques, qui se partagent par parties égales et suivent la même direction sur les deux conducteurs de ligne, ont une direction opposée dans les enroulements a et b et n'exercent par conséquent aucune induction sur le circuit téléphonique local;

2° Que les courants téléphoniques parcourent les

enroulements *c* et *d* dans le même sens et induisent dans les enroulements *a* et *b* des courants ayant l'un et l'autre le même sens. La bobine d'induction les transmet donc d'une manière normale.

Quant aux appareils d'appel, ils sont analogues à ceux que nous avons vus pour le système précédent.

Le système Pierre Picard a été appliqué avec succès, au circuit téléphonique Paris-Lyon et mis en service sur quelques autres reliements. Nous ignorons les résultats définitifs de cet essai.

Comparaison du système Pierre Picard au système Van Rysselberghe. — Si nous comparons le dispositif de M. Picard à celui de Van Rysselberghe, nous constatons qu'il est beaucoup plus simple que ce dernier, mais : 1° tandis qu'un circuit télégrapho-téléphonique de Van Rysselberghe fournit un circuit téléphonique et deux lignes télégraphiques, le système Picard ne donne dans les mêmes conditions qu'un circuit téléphonique et une ligne télégraphique, soit une ligne télégraphique en moins ; 2° les courants téléphoniques subissent une double transformation, qui n'existe pas, dans le système Van Rysselberghe, pour les abonnés à double fil. Cette transformation ne se fait pas sans un certain déchet. On sait que le coefficient d'utilisation d'un transformateur est d'autant moins élevé qu'il fonctionne sous une plus faible charge. On est donc autorisé à assigner un rendement peu élevé à la bobine d'induction, actionnée par des courants téléphoniques si faibles et nous pensons compter très largement, en fixant ce rendement à 0,9.

Dans ce cas assurément favorable, l'énergie téléphonique disponible au raccordement de départ, sera réduite à $0,9 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,9 = 0,65$ seulement sur le raccorde-

ment d'arrivée, en supposant tous les fils en parfait état et l'emprunt *de deux circuits mixtes*. Cette hypothèse doit évidemment être envisagée; elle se réaliserait tous les jours dans une application générale du système.

Au point de vue absolu, on n'économise donc qu'un fil de ligne sur trois, car un relèvement télégraphique et un relèvement téléphonique ordinaires exigent trois fils, tandis que le même résultat est ici obtenu avec deux. On gagne donc moins du tiers du coût de la ligne (le prix des poteaux et les frais qu'ils entraînent, ne croissant pas proportionnellement au nombre de fils), mais on doit consentir une réduction d'intensité qui peut devenir notable.

Cette réduction paraît peu justifiée, en présence de l'importance que prennent les relations téléphoniques interurbaines et des efforts que l'on fait pour en étendre le champ.

§ 2. — TÉLÉGRAPHES HARMONIQUES OU PHONO-MULTIPLEX; PHONOPORE DE M. LANGDON-DAVIES.

Les télégraphes harmoniques sont basés sur la propriété des courants ondulatoires de diverses périodes, de se superposer parfaitement, en donnant un courant résultant dans lequel des récepteurs appropriés peuvent déceler et en quelque sorte trier les courants ondulatoires constituants.

Si le courant ondulatoire résulte, par exemple, de la superposition de courants à nombres d'ondes égaux à ceux du la^1 , do^1 , mi^1 et qu'on lui fasse traverser un récepteur qui ne donne que le mi^1 , comme le monotéléphone Mercadier, ce récepteur fournira le mi^1 sous l'influence du courant composé, comme si les courants relatifs au la^1 et do^1 n'y existaient pas. Si le

récepteur était accordé pour une autre note que le la¹, do¹ ou mi¹, le courant résultant considéré le traverserait sans l'influencer d'une manière sensible.

Il y a là un fait analogue à celui qu'on observe avec les résonnateurs de Helmholtz, qui ne sont impressionnés par une onde musicale complexe que pour autant que leur son propre ou spécial entre dans la composition de cette onde.

Système Varley. — Le système Varley, dont le brevet date de 1870, comportait un diapason dont la tige vibrante entretenait électriquement son mouvement par les contacts qu'elle établissait, quand le circuit des conducteurs était fermé au moyen d'une clé Morse. Les courants interrompus produits étaient en outre envoyés successivement dans les deux circuits primaires enroulés en sens inverse d'une bobine d'induction.

Le circuit secondaire de la bobine était réuni d'une part à la terre, d'autre part à un fil télégraphique ordinaire, par l'intermédiaire d'un condensateur.

Les courants télégraphiques étaient arrêtés vers la transmission phonique par le condensateur, lequel, en vertu de la propriété bien connue de cet appareil — que nous avons vu mettre à profit dans le système Van Rysselberghe — laisse parfaitement passer les courants ondulatoires engendrés. Ceux-ci ne nuisent en rien au fonctionnement de l'électro-aimant Morse ordinaire, vu son grand coefficient d'induction, obstacle aux courants rapidement variables, et ne l'actionnent pas. Ils peuvent être recueillis à la station télégraphique en correspondance, dans un appareil téléphonique ordinaire, mis en dérivation sur la ligne par l'intermédiaire d'un condensateur également.

Un abaissement prolongé de la clé morse donnait dans

le téléphone récepteur un son long correspondant à une barre ; un abaissement court donnait un son sec correspondant à un point.

Système de M. Paul Lacour. — L'appareil transmetteur est un électro-diapason de faible inertie, de manière à obtenir une mise en action immédiate et une cessation non moins immédiate du mouvement.

Le récepteur comporte un diapason en fer doux, dont chaque branche est introduite dans une bobine. En outre, deux électro-aimants réagissent très près et vers le dehors des extrémités des branches du diapason, de manière que les polarités qu'ils développent soient de sens contraire à celles données par les bobines enveloppant les branches vibrantes. Les quatre bobines sont interposées dans la ligne, de manière que leurs actions concourent au renforcement de l'effet attractif ou répulsif qui se manifeste entre les branches du diapason.

Système de M. Elisha Gray. — Dans la disposition qui parut à l'Exposition de 1878, les appareils transmetteurs comprennent (fig. 132) un diapason V à une branche, qui

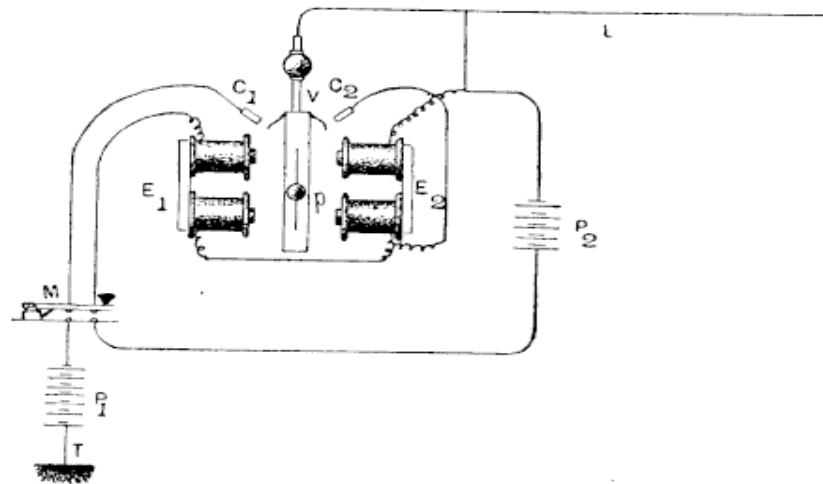


Fig. 132. — Transmetteur phonique de M. Gray.

vibre continuellement et qu'on peut accorder à la note voulue au moyen du curseur pesant p , glissant dans une rainure. La branche vibrante V , munie de chaque côté, droit et gauche, de deux ressorts pouvant prendre contact en C_1 et C_2 , oscille entre deux électro-aimants E_1 et E_2 alimentés par la pile P_2 et dont l'un E_2 a une action prépondérante.

La pile P_2 étant mise en circuit par l'abaissement de la clé Morse, les électros E_1 , E_2 fonctionnent. E_2 a, comme nous l'avons dit, une action prépondérante. Il attire donc la tige vibrante V , ce qui provoque le contact du ressort de droite avec C_2 . A ce moment, l'électro E_2 est en court-circuit, E_1 prend le dessus, ce qui rejette la tige vibrante vers la gauche et produit le contact du ressort de gauche avec C_1 . Le manipulateur Morse étant abaissé, le courant de la pile P_1 est envoyé sur la ligne. La lame V revient immédiatement vers C_2 sous l'influence prédominante de E_2 et ainsi de suite.

Le récepteur est un électro-aimant monté sur une caisse de résonance et dont l'armature est constituée par une lame de diapason solidement fixée sur la caisse. Cette armature porte également un curseur mobile dans une rainure, qui permet d'accorder les vibrations propres de la lame avec la note fondamentale de la caisse sonore.

D'après les journaux de l'époque (*Engineering* 1878) ce système aurait fonctionné avec succès sur les lignes de la Western-Union-Telegraph C^o de Boston à New-York et de Chicago à Milwaukee.

Phono-multiplex de M. Mercadier. — Le dispositif de M. Mercadier fonctionnait à l'Exposition de 1889. Le transmetteur est constitué par une bobine d'induction dont le circuit primaire comprend un manipulateur Morse,

une pile et un électro-diapason accordé pour une note déterminée ; le circuit secondaire est embroché dans la ligne, à l'autre extrémité de laquelle se trouve un monotéléphone du même inventeur, accordé à la note fournie par le diapason.

Dans ces conditions, le diapason entre en jeu chaque fois que l'on appuie sur le manipulateur. Il interrompt isochroniquement le circuit primaire de la bobine, d'où l'envoi, sur la ligne, de courants ondulatoires qui traversant la bobine du monotéléphone, le font résonner aussi longtemps que le manipulateur reste abaissé.

Ceci est le cas d'une transmission simple.

La transmission multiple s'en déduit fort aisément. On embroche en série, à une extrémité de la ligne, plusieurs transmetteurs ajustés chacun pour une note différente et à l'autre extrémité, des monotéléphones réglés pour recevoir les notes correspondantes.

Les courants ondulatoires multiples transmis sur le relèvement se superposent et donnent un courant résultant, duquel chaque monotéléphone prend la part qui lui revient, en vibrant seulement, lorsque le transmetteur qui lui correspond est actionné.

Pour passer à la transmission en multiplex, il suffit d'embrocher, après chaque transmetteur, les bobines de son récepteur et de compléter la station réceptrice par les appareils transmetteurs correspondants. Les dépêches multiples pourront dès lors être véhiculées dans les deux sens.

Phonopore de M. Langdon-Davies. — L'appareil caractéristique du système est un transmetteur dont les propriétés tiennent à la fois du transformateur et du condensateur. C'est une bobine d'induction dont le circuit

primaire *cc* (fig. 133) présente plusieurs enroulements

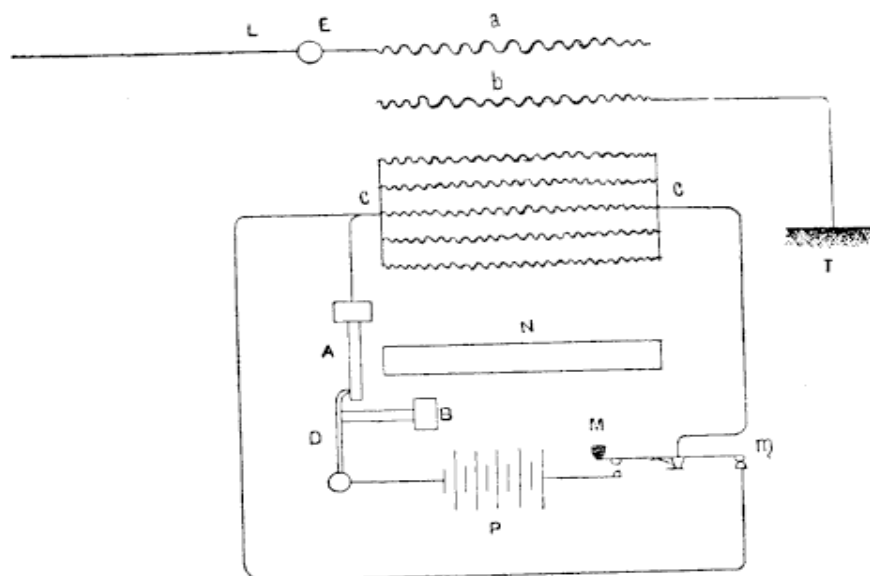


Fig. 133. — Transmetteur phonoporique.

égaux unis en quantité, tandis que le circuit secondaire est constitué par deux enroulements isolés *a* et *b*. Une des extrémités de *b* est reliée à la terre T, l'extrémité opposée de *a* au récepteur, puis à la ligne; les deux autres bouts restent isolés. Tous ces circuits sont enroulés autour d'un noyau en fer doux N, fendu suivant une génératrice pour éviter la production des courants de Foucault.

Dans le circuit primaire se trouve une clé Morse *Mm* permettant, soit d'établir un court-circuit sur les bobines, position de repos; soit d'introduire une pile P et un interrupteur spécial DBA, position d'attaque.

Cet interrupteur se compose d'une lame vibrante A, d'une seconde lame vibrante D beaucoup plus légère et par conséquent facilement gouvernée par A, d'une vis de butée B.

La durée du contact entre A et D et, par conséquent,

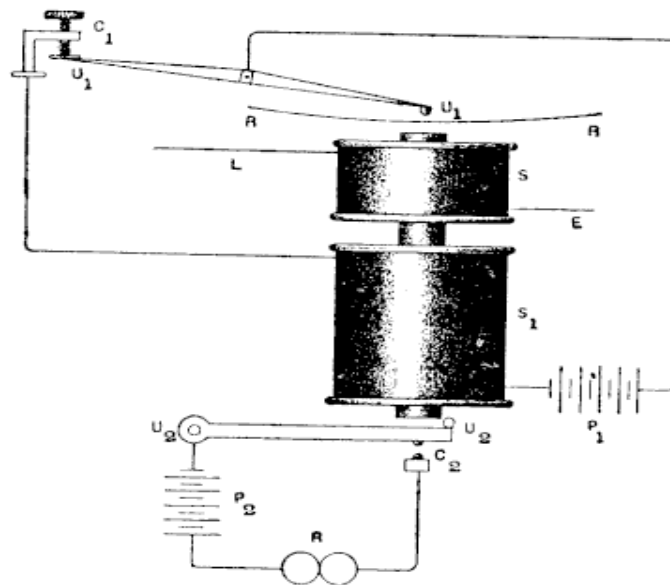
du passage du courant dans le circuit primaire, dépend de la position de la vis de butée. On la règle de manière que le contact ait exactement lieu pendant la moitié de la course de la languette R.

L'appareil rend alors un son musical, tandis que son circuit secondaire est parcouru par un courant ondulatoire de même période que le son simple produit.

Les courants variables seront donc transmis, mais les courants permanents ne passeront pas, vu l'ouverture du secondaire.

La subdivision du primaire en plusieurs enroulements égaux a pour but de diminuer son coefficient de self-induction, donc de réduire l'extra-courant de rupture et, par suite, de prolonger la vie du vibreur.

Le récepteur s'intercale entre la ligne et le transmet-



teur. Il se compose de deux bobines S et S₁ (fig. 134) chaussées sur un noyau commun. S est connecté à la ligne L d'une part, au transmetteur en E d'autre part. S₁, appelée par l'inventeur bobine *augmen-*

Fig. 134. — Récepteur phonoporique. *atrice*, est insérée dans le circuit local d'une pile P₁, d'un balancier U U₁ et d'un contact C₁. Entre le balancier

et le noyau se trouve une anche RR en fer doux, accordée au même nombre de vibrations que la languette rythmique du transmetteur et qui, en temps normal, est incurvée sous l'attraction du noyau des bobines.

Lorsqu'on fait fonctionner le transmetteur en abaissant la clé *Mm*, les courants sinusoïdaux lancés dans le récepteur font vibrer synchroniquement l'anche RR, qui rend le même son musical que le transmetteur.

On peut donc recevoir à l'ouïe des sons longs et courts, correspondant aux barres et points de l'alphabet Morse, et lire ainsi les dépêches transmises.

M. Langdon-Davies a été plus loin. Il obtient en outre l'enregistrement des barres et des points au moyen du dispositif très simple représenté au bas de la figure 134.

Quand le récepteur ne fonctionne pas, l'aimantation de son noyau maintient levé un levier $U_2 U_2$ faisant partie d'un circuit local comprenant une pile P_2 et un récepteur Morse ordinaire. Le circuit est donc coupé. Sitôt fonctionnement du récepteur et entrée en vibration de l'anche RR, l'amplitude des vibrations de celle-ci est assez grande, au bout d'un temps excessivement court, pour frapper le balancier $U_1 U_1$, rompre le circuit local $U_1 C_1 S_1 P_1$ et le maintenir rompu. A ce moment le levier $U_2 U_2$ retombe, le récepteur Morse est actionné et son traceur marque un trait, aussi longtemps que les courants rythmés traversent la bobine S.

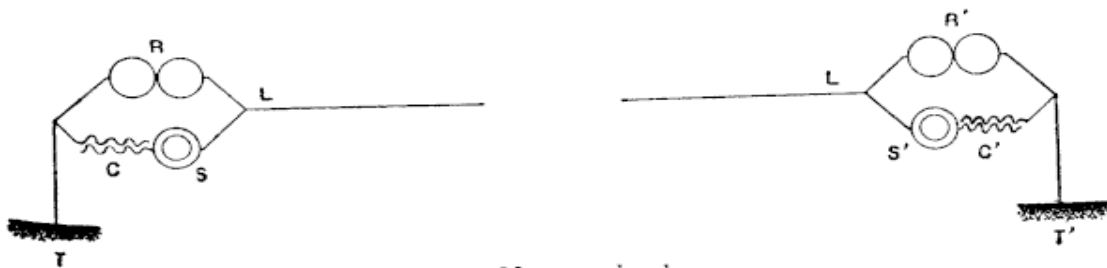


Fig. 135. — Montage du phonopore.

Le montage du poste phonoporique est représenté fig. 135. Il shunte les postes Morse ordinaires R et R'; mais ce shuntage n'est qu'apparent, puisque son circuit présente une solution de continuité.

La position des postes phonoporiques dans la ligne peut d'ailleurs être quelconque.

Si les postes Morse R et R' fonctionnent en simplex, la ligne servira à l'échange simultané de deux télégrammes : un Morse et un phonoporique. S'ils fonctionnent en duplex, trois transmissions s'échangeront simultanément, etc.

Remarquons en passant que la réception Morse réalisée exclusivement à l'ouïe fait rentrer le système télégraphique Morse dans le domaine de la téléphonie, car son récepteur devient ainsi un véritable monotéléphone.

Les appareils phonoporiques ont été bien étudiés au point de vue pratique. Lors de l'essai du système fait en Suisse, on a constaté que son fonctionnement produit une forte induction dans les lignes téléphoniques à simple fil même éloignées. Il est donc nécessaire de l'installer en circuit métallique.

CHAPITRE IX.

Les commutateurs téléphoniques.

Le cas d'une ligne réunissant simplement deux postes est de beaucoup le plus rare. Généralement plusieurs lignes, et dans les grandes villes des milliers de lignes, convergent vers un même point où il faut pouvoir, à volonté, les réunir entre elles deux à deux. On y parvient au moyen des commutateurs téléphoniques. On en

a imaginé un grand nombre, dont nous décrirons les types principaux.

Ils se divisent en trois catégories : les commutateurs à manettes, ceux à numéros (switchboards et tables multiples) et les commutateurs automatiques. Les premiers sont applicables à un nombre restreint de lignes, généralement 2 ; avec les seconds les reliements peuvent atteindre des chiffres considérables, 8 000, 10 000 et même 12 000 ; les troisièmes ne permettent de desservir qu'un faible nombre de postes, au maximum 25.

§ 1. — COMMUTATEURS A MANETTES.

Commutateur à deux directions pour lignes à un fil. —

Le commutateur à deux directions pour lignes à un fil, représenté fig. 136, se compose d'une lame en cuivre, généralement nickelée, pouvant pivoter autour d'un axe uni métalliquement à la borne de ligne A. A l'autre extrémité, la lame s'appuie soit sur un plot de contact E en relation avec la borne C, soit sur le plot D en relation avec la borne B. Le tout est fixé sur une planchette en noyer poli. Le déplacement de la lame est limité par deux tiges de butée a et a_1 .

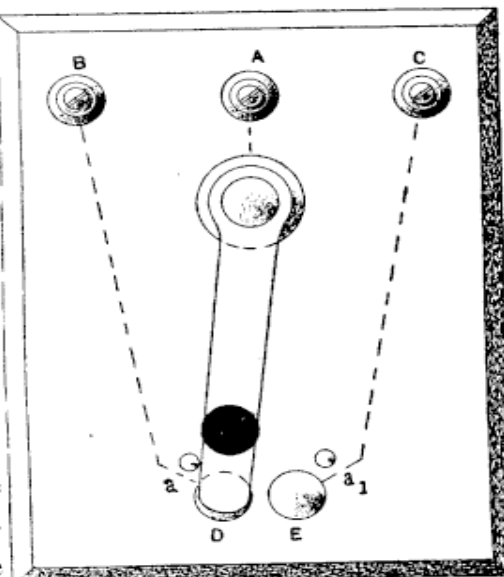
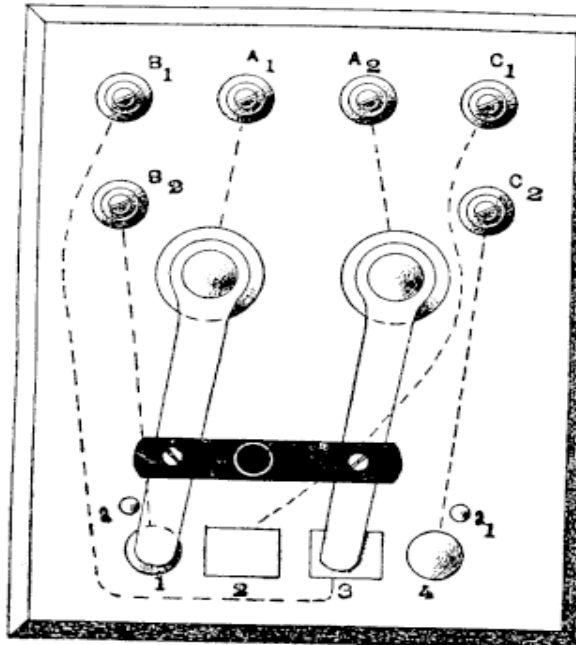


Fig. 136. — Commutateur à deux directions pour lignes à un conducteur.

Si un premier poste téléphonique se trouve rattaché à la borne C et qu'un second poste ou plus simplement une sonnerie électro-magnétique est rattachée à la borne B, on voit que dans la position de droite la ligne sera en



relation avec le premier poste, tandis que dans la position de gauche, elle sera reliée au second poste ou à la sonnerie électro-magnétique.

Commutateur à deux directions pour circuit métallique. — Ce commutateur, représenté fig. 137, joue pour les lignes à deux conducteurs le rôle du commutateur précédent pour les lignes à fil unique. 1, 3 sont

Fig. 137. — Commutateur à deux directions pour lignes à deux conducteurs.

des plots de contact en cuivre nickelé, en connexion avec les bornes B₂, B₁; 2 et 4 sont des plots semblables reliés à C₁ et C₂; a et a₁ des chevilles de butée limitant la course des manettes.

Commutateur pour poste intermédiaire, lignes à un fil. — Il arrive souvent, surtout le long des chemins de fer, que plusieurs postes sont embrochés dans un même circuit et qu'on tienne à empêcher les postes non en communication de pouvoir entendre la conversation qui s'échange sur la ligne. On y arrive au moyen du commutateur pour poste

intermédiaire (fig. 138) se composant d'un socle rectangulaire en noyer poli portant trois lames nickelées réunies

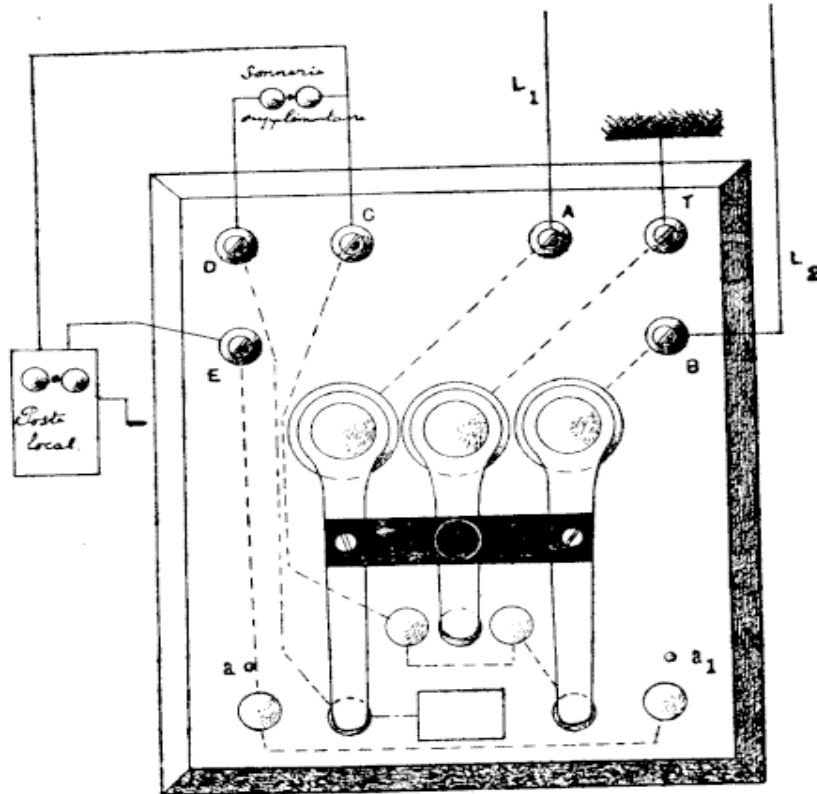


Fig. 138. — Commutateur pour poste intermédiaire, lignes à un conducteur.

par une traverse en ébonite (en noir sur le dessin). Dans la position intermédiaire ou normale représentée fig. 138, la sonnerie supplémentaire du poste est seule insérée dans le circuit. Elle permet, d'après son mode de fonctionnement, roulement bref, roulement long ou combinaison des deux, suivant le code Morse par exemple, de reconnaître quel est le poste demandé. Si c'est le poste local qui doit intervenir, le déplacement de la manette dans la position de gauche place ce poste sur la ligne L₁, la son-

nerie se trouvant en relation avec le circuit L_2 ; dans la

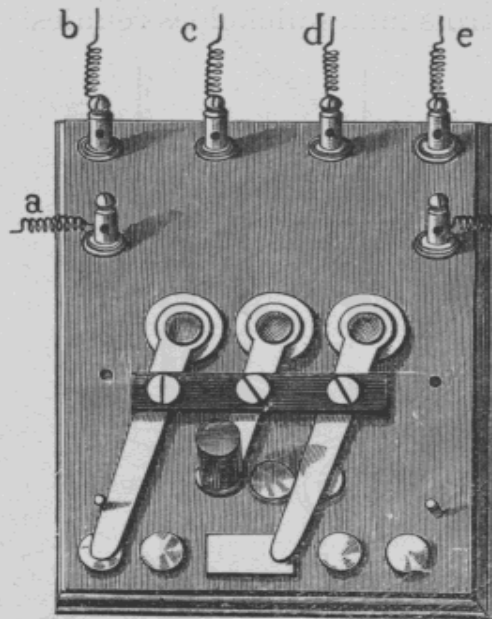


Fig. 139. — Vue extérieure.

position de droite, l'inverse se produit.

Si, par exemple, trois postes A, B, C sont reliés, que A sonne C et que, pendant la communication, B veuille s'intercaler dans le circuit, il empêche complètement la correspondance entre A et C, ce qui trahit son intrusion.

La fig. 139 donne une vue de ce commutateur.

Commutateur pour poste intermédiaire, lignes à deux fils. — a) A quatre manettes. — Il joue pour les lignes à deux conducteurs le même rôle que le précédent pour les reliements à un fil (fig. 140). Dans la position indiquée, la ligne L_1 est sur sonnerie électro-magnétique, la ligne L_2 en relation avec le poste local.

Dans la position intermédiaire, le poste local est mis en court-circuit au moyen de la connexion $M_2 4$, afin d'éviter qu'on y puisse entendre ce qui se dit sur les lignes L_1 et L_2 reliées par l'intermédiaire de la sonnerie électro-magnétique. On a remarqué, en effet, qu'il suffit que le poste local soit en relation par une de ses bornes seulement avec le circuit $L_1 L_2$, pour que, par suite des courants de charge des bobines du circuit secondaire du microphone et des téléphones, on puisse saisir tout ce qui

se dit sur le circuit $L_1 L_2$ (1). En établissant le court-circuit $M_2 4$, les courants de charge vont à la rencontre l'un de l'autre et ont alors un effet assez réduit pour rendre toute indiscretion impossible.

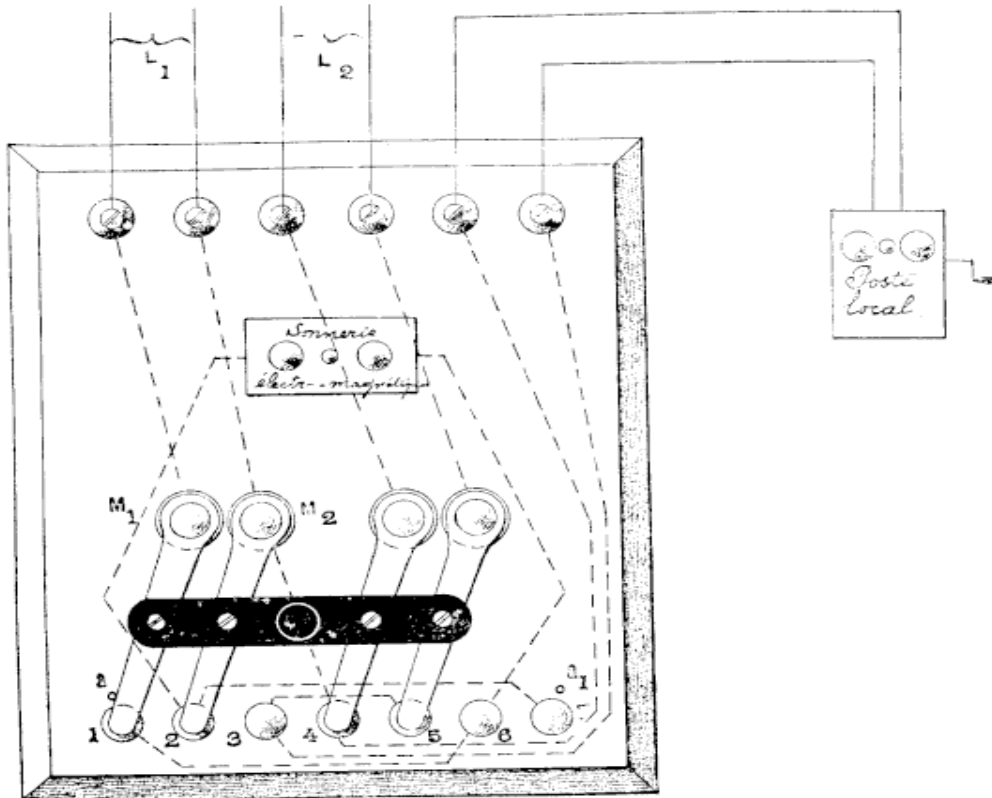


Fig. 140. — Commutateur pour poste intermédiaire, lignes à deux conducteurs.

Dans la position de droite, L_1 est sur poste et L_2 sur sonnerie.

Les commutateurs que nous venons de voir, présentent divers inconvénients, qui s'accroissent avec le nombre de lames frottantes qu'ils mettent à contribution.

Il est très difficile, en effet, d'obtenir de bons contacts sur tous les plots à la fois, aussi, les isollements y sont-ils

(1) Nous avons signalé ce fait au chapitre des pantéléphones spéciaux.

fréquents. En outre, la barrette en ébonite qui relie les lames se brise facilement et le commutateur étudié en dernier lieu, donne un point de contact entre les deux circuits, ce qui peut provoquer et accentuer les dérangements par mise d'un fil sur terre par exemple.

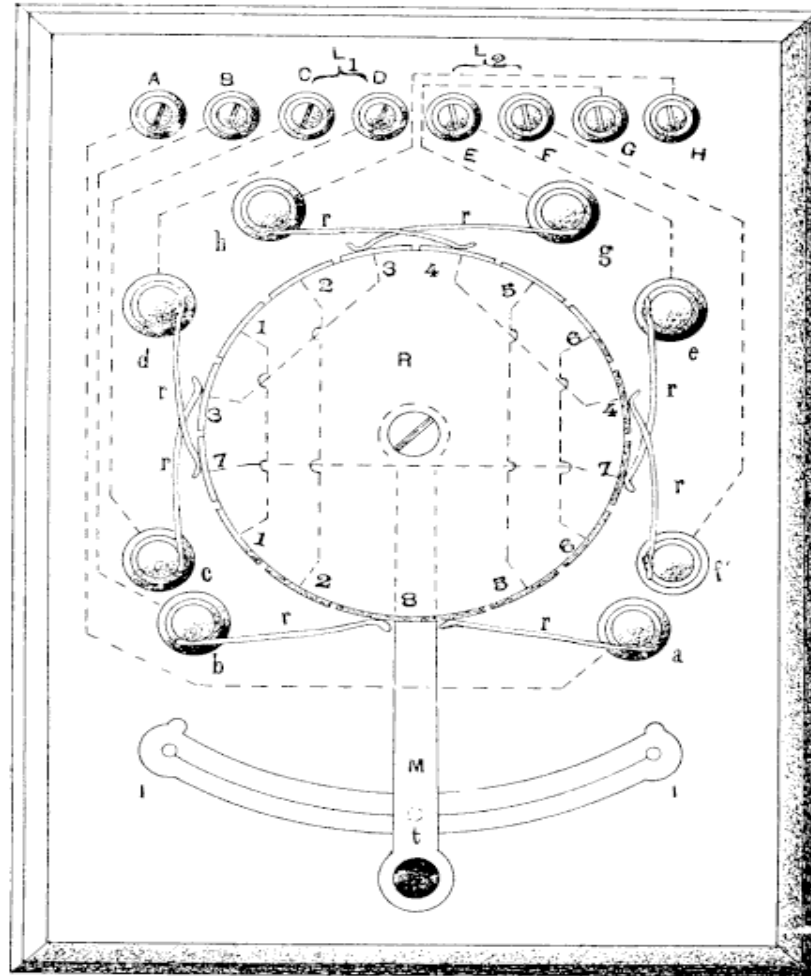


Fig. 141. — Commutateur à rotation pour poste intermédiaire, lignes à double fil.

b) *A rotation.* — Pour y remédier, nous avons combiné le commutateur représenté fig. 141. Il est constitué par

un disque en ébonite R pivotant autour d'un axe central au moyen de la manette M, sur le pourtour duquel sont fixés des segments cylindriques en métal 1-1, 2-2, 3-3,.... au nombre de 15, reliés comme l'indique le dessin. Des lames-ressort suffisamment longues $r, r, \dots$ viennent prendre contact sur ces segments. Elles sont reliées à des plots $a, b, c, \dots h$ en rapport eux-mêmes avec les bornes A, B, C,.... H.

Aux bornes A et B se rattache le poste local; aux bornes C et D la ligne L_1 ; aux bornes E et F la ligne L_2 ; aux bornes G et H, la sonnerie électro-magnétique.

