

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](#))
- 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)	Rysselberghe, François van (1846-1893)
Titre	Téléphonie & télégraphie simultanées : exposé théorique et pratique du système de téléphonie à grande distance
Adresse	Bruxelles : F. Hayez, imprimeur de l'Académie royale de Belgique, 1885
Collation	1 vol. (XII-226 p.-VII f. de pl.) : ill. ; 18 cm
Nombre d'images	248
Cote	CNAM-BIB 12 Sar 31
Sujet(s)	Lignes de transmission (télécommunications) Télégraphe Téléphone
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?12SAR31

E

TÉLÉPHONIE & TÉLÉGRAPHIE SIMULTANÉES

EXPOSÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE
DU SYSTÈME DE TÉLÉPHONIE A GRANDE DISTANCE

de
M. F. Van Rysselberghe

DANS SES RAPPORTS AVEC LA TÉLÉGRAPHIE

PRÉCÉDÉ DE NOTIONS PRÉLIMINAIRES
SUR
L'INDUCTION ÉLECTRIQUE, LE TÉLÉPHONE ET LE MICROPHONE

PAR
Ed. BUELS

Fonctionnaire à l'Administration des Télégraphes de l'État belge.

BRUXELLES

F. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE
rue de Louvain, 108

S'ADRESSER :

POUR LA BELGIQUE :
à l'Auteur, à Bruxelles.

POUR L'ÉTRANGER :
à la librairie GAUTHIER-VILLARS,
quai des Grands-Augustins, 55, à Paris.

1885

Tous droits de traduction et reproduction réservés à l'auteur.

TÉLÉPHONIE
&
TÉLÉGRAPHIE SIMULTANÉES

DU MÊME AUTEUR :

Étude des dérangements de l'appareil Hughes.

Sar. 31

TÉLÉPHONIE & TÉLÉGRAPHIE SIMULTANÉES

EXPOSÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE
DU SYSTÈME DE TÉLÉPHONIE A GRANDE DISTANCE
de
M. F. Van Rysselberghe
DANS SES RAPPORTS AVEC LA TÉLÉGRAPHIE

PRÉCÉDÉ DE NOTIONS PRÉLIMINAIRES
SUR
L'INDUCTION ÉLECTRIQUE, LE TÉLÉPHONE ET LE MICROPHONE
PAR

Ed. BUELS

fonctionnaire de l'Administration des Télégraphes de l'Etat belge.



BRUXELLES

F. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE
rue de Louvain, 108

S'ADRESSER :

POUR LA BELGIQUE :
à l'Auteur, à Bruxelles.

POUR L'ÉTRANGER :
à la librairie GAUTHIER-VILLARS,
quai des Grands-Augustins, 55, à Paris.

1885

Tous droits de traduction et reproduction réservés à l'auteur.

AVANT-PROPOS.

Il est peu d'inventions qui aient été accueillies avec plus de faveur dans le domaine de la pratique que le *téléphone*, cet instrument si simple dans sa construction, si merveilleux dans ses résultats, par lequel Bell, son illustre inventeur, s'est acquis d'emblée une place d'honneur dans les annales du progrès.

Dès que fut démontrée la possibilité de transporter la parole au loin par l'électricité, la question se posa : A quelle distance maxima peut-on converser ?

L'action électrique développée par le téléphone lui-même étant très faible, on chercha tout naturellement à la renforcer par les moyens déjà connus, c'est-à-dire par l'emploi de la pile. De

nombreuses tentatives furent faites dans cette voie ; quelques perfectionnements heureux eurent leur part de succès ; mais il est certain que la téléphonie n'eût pas acquis l'extension remarquable que nous constatons aujourd'hui si elle n'avait obtenu, grâce aux découvertes d'Edison et de Hughes, le puissant concours du *microphone*.

Les systèmes de microphones abondent et se distinguent par des qualités diverses. La série n'est pas près d'être complète. C'est à qui trouvera les meilleures combinaisons mécaniques et électriques pour réaliser ce but : rendre la parole aisément intelligible à la plus grande distance possible.

Les nombreuses expériences entreprises, parfois à très grands frais, tant en Europe qu'en Amérique, démontrent surabondamment l'intérêt que les électriciens et les hommes d'affaires attachent à la solution technique et économique du problème.

Mettre en rapport verbal direct, sans déplace-

ment, non seulement les habitants d'une même ville, mais les citoyens d'un même pays, mieux encore, les nations entre elles : une telle conception eût été traitée de folie il y a dix ans et cependant elle est réalisable aujourd'hui.

On connaît les moyens à mettre en œuvre et les conditions à remplir pour porter la voix humaine à de grandes distances, disons à plus de 400 kilomètres : de bons appareils de transmission et de réception, une ligne formée d'un fil aérien de grande conductibilité et de petit diamètre sont nécessaires.

Si un seul circuit est suffisant entre deux localités déterminées pour donner cours, sans retards, aux demandes de communication, on peut n'employer qu'un fil simple sur une ligne de poteaux ; mais si, pour satisfaire à l'importance des relations téléphoniques, on voulait se mettre en mesure de pouvoir établir à la fois plusieurs communications, on serait astreint à employer un fil double pour chaque circuit, afin de neutraliser cette influence électrique, si fâcheuse pour la

téléphonie, que l'on constate même sur les réseaux urbains et qui grandit en raison directe de l'étendue des conducteurs : nous voulons parler de l'*induction téléphonique* qui a pour effet de répéter sur un circuit toutes les conversations échangées par un autre.

Rappelons aussi que si, en vue de réduire la dépense, on voulait utiliser les supports des lignes télégraphiques pour la pose d'un fil simple affecté à la téléphonie, on se heurterait à une nouvelle difficulté : par induction encore, tous les signaux émis pour la transmission des télégrammes viendraient se répercuter dans le téléphone et donneraient lieu à des bruits assez intenses pour empêcher toute conversation. Ici aussi, un fil double pour chaque communication téléphonique serait indispensable, et encore, l'expérience démontre que par ce moyen on obtient difficilement le silence absolu.

Cela étant, on conçoit immédiatement quelles dépenses considérables et quelles difficultés d'exécution entraînerait l'établissement d'un réseau

destiné à relier entre elles les villes d'un même État ou celles de pays voisins, et combien serait justifiée, eu égard à l'incertitude des résultats financiers de l'exploitation, l'hésitation des gouvernements et des sociétés.

Des dispositions nombreuses ont été imaginées par les électriciens les plus en renom pour soustraire le téléphone aux effets nuisibles engendrés par le travail des fils télégraphiques voisins ; aucune n'a donné des résultats pratiques satisfaisants.

M. Van Rysselberghe, abandonnant les voies suivies par ses devanciers, a cherché d'un autre côté la solution du problème : au lieu de détruire le mal dans le circuit induit, il l'attaque dans sa cause et à sa source, c'est-à-dire dans le circuit inducteur.

Au commencement de l'année 1882, cet inventeur avait trouvé le moyen — peut-être unique — de réduire téléphoniquement au silence les courants télégraphiques, non seulement dans le circuit secondaire, mais dans le circuit primaire

qui les propage : un téléphone intercalé directement sur un fil télégraphique desservi par un appareil Morse ou Hughes restait absolument muet.

Cette victoire scientifique avait une conséquence tout indiquée : *l'utilisation simultanée d'un même fil conducteur à la télégraphie et à la téléphonie.*

Les principes étaient posés ; mais, avant de songer à leur application à tout un réseau télégraphique, il fallait prouver à l'évidence que, dans aucun cas, l'intervention des organes anti-inducteurs ne nuirait à la marche régulière du service télégraphique. Pendant près de deux ans des expériences multipliées furent faites dans ce but sur les lignes de l'État belge, avec l'assistance empressée du personnel de l'Administration, désireuse de seconder efficacement les efforts de l'inventeur.

A raison de nos fonctions au bureau central des télégraphes de Bruxelles, nous avons eu la bonne fortune de suivre pas à pas les progrès de

l'invention et d'apporter notre concours dans les études et les essais préliminaires de M. Van Rysselberghe. Il nous a été donné d'analyser minutieusement les phénomènes observés, en vue d'une application pratique, en tenant compte des nécessités d'un service plus ancien, la télégraphie, dont l'organisation et les moyens d'action doivent être respectés.

Aujourd'hui que le réseau belge est entièrement armé contre l'induction télégraphique et que de nombreuses correspondances téléphoniques s'échangent quotidiennement par les fils télégraphiques entre les abonnés des villes de Bruxelles, d'Anvers, de Gand, de Liège, de Louvain et de Mons, d'une part, de Liège et de Verviers, d'autre part, nous croyons être utile aux administrations télégraphiques et aux opérateurs en exposant, aussi complètement que possible, le système Van Rysselberghe dans ses principes et, surtout, dans son application sur une grande échelle, telle qu'elle est réalisée en Belgique pour la première fois.

Considérant, d'un autre côté, que le téléphone, en raison même des services qu'il rend à tous, est l'instrument électrique le plus vulgarisé, nous avons cru bien faire, avant d'aborder l'objet principal de cette publication, de donner, sous une forme simple et concise, un aperçu des principes qui régissent la téléphonie. Nous étant placé particulièrement au point de vue de la pratique, sans jamais avoir eu la prétention de produire une œuvre de science, nous espérons que notre ouvrage offrira quelque intérêt, non seulement aux spécialistes, mais encore aux personnes dont les études n'ont pas été dirigées vers l'électricité.

ÉD. B.



TÉLÉPHONIE & TÉLÉGRAPHIE SIMULTANÉES.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

INDUCTION.

On ne saurait parler de téléphonie ou d'installations téléphoniques sans rencontrer à chaque instant les termes *courant d'induction*, *effet induit*, et d'autres expressions qui se rapportent à l'induction électrique.

Il importe donc, avant d'aborder les explications des systèmes employés, que nous examinions sommairement les principes qui régissent l'induction.

1. Courant d'induction. — Soient (fig. 1) deux fils *A* et *B* n'ayant entre eux aucune communication. Tous deux sont reliés à la terre par leurs extrémités. En établissant le contact en *mn* le courant de la pile *P* est transmis sur le fil *A*.

Nous reconnaissons que pour obtenir le passage du courant d'un fil sur l'autre, il faut que ces conducteurs aient un point de contact. On serait donc amené à croire que le fil *B* n'est soumis à aucun effet électrique, puisqu'il ne touche ni à la pile ni au fil *A*. On commettrait cependant une erreur.

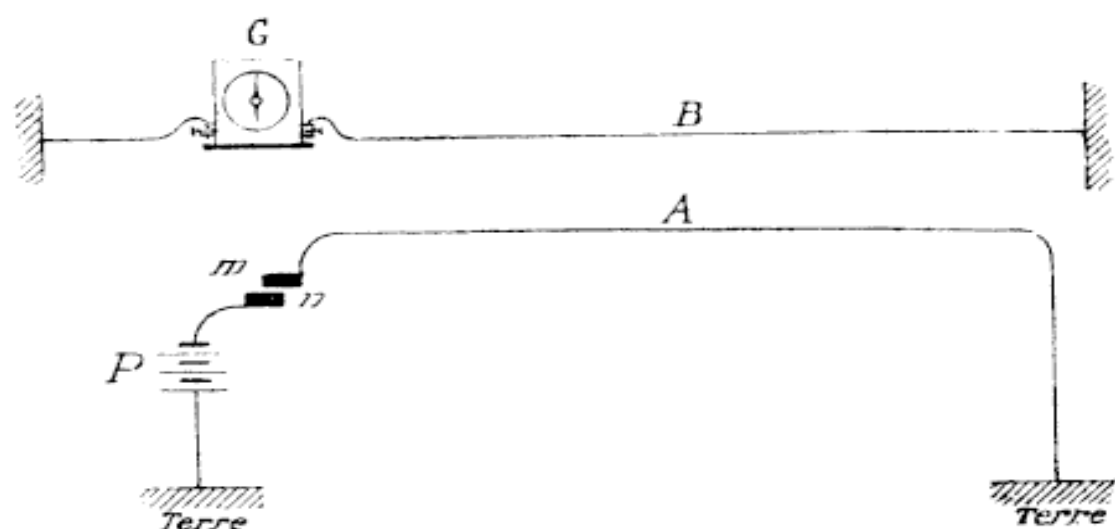


Fig. 1.

Intercalons dans le fil *B* un appareil électrique sensible, un galvanomètre, par exemple, qui puisse accuser la présence de l'électricité. Que remarquons-nous? Au moment où le contact s'établit en *mn*, l'aiguille du galvanomètre dévie, pour revenir instantanément à sa position de repos. Dès la rupture du contact, il se produit une seconde déviation de sens contraire à la première. Un effet électrique s'est donc produit à distance

d'un fil sur l'autre : c'est ce qu'on appelle un *effet d'induction* ; cet effet s'est manifesté par un *courant* circulant dans le second fil, bien que celui-ci soit isolé du premier : c'est ce qu'on désigne sous le nom de *courant induit* ou *d'induction*.

2. Circuit du courant. — Voici d'autres expressions usitées, qu'il est bon de rappeler afin de pouvoir les employer franchement dans les explications ultérieures.

L'électricité se développe dans une pile en raison de l'action chimique provoquée par le contact du zinc et de la matière acide contenue dans le vase. Elle prend donc naissance à la surface du zinc pour se répandre, sous l'apparence d'un fluide, *d'un courant*, à travers le liquide, les lames, métalliques ou de charbon, et le fil conducteur, bien entendu si nulle part il n'existe une solution de continuité. L'ensemble de ces corps, que traverse le courant, représente ce qu'on appelle le *circuit du courant*. Lorsque le contact en *mn* est établi, on dit que le circuit est *fermé* ; si, au contraire, le contact est rompu, on dit que le circuit est *ouvert*.

Revenons à l'effet d'induction : le fil parcouru par le courant de la pile s'appelle *circuit inducteur* ; le fil voisin, qui a subi l'effet de ce courant, est le *circuit induit*.