Dans la position représentée sur la fig. 141, ou intermédiaire, le poste local P_0 est en court-circuit (voir aussi

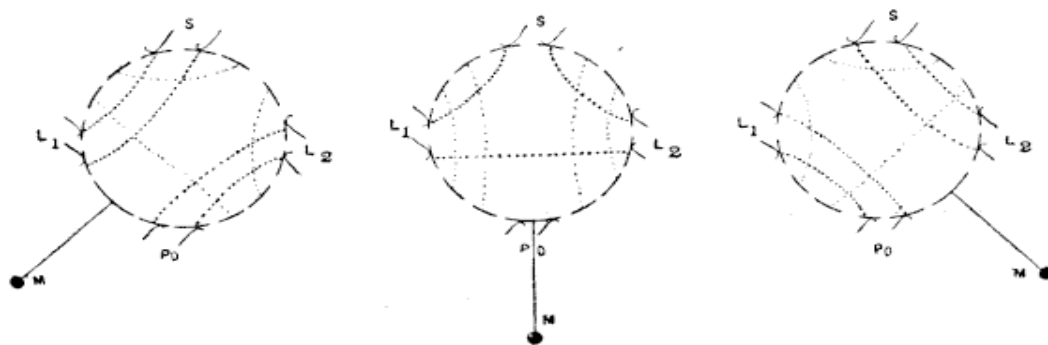


Fig. 142, 143, 144. — Schéma des connexions réalisées dans les trois positions. (fig. 143), les lignes L_1 et L_2 connectées entre elles, avec intercalation de la sonnerie S.

Dans la position manette à gauche de l'opérateur (fig. 142), le poste local P_0 est sur L_2 et la sonnerie S sur L_1 .

Dans la position manette à droite, P_0 est sur L_1 , S sur L_2 .

Une goupille t , fig. 141, entrant dans des trous ménagés dans la glissière II, assure l'invariabilité des positions successives du commutateur. Des butées fixes existent d'ailleurs aux deux positions extrêmes.

Les plots et le disque sont enfermés dans une caisse

rectangulaire en bois, ce qui met les contacts à l'abri des poussières.

Comme on le voit, l'appareil est simple, robuste, les contacts sont sûrs, aucun point de croisement n'existe dans les connexions de la planchette, ni aucune jonction entre les circuits dans n'importe quelle position.

§ 2. — COMMUTATEURS A NUMÉROS POUR PETITS BUREAUX.

On les dénomme ainsi, parce que dans les appareils de l'espèce qui desservent un grand nombre de lignes, l'appel d'un abonné a pour effet de faire tomber un volet avertisseur démasquant un numéro, lequel sert à désigner la ligne ou l'abonné.

En principe, chaque ligne y est reliée à un ou plusieurs springjacks et à un annonciateur.

On appelle *springjack* ou plus simplement *jack*, un contact entre lames-ressort, lequel contact peut être rompu au moyen d'une fiche métallique de forme appropriée.

La fiche est rattachée par un cordon souple à une autre fiche identique. Le cordon contient un ou deux conducteurs soigneusement isolés l'un de l'autre, suivant qu'il s'agit de ligne à un ou deux fils.

Un système de clés commutatrices permet d'établir la liaison entre les conducteurs des cordons et des appareils d'appel ou téléphoniques voisins du commutateur, en sorte qu'en insérant une fiche dans un jack, on peut se mettre en rapport avec l'abonné de la ligne correspondante. En insérant la seconde fiche du cordon dans le jack d'une autre ligne, les deux abonnés correspondants sont réunis et peuvent entrer en communication, si l'on a eu soin de les prévenir au préalable.

Divers types de jacks. — 1° *Jacks à simple rupture.* — Le jack se composait très simplement, au début, d'une

lame en cuivre AB (fig. 145) venant appuyer sur une



Fig. 145. — Jack à simple rupture, 1^{er} type.

partie massive GE, en cuivre également, perforée d'un trou cylindrique dans lequel peut s'engager le cylindre métallique antérieur de la fiche dont l'extrémité rompt le contact de la lame AB avec la partie massive.

Plus tard, on ajouta une seconde lame EF (fig. 146),

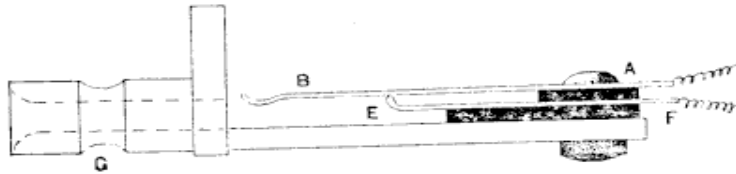


Fig. 146. — 2^e type.

afin d'obtenir un contact plus sûr, en vertu de l'élasticité des deux lames.

Enfin, dans le but de mieux répartir les pressions et d'assurer davantage la conductibilité électrique du contact, la *Bell Telephone Manufacturing Cy* d'Anvers a construit le jack représenté en élévation et coupe fig. 147 et 148.

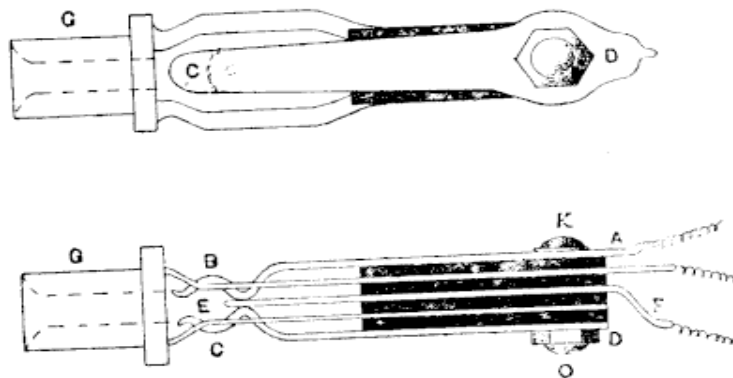


Fig. 147 et 148. — 3^e type.

Deux lames élastiques en maillechort AB, CD, sont reliées métalliquement entre elles par une tige KO et viennent appuyer, dans leur partie doublement recourbée, sur une lame centrale EF.

Entre ces trois lames, séparées par des plaquettes en ébonite, s'en intercalent deux autres en maillechort également, rattachées à la partie massive en cuivre du jack et isolées des précédentes.

La partie massive possède un rebord percé de trous, qui permettent la fixation du jack dans des panneaux en bois, au moyen de vis.

Trois des lames sont terminées par des expansions où se font les soudures de connexion ; le tout est serré par un écrou D se vissant sur le bout fileté de la tige KO.

2° *Jacks à double rupture.* — Certains appareils exigent qu'on produise une double rupture dans les connexions aboutissant au jack, lorsqu'on y introduit une fiche.

Le jack reçoit alors une lame additionnelle IJ (fig. 149)

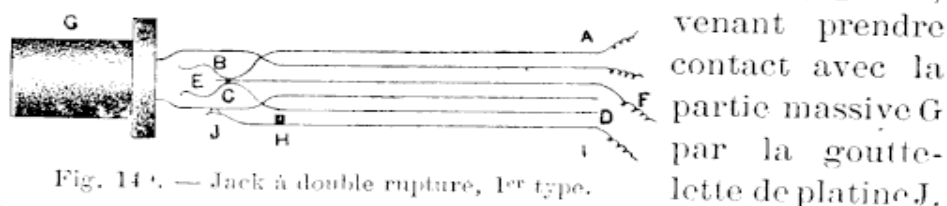


Fig. 149. — Jack à double rupture, 1^{er} type.

Un butoir en ébonite H, est disposé de telle façon que la lame CD, dans son déplacement, vienne heurter le bloc H et provoque ainsi la rupture des contacts.

Visant encore à obtenir la symétrie dans ce jack, la *Bell*

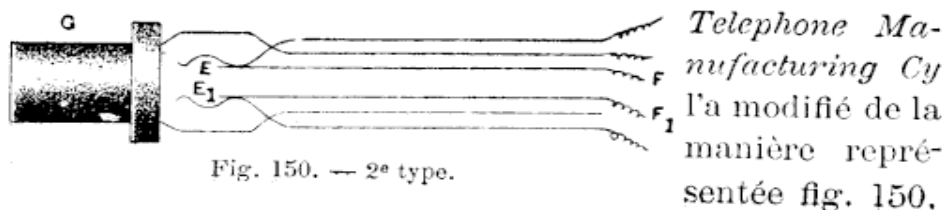


Fig. 150. — 2^e type.

Telephone Manufacturing Cy l'a modifié de la manière représentée fig. 150.

C'est, en somme, le jack de la fig. 148, dont la lame centrale est dédoublée en deux autres EF, E_1F_1 .

Fiches. — a) *Pour fil unique.* — La fiche pour fil unique est représentée en profil et coupe (fig. 151 et 152). C'est un cylindre en laiton échancré vers son milieu pour loger la

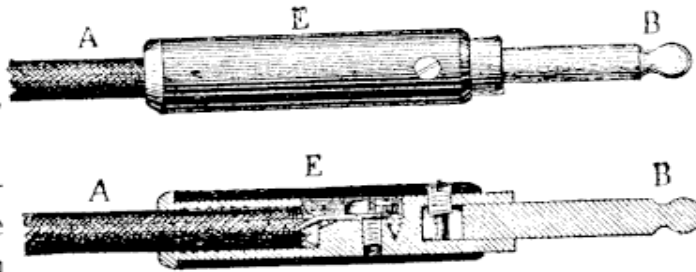


Fig. 151 et 152. — Fiche pour lignes à fil unique.

vis V sous laquelle est pincé le fil conducteur. Celui-ci occupe la partie centrale du cordon souple. La portion du cylindre AB comprise entre A et V est taraudée intérieurement et livre passage au cordon souple dont la tresse extérieure est vissée de force dans le tube ainsi constitué. La partie antérieure est de plus faible diamètre et se termine par une pointe sphérique B. Une gaine isolante E, assujettie par une vis, recouvre la partie de la fiche qu'on saisit à la main et protège en même temps la connexion du fil avec le cylindre métallique.

b) *Pour double fil.* — La fiche pour lignes à circuit métallique est représentée en coupe (fig. 153).

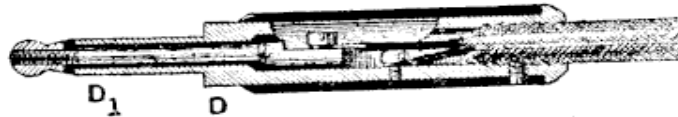


Fig. 153. — Fiche pour lignes à double fil.

Dans celle-ci, la partie centrale du cylindre en cuivre est évidée et occupée par un petit cylindre en fer, en relation d'une part avec la tête de la fiche qui s'engage entre les lames du jack, d'autre part avec le second fil conducteur du cordon souple. Le premier conducteur est relié au cylindre métallique prolongé après l'épaule D par la partie

cylindrique D_1 de moindre diamètre, isolée du cylindre en fer.

Il résulte de cette disposition qu'en enfonçant la fiche dans un jack, sa pointe, reliée à la partie métallique centrale et de là à un des cordons, vient en contact avec les lames flexibles recourbées du jack, tandis que le cylindre antérieur D_1 relié à l'autre conducteur du cordon, est en contact avec la partie massive du jack par le canon G de celui-ci. La ou les lames centrales EF restent isolées.

Clés. — Les clés sont des commutateurs spécialement appropriés au travail téléphonique. Elles sont montées sur les cordons souples armés des fiches que nous venons d'étudier, et servent à établir aisément, les connexions nécessitées notamment par les relations de service échangées entre les employés des bureaux centraux et les abonnés.

On en a imaginé un grand nombre. Nous décrirons seulement la clé Dewar qui a été et est encore employée dans un grand nombre d'appareils de commutation.

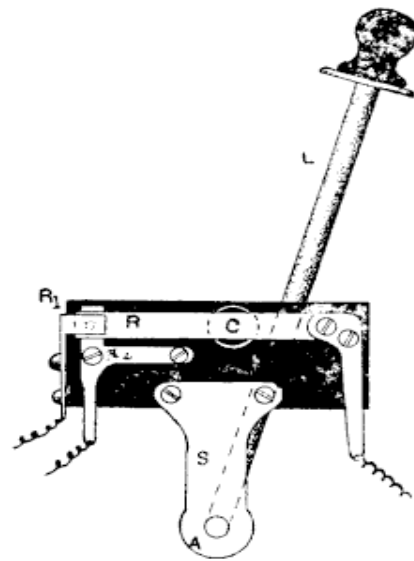


Fig. 154. — Clé Dewar (élévation).

Clé Dewar. — Elle se compose (fig. 154 et 155) de deux ressorts R, R , munis de pastilles platinées qui en temps normal appuient sur les lames R_2 et R'_2 . Lorsqu'on déplace le levier L (vers la gauche du dessin), sa tige écarte deux cylindres en ébonite C, C' , qui rompent les contacts avec R_2 et R'_2 pour les établir avec R_1 et R'_1 .

Les lames-ressorts R et R sont reliées chacune à un des deux conducteurs des cordons de connexion munis des fiches a et b ; R_2 et R_2' sont en relation avec un annonceur A à grande résistance et fort coefficient d'induction; enfin R_1 et R_1' sont rattachés aux bornes du poste téléphonique local M .

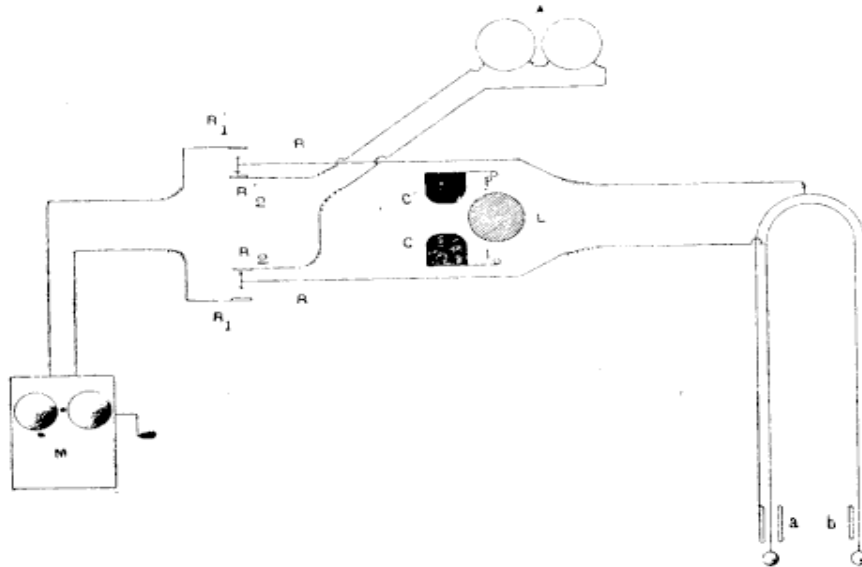


Fig. 155. — Schéma des connexions.

Pour communiquer avec une ligne quelconque, il suffit donc d'enfoncer dans son jack une des fiches a ou b et de faire basculer la clé.

En rétablissant la clé dans sa position normale, on remplace le poste local par l'annonceur de fin de communication A , lequel, si les deux fiches sont utilisées, reste en dérivation sur les circuits reliés.

L'annonceur A déclenche, lorsque les correspondants, ayant fini de parler, font effectuer quelques tours à la manivelle de leur magnéto.

Le grippement de la tige de la clé contre les petits cylindres en ébonite C et C' et leur calage dans la cavité qui leur est ménagée, sont évités, en les attachant l'un et l'autre à une lame de cuivre suffisamment longue, pivotant autour des axes verticaux I et I' (fig. 155).

Mode d'attache des cordons aux clés. — Les cordons se rattachent aux clés d'une manière particulièrement ingénieuse et qui évite toute soudure. Une équerre E (fig. 156) est vissée sur la paroi support; d'autre part, la tresse T du cordon est solidement pincée sous un cavalier. Quant au conducteur lui-même, constitué à son extrémité par un fil contourné en spires serrées, il est simplement engagé deux fois dans les trous percés à cet effet dans l'équerre E. Ce conducteur formant énergiquement ressort donne un contact suffisant.

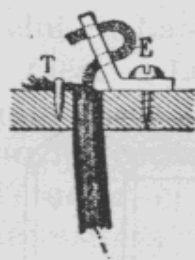


Fig. 156. — Mode de liaison du cordon souple à la clé.

Les cordons sont maintenus tendus au moyen d'un contre-poids C (fig. 157 et 158) muni d'une poulie P, dont la gorge guide le cordon. Les fiches reposent généralement debout dans des encoches cylindriques pratiquées dans les parois traversées par les cordons.

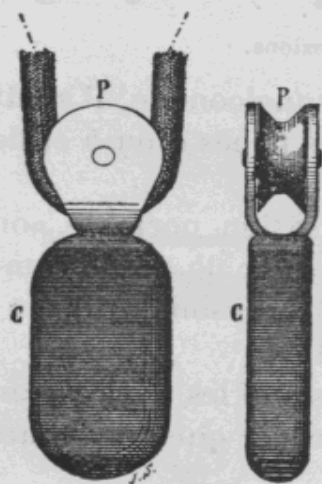


Fig. 157 et 158. — Contre-poids tendeur.

Jusque 25 lignes, les commutateurs à numéros affectent la forme d'une caisse rectangulaire (fig. 159); passé ce nombre, ils rappellent dans leur ensemble la forme d'un piano-buffet et portent le nom de tables téléphoniques. La fig. 160 est la photogravure d'une table pouvant desservir 100 lignes,

Nous allons donner le schéma des connexions des principaux types de commutateurs à numéros usités, puis nous passerons aux switchboards et tables multiples des grands bureaux centraux, de beaucoup les plus importants.

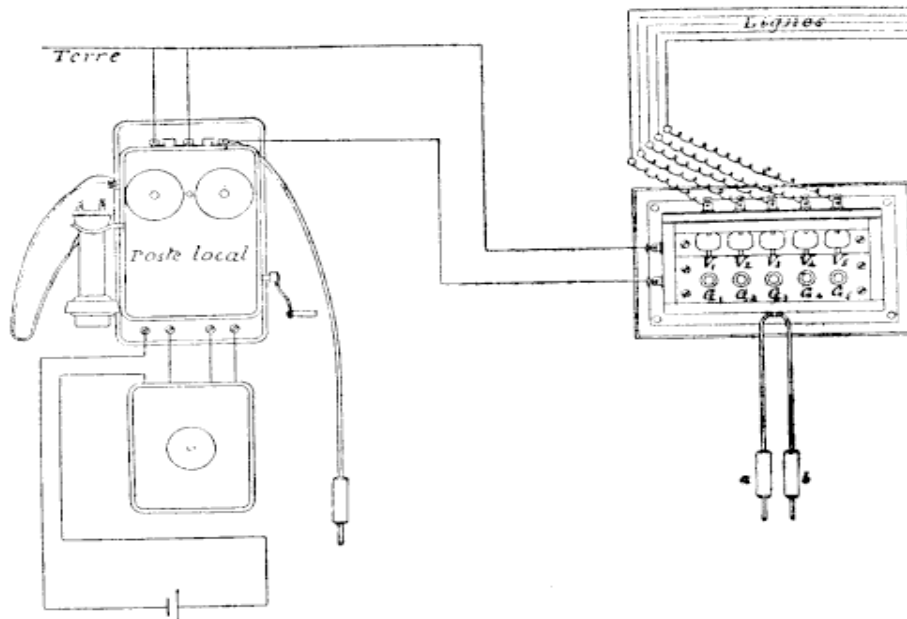


Fig. 159. — Vue d'un commutateur à cinq numéros et du poste local qui le dessert.

Commutateur à numéros pour lignes à fil simple, appel par sonnerie vibratoire. — La fig. 161 donne le schéma d'un commutateur à numéros pour lignes à fil simple, appel par sonnerie vibratoire.

Tout courant d'appel lancé sur la ligne L arrive à la borne 1 d'où part un fil vers le paratonnerre N, vient en H I, traverse les bobines de l'annonceur V, sort en J, passe en A, suit les deux lames AB, CD réunies métalliquement, la lame centrale EF (voir aussi fig. 148) et aboutit en terre.

Remarquons que le courant ne se dérive pas vers G, car les deux lames qui supportent le canon du jack, sont isolées des autres lames de celui-ci.

Par son passage dans les bobines de l'annoncia-
teur, le courant d'appel
aimante les noyaux en fer
doux de ce dernier, d'où
déclenchement du volet
avertisseur, lequel dans sa
chute, ferme en S le circuit
de la pile P et de la sonne-
rie vibratoire M. Celle-ci
fonctionne, ce qui avertit
le préposé au commuta-
teur que son intervention
est requise.

Il relève le volet, saisit
une fiche à simple fil W
rattachée à son poste Pl
et l'insère dans le jack de
la ligne dont le volet vient
de tomber.

La pointe de la fiche
W écarte les lames A B,
CD; la lame centrale EF
rattachée à la terre reste
isolée, tandis que le cylin-
dre antérieur métallique
de la fiche, étant en

contact avec la partie

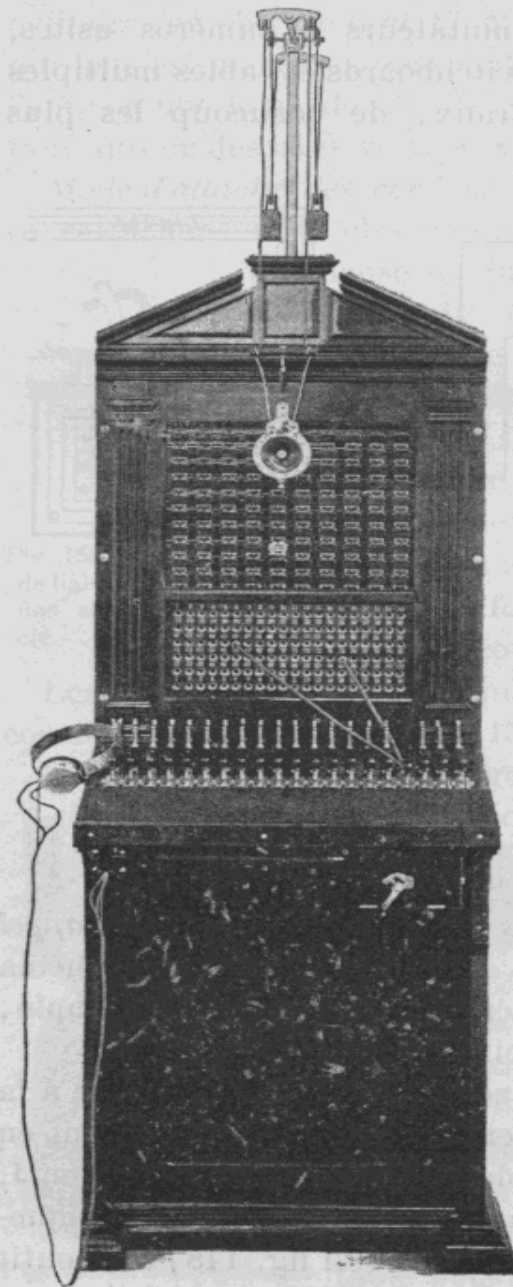


Fig. 160. — Vue d'une table pour 100 lignes.

massive G et les lames flexibles AB, CD, met les bobines de l'annonceur V en court-circuit, ce qui élimine leur résistance devenue inutile.

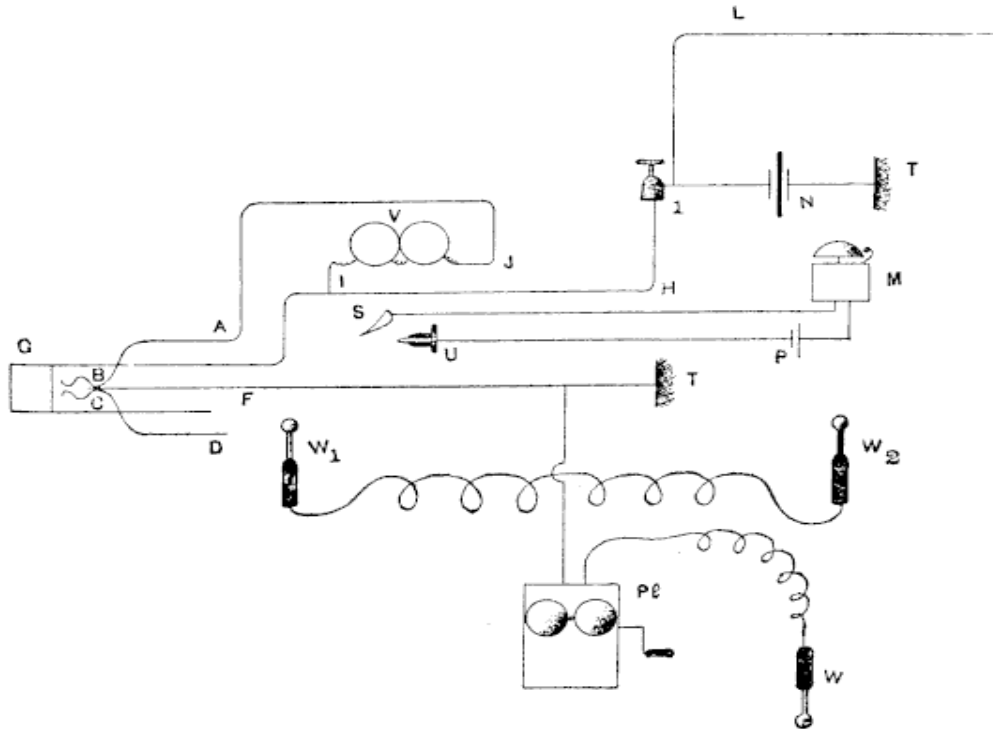


Fig. 161. — Commutateur à numéros pour lignes à fil simple, appel par sonnerie vibratoire.

Le poste local Pz se trouve ainsi en relation directe avec la ligne par I H 1 et le préposé peut entrer en communication avec l'interpellant.

Si une communication est demandée, il sonne le poste indiqué à l'aide de la fiche W et de la magnéto de son poste, l'avertit de la demande, retire la fiche W, puis enfonce dans les jacks des deux lignes les fiches W₁, W₂, d'un cordon souple. La fiche W₂ présente la particularité d'être munie d'un revêtement cylindrique en ébonite sur

sa tige cylindrique antérieure. Il en résulte que W_1 établit un court-circuit sur les bobines de l'annonceur de la ligne dont dépend le jack qu'elle emprunte, tandis que W_2 n'empêche en rien le fonctionnement de l'annonceur de la seconde ligne, grâce à son isolement de la masse G , du jack de cette ligne.

Quand les correspondants ont fini de parler, ils font effectuer un tour ou deux à la manivelle de leur magnéto,

ce qui provoque le déclenchement du volet annonceur correspondant à W_2 et fait fonctionner la sonnerie vibratoire.

Le préposé est ainsi averti de la fin de la communication; il ne lui reste qu'à rétablir les choses dans leur état primitif, en enlevant les deux fiches des jacks dans lesquels elles étaient introduites.

Remarque. —

La sonnerie M et la pile P sont communes à toutes

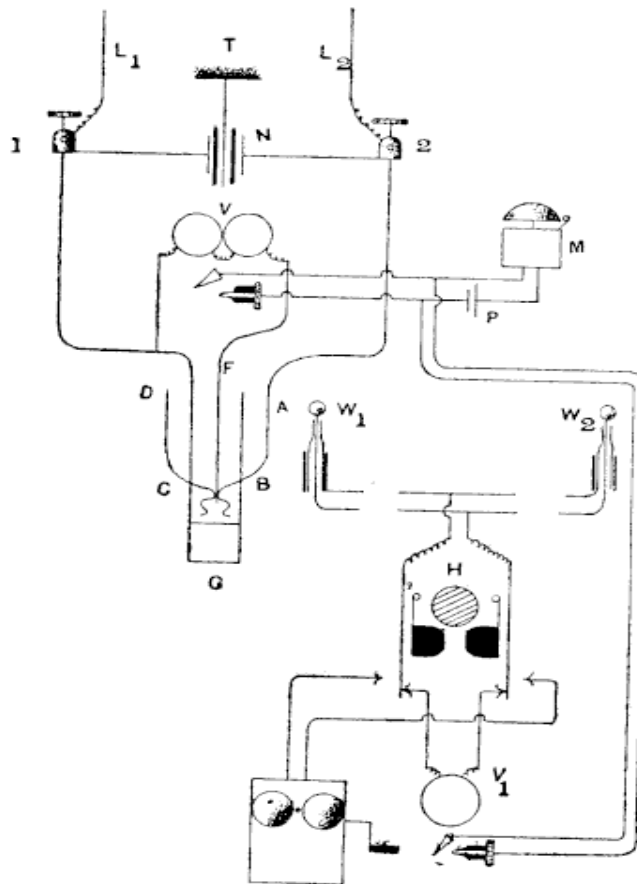


Fig. 162. — Commutateur à numéros pour lignes à double fil, appel par sonnerie vibratoire.

les lignes. Leur circuit vient se rattacher à deux bornes spéciales fixées sur la paroi verticale de gauche des commutateurs de l'espèce. Une de ces bornes est en relation avec les pointes filetées isolées U, l'autre avec les lames flexibles de contact S de toutes les lignes.

Lignes à double fil. — Le schéma du commutateur à numéros appel par sonnerie vibratoire pour lignes à double fil est donné fig. 162.

Les deux fils de ligne aboutissent aux bornes 1 et 2 munies de dérivations vers un paratonnerre N. L'annonceur de ligne V se rattache d'une part à la partie massive du jack G, d'autre part à la lame centrale. Il n'est donc plus mis en court-circuit, comme dans le cas précédent, par l'introduction d'une fiche, mais reste alors isolé à la lame centrale. Afin de faciliter les manœuvres, on munit souvent ces commutateurs de clés. La fig. 162 donne le montage avec une clé Dewar.

Lorsqu'on lance des appels sur la ligne, le volet de l'annonceur V déclenche et la sonnerie vibratoire M fonctionne. L'employé relève le volet, puis introduit une des fiches W_1 ou W_2 dans le jack de la ligne attaquée. La partie sphérique antérieure de cette fiche écarte les lames AB, CD, ce qui laisse la lame centrale et par suite l'annonceur V isolé, tout en prenant contact avec le fil de connexion se rendant à la borne 2. La partie extérieure de la fiche, calée dans le canon du jack G, prend contact avec ce dernier et se trouve ainsi en rapport avec la borne 1 qui lui est reliée.

Les deux conducteurs du cordon souple sont donc mis en relation avec les deux fils de la ligne et il suffit à l'employé d'abaisser la clé H, montée sur le cordon utilisé, pour se mettre en relation avec l'interpellant.

Si une communication est demandée, il retire la fiche dont il s'est servi pour le message, la fixe dans le jack de la ligne indiquée, puis sonne. Sitôt réponse, il introduit la seconde fiche du cordon dans le jack de la première ligne et dit : « parlez ».

Il relève sa clé dès l'échange des premiers mots, ce qui remplace son poste par l'annonceur de fin de communication V_1 , lequel reste en dérivation sur les lignes connectées et sert à déceler la fin de la conversation par déclenchement de son volet et mise en vibration de la sonnerie M.

L'emploi de la sonnerie vibratoire est tout indiqué, lorsque tous les reliements aboutissant au commutateur sont à poste unique. Dans ce cas, en effet, si un volet tombe et provoque le fonctionnement de la sonnerie, c'est que l'intervention du préposé est effectivement requise.

Mais si plusieurs stations sont embrochées dans les lignes, cas qui se présente souvent le long des chemins de fer, il n'en est plus de même. Les divers postes d'une même ligne s'appellent alors à l'aide de leur magnéto, par sonneries brèves et longues combinées, par exemple suivant le code Morse. Ils doivent pouvoir communiquer entre eux sans déranger le desservant du commutateur.

Pour réaliser ce desideratum, on emploie les commutateurs à numéros à appel par sonnerie électro-magnétique.

Commutateurs à numéros, appel par sonnerie électro-magnétique. Lignes à un fil. — Dans ce cas, c'est une sonnerie électro-magnétique placée au poste central, qui sert à l'appel du préposé.

Tout courant d'attaque lancé sur la ligne suit le chemin L 1 H I (fig. 163), les bobines de l'annonceur V, AB,

CD, EF, la terre. Le volet de l'annonceur V est déclenché, ce qui ouvre au courant un nouveau passage par IUS et la sonnerie électro-magnétique M.

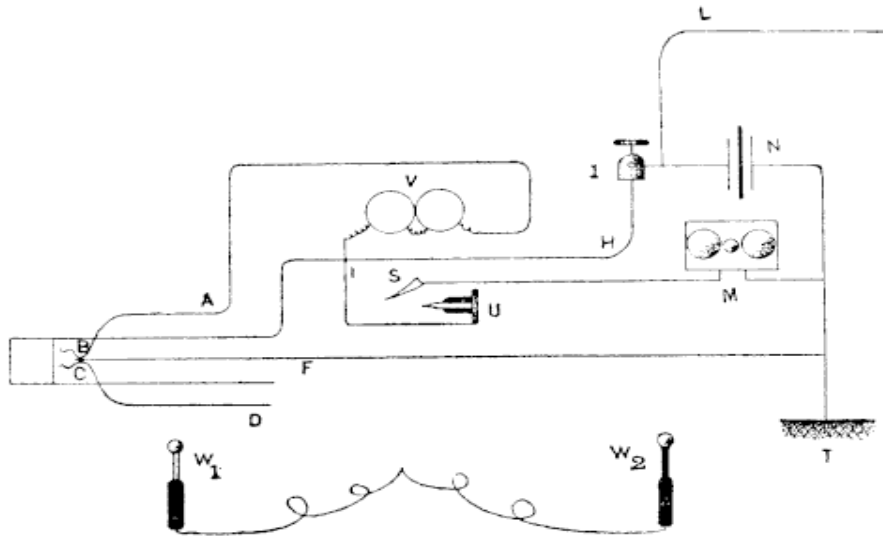


Fig. 163. — Commutateur à numéros pour lignes à simple fil, appel par sonnerie électro-magnétique.

Si les résistances des bobines d'annonceur et de la sonnerie sont bien proportionnées, (en pratique l'annonceur mesure 120 à 150 ohms et la sonnerie électro-magnétique 80), cette dernière fonctionne avec force et reproduit avec fidélité les signaux transmis. D'après la combinaison des roulements, l'employé sait quel poste est demandé. Il n'est donc pas astreint à se rendre immédiatement et inutilement au commutateur, pour faire cesser l'importun fonctionnement d'une sonnerie vibratoire en relevant le volet annonceur, et ne risque pas de s'intercaler intempestivement dans des communications qui ne le concernent point.

Son poste est muni de la même fiche que le commutateur de la fig. 161. De même, une des deux fiches W_2 du cordon

de connexion présente la particularité signalée pour cet appareil d'être revêtue extérieurement sur sa tige cylindrique antérieure d'une gaine en ébonite. C'est donc encore l'annonceur correspondant à cette fiche spéciale, qui décèle la fin de la conversation, lorsqu'une communication ayant été établie, les postes reliés sonnent, pour annoncer qu'ils ont terminé.

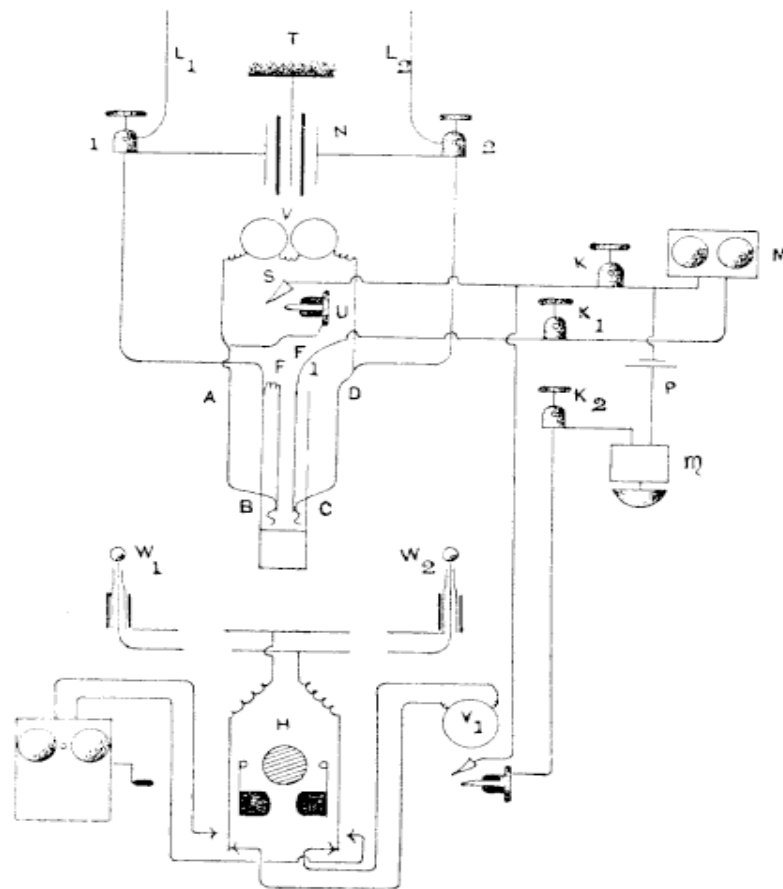


Fig. 164. — Commutateur à numéros pour lignes à double fil appel par sonnerie électro-magnétique.

Remarque. — La sonnerie M est commune à toutes les lignes. Elle se fixe à deux bornes spéciales du commu-

tateur, dont une est mise sur terre et l'autre en relation avec les lames de contact S de toutes les lignes.

Lignes bifilaires. — S'il s'agit de circuits à deux conducteurs, le jack se complique un peu et prend la forme représentée soit fig. 149, soit fig. 150. Les connexions d'un commutateur de l'espèce, pourvu du jack de la fig. 150 et monté avec clé, sont représentées fig. 164.

Lorsqu'on sonne sur une ligne, le volet de l'annonceur V de ce reliaement tombe et place la sonnerie électro-magnétique M, du poste, en dérivation sur les bobines de l'annonceur, d'où production de l'appel. Lorsqu'une fiche est insérée dans un jack, l'annonceur correspondant est mis en court-circuit, et chaque conducteur du cordon souple en relation avec son fil de ligne. Il suffit donc alors d'abaisser la clé H, pour permettre à l'employé du commutateur de parler avec le poste d'attaque.

La manœuvre est identique à celle du commutateur de la fig. 162, la fin de la conversation étant également décelée par la chute du volet de l'avertisseur de fin de communication V_1 , en rapport avec la clé et fermant le circuit de la pile P et de la sonnerie vibratoire m . La borne K est commune aux circuits des deux sonneries.

Les commutateurs à numéros que nous venons d'étudier, peuvent tous être montés sans clés ou avec clés. Le schéma des connexions, dans ces cas particuliers, se déduira aisément de ceux que nous venons de donner. La présence des clés est avantageuse, parce qu'elles simplifient les manœuvres, permettent au poste local de s'assurer que la communication s'effectue dans de bonnes conditions et au besoin d'intervenir, si elle laisse à désirer ; enfin, l'employé peut facilement, par leur intermédiaire, s'assurer que la conversation est effectivement terminée, lorsque l'annonceur de fin de communication déclenche.

§. 3. TABLES POUR BUREAUX D'IMPORTANCE MOYENNE.

Commutateurs télégraphiques. — Au début, on s'est servi des commutateurs télégraphiques, formés de barres en cuivre parallèles, horizontales et verticales, respectivement disposées dans deux plans parallèles et isolées l'une de l'autre. Aux lames verticales aboutissaient les fils d'abonnés par l'intermédiaire d'annonceurs. On les réunissait au moyen de goupilles insérées aux points de croisement d'une même lame horizontale.

Commutateur Gilliland. — Ce système rudimentaire a bientôt fait place au commutateur Gilliland. Dans celui-ci, on retrouve des lames verticales et horizontales, mais les premières, A, B, C (fig. 165), sont posées de champ et les

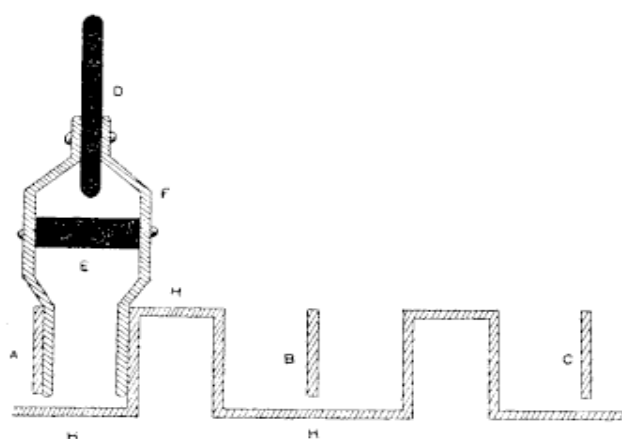


Fig. 165. — Commutateur Gilliland.

secondes, HH, sont recourbées entre chaque lame verticale. Les annonceurs des abonnés aboutissent encore à celles-ci, en sorte que pour relier deux abonnés entre eux A et C, par exemple, il suffit d'insérer

deux petites fiches ou chevilles semblables à F, entre les lames verticales A et C et les saillies d'une même lame horizontale HH.

Les fiches sont composées de deux languettes de cuivre repliées et assujetties sur une plaque en ébonite D formant

poignée. Une cale E, en caoutchouc, augmente l'élasticité du système.

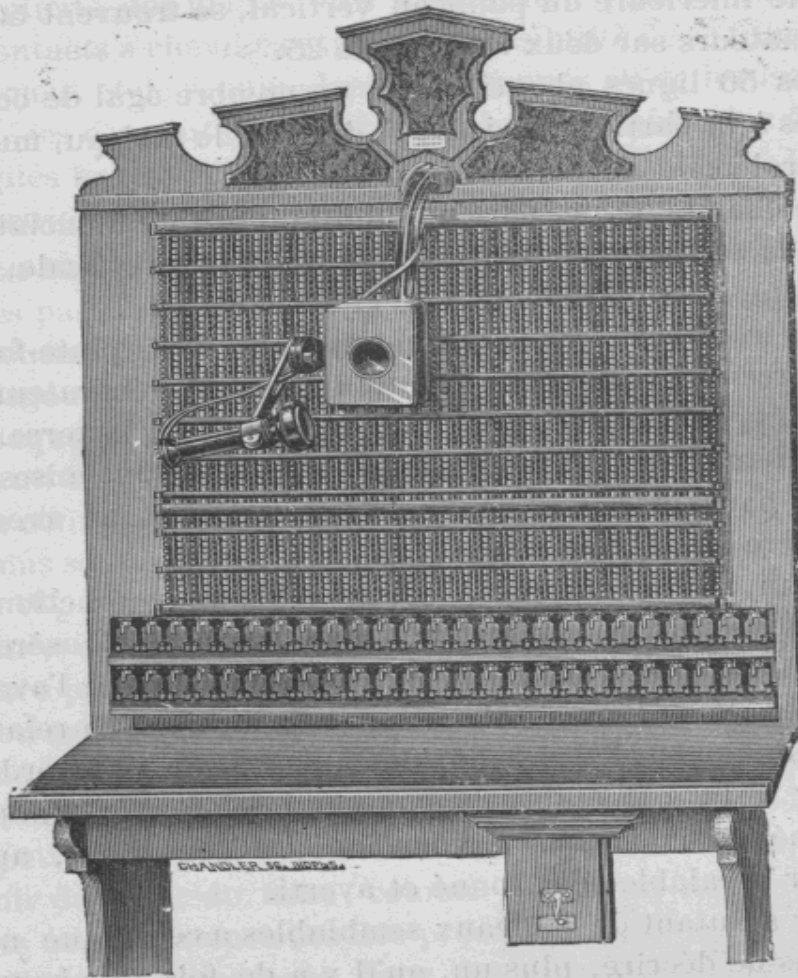


Fig. 166. — Vue de l'armement du tableau vertical d'une table Gilliland.

Les abonnés sont groupés par tableaux de 50. Chaque tableau se compose d'une plate-forme inclinée et d'un panneau vertical (fig. 166) sur lesquels sont fixées les barres verticales et horizontales dont nous venons de parler.

Les barres verticales sont au nombre de 50 ; les barres horizontales sont rassemblées par groupes de cinq. A la partie inférieure du panneau vertical, se trouvent 50 annonceurs sur deux rangées de 25.

Les 50 lignes aboutissent à un nombre égal de bornes fixées à la partie supérieure et derrière le tableau, munies généralement de parafoudres.

De chaque borne, part un fil allant à un annonceur, dont la sortie est en relation avec une barre verticale, tant du panneau supérieur que de l'inférieur.

Les trois dernières lames horizontales de la plate-forme sont respectivement en relation avec le générateur de courant, le poste téléphonique de l'employé, la terre.

En temps normal, les 50 lames verticales sont mises sur terre par l'insertion des fiches les connectant avec la dernière lame horizontale.

Si un abonné appelle, son annonceur fonctionne, l'employé déplace la cheville correspondante, l'insère au point de croisement de la barre verticale avec l'avant-dernière lame horizontale et se trouve ainsi en relation téléphonique avec l'abonné dont il peut prendre les ordres. S'il y a lieu, il établit la communication avec un autre abonné, comme nous l'avons indiqué plus haut, après l'avoir préalablement sonné et averti.

Il y a autant de tableaux semblables à celui que nous venons de décrire, plus un, qu'il y a de fois 50 abonnés. Un employé dessert chacun des tableaux ; ils sont reliés deux à deux par cinq barres spécialement affectées à la réunion des abonnés dont les circuits aboutissent dans des tableaux différents.

Le commutateur Gilliland, comme d'ailleurs tous les commutateurs à lames, présente plusieurs inconvénients

graves : grand encombrement, résistance inutile des deux annonceurs dans le circuit des abonnés connectés, multiplicité des manœuvres à effectuer, peu de sécurité des contacts à chevilles et surtout possibilité de se tromper facilement et de réunir plusieurs abonnés ou de les isoler. Aussi ces commutateurs ne sont plus appliqués que dans quelques bureaux de faible ou moyenne importance. Leur disparition n'est plus qu'une question de temps.

Table Standart. — a) *Pour fil unique.* — Ils ont été remplacés par la table Standart, vue en élévation fig. 167, en schéma fig. 168, dans laquelle nous retrouvons tous les organes des commutateurs à numéros.

Chaque fil L aboutit à un springjack G en relation avec un annonceur V, puis la terre.

La connexion entre deux lignes s'obtient au moyen de cordons souples à deux fiches. On introduit les deux fiches W_1, W_2 (fig. 168) dans les jacks des deux lignes à réunir, ce qui élimine les annonceurs de celles-ci. D'autre part, à l'aide d'une clé H, on peut placer en dérivation sur le circuit, soit le poste central R, soit un annonceur de fin de communication V_1 . Des lames-ressorts b_1c_1, b_2c_2 , manœuvrées au moyen de boutons en ébonite, permettent l'appel sur l'un ou sur l'autre circuit, sans devoir déplacer de fiche, comme cela avait lieu pour les petits commutateurs étudiés précédemment.

Les manœuvres sont donc les suivantes. Lorsqu'un abonné dont le circuit est L (fig. 168), appelle, son annonceur déclenche. L'employé introduit la fiche W_1 dans le springjack correspondant G, tire à lui la clé H et se met en relation avec l'interpellant. Il saisit ensuite la seconde fiche W_2 du cordon, l'introduit dans le jack de la ligne L_1 de l'abonné demandé, appuie sur le bouton c_2 et

actionne sa magnéto M , ce qui envoie des courants d'appel sur la ligne L_1 *seulement*, par c_2 , b_2 , b , la lame r de la

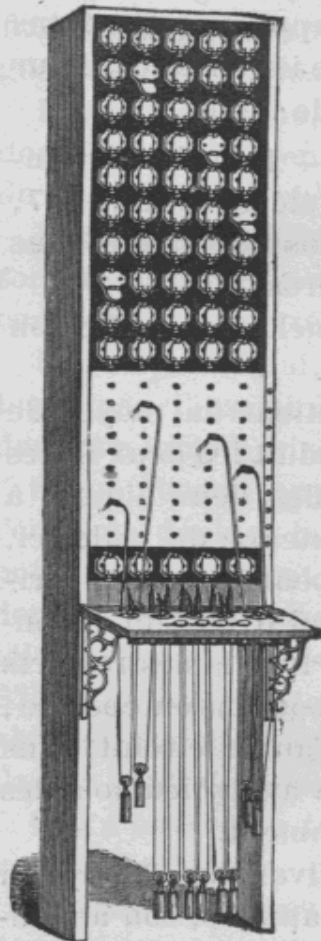


Fig. 167. — Vue extérieure d'une table Standart pour 50 abonnés.

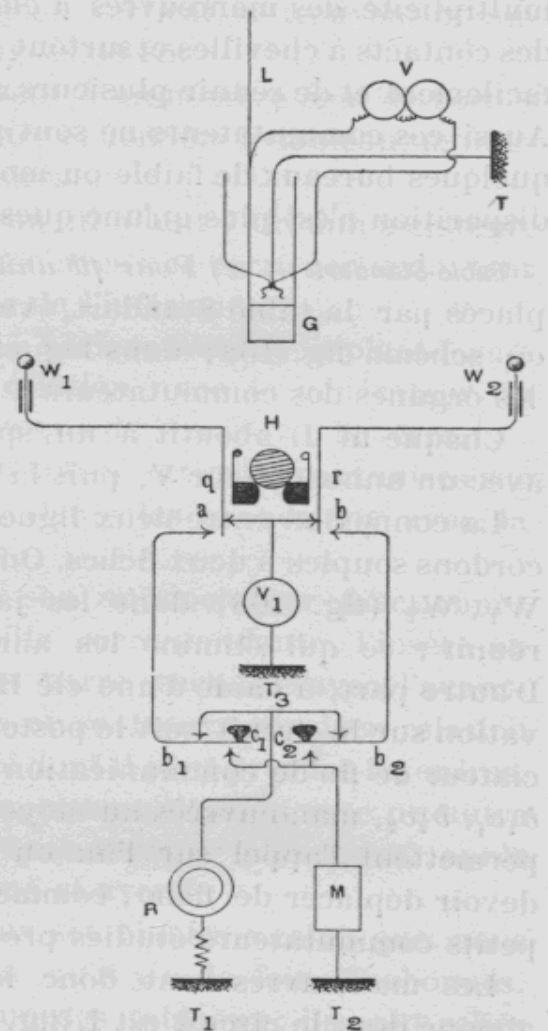


Fig. 168. — Standart pour fil unique, schéma des connections.

clé H , W_2 et G_1 . Quand l'abonné demandé vient à son appareil, l'employé dit : « parlez » et repousse la clé dans

la position indiquée sur la figure, dès les premiers mots échangés.

La conversation s'engage. Lorsqu'elle est terminée, les abonnés actionnent leur magnéto, ce qui fait déclencher l'annonceur V_1 . L'employé retire alors les deux fiches.

b) *Pour fil double.*—Le schéma du Standart pour double fil est représenté fig. 169. Comme on s'en rend aisément compte par l'inspection de la figure, il diffère peu du commutateur précédent. Quant à la manipulation, elle est identique.

Si l'annonceur V tombe, l'employé le relève, introduit la fiche W_1 ou W_2 , W_1 par exemple, dans le jack G , ce qui supprime l'annonceur V par isolement à la lame centrale du jack et connecte le fil a du cordon souple avec L' , le fil b avec L . En abaissant la clé H , l'employé établit son poste en relation avec la ligne et peut prendre les ordres de l'interpellant.

La ligne $L_1 L'_1$ étant demandée, il introduit la fiche W_2 dans le jack G_1 de celle-ci, ce qui place son poste R en dérivation sur les deux reliaements $L L'$ et $L_1 L'_1$. Il appuie ensuite sur le bouton

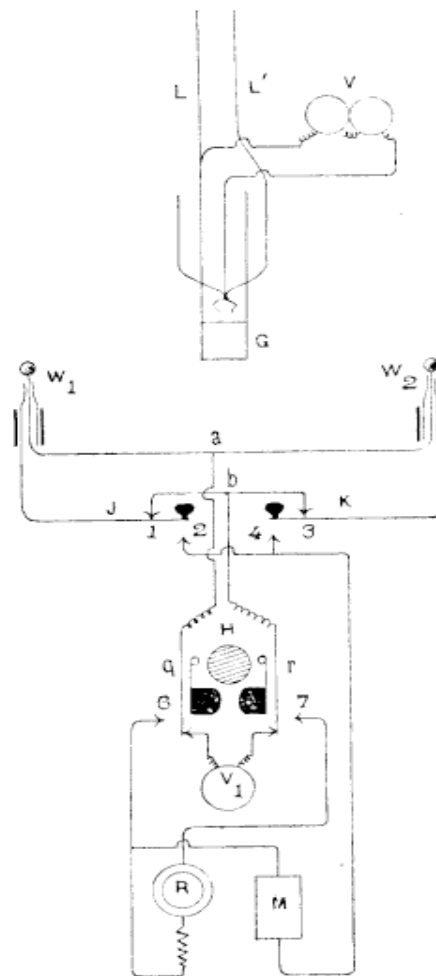


Fig. 169. — Standart pour fil double, schéma.

d'appel K et actionne le générateur M. Les courants d'appel émis par M suivent le circuit 4, K, partie cylindrique extérieure de la fiche W_2 , G_1 , L_1 , le poste de l'abonné demandé, son second fil de ligne L'_1 , les lames flexibles du jack G_1 , la partie sphérique antérieure du jack W_2 , a , la lame q de la clé H, le contact 6 et reviennent au générateur.

Quand l'abonné répond, l'opérateur de la table dit : « parlez » et relève la clé H, ce qui substitue à son poste l'annonceur de fin de communication V_1 laissé en dérivation sur les lignes temporairement connectées.

Le bouton J servirait, le cas échéant, à lancer des courants d'appel par la fiche W_1 .

Les connexions des clés sont donc établies de manière qu'après avoir introduit une fiche dans un jack, l'employé *doit abaisser la clé* pour entrer en communication avec l'interpellant.

M. de la Touane a préconisé un mode inverse de montage. Dans la position de repos, le poste de chaque tableau serait en relation avec toutes les fiches.

Ce dispositif aurait l'avantage d'accélérer les mises en communication, en évitant au préposé de devoir abaisser une clé quand il se porte sur une ligne.

En outre, lors de la chute du volet de l'annonceur de fin de conversation, une seule manœuvre (la mise de la clé dans la position de repos) lui permettrait de s'assurer que les abonnés ont bien terminé leur communication, avant de rompre les connexions.

La figure 167 représente une table pour 50 abonnés. A la partie supérieure se trouvent les annonceurs de ligne; le panneau inférieur est occupé par les jacks; enfin, sous ce panneau, se trouve une rangée de cinq

annonceurs de fin de communication, mis en dérivation sur les cinq cordons souples de connexion montés sur les cinq clés fixées à la tablette horizontale de la table.

Il est à remarquer que ces cinq clés sont desservies par une seule magnéto et un seul microphone. On ne peut donc abaisser qu'une seule clé à la fois, sous peine de réunir entre eux deux circuits en travail, ce qui produirait des dérivations perturbatrices.

Le Standart est actuellement construit surtout pour 100 abonnés.

En voici la raison : le tableau de 50 lignes présente une largeur de 0^m33, celui de 100 lignes 0^m45 seulement. Dans les deux cas, les cordons souples sont assez longs pour permettre l'établissement de communications directes (ne nécessitant l'emploi que de deux fiches et l'intervention d'un seul employé) entre un tableau et ceux immédiatement adjacents.

Or, l'adoption de l'unité de 100 lignes élève considérablement le nombre de ces communications directes.

Le calcul montre, par exemple, que dans le cas d'un bureau central de 500, la subdivision en tableaux de 50 abonnés donne 19 % de communications directes; celle par tableaux de 100 élève cette proportion à 52 %.

Chaque tableau de 100 dispose de 10 clés et 10 annonceurs de fin de communication. Quant au nombre de jacks de renvoi entre les divers tableaux, il est variable avec l'activité du réseau. On le fixe souvent à cinq par tableau.

Limite d'emploi du Standart. — En supposant l'utilisation du second type, lorsqu'il y a plus de 100 abonnés et moins de 200, on accole une seconde table semblable à la première et les cordons souples sont, comme nous venons

de le dire, assez longs pour établir la liaison entre les abonnés des deux tables. Passé 200 reliements, des fils de renvoi doivent être établis entre les diverses tables partielles qui sont alors desservies chacune par un téléphoniste spécial. Le nombre de tables augmentant, celui des fils de renvoi augmente aussi; les relations entre téléphonistes deviennent plus difficiles; la possibilité de faire des erreurs s'accroît; la durée des mises en communication s'exagère, en sorte qu'on retombe dans l'inconvénient signalé pour le Gilliland : les manœuvres deviennent trop compliquées et trop longues. En fait, il paraît difficile de desservir convenablement plus de 1000 abonnés avec le Standart. Au-delà, il faut recourir aux tables multiples. Celle que nous allons décrire, a été inventée à Chicago, en 1880, par MM. Haskins et Wilson.

Remarquons cependant que le réseau de Williamsburg a bien fonctionné en Standart avec 1200 abonnés et celui de Brooklyn avec 1500, avant qu'on ne les ait transformés.

§ 4. — TABLES MULTIPLES DES GRANDS BUREAUX.

A Dicord. — a) *Pour simple fil.* — La caractéristique des tables multiples est que l'employé d'un tableau quelconque peut réunir les lignes de deux abonnés quelconques, sans devoir recourir à l'intervention d'aucun de ses collègues.

Pour y arriver, on fixe dans chaque panneau desservi par un employé un jack intercalé dans chacune des lignes qui aboutissent au bureau central.

La table est divisée en tables partielles ou tableaux de 200 abonnés, que desservent spécialement deux employés.

La ligne de l'abonné 35, par exemple, vient d'abord au jack général 35 du premier tableau de 200, puis au jack

général 35 du deuxième tableau de 200, et ainsi de suite dans tous les tableaux, pour revenir au jack individuel 35 placé au bas du panneau de jacks de la première table et à l'annonceur individuel 35 de la même table, situé en dessous de toutes les rangées de jacks, tant généraux qu'individuels.

De même, la ligne de l'abonné 324 se rattache d'abord au jack général 324 de la première table partielle de 200, puis au jack général 324 de la table partielle suivante, et ainsi de suite, pour revenir au jack individuel 24 de la deuxième table partielle et à l'annonceur 24 du même tableau qui, par le fait même qu'il appartient à ce dernier, est le 324^e annonceur et est desservi par le troisième employé, chaque centaine d'abonnés ayant son employé spécial.

Chaque table partielle doit contenir autant de jacks qu'il y a d'abonnés, ses deux cents jacks individuels et être en outre susceptible de satisfaire aux développements ultérieurs du réseau, sans exiger trop d'espace, ce qui rendrait les manœuvres difficiles. Les jacks doivent donc être de dimensions réduites et ramassés le plus possible.

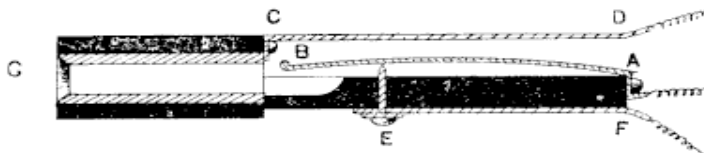


Fig. 170. — Jack d'une table multiple.

Ils sont fixés par rangées de 20 dans des réglettes en ébonite et se composent, fig. 170, d'une partie cylindrique en cuivre G dans laquelle s'introduit la partie antérieure des fiches et d'une lame en maillechort AB reposant sur une pointe métallique E, en connexion avec une lame

EF. Le contact est rompu par suite du soulèvement de la lame AB, quand on enfonce une fiche dans le jack.

Les lames AB des jacks du premier tableau sont reliées aux fils de ligne. Des lames EF part un fil de connexion aboutissant à la lame A B (fig. 171) des jacks correspondants du tableau suivant et ainsi de suite, pour arriver enfin au jack et à l'annonceur individuels d'un des tableaux.

L'ensemble des organes d'un relèvement est représenté fig. 171.

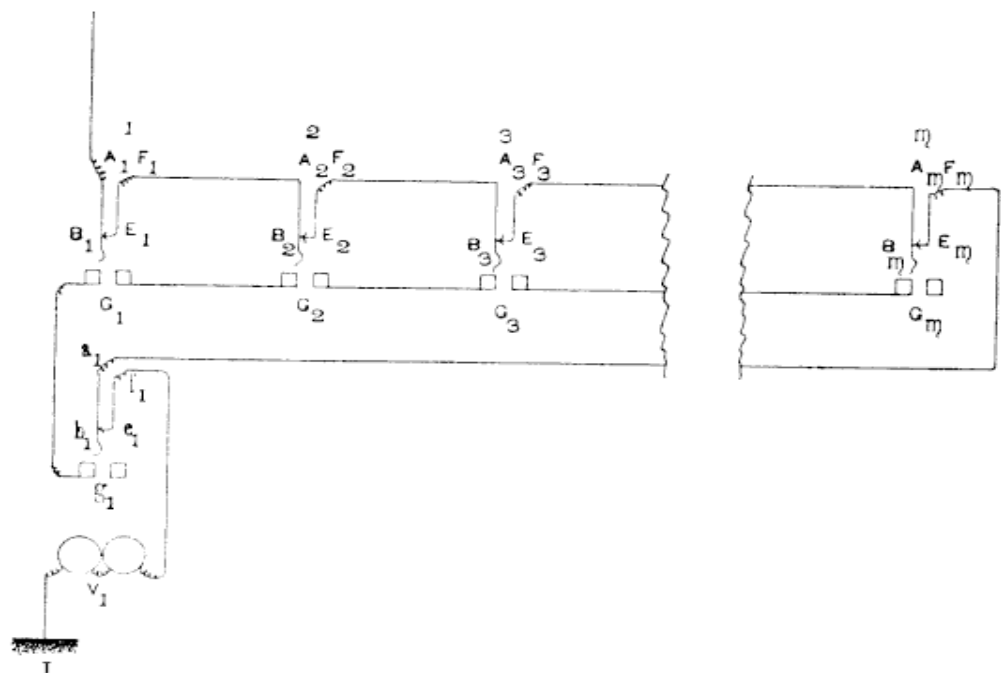


Fig. 171. — Ensemble des organes insérés dans une ligne (table multiple).

La ligne aboutit à la lame-ressort $A_1 B_1$ d'un jack situé dans la première table partielle. De là elle est mise en communication par la lame-ressort $E_1 F_1$ avec la lame $A_2 B_2$ du jack correspondant situé dans la seconde table

et ainsi de suite, pour arriver au jack individuel $a_1 b_1$, et l'annonceur V_1 , situés dans la première table, s'il s'agit d'un des abonnés 1 à 200, aux jacks $a_2 b_2$ et l'annonceur V_2 de la seconde table, s'il s'agit d'un des abonnés 201 à 400, etc....

En enfonçant à refus une fiche dans un jack, on établit le contact entre la pointe de la fiche et la lame AB, tandis que le contact avec la lame EF est rompu. Cette dernière reste donc isolée, ainsi que le prolongement du circuit dans les tableaux suivants.

Pour converser avec les abonnés et établir les communications, chaque employé dispose d'un certain nombre de paires de cordons (d'où le nom de dicorde donné au système), munis chacun d'une fiche et rattachés à une clé comme le représente la fig. 172.

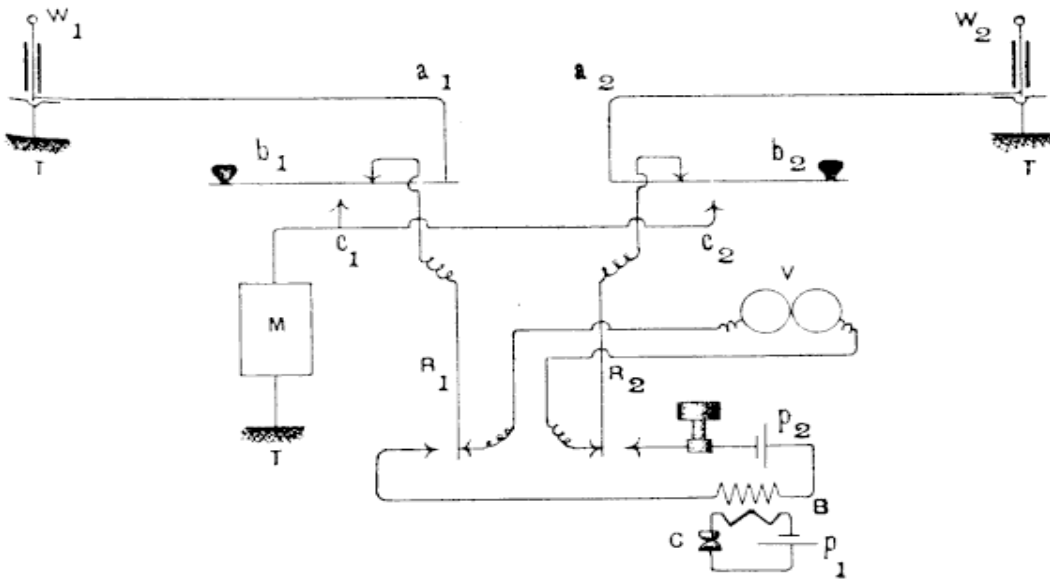


Fig. 172. — Schéma des connexions d'une paire de cordons.

W_1 et W_2 sont les fiches montées sur cordons souples a_1, a_2 , et reposant, par leur embase métallique D, sur une

plaque en relation avec la terre, comme le montre en détail la fig. 173.

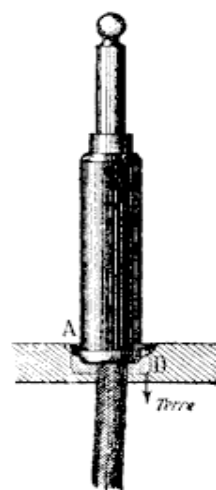


Fig. 173. — Position de repos de la fiche.

La pression nécessaire pour assurer le contact est obtenue au moyen d'un poids tendeur portant une poulie, sur laquelle s'enroule le cordon.

Le cordon est connecté avec des boutons d'appel b_1, b_2 . En temps normal, ces boutons sont maintenus levés, comme le montre la fig. 172, et reliés aux lames-ressorts R_1, R_2 d'une clé, dont les contacts intérieurs sont en relation avec un annonceur *ordinaire* V et les contacts extérieurs avec le circuit secondaire du microphone de service dans lequel est intercalé la pile p_2 .

Quand l'employé n° 1 veut communiquer avec un abonné, le n° 36 par exemple, il saisit la fiche W_1 , l'introduit dans le jack individuel 36, fait basculer sa clé, ce qui introduit son poste dans le circuit. Il envoie des appels en abaissant le bouton b_1 . Les courants d'appel sont engendrés par la petite machine magnéto-électrique M , actionnée en général mécaniquement (par moteur à gaz ou à air chaud).

La clé étant déplacée vers le bas de la figure (nous dirons dans la suite abaissée pour plus de facilité), les lames R_1, R_2 touchent les contacts extérieurs et le circuit comprend, par conséquent, la ligne de l'abonné 36 et sa terre, les jacks généraux 36 de toutes les tables, le jack individuel 36 de la première table, la fiche W_1, a_1 , le bouton b_1 , la lame R_1 , le circuit secondaire du microphone de service de l'employé de la première table, la pile p_2 dont nous verrons plus loin l'usage, le téléphone de l'employé,

la lame R_2 , le bouton b_2 , a_2 , la fiche W_2 et la terre. L'abonné peut donc transmettre sa demande.

Pour donner la communication avec un autre abonné, il suffit d'enfoncer la fiche W_2 dans le jack général de cet abonné, s'il appartient à un autre tableau ; dans son jack individuel, s'il est relié au même tableau.

On le sonne en appuyant sur le bouton b_2 et quand le dialogue commence, la clé est relevée, ce qui laisse dans le circuit l'annonceur V d'environ 120 ohms de résistance, pour décélérer la fin de communication.

La table ainsi combinée présenterait toutefois un grave défaut : les employés ne pourraient savoir si la ligne d'un abonné dont l'annonceur individuel se trouve dans un autre tableau, est occupée. Or, nous avons vu (fig. 171) qu'en enfonçant une fiche dans un jack, on isole le circuit de tous les jacks suivants, qui se termine à l'annonceur de ligne.

Rappelons-nous, d'autre part, que les fils de ligne des abonnés 1 à 200 sont en relation avec des jacks généraux du premier tableau, puis du deuxième, troisième..., les jacks individuels du premier tableau et enfin les annonceurs individuels placés également dans le premier tableau ; que les fils de ligne des abonnés 201 à 400 sont en relation, d'abord avec des jacks généraux du premier tableau, du deuxième, troisième, etc. et du dernier, les jacks et annonceurs individuels du second tableau ; que les fils de ligne des abonnés 401 à 600 sont en relation, d'abord avec des jacks généraux du premier, deuxième, etc. et dernier tableau, les jacks et annonceurs individuels du troisième tableau et ainsi de suite.

Si l'abonné 36 du premier tableau, par exemple, est mis dans ce tableau en communication avec l'abonné 437

du troisième, le circuit comprend la ligne 36, les jacks généraux 36 de tous les tableaux, le jack individuel 36 du premier tableau, une fiche, son cordon, l'annonceur de fin de communication, le second cordon, la seconde fiche, le jack général 437 situé aussi dans le premier tableau, la ligne 437.

Si donc un employé des derniers tableaux introduisait à ce moment une fiche dans un des jacks généraux 36, il couperait la communication donnée; d'autre part, si cette manœuvre était faite au jack 437, par un employé des second, troisième tableau, etc., et qu'il établît la communication entre le 437 et un autre abonné, ce dernier serait isolé, ce qui l'empêcherait de communiquer, jusqu'à ce que l'employé s'aperçoive de sa méprise.

Il faut donc que le téléphoniste de chaque tableau puisse facilement se rendre compte des relations établies. C'est dans ce but qu'on a introduit la pile p_2 dans le circuit secondaire de son microphone et établi un « test-line » sur chaque circuit.

Le *test-line* est constitué par un fil métallique réunissant les parties massives $G_1, G_2, G_3, \dots$ (fig. 171) de tous les springjacks d'une même ligne. Ces parties massives sent, comme nous l'avons vu, lors de la description des jacks (fig. 146, 147, 148), isolées des lames AB, EF.

Voici, dès lors, ce qui se passe. Quand deux abonnés sont réunis (fig. 174), les parties métalliques des fiches établissent la connexion entre les lignes et les fils de leurs *test-lines* respectifs, qui sont ainsi mis sur terre par l'intermédiaire des fils de ligne et postes des abonnés reliés.

En conséquence, si un employé ayant abaissé sa clé,

touche avec une de ses fiches un des jacks intéressés, il entend un fort « clac » dans son téléphone, par suite du

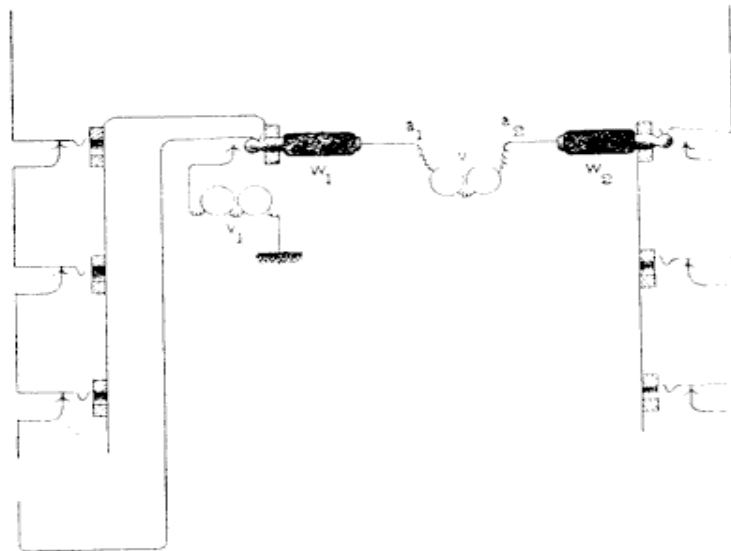


Fig. 174. — Schéma des connexions existant, quand une communication est établie. (Premier tableau.)

passage du courant fourni par la pile p_2 . Il est donc averti, sans erreur possible, que les circuits sont occupés, et attendra pour donner la communication avec un de ces deux abonnés qu'il n'entende plus aucun bruit dans son téléphone, en faisant l'essai de leur *test-line*.