3. Sens des courants induits. — L'influence électrique dans le circuit induit est double pour chaque émission du courant de la pile; il se manifeste d'une façon instantanée, d'abord lorsqu'on ferme, puis lorsqu'on ouvre le circuit inducteur au moyen du contact *mn*. Nous avons dit que, chaque fois, l'aiguille aimantée avait dévié, mais que cette déviation avait été différente dans les deux cas. Pourquoi cette différence? Parce que la fermeture du circuit inducteur provoque dans le circuit induit un courant de sens contraire à celui de la pile, et que, lors de la rupture du contact en *mn*, autrement dit de l'ouverture du circuit, le courant induit circule dans le même sens que celui de la pile. De là l'adoption de deux nouvelles expressions à signaler : le premier effet est le courant induit *inverse* ou *de fermeture*, le second est le courant induit *direct* ou *d'ouverture*.

4. Certaines conditions de force du courant induit. — L'effet induit se manifeste avec d'autant plus de force que le courant de la pile est lancé plus brusquement dans le circuit inducteur. Cet effet est moindre et peut même devenir imperceptible, si l'émission du courant inducteur s'opère graduellement, progressivement. La même différence d'intensité se remarque pour le courant

induit d'ouverture suivant que l'écoulement du courant inducteur cesse brusquement ou graduellement.

Nous avons dit que l'effet induit ne se produisait qu'au début et à la fin de l'émission du courant dans le circuit inducteur. Il s'ensuit que, si le contact en *mn* était établi d'une façon constante, on n'observerait aucune induction après l'effet instantané produit au début. Cependant, dans ces conditions, on provoquerait des courants induits alternatifs, de sens contraire, si l'on rapprochait et éloignait successivement les deux circuits. Il se produirait dans le fil *B* un courant d'induction inverse à chaque rapprochement et un courant d'induction direct à chaque éloignement. Encore une fois, les effets auraient d'autant plus d'intensité que le déplacement des circuits se serait opéré plus brusquement, et *vice versa*.

Disons, une fois pour toutes, à propos de ces variations d'intensité, que, *dans tous les cas*, la quantité d'électricité mise en mouvement dans le fil induit est la même; mais on comprend que l'on obtiendra le maximum d'effet si toute cette quantité se transporte d'une façon brusque, c'est-à-dire dans un temps excessivement court, et que cet effet sera bien moindre si cette même quantité s'écoule lentement, graduellement, insensiblement. Citons un exemple : Tout le monde

a vu fonctionner et a expérimenté ces machines d'induction à mouvement de rotation que l'on emploie pour les usages médicaux. Sans entreprendre la description de ces machines, nous rappellerons un effet qui, certainement, n'a échappé à personne : si, pour se soumettre à l'action de la machine, on tient en mains les deux extrémités du fil induit, on ressent à peine un léger picotement lorsque le mouvement de rotation est lent, tandis que l'effet devient insupportable, tellement il est intense, lorsque ce mouvement est activé outre mesure. La quantité de courant qui traverse le corps est toujours la même, mais, dans le premier cas, l'action est lente et graduelle, dans le second cas elle est brusque et se manifeste par des secousses violentes.

Nous avons cru devoir insister sur ces particularités, parce que nous aurons à y revenir plus loin, lorsqu'il s'agira de définir les principes sur lesquels repose le système de téléphonie à grande distance, et d'expliquer comment on a pu se servir des fils télégraphiques existants pour ce nouveau mode de relations entre les villes importantes d'un pays.

5. Effet induit dû aux variations d'intensité du courant circulant dans le circuit inducteur. — Opérons toujours sur la figure 1. Si, par un moyen quelconque, on parvient à

faire *varier* l'intensité du courant circulant dans le fil *primaire A* relié à la pile, à chaque variation correspondra un effet induit dans le fil *secondaire B*, et, toujours, l'effet se manifestera avec d'autant plus de force que les variations seront plus brusques.

En admettant que la pile conserve sa même intensité, on provoque ces variations en augmentant et en diminuant alternativement la *résistance* du circuit inducteur.

6. Résistance. — Voilà encore un terme qui, en électricité, a sa signification particulière, et qu'il est utile d'expliquer. Tous les corps ne conduisent pas également bien l'électricité. Certains corps sont *bons conducteurs*, d'autres sont *mauvais conducteurs*; ces derniers sont même pour la plupart considérés comme *isolants*; dans cette catégorie citons la gomme-laque, le caoutchouc, la gutta-percha, la parafine, la soie, le coton, etc. Parmi les bons conducteurs sont classés en première ligne les métaux; mais encore, leur conductibilité varie suivant leur nature : ainsi le pouvoir conducteur du cuivre est à peu près sept fois plus grand que celui du fer.

Nous bornerons nos citations pour ne pas aller au delà de ce qu'il est particulièrement utile de rappeler pour l'intelligence des questions traitées dans cette notice.

Un fil, d'un métal donné, offre d'autant plus obstacle au passage du courant, il est d'autant plus résistant qu'il est plus long et que sa section est moindre. Disons aussi — et ceci a une grande importance au point de vue des explications que nous aurons à donner au sujet du *microphone* — que si, par exemple, les deux pièces de contact *m* et *n* (fig. 1) étaient formées d'une matière, comme du charbon de cornue ou du graphite, dont les points d'adhérence augmentent sensiblement par la compression, *la résistance opposée au passage du courant serait inversement proportionnelle à la pression exercée sur les deux pièces en vue d'établir leur contact.*

Cela étant, on comprend que si, dans le cas de la figure 1, on parvenait à renforcer et à altérer, alternativement et d'une façon brusque, le contact entre les pièces *m* et *n*, sans toutefois rompre ce contact, on modifierait successivement la résistance du circuit inducteur; et comme l'intensité du courant est en raison inverse de la résistance du circuit parcouru, cette intensité serait soumise à des variations qui, chaque fois, donneraient naissance à un courant induit dans le fil voisin *B*.

7. Bobine d'induction. — A seule fin d'écarter toute complication dans cet exposé de principes, nous avons

supposé un fil courant le long d'un autre. Cela suffisait pour expliquer l'effet dans toute sa simplicité; mais il importe d'ajouter que, dans ces conditions, l'influence produite est faible. Pour la renforcer on a recours à divers moyens : le courant induit étant proportionnel à l'étendue des fils mis en présence, on enroule ceux-ci parallèlement en forme de bobine, en ayant soin, bien entendu, de les isoler par un revêtement de soie, afin d'empêcher tout contact métallique entre les spires. On obtient ainsi des effets très énergiques : non seulement l'action des spires s'ajoute, mais, dans chaque circuit pris isolément, le premier tour influence le second, et ainsi de suite.

Mieux encore : si, au centre de cette bobine, on place un noyau magnétique, en fer doux par exemple, ce noyau intervient à son tour pour augmenter l'effet ; en s'aimantant sous l'action du courant qui passe dans le fil primaire, il agit par induction sur le fil enroulé ; mais n'amplifions pas : cet effet s'expliquera mieux, un peu plus loin, lorsque nous définirons l'action des aimants sur les fils conducteurs.

A titre de renseignement, disons que, dans les bobines d'induction à fil double, le circuit inducteur ou *primaire* est constitué d'ordinaire par un fil relativement gros, afin d'opposer aussi peu de résistance que possible

au courant de la pile et d'obtenir de ce courant le maximum d'intensité, tandis que, pour le circuit induit ou *secondaire*, on fait usage d'un fil très fin de manière à obtenir un grand nombre de spires sans que les dernières soient éloignées, plus que de raison, du circuit inducteur.

8. Induction par les aimants. — On parvient à produire des courants induits, sans l'intervention d'aucune pile, en faisant usage d'aimants.

Ampère, célèbre physicien français, a émis sur les aimants une théorie qui actuellement fait loi, et d'après laquelle un barreau aimanté peut être comparé à une

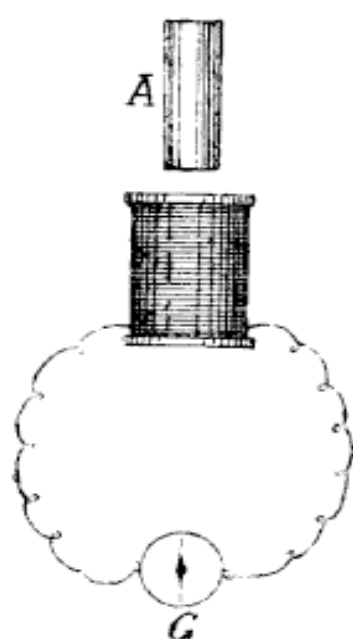


Fig. 2.

bobine parcourue par un courant.

La justesse de cette théorie s'affirme particulièrement par les effets d'induction qui se manifestent lorsqu'on met un aimant en présence d'un circuit métallique.

Supposons (fig. 2) un aimant *A* et une bobine creuse dont le fil aboutit par ses deux extrémités à un galvanomètre *G*. Aussi longtemps que l'aimant reste dans la même position rien ne se produit; mais, si

on le rapproche brusquement de la bobine, ou, mieux encore, si on le fait pénétrer à l'intérieur de celle-ci, on remarque une déviation instantanée de l'aiguille du galvanomètre; au moment où l'on éloigne l'aimant une nouvelle déviation se produit, mais en sens contraire de la première.

En admettant, d'après la théorie d'Ampère, que l'aimant se comporte comme une bobine parcourue en permanence par un courant, on constate que le premier courant, que l'on désigne généralement sous le nom de courant induit *de rapprochement*, est de sens contraire à celui que l'on suppose circuler autour de l'aimant, tandis que le second courant, le courant induit *d'éloignement*, est de même sens.

Au lieu d'une bobine creuse considérons un électro-aimant, c'est-à-dire une bobine pleine dont le centre — le noyau — est constitué par un barreau de fer doux. Si de ce noyau nous approchons l'aimant A, le fer doux s'aimante. Dès que nous faisons cesser l'influence magnétique, le fer doux revient à son état primitif. Nous nous serons donc placés identiquement dans les conditions d'une bobine creuse à l'intérieur de laquelle nous aurions introduit un aimant pour l'en retirer ensuite. L'effet sera le même que dans le premier cas; nous aurons produit dans le fil de la bobine deux courants

induits de sens contraire engendrés par l'aimantation et la désaimantation du fer doux.

Disons que, dans le cas que nous venons de citer, l'effet d'induction est augmenté par le fait que le fil enroulé est soumis non seulement à l'influence directe de l'aimant *A*, comme dans le cas précédent, mais encore à celle du barreau placé à l'intérieur de la bobine et jouant lui-même le rôle d'un aimant.

9. Effets d'induction se produisant dans un électro-aimant parcouru par un courant. — Il nous reste à citer, par analogie, un troisième cas : nous savons que le noyau de fer doux d'un électro-aimant s'aimante lorsqu'on fait passer le courant d'une pile dans le fil de la bobine, et que toute influence disparaît dès que le courant est interrompu. Ceci nous ramène de nouveau au cas de la figure 2. En effet, en aimantant et en désaimantant successivement le fer doux, que ce soit par une influence magnétique ou électrique, n'est-ce pas la même chose que si à l'intérieur de la bobine nous avions fait pénétrer un aimant qui ensuite aurait été enlevé ? Or, nous savons qu'il se produit un courant d'induction dans le fil de la bobine dès que le fer doux change d'état. Il y aura donc pendant un instant, c'est-à-dire au moment de la fermeture du circuit de la pile, deux courants qui circuleront dans le fil enroulé et dans les conducteurs

que l'on fera aboutir à la bobine. Comment se comporteront ces deux courants, l'un vis-à-vis de l'autre? La réponse est facile : le courant induit étant de sens contraire à celui de la pile, ce dernier se trouvera neutralisé en partie, affaibli, tout au début de l'émission, mais il arrivera à son intensité normale à mesure que l'effet d'induction — qui n'est qu'instantané — disparaîtra. Remarquons aussi que, par le fait même de l'aimantation du fer doux, une partie de l'énergie électrique se trouve momentanément absorbée.

Conclusion : le courant de la pile passant par un électro-aimant pour se rendre ensuite dans un fil de ligne, ne se précipitera pas dans ce fil brusquement avec toute son énergie; il n'acquerra son intensité normale que graduellement, progressivement.

C'est simple, cela saute aux yeux; il est à peine besoin de rappeler un effet connu depuis si longtemps. D'accord; mais si nous sommes entré ici dans quelques développements, c'est qu'en tirant habilement parti de cet effet, M. Van Rysselberghe a fait faire un pas immense à la téléphonie; car c'est sur cet effet que repose, ainsi qu'on le verra plus loin, le principe fondamental de son merveilleux système.

10. Effet d'induction dû à la surexcitation du magnétisme d'un aimant. — Pour terminer ce chapitre, voici une

autre disposition qui convient également bien pour la production de courants induits. On entoure l'aimant lui-même d'une bobine; en rapprochant et en éloignant alternativement un barreau de fer doux de l'extrémité de l'aimant, on produit, à chaque mouvement, un courant induit dans le fil de la bobine. L'effet est analogue à celui que nous avons décrit plus haut à propos de l'induction d'un fil sur un autre, dans le cas où le courant circulant dans le fil inducteur varie d'intensité. Cette analogie s'explique par le fait que, quand on rapproche le barreau de fer doux, le magnétisme de l'aimant se trouve surexcité, et que, quand on l'éloigne, il revient à son état primitif.

Nous appelons particulièrement l'attention sur cette dernière disposition parce que nous en verrons l'application au téléphone dans lequel intervient, en effet, un barreau aimanté entouré d'une bobine, et, en face d'une extrémité de ce barreau, une plaque en fer doux qui, en vibrant, se trouve absolument dans les conditions que nous venons de citer, puisqu'elle est soumise à des mouvements de va-et-vient.

Nous pourrions encore rappeler d'autres dispositions adoptées par les constructeurs pour les appareils et machines d'induction; mais nous croyons préférable de nous borner à ces quelques explications, afin de ne

pas aller au delà de ce qui est strictement nécessaire pour élucider les questions se rattachant aux phénomènes électro-magnétiques que l'on rencontre en téléphonie.

LE TÉLÉPHONE.

■ ■. Le téléphone actuel ne diffère pas dans la forme et la construction du premier spécimen qui fit son apparition en Europe. C'est la forme si simple et si pratique telle que Bell l'avait imaginée.

Un aimant *A* est entouré à sa partie supérieure, légèrement amincie, d'une bobine *B*.