Remarquons que s'il établissait par erreur une communication avec deux abonnés en relation, il ne couperait plus aucun circuit ou n'isolerait plus aucun poste : les trois abonnés seraient réunis entre eux par les *test-lines*.

Vingt jacks, montés comme nous l'avons dit dans une réglette en ébonite, n'occupent que 29 centimètres en longueur sur 1,8 de hauteur environ, soit une surface de de 52,2 centimètres carrés.

Une table partiell de 200 abonnés n'a que 1^m70 envi-

ron de largeur, 1^m80 de hauteur sur 0^m50 de profondeur. Elle est constituée comme suit (fig. 175). En A₁, A₂, etc.... viennent les jacks généraux; en B, les jacks individuels groupés par doubles rangées horizontales de 25. Il y en a 200 par tableau, qui restent néanmoins bien « à la main » des employés qui doivent les desservir spécialement. En C, sur une saillie horizontale, se trouvent les fiches; en D les annonceurs individuels groupés par 50 en 5 rangées



Fig. 175. — Vue d'une table multiple partielle (200 abonnés).

de 10; en E les annonceurs de fin de communication raccordés aux clés fixées sur la plate-forme F.

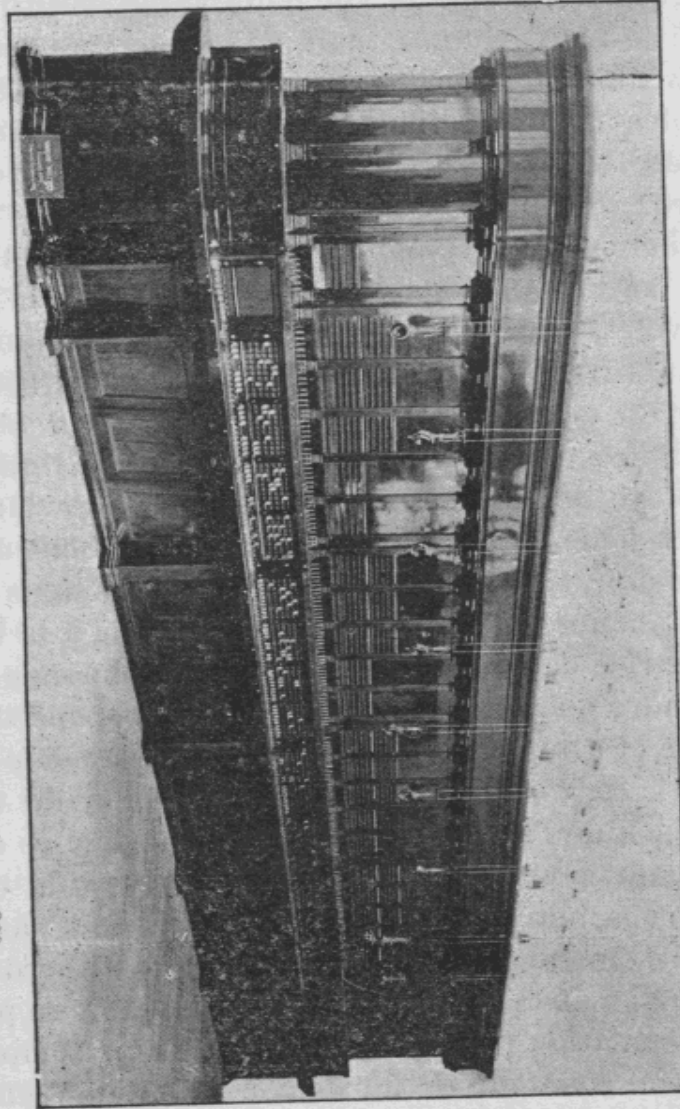


Fig. 176 — Vue d'une table multiple pour 4000 abonnés, montée avec 800.

Il y a 10 clés par cinquante annonceurs de ligne ou abonnés et par conséquent $10 \times 4 = 40$ clés et 40 annon:

ciateurs de fin de communication par tableau de 200 abonnés.

La figure 176 donne la vue d'une table multiple d'une capacité de 4000 abonnés, mais armée pour 800 seulement.

Tables multiples de Bruxelles, Anvers et Verviers. — Les tables des principaux réseaux belges, Bruxelles, Anvers et Verviers, sont montées comme nous venons de le décrire.

Nous avons vu que ce sont les annonceurs en relation avec les cordons de connexion qui déclenchent, par la chute de leur volet, la fin de la communication. Or, dans le système adopté à Bruxelles, Anvers et Verviers, cet annonceur n'est pas suffisant. Voici pourquoi. Un abonné A sonne le bureau central, son annonceur de ligne tombe et l'employé se met en relation avec lui par l'introduction d'une fiche dans son jack et le déplacement de la clé correspondant à la fiche utilisée. Les instructions prescrivent à l'abonné de reprendre son téléphone à la fourche-commutatrice de sa magnéto, sitôt sa demande émise, et d'attendre qu'on le sonne. L'abonné A reprend donc son téléphone et attend. L'employé prend la *seconde fiche de la paire de cordons* et l'introduit après essai du test-line dans le jack de l'abonné B demandé. Il sonne ce dernier, en appuyant sur le bouton d'appel et relève la clé pour s'occuper des autres abonnés si B ne répond pas immédiatement. Quand B vient, celui-ci sonne d'abord (de par les instructions), ce qui prévient l'abonné A de sa présence et la conversation peut s'engager. En même temps que B sonne, l'annonceur de fin de conversation V (fig. 172) déclenche, ce qui indique à l'employé que la communication a commencé. Il abaisse un instant la clé pour s'en assurer, puis la relève et attend que l'annonceur déclenche une

seconde fois pour enlever les fiches et rompre les connexions. Mais, un employé desservant 100 abonnés, on comprend que dans les moments de presse, il puisse oublier la signification de la chute du volet; prendre pour une fin de communication ce qui n'est que son commencement, et rompre prématurément le circuit.

Pour éviter cet inconvénient (inhérent à l'application des instructions faites aux abonnés de Bruxelles, Anvers et Verviers), M. Demany, ancien directeur du réseau de Bruxelles, a complété le système des cordons par de petits voyants rectangulaires peints en rouge, coulissant par pression dans deux rainures verticales et manœuvrés à la main au moyen d'un bouton. Ils se fixent sur l'encadrement vertical K (fig. 175). Le voyant est soulevé lors de la première chute du volet, ce qui marque clairement le commencement de la communication. Lorsque le volet tombe encore, le voyant étant relevé indique qu'il s'agit d'une fin de communication. On peut donc couper la communication en toute sécurité et abaisser le volet.

Commutateur Oesterreich.— Le commutateur précédent exige la présence de deux fils par abonné entre chaque tableau (le fil de ligne et celui du *test-line*). Dans l'appareil de M. Oesterreich, un seul fil de raccordement est nécessaire.

Chaque ligne aboutit, dans le premier tableau, à la partie massive d'un jack G_1 (fig. 177) sur le canon duquel prend contact la lame-ressort recourbée $E_1 F_1$, en relation avec le canon du jack G_2 dans le second tableau et ainsi de suite, pour arriver à l'annonciateur de ligne V_1 , à une pile constante (au sulfate de cuivre) P et à un rhéostat R.

La pile P et le rhéostat R sont communs aux circuits d'une cinquantaine d'abonnés. Cette pile sert, comme nous

le verrons plus loin, à faire l'essai des lignes. Quant au rhéostat, il permet d'amener le courant à une valeur convenable.

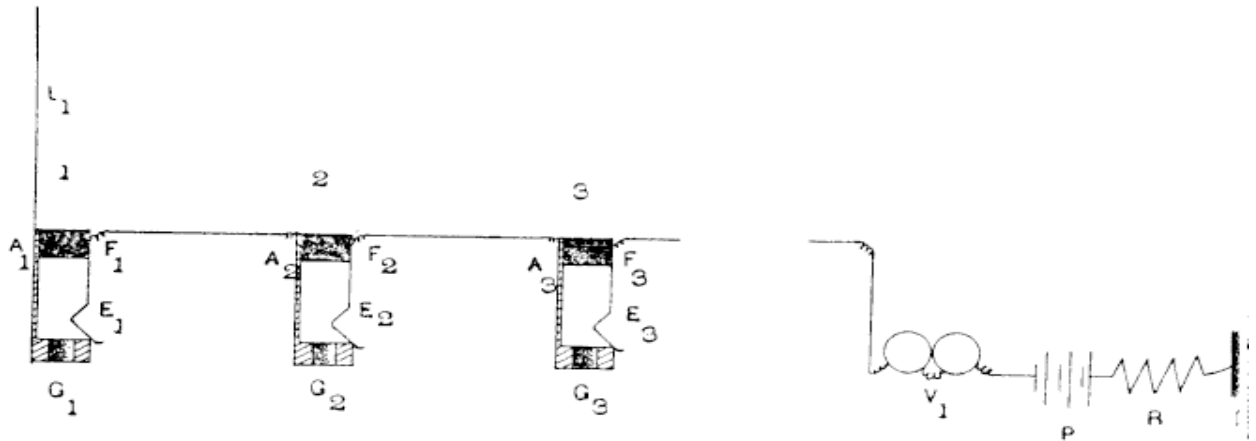


Fig. 177. — Multiple pour simple fil Oesterreich. Organes d'une ligne.

La fig. 178 donne le détail des organes en relation avec une clé. W_1 , W_2 sont les fiches, différentes de celles vues antérieurement.

W_1 porte une bague en ébonite n et est en rapport avec le cordon a_1 rattaché à la lame R_1 de la clé H . La fiche W_2 porte également une bague isolante n , mais ici cette bague se prolonge par une gaine en ébonite, de manière à diviser la fiche en deux parties cylindriques isolées l'une de l'autre. La partie extérieure est en connexion avec le cordon a_2 relié à la lame R_2 de la clé H ; la partie centrale se rattache à un deuxième fil a_3 du cordon de droite, en connexion avec le conducteur 3, en rapport lui-même avec une des bornes d'un galvanoscope sensible J . Le fil a_3 se prolonge jusqu'à un bouton d'appel à deux lames b .

La clé étant dans la position d'attente que représente la fig. 178, relie les deux fils a_1 et a_2 à un annonceur V servant à déceler la fin de la communication. Si la clé

est abaissée, les lames R_1 et R_2 prennent contact avec d et e : d est relié au conducteur 1 en rapport avec le circuit

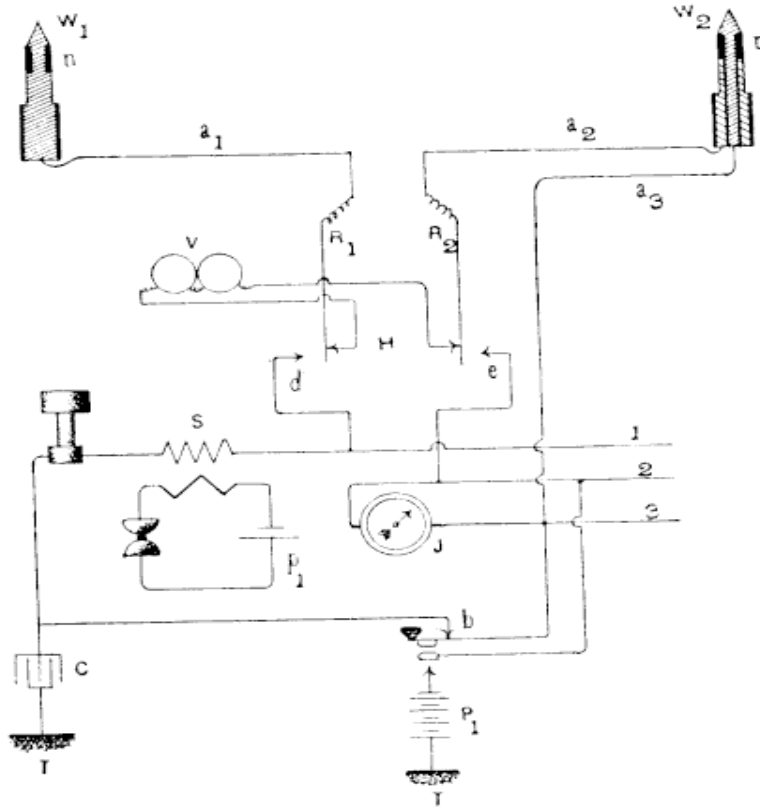


Fig. 178. — Multiple Oesterreich pour simple fil. Connexions d'une clé.

secondaire S d'une bobine microphonique, un téléphone, le bouton b ; e se rattache au conducteur 2 connecté à la seconde borne du galvanoscope J .

Lorsqu'une des deux fiches est enfoncée à refus dans un jack G_m de ligne, la bague en ébonite n maintient écartée la lame flexible $E_m F_m$ de ce jack et laisse isolé le reste du circuit, jacks, annonceur, pile P , rhéostat R , tandis que la partie métallique engagée dans le canon du jack

est en relation avec la ligne, en passant, le cas échéant, par les jacks intermédiaires.

Les conducteurs 1, 2, 3 sont communs à toutes les clés d'un même tableau.

Supposons maintenant qu'un abonné sonne. Le volet de son annonceur déclenche. L'employé abaisse une de ses clés H, saisit la fiche W_1 correspondante (toujours la même pour chaque clé) et l'introduit à refus dans le jack de cet abonné, le jack G_1 , par exemple. Il relève le volet de l'annonceur.

La fiche W_1 maintient soulevée, ainsi que nous l'avons dit plus haut, la lame E_1F_1 dont la partie courbe reste appliquée sur la bague α . Le circuit $E_1F_1A_2G_2E_2F_2...V_1$ PRT reste donc isolé, tandis que la ligne L_1 est reliée au fil α_1 , la lame R_1 , ϕ , S, le téléphone, le condensateur c , la terre.

L'employé prend les ordres de l'abonné. Il introduit alors la fiche W_2 dans le jack de la ligne de l'abonné demandé X.

Examinons d'abord le cas où cet abonné n'est pas en communication.

La pointe de W_2 soulève la lame E_mF_m , tandis que la partie cylindrique extérieure touche le canon G_m du jack. Le courant de la pile P, en relation avec la ligne de l'abonné demandé, trouve donc passage par E_mF_m , la pointe de la fiche, α_2 , 3, le galvanoscope J, 2, c , R_2 , α_2 , G_m A la ligne demandée. Le galvanoscope dévie, ce qui indique à l'employé que le circuit étant libre, il peut continuer le mouvement de progression de sa fiche. Quand celle-ci arrive à fond, la lame E_mF_m repose sur la bague α , ce qui isole la queue du circuit de l'abonné X vers la terre, tout en laissant le fil α_2 en connexion avec la ligne.

L'employé appuie sur le bouton *b* pour appeler au moyen de la pile P_1 (qui peut aussi bien être un générateur magnéto-électrique) l'abonné X. Quand celui-ci répond, il écoute les premiers mots de la communication, puis relève la clé, ne laissant ainsi en circuit que l'annonceur V (fig. 179).

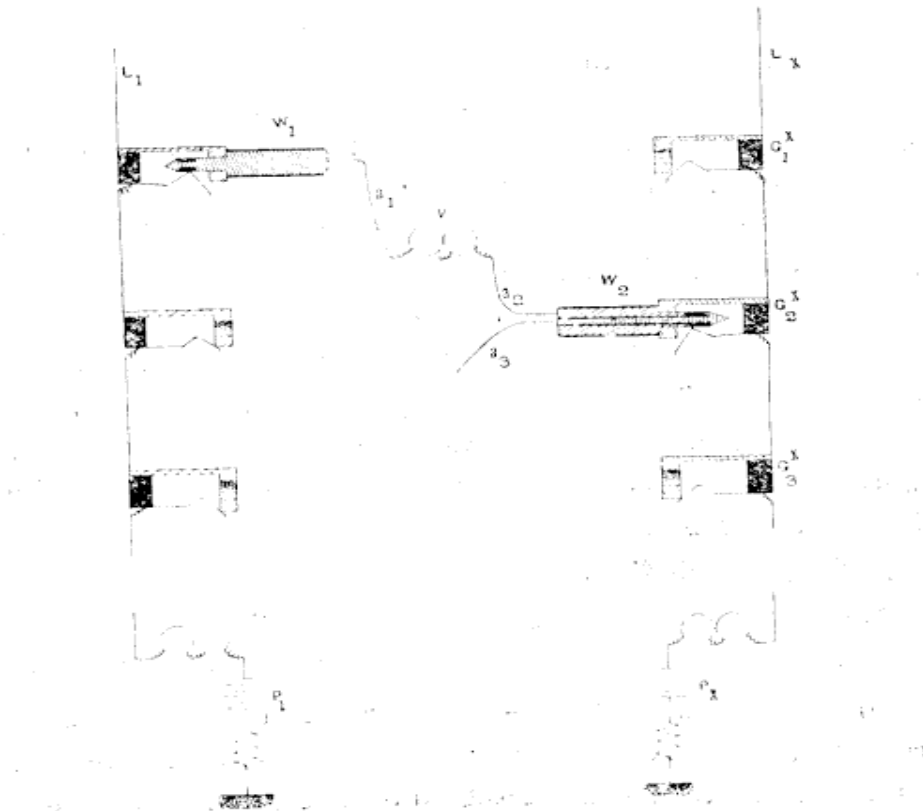


Fig. 179. — Commutateur Oesterreich. Schéma des connexions existant quand une communication est établie.

On remarquera sans doute que lorsque le galvanoscope fonctionne, le courant venant de la pile d'essai de l'abonné demandé X peut également se dériver par la clé *b* : 1° vers la terre T du bureau central; 2° vers la ligne

de l'abonné demandeur, par le téléphone, S , d , R_1 , a_1 , W_1 (fig. 178). Cette dernière dérivation n'est pas importante, vu la grande résistance du circuit intéressé. L'autre, au contraire, serait très nuisible, d'où nécessité du petit condensateur c qui s'oppose à sa production, sans empêcher en rien la transmission des courants téléphoniques quand l'employé parle avec l'interpellant.

Nous nous sommes placé dans l'hypothèse où la ligne de l'abonné demandé X est libre. S'il n'en est pas ainsi, deux cas peuvent se présenter : ou bien l'essai de la ligne sera fait à un jack placé entre la ligne et le jack utilisé, par exemple au jack G_1^X (fig. 179); ou bien l'essai s'effectue à un jack situé entre le jack et la pile de la ligne auscultée, par exemple au jack G_3^X .

Dans le premier cas, comme le circuit des deux abonnés reliés $L_X G_1^X G_2^X W_2 a_2 V a_1 W_1 L_1$ (fig. 179), ne comprend plus aucune pile, le galvanoscope ne peut dévier, ce qui indique l'utilisation de la ligne. Il en sera de même dans le second cas, parce que le circuit se trouve isolé à la lame $E_2^X F_2^X$ du jack G_2^X .

La table Oesterreich présente, extérieurement, une disposition générale analogue à la précédente.

b) *Pour double fil.* — Comme on a pu s'en rendre compte, le multiple pour fil unique est somme toute très simple. Il n'en est pas tout à fait de même pour le multiple à double fil, sans que ce dernier, représenté schématiquement fig. 180, arrive cependant à une très grande complexité.

b_1 , b_2 sont des boutons d'appel à deux contacts. En les abaissant à refus, on connecte le générateur d'appel M , soit avec les conducteurs de la fiche W_1 , soit avec ceux

de la fiche W_2 ; p_2 est la pile qui sert à faire fonctionner le test-line; R une résistance à grande self-induction; V

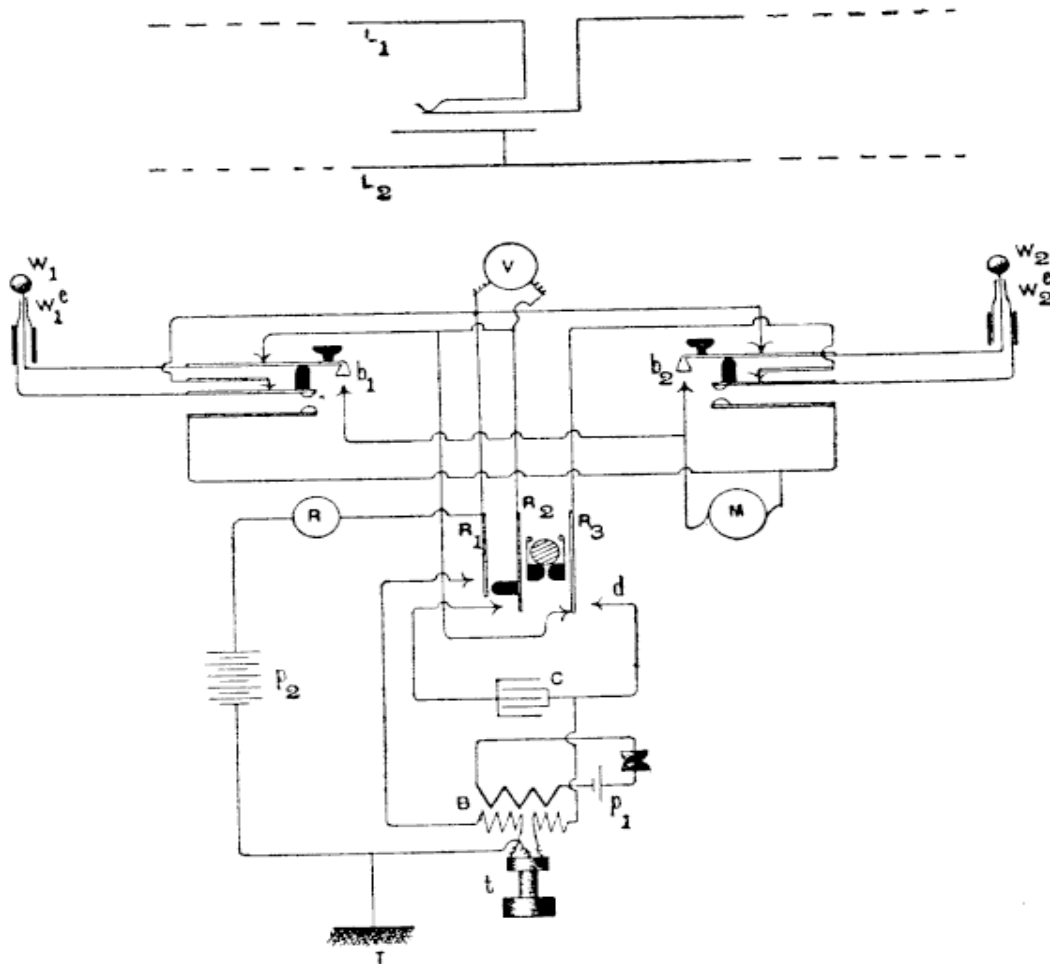


Fig. 189. — Schéma de la table dicorde pour lignes à double fil.

un annonceur de fin de communication en dérivation sur les conducteurs des cordons; R_2 , R_3 les lames d'une clé Dewar, munie d'une lame supplémentaire R_1 , mise en mouvement par un butoir en ébonite fixé sur R_2 ; C un condensateur empêchant le courant de p_2 de se dériver par R_2 quand la clé est abaissée; B une bobine d'induction

à double enroulement; t le téléphone à double enroulement; p_1 la pile du microphone; T la terre.

Le circuit induit de la bobine et celui du téléphone sont pris à double enroulement, afin que le poste téléphonique, qui est mis en dérivation sur les conducteurs des cordons quand on abaisse la clé, mais présente une terre, soit aussi symétrique que possible par rapport à ces conducteurs et par suite aux fils de ligne. On évite ainsi la friture.

Les manœuvres sont absolument semblables à celles qu'exige un multiple à simple fil.

Quand l'abonné Y appelle, le téléphoniste porte la fiche W_1 dans le jack individuel de Y et abaisse la clé $R_1R_2R_3$, ce qui lui permet de prendre ses ordres. L'abonné ayant demandé X, l'opérateur saisit la fiche W_2 et touche avec la pointe de cette fiche le massif du jack X de son tableau.

Si la ligne de X n'est pas occupée, *aucun* toc ne se fait entendre dans le téléphone et le téléphoniste livre la communication.

Au contraire, si la ligne X est occupée, la partie massive de ses jacks communique dans un tableau quelconque, par la bague extérieure d'une fiche, avec un circuit tel que $b_1R_1Rp_2$. Au moment du contact de la pointe de la fiche W_2 avec un de ces massifs, un courant passe par $W_2, b_2, R_3, d(1)$ (la clé étant alors abaissée), l'enroulement de droite du téléphone, ce qui produit le toc avertisseur.

L'employé s'arrête et prévient le demandeur que la ligne n'est pas libre.

En résumé, dans l'état actuel, que le réseau soit à

(1) *Remarque* : il y a lieu d'intervertir, sur la fig. 180, les connexions entre les fils du cordon en rapport avec b_2 et les deux parties de la fiche W_2 .

simple ou à double fil, le téléphoniste recevant un appel porte une fiche dans le jack individuel de l'appelant, abaisse la clé du cordon utilisé, prend connaissance de la demande tout en saisissant la seconde fiche, touche avec la pointe de celle-ci le massif du jack général de l'appelé, ou introduit légèrement cette fiche dans le jack (système Oesterreich) et, suivant le cas, s'arrête ou continue le mouvement et sonne. Toutes les communications locales sont donc directes et les responsabilités nettement limitées.

Quant à la rapidité obtenue avec le multiple, elle est très grande. Dans les moments de presse, un téléphoniste exercé peut donner 360 communications à l'heure, soit une par 12 secondes.

La fig. 180 est le schéma du type adopté pour le réseau de Paris.

B. *Monocorde*. — a) *Simple fil*. — Si remarquable que soit ce résultat, on a cherché à aller plus loin, en réduisant encore le travail des téléphonistes. Dans les appareils décrits, chaque paire de cordon sert à relier deux abonnés quelconques, sans être particulièrement affecté au service d'aucun d'entre eux. Il y a là une certaine élasticité qui est avantageuse. Par contre, pour se mettre en rapport avec un abonné demandeur, l'employé doit dépenser quelques secondes pour introduire une fiche dans son jack et abaisser une clé. On est arrivé à supprimer cette partie des manœuvres, mais on affecte alors un cordon souple avec fiche et clé spéciale à chaque ligne, et le multiple est dit à corde unique ou monocorde (1).

(1) Voir l'article très complet de M. DE LA TOULASSE : *Matériel pour bureaux téléphoniques* *Annales télégraphiques* de 1891; auquel une grande partie du présent paragraphe est empruntée.

Système Scribner. — La ligne L arrive encore à des jacks dans chaque tableau, pour aboutir à un annonceur V (fig. 181). La sortie de celui-ci est raccordée à la lame R_4 d'une clé spéciale, en contact avec la lame R_3 reliée au cordon souple de la fiche W_1 . Le culot métallique de celle-ci, en communication avec le conducteur du cordon, repose dans l'alvéole d'un jack vertical G, en rapport avec la terre et appelé par cette raison *jack de terre*. La fiche écarte la lame-ressort recourbée DC. Les lames AB et FE restent isolées l'une de l'autre et de la première.

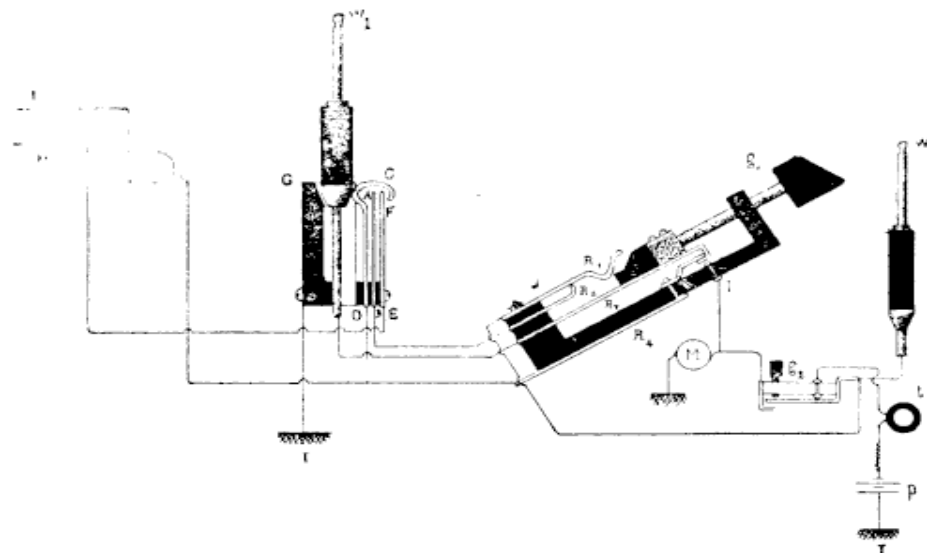


Fig. 181. — Monocorde Scribner, simple fil.

Tout courant lancé dans la ligne traverse successivement les jacks de tous les tableaux, l'annonceur V, la lame DC et arrive en terre. L'annonceur V fonctionne.

Si l'on soulève la fiche, la lame-ressort DC se déplace vers la gauche en vertu de son élasticité, en poussant la lame EF qu'elle met en contact avec AB.

A ce moment, la mise sur terre au jack est supprimée et le circuit se continue par les lames CD, AB, les ressorts R_2 , R_1 , le bouton b_2 , le téléphone t , le circuit secondaire du microphone, la pile p , la terre.

Le préposé est donc en mesure de communiquer téléphoniquement avec le demandeur.

Remarquons en passant que la lame EF, en rapport avec le fil H relié au test-line, se trouve connectée avec le circuit téléphonique, dès que la fiche est soulevée.

Si l'employé touche alors avec la fiche W_1 le corps cylindrique du jack d'un abonné en communication, un « clac » se fera entendre dans son téléphone par suite du passage du courant de sa pile p dans son circuit local, le bouton b_2 , R_1 , R_2 , AB, CD, R_4 , R_3 , la fiche W_1 , le massif des jacks, les lignes reliées et leurs terres.

L'abonné demandé n'étant pas en communication, aucun bruit n'est perçu et l'employé continuera d'enfoncer la fiche, puis refoulera à fond le poussoir b_1 , ce qui provoquera d'une part la rupture du contact des lames R_1 et R_2 , c'est-à-dire l'isolement du circuit de service contenant le téléphone et le microphone et d'autre part, en appliquant le ressort R_3 sur le contact I en rapport avec la magnéto M, enverra des courants d'appel sur le circuit attaqué.

L'abonné demandé sera ainsi prévenu et la communication pourra s'engager.

La fiche W est une fiche de secours qu'on utilise en cas d'avarie des fiches individuelles, ou lorsque son emploi peut faciliter le service.

En résumé, si l'abonné X sonne, l'employé enlève la fiche X de son alvéole, ce qui met automatiquement son poste en relation avec la ligne X. Le reste de la manœuvre

ne diffère pas de celle du dicorde, sauf que pour rompre une communication, il suffit de dégager *une seule fiche* du jack de l'abonné demandé.

Malheureusement, la simplification du service n'est obtenue qu'au prix d'une complication, ne justifiant peut-être pas le gain, somme toute minime, de temps obtenu; aussi le monocorde ne se rencontre-t-il que dans quelques bureaux centraux (Berlin, Hambourg...). Le dicorde, au contraire, est d'un emploi courant.

Système Shaw. — Employé aux Etats-Unis dans le réseau de Philadelphie par la Law Telegraph Company, le commutateur Shaw diffère notablement de tous les précédents.

Pour l'appel du bureau central notamment, il n'est fait usage d'aucun annonceur.

L'employé du bureau central écoute continuellement sur un fil dans lequel sont insérés les 75 ou 100 postes qu'il dessert.

Chaque poste d'abonné est donc raccordé par deux fils : l'un, celui d'appel, commun à tout le groupe; l'autre, le fil ordinaire, par lequel s'échangent les communications.

Le poste est disposé comme l'indique la fig. 182.

Le fil d'appel, raccordé au ressort R_3 , presse sur la plaque 1 d'un commutateur spécial sur laquelle appuie également le ressort R_4 , en relation avec le fil d'appel de sortie qui va chez l'abonné suivant. L_1 , fil ordinaire pour les communications, est rattaché au ressort R_1 appliqué contre la plaque 3 sur laquelle s'applique aussi le ressort R_2 , en rapport d'une part avec le téléphone t , le circuit secondaire I_2 du microphone, le ressort R_5 , la plaque 2, le ressort R_6 ; d'autre part, avec une sonnerie

vibratoire S, le contact E, la fourche-commutatrice AB, la terre.

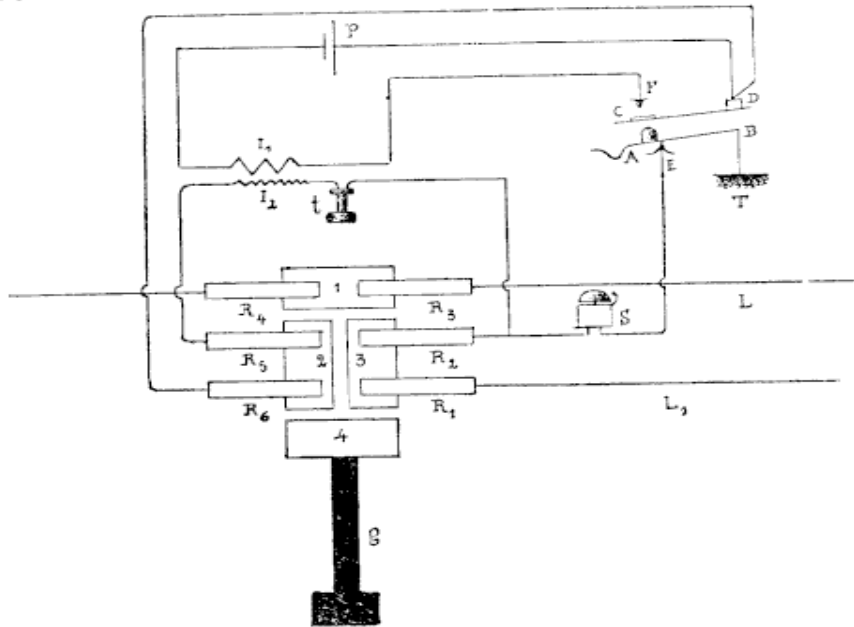


Fig. 182. — Schéma du poste Shaw.

Tout courant d'appel émanant du bureau central traverse donc L_1 , R_1 , 3, R_2 , S qu'il actionne, E, la fourche-commutatrice AB, la terre. Il ne se dérive pas vers I_1 , cette partie du circuit étant isolée en D.

En décrochant le téléphone, AB applique contre le contact F la lame CD fermant le circuit primaire du microphone et met d'autre part le ressort R_6 sur terre, ce qui complète le circuit secondaire du poste et permet à l'abonné d'engager le conversation.

Si celui-ci veut demander une communication, il lui suffit, après avoir décroché son téléphone, de pousser b de manière à relier métalliquement les ressorts R_2 et R_3 par la plaque 3 et R_5 , R_4 par 2, puis d'énoncer sa demande à l'employé du bureau central.

Lorsque la communication est terminée, il en prévient de même ce dernier.

La suppression des annonceurs, au bureau central, change notablement la composition de la table, qui présente les dispositions indiquées figure 183.

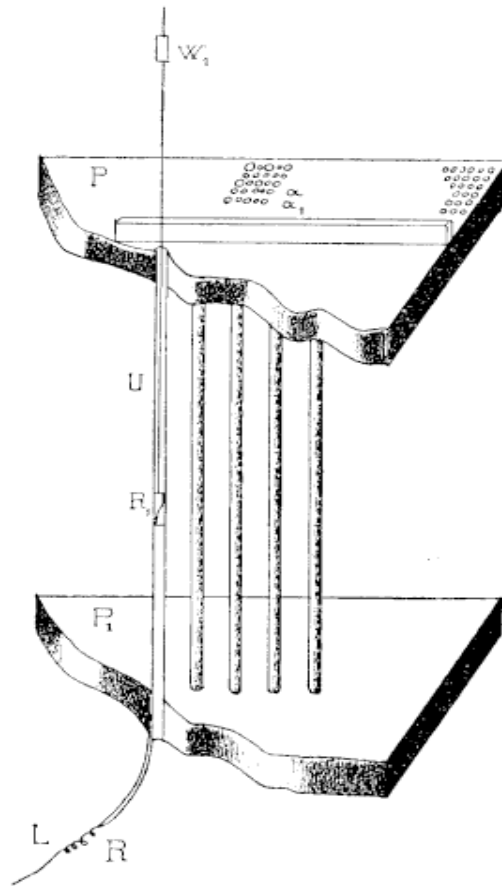


Fig. 183. — Table téléphonique Shaw. Si l'on pose alors la fiche dans une alvéole en dérivation sur une ligne quelconque, la connexion est faite et les abonnés correspondants peuvent se parler.