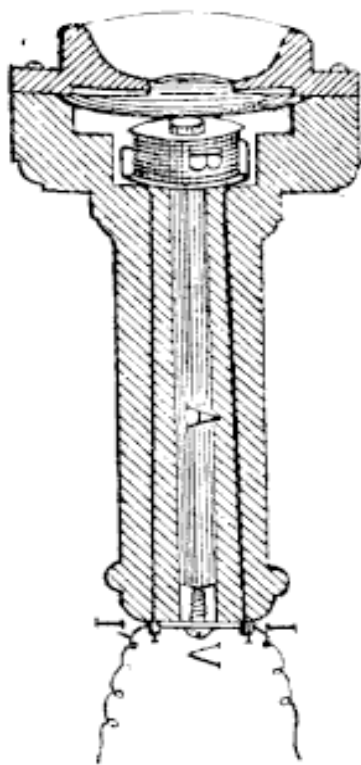


Fig 3.

L'extrémité de l'aimant affleure au-dessus de la bobine, et, devant cette extrémité, se trouve placée une très mince plaque de tôle. Le tout est renfermé dans une gaine en bois ou en ébonite que tout le monde connaît. Les bords de la plaque sont pressés par le pavillon qui est fixé au moyen de vis, ou simplement vissé sur le corps de l'instrument. Au moyen de la vis *V* on parvient à rapprocher ou à éloigner l'aimant de la plaque. Celle-ci doit être aussi

rapprochée que possible de l'aimant sans qu'il puisse y avoir contact, soit au repos, soit pendant les vibrations.

Les deux extrémités du fil de la bobine viennent aboutir aux deux bornes extérieures *I* et *I'*. En reliant celles-ci par un double fil à un autre téléphone on forme un circuit complet et continu, comprenant les bobines des deux téléphones et les deux fils de la ligne.

Nous savons que la parole énoncée est transmise à notre oreille par des vibrations très complexes produites dans l'air par la voix. En parlant près de la plaque, très flexible, d'un téléphone, celle-ci sera impressionnée par les vibrations de l'air et sera soumise à des mouvements de va-et-vient qui seront la reproduction fidèle des ondes vibratoires auxquelles donne lieu l'articulation des syllabes, c'est-à-dire que la vitesse et l'amplitude de ces mouvements se trouveront en conformité parfaite avec les vibrations produites par la parole. Une personne tenant à l'oreille le second téléphone, relié au premier comme il est dit plus haut, entendra à une longue distance tout ce que son correspondant lui dira. La parole aura été transmise par l'électricité. Comment cette transmission électrique s'opère-t-elle? Remarquons tout d'abord qu'il n'y a ici aucune intervention de la pile. L'action est due aux courants d'induction. Voyons ce qui donne naissance à

ces courants. Pour expliquer le phénomène électrique, il suffit de rappeler ce qui a été dit au chapitre précédent (10).

12. Action au départ. — Sous l'action de la parole la plaque vibrante est soumise à des mouvements de va-et-vient. En se rapprochant du barreau aimanté qui forme le centre de la petite bobine *B*, elle surexcite le magnétisme de ce barreau. Ce changement d'état magnétique suffit, comme nous l'avons vu, pour développer dans le fil de la bobine un courant induit.

13. Courants ondulatoires. — Le téléphone transmetteur agit donc comme un générateur d'électricité, ainsi que pourrait le faire une pile, sauf qu'ici l'action du courant, son intensité, les émissions successives, le tout est strictement ordonné par les vibrations accidentées et complexes auxquelles donne lieu l'énoncé des voyelles et des consonnes. On ne pourrait songer à analyser l'action de ces innombrables émissions de courant. Émissions, le terme est-il bien employé ? Non, c'est plutôt ondulations qu'il faut dire. C'est plus vrai ; on conçoit mieux que l'action électrique est permanente, mais qu'elle varie à l'infini en obéissant fidèlement aux ondulations de la plaque lorsque celle-ci est impressionnée par la parole. C'est ce qui a fait adopter le terme de

courant ondulatoire pour désigner l'action électrique spéciale qui rend possible la transmission de la parole par l'électricité. D'ailleurs la justesse de cette expression s'affirmera à l'évidence dans la description que nous aurons à faire du *microphone*.

Mais revenons à la transmission de la parole entre deux téléphones reliés par un conducteur formant un circuit complet.

14. Action à l'arrivée. — Nous avons expliqué comment se développent les courants ondulatoires dans le téléphone transmetteur. Ces courants circulent dans le fil de la bobine du téléphone récepteur ; étant alternativement de sens contraire ils augmentent ou diminuent le magnétisme de l'aimant. La plaque vibrante est soumise à des attractions et à des répulsions successives correspondant exactement aux vibrations imprimées à la plaque du téléphone transmetteur, puisque ce sont ces vibrations qui donnent naissance aux courants ondulatoires, qui, à leur tour, font vibrer la plaque du récepteur.

15. Le téléphone est une petite machine d'induction. — Nous avons dit que le téléphone transmetteur agissait comme un générateur d'électricité. C'est, en réalité, une petite machine d'induction fondée sur le principe de la réac-

tion d'une pièce de fer doux se mouvant devant un aimant fixe entouré d'une bobine. Le courant d'induction se développe dans le fil de cette bobine.

Quand on dit *machine d'induction*, on se figure, par habitude, un instrument fournissant des courants électriques assez forts pour être perceptibles au toucher, pour faire dévier l'aiguille aimantée d'un galvanomètre, pour produire même une étincelle. On obtient tout cela, en effet, lorsqu'on fait mouvoir rapidement, au moyen d'une manivelle par exemple, un barreau de fer doux devant un fort aimant.

Théoriquement, nous voyons les mêmes conditions remplies dans le téléphone puisque la plaque vibrante est en fer doux et se meut, en vibrant, devant le pôle d'un aimant. Mais cet aimant a relativement très peu d'énergie; les mouvements de la plaque sont tellement faibles, ont tellement peu d'amplitude que nos sens ne sauraient les percevoir autrement que par les effets que nous savons devoir leur attribuer. Que deviennent donc les courants développés par une pareille machine d'induction, puisque machine d'induction il y a?

16. Sensibilité du téléphone. — Il est facile de concevoir que, comme intensité, ces courants doivent être insignifiants. Nos appareils télégraphiques, quels qu'ils soient,

nos instruments de mesure les plus précis ne seraient pas assez sensibles pour accuser la moindre trace de ces courants; et, cependant, le téléphone récepteur y obéit admirablement. Pourquoi? Parce que le téléphone est l'instrument électrique le plus sensible que l'on connaisse. Le téléphone porté à l'oreille nous avertit, par exemple, de l'action électrique la plus infime qui, de près ou de loin, influence un fil télégraphique.

Si cette sensibilité n'était elle-même la condition *sine qua non* de la transmission électrique de la parole, nous dirions que le téléphone est, pour certains cas, d'une sensibilité désespérante. Il se présente à nous comme ces balances qui sont des merveilles de précision, mais dans lesquelles un grain de sable suffit pour rompre l'état d'équilibre. De même que ces balances, le téléphone a le défaut de sa qualité dominante, et nous aurons l'occasion de constater ce fait lorsqu'il s'agira de rendre compte des difficultés que l'on a eu à vaincre pour parvenir à approprier à la téléphonie les lignes télégraphiques, et pour se mettre à l'abri des effets d'induction qui se manifestent entre les différents fils empruntant les mêmes poteaux.

LE MICROPHONE.

17. Principe du microphone. — Il est entendu donc que les courants d'induction développés dans le téléphone sont d'une faiblesse extrême.

Dès que fut découvert l'instrument qui permettait de transmettre la parole à distance par l'électricité, la préoccupation des hommes de science et des spécialistes fut de trouver des moyens propres à renforcer l'action électrique déterminée par les vibrations sonores de la parole. On chercha naturellement, et tout d'abord, à faire intervenir la pile. Quelques inventeurs présentèrent des téléphones à pile dont les résultats accusaient un progrès réel. Nous ne nous attarderons pas à décrire ces différents systèmes, attendu que nous nous écarterions de l'objet principal de cette notice, et que, d'ailleurs, les descriptions que nous pourrions faire ne vaudraient jamais celles de M. Du Moncel, dans ses deux ouvrages, catalogués à la bibliothèque des merveilles, et traitant l'un du téléphone, l'autre du microphone.

Disons tout de suite que les transmetteurs téléphoniques ont bientôt fait place *au microphone*, présenté par M. Hughes, et dont nous nous bornerons à exposer

les principes sans entrer, plus qu'il ne faut, dans des considérations techniques.

Nous avons vu dans le premier chapitre (6) que deux corps conducteurs mis en contact favorisaient d'autant mieux le passage d'un courant électrique que le contact était plus parfait. Cet effet se manifeste particulièrement lorsqu'on emploie certaines matières, telles que le charbon de cornue, le graphite, etc., dont on peut facilement augmenter l'adhérence par la pression. Un exemple : supposons deux rondelles, deux pastilles de charbon maintenues l'une contre l'autre par des écrous. Si l'on place ces rondelles dans le circuit d'une pile, on remarque que le courant augmente à mesure qu'on serre les écrous. Pourquoi ? Parce que le courant rencontre d'autant moins de résistance, au passage d'une rondelle sur l'autre, que l'adhérence entre les deux rondelles est mieux établie. Lorsqu'un système de ce genre est intercalé dans un circuit électrique, on parvient donc, en modifiant l'état d'adhérence des charbons, à augmenter ou à diminuer la résistance que le circuit offre au passage du courant et à faire varier, à volonté, l'intensité de ce courant sans jamais en interrompre la continuité. En d'autres termes, l'intensité sera soumise à des ondulations, et, ainsi, nous obtiendrons réellement ce qu'on appelle un courant ondulatoire.

18. Description. — Ce sont là les effets obtenus par le microphone dont la figure 4 représente un spécimen dans toute sa simplicité :

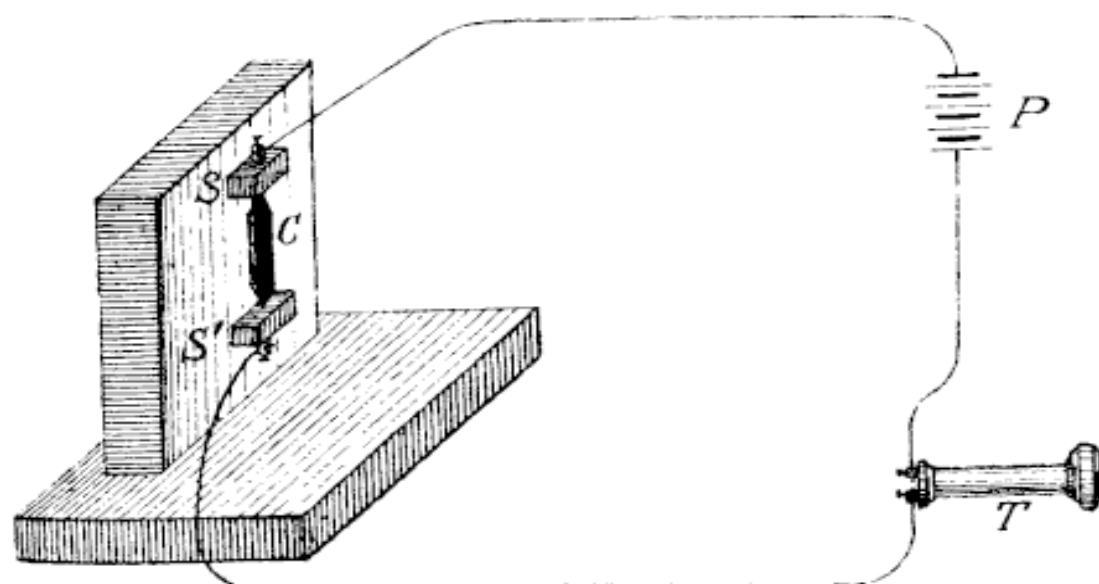


Fig. 4

Un petit cylindre de charbon *C*, effilé à ses deux extrémités, est suspendu librement, avec un certain jeu, entre les supports *S* et *S'*, également en charbon, et légèrement évasés en godet. Le courant de la pile *P* passe par ce système ainsi que par le téléphone *T*. Admettons, pour fixer les idées, que ce courant soit dirigé dans un sens tel qu'il ait pour effet de renforcer le magnétisme de l'aimant formant le centre de la bobine du téléphone, et d'augmenter ainsi son action attractive sur la plaque vibrante.

Par la forme effilée du cylindre et l'évasement des supports, les points de contact entre les pièces sont réduits à leur minimum. Un certain jeu étant laissé au cylindre, on comprend que si celui-ci était soumis à des vibrations, le contact serait moins bien assuré à chaque déplacement déterminé par ces vibrations; dans ces conditions, l'intensité du courant de la pile *P*, circulant dans le téléphone *T*, serait soumise à des variations brusques qui, à leur tour, feraient vibrer la plaque, puisque celle-ci serait attirée avec plus ou moins de force par l'aimant qui, comme nous l'avons dit déjà, est soumis à l'influence du courant. Or, qu'arrive-t-il lorsque nous parlons tout près du microphone? Nous faisons vibrer le cylindre, et, par le courant ondulatoire qui en est le résultat, nous faisons vibrer à l'unisson la plaque du téléphone.

En prolongeant le fil de jonction, nous transmettons ainsi la parole à distance en nous servant du microphone comme transmetteur, du téléphone comme récepteur et de la pile comme source d'électricité.

Ici encore se révèle la sensibilité excessive du téléphone. Jadis, si on avait dit que ce petit cylindre, ce crayon de charbon, vibrait sous l'action de la parole, on aurait admis que, théoriquement, cela devait être vrai, mais on aurait certainement ajouté qu'en pra-

tique ces vibrations ne pourraient se manifester d'une façon perceptible pour nos sens. Cependant les moindres vibrations sont accusées par le téléphone avec une fidélité étonnante. Le tic-tac d'une montre que l'on aurait déposée sur le socle du microphone peut s'entendre à 100 kilomètres de distance; en ramenant la distance à des limites moindres, le téléphone accuserait le pas d'une mouche ou le frôlement d'une barbe de plume sur le cylindre.

On comprend dès lors quel parti on a pu tirer de ces propriétés pour la transmission de la parole, d'autant plus que le microphone permet d'utiliser les courants de pile dont l'intensité peut être réglée à volonté.