La table porte donc une série de petits dés métalliques

Deux panneaux horizontaux en bois à épaisseurs croisées, P, P₁, sont réunis par des tubes verticaux en laiton, à la partie inférieure desquels se raccordent les lignes. Dans les tubes peuvent coulisser de petits poids R₁, etc., munis d'un ressort pour assurer un bon contact avec le tube et suspendus à des cordons à fil conducteur intérieur, portant à leur extrémité des fiches métalliques W₁... terminées par une pointe. Lorsqu'on soulève la fiche, le poids R₁ est soulevé et la ligne reste en communication avec la fiche, tant que R₁ est dans le tube.

$a, a_1, \dots$ rattachés aux autres lignes et qui sont les équivalents des springjacks rencontrés dans les commutateurs précédents.

Afin d'éviter de connecter un abonné déjà relié, l'opérateur touche d'abord le dé de sa ligne avec une fiche spéciale, en rapport avec un électro-aimant et une pile. Si l'abonné demandé est en communication, l'électro-aimant ne vibre qu'une fois, tandis que les personnes conversant entendent un tœc dans leur téléphone. Si la ligne est libre, le courant traverse la sonnerie vibratoire du poste qui est actionnée, tandis que l'électro-aimant de l'employé vibre concurremment.

Le bureau central de Philadelphie où a été appliqué ce très original système, a été monté pour 4000 abonnés. Chaque table partielle permet de desservir directement 400 abonnés, au moyen de quatre groupes de 50 fiches fixées à sa partie centrale. Les deux côtés sont occupés par les trous de ligne. Les 4000 trous n'occupent qu'une surface d'un mètre de largeur sur deux de longueur, en sorte qu'un seul employé peut très bien, de sa place, contrôler toute la table. La première table reçoit les fiches 1 à 400; la deuxième 401 à 800, et ainsi de suite.

Ce système présente certains avantages. Les communications peuvent se faire très rapidement, aussi le personnel qu'exige le service du bureau central, peut-il être restreint. En outre, la suppression des annonceurs, tant individuels que de fin de communication et la simplicité des godets de connexion, permettent une réduction notable de l'encombrement. Par contre, il offre l'inconvénient de nécessiter deux fils pour chaque poste du réseau, sans cependant bénéficier d'aucun des avantages spéciaux au double fil.

b) *Double fil.* — Le montage du poste de l'abonné se présente comme l'indique la fig. 184. Dans la position

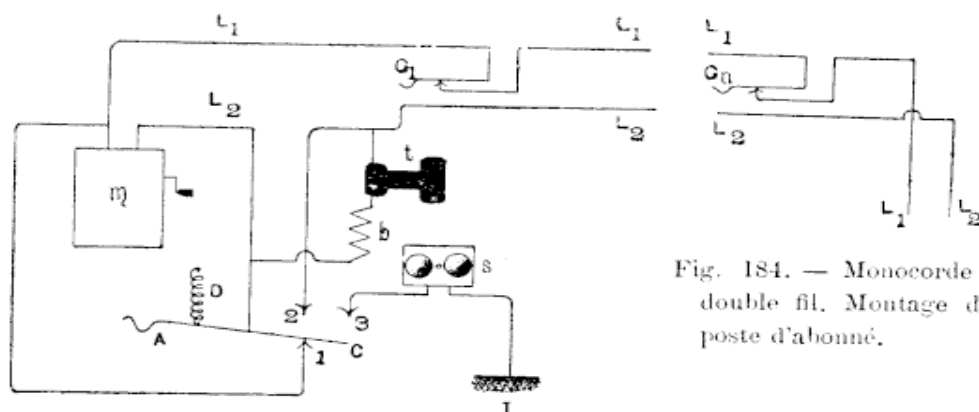


Fig. 184. — Monocorde à double fil. Montage du poste d'abonné.

de repos, le téléphone est suspendu à la fourche-commutatrice AC et celle-ci touche les contacts 2 et 3. L'axe de la fourche communique d'une part avec une petite magnéto m ; d'autre part avec le circuit secondaire du microphone (dont le primaire a été omis pour la clarté du dessin), le téléphone t , le fil de ligne L_2 .

L'autre borne de la magnéto est connectée avec le fil L_1 . Le contact 2 est en relation avec le fil de sortie du téléphone, de manière à établir l'enroulement secondaire en court-circuit dans la position d'attente. 3 est en rapport avec la sonnerie électro-magnétique S et la terre. La magnéto m est donc intercalée entre les deux fils de ligne L_1 , L_2 et la sonnerie S , en dérivation entre ceux-ci et la terre.

Dans la position de travail (téléphone enlevé de la fourche, situation qu'indique la fig. 184), le ressort D fait basculer la fourche. Celle-ci abandonne les contacts 2 et 3 pour s'appliquer en 1. La magnéto m est mise en court-circuit et l'enroulement secondaire b du microphone, avec

le téléphone, est intercalé à son tour entre L_1 et L_2 . La sonnerie S et sa terre, sont éliminées de l'installation par suite de l'isolement produit en 3.

Le poste est donc en état de recevoir et de transmettre.

Au bureau central, les deux fils L_1 , L_2 se rattachent d'abord au jacks généraux G_1 , G_n (fig. 184) (1). L_1 est connecté aux ressorts, L_2 aux canons des jacks. Les deux fils viennent enfin dans le jack de terre aux deux conducteurs du cordon à fiche (fig. 185). L_1 contient l'annonceur V et est en rapport avec la partie extérieure et le culot métallique W_e de la fiche W . L_2 est connecté avec la partie centrale W_i de la fiche. Deux dérivations partent de L_1 vers les ressorts R_1 et R_2 ; de même le fil L_2 est raccordé au ressort R_3 .

Le culot métallique W_e de la fiche repose dans l'alvéole du jack de terre J , en écartant le ressort R_1 , situation indiquée fig. 185. Comme l'alvéole est en relation avec la pile p d'essai et la terre, on voit que dans la position d'attente, le fil L_1 est sur terre au bureau central par le culot de la fiche et le jack de terre, et sur terre dans le poste de l'abonné (fig. 184) par l'intermédiaire de la sonnerie S .

Étudions maintenant de plus près les organes du jack de terre. Il comporte un levier b basculant autour de l'axe O et quatre lames-ressorts R_1 , R_2 , R_3 et R_4 . Nous avons vu les liaisons de R_1 , R_2 , R_3 . R_4 est en rapport avec un des enroulements B de la bobine microphonique de l'employé

(1) Nous faisons abstraction, bien entendu, des organes accessoires qui se rencontrent dans toute installation, parafoudres, serre-fils, dispositifs de mise sur terre, etc.

et de son téléphone T dont le milieu est à la terre. R_3 et R_4 sont séparés par une cale en ébonite f ; R_2 et R_3 par une cale en ébonite d ; R_2 et R_1 portent des expansions en forme de coin a et c , en ébonite également. Le ressort R_1 est découpé d'une boutonnière dans laquelle coulisse

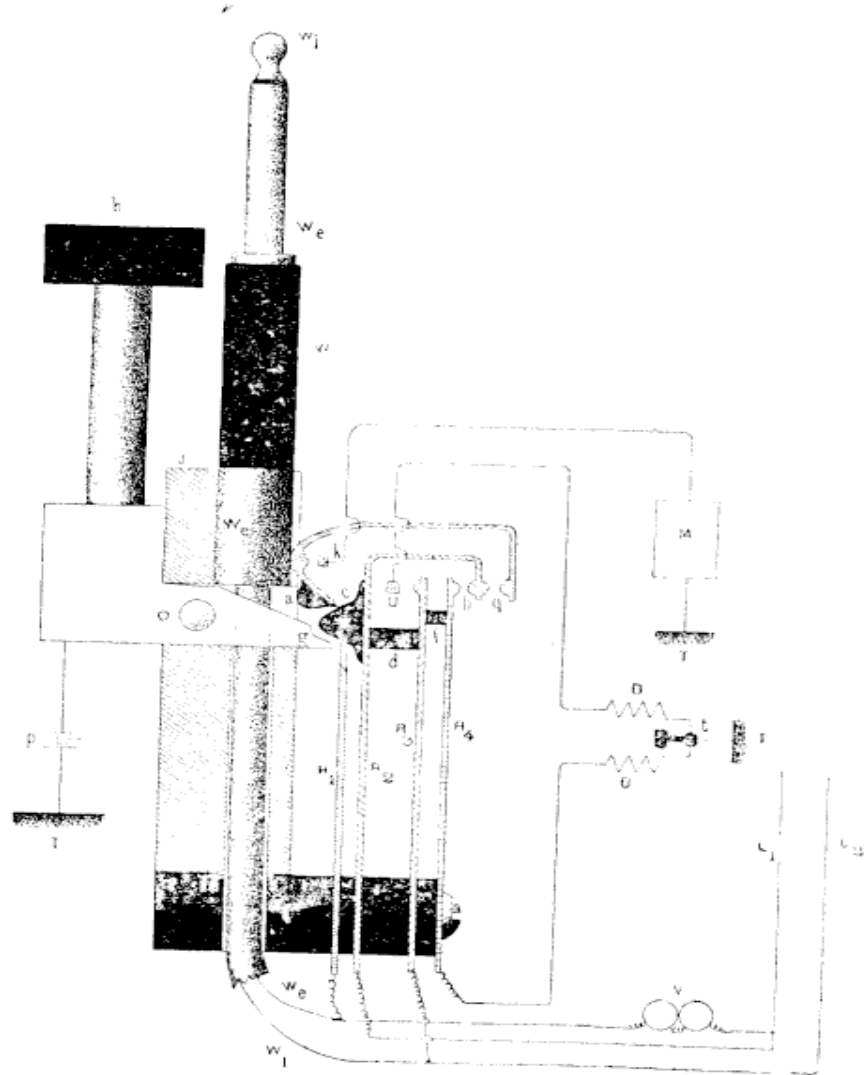


Fig. 185. — Jack de terre du monocorde à double fil.

le coin c , k et U sont des plots en rapport respectivement avec une magnéto d'appel M et le second enroulement secondaire de la bobine microphonique de l'employé, son téléphone et la terre.

Au repos, toutes les lames-ressorts et les plots sont isolés l'un de l'autre.

Pour appeler le bureau central, l'abonné, laissant le téléphone suspendu à la fourche-commutatrice, tourne la manivelle de sa magnéto m . Les courants suivent le chemin T , la sonnerie S , la fourche AC , m , le fil L_1 , les ressorts des jacks, l'annonciateur V, W , le jack de terre, T .

Prévenu par le déclenchement du volet de l'annonciateur, l'abonné soulève la fiche W . En vertu de son élasticité, le ressort R_1 se projette vers la gauche, entraînant R_2 , qui déplace R_4 . Grâce à la cale f , le ressort R_3 participe au mouvement et vient butter contre U . Le poste téléphonique du bureau central se trouve ainsi mis en relation avec les fils L_1 et L_2 .

L'employé s'enquiert du numéro de l'abonné demandé et touche avec la pointe W_i de la fiche W le canon du jack de la ligne indiquée.

Si celle-ci est libre, un toc se produit dans le téléphone, par suite de la dérivation offerte au courant qui parcourt la ligne auscultée.

L'employé continue l'introduction de la fiche et l'enfonce à refus, puis il fait basculer la clé b et l'abandonne.

Par cette dernière opération, il a sonné l'abonné demandé et séparé le poste de service de la ligne; la communication est complète.

Le bec g du levier b a, en effet, d'abord repoussé la pièce en ébonite c entraînant la lame R_2 et, par la partie recourbée de celle-ci, la lame R_1 en établissant le contact g .

Les lames R_3 et R_4 ont participé au mouvement par l'intermédiaire des cales d et f , en sorte que les contacts h et u ont été immédiatement rompus, ce qui élimine le poste de service. Le mouvement continuant, g abandonne le coin c , d'où retour à gauche de l'ensemble des ressorts R_2, R_3, R_4 et rupture du contact q . Enfin le bec g atteint le coin a , le pousse vers la droite, ainsi que le ressort R_1 , qui en est solidaire et lui fait prendre contact avec k , ce qui envoie sur le circuit de l'abonné demandé le courant de la magnéto M par k, R_1, W_e , le fil L_2 de cet abonné, la fourche-commutatrice de son poste, sa sonnerie et la terre. Le courant se dérive vers V et la ligne L_1 de l'abonné *demandeur*, mais dans une plus faible proportion, vu la résistance supplémentaire apportée par la présence de l'annonceur V . Aucun courant ne se dérive, si l'abonné a conservé le téléphone à l'oreille.

Le levier b est alors abandonné et g vient se loger entre les deux coins a et c , maintenant rompus tous les contacts.

Les lignes des deux abonnés sont donc reliées et la communication peut s'engager.

Lors de l'essai de la ligne demandée, nous avons supposé qu'elle était inoccupée.

S'il en eût été autrement, deux cas auraient pu se présenter : 1° l'essai est fait à un jack de la ligne dont la fiche est utilisée (abonné demandeur); 2° l'essai se fait à un jack de la ligne qui a été demandée, soit à gauche, soit à droite du jack dans lequel la fiche est insérée :

1° Le circuit des deux abonnés reliés, ne comprenant aucune pile d'essai, ne peut donner le toc révélateur, lorsque l'on touche un des jacks qui en fait partie;

2° S'il s'agit d'un jack placé à gauche de la fiche, on se

trouve dans le même cas qu'au primo. Il en est encore de même s'il s'agit d'un jack de droite, puisque le fil L_2 relié au canon touché est isolé d'une part à la tige centrale de la fiche restée dans son alvéole et d'autre part en rapport seulement avec le circuit de travail lequel, comme nous venons de le dire, ne comporte aucune pile d'essai.

Remarque. — L'essai pourrait se faire d'une manière plus sûre encore, en adoptant une disposition analogue à celle que nous avons étudiée, lors de la première description du multiple pour simple fil.

Il suffirait en effet de supprimer l'élément de pile p et de l'introduire entre le plot U et le poste téléphonique B .

La fiche étant enlevée de son alvéole, U est en contact avec R_3 et par suite en relation avec W_1 et la pointe de la fiche (fig. 185).

Si donc on touche avec celle-ci un jack d'une ligne inoccupée, le téléphone rendra un « toc » par suite du passage du courant de la pile par la terre du poste de la ligne auscultée.

Au contraire, si le circuit est occupé, aucun son notable ne se fera entendre, puisque le reliaement est alors entièrement métallique.

Tel est le multiple monocorde pour lignes à double fil, auquel le reproche de grande complexité que nous adressions plus haut à celui à simple fil, s'applique avec beaucoup plus de force.

Si cet appareil permet de desservir avec la même facilité un réseau de même importance, mais où le service est plus actif, ce qui équivaut à réaliser une économie en personnel de bureau central, il est certain, par contre, que les dérangements doivent être plus fréquents, moins faciles à localiser et à faire disparaître.

Il faut donc, indépendamment d'amortissements plus grands, vu le prix d'achat plus élevé, supporter les frais d'un personnel technique et ouvrier plus nombreux — payé plus cher que les agents (féminins dans la plupart des cas) utilisés au service des communications — en sorte que le résultat économique définitif est rien moins que problématique.

Limite d'emploi du multiple. — Le multiple permet de desservir aisément 8 000 et 10 000 abonnés. Il semble même que certaines modifications apportées au matériel, réduction d'importance des pièces du bâti notamment, pourraient porter ce nombre à 12 000.

Mais quoi qu'il en soit, on arrive à un nombre que l'on ne peut dépasser avec le matériel existant, parce que l'on est forcément limité dans la place à donner aux jacks généraux que doivent facilement atteindre les opérateurs des bureaux centraux.

Le jour n'est pas loin, sans doute, où la nécessité d'établir des bureaux centraux comportant des nombres d'abonnés encore plus élevés s'imposera; aussi s'est-on préoccupé de résoudre, dès maintenant, ce difficile problème.

Tableaux multiples diviseurs. — Parmi les solutions proposées, nous citerons celle, très élégante, indiquée presque simultanément par MM. Bouchard en France (1) et Kellog en Amérique.

Elle consiste, pour le simple fil, dans l'emploi de deux multiples dont les annonceurs fonctionnent, dans l'un par courants positifs, dans l'autre par courants négatifs.

Chaque ligne est reliée par un annonceur dans chaque commutateur, en sorte que l'on peut avertir à volonté, soit un employé desservant le premier multiple qui dispose

(1) *Annales télégraphiques* de 1890, p. 193.

des relierments 1 à N; soit son collègue du second multiple desservant les jacks des lignes $N + 1$ à $2N$.

L'abonné dispose de deux clés d'appel. Son poste possède de même deux annonceurs polarisés, l'un pour courants positifs, l'autre pour courants négatifs, de manière qu'il sache immédiatement quel est le multiple qui le demande.

On desservirait donc ainsi 20 à 24 000 abonnés.

S'il s'agit de réseaux bifilaires, de beaucoup les plus importants, on peut combiner l'appel par les deux courants sur chaque fil, ce qui multiplierait par 4 la capacité du réseau à desservir en multiple.

Enfin, par l'emploi de relais, on pourrait encore doubler cette capacité; mais ceci ne s'obtiendrait qu'au détriment de la simplicité, qualité essentielle, en téléphonie surtout.

§ 5. — TABLES INTERURBAINES.

Ce que nous venons de voir se rapporte aux tables locales, c'est-à-dire permettant de desservir les abonnés des réseaux.

Or le problème à résoudre est plus vaste. Les anciens réseaux ont généralement été construits à simple fil. Les nouveaux sont à double fil. Enfin, les lignes interurbaines, presque toujours établies en circuit bifilaire, servent parfois dans certains pays (Belgique et France, par exemple,) à la transmission simultanée des dépêches téléphoniques et télégraphiques.

Le but de la table interurbaine est : 1° de permettre aux abonnés à simple fil de communiquer avec ceux des autres réseaux par l'intermédiaire des circuits interurbains à double fil; 2° idem pour les abonnés à double fil; 3° de relier entre eux, le cas échéant, deux réseaux étrangers.

Table interurbaine de Bruxelles. — Nous allons décrire la table interurbaine du plus important des réseaux belges, celui de Bruxelles.

Les fils L_1, L_2 (fig. 186) venant des condensateurs séparateurs s'attachent aux ressorts de deux jacks G_1, G_2 , en

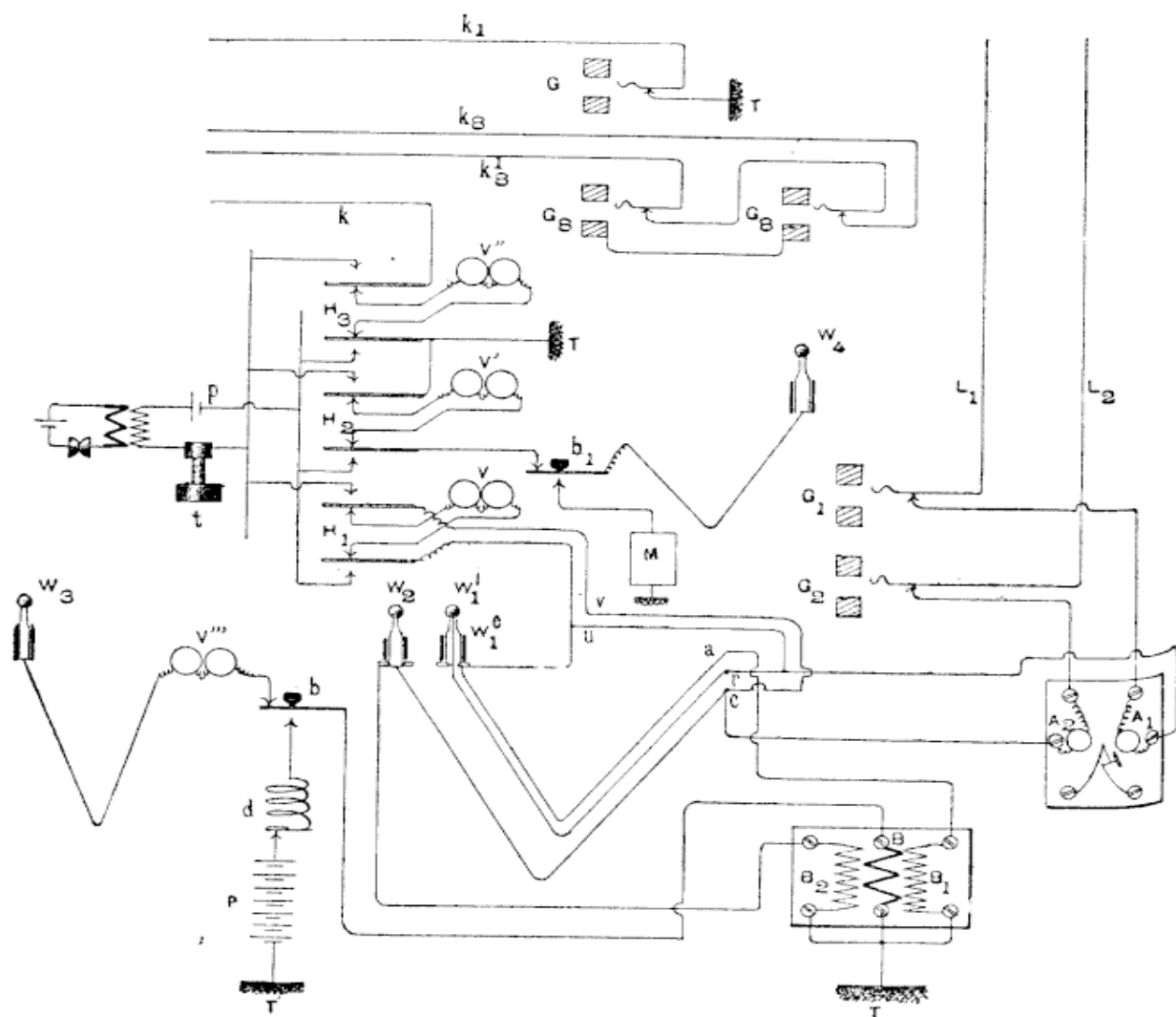


Fig. 186. — Table interurbaine de Bruxelles.

connexion avec les bobines A_1 , A_2 d'un récepteur d'appel phonique, dont les bornes opposées se relient en r et c , d'une part au conducteur de la fiche à fil simple W_2 et au conducteur en rapport avec la partie centrale W'_1 de la fiche W_1 ; d'autre part, avec deux conducteurs u , v rattachés aux lames de la clé H_1 . Les fiches W_1 et W_2 reposent par leur embase métallique sur des sièges métalliques respectivement en rapport avec un des enroulements secondaires B_2 et B_1 d'un translateur. Les côtés opposés de ces enroulements sont réunis entre eux et à la terre.

b , b_1 sont des boutons d'appel en rapport avec les fiches W_3 et W_4 . Leurs plots de travail se relient : le premier au vibreur d et à la pile P , le second à la magnéto M .

H_1 , H_2 , H_3 sont des clés Dewar sur lesquelles sont montés les annonceurs V , V' , V'' . En les abaissant, on remplace l'annonceur correspondant par le poste local de l'employé, dont le circuit secondaire comprend le téléphone t et un élément de pile p .

k est un fil commun à toutes les tables locales, par lequel s'échangent toutes les communications de service avec la table interurbaine.

k_1 est le second fil d'un abonné à double fil venant directement à la terre au jack G .

k_s et k^1_s sont deux fils de renvoi se rendant à un des tableaux locaux. Ils se raccordent à deux jacks G_s , de manière à se trouver à portée de tous les employés desservant la table interurbaine, actuellement au nombre de quatre. Les jacks G_1 , G_2 sont doublés également dans le même but ainsi que G .

Passons maintenant à la figure 187 qui représente les organes des tableaux locaux affectés aux relations avec la table interurbaine.

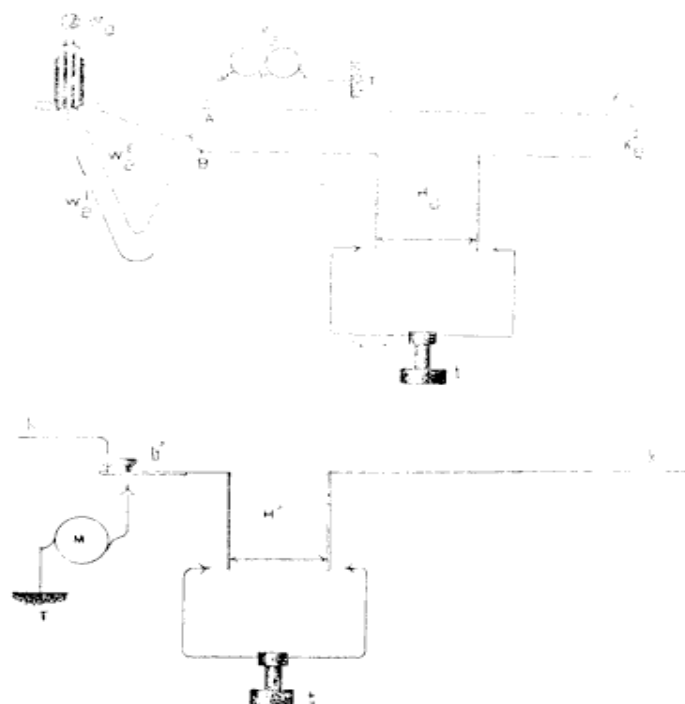


Fig. 187. — Organes des tableaux locaux en relation avec la table interurbaine.

H' est une clé Dewar intercalée dans le fil k venant de la table interurbaine;

b' un bouton qui, abaissé, permet d'envoyer le courant de la magnéto M sur le fil k commun à toutes les tables;

H_s , clé Dewar intercalée dans le fil k^1_s ;

V_s , annonceur en relation, d'un côté avec la terre, de l'autre avec le fil k_s ;

W_s , fiche dont la tige centrale est en relation permanente avec le fil k^1_s venant de la table interurbaine et l'épaulement extérieur, avec le fil k_s allant au même appareil.

Nous allons maintenant passer en revue les différents cas qui peuvent se présenter.

1° Un autre bureau central envoie des courants d'appel.

— En nous reportant à la fig. 186, nous voyons que si le réseau en correspondance par le circuit $L_1 L_2$ émet des courants d'appel, ceux-ci suivent les fils $L_1 L_2$, traversent les jacks G_1, G_2 , d'où ils se dirigent vers les bobines du récepteur d'appel phonique A_1, A_2 , les fils c, r , les fiches W_1, W_2 et par leurs culots métalliques et les sièges métalliques également, sur lesquels elles reposent, vers les enroulements secondaires B_1, B_2 , du translateur où le circuit se ferme et est mis sur terre, ainsi que le circuit primaire. De c et r part une dérivation u, v , vers la clé H_1 . En temps normal, cette clé est abaissée, en sorte que l'annonceur V , de 1000 ohms, est placé en dérivation sur le translateur. Il est toutefois insensible aux courants lancés par le vibreur.

Le récepteur d'appel phonique $B_1 B_2$ fonctionne donc et son annonceur, non représenté sur la figure, déclenche, ce qui prévient l'employé de la table interurbaine qu'on le demande sur le circuit $L_1 L_2$.

Pour se mettre en relation avec le réseau d'attaque, il lui suffit de faire basculer la clé H_1 , ce qui remplace l'annonceur V par le circuit secondaire de son poste téléphonique.

2° On appelle un autre bureau central. — S'il doit sonner le réseau correspondant, il lui suffit d'abaisser le bouton b . Le vibreur d , actionné par la pile P , est en effet alors mis en relation avec le circuit primaire B du translateur. Il entre en vibration. Des courants d'induction engendrés dans les bobines secondaires du translateur sont lancés sur les fils $L_1 L_2$, en parcourant

le chemin inverse emprunté par les courants émis de l'extérieur.

Suivons la marche des opérations qui se succèdent, lorsqu'un abonné demande une communication interurbaine. Supposons d'abord que son raccordement soit à simple fil.

3° Un abonné à fil simple demande la communication.

— A son appel, le volet de l'annonceur de la table locale partielle qui lui est affecté tombe et le téléphoniste du tableau local prend connaissance de sa demande. Dans le cas des communications interurbaines, l'abonné a pour instruction de ne pas reprendre son téléphone, il doit le tenir à l'oreille.

L'employé du tableau local appuie sur le bouton b' (fig. 187) et envoie ainsi sur le fil k les courants de la magnéto M , qui provoquent la chute de l'annonceur V'' de la table interurbaine (fig. 186). Immédiatement après, il fait basculer sa clé H' , ce qui introduit son poste téléphonique dans le circuit d'appel, tandis que l'employé de la table interurbaine qui a vu tomber l'annonceur V'' le relève et fait basculer sa clé H_3 (fig. 186), ce qui lui permet de correspondre avec la table locale au moyen de son poste. Il s'enquiert de la communication demandée et convient d'utiliser au raccordement, par exemple le fil k^1_s . L'employé du tableau local introduit alors la fiche W_s (fig. 187) dans le jack individuel de l'abonné.

Si c'est le circuit $L_1 L_2$ qui doit être emprunté, il suffit alors à l'employé interurbain de se mettre en correspondance avec le réseau requis, comme nous l'avons vu précédemment, d'enfoncer la fiche W_3 dans un des jacks G_s et de dire : « parlez ».

Lorsque la conversation, qu'il peut entendre par induc-

tion en abaissant sa clé H_1 , s'engage avec le bureau central du réseau demandé, sa mission est terminée; il fait basculer sa clé H_1 .

Le circuit comprend donc le poste de l'abonné demandeur et sa terre, sa ligne, ses jacks généraux, son jack individuel, la fiche W_8 , le fil de raccordement k'_8 , un ou les deux jacks G_8 , la fiche W_3 , l'annonciateur V''' , le bouton b , le circuit primaire du translateur, la terre, puis le circuit secondaire du translateur, les fiches W_1, W_2 , le récepteur d'appel phonique, les fils L_1, L_2 , les séparateurs, le circuit télégrapho-téléphonique et la même répétition d'organes dans le réseau en correspondance, si l'abonné demandé a aussi son raccordement à simple fil.

La communication terminée, chaque abonné sonne de son côté, d'où chute du volet V''' prévenant l'interurbain qu'on peut déconnecter.

La fiche W_8 a sa partie cylindrique extérieure rattachée au cordon W'_8 et en A, au fil k_8 et à l'annonciateur de 1000 ohms V_8 mis en terre. Il en résulte que lorsque la communication interurbaine est engagée, le test-line de l'abonné demandeur est en rapport avec le fil k_8 (isolé à ce moment) et l'annonciateur V_8 raccordé à la terre, ce qui permet son fonctionnement.

4° *Un abonné à double fil demande la communication.*— Supposons maintenant que l'abonné demandeur soit raccordé par double fil. Rappelons qu'un des fils, celui de la ligne, aboutit à la table locale, dans les mêmes conditions qu'un circuit ordinaire à conducteur unique, tandis que le second fil, le fil de terre, vient prendre terre à la table interurbaine par l'intermédiaire d'un jack.

Soit, pour fixer les idées, l'abonné 127 dont le fil de terre est k_1 (fig. 186). A son appel, les mêmes opérations

décrites tantôt se reproduisent, c'est-à-dire que l'annonciateur 127, le 27^e de la seconde moitié du premier tableau, tombe. L'employé n° 2 (un employé par 100 abonnés) se met en rapport avec lui, puis sonne son collègue de la table interurbaine par le fil d'appel k . Il prévient ce dernier que l'abonné 127 demande la ville raccordée par le circuit $L_1 L_2$ par exemple. Les deux employés conviennent d'utiliser le fil k^1_s , jack G_s . L'employé de la table locale introduit comme précédemment sa fiche W_s dans le jack de son abonné, jack 127 dans le cas qui nous occupe, tandis que l'employé de la table interurbaine enfonce la fiche W_1 dans un des jacks G_s , la fiche W_2 dans le jack G , après avoir préalablement averti le bureau central demandé.

Le circuit comprend : le poste d'abonné 127 et ses deux fils de ligne, les jacks généraux 127 de tous les tableaux, ainsi que le jack individuel 127 du 1^{er} tableau, la fiche W_s et le fil k^1_s , le jack G et la fiche W_2 , le jack G_s et la fiche W_1 , puis le récepteur d'appel phonique $A_1 A_2$, les jacks $G_1 G_2$, les fils de ligne $L_1 L_2$ etc... et les mêmes organes où ceux, pour le simple fil, dans le réseau correspondant.

Dans ce second cas, le translateur est donc supprimé, et l'abonné bénéficie de toute l'énergie qu'absorbe la transformation qui s'effectue dans cet appareil. La différence dans la transmission est sensible.

L'annonciateur V reste en dérivation sur le récepteur d'appel phonique pour prévenir de la fin de la communication ; le fil W^e_s et l'annonciateur V_s (fig. 187) assurent comme précédemment le fonctionnement du test-line.

5° *La table interurbaine doit communiquer avec la table locale.* — L'employé de la table interurbaine prend la fiche W_4 , l'introduit dans un des jacks G_8 et appuie sur le bouton b_1 qui connecte la magnéto M .

Le courant suit le fil k^1_8 , arrive en B , prend le raccordement de B avec le siège de la fiche W_8 , l'embase métallique de celle-ci, le cordon W'_8 , l'annonceur V_8 (dont le volet déclenche) et se ferme par la terre.

Ainsi prévenu, le téléphoniste du tableau local abaisse la clé H' pendant que celui de l'interurbaine en fait autant pour la clé H_3 , ce qui leur permet de converser.

6° *Un bureau central demande l'intercommunication.* — Enfin, s'il s'agit de relier entre eux deux circuits interurbains $L_1 L_2$, $L'_1 L'_2$, l'employé saisit les deux fiches $W_1 W_2$, ce qui supprime le translateur du circuit $L_1 L_2$ et les introduit dans les deux jacks du second circuit, supprimant ainsi l'annonceur V' , le récepteur d'appel phonique et le translateur de ce dernier.

Les fils de ligne $L_1 L_2$ et $L'_1 L'_2$ sont donc réunis directement et il ne reste au bureau central intermédiaire que l'annonceur V , en dérivation sur les fils et le récepteur d'appel phonique intercalé dans les fils. Celui-ci sert à déceler la fin de la communication.

Il existe par table locale partielle (tableau) deux clés H' et boutons b' pour l'appel de la table interurbaine. Les clés et boutons sont embrochés dans le fil d'appel général k . Chaque tableau possède, en outre, huit clés H_8 correspondant à huit circuits de renvoi.

Table interurbaine de M. Delville. — Notre ancien collègue Delville a combiné une table interurbaine qui se recommande par une grande simplicité et un agencement rationnel des organes.

Les deux fils de ligne L_1 , L_2 (fig. 188) aboutissent à la clé Dewar H et aux jacks G_1 , G_2 .

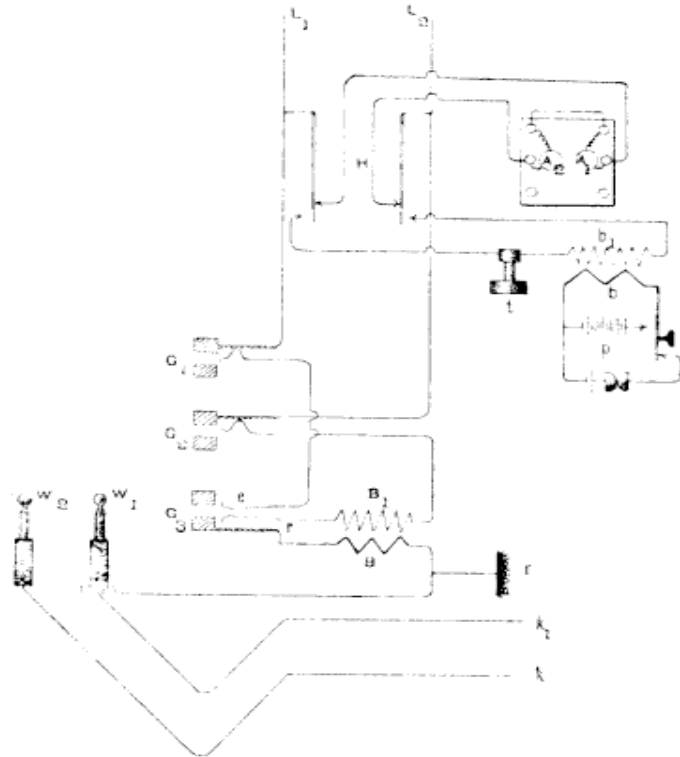


Fig. 188. — Table interurbaine système Delville.

Le ressort du jack G_1 est relié à la lame e du jack spécial G_3 , tandis qu'une liaison est établie entre le ressort du jack G_2 et l'une des extrémités du circuit secondaire B_1 du translateur.

L'autre extrémité de cette bobine est en rapport avec la lame r du jack G_3 . A l'état normal, cette lame r est isolée de la lame e .

La partie massive du jack G_3 est raccordée à l'une des extrémités du circuit primaire B du translateur, l'autre extrémité de ce circuit étant rattachée au fil de terre.

Aux contacts extérieurs de la clé H_2 aboutit le circuit secondaire b_1 de la bobine du microphone dans lequel est intercalé le téléphone t du poste de l'opérateur desservant le commutateur.

Le bouton d'appel c est raccordé, d'une part au circuit primaire b de la bobine du microphone ; d'autre part, il est en contact, soit avec le circuit comprenant le microphone et sa pile (position normale), soit avec le circuit de la pile d'appel p , quand il s'agit d'appeler.

Les tables locales sont en relation avec la table interurbaine par des cordons terminés par une fiche W_2 dont la tête est isolée du corps par une pièce en ébonite (fig. 189).

Cette tête isolée a pour objet de fermer le circuit entre les lames e et r , quand la fiche est introduite dans le jack G_3 , sans que les lames e , r , soient en contact avec le canon (partie massive) du jack.

Les fiches W_1 ordinaires terminent les cordons raccordés au fil de retour k_1 des abonnés à double fil. Ces fiches W_1 reposent à l'état normal sur un siège métallique relié au fil de terre.

Dans la position d'attente, la clé H étant relevée, le circuit se ferme à travers le relai phonique ; les prolongements vers les jacks G_1 , G_2 , G_3 et le translateur sont isolés par suite de la disjonction des lames e , r du jack G_3 .

L'appel lancé sur le circuit actionnera le relai phonique et par suite fera déclencher son annonceur.



Fig. 189.

Fiche des cordons en relation avec les tables locales.

A ce signal, l'opérateur du bureau central abaisse la clé. Le relai phonique est ainsi retiré du circuit et remplacé par le poste téléphonique de l'opérateur. Celui-ci se met en rapport avec le bureau central qui appelle, et, pour établir la communication demandée, introduit la fiche W_2 dans le jack G_3 , s'il s'agit d'un abonné à simple fil.

Par cette manœuvre, les deux lames e, e' de ce jack sont mises en contact au moyen de la tête isolée de la fiche qui ferme ainsi le circuit secondaire du translateur, tandis que le circuit primaire, relié au canon du jack, est en relation avec la fiche W_2 , le cordon k de l'un des tableaux locaux et de là avec l'abonné demandé, prévenu préalablement par un téléphoniste local.

La conversation engagée, l'opérateur se retire du circuit en relevant sa clé.

Au cas où il faut établir une communication à double fil, la fiche W_2 est introduite dans le jack G_1 , tandis que la fiche W_1 , reliée au fil de retour de l'abonné est introduite dans le jack G_2 .

Pour établir l'intercommunication entre deux circuits, on se sert de quatre cordons reliés entre eux deux à deux; deux fiches W_1, W_2 sont introduites dans les jacks G_1, G_2 et les autres W'_1, W'_2 dans les jacks G'_1, G'_2 .

Quand l'opérateur désire appeler un autre bureau central, il abaisse d'abord la clé H , puis il appuie à plusieurs reprises sur le bouton d'appel c . La fermeture du circuit de la pile p , à travers le circuit primaire de la bobine du microphone engendre d'énergiques courants d'induction qui vont actionner le relai phonique du bureau central appelé.

Si l'on désire que ces courants d'appel n'affectent pas le téléphone de l'opérateur, on munit le bouton *c* d'une lame de court-circuit (fig. 190). L'appel par induction est nécessaire quand les conducteurs sont appropriés à la télégraphie et à la téléphonie suivant le système Van Rysselberghe.

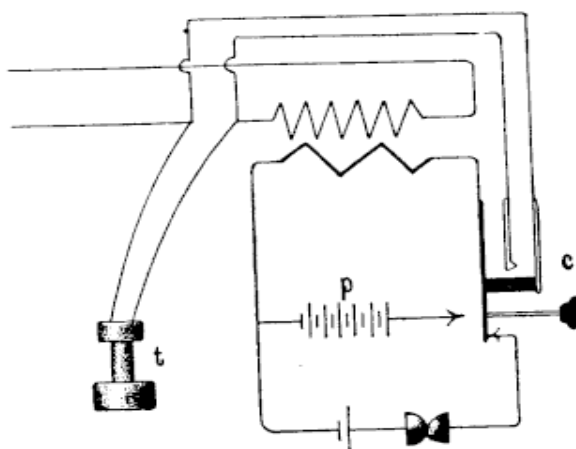


Fig. 190. — Dispositif pour l'appel sur reliaements télégrapho-téléphoniques Van Rysselberghe avec mise en court-circuit du téléphone.

Au contraire, quand on dispose de circuits exclusivement téléphoniques, on intercale le bouton d'appel *c* dans les fils aboutissant aux contacts extérieurs de la clé Dewar, comme l'indique la figure 191. Dans ce cas, l'appel se fait par un courant de pile ou de magnéto. Le relai phonique est supprimé et les fils partant des contacts intérieurs de la clé H, vont directement à un annonceur.

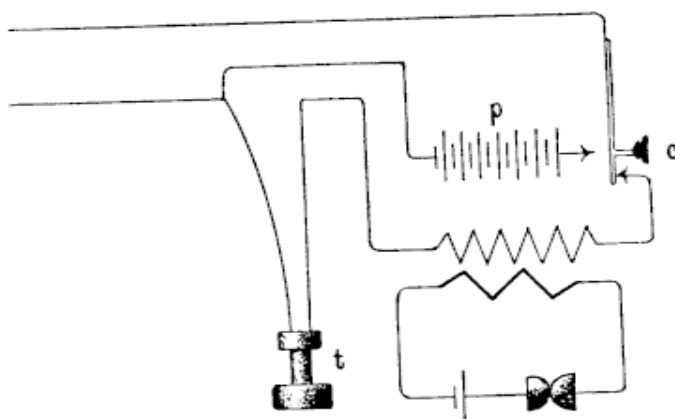


Fig. 191. — Dispositif pour l'appel sur circuits exclusivement téléphoniques.

Lorsque le commutateur du service interurbain se

trouve dans un autre local que les tables du service urbain, le siège métallique des fiches W_2 est mis sur terre par l'intermédiaire d'un annonceur V' (fig. 192).

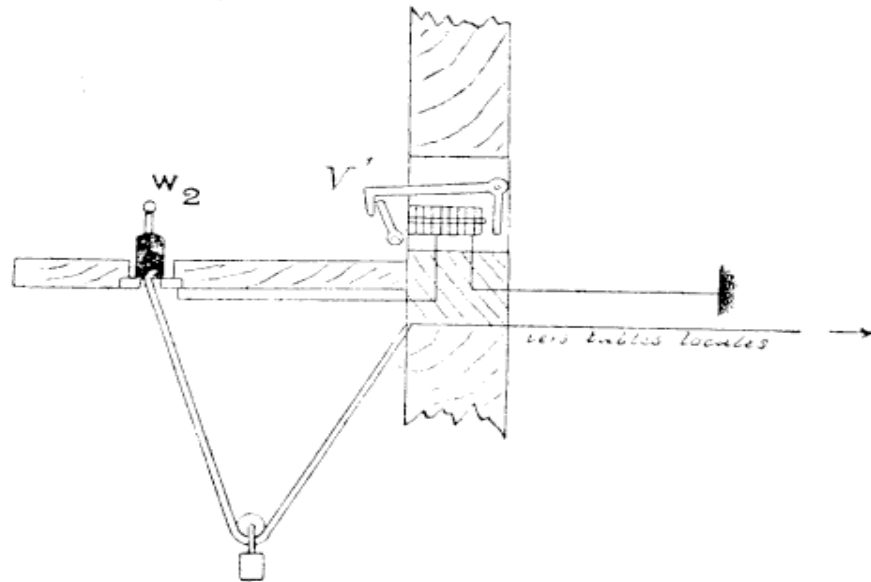


Fig. 192 — Appel de la table interurbaine par la table locale.

La table locale peut ainsi appeler la table interurbaine. Pour que celle-ci puisse également appeler la première, on munit la table interurbaine d'un jack ou d'un plot métallique, en relation avec un générateur ou pile d'appel et l'on intercale un annonceur sur le fil d'appel à la table locale. Il suffit alors, pour appeler celle-ci, de mettre la fiche correspondante W_2 en contact avec le plot ou jack d'appel dont nous venons de parler.

Quand tous les abonnés du réseau ont le double fil, les cordons des fiches W_2 sont à deux conducteurs, le jack G_3 est supprimé et les jacks G_1 G_2 sont remplacés par un

seul G (fig. 193), dont le ressort est isolé du canon à l'état normal.

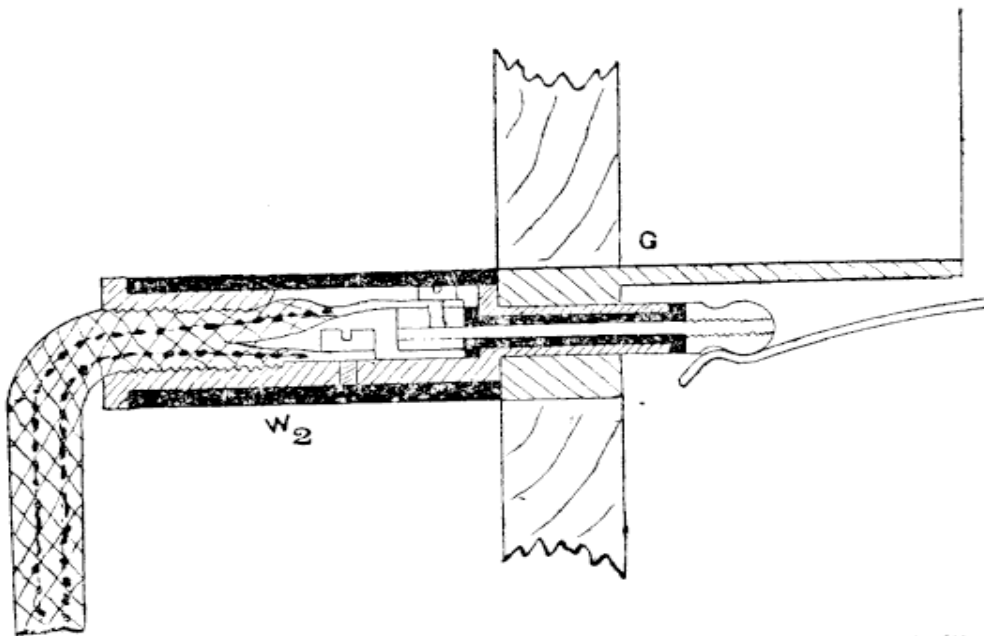


Fig. 193. — Modification des connexions et cordons, quand le réseau est métallique.

L'introduction de la fiche W_2 établit la connexion des fils interurbains avec ceux de l'abonné.

La table Delville, dont deux exemplaires sont en service, l'un à Mons, l'autre à Namur, présente les avantages suivants :

1° Les principaux organes sont fixés sur le panneau vertical du commutateur, de sorte qu'il est facile de visiter les connexions, en se rendant derrière l'appareil; la recherche des dérangements est très facile. On peut aussi effectuer toute espèce de modification aux installations, sans empêcher l'opérateur de desservir le commutateur ;

2° Lorsque le bureau central appelle, il n'y a dans le circuit que les organes servant à émettre ou à recevoir les signaux d'appel : au départ le circuit secondaire de la

bobine d'induction du microphone, à l'arrivée le relai phonique. Les courants d'appel ont donc leur maximum d'intensité et traversent intégralement les bobines du récepteur d'appel phonique ;

3° Quand les opérateurs des bureaux centraux correspondent entre eux, leurs postes téléphoniques sont seuls dans le circuit, ce qui assure de bonnes communications entre bureaux centraux ;

4° L'appel par induction combiné, comme on l'a vu plus haut, ne produit pas les bruits désagréables de la bobine de Ruhmkorff et suffit pour actionner les relais phoniques ;

5° Le translateur n'entre en jeu qu'au moment de l'établissement de la communication avec l'abonné à fil simple ;

6° Le relai phonique, de 800 ohms, établi en dérivation sur le circuit, n'affaiblit pas plus la communication téléphonique, que quand il est intercalé dans le circuit, même lorsqu'il présente alors une beaucoup plus faible résistance ;

7° Chaque reliaient occupe une section verticale du commutateur, ce qui facilite l'installation, ainsi que la manœuvre des appareils, et supprime les chances d'erreur ou de confusion, dans les organes et fils de connexion.

Les tables interurbaines des autres villes belges que Mons et Namur, se rapprochent de la table de Bruxelles décrite précédemment. La plupart des organes que nous avons vus dans celle-ci, s'y retrouvent ; seule leur disposition relative est changée.

§ 6. — LES COMMULATEURS AUTOMATIQUES.

Ces appareils ont pour but de desservir des abonnés voisins au moyen de la même ligne. On évite ainsi les longs

circuits ayant un parcours commun, d'où économie de fil conducteur.

Pour résoudre complètement le problème, il faut qu'un commutateur automatique réalise les conditions suivantes :

1° Le bureau téléphonique central doit pouvoir appeler chaque abonné sans déranger les autres postes desservis par le même fil ;

2° Chaque abonné doit pouvoir appeler la station centrale sans déranger les autres abonnés ;

3° Quand un poste est en communication, aucun des abonnés placés sur le même fil ne doit pouvoir épier ou interrompre la conversation ;

4° Deux postes placés sur le même fil doivent pouvoir être mis en communication directe.

Une foule d'appareils très ingénieux ont été imaginés pour résoudre ce problème épineux. Malheureusement, ils sont très compliqués, coûteux, sujets à dérangements d'une recherche difficile et exigent des manipulations souvent assez délicates et longues au bureau central, toutes conditions qui s'accordent mal avec une bonne exploitation téléphonique.

Au surplus, si l'on considère la commodité des abonnés eux-mêmes, on doit reconnaître que l'usage en commun d'une seule ligne n'est pas sans présenter une gêne très notable, quand ils sont nombreux.

Lorsqu'on rapporte, en effet, le temps pendant lequel une ligne est occupée à la journée toute entière, on trouve, que la proportion est très faible. Mais il faut remarquer que l'on téléphone peu ou point en dehors de limites assez restreintes. Le trafic téléphonique se concentre sur un faible nombre d'heures, ce qui réduit singulièrement le rendement *effectif* d'une ligne.

En fait, les stations automatiques se sont peu répandues. Il n'y a guère qu'en Suède où leur application ait pris quelque importance, par suite de conditions topographiques tout à fait spéciales.

En Belgique, trois stations automatiques du système Barthelous ont fonctionné dans le réseau de Bruxelles; mais elles ont disparu.

On a préféré, soit construire des lignes spéciales, soit recourir aux petits commutateurs à numéros, lesquels, s'ils exigent l'intervention d'une tierce personne pour l'établissement des communications, ont du moins le grand mérite d'être simples et d'une sûreté de fonctionnement incontestable (1).

Remarquons d'ailleurs que beaucoup d'appareils dits « automatiques » exigent néanmoins l'accomplissement d'une manœuvre *à la main*. Or, si simple que soit cette manœuvre, le principe de l'automatisme se trouve atteint et l'avantage que présente ces commutateurs, devient encore plus problématique.

CHAPITRE X.

Appareils annexes des commutateurs.

§ 1. — TABLEAUX RÉPARTITEURS.

L'emploi du multiple entraîne la suppression de l'appel de l'abonné par son nom et sa désignation par le numéro des jacks des tableaux qui lui sont affectés au bureau central.

(1) Les lecteurs que ce sujet pourrait particulièrement intéresser, en trouveront une étude très complète par M. ESTAUXIE dans les *Annales télégraphiques* de 1889, 1890, 1891, 1892, sous le titre : **Stations téléphoniques automatiques.**

L'appel au numéro implique lui-même, pour la facilité, la précision des ordres à transmettre au bureau central et la réduction du nombre d'erreurs possibles, la permanence du numéro affecté à un abonné déterminé.

Or celui-ci déménage, change de quartier, ce qui lui fait attribuer des raccordements tout à fait distincts dans le réseau.

Il est donc nécessaire de pouvoir connecter simplement et sans confusion possible, une ligne extérieure quelconque avec une ligne intérieure de numéro donné.

C'est à satisfaire cette exigence que répondent les tableaux répartiteurs.

Leur agencement repose sur le principe : amener les lignes extérieures à des attaches fixes, les lignes intérieures à d'autres; relier ensuite deux à deux par des fils auxiliaires, les conducteurs du premier groupe à ceux du second.

Cross connecting board. — Un appareil très employé est celui désigné sous le nom américain de « cross connecting board » (fig. 194). Il consiste en une espèce de treillage ou claie verticale en bois et ébonite auquel aboutissent d'un côté tous les fils de ligne, de l'autre tous ceux se rendant au commutateur. Des goupilles en cuivre terminées par

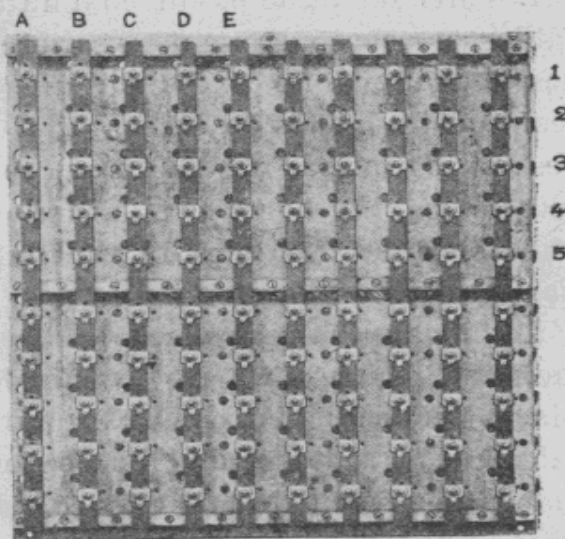


Fig. 194. — Cross connecting board.

des serre-fils, servent à la connexion des fils de lignes et de tables.

Les baguettes verticales en ébonite A, B, C, ... sont traversées par les goupilles serre-fils 1, 2, 3, ... Des trous sont ménagés dans la paroi support, pour permettre le passage des fils de connexion.

Lorsqu'il s'agit d'opérer un changement de ligne et de placer le fil intérieur 20, par exemple, sur une ligne F, au lieu de B, il suffit de déconnecter l'ancienne ligne B, puis de conduire un fil auxiliaire de la goupille serre-fil 20 à celle de la nouvelle ligne F avec laquelle on veut établir la liaison.

C'est parce que les fils de réunion auxiliaires courent perpendiculairement à ceux qu'ils doivent relier et sont conséquemment « en croix » avec eux, que l'appareil porte le nom de « cross connecting board ».

Répartiteur à têtes de câble. — Ce système est employé notamment à Paris au bureau de l'avenue de Wagram.

Les fils de ligne et du commutateur sont amenés en câbles et se répartissent régulièrement entre les bornes des têtes de câbles fixées sur une paroi verticale. Celles recevant les câbles de lignes L, L (fig. 195), ne portent des bornes que sur un côté. Deux têtes de câbles de lignes sont fixées, les bornes se faisant vis-à-vis, entre deux têtes de câbles de tables du modèle ordinaire (à bornes de part et d'autre).

Les fils auxiliaires venant des bornes lignes A, B, C, etc., montent contre la paroi verticale jusqu'à des étriers placés perpendiculairement au mur, se rabattent horizontalement et redescendent en contournant un étrier semblable au niveau de la rangée de bornes reliées aux fils du commutateur.

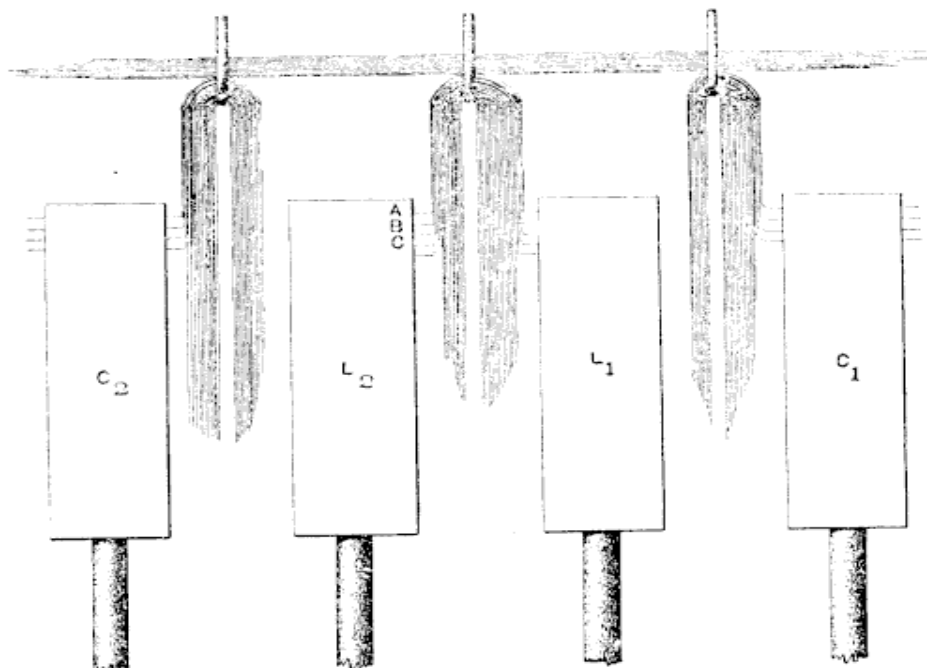


Fig. 195. — Répartiteur à têtes de câbles.

Le faisceau de conducteurs auxiliaires est bien découvert ; à hauteur d'homme, on l'atteint donc sans peine.

Dans les deux appareils précédents, les fils de connexion sont distribués d'une manière quelconque. On a voulu aller plus loin et les classer méthodiquement, de manière à pouvoir déterminer aisément quels groupes ils réunissent.

Répartiteur à cage métallique. — Tel est le cas pour un répartiteur mis à l'essai à New-York (fig. 196). Des règles verticales en ébonite AB, EF....., rangées dans deux plans parallèles, portent les plots d'attache. Elles sont réunies par des traverses horizontales régulièrement espacées. Ces traverses servent à délimiter une sorte de cage métallique formée par trois cadres de barres hori-

zontales et verticales a, c, d, b ; $a' c' d' b'$; $a'' c'', d'', b''$, en fers ronds. Les barreaux sont espacés de manière que l'on puisse passer le bras entre eux et atteindre un point quelconque de l'intérieur.

Du côté AJ viennent s'attacher les câbles de lignes; de l'autre les câbles allant aux tables. En outre, chaque règle verticale AB, EF, etc., correspond aux fils de câbles déterminés.

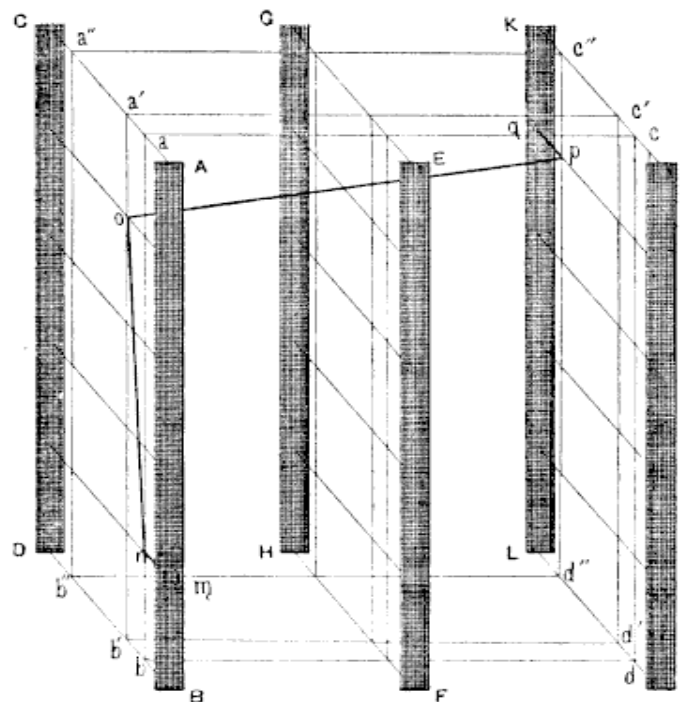


Fig. 196. — Répartiteur à cage métallique.

Soit maintenant à réunir un fil de ligne connecté en m avec un fil de tables rattaché en q .

On soude en m un fil auxiliaire et on le conduit horizontalement le long de la traverse horizontale voisine jusqu'en n sur la droite d'intersection des plans ABCD et $abcd$. De là,

le fil monte obliquement dans le plan ABCD jusqu'en o , sur la droite d'intersection du plan horizontal correspondant au plot q avec le plan $a' c' d' b'$, puis passe, toujours obliquement et prenant appui sur les traverses horizontales intermédiaires jusqu'au point p , où la barre horizontale voisine de q rencontre le plan $a'' c'' d'' b''$, pour

arriver enfin le long de la traverse horizontale, jusqu'en *q* où il s'attache.

Les fils auxiliaires se trouvent ainsi répartis en nappes verticales appartenant chacune à des câbles déterminés et en nappes horizontales correspondant aux plots de raccordement.

§ 2. — TRANSMETTEURS ET RÉCEPTEURS.

Deux cas sont à distinguer, suivant l'importance du bureau central.

a) *Petits bureaux.* —

Les appareils tant transmetteurs que récepteurs sont du type ordinaire. On fixe souvent le microphone sur un support (fig. 197), pour le rapprocher de l'opérateur et éviter ainsi que celui-ci ne doive prendre une position défectueuse en transmettant.

Le support permet de régler l'altitude du microphone à la valeur voulue, suivant la taille de l'employé.

En France cependant, le récepteur et le transmetteur sont souvent conjugués (fig. 212 ci-après).

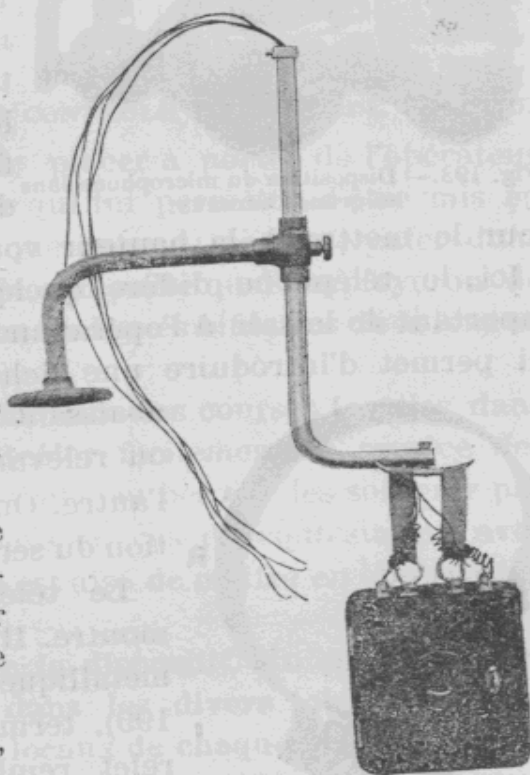


Fig. 197. — Mode de fixation du Blake ordinaire dans un bureau central.

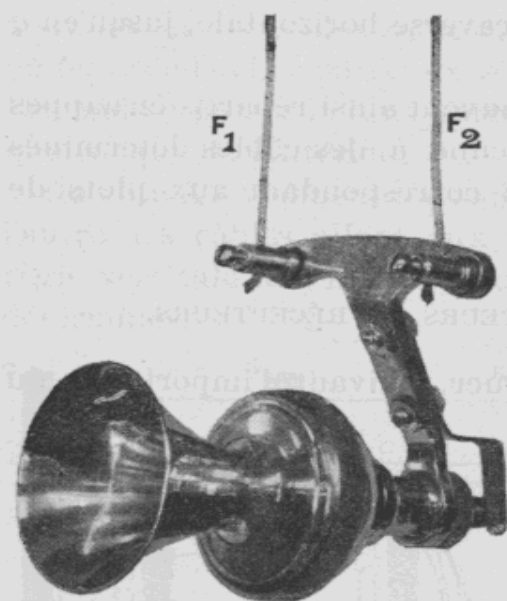


Fig. 193. — Disposition du microphone dans les grands bureaux.

pour le mettre à la hauteur voulue.

Ici, le téléphone diffère quelque peu. Il est en effet important de laisser à l'opérateur les mains libres, ce qui lui permet d'introduire une fiche d'une main, tout en abaissant la clé correspondante ou relevant un annonceur de l'autre. On y gagne une accélération du service.



Fig. 199. — Téléphone serre-tête.

b) *Grands bureaux.* —

L'appareil transmetteur est toujours placé à hauteur de la bouche du préposé, mais d'une manière qui permet de faire varier encore plus simplement sa position.

Il est suspendu par des ficelles métalliques F_1 , F_2 , (fig. 198), amenant le courant ; un contrepoids placé derrière les tables, l'équilibre parfaitement. Il suffit donc de le déplacer à la main,

Le téléphone est du genre montre. Il est muni d'un ressort métallique très flexible R (fig. 199), terminé par un petit bourrelet rembourré S, servant à adoucir la pression exercée par le ressort.

Celui-ci entoure la tête et applique exactement le récepteur sur l'oreille.

Dans un modèle ancien, les ressorts sont au nombre de deux, se croisant sous un angle variable à volonté.

L'employé peut ainsi garder le téléphone à l'oreille sans avoir à s'en inquiéter. L'autre oreille reste libre. Il peut donc percevoir facilement les paroles qui lui sont adressées dans le bureau.

Le poids de l'appareil est naturellement le plus réduit possible. Il est d'environ 150 grammes, grâce à l'emploi de l'aluminium dans la construction de la cuvette du récepteur.

§ 3. — COMMUTATEUR DE CONTRÔLE DU CHEF DE BUREAU.

Il est très important de placer à portée de l'opérateur en chef, un commutateur qui lui permette d'être mis en rapport avec un abonné quelconque; de s'intercaler dans le circuit des appareils de n'importe quel employé ou de se placer en dérivation sur les lignes bifilaires de la longue distance.

On lui évite de cette manière des courses inutiles dans le bureau; il peut contrôler facilement le service des employés inexpérimentés et, au besoin, les soutenir par une intervention judicieuse en cas de contestation avec les abonnés. Enfin, il lui est aisé de mettre en observation les circuits interurbains.

On imagine sans peine le dispositif. Un commutateur, avec jacks de renvoi dans les divers tableaux, jacks insérés dans les circuits locaux de chaque employé, ou en dérivation sur les lignes de la longue distance (mais alors ouverts en temps normal), est fixé dans son voisinage immédiat; son poste possède un cordon avec fiche qui lui permet de surveiller à volonté n'importe quel circuit.

Introduction des fils.

Nous avons étudié les lignes, puis les appareils de commutation vers lesquels elles convergent. Voyons maintenant comment on les amène dans les locaux où se trouvent ces derniers.

Lorsque les circuits sont en câbles, tant aériens que souterrains, il n'y a pas de difficulté. On prolongera les câbles jusqu'au tableau répartiteur.

Si les circuits sont en fils nus, on y soude des fils recouverts de gutta près de l'isolateur d'arrêt de la tour centrale, puis on dirige ces fils recouverts assemblés en faisceaux parallèles, ou câblés deux par deux si les circuits sont métalliques, dans des chenaux qui les conduisent au local du répartiteur.

En Belgique, l'ancienne Compagnie belge du Téléphone Bell a utilisé d'une manière heureuse, pour l'entrée des fils, des tuyaux à gaz disposés comme suit (fig. 200).

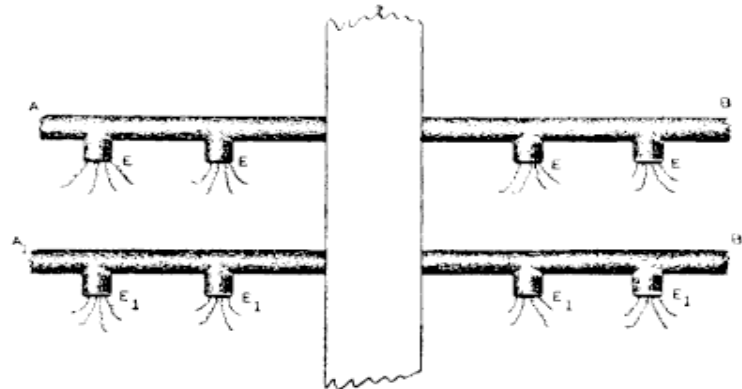


Fig. 200. — Introduction des fils.

Les tuyaux AB, A₁B₁, fixés derrière les traverses horizontales supportant les isolateurs (vers l'intérieur de la

tour), portent des tubulures $E, E, \dots, E_1, E_1, \dots$, dirigées vers le bas et terminées par de petits cylindres en porcelaine émaillée, assujettis au ciment. De ces tubulures rayonnent quatre par quatre des fils isolés qu'on soude aux lignes. Ces fils descendent par un chenal en zinc dans l'intérieur du bâtiment.

Le système est simple et pratique.

CHAPITRE XII.

Les paratonnerres téléphoniques.

§ 1. — APPAREILS DES ABONNÉS.

Les parafoudres adjoints aux postes téléphoniques ont pour but : 1° de protéger les personnes utilisant les installations contre les décharges atmosphériques; 2° de mettre les installations elles-mêmes à l'abri des détériorations diverses causées par ces décharges.

On parvient à ce résultat, en principe, en amenant une pièce conductrice rattachée à la terre très près d'expansions conductrices reliées aux fils de ligne.

Une issue vers la terre est ainsi préparée aux corps de foudre destructifs.

Les paratonnerres téléphoniques appartiennent à deux types : appareils à pointes ou à plaques. Dans ce dernier cas les plaques sont séparées par de l'air ou mieux par des feuilles soit de papier, soit de mica ou gutta.

Le modèle le plus généralement employé, combine les deux.

Parafoudres à pointes. — a) *A pointe unique.* — Les paratonnerres à pointes sont à pointe unique ou à pointes multiples.

Ceux à pointe unique se constituent (fig. 201) par une lame métallique en forme de pont, traversée à sa partie centrale par une vis dont on peut approcher ou éloigner à volonté la pointe d'une lame métallique T reliée à la terre.



Fig. 201. — Paratonnerre à pointe unique

On cale la vis dans la position voulue, au moyen d'un écrou E.

Les branches inférieures du pont sont munies de bornes auxquelles viennent s'attacher en L_1 le fil de ligne, en L'_1 le fil se rendant à l'appareil ou inversement.

b) *A pointes multiples.* — Divers types de paratonnerres sont représentés fig. 202, 203, 204.