Ilâtons-nous cependant de faire une remarque. Il est entendu que le microphone, mis en vibration sous l'action de la parole, fait varier dans une certaine mesure la résistance du circuit dans lequel il se trouve intercalé, et que, par ce fait, l'intensité du courant est soumise à des ondulations. Supposons, par exagération, que la résistance opposée au passage du courant par le microphone varie de 1 à 100 unités. Si, d'un autre côté, la résistance du circuit extérieur comprenant la pile, le téléphone et le fil de jonction représente également 100 unités, nous trouvons que l'altération des contacts au microphone, lorsqu'il vibre, porte la résistance

totale du circuit de 100 à 200 unités, c'est-à-dire du simple au double. Puisque l'intensité du courant varie dans les mêmes proportions, on conçoit que, dans ces conditions, les ondulations doivent être très accentuées, et que les vibrations de la plaque du téléphone récepteur doivent être parfaitement nettes et distinctes. Mais en est-il de même lorsque le poste récepteur est situé à une très grande distance et que, partant, le circuit extérieur offre une résistance proportionnelle? Prenons 1,000 unités, ce qui correspond à peu près à un fil ordinaire de 100 kilomètres de longueur. Dans ce cas, dira-t-on, on fera usage d'une pile plus forte. Soit, mais cela importe peu. Le téléphone obéit aux courants les plus faibles et n'a que faire d'une trop forte pile. Le résultat à atteindre est que les ondulations du courant, quel qu'il soit, s'accusent nettement, et, pour cela, il faut que les vibrations du microphone modifient sensiblement la résistance du circuit *complet*. Or, si un microphone est intercalé dans un fil de 100 kilomètres de longueur (1,000 unités de résistance), et que la résistance de ce microphone passe alternativement de 1 à 100 unités, il se fera que la résistance du circuit total sera portée de 1,000 à 1,100 unités. Ici nous restons loin du simple au double, et l'on comprend que la différence de résistance, relativement minime, introduite dans le circuit par les

vibrations ne modifie pas sensiblement l'action électrique sur le téléphone récepteur ; en d'autres termes, les ondulations du courant seront moins bien accentuées que dans le cas d'une courte distance.

Cette remarque était nécessaire ; mais ce n'est qu'une remarque : le moyen de se débarrasser de cet inconvénient a été bientôt trouvé. On est parvenu à rendre les ondulations du courant, produites par le microphone, absolument indépendantes de la résistance du circuit extérieur ; voici comment :

19. Circuit local du microphone. — Le microphone n'est pas intercalé dans le circuit du fil de la ligne. Il fait partie d'un circuit local offrant très peu de résistance, et ce n'est que sur ce dernier circuit que se produit l'action directe de la pile.

Dès lors tout système

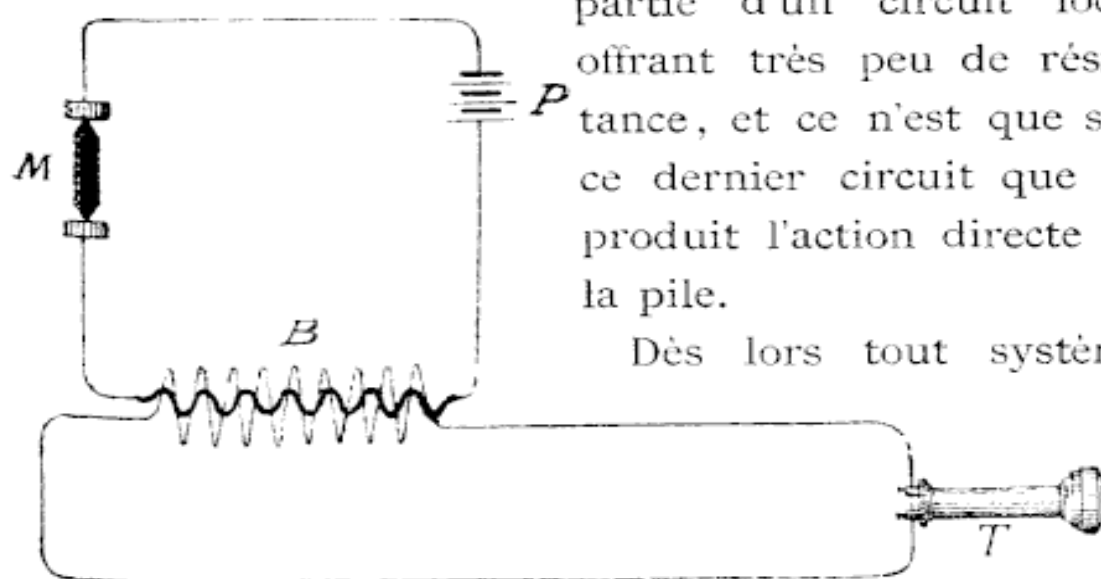


Fig. 5.

microphonique, quel que soit le modèle adopté, est disposé comme l'indique la figure 5.

B est une bobine d'induction sur laquelle se trouvent enroulés parallèlement deux fils parfaitement isolés et indépendants l'un de l'autre. Le premier ne forme que quelques tours sur la bobine et complète son circuit par la pile et par le microphone. Il est relativement gros. Le courant de la pile ne rencontre donc qu'une très faible résistance, surtout lorsque le microphone est au repos et que, par conséquent, les points de contact sont stables. Mais qu'on vienne à faire du bruit, à parler autour du microphone, le crayon entrera en vibrations, l'altération des contacts provoquera des variations de résistance, et, dans tout le circuit primaire, le courant sera soumis à des ondulations brusques qui, à leur tour, auront pour effet d'engendrer une succession de courants induits dans le circuit secondaire. Ce sont ces courants qui actionnent le téléphone récepteur; l'action directe de la pile ne s'exerce donc que sur le circuit primaire et, pourvu que le microphone soit réglé de telle façon qu'il obéisse parfaitement aux vibrations produites par la voix, les ondulations du courant de la pile seront nettes et bien accentuées, quelle que soit la résistance de la ligne.

Cette disposition et ce moyen de produire des courants induits ont déjà été définis dans le chapitre premier (5 et 7). Il est entendu que, pour augmenter

l'action inductive, le circuit secondaire sur la bobine est constitué par un fil fin, accomplissant beaucoup de tours, et qu'au centre de la bobine se trouve placé un noyau de fer doux, formé, soit d'une seule pièce ou d'un faisceau compacte de fils de fer. Il paraît que ce dernier procédé est plus avantageux au point de vue de l'effet à produire.

20. Utilité du crochet de suspension dans les systèmes microphoniques. — Si l'on ne s'en tient qu'à la figure 5, on constate que le circuit de la pile est constamment fermé, tandis que l'action du courant n'est utile que quand on veut se servir du microphone. Pour éviter l'épuisement en pure perte de la pile, on a soin d'intercaler un commutateur dans le circuit primaire. Ce commutateur est généralement disposé de telle façon, qu'à l'état de repos, le téléphone récepteur, suspendu à un levier terminé en forme de crochet, fasse basculer ce levier et coupe ainsi le circuit de la pile par la rupture d'un contact métallique à l'intérieur de l'appareil. Dès qu'on enlève le téléphone, le levier se soulève sous l'action d'un ressort et le circuit de la pile se trouve fermé par le rétablissement du contact métallique.

Il y a plus : dans la position abaissée le levier met automatiquement la ligne en communication avec la

sonnerie, et permet ainsi au poste téléphonique de recevoir les appels du correspondant qui veut parler.

Il importe donc au plus haut point que l'on suspende le téléphone à son crochet dès qu'on a fini de converser. Si on négligeait cette précaution on épuiserait inutilement la pile, et, de plus, on serait hors d'état de recevoir aucun appel, attendu que la sonnerie serait isolée de la ligne.

21. REMARQUE IMPORTANTE. — Jusqu'ici, dans les dessins comme dans les explications, nous avons repré-

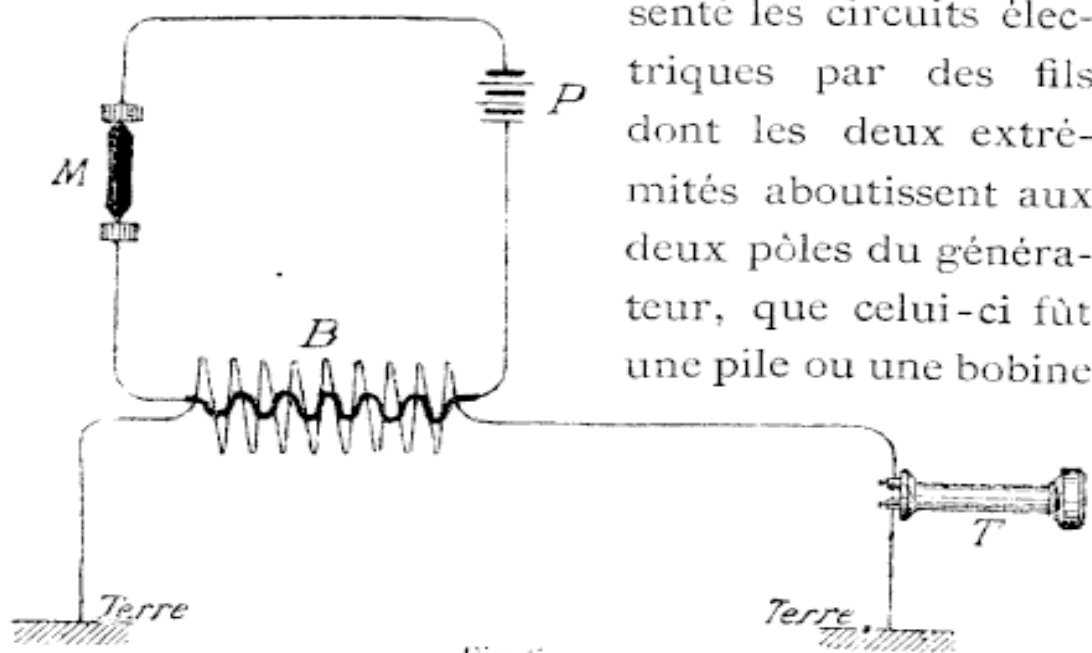


Fig. 6.

d'induction. Cet arrangement ferait supposer que toute communication téléphonique comporte nécessairement

l'emploi de deux fils de ligne. Il n'en est pas toujours ainsi : le fil de retour, lorsque son intervention n'est pas nécessitée par des besoins spéciaux, peut être avantageusement remplacé par la terre. Dans ce cas les liaisons de la figure 5, par exemple, se présentent comme ci-contre (fig. 6).

Nous n'avons pas appliqué la disposition au circuit primaire. Là elle a moins d'utilité attendu que ce circuit est tout local; à moins, toutefois, que la pile ne se trouve installée assez loin du microphone. Généralement ce n'est pas le cas.

TRANSMETTEURS MICROPHONIQUES.

22. Considérations générales. — La figure 4 représente le microphone sous une forme rudimentaire destinée à indiquer le principe de ce moyen de transmission. Mais, depuis le jour où M. Hughes a exposé ce principe, les inventeurs et les constructeurs se sont appliqués à donner à l'instrument la forme la plus convenable, pour que les variations de contact répondissent aussi fidèlement que possible aux vibrations produites par la voix. Ils sont arrivés ainsi à des dispositions plus ou moins ingénieuses, plus ou moins compliquées.

Notre intention n'est point de donner ici la descrip-

tion des nombreux systèmes qui ont vu le jour, ou de faire entre eux des comparaisons au point de vue de leur mérite. Les compagnies exploitant le téléphone et les administrations publiques compétentes ont évidemment jeté leur dévolu sur le système qui leur paraissait le plus parfait au point de vue de la transmission de la parole, de la stabilité des organes qui interviennent dans cette transmission, de la facilité de l'entretien, etc.

Telle compagnie accorde la préférence à un appareil, à l'exclusion de tout autre; cette préférence vaut évidemment une recommandation en faveur de cet appareil; mais est-ce à dire que d'autres soient peu ou moins recommandables? Non, du moment où il est admis qu'un système adopté, après une période d'essai, n'est pas moins avantageux que d'autres, jouissant également d'une certaine faveur, l'exclusivisme tient le plus souvent à des droits acquis sur un brevet, en même temps qu'à l'avantage qui réside, pour un exploitant, dans l'unité, dans l'uniformité des procédés d'exploitation.

La diversité et la multiplicité des systèmes employés constituent une source de complications qui nuisent à la régularité du service, et rendent plus difficile l'instruction du personnel chargé de la manœuvre et de l'entretien des appareils.

Nous dépasserions le programme que nous nous sommes tracé en entreprenant la description, même sommaire, de tous les types de microphones qui ont vu le jour depuis que le principe en a été indiqué par M. le professeur Hughes.

Nous nous bornerons donc à exposer, d'une façon générale, les conditions les plus favorables à rechercher dans la construction des microphones, et nous présenterons au lecteur, à titre de spécimens, les systèmes les plus répandus en Belgique, et dont nous avons pu observer le fonctionnement d'assez près pour pouvoir émettre, en connaissance de cause, une opinion sur la valeur de chacun d'eux.

23. Les conditions les plus favorables à rechercher. — Examinons, tout d'abord, ce qui constitue le bon microphone.

Dans aucun système, pensons-nous, les vibrations produites par la voix n'agissent directement sur les pièces de contact, qui ont pour objet de produire les variations de résistance et les ondulations du courant. On parle généralement devant une plaque métallique ou une planchette très mince qui sert de support au système microphonique. Les vibrations s'étendent sur toute la surface de suspension et sont transmises fidèlement aux pièces de contact.

Pour établir une parfaite solidarité entre les organes, il y a lieu de satisfaire à deux conditions principales : il faut éviter que les pièces constituant le système microphonique ne soient trop massives, trop lourdes et ne nuisent à la sensibilité de la plaque, en entravant ses mouvements vibratoires ; par contre, il est essentiel qu'elles ne soient pas assez légères pour pouvoir être projetées par les vibrations de la plaque, lorsque ces vibrations atteignent une certaine amplitude. Dans ce cas il y aurait *disjonction* des points de contact, et, par conséquent, rupture du circuit primaire à certains moments. Les vibrations de la plaque provoqueraient, non pas des ondulations, mais des interruptions de courant. Il se produirait ce qu'on appelle des *crachements* dans la transmission des syllabes. Nous voulons parler de ces bruissements métalliques, si désagréables à l'oreille, qui se manifestent, notamment, lorsque le correspondant élève trop la voix ou se trouve trop rapproché de son appareil transmetteur.

Le meilleur système serait donc celui qui obéirait fidèlement aux moindres vibrations de la plaque, mais qui, à côté de cette sensibilité, opposerait aux mouvements vibratoires une résistance mécanique suffisante pour que, jamais, il ne puisse y avoir disjonction des points de contact. On obtiendrait ce résultat en faisant

intervenir une action élastique au moyen de laquelle on pourrait régler à volonté la pression aux points de contact. Mais il est facile de concevoir que ce réglage serait très délicat et réclamerait de la part de l'opérateur une certaine expérience et une grande sûreté de main. Ce serait là un inconvénient, car la téléphonie ne saurait se populariser, ne saurait rendre les services qu'on attend de ce moyen de communication à distance, que si la manœuvre des instruments est mise à la portée de tous.

La plupart des inventeurs ont fait appel à la force d'inertie des pièces de contact pour donner à celles-ci la sensibilité en même temps que la rigidité voulue, sans devoir recourir à aucune action mécanique.

24. Système Ader. — C'est sur ce principe que repose le système Ader.

Deux séries de 5 ou 6 charbons (figure 7) dont la forme est indiquée en *M* sont suspendues librement entre trois montants *a*, *b*, *c*, qui sont fixés sur une planchette en sapin de 1^{mm},5 ou 2^{mm} d'épaisseur et de 0^m,16 × 0^m,10 environ de surface. Cette planchette est disposée à peu près horizontalement, avec une légère inclinaison. Lorsque rien ne bouge, les charbons, par leurs extrémités, reposent sur les supports *a*, *b* et *c*,

et laissent passer régulièrement le courant de la pile

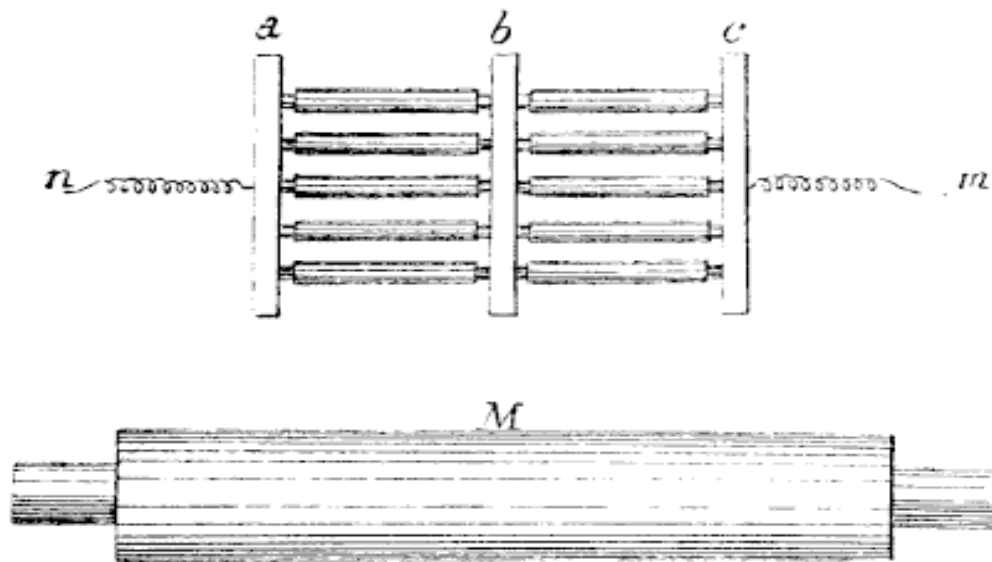


Fig. 7.

aboutissant en *m* et *n*. Si l'on fait vibrer la planchette sous l'action de la parole, voici ce qui se produit : la planchette et avec elle les supports *a*, *b*, *c* accomplissent un brusque mouvement descendant. En vertu de leur inertie les charbons ont une tendance à rester en place et n'opèrent leur chute que tardivement. Il n'y a pas eu disjonction aux points de contact, mais simplement une diminution de pression ; de là une certaine résistance opposée au passage du courant (6), diminution d'intensité dans le circuit primaire et courant induit dans le circuit secondaire qui aboutit au téléphone récepteur. Mais, immédiatement

après ce mouvement descendant, la plaque vibrante revient à sa position primitive. Les supports *a, b, c*, en remontant, rencontrent les charbons au moment où ceux-ci accomplissent encore leur chute. Par suite de ce mouvement en sens contraire des pièces de contact, la pression augmente et se trouve être plus grande même qu'à l'état de repos. Qu'en résulte-il ? Une adhérence plus parfaite des points de contact (6), par conséquent diminution de la résistance électrique et intensité plus grande du courant primaire, ce qui, de nouveau, donne naissance à un courant induit dans le circuit secondaire.

Comme chaque vibration produite par la voix imprime à la plaque un double mouvement, descendant et ascendant, on comprend, d'après ce qui précède, que les ondulations du courant dans le circuit primaire doivent être parfaitement en accord avec les vibrations de la plaque, et que, par conséquent, les courants induits, agissant sur le téléphone récepteur, correspondent fidèlement à ces vibrations.

Le système Ader est un des plus estimés à cause de la simplicité de sa construction — excluant tout réglage — et donne de sérieuses garanties de stabilité. Il conserve au timbre de la voix toute sa pureté. Tel qu'il est construit il représente un petit pupitre formant caisse.

Aux deux côtés de cette caisse se montre un crochet auquel on suspend les téléphones récepteurs. Un de ces crochets est mobile. Il cède sous le poids du téléphone ; en déplaçant un contact à l'intérieur de la caisse, il coupe le circuit primaire, il empêche la pile de fonctionner en pure perte et, en même temps, il relie la ligne à la sonnerie d'appel. Lorsque le téléphone est enlevé du crochet, celui-ci est soulevé sous l'action d'un ressort, et le contact métallique est rétabli : la pile entre en action.

Un commutateur analogue est appliqué à tous les systèmes ; nous nous dispenserons donc de revenir sur cette description.

C'est le système Ader qui, en 1881, lors de l'Exposition internationale d'électricité de Paris, se trouvait installé tout le long de la rampe à l'Opéra, à l'Opéra-Comique et au Théâtre-Français, et qui permettait aux visiteurs du Palais de l'Industrie d'assister, par l'intermédiaire du téléphone à plus de 2 kilomètres de distance, aux représentations de ces théâtres. Les appareils Ader ont, en cette circonstance, fonctionné aussi bien qu'on pouvait le désirer, et certes, ces auditions théâtrales ont été, avec la lumière électrique, le *great attraction* de l'Exposition.

25. Système Blake. — Ici l'inertie est combinée avec un procédé de réglage. L'ensemble de l'appareil figure une boîte à peu près carrée suspendue verticalement à un socle qui porte également le système de sonnerie. Au milieu de la boîte un enfoncement circulaire formant embouchure. Au fond de cette embouchure se montre la plaque en métal que la voix devra faire vibrer. Les pièces de contact n'adhèrent pas à la plaque vibrante comme dans le système Ader ; elles ne font qu'y toucher avec une légère pression, ainsi que nous allons le voir (fig. 8).

pp est la plaque vibrante. Une équerre *E* est suspendue par une lame élastique *l*, assez rigide, à un massif *M*. A la partie supérieure de l'équerre se trouve fixé un ressort *r* qui supporte une pièce massive *m* dans laquelle est incrustée une pastille de charbon. Celle-ci est pressée contre un grain de platine qui est lui-même suspendu à une lame flexible *f*. Par suite de la pression du ressort *r* les deux pièces sont maintenues en contact, et le grain de platine s'appuie contre le centre de la plaque vibrante en face de l'embouchure.

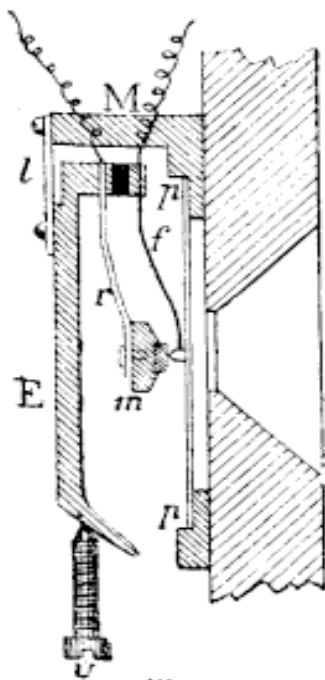


Fig. 8.

Il est entendu que, sauf le point de contact entre le platine et le charbon, les pièces sont parfaitement isolées l'une de l'autre. Les deux extrémités du fil de la bobine formant circuit primaire aboutissent respectivement en r et f . La plaque, en vibrant sous l'action de la parole, transmet ses mouvements au grain de platine et au porte-charbon m ; mais cette dernière pièce, offrant dans son ensemble une masse assez lourde, est soumise à la force d'inertie et n'obéit que tardivement aux vibrations. Chaque mouvement de la plaque vers l'intérieur de la boîte rencontre, au début, la résistance résultant de cette inertie; la pression entre les pièces de contact s'en trouve augmentée et, partant, la résistance électrique diminue en ce point. Au retour de la plaque vers sa position première, la pièce m , toujours à cause de son inertie, ne suit ce mouvement que tardivement, tandis que le grain de platine se montre solidaire avec les mouvements vibratoires de la plaque, comme si celle-ci y adhéraît. Il se fait donc que la pression aux points de contact est diminuée en dépit du ressort r et, dès lors, la résistance électrique augmente. A ces variations de résistance correspondent des ondulations du courant de la pile dans le circuit primaire, ondulations qui, à leur tour, donnent naissance à des courants d'induction dans le circuit secondaire.

On le voit, dans le Blake comme dans l'Ader, comme dans tous les systèmes où intervient l'inertie, c'est le même but recherché, c'est le même effet obtenu.

Cependant le Blake vise au perfectionnement. Outre l'inertie, l'inventeur a voulu se créer une ressource en plus pour prévenir les crachements résultant de la disjonction des pièces de contact. Ainsi que nous l'avons vu dans la description ci-dessus, il n'y a pas ici, comme dans d'autres systèmes, une pièce fixe adhérant à la plaque vibrante et une pièce libre. Le charbon et le grain de platine, qui, par leur contact, ferment le circuit primaire, sont tous deux indépendants de la plaque. Il s'ensuit que si, par l'amplitude exagérée des vibrations, le grain de platine était projeté au point de se séparer de la plaque, il ne se produirait pas nécessairement une rupture du circuit primaire, attendu que les deux pièces de contact suivraient ce mouvement ensemble et ne se disjoindraient que si la pression du ressort était trop faible. Or, pour parer à cet inconvénient, on trouverait le remède dans les organes mêmes de l'instrument : l'équerre *E*, étant suspendue à une lame élastique *l*, est susceptible de se déplacer ; vers le bas elle forme un plan incliné qui s'appuie contre la pointe d'une vis *v*. En serrant ou en desserrant cette vis, on augmente ou l'on diminue à volonté, mais très peu à la fois, la pres-

sion exercée par le ressort r . De tout quoi il résulte que pour éviter les crachements il suffirait de serrer, tant soit peu, la vis, et que celle-ci devrait être un peu lâchée si l'on remarquait que la voix était faible et sourde.

Cette combinaison est très ingénieuse et fait que le système Blake représente un instrument touchant de près à la perfection, bien entendu lorsque toutes les pièces sont parfaitement réglées. Mais il va de soi que ce réglage est très délicat et n'est pas à la portée du premier venu. Aussi les compagnies propriétaires ont-elles soin de fermer la boîte à clef de crainte que des abonnés, plus entreprenants qu'habiles, ne viennent à déranger les instruments en voulant les régler. Lorsque la communication devient difficile par suite d'un défaut de réglage, l'intervention d'un spécialiste est nécessaire. Ajoutons que le Blake subit un peu le sort de tous les instruments de précision, lorsque ceux-ci ne sont pas placés dans un milieu convenable : sous l'action de fortes trépidations ou d'autres causes physiques extérieures il se dérègle parfois de lui-même, surtout si la vis a acquis trop de jeu dans son écrou.

C'est dire que, malgré tout, la perfection est difficile à atteindre et, qu'à côté de sérieux avantages, le Blake n'est pas exempt de certains inconvénients. Toutefois, on peut dire qu'en général ce système donne de très

bons résultats, si, bien entendu, l'on veut s'imposer l'obligation de l'entourer de quelques soins.

26. Système Berliner. — Grande simplicité, absence complète de réglage, insensibilité aux actions physiques extérieures, telles sont les qualités dominantes de ce système. Étant un peu moins sensible, moins impressionnable que le Blake, le timbre de la voix n'est peut-être pas transmis avec autant de pureté, mais, par un usage prolongé, nous avons constaté que, comme sonorité et comme clarté, il peut être placé au rang des sys-

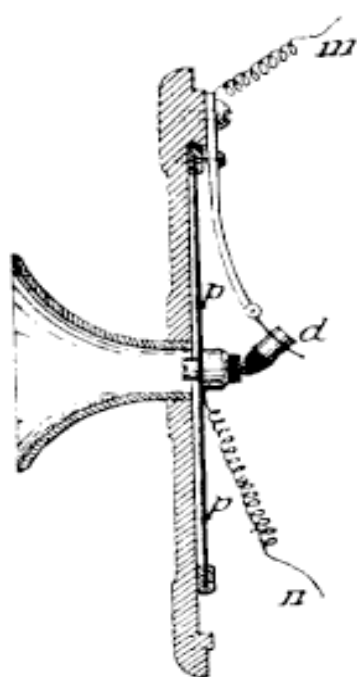


Fig. 9.

tèmes les plus estimés. De plus, il a l'avantage d'être très stable. Par la nature de mes fonctions au service des télégraphes j'ai été amené à observer le fonctionnement journalier de plusieurs appareils pendant plus d'un an et je dois dire que, jusqu'ici, il ne s'est produit aucun dérangement appréciable au système microphonique proprement dit.