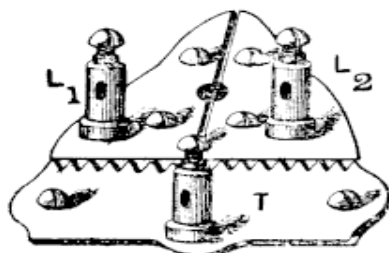


Fig. 202.

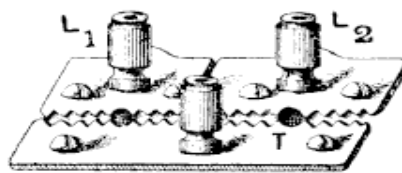


Fig. 203.

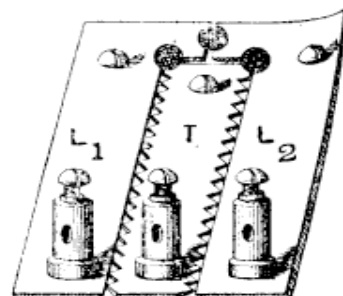


Fig. 204.

Paratonnerres à pointes multiples, dits à peignes.

Aux bornes L_1 , L_2 , viennent s'attacher les fils de ligne; à la borne T le fil de terre. Ces trois bornes sont fixées sur des plaques métalliques dont les arêtes adjacentes, très rapprochées, sont dentelées.

Si une différence brusque de potentiel s'établit sur les conducteurs de ligne, les peignes en rapport avec la terre se chargent d'électricité opposée qui fuse par les pointes pour neutraliser la charge des fils de ligne. Si les variations sont suffisamment intenses, une décharge disruptive se produit vers la terre.

Les pointes sont parfois constituées par de longues épingles rapprochées, fixées normalement à la plaque métallique de ligne.

Parafoudres à papier. — La fig. 205 montre un parafoudre à papier qui a été assez employé en Belgique il y a quelques années.

Il se compose de deux disques en cuivre nickelé séparés par une rondelle de papier souvent paraffiné.

Le disque supérieur est serré au moyen d'un écrou.

La plaque inférieure porte deux bornes L_1, L'_1 , pour l'attache du fil de ligne et de celui se rendant à l'appareil. La plaque supérieure est en relation avec la terre par la borne T et la tige filetée de l'écrou.

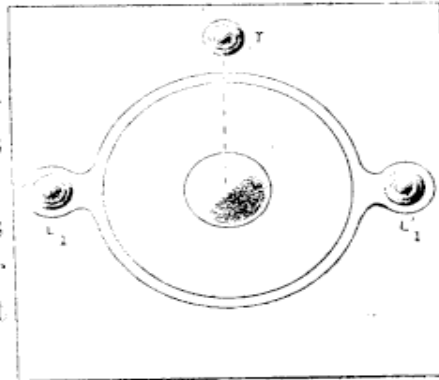


Fig. 205. — Paratonnerre à feuille de papier.

Parafoudres à pointes et à papier. — Les paratonnerres les plus employés combinent le système des pointes et celui de la feuille de papier (fig. 206). La terre vient en T; les fils de ligne en L_1 et L_2 d'où partent également les conducteurs

allant au poste. Les plaques reliées à L_1 et L_2 sont séparées de T par une feuille de papier paraffiné.

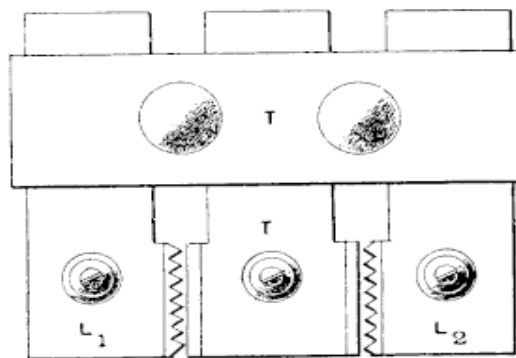


Fig. 206. — Paratonnerre à pointes et à feuille de papier.

Chevilles de court-circuit — Les appareils sont parfois

munis d'une cheville de court-circuit ou de mise sur terre. Les plaques des paratonnerres (fig. 202, 203, 204) sont percées d'un trou légèrement conique empiétant également sur les pièces adjacentes. Il suffit, pour les réunir, d'enfoncer une cheville métallique dans ces trous. Mais cette manœuvre, prescrite alors par temps d'orage, a l'inconvénient grave de rendre l'appareil insensible aux appels. Or, quand les abonnés l'ont effectuée, ils oublient généralement, l'orage passé, de retirer la cheville, en sorte qu'ils ne répondent plus (et pour cause) aux appels du bureau central. Celui-ci croit à l'existence d'un dérangement et envoie inutilement du personnel. Le système, quoique efficace au point de vue de la protection, n'est donc pas à recommander.

Parafoudres à plaques de charbon. — En somme, les parafoudres à pointes et à papier sont suffisants; la pratique l'a démontré. Mettant généralement à contribution des plaques en cuivre, ils ont toutefois l'inconvénient d'établir souvent des mises sur terre permanentes, par suite de la fusion du cuivre des plaques en présence et de leur soudure à l'endroit où la décharge se produit. Pour éviter ceci, on a introduit en Amérique, depuis quelque temps, des parafoudres composés de plaques de charbons séparées par une feuille de mica et munies, en outre, d'une gouttelette de métal fusible, cette dernière pour le cas où le fil de ligne viendrait à toucher un fil à lumière. La gouttelette fusible est incrustée au centre des plaques supérieures; le mica présente une échancrure en cet endroit pour permettre, le cas échéant, l'écoulement du métal fondu.

Degré d'efficacité des paratonnerres. — D'après des essais de laboratoire exécutés par M. Massin (1) :

(1) Note sur l'efficacité comparative de divers modèles de paratonnerres (*Annales télégraphiques*, mai-juin 1893, p. 242).

1° les parafoudres à plaques et à air (donc non munis d'une feuille séparatrice isolante entre les plaques) ont une efficacité qui ne dépend que de la distance des armatures métalliques et de leur poli. On constate toutefois que lorsque la distance n'est que de 0,3 à 0,4 de millimètre, il se produit des mises sur terre fortuites en l'absence de tout orage, probablement dues à des condensations aqueuses réunissant temporairement les plaques ; 2° le mica et la feuille de gutta doivent être proscrits. On adoptera le papier paraffiné aussi mince que possible. Il ne doit pas être évidé ni découpé, pour éviter de retomber dans l'inconvénient des appareils à plaques et à air.

L'appréciation du degré de sensibilité que doivent présenter les parafoudres, varie largement suivant les pays.

Aux États-Unis notamment, comme l'a signalé M. de la Touanne, on estime que les paratonnerres placés chez les abonnés sont absolument inutiles en ce qui concerne la sécurité des personnes. On les combine donc principalement en vue du passage de courants industriels intenses, provoqués, par exemple, par un contact accidentel des fils téléphoniques avec des conducteurs à lumière.

Ce sont donc à proprement parler des « para-contacts », fonctionnant cependant plus ou moins comme parafoudres. Ils appartiennent à deux genres principaux, électro-aimants et coupe-circuits fusibles.

Les électro-aimants, analogues aux anciens indicateurs dits à lapin, sont embrochés dans la ligne de manière qu'un courant de quelque intensité fasse déclencher l'armature et mette la ligne à la terre par le massif ; d'autres fois, le mouvement de l'armature produit l'isolement de

la ligne au lieu de sa mise à la terre et le courant étranger cesse de passer. Ces paratonnerres sont d'ailleurs employés plutôt au raccord des fils aériens et des câbles que dans les bureaux.

Les coupe-circuits fusibles, plus spécialement usités dans les bureaux, sont en général fondés sur l'emploi des métaux, étain, argent ou or en feuilles minces, fixées sur un support isolant quelconque, du papier le plus souvent. Une bande en est intercalée dans le circuit et, lorsqu'elle n'est pas très étroite, présente un étranglement où l'échauffement qui s'y manifeste lors du passage d'un courant intense, détruit promptement sa continuité.

Enfin, on y utilise également un appareil basé sur les effets des extra-courants développés dans un électro-aimant par les variations d'intensité du courant qui le traverse. Il est composé d'un enroulement de fil fin en maillechort, autour d'une simple vis. Les courants industriels en amènent facilement la fusion, mais en outre il paraîtrait qu'il donne de bons résultats lorsqu'il est atteint par des coups de foudre.

Quoi qu'il en soit, nous pensons que les parafoudres à feuilles de papier et à pointes, du genre de celui représenté fig. 206 sont préférables au point de vue de la préservation de la foudre. Toutefois, en présence des développements considérables que prend l'emploi des courants industriels, il paraît y avoir utilité à les compléter, d'une manière générale, par l'adjonction de fils fusibles ou de coupe-circuits.

§ 2. — PARAFOUDRES DES BUREAUX CENTRAUX.

Ce que nous venons de voir concerne plus spécialement les installations des abonnés. Dans les bureaux cen-

traux où aboutissent des centaines et même des milliers de lignes, une salle spéciale dite salle d'essai, qui renferme également le répartiteur, est généralement réservée aux parafoudres. Ces derniers se complètent en outre par des pinces d'essai.

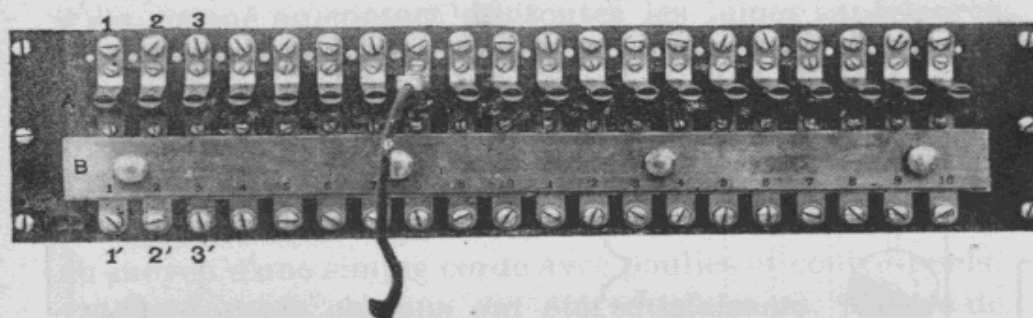


Fig. 207. — Pinces d'essai et parafoudres pour 20 lignes.

La fig. 207 représente une rangée A de pinces d'essai et un parafoudre à papier B pour 20 fils.

En 1, 2, 3..... sont les bornes d'attache des fils de ligne ; en dessous se trouvent les pinces d'essai, puis des plaques métalliques rectangulaires sur lesquelles repose, par l'intermédiaire d'une feuille de papier paraffiné, une plaque B reliée à la terre. Ces plaques portent les bornes d'attache 1', 2', 3',... des fils se rendant aux tables.

Les pinces d'essai sont simplement constituées par deux lames métalliques flexibles en contact. En les séparant au moyen d'une cheville plate mi-partie métal, mi-partie substance isolante (ivoire généralement) reliée à un cordon souple, on peut, suivant la position relative de l'isolant et du conducteur, se mettre en rapport soit avec la ligne seule, soit avec les installations du bureau. On localise ainsi aisément les dérangements et sait immédiatement où doivent porter les investigations, lorsque le fonctionnement d'un poste laisse à désirer.

Court-circuit et mise sur terre Frenay. — M. Frenay, ingénieur des télégraphes belges, a combiné (1) un parafoudre au moyen duquel il obtient, au gré des employés du bureau central, une mise générale en court-circuit et sur terre (fig. 208 et 209).

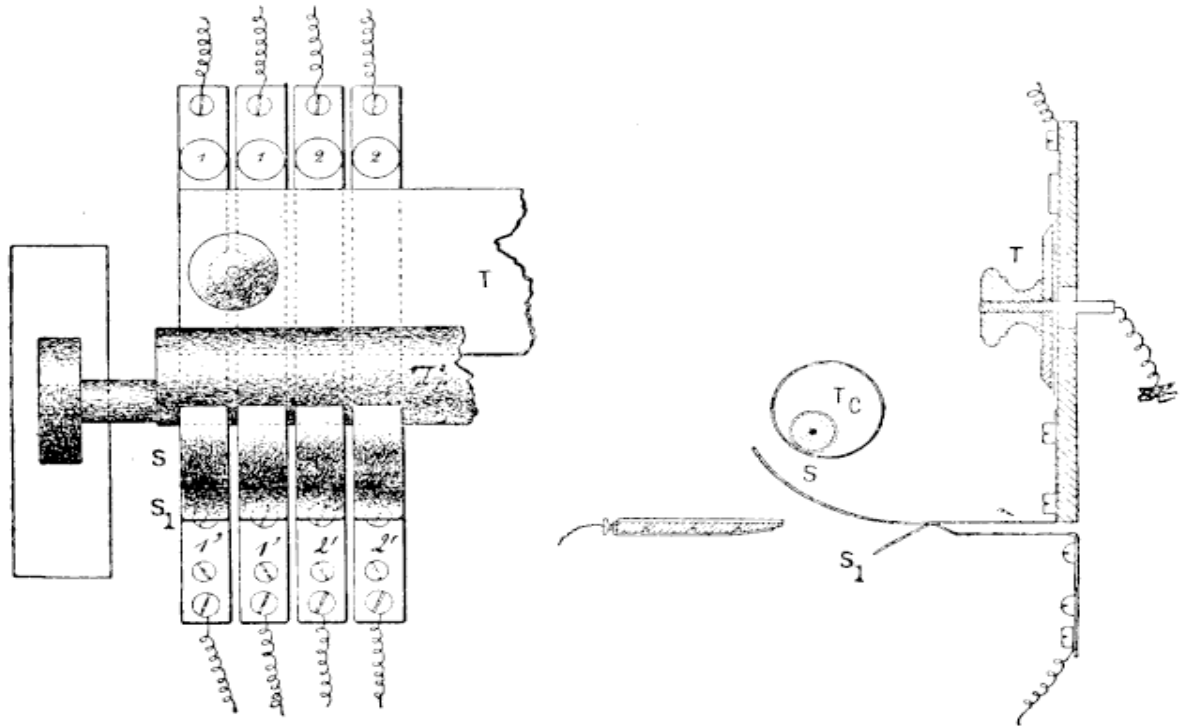


Fig. 208 et 209. — Parafoudre avec mise générale en court-circuit et sur terre. Système Frenay.

En 1, 1; 2, 2; etc., se raccordent les fils de ligne; T est une plaque métallique de terre séparée par des feuilles de papier paraffiné, des plaques rattachées aux bornes 1, 1; 2, 2... Ces dernières sont en connexion avec des pinces d'essai SS₁... dont les lames inférieures S₁ se rattachent

(1) *Bulletin de l'Association des Ingénieurs électriciens sortis de l'Institut Montefiore*, n° de janvier 1891, p. 111.

aux fils se rendant aux tables. En regard des lames supérieures S qui sont les plus longues, et un peu au-dessus, se trouve un cylindre en cuivre nickelé T_c relié à la terre. Ce cylindre tourne excentriquement. En provoquant sa rotation, manœuvre qui peut se faire aisément à distance, il est amené au contact de toutes les lames supérieures d'où mise générale en court-circuit et sur terre. Un certain nombre de bureaux centraux, exploités par l'État, sont munis de ce dispositif. A Bruges et à Tournai notamment, les appareils, placés à l'étage, sont manœuvrés avec la plus grande facilité par le personnel du rez-de-chaussée au moyen d'une simple corde avec poulies et contre-poids.

Les résultats obtenus ont été satisfaisants. Malgré de nombreux et violents orages, aucune avarie n'a été signalée dans les installations protégées de cette manière.

CHAPITRE XIII.

La téléphonie en Belgique.

§ 1. — MODES OPÉRATOIRES PRESCRITS AUX ABONNÉS.

Deux systèmes sont en vigueur.

1° Dans les réseaux de Bruxelles, Anvers, Verviers, anciennement exploités par la Compagnie belge du Téléphone Bell et repris par l'État le 31 décembre 1892, les abonnés, voulant obtenir une communication locale, sonnent le bureau central, décrochent leur téléphone pour l'appliquer à l'oreille, puis, quand la téléphoniste répond en disant « j'écoute » qu'elle fait suivre de son numéro d'ordre, énoncent le numéro de leur correspondant que répète la téléphoniste, puis rependent le téléphone à la fourche commutatrice de leur magnéto et attendent qu'on

les sonne. Leur sonnerie fonctionnant, ils dépendent leur récepteur et se trouvent en communication avec le poste demandé ou avertis que celui-ci est occupé ou ne répond pas.

Lorsque le bureau central les sonne, les abonnés viennent à l'appareil, *font effectuer quelques tours à la manivelle de leur magnéto* pour annoncer leur présence, dépendent le récepteur et se trouvent en communication avec la personne qui les a demandés.

S'il s'agit d'une correspondance interurbaine, l'abonné *doit garder le téléphone à l'oreille*, après s'être mis en rapport avec le bureau central.

2° Dans tous les autres réseaux, au contraire, l'abonné sonne le bureau central, décroche son téléphone et quand l'employé lui répond, énonce le nom et l'adresse de son correspondant (1), puis *doit garder son téléphone à l'oreille*. Quand la téléphoniste dit « parlez », la communication est établie et la conversation peut s'engager.

Le même processus est suivi pour l'interurbain.

Si sa sonnerie l'appelle à l'appareil, l'abonné *ne sonne pas* dans les anciens réseaux de l'État, mais dépend simplement son téléphone et se trouve en rapport avec la personne qui le demande.

A part le mode de désignation des abonnés au numéro ou au nom, il est incontestable que le premier système est plus agréable pour le public. Dans le cas d'une demande de communication, il lui est bien plus aisé de reprendre son récepteur et d'attendre qu'on le sonne, que de rester à écouter dans une position somme toute fatigante et pendant un laps de temps qui peut être assez long, si

(1) Sauf dans le réseau de Gand où l'appel se fait au numéro.

l'abonné demandé ne répond pas immédiatement ou est absent.

Mais d'autre part, cette facilité donnée à l'abonné n'est obtenue qu'aux dépens d'un surcroît de travail pour le préposé du bureau central, ou en d'autres termes d'un rendement moindre de ce dernier. L'appel lancé sur la ligne lorsque l'abonné demandé actionne sa magnéto, fait en effet déclencher le volet de l'annonciateur de fin de communication intercalé dans les cordons de connexion du bureau central. Or, l'opérateur central, constamment occupé à manipuler ses fiches et qui a parfois dix et quinze communications établies simultanément, ne peut retenir si c'est la première ou la seconde fois que tombe tel ou tel annonciateur, c'est-à-dire si la conversation commence ou si elle finit.

Il est donc exposé à rompre intempestivement les circuits, et c'est ce qui a engagé M. Demany, comme nous l'avons vu page 283, à affecter à chaque cordon double un petit voyant. L'opérateur central lève ce voyant à la première chute du volet et l'abaisse après la seconde. Mais c'est une complication.

On peut également reprocher au premier système de n'être pas applicable au cas des communications interurbaines, c'est-à-dire précisément alors qu'il serait le mieux venu, l'attente étant plus longue.

Enfin, à conditions égales, il est moins rapide que le second de toute la durée de la sonnerie que produit l'abonné interpellé pour annoncer son arrivée à l'appareil et peut-être même un peu plus, à cause de la nonchalance et de l'inattention que donne à l'abonné demandé la certitude de n'être pas impatientement attendu par le demandeur restant à écouter au téléphone. D'autre part,

ce dernier en profite lui-même souvent pour quitter son appareil, d'où retards et faux appels.

Le système adopté par l'Etat belge dans ses anciens réseaux, qui n'est autre d'ailleurs que celui en vigueur dans une foule de réseaux importants en Amérique, nous paraît donc préférable.

Quant au mode de désignation de l'abonné au numéro ou au nom, nous estimons que l'appel au numéro, qui s'impose dans les grands réseaux, où les mêmes noms se rencontrent fréquemment et où chaque employé ne peut retenir l'affectation de milliers de lignes, est plus simple et plus expéditif. On devrait le rendre obligatoire, même dans les petites installations, puisqu'il est plus rapide, qu'on devra vraisemblablement y recourir tôt ou tard et qu'il est, d'autre part, difficile de faire perdre aux abonnés les habitudes vicieuses qu'on leur a laissées contracter.

L'appel se faisant au numéro, si celui-ci comporte plus de trois chiffres, il y a avantage, au point de vue de la rapidité, à supprimer les mots cent ou mille. 1572 se dira *quinze, septante-deux*; 2315 : *vingt-trois, quinze*.

§ 2. — DÉVELOPPEMENT DES RÉSEAUX BELGES.

C'est le 22 septembre 1883, que furent accordées les premières concessions. Un an après, deux réseaux, ceux d'Anvers et de Bruxelles, prenaient déjà une certaine importance. Le premier comptait 908 abonnés, le second 690.

Le tableau ci-après, dont les éléments ont été puisés dans l'*Annuaire statistique de Belgique*, fournit les nombres successifs d'abonnés par réseaux et pour tout le pays jusqu'à la fin de 1891.

Désignation des réseaux.	1884	85	86	87	88	89	90	91
Anvers	908	1035	1085	1124	1253	1350	1413	1595
Bruxelles	690	861	1063	1266	1408	1537	1708	2068
Bruges-Blankenberghe-Heyst	...	...	40	42	49	58	68 ⁽¹⁾	181
Ostende-Middelkerke-Nieuport	...	...	...	...	...	...	...	...
Charleroi	196	221	256	247	272	286	277	313
Courtrai-Iseghem	...	...	...	56	60	63	73	77
Gand	334	385	446	509	575	638	684	759
La Louvière	...	...	25	35	40	44	45	50
Liège	312	374	433	522	577	634	737	841
Louvain	53	119	111	120	134	143	146	147
Malines	...	...	...	45	57	68	68	62
Mons	...	...	246	280	315	328	344	375
Namur	...	...	90	128	178	174	202	216
St-Trond-Tirlemont-Hannut	...	...	...	...	...	...	...	46
Termonde-Alost-Lockeren-St-Nicolas	...	...	...	45	45	28,2 ⁽²⁾	45	46
Tournai-Peruwelz	...	...	...	...	...	...	37	76
Verviers-Spa	318	369	405	457	503	539	579	604
	2811	3364	4200	4876	5466	5910	6555	7447

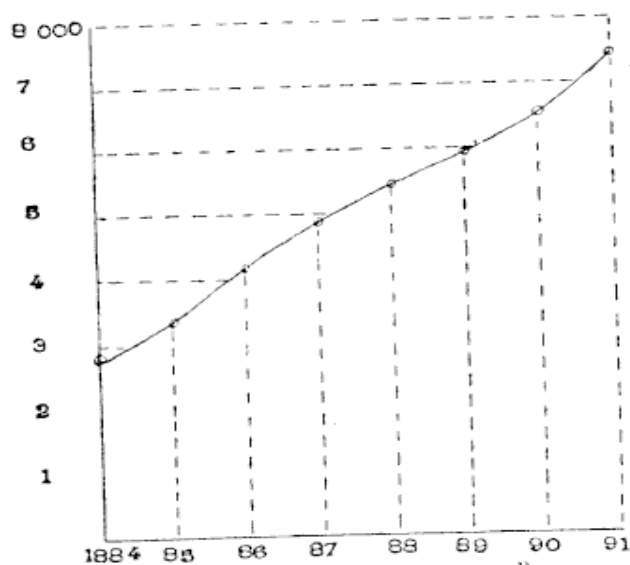


Fig. 210. — Nombres successifs d'abonnés au téléphone. Diagramme.

La figure 210, qui donne le diagramme des chiffres totaux, fait clairement ressortir la grande progression qu'ils accusent, et surtout la régularité des augmentations annuelles.

La courbe se rapproche fortement d'une oblique.

- (1) Fusion en un seul réseau : groupe du littoral.
 (2) Repris par l'État. En cours de reconstruction.

§ 3. — TRANSMISSION DES TÉLÉGRAMMES AUX ABONNÉS.

Un des premiers soins du Gouvernement, a été de relier les bureaux télégraphiques aux bureaux centraux et de donner aux abonnés la faculté de recevoir et transmettre leurs télégrammes par téléphone.

A cette fin, dans chacune des agglomérations desservies par un réseau téléphonique, les bureaux télégraphiques principaux sont raccordés au bureau central, en sorte que les abonnés peuvent être mis en communication directe avec les employés du télégraphe.

Deux cas sont à distinguer : ou l'installation comporte un poste, ou elle en comporte plusieurs.

1^o Le poste téléphonique, raccordé directement au bureau central, est installé dans une cabine vitrée à hauteur d'appui et matelassée dans la partie non vitrée, au moyen de deux couches de coton épais recouvertes d'une forte toile.

La cabine, dont la hauteur totale est de 2^m40 et les dimensions transversales extérieures 1^m10 × 1^m10, est munie d'un pupitre et d'un siège ; en outre, le microphone est supporté par une console en fonte (fig. 211) qui amène sa plaque vibrante à 6 ou 7 centimètres de la bouche de l'opérateur, de manière que celui-ci, étant assis, ne doive pas se courber pour transmettre.

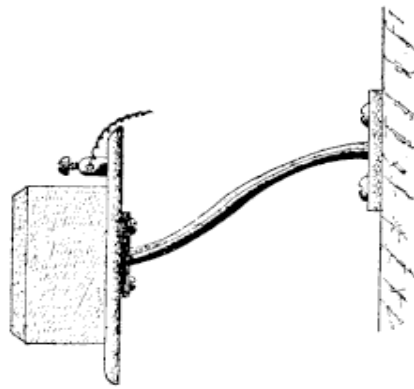


Fig. 211. — Microphone Dejongh monté sur support en fonte.

Dans certains bureaux français, le microphone et le téléphone sont fixés sur un support à main.

La fig. 212 représente un téléphone-montre et un microphone Hunnings agencés de cette façon. L'appareil, qui doit être tenu à la main, présente l'inconvénient d'être assez pesant. Puis, il place la bouche à une distance invariable du transmetteur, alors que cette distance doit varier avec la difficulté de la transmission.



Fig 212. — Téléphone-montre et microphone Hunnings conjugués.

2° Lorsqu'il existe plusieurs postes de transmission, on fait usage du commutateur à numéros appel par sonnerie vibratoire décrit page 257.

Les lignes L_1 , L_2 ... (fig. 213), venant du bureau central, aboutissent à ses bornes supérieures. Quant aux fils allant aux cabines, ils

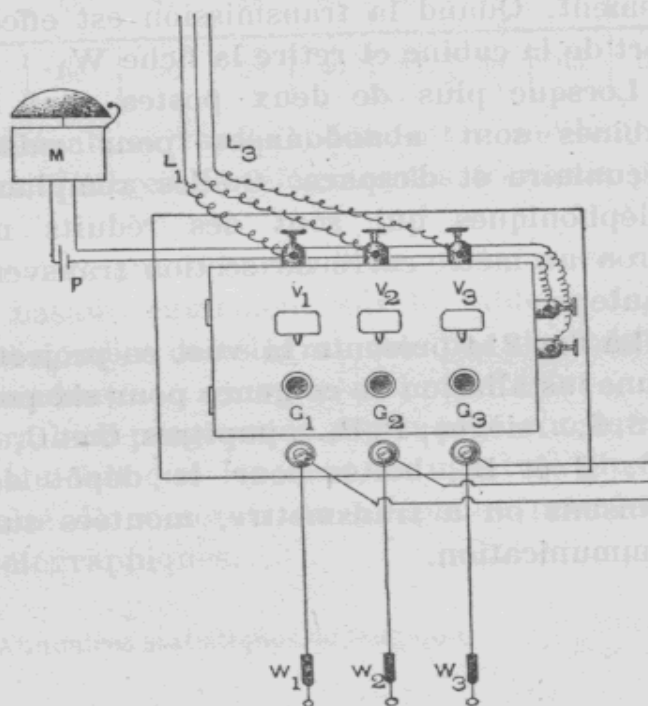


Fig. 213. — Commutateur pour transmission des télégrammes.

s'attachent à des bornes fixées à la partie inférieure du commutateur. Dans chacune de ces bornes, est pincé le tenon d'un cordon souple terminé par une fiche W_1 , W_2 ,....

La manœuvre est la suivante. Si un abonné veut téléphoner un télégramme, il avertit le bureau central qui sonne le bureau télégraphique par le fil L_1 par exemple.

Les courants d'appel font tomber le volet de l'annonciateur V_1 qui ferme le circuit de la sonnerie vibratoire M . L'employé du télégraphe saisit la fiche de la cabine dans laquelle il va se rendre, par exemple W_1 et l'enfonce dans le jack G_1 correspondant au volet tombé qu'il relève. Il sonne et se trouve en communication avec l'abonné.

En enfonceant la fiche, il a coupé le circuit de l'annonciateur V_1 , en sorte que ce dernier est éliminé du raccordement. Quand la transmission est effectuée, l'employé sort de la cabine et retire la fiche W_1 .

Lorsque plus de deux postes sont nécessaires, les cabines sont abandonnées pour raison d'économies pécuniaire et d'espace. On les remplace par des boxes téléphoniques qui sont des réduits matelassés d'environ un mètre carré de section transversale et 2^m40 de hauteur.

La fig. 214 présente la vue, en projection horizontale, d'une installation de ce genre pour six postes.

$S, S, \dots$ sièges; $P, P, \dots$ pupitres; C et C_1 commutateurs à n^{os} ; B et B_1 , boîtes pour le dépôt des télégrammes transmis ou à transmettre, montées sur les portes de communication.

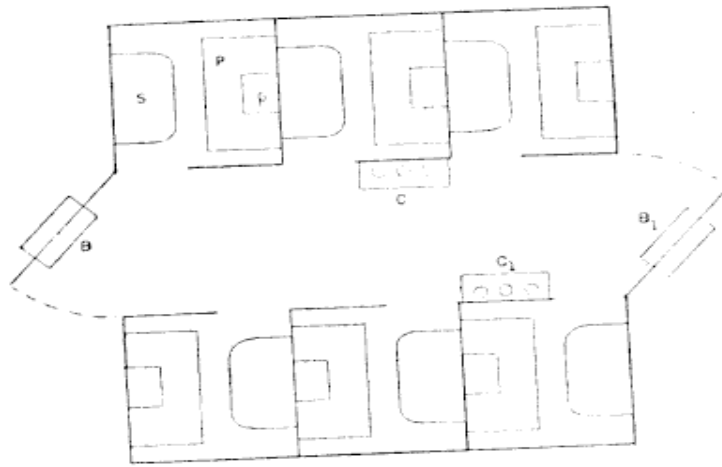


Fig. 214. — Plan de l'installation de six boîtes téléphoniques.

Voici la statistique des postes affectés à la transmission des télégrammes aux abonnés :

1883	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
15	21	24	30	36	38	40	84	58	63	65

Enfin, les documents suivants (1) donnent annuellement par réseaux, les nombres de télégrammes transmis par téléphone.

Dans une dernière rangée horizontale, nous avons calculé, en nous basant également sur le tableau de la page 343, à quel nombre de télégrammes par abonnés ces chiffres correspondent.

On remarquera leur progression à peu près constante, ce qui provient du fait que les abonnés usent de plus en plus de la faculté de se servir du téléphone pour leurs transmissions télégraphiques.

(1) Extraits des Annuaire statistiques de Belgique,

Statistique des télégrammes téléphonés.

Désignation des réseaux.	1884.	1885.	1886.	1887.	1888.	1889.	1890.	1891.
Anvers.	26 397	51 222	57 513	104 156	158 130	201 276	253 666	260 079
Bruxelles	35 077	67 497	91 978	106 066	118 232	135 168	147 073	147 882
Charleroi	17 313	33 169	43 613	50 274	56 618	58 757	66 737	67 268
Gand	24 625	31 214	32 997	45 048	52 218	58 390	70 379	82 284
La Louvière . . . .	.....	.....	1 083	4 440	4 545	5 970	6 789	6 801
Verviers	11 166	16 067	20 041	24 872	22 337	27 205	26 641	28 633
Courtrai-Yseghem .	.....	.....	.....	8 236	10 978	10 099	9 975	10 962
Liège	29 453	44 731	53 184	60 497	62 455	76 000	75 943	84 101
Louvain	10 783	15 181	15 118	16 860	18 148	19 722	20 725	23 072
Malines . . . . .	.....	.....	.....	3 006	5 024	10 739	12 254	12 133
Mons . . . . .	.....	.....	31 062	35 109	38 500	41 411	44 536	47 620
Namur. . . . .	.....	.....	10 904	17 160	19 538	19 213	21 719	22 311
Ostende-Bruges . .	.....	.....	4 858	9 218	17 843	19 581	31 848	41 669
Tirlemont-St-Trond.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6 811
Termonde-Alost . .	.....	.....	.....	1 149	2 817	3 002	8 085	13 697
Tournai . . . . .	.....	.....	.....	.....	.....	3 899	.....	17 943
Totaux.	154 814	259 111	362 351	486 091	587 383	686 533	800 269	873 266
Par abonné annuel- lement	55	77	86,30	99,70	107,50	116,10	122	118

§ 4. — TRANSMISSION DES TÉLÉGRAMMES REÇUS DANS
LES BUREAUX DE DÉPÔTS.

Afin d'activer l'arrivée à destination des télégrammes déposés dans les petits bureaux de dépôt, ceux-ci sont reliés par téléphone au bureau télégraphique le plus proche.

Le montage de ces postes ne présente aucune particularité.

Leur développement progressif ressort du tableau ci-dessous :

1886	87	88	89	90	91	92	93
3	3	3	5	10	17	23	25

§ 5. — BUREAUX TÉLÉPHONIQUES PUBLICS.

Ils sont tous exploités par l'État qui s'est substitué aux Compagnies, tout en créant un grand nombre de nouveaux bureaux jusque dans de petites localités.

Ils comprennent un ou plusieurs postes placés dans des cabines accessibles au public et un poste de contrôle à portée de l'agent de l'Administration chargé d'établir et de surveiller la bonne marche de la communication, puis de percevoir la taxe.

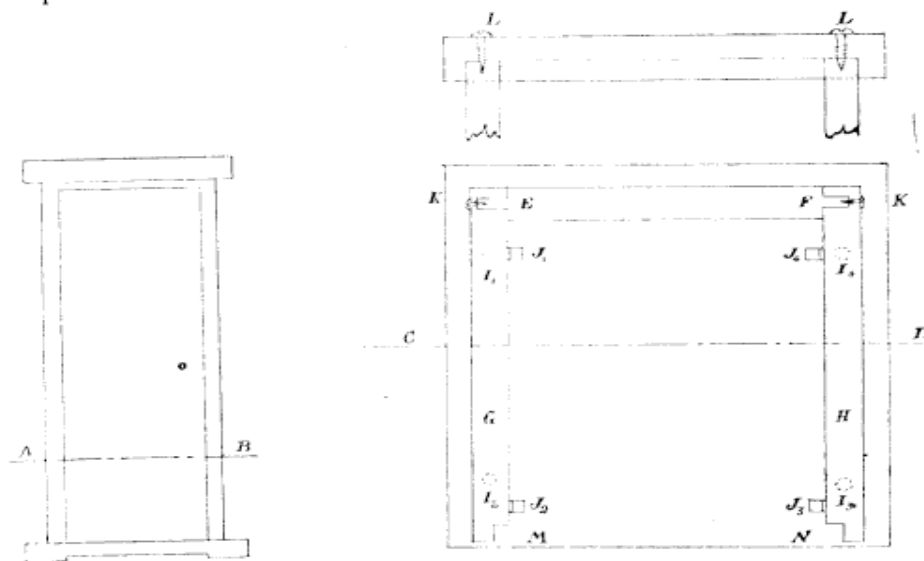


Fig. 215, 216, 217. — Vue et coupes transversales d'une cabine.

Cabines. — Les cabines, construites en pitché-pine (sapin de l'Amérique du Nord), ont la forme d'un parallépipède rectangle (fig. 215), de section extérieure de $0^m90 \times 0^m90$ à leur partie moyenne et $1^m \times 1^m$ au socle et chapiteau, sur une hauteur de 2^m40 . La fig. 216 (coupe AB de la fig. 215) donne le détail des assemblages ; la fig. 217, la coupe verticale du chapiteau et son mode de fixation.