L'ensemble de l'instrument figure une petite boîte circulaire en ébène d'un diamètre de 10 centimètres environ, présentant au milieu une ouverture à laquelle

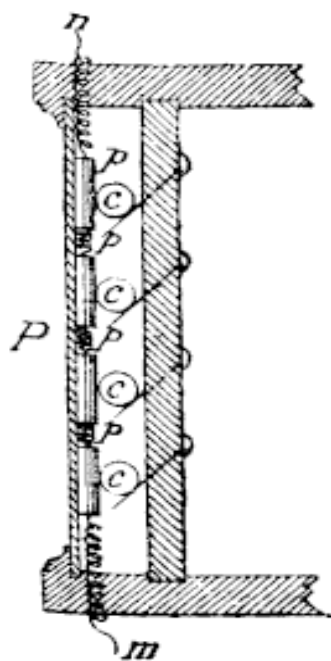
se trouve adaptée une embouchure. Au centre de la plaque vibrante *pp* est fixée une pastille de charbon sur laquelle repose librement, et par son propre poids, un doigt en graphite *d* suspendu à une petite lame articulée. Ce doigt, façonné en forme sphérique, ne s'appuie sur la pastille de charbon que par un point de contact unique qui ferme le circuit primaire aboutissant, par les fils *m* et *n*, d'un côté au doigt *d* et de l'autre au charbon par l'intermédiaire de la plaque vibrante.

Lorsqu'on parle devant l'embouchure, les vibrations de la plaque modifient la pression au point de contact des deux pièces. De même que dans les autres systèmes, les variations de résistance du circuit primaire qui résultent de ces différences de pression, alternativement en plus et en moins, donnent naissance dans le circuit secondaire aux courants induits qui actionnent le téléphone récepteur.

Comme nous l'avons dit plus haut, le système Berliner est très stable et ne comporte aucun réglage. Il est bon toutefois de passer de temps en temps une feuille de papier entre les pièces de contact, afin d'enlever les dépôts nuisibles qui pourraient s'être formés par un effet de combustion dû à l'emploi de piles trop fortes. Ces dépôts peuvent augmenter la résistance électrique au point de contact, et, en tous cas, la netteté des ondulations s'en trouve altérée.

27. Système Dejongh. — Dans ces derniers temps il nous a été donné de faire l'essai d'un nouveau microphone imaginé par M. Dejongh, attaché à l'administration des télégraphes belges. Cet appareil n'a encore été décrit, pensons-nous, dans aucune publication, bien qu'il se distingue par les qualités les plus sérieuses.

La figure 10 donne un aperçu de ce système. L'en-



semble de l'appareil représente une boîte rectangulaire de $0^m,16 \times 0^m,10$. Comme dans le système Ader, la plaque vibrante est constituée par une mince planchette de sapin, mais ici elle est placée verticalement, ce qui peut être considéré comme un premier avantage : la personne qui parle, n'étant pas obligée de se tenir courbée, éprouve moins de fatigue.

A l'envers de la planchette se trou-

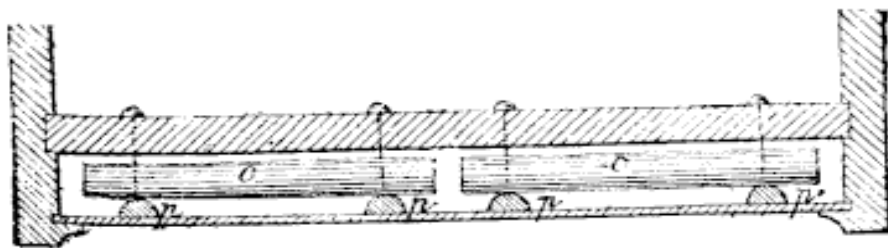


Fig. 10.

vent fixées, dans le sens vertical, quatre rangées de petites pastilles en charbon de

forme bombée. De minces goupilles — on pourrait dire de simples épingles — traversent obliquement un massif en bois, suivant un angle de 20° , et supportent librement des cylindres de charbon, à surfaces soigneusement polies, qui viennent reposer latéralement par leurs extrémités contre un couple de pastilles.

La multiplicité des points de contact étant très favorable à la netteté de la voix, en même temps qu'elle permet l'emploi de fortes piles, M. Dejongh a fait construire ses appareils à seize cylindres de charbon disposés en deux rangées de huit. Chaque cylindre relie entre elles deux pastilles, ce qui porte à trente-deux le nombre de points de contact intervenant dans le circuit primaire *mn* du microphone.

En établissant différemment les liaisons entre les pastilles, on peut, à volonté, grouper les cylindres en tension ou en quantité. D'après les expériences qu'il a faites, M. Dejongh croit qu'en général on obtient les résultats les plus favorables en disposant en quantité quatre séries de quatre charbons reliés en tension. Cet arrangement se concilie très bien avec l'emploi de quatre éléments Leclanché, réunis par leurs pôles contraires.

Par la disposition particulière des charbons qui, dirigés dans le sens angulaire par les goupilles, ne

s'appuient que d'une faible partie de leur poids contre les pastilles, M. Dejongh a cherché surtout à obtenir une grande légèreté de contact, de manière à rendre son système microphonique impressionnable aux moindres vibrations imprimées à la plaque.

Nous pouvons affirmer que cet objectif a été parfaitement réalisé en ce sens qu'au point de vue de la sensibilité, l'appareil peut rivaliser avec tous ceux que nous avons expérimentés jusqu'à ce jour. D'un autre côté, nous avons constaté qu'il supporte les éclats de voix lancés le plus près possible de la plaque sans donner lieu au moindre crachement.

Dans la description du microphone Ader nous avons expliqué comment, par la force d'inertie des cylindres de charbon, s'accroissent les variations de contact aux points de suspension. Bien qu'il semble y avoir une certaine analogie entre les deux systèmes, nous croyons que ces explications ne sauraient s'appliquer à l'appareil Dejongh.

On peut considérer que c'est à l'état de repos de la plaque que les contacts, en raison même de leur légèreté, offrent le plus de résistance au passage du courant dans le circuit primaire. Lorsqu'en vibrant la plaque fait un mouvement vers l'intérieur de la boîte, les pastilles pressent plus fortement les cylindres qu'elles

tendent à faire reculer; mais ce mouvement de recul se trouve empêché à cause du plan incliné formé par la direction donnée aux goupilles. En raison de cette pression, le contact entre les pastilles et les cylindres est mieux établi et la résistance électrique se trouve diminuée notablement. Lorsque la plaque revient vers sa position de repos — qu'elle dépasse peut-être un peu, — la pression cesse brusquement et la conductibilité aux points de contact est moindre qu'à l'état d'immobilité de la plaque. Ces brusques variations de résistance donnent lieu dans le circuit primaire à des ondulations de courant fortement accentuées qui, à leur tour, engendrent des courants induits alternatifs dans le circuit secondaire.

Les expériences que nous avons pu faire personnellement au moyen de l'appareil Dejongh ont donné les résultats les plus satisfaisants. Quelle que fût l'intensité de la voix, elle conservait toute sa pureté de timbre. Les chuchotements se percevaient avec tous les détails de l'articulation.

En nous servant d'appareils employés pour la téléphonie intra-urbaine nous avons pu correspondre facilement à une distance de 200 kilomètres. La pile se composait de quatre éléments; en la diminuant graduellement, à titre d'essai, jusqu'à un seul élément,

nous avons constaté que la voix, quoique très faible, était encore assez intelligible.

Comme dernier mot, nous dirons que l'appareil Dejongh est d'une grande simplicité de construction, ce qui ne peut être qu'avantageux au point de vue du prix de revient.

28. OBSERVATIONS GÉNÉRALES. — Lorsqu'on parle d'une voix ordinaire devant un microphone, il convient de ne pas trop se rapprocher de la plaque, afin de ne pas augmenter outre mesure l'amplitude des vibrations et de ne pas provoquer des crachements. Le même effet se produirait, en se tenant à une distance convenable, si l'on forçait la voix.

Il est bien vrai qu'en parlant très haut et de très près la voix arrive plus puissante et plus sonore à l'oreille de l'auditeur; mais il est à remarquer que, toujours, ce que l'on gagne en sonorité on le perd en netteté. Cela se comprend aisément : bien que les mouvements vibratoires soient plus étendus, la vitesse relative des vibrations reste la même; les ondulations de la plaque, tout en étant plus accentuées, sont moins bien détachées dans leur succession et se confondent facilement. Dans ces conditions, outre les crachements qui sont à craindre, la voie perçue à l'arrivée est diffuse et le timbre s'en trouve dénaturé.

La puissance de la voix transmise diminue nécessairement en raison de la distance à laquelle la personne qui parle se trouve placée de l'appareil ; mais l'expérience démontre que les systèmes décrits plus haut transmettent convenablement la parole énoncée à voix haute à 2 ou 3 mètres de la plaque.

Un microphone bien conditionné se prête parfaitement à la voix basse et même au chuchotement ; mais dans ce cas il convient de se placer tout près de la plaque. En général, on peut considérer une dizaine de centimètres comme étant la distance la mieux proportionnée pour correspondre dans les limites d'un réseau téléphonique local.

Dans tous les cas, si l'on veut que les consonnes soient transmises correctement, il est nécessaire de bien articuler les syllabes sans toutefois y mettre de l'exagération.

Quand l'interlocuteur ne comprend pas bien, on réussit parfois à améliorer le fonctionnement du microphone en tambourinant légèrement avec les doigts sur la plaque. De cette façon on fait disparaître les matières poussiéreuses qui peuvent s'être interposées entre les points de contact, et, lorsque les pièces tendent à adhérer, on les rend plus libres.

Nous avons observé que, même avec le microphone

le mieux conditionné, il peut y avoir confusion dans l'audition des syllabes, par suite de la similitude de sons à laquelle donnent lieu certaines consonnes. Cela ne se remarque pas lorsqu'il s'agit d'une conversation familière traitant de sujets parfaitement connus des deux interlocuteurs; mais dans les dictées, par exemple, on est exposé à commettre les erreurs les plus bizarres si l'on ne prend certaines précautions. Ainsi, il y a peu ou pas de différence entre les lettres *b*, *g*, *p* et *v*, *f* et *s*, *d* et *t*, *l*, *m* et *n*: on confondrait aisément *essai* et *effet*, *base*, *page*, *gare* et *gaz*, *Messine* et *Lessines*, *piège* et *siège*, *Lierre* et *Liège*, *Hal* et *Ath*, *gant* et *ban*, *poids* et *bois*, *suif* et *juif*, *droits*, *crois* et *trois*, *passez* et *cassez*, *pains* et *bains*, *apurer* et *assurer*, *fuit* et *suit*, *peau* et *beau*, *mes prix*, *les prix* et *débris*, etc., etc. C'est surtout dans la dictée des chiffres qu'il faut se mettre en garde contre ces consonnances semblables: on pourrait difficilement distinguer à l'audition entre les nombres 6 et 10, 66 et 70, etc. Afin d'éviter des erreurs qui, dans les relations d'affaires, peuvent avoir de graves conséquences, il est prudent de collationner les nombres en les énonçant sous une forme différente; on dirait, par exemple: 6 ou 2 fois 3, 10 ou 2 fois 5, 66 ou 2 fois 33 ou 65 plus 1, 70 ou 2 fois 35 ou 69 plus 1 ou septante.

En Belgique, dans toutes les localités où se trouve

établi un réseau téléphonique, le bureau télégraphique le plus important est relié par plusieurs fils au bureau central des téléphones. Les abonnés ont la faculté de transmettre, sans augmentation de taxe, leurs télégrammes par téléphone au bureau télégraphique, qui les traite comme s'ils étaient déposés aux guichets d'acceptation. La taxe télégraphique est perçue ultérieurement à l'appui d'un relevé mentionnant les télégrammes. Si les abonnés désirent recevoir par téléphone les correspondances télégraphiques arrivant à leur adresse, il leur suffit d'en faire la demande écrite au percepteur des télégraphes dirigeant le bureau raccordé au réseau téléphonique.

Bien que les statistiques aient démontré que les erreurs commises ont été très rares et sans importance, on comprend que les agents du télégraphe doivent s'entourer de beaucoup de précautions : ils sont étrangers aux sujets traités dans les télégrammes que les abonnés leur transmettent, et la forme généralement abrégée des textes en rend la compréhension plus difficile.

Comme moyen préventif, en vue d'éviter les confusions entre les syllabes, l'administration des télégraphes met à la disposition de ses bureaux et des abonnés au téléphone un petit tableau conventionnel dans lequel

les lettres de l'alphabet se trouvent numérotées ; en cas de doute entre les lettres *f* et *s*, par exemple, le télégraphiste demande s'il s'agit de la sixième ou de la dix-neuvième lettre de l'alphabet. Ce tableau peut servir également pour la dictée des nombres : les chiffres 6 et 10 correspondent respectivement aux lettres *f* et *j*.

Ce que nous venons de mentionner se rapporte particulièrement aux moyens et précautions à employer pour obtenir une transmission nette et fidèle de la parole. Il nous reste à dire quelques mots de l'action électrique.

Ainsi que nous l'avons vu, toute installation microphonique comporte une bobine à deux fils (fig. 5) enroulés parallèlement, dont l'un forme le circuit primaire ou inducteur et l'autre le circuit secondaire ou induit. C'est dans le circuit primaire que se trouvent intercalés et la pile et le système microphonique dont les variations de résistance ont pour effet de provoquer les ondulations de courant et, partant, les courants d'induction dans le circuit secondaire correspondant au téléphone récepteur.

Il est reconnu que les variations de résistance produites par le microphone sont très minimes. Rappelons que l'effet induit sera d'autant plus intense que les variations auront été plus grandes. Pour obtenir ce maximum d'effet on doit tendre nécessairement à

réduire dans les moindres proportions la résistance du circuit primaire. En effet, supposons d'abord par exagération que cette résistance corresponde à 1,000 unités et qu'elle passe à 1,001 unités chaque fois qu'une vibration du microphone altérera l'adhérence aux points de contact ; comme variation ce sera peu de chose. Mais si la résistance normale du circuit primaire n'est que de 10 unités et qu'il survienne des altérations de contact qui portent cette résistance à 11 unités, alors la variation et le changement d'état seront beaucoup plus sensibles, et, par conséquent, les ondulations du courant primaire, comme les courants induits dans le circuit secondaire, se feront plus vivement sentir.

Les inventeurs et constructeurs se sont donc appliqués à donner au circuit primaire le moins de résistance possible. Il importe de veiller à ce que cette résistance ne puisse être augmentée par des causes accidentelles. Les extrémités des fils aboutissant aux bornes d'attache des appareils ou de la pile doivent être parfaitement propres ; il est utile de les gratter avec soin afin d'enlever, des surfaces métalliques, toute trace d'oxyde. Les bornes doivent être toujours serrées à fond, de telle façon que l'extrémité de la vis presse fortement le fil. Un fil mal attaché, des surfaces de contact imparfaitement décapées, une borne mal serrée sont autant de

causes qui peuvent augmenter énormément la résistance électrique et diminuer dans de fortes proportions l'intensité de la voix transmise.

La pile doit aussi fixer l'attention. C'est généralement le système Leclanché qui est employé. Faisons-en une rapide description : Une plaque de charbon placée au centre d'un vase poreux est entourée d'un tassement de peroxyde de manganèse mélangé de grains de charbon. Le tout est recouvert d'une couche de cire ou d'une autre matière qui empêche le contenu du vase de se répandre à l'extérieur. La plaque de charbon forme le pôle positif de l'élément. Le pôle négatif est constitué par une forte baguette de zinc plongeant, jusqu'à mi-hauteur, dans de l'eau saturée de sel ammoniac (chlorhydrate d'ammoniaque).

Le niveau du liquide doit être toujours maintenu à la moitié de la hauteur du zinc ; alimenter, au besoin, avec de l'eau de pluie. Enlever les efflorescences salines qui se déposent sur le bocal en verre, sur le vase poreux ou sur le zinc.

Par l'action chimique, la partie plongée du zinc est rongée et se transforme. Lorsque la consommation est à peu près complète, il faut couper la baguette et plonger dans le liquide la moitié qui n'a pas encore servi. En même temps il convient de renouveler la dose de sel

ammoniac (100 grammes). D'ailleurs, l'absence de sel se remarque facilement par l'aspect laiteux que prend le liquide.

Il arrive fréquemment, pour ne pas dire toujours, que le zinc se recouvre, à sa partie plongée, d'une croûte blanchâtre et dure. Il est nécessaire d'enlever ce dépôt en grattant la baguette jusqu'à ce que le métal se montre à nu.

Répétons qu'on ne saurait entourer de trop de soins les points d'attache des fils, au charbon et au zinc. Les dépôts salins autour des vis doivent être particulièrement évités.

Dans les descriptions des systèmes microphoniques (24) nous avons vu que le circuit primaire est coupé du moment où l'on suspend le téléphone à son crochet et que faute de cette précaution la pile agit d'une façon permanente et sans effet utile. Dans ces conditions, indépendamment de la consommation en pure perte des matières en présence, le courant de la pile faiblirait rapidement et il ne faudrait nullement s'étonner si la transmission par le microphone devenait momentanément difficile ou impossible. Il est à remarquer toutefois que, le plus souvent, en laissant reposer la pile pendant quelque temps, elle reprend insensiblement son énergie normale.

Lorsque la pile se compose de deux ou trois éléments, on relie généralement ceux-ci *en tension*, c'est-à-dire que le pôle positif du premier élément est relié au pôle négatif du second et ainsi de suite. Mais, dans la plupart des installations microphoniques, il vaut mieux relier les éléments *en quantité*, en réunissant entre eux tous les pôles positifs et tous les pôles négatifs. On fait aboutir les fils de liaison du microphone respectivement aux deux groupements de pôles. Par cette disposition on diminue la résistance intérieure de la pile dans de notables proportions.

TÉLÉPHONIE A GRANDE DISTANCE.

Nous abordons ici l'objet principal de cette notice.

Au moment où nous écrivons ces lignes, l'Administration belge met la dernière main à l'installation du système de téléphonie à grande distance de notre compatriote, M. F. Van Rysselberghe.

C'est ce système que nous allons essayer de décrire dans son application pratique. Mais, comme toute invention a son histoire, qu'il nous soit permis, tout d'abord, de rappeler par quelles circonstances M. Van Rysselberghe a été amené à s'occuper de téléphonie, alors que ses recherches scientifiques étaient tournées d'un tout autre côté.

C'était en 1881. Il venait de mettre son télé-météorographe en service entre l'Observatoire de Bruxelles et le poste météorologique d'Ostende. Distance : 122 kilomètres. Bien que le fonctionnement simultané et synchronique des deux appareils en relation fût strictement automatique, il était nécessaire, surtout dans les commencements, que l'on pût, d'un poste à l'autre, s'entendre sur des questions se rattachant au réglage du

synchronisme, de l'action électrique, etc.: que l'on pût enfin mettre à profit les intervalles de repos du télé-météorographe pour se communiquer mutuellement les observations faites de part et d'autre. Rien n'était plus facile que d'établir les contacts de telle façon que la ligne fût mise alternativement, et à point nommé, en communication avec l'enregistreur météorologique et avec un appareil Morse.

Ce fut là la première idée de M. Van Rysselberghe. Il se mit en devoir d'étudier les signaux Morse; mais le métier de télégraphiste n'eut pas l'heur de lui plaire: l'apprentissage lui parut fastidieux et ne marchait pas au gré de son tempérament nerveux. C'est alors qu'il songea au téléphone, qui, à cette époque, faisait beaucoup parler de lui, à l'occasion de perfectionnements qui avaient permis de correspondre à des distances relativement éloignées.

Une des compagnies les plus réputées, à laquelle M. Van Rysselberghe s'était adressé, lui garantissait la possibilité de correspondre par la parole de Bruxelles à Ostende. Les appareils furent installés; mais les résultats obtenus ne répondirent pas aux promesses faites par le fournisseur. La voix parvenait trop faiblement; c'était à peine si, de temps en temps, l'on réussissait à saisir une parole. D'un autre côté, comme

le fil reliant les deux postes empruntait les mêmes poteaux que les fils télégraphiques de la ligne de l'ouest, le téléphone se trouvait impressionné par les effets d'induction provenant des courants qui, sans cesse, parcouraient les fils voisins. C'était un mélomelo de signaux Morse et Hughes, qui se faisaient entendre avec un bruit tellement intense, et si agaçant, qu'il devenait insupportable lorsqu'on tenait le téléphone à l'oreille pendant quelque temps.

La déception était d'autant plus fâcheuse que l'Administration de l'Observatoire avait acquis un outillage téléphonique non seulement pour la ligne d'Ostende, mais encore pour deux autres fils qu'elle possédait vers Anvers et Arlon, fils qui se trouvaient également accrochés aux poteaux télégraphiques. Quant au fournisseur, il reconnaissait que le voisinage des fils télégraphiques devait rendre impossible la communication par téléphone, mais il déclinait toute responsabilité en s'appuyant sur cet argument, assez juste, que l'acquéreur ne lui avait nullement fait connaître que les fils à desservir étaient placés dans des conditions aussi fâcheuses pour la téléphonie.

M. Van Rysselberghe, se trouvant en présence d'une dépense assez élevée et absolument improductive, en fut fort désappointé, mais il dut s'incliner. Il ne

perdit pas son temps en récriminations inutiles, et, dès ce moment, il résolut de faire tout ce qui était en son pouvoir pour vaincre les difficultés auxquelles il venait de se heurter.

Le problème à résoudre était double : il fallait chercher :

1° A renforcer la voix de manière à pouvoir correspondre aisément lorsque les lignes télégraphiques étaient silencieuses, pendant la nuit, par exemple;

2° A éteindre les bruits d'induction pour pouvoir correspondre, même lorsque les lignes télégraphiques étaient en pleine activité.

Le premier point fut résolu en peu de temps. Ainsi que nous l'avons déjà expliqué, pour obtenir des onduations de courant très accentuées, il importe de réduire, autant qu'il est pratiquement possible, la résistance du circuit primaire de la bobine à double fil (fig. 5) qui intervient dans toute installation microphonique. C'est l'objectif que poursuivit M. Van Rysselberghe. Il avait à opérer sur le microphone Ader (fig. 7); le courant, pour se diriger de *m* vers *n*, passe *successivement* par deux séries de cinq charbons suspendus aux traverses de support *a*, *b*, *c*. On diminuerait la résistance de cette portion du circuit primaire en groupant les charbons *en quantité*, autrement dit, en combinant

les liaisons de telle façon que le courant se transportât de m vers n en passant *simultanément* dans les dix crayons. M. Van Rysselberghe eut recours à ce moyen si simple, en faisant aboutir une des extrémités du circuit primaire — m , par exemple — au support b (fig. 7) et en reliant le fil n aux deux autres supports a et c .

Dans certains appareils il avait disposé les charbons en jantes de roue, en reliant les deux fils m et n respectivement au support central et à un cercle métallique sur lesquels étaient fixés les dix petits supports extrêmes.

Cela fait, il restait à réduire la résistance de la pile, tout en conservant une force électro-motrice suffisante. Le microphone Ader, tel qu'il est disposé à la figure 7, réclamait l'emploi de trois éléments Leclanché reliés en tension et présentant une résistance moyenne de 20 à 30 unités. M. Van Rysselberghe eut l'heureuse idée de remplacer la pile Leclanché par un accumulateur Faure dont la résistance intérieure équivalait à peine à $1/600$ d'unité, et dont la force électro-motrice représentait amplement celle de deux éléments Leclanché.

Les résultats de ces combinaisons furent surprenants. Lorsque les lignes télégraphiques étaient silencieuses, la conversation entre Bruxelles et Ostende était possible à voix basse ; et, en élevant la voix, elle se transmettait

avec une intensité suffisante pour dominer les bruits d'induction aux heures de la journée où l'échange des télégrammes sur les fils voisins était le plus actif. Disons cependant que pour ne pas être incommodé par ces bruits, fort désagréables en tous cas, l'auditeur devait avoir l'oreille bien exercée, et devait posséder une certaine habitude de la correspondance par téléphone. Au point de vue pratique, ce n'était qu'une demi-solution dont on ne pouvait se contenter pour une application au service public.

Il fallait absolument trouver le moyen d'annihiler les effets d'induction.

Parvenir à converser distinctement à 122 kilomètres était un progrès sérieux que M. Van Rysselberghe a été l'un des premiers à réaliser et qui s'est affirmé d'une façon encore bien plus éclatante lorsque, en mai 1882, on a fait une expérience par un fil de Bruxelles à Paris de 5^{mm} de diamètre et d'une longueur de 320 kilomètres. Les interlocuteurs se comprenaient bien, et, malgré la forte charge électrique que comportait la masse métallique que le courant avait à traverser, le timbre de la voix avait conservé toute sa pureté, à tel point que l'on reconnaissait facilement la personne qui parlait.

Ces expériences et celles qui ont été faites dans ces

deux dernières années en d'autres pays démontrent d'une façon péremptoire que le microphone et le téléphone combinés transportent la voix à des distances assez longues pour permettre les relations de vive voix d'une ville à l'autre.

Ce fait étant acquis, il ne restait plus, pour l'organisation de ce nouveau service public, qu'à relier les villes entre elles par un nombre de conducteurs qui fût en rapport avec l'importance du trafic ; mais là était précisément la grosse question. L'établissement d'un réseau spécial constituait une dépense énorme ; pour assurer l'intérêt et l'amortissement du capital engagé il aurait fallu recourir à des taxes élevées. C'eût été une cause d'insuccès : sauf dans les cas exceptionnels, le public se serait contenté du télégraphe, et, en somme, quels qu'eussent été les tarifs adoptés, ils n'auraient pas été rémunérateurs.

L'idée d'un réseau spécial devait donc être écartée ; d'ailleurs les moyens d'exécution auraient, en maints endroits, présenté des difficultés au point de vue du tracé des lignes. La nécessité de se tenir éloigné des fils télégraphiques, pour se mettre à l'abri des effets d'induction, aurait interdit à l'exploitant de se servir des lignes de chemin de fer pour la pose de ses fils télépho-

niques, et l'aurait obligé à passer par les chaussées et même en plein champ.

Ce n'est pas tout : dans le cas de plusieurs fils téléphoniques simples accrochés aux mêmes poteaux, on aurait eu à combattre l'*induction téléphonique* qui présente l'inconvénient de transporter la voix d'un fil sur l'autre, surtout si la ligne est longue. Nous aurons à revenir sur cette question : mais disons dès maintenant que l'induction téléphonique ne peut être annihilée que par l'emploi d'un fil double pour chaque communication.

Le système de M. Van Rysselberghe résout toutes ces difficultés : non seulement il permet l'emploi des fils télégraphiques pour la correspondance téléphonique, mais encore il offre l'avantage précieux de pouvoir utiliser un même fil, simultanément, pour la télégraphie et la téléphonie sans que l'un service soit incommodé par l'autre.

Après avoir réussi, par les combinaisons citées plus haut, à augmenter la puissance de la voix, toutes les recherches de l'inventeur se sont concentrées vers la solution de la seconde partie du problème : éteindre les bruits d'induction sur les lignes télégraphiques. Disons tout de suite qu'il a réussi au delà de ses propres espérances, et cela par des moyens relativement simples.

Pour ne pas nous répéter, nous renverrons le lecteur aux explications que nous avons données dans la première partie de cette notice (1). Nous avons vu que l'effet d'induction entre deux fils voisins était notablement amoindri et pouvait même devenir imperceptible si l'émission du courant primaire s'opérait, non pas brusquement, mais graduellement, progressivement. C'est sur ce principe que repose tout le système de M. Van Rysselberghe. Il a fait en sorte que l'intensité des courants circulant sur les lignes télégraphiques fût graduelle au début et à la fin des émissions. Cette graduation peut-elle nuire au fonctionnement des appareils télégraphiques et à la régularité des signaux transmis ? L'expérience acquise nous permet d'affirmer qu'il n'en est rien : nous le démontrerons plus loin en nous appuyant sur des faits. Mais, pour le moment, il importe que, tout d'abord, nous expliquions le procédé auquel l'inventeur s'est arrêté, sans même nous attarder à rendre compte des phases de ses recherches, quelque intéressantes qu'elles soient.