Voici comment s'opère le montage de la cabine. La

paroi de fond EF est d'abord placée sur le socle ; puis on fixe au moyen des goupilles I_1 , I_2 (fig. 216) s'emboîtant exactement dans des trous cylindriques pratiqués dans le socle, les parois latérales GE, HF assemblées à la paroi verticale de fond par rainure et languette.

L'assemblage est consolidé au moyen de vis K, K et le tout rattaché au socle par des fers équerres J_1 , J_2 , J_3 , J_4 . La porte, suspendue sur charnières, vient en MN.

Le chapiteau (fig. 217) s'emboîte sur la partie supérieure de la cabine et s'y fixe par l'intermédiaire de vis L, L. Il est divisé en quatre parties au moyen de croisillons et vitré par des carreaux posés en double épaisseur. A environ 0^m15 au-dessus du vitrage vient se placer un bec de gaz.

Des trous d'aérage sont ménagés dans les parois inférieures des cabines et dans les croisillons du vitrage supérieur.

La transmission des sons vers l'extérieur est empêchée par un matelassage des quatre parois latérales au moyen de deux couches d'une épaisse étoffe de coton, recouvertes d'une forte toile grise.

Un escabeau permet aux personnes de petite taille d'atteindre le niveau du microphone ; l'aménagement se complète par une patère porte-manteau, un accoudoir, une planche-pupitre et un tapis en linoléum.

Dans un modèle récent, les dimensions transversales sont de 1^m $\times$ 1^m à la partie moyenne, et un carreau en double épaisseur se trouve à la partie supérieure de chacune des parois verticales, pour améliorer l'éclairage.

En temps normal, les cabines sont fermées à clés. Celles-ci, à tête carrée, sont remises au public par le préposé du guichet, après acquit préalable de la taxe réglementaire,

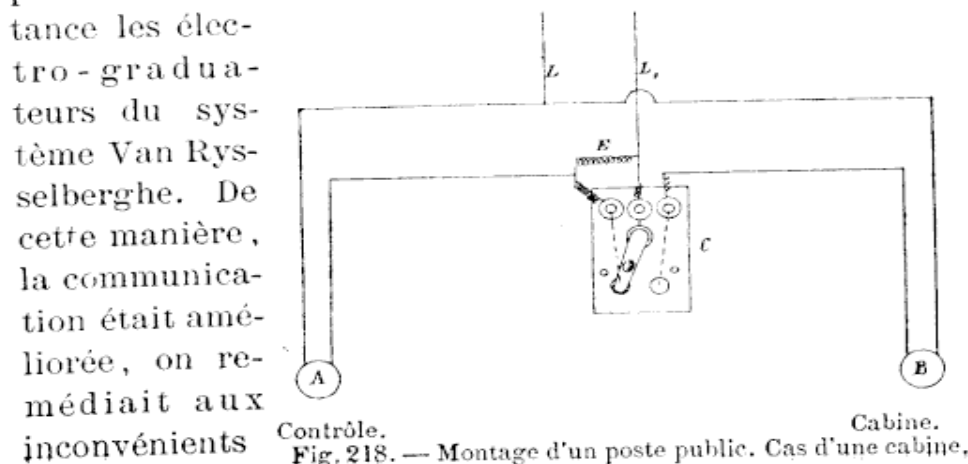
Au point de vue du dispositif électrique, trois cas sont à distinguer : 1° l'installation comporte une seule cabine ; 2° elle en comporte deux desservant un seul circuit ; 3° elle en comporte plusieurs desservant plusieurs circuits.

Les lignes de raccordement sont toujours à double fil, afin de disposer de circuits entièrement métalliques pour les communications interurbaines.

1° *Cas d'une seule cabine.* — Au début, le poste de contrôle et celui de la cabine furent embrochés dans la ligne.

Ce montage présentait divers inconvénients : 1° la résistance était presque deux fois plus forte que celle du circuit ordinaire d'abonné ; 2° un dérangement du poste de contrôle pouvait affecter la transmission du public ; 3° les bruits du bureau, coups de tampon, appels de service, etc., actionnant le microphone de contrôle, se répercutaient dans le circuit d'une façon parfois gênante pour les clients.

Après essais comparatifs, le service technique des télégraphes se décida à adopter le montage en dérivation, en ayant soin toutefois d'interposer une bobine de 500 ohms, à fort coefficient d'induction, dans la branche du poste de contrôle. En pratique, on a choisi comme résistance les élec-



signalés plus haut et, du même coup, le contrôle devenant moins aisé, tentait moins les agents qui ont une tendance à le prolonger indiscrètement.

Le contrôleur doit en effet s'assurer simplement de la nature de la communication demandée, locale, interurbaine ou internationale, noter l'heure de son commencement et s'assurer qu'elle s'effectue dans de bonnes conditions. Les premiers mots échangés, il doit reprendre son téléphone à la fourche-commutatrice de sa magnéto, la sonnerie de celle-ci lui annonçant la fin de la communication.

Le montage actuel est représenté fig. 218. L, L_1 fils de ligne; A, poste de contrôle; B, poste de la cabine; C, commutateur à une manette à deux directions; E, électro-graduateur de 500 ohms.

Dans la position manette à gauche, représentée sur la figure, le circuit de la cabine est coupé, l'électro-graduateur est mis en court-circuit et le poste de contrôle relié directement à la ligne.

Dans la position manette à droite, la cabine est raccordée à la ligne et mise en dérivation sur le circuit du poste de contrôle qui comprend, en outre, l'électro-graduateur.

Une personne se présentant pour téléphoner, acquitte d'abord la taxe de la communication qu'elle déclare désirer, reçoit la clé et se rend dans la cabine. L'employé déplace la manette vers la droite, décroche son téléphone et le porte à l'oreille. Il s'assure que la demande transmise au bureau central concorde avec la déclaration qui lui a été faite, écoute le commencement de la communication dont il annote l'heure et reprend son téléphone. Quand la sonnerie de son poste se fait entendre, il annote de nouveau l'heure et reporte la manette du commutateur vers sa

gauche. Il se met ensuite en rapport avec le bureau central, pour s'assurer, s'il y a lieu, de la coïncidence des heures notées au procès-verbal tenu dans ce dernier.

2° *Cas de deux cabines desservant un seul circuit.* — La même disposition est conservée, seulement le commutateur est à trois directions (fig. 219).

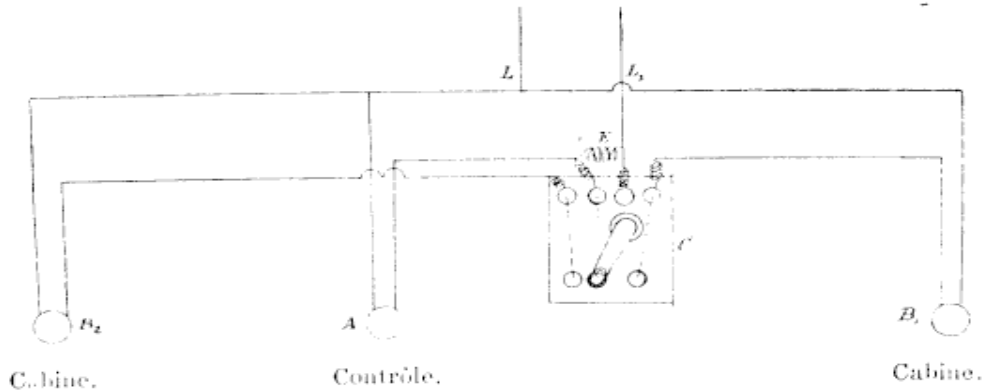


Fig. 219. — Montage d'un bureau public. Cas de deux cabines.

La manette se trouvant dans la position intermédiaire, les circuits des cabines sont coupés, l'électro E est en court-circuit, le poste A de contrôle en relation avec le bureau central.

La manette à droite, la cabine B_1 est en service. Elle est remplacée par la cabine B_2 quand on porte la manette à gauche. Le poste de contrôle et l'électro E restent en dérivation sur le circuit dans ces deux dernières positions.

3° *Cas de plusieurs cabines et plusieurs circuits.* — La présence d'un commutateur à numéros s'impose. On pourrait utiliser le commutateur ordinaire, le circuit des cabines constituant des lignes au même titre que celles venant du bureau central. Mais la mise en communication exigerait le déplacement de deux fiches, ce qui présenterait des inconvénients dans les bureaux où le service est très actif.

L_1 , L_2 , fils de ligne ; S, jack ; V, annonceur de ligne ; S, sonnerie vibratoire actionnée par la pile p ; J, J_1 , fiches montées sur le même cordon souple ; C, clé Dewar dont les lames flexibles sont reliées respectivement aux deux fils du cordon souple ; V_1 annonceur de fin de communication en relation avec les lames flexibles de la clé Dewar quand celle-ci est dans la position normale (clé relevée, représentée sur la figure) ; A poste de contrôle ; B cabine. Le poste de cette dernière a ses deux fils conducteurs en connexion avec ceux du cordon, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Laissant la clé abaissée, si l'on enfonce une des fiches J ou J_1 dans le jack S, l'annonceur de ligne V se trouve éliminé par suite de l'isolement de la lame centrale du jack et la cabine est mise en relation avec le bureau central. L'annonceur de fin de communication V_1 , à forte résistance 600 ohms et grand coefficient de self-induction, reste en dérivation sur le circuit. On le remplace par le poste de contrôle A, en abaissant la clé C.

Lorsqu'une communication est demandée, la personne se rend dans la cabine, l'employé prend une fiche J ou J_1 , correspondant à cette cabine, l'introduit dans le jack d'une ligne et abaisse la clé, ce qui lui permet d'écouter le commencement de la communication et d'en annoter l'heure. La clé est alors relevée, la fin de la communication étant indiquée par la chute du volet V_1 , d'où fermeture du contact I_2 et fonctionnement de la sonnerie vibratoire.

Des organes et connexions semblables à ceux représentés fig. 220 se reproduisent pour chaque cabine, à part bien entendu les appareils communs comme la sonnerie vibratoire, sa pile et le poste local de contrôle.

La fig. 221 donne la vue d'un commutateur de l'espèce.

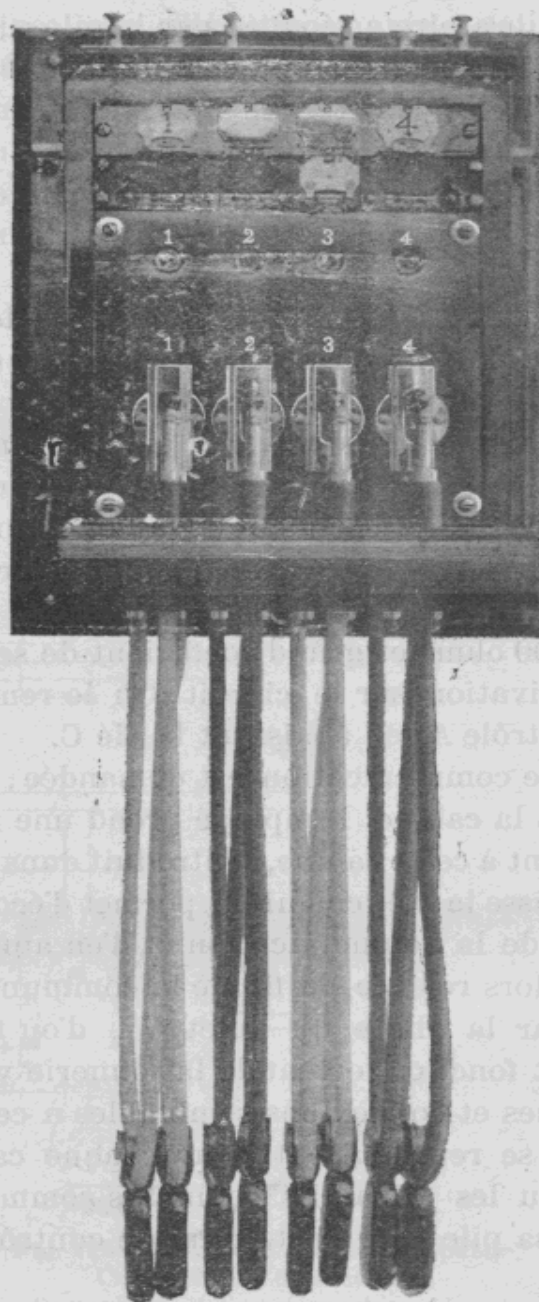


Fig. 221. — Vue extérieure d'un commutateur à n^{os} pour bureaux publics.

Développement de la téléphonie publique. — A la fin de 1884, 13 bureaux publics étaient en service. Au 31 décembre 1893, ce chiffre avait plus que triplé, il était de 54. Les nombres successifs avec l'indication des localités sont d'ailleurs fournis par le tableau suivant.

Localités.	Fin 1884.	85.	86.	87.	88.	89.	90.	91.	92.	93.
Anvers	5	5	5	5	5	5	5	6	7	7
Blankenberghe	—	—	—	2	2	2	2	2	2	2
Bruxelles	2	2	2	2	3	4	6	7	8	10
Bruges	—	—	—	—	—	—	1	2	2	2
Charleroi	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Courtrai	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1
Gand	1	1	1	1	2	2	3	3	3	4
Heyst	—	—	—	1	1	1	1	1	1	1
Huy-Sud	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Landen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Liège	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3
Louvain	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Marchiennes-au-Pont . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Mons	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1
Middelkerke	—	—	—	—	1	1	1	1	1	1
Nieuport-bains	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1
Namur	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Ostende	—	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Peruwelz	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
St-Nicolas	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
Spa	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2
Seraing	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1
Termonde	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1
Tirlemont	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Tournai	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1
Verviers	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Wetteren	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1
	13	14	17	20	23	25	32	40	45	54

§ 6. — LE TÉLÉPHONE DANS LES CHEMINS DE FER VICINAUX.

Une importante application du téléphone a été faite en Belgique le long des chemins de fer à voie étroite. Ces derniers ont pris une grande extension depuis 1885, époque de la mise en service des premières lignes. Au

31 décembre 1892, en effet, la Société nationale des Chemins de fer vicinaux, concessionnaire de leur presque totalité, possédait déjà 49 lignes en activité, comportant un développement de 1017^{km}8.

Aux termes d'une convention intervenue entre cette Société et l'État, celui-ci établit les installations téléphoniques et les entretient, suivant un tarif déterminé (1).

Les appareils, généralement enfermés dans de petites armoires en sapin munies d'une serrure, sont installés dans les haltes des chemins de fer, principalement dans les salles réservées des cafés dont les tenanciers remplissent, dans une certaine mesure, les fonctions de chef de station.

Le montage des postes est fait en série (fig. 222), c'est-à-dire qu'ils sont tous intercalés dans la ligne, afin d'employer le moins possible de fil conducteur et de recourir au minimum d'intermédiaires pour la mise en communication.



Fig. 222. — Montage des postes en série.

Dans ce système, tout appel lancé sur la ligne actionne les sonneries de tous les postes. On a donc désigné chacun d'eux par une sonnerie spéciale obtenue par des roulements brefs ou longs ou une combinaison des deux.

(1) Voir pour plus de détails notre article du même titre que le présent paragraphe, dans la *Revue Universelle des mines*, t. XIX, 1892, p. 78.

Par exemple, un premier poste s'appelle au moyen d'une sonnerie brève obtenue par un tour de manivelle de la magnéto; un second par une sonnerie longue, deux ou trois tours de manivelle; un troisième par une sonnerie brève immédiatement suivie d'une longue et ainsi de suite, en allant du simple au composé, et choisissent les signaux les plus courts pour les postes principaux.

Il est à remarquer qu'une trop grande complexité des appels ainsi combinés n'est pas à craindre, en raison du nombre relativement élevé de signaux distincts que l'on peut produire au moyen d'une succession cadencée de quelques sonneries.

Ce nombre est précisément égal, en effet, à celui des arrangements avec répétitions que l'on peut faire au moyen de deux lettres différentes. La formule générale de ces arrangements est la suivante :

$$AA_m^n = m^n,$$

m étant le nombre de lettres différentes et n le nombre de répétitions. Dans le cas qui nous occupe, les lettres différentes correspondent aux roulements de sonnerie distincts : roulement bref et roulement long. Elles sont au nombre de deux.

En ne permettant qu'une répétition, le nombre de signaux sera $2^1 = 2$ et les appels sont effectivement constitués dans ce cas par : a) un roulement bref; b) un roulement long.

Avec deux répétitions, ce nombre devient $2^2 = 4$. Les appels sont alors les suivants : a) deux roulements brefs; b) deux longs; c) un bref suivi d'un long; d) un long suivi d'un bref. On peut les représenter soit par AA, BB, AB, BA; soit par — —, ————, — ————, ————, ————,

———. Il faut y ajouter les signaux produits avec une répétition, soit deux, en tout 6.

Moyennant trois répétitions, on arrive au nombre $2^3 + 2^2 + 2^1 = 14$ et si l'on en permet quatre, à 30. Ceci est une limite qu'on pourrait difficilement atteindre, pensons-nous, dans l'état actuel de la téléphonie. Mais les lignes à voie étroite, généralement courtes (50 km. au maximum), ne nécessitent pas un nombre aussi élevé de stations téléphoniques.

Aux points de jonction des lignes appartenant aux mêmes sociétés, les conducteurs aboutissent à des commutateurs à numéros avec appel combiné par sonneries électro-magnétique et vibratoire du type décrit p. 261 et 262. La fig. 223 donne le schéma d'une installation de ce genre.

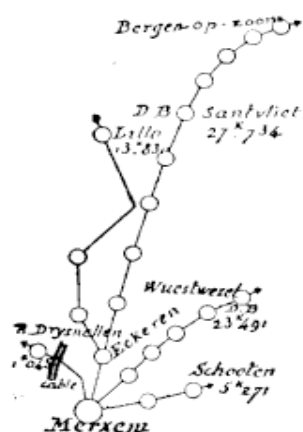


Fig. 223. — Schéma de l'installation téléphonique des chemins de fer vicinaux aboutissant à Merxem.

Le fil de fer de 3 millimètres, employé au début, a été rapidement détrôné par le fil de bronze phosphoreux de 1^{mm}6 à 95 % de conductibilité, et celui-ci par son congénère à 30 %, dont la résistance mécanique est presque deux fois plus grande.

C'est le long de ces voies vicinales écartées des grands centres et, par suite peu surveillées, que nous avons fait en premier lieu l'application des isolateurs colorés dont nous avons parlé p. 146.

Les lignes ont été généralement établies à un conducteur au début. On les pose actuellement en circuit métallique.

Signalons en passant un sécateur à ficelle fixé sur un support démontable en quatre pièces de 2 mètres, se vissant par leurs abouts (fig. 224) que nous avons fait construire pour couper les branches d'arbres venant au contact des conducteurs. Cet inconvénient se présente souvent dans les lignes établies le long des chaussées dont les accotements sont fréquemment boisés.

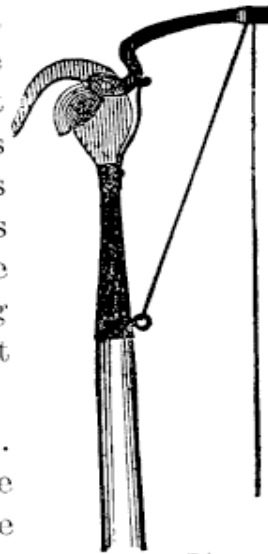


Fig. 224. — Sécateur à ficelle fixé sur manche démontable.

Développement de la téléphonie vicinale.
— Le développement de la téléphonie vicinale a été rapide, comme l'atteste le tableau suivant, arrêté au 31 décembre 1893.

En 1893, le bronze intervenait pour 79,4 % de 1366 kilomètres de reliements; le fil des circuits à un conducteur comportait 38,2 % du fil utilisé; les lignes à fil unique régnaient sur 56,6 % de la longueur des voies desservies.

Au 31 décembre.	Longueurs km. de voies ferrées desservies.	Longueur km. de			Nombre de postes.
		fils aériens utilisés.		fils en câbles sous- fluviaux.	
		Fer.	Bronze.		
1887	129	233,631	157,453	1,738	44
1888	259,2	257,402	309,316	2,200	82
1889	294	261,277	342,698	2,200	90
1890	473,26	273,672	632,517	2,575	136
1891	632,30	275,397	812,922	2,557	196
1892	686	277,468	897,264	2,557	229
1893	797	277,468	1 085,994	2,715	272

Enfin, si l'on rapporte le nombre des postes à la

longueur totale des lignes desservies, on trouve qu'il existe très approximativement 1 poste tous les 3 kilomètres.

§ 7. — LE TÉLÉPHONE DANS LES CHEMINS DE FER A GRANDE SECTION.

Largement desservis dès le début par le télégraphe, les chemins de fer à grandes sections commencent cependant aussi à appliquer le téléphone d'une manière courante. On l'y emploie pour relier les postes des appareils de sécurité avec les bureaux des chefs et sous-chefs de station, etc.

Les installations sont entièrement semblables à celles des chemins de fer à petite section.

Le tableau suivant permettra de se rendre compte de l'importance qu'a pris ce nouveau service dans les lignes exploitées par l'État.

1883.	84.	85.	86.	87.	88.	89.	90.	91.	92.	93.
2	30	47	80	94	109	125	160	189	226	237

Comme on le voit, la progression est rapide. Le chiffre de 1893, rapporté au nombre total 3 256 kilomètres exploités à cette date par l'État, correspond à un poste téléphonique par 14 kilomètres.

§ 8. — TARIFS.

La règle générale est l'abonnement à forfait. L'État ou les compagnies fournissent et entretiennent les installations moyennant une redevance fixe annuelle.

A. *Téléphonie locale*. — Dans les petits réseaux exploités par l'État, le tarif est le suivant :

Pour un poste normal muni de deux récepteurs et raccordé par un double fil au bureau central.	TARIF A. Engagements pour un an. Tracts pour une période inférieure à 3 années consécutives. Par an.	TARIF B. Engagements pour un an. Tracts pour une période inférieure à 3 années consécutives. Par an.	TARIF C. Engagements pour un an. Tracts pour une période inférieure à 3 années consécutives. Par an.
	Fr.	Fr.	Fr.
Dans le rayon de 1 kilomètre à vol d'oiseau à partir du centre de la localité, siège du bureau central.	150 "	170 "	100 "
Dans le rayon de plus de 1 jusqu'à 1 $\frac{1}{2}$ kilomètre.	162 "	187,50	110,50
Dans le rayon de plus de 1 $\frac{1}{2}$ jusqu'à 2 kilomètres.	174 "	205 "	121 "
Dans le rayon de plus de 2 jusqu'à 2 $\frac{1}{2}$ kilomètres.	189 "	222,50	131,50
Dans le rayon de plus de 2 $\frac{1}{2}$ jusqu'à 3 kilomètres.	204 "	240 "	142 "
Pour chaque $\frac{1}{2}$ kilomètre indivisible en sus de 3 kilomètres.	17,50	17,50	10,50

Dans les grands réseaux, le taux de l'abonnement est variable suivant leur importance. A Bruxelles et Anvers, le prix initial est de 250 francs; à Verviers, 200 francs; à Liège, 175 francs; à Namur, 125 francs, et encore s'agit-il de raccordements à simple fil. Les prix augmentent ensuite avec la distance, suivant une certaine échelle.

B. *Téléphonie interurbaine*. — Comme on a pu s'en rendre compte par le tableau donné précédemment (fig. 130), un très grand nombre de relations interurbaines sont ouvertes.

Le tarif est de 1 franc par 5 minutes de conversation ou moins; de fr. 1-50 pour plus de cinq et moins de 10 minutes.

Entre les Bourses de Bruxelles et Anvers cependant, mais pendant les heures de bourse seulement, la limite est abaissée à 3 minutes.

On peut s'abonner au service interurbain entre des réseaux et postes déterminés aux conditions suivantes :

Mensuellement, pour usage quotidien de :

10 minutes ou moins	fr. 35 00
Plus de 10 " jusqu'à 15 minutes	" 52 50
" 15 " " 20 "	" 70 00
" 20 " " 25 "	" 85 00
" 25 " " 30 "	" 100 00

Et ainsi de suite, en augmentant de 15 francs par unité de 5 minutes.

C. *Téléphonie internationale*. — Enfin un nombre assez considérable de relations internationales existent avec nos voisins du Midi. Citons :

Bruxelles et Anvers avec Paris . . .	fr. 3	par 5 min. indivisibles.
Tournai avec Armentières, Halluin, etc. "	1-50	" "
Courtrai et Roulers avec " " "	1-50	" "
Mons avec Arras, Dunkerque, Douai . "	2-00	" "
" " Fourmies	1-50	" "
Etc., etc.		

La nuit, les tarifs sont réduits de presque de moitié.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
AVANT-PROPOS	1
 CHAPITRE I. — Les téléphones non-électriques.	
<i>Le porte-voix</i>	3
<i>Le cornet acoustique</i>	4
<i>Les tuyaux acoustiques</i>	4
<i>Le téléphone à ficelle</i>	6
 CHAPITRE II. — Les téléphones électriques.	
§ 1. <i>Les précurseurs du téléphone électrique</i>	10
Phonautographe de Scott	13
Rappel de quelques principes d'acoustique	14
§ 2. <i>Les téléphones musicaux</i>	18
Transmetteur de Reiss	18
Condensateur chantant	20
Appareil de MM. Pollard et Garnier.	21
§ 3. <i>Les pantéléphones magnéto-électriques</i>	22
Premier dispositif du téléphone Bell.	24
Seconde forme du téléphone Bell	25
Téléphone Bell de l'Exposition de Philadelphie	26
Récepteur de 1876	27
Téléphone expérimenté à Salem en 1877	28
Téléphone Bell modèle à main ordinaire à un pôle.	29
Représentation graphique des mouvements de la plaque et des courants électriques engendrés	31
Téléphone Bell forme à main à deux pôles	34
Téléphone Gower	35
Téléphone Ader	36
Téléphone d'Arsonval	37
Téléphone-montre	39

§ 4. <i>Théorie du téléphone</i>	40
Mode de vibration de la plaque	41
Influence de l'encastrement.	42
Influence de l'épaisseur	43
Influence de la nature du métal constituant la plaque	44
Influence du diamètre.	44
Influence de l'intensité du champ magnétique	45
Influence de la forme du champ et des bobines induites.	46
Intensité des courants téléphoniques	47
§ 5. <i>Les pantéléphones à pile</i>	47
Transmetteur à liquide de Gray	48
Transmetteur à liquide de Bell	49
Transmetteur d'Edison	50
Amélioration de la transmission	50
Transmetteur Blake	52
Microphone Hughes	53
Forme classique du microphone Hughes	55
Planchette vibrante du microphone Ader.	56
Microphone Dejongh	57
Microphone Grinewald	58
Microphone Hunnings.	59
Microphone White	61
§ 6. <i>Essai des transmetteurs</i>	62
Conditions à remplir	63
Qualités d'un bon transmetteur	63
§ 7. <i>Les télémicrophones.</i>	64

CHAPITRE III. — Appareils d'appel.

Sonnerie magnéto-électrique	66
Machine magnéto-électrique	67
Sonnerie vibratoire.	70
Bouton d'appel	73
Annonciateur de ligne.	74
Annonciateur de fin de communication	75
Annonciateur à relèvement automatique	76

CHAPITRE IV. — Piles employées en téléphonie.

§ 1. <i>Piles au chlorure ammonique</i>	76
Leclanché à agglomérés	76
Leclanché-Barbier	79
Élément Warnon	79

§ 2. <i>Piles à la potasse.</i>	80
Élément de Lalande et Chaperon	80
§ 3. <i>Piles au sulfate de cuivre</i>	81
Élément Gravity.	81
Meidinger	83
Élément d'Infreville	83
Emploi des éléments secs.	85

CHAPITRE V. — Montage des postes téléphoniques.

§ 1. <i>Emploi du téléphone seul pour constituer un poste téléphonique</i>	86
§ 2. <i>Emploi des pantéléphones à piles sans bobine d'induction</i>	89
§ 3. <i>Emploi des pantéléphones à piles avec bobine d'induction</i>	92
Description du poste normal	94
Fourche-commutatrice automatique	95
Dispositif de mise en court-circuit de la bobine.	97
Postes muraux	98
Postes mobiles	99 et 100

CHAPITRE VI. — Pantéléphones spéciaux.

Téléphone sans diaphragme d'Ader	101
Téléphone sans diaphragme et sans bobine d'Ader.	102
Téléphone thermique de M. Preece	103
Téléphone chimique d'Edison	104
Phonographe d'Edison.	105
Téléphone à mercure de M. Bréguet	106
Condensateur parlant	107
Nécessité d'un noyau à aimantation permanente dans le téléphone Bell	113
Réception téléphonique par la main gantée	114
Réception sur circuit isolé	115

Transmissions radiophoniques.

Photo-électrophone à sélénium	119
Photo-électrophone à tellure et à noir de fumée	122
Photo-électrophone au sulfure d'argent	123
Thermo-électrophone et magnétophone	124
Le chant du téléphone.	124

CHAPITRE VII. — Lignes.

§ 1. <i>Lignes en fil nu</i>	126
Nature du conducteur, supériorité du bronze	126
Mesures de lignes	131
Données sur le fil de bronze.	132
Inconvénients du bronze.	133
Tension à donner au fil	133
Variations de la tension, flèche et longueur de la chaînette avec le diamètre du fil, la portée et la température	136
Joints	143
Manchon Baron	143
Double torsade	143
Double torsade pour fil de bronze	144
Joint Mac-Intire	144
Précautions qu'exige le fil de bronze	145
Dévidoirs	145
Pincés à tirer.	145
<i>Les supports. — a) Isolateurs</i>	146
Isolateurs colorés	146
Isolateurs blindés	147
Valeur de l'isolement	148
Capacité des isolateurs	148
Attache du fil sur l'isolateur	149
<i>b) Ferrures</i>	149
<i>c) Poteaux : 1° en bois</i>	150
2° Poteaux métalliques	152
Calcul des dimensions des poteaux	153
Calcul des tourelles téléphoniques	157
1° Rupture des fils	157
2° Surcharge due au givre	159
3° Effet du vent	159
§ 2. <i>Dispositions relatives des lignes en fil nu, de l'induction mutuelle et des moyens de l'éviter.</i>	162
Induction mutuelle électro-magnétique	163
Induction mutuelle électro-statique.	165
Dispositif pour tourner les fils en hélice	172
L'hélice n'est pas indispensable	173
Dispositif de croisement de l'Administration française.	176
Croisements Fisson, Vrancken, Saboo	176

Ferrure avec console pour deux fils.	177
Ferrure gardant l'équidistance des fils.	178
Annulation de l'induction sensible dans les circuits télépho- niques.	179
§ 3. <i>Bourdonnement des fils</i>	183
Sourdines	183
Sourdine Bardonnaut	184
Sourdine Beau	185
Sourdines employées en Belgique	186
§ 4. <i>Lignes en fil recouvert.</i>	186
Câbles sans induction, simple fil.	187
Influence nuisible de la capacité	188
Nécessité d'employer le double fil.	192
Câble Patterson	193
Câble Fortin-Hermann	194
Câble Felten au papier et à l'air	195
Câble sous-marin au papier	197
Réseau de Paris	198
Réseau de Madrid	198
Ligne de Buenos-Ayres à Montevideo	199
Ligne Paris-Londres	201
Pose des câbles	203
§ 5. <i>Calcul des lignes téléphoniques</i>	205
Règle de M. Preece	206
Calcul du câble du circuit Paris-Londres	207
Comparaison des lignes en fil nu et recouvert	209
Discussion de la formule de M. Preece	210
Formule de M. Demany	212
Conclusions	213

CHAPITRE VIII. — Transmissions multiples.

§ 1. <i>Télégraphie et téléphonie simultanées</i> , système Van Ryssel- berghe	213
Appareils spéciaux au système Van Rysselberghe	222
Vibrateur	222
Récepteur d'appel phonique.	223
Translateur	225
Appréciation du système Van Rysselberghe.	226
Système Pierre Picard	229
Comparaison du système Pierre Picard au système Van Rysselberghe	231

§ 2. <i>Télégraphes harmoniques ou phono-multiplex</i>	232
Système Varley	233
Système de M. Paul Lacour	234
Système de M. Elisha Gray	234
Phono-multiplex de M. Mercadier	235
Phonopore de M. Langdon-Davies	236

CHAPITRE IX. — Les commutateurs téléphoniques.

§ 1. <i>Commutateurs à manettes</i>	241
A deux directions pour lignes à un fil	241
A deux directions pour circuits bifilaires	242
Pour poste intermédiaire, lignes unifilaires	242
Pour poste intermédiaire, lignes bifilaires	244
a) A quatre manettes	244
b) Commutateur de l'auteur	246
§ 2. <i>Commutateurs à numéros pour petits bureaux</i>	248
Divers types de jacks	248
1° A simple rupture	248
2° A double rupture	250
Fiches	251
a) Pour fil unique	251
b) Pour double fil	251
Clés : clé Dewar	252
Mode d'attache des cordons aux clés	254
Commutateur à numéros pour lignes à fil simple, appel par sonnerie vibratoire	255
Pour lignes à double fil	259
Commutateur à numéros, appel par sonnerie électro-magnétique, lignes à un fil	260
Lignes à deux fils	263
§ 3. <i>Tables pour bureaux d'importance moyenne</i>	264
Commutateurs télégraphiques	264
Commutateur Gilliland	264
Table Standart	267
a) Pour fil unique	267
b) Pour fil double	269
Limite d'emploi du Standart	271
§ 4. <i>Tables multiples des grands bureaux</i>	272
A. Dicorde	272
a) Pour simple fil	272

Tables multiples de Bruxelles, Anvers et Verviers	282
Commutateur Oesterreich	283
b) Pour double fil	288
B. Monocorde	291
a) Simple fil	291
Système Scribner	292
Système Schaw	294
b) Double fil	298
Limite d'emploi du multiple	304
Tableaux multiples diviseurs	304
§ 5. <i>Tables interurbaines</i>	305
Table interurbaine de Bruxelles	306
Table interurbaine de M. Delville	313
§ 6. <i>Les commutateurs automatiques</i>	320

CHAPITRE X. — Appareils annexes des commutateurs.

§ 1. <i>Tableaux répartiteurs</i>	322
Cross connecting board	323
Répartiteur à têtes de câbles	324
Répartiteur à cage métallique	325
§ 2. <i>Transmetteurs et récepteurs</i>	327
a) Petits bureaux	327
b) Grands bureaux	328
§ 3. <i>Commutateur de contrôle du chef de bureau</i>	329

CHAPITRE XI. — Introduction des fils 330

CHAPITRE XII. — Les paratonnerres téléphoniques.

§ 1. <i>Appareils des abonnés</i>	331
Parafoudre à pointe unique	331
A pointes multiples	332
A papier	333
A pointes et à papier	333
Chevilles de court-circuit	333
Parafoudre à plaques de charbon	334
Degré d'efficacité des paratonnerres	334
§ 2. <i>Parafoudres des bureaux centraux</i>	336
Pinces d'essai	337
Court-circuit et mise sur terre Frenay	338

CHAPITRE XIII. — La téléphonie en Belgique.

§ 1. <i>Modes opératoires prescrits aux abonnés.</i>	339
§ 2. <i>Développement des réseaux belges</i>	342
§ 3. <i>Transmission des télégrammes aux abonnés.</i>	344
1 ^o Cas d'un seul poste	344
2 ^o Cas de plusieurs postes	345
§ 4. <i>Transmission des télégrammes reçus dans les bureaux de dépôt.</i>	349
§ 5. <i>Bureaux téléphoniques publics</i>	349
Cabines	349
Cas d'une seule cabine.	351
Cas de deux cabines desservant un seul circuit.	353
Cas de plusieurs cabines et plusieurs circuits	353
Développement de la téléphonie publique	357
§ 6. <i>Le téléphone dans les chemins de fer vicinaux</i>	357
Développement de la téléphonie vicinale	361
§ 7. <i>Le téléphone dans les chemins de fer à grande section.</i>	362
§ 8. <i>Tarifs</i>	362
A. Téléphonie locale	363
B. Téléphonie interurbaine.	363
C. Téléphonie internationale	364