Pour obtenir son effet de graduation, M. Van Rysselberghe fait passer le courant télégraphique à travers un simple électro-aimant, c'est-à-dire une bobine au centre de laquelle se trouve placé un barreau de fer doux. Pour que l'effet soit complet il convient que le fil de

cuivre enroulé sur la bobine offre une résistance minimum de 1,000 ohms ⁽¹⁾.

Lorsqu'un électro-aimant, atteignant cette résistance, est intercalé sur le fil reliant la pile au manipulateur, l'effet d'induction produit par le *courant transmis* ne se perçoit plus que très faiblement sur les fils voisins. Mais, en admettant même que les deux postes télégraphiques soient ainsi armés contre l'induction, il est à remarquer que cette disposition ne détruit pas l'effet produit, à l'arrivée, par le *courant reçu*. Il convient donc de pourvoir à ce second effet. Disons cependant que le courant reçu occasionne bien moins de bruit que le courant de départ. A l'arrivée un électro-aimant graduateur de 500 ohms suffit.

Pour combattre les deux effets, tout en restant dans la proportion de 1,000 unités pour le courant de départ et de 500 pour le courant d'arrivée, l'inventeur a disposé les graduateurs comme il est indiqué en E^1 et E^2 (fig. 11).

On voit que le courant de départ traverse successivement les graduateurs E^1 et E^2 , soit 1,000 unités, et que

(1) *Ohm* est le terme conventionnel adopté pour l'unité de résistance. 1 ohm équivaut à peu près à la résistance de 100 mètres de fil de fer de 4 millimètres de section (6).

le courant d'arrivée ne traverse que E^2 , soit 500 unités.

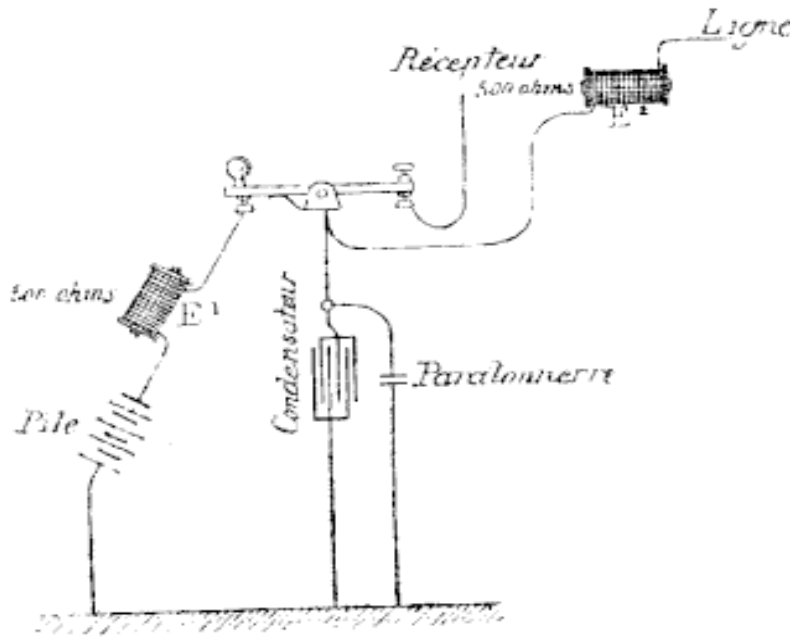


Fig. 11.

Comment se fait-il que par l'interposition de ces bobines l'intensité du courant soit graduée au début de l'émission? Le lecteur trouvera une réponse détaillée à cette question en se reportant au n° 9 de la première partie.

Mais nous voyons dans la figure 11 autre chose que deux électro-aimants. Un condensateur et un paratonnerre sont reliés au manipulateur en dérivation avec la ligne.

Voyons l'objet de ces instruments. Nous savons que tout changement d'état donne lieu à un effet d'induction. Les électro-aimants graduateurs sont là pour

empêcher que le changement d'état du fil de ligne ne s'opère brusquement. On remarque que par ce moyen le téléphone n'accuse aucun bruit au début de l'émission du courant; mais, au moment où le manipulateur cesse l'émission du courant, on perçoit un faible bruit. A quelle cause doit-on attribuer cet effet? Encore une fois à un changement d'état brusque. Pendant que le manipulateur opère son mouvement de bascule vers sa position de repos, il y a un court instant pendant lequel la ligne se trouve isolée de toute liaison vers la pile et vers la terre, attendu que le levier ne touche ni au contact d'avant ni au contact d'arrière. C'est ce qui provoque l'effet induit sur le fil voisin. Pour combattre cet effet et obtenir le silence complet il fallait empêcher cet état d'isolement. Ce rôle est rempli par le condensateur.

Nous analyserons cet effet d'une façon pratique comme les autres; mais, avant tout, nous croyons utile de donner quelques explications sur l'action et sur la forme des condensateurs, d'autant plus que nous rencontrerons cet instrument, intervenant comme organe principal, dans le système de téléphonie et télégraphie simultanées par un même fil.

Examinons d'abord ce que l'on entend par *courant de charge et de décharge*.

Supposons une immense sphère métallique posée sur des supports en verre, et, par conséquent, très bien isolée de tout contact avec la terre. Relions cette sphère à un manipulateur auquel aboutit une pile. Si nous abaissons le manipulateur, la pile communiquera son électricité à la sphère. Il s'est donc produit un mouvement électrique, un courant; mais comme la sphère est isolée, elle conserve l'électricité reçue de la pile; il arrivera donc un moment où tout mouvement électrique cessera, c'est quand la sphère sera complètement chargée, sera arrivée à une *tension électrique* égale à celle de la pile, c'est-à-dire quand la *force expansive* de l'électricité accumulée sur la sphère fera équilibre à cette même force agissant aux pôles de la pile. Ce mouvement électrique instantané est le *courant de charge*. La durée de ce courant, autrement dit la quantité d'électricité qui se porte vers la sphère, est proportionnelle à l'étendue de la masse métallique et de la tension de la pile.

Si, après avoir été complètement chargée, la sphère est mise en communication avec la terre, elle perd immédiatement toute son électricité, elle se décharge, et le second mouvement électrique se désigne par l'expression *courant de décharge* ou *de retour*.

Ces phénomènes s'observent sur un fil télégraphique,

surtout lorsqu'il est très étendu. En somme, on peut dire que ce fil représente une masse métallique isolée puisqu'il est suspendu à des isolateurs en porcelaine. Si, en même temps, le fil est isolé de toute communication avec la terre au poste en relation, il se trouvera dans les mêmes conditions que la sphère citée plus haut comme exemple, et, en se servant d'instruments assez sensibles au départ, on observera très bien les courants de charge et de décharge.

Disons, en passant, qu'on a à tenir compte de ces phénomènes lorsque l'extrémité du fil est reliée normalement à la terre. En réalité, le courant ne produit son effet maximum à l'arrivée qu'après que le conducteur a eu le temps de se charger, de même qu'un gaz, lancé dans un tube, n'atteint sa pression normale à la sortie du tube que quand celui-ci est complètement rempli.

Revenons à la figure 11. Si à l'axe du manipulateur se trouvait reliée une masse métallique isolée, qu'arriverait-il lorsqu'on abaisse la clef? Le courant chargerait cette masse en même temps qu'il se rendrait sur la ligne; notons que cette charge s'opérerait pendant le premier instant de l'émission et que le courant, en suivant une progression graduelle, se rendrait bientôt en totalité sur la ligne; dès lors tout mouvement électrique vers la masse métallique cesserait. Mais il n'en est pas

moins vrai qu'il se serait formé ainsi un *réservoir d'électricité* en communication avec la ligne.

Lorsque, en soulevant le manipulateur, on rompra toute liaison avec la pile, l'électricité accumulée dans le réservoir tendra aussitôt à s'échapper; mais par où? par la ligne nécessairement, puisque c'est la seule issue qui lui soit offerte pendant le mouvement de bascule du manipulateur. Quel en sera le résultat? Le réservoir, agissant comme un générateur d'électricité, continuera, vers la ligne, l'action de la pile. Pour faire en sorte que l'action supplétive se prolonge au moins pendant le temps qu'il faut au manipulateur pour atteindre le contact de repos, il suffit de donner au réservoir un volume suffisant afin qu'il puisse emmagasiner la quantité voulue d'électricité.

Nous venons d'expliquer l'effet à obtenir; nous avons cité l'emploi d'une masse métallique isolée, reliée en dérivation avec la ligne, et faisant office de réservoir, comme un exemple familier qui fera comprendre le rôle du condensateur dont la disposition rudimentaire est indiquée par la figure 12.

Nous avons dit plus haut que la quantité d'électricité que reçoit une masse métallique isolée est proportionnelle à la surface ou au volume de cette masse. Le condensateur est un instrument qui est susceptible

de recevoir, d'emmagasiner une grande quantité d'électricité sur des surfaces métalliques relativement minimes. Voici comment :

pp (fig. 12) est une mince feuille isolante en verre, gomme-laque ou papier paraffiné. C'est cette dernière matière qui est généralement employée. M et N sont deux plaques métalliques ; l'une peut être mise en communication avec la pile P , l'autre est reliée à la terre.

Si j'établis le contact en m , n , je sais que le courant

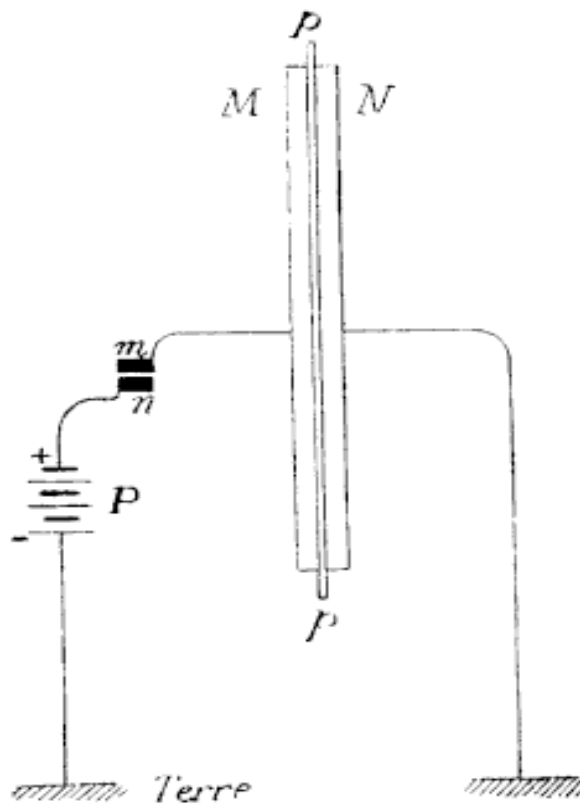


Fig. 12.

de la pile P ne se rendra pas en terre par la plaque N et le fil qui y aboutit, puisque j'ai supposé que la feuille p était parfaitement isolante ; cependant, si j'intercalais un galvanomètre de part et d'autre sur les deux fils de liaison, j'observerais absolument le même effet que si le courant traversait la feuille isolante ; mais cet effet ne durerait qu'un instant ; bientôt les aiguilles des gal-

vanomètres reviendraient au zéro.

Que s'est-il passé ?

Pour plus de simplicité nous adopterons pour cette explication l'hypothèse des deux électricités, positive et négative, dont la combinaison forme du fluide neutre. Nous admettons donc que la terre est un vaste corps chargé d'électricité à l'état neutre. La plaque *N* qui y est reliée se trouvera nécessairement dans le même état électrique. Supposons que le contact *n* soit relié au pôle positif de la pile *P*. Dès qu'on établit le contact en *mn* la plaque *M* se charge d'électricité positive ; celle-ci décompose le fluide neutre de la terre et soutire en quelque sorte de l'électricité négative qui est attirée à la surface de la feuille isolante. Ces deux électricités agissent l'une sur l'autre par attraction et restent en présence à l'état latent ; elles ne sauraient se combiner, mais elles se maintiennent en présence.

On comprend que, dès ce moment, la plaque *M* est susceptible de recevoir une nouvelle quantité d'électricité positive qui, à son tour, attire à la surface opposée de la feuille isolante une quantité équivalente de fluide négatif. Le phénomène se poursuit jusqu'à une certaine limite qui est proportionnelle à l'étendue des plaques conductrices, à leur rapprochement et à la tension de la pile. Mais il n'en est pas moins constant, qu'en employant une disposition comme celle indiquée dans la figure 12,

on obtient un vrai condensateur d'électricité, puisque la plaque M acquiert la propriété de se charger d'une quantité d'électricité bien plus grande que ne le comporte sa surface.

Dès que le condensateur est chargé, le mouvement électrique cesse de part et d'autre. Si l'on rompt le contact en mn , tout reste dans le même état, sauf que, peu à peu, la plaque M perd son électricité : elle se décharge par l'air ambiant, qui est toujours plus ou moins conducteur. Il va de soi qu'un phénomène analogue se produit en N où il se reforme du fluide neutre.

Si, immédiatement après la liaison avec la pile, la pièce m est mise en communication avec la terre, on admet généralement que la décharge s'opère en un instant. Mais, en réalité, cela n'est pas rigoureusement exact. En effet, ce que nous avons pu observer dans la pratique nous amène à croire que le condensateur, en se déchargeant, se comporte comme un générateur d'électricité qui *s'épuise* graduellement. Ceci est d'ailleurs assez vraisemblable puisqu'il est reconnu que l'électricité condensée n'est pas répandue sur les plaques métalliques, mais se trouve accumulée, à l'état statique, sur la surface isolante et pénètre même jusqu'à un certain point dans le diélectrique qui, par ce fait, en absorbe une partie. Cette partie absorbée ne s'échappe

que lentement, et c'est ainsi que s'explique l'effet gradateur du condensateur dans le système de M. Van Rysselberghe.

L'extinction complète des bruits d'induction ne pouvait être obtenue, en aucun cas, par les électro-aimants graduateurs seuls. Nous avons vu que le condensateur, tel qu'il est relié dans la figure 11, *continuait* l'action de la pile pendant le mouvement de bascule de la clef Morse. C'est un grand point, mais il y a plus : que les électro-aimants graduateurs agissent, à l'égard du courant se rendant sur la ligne, comme un frein au début du mouvement électrique, on le conçoit aisément puisque une partie de l'énergie est momentanément absorbée par le travail d'aimantation du noyau, et que l'action inductive de celui-ci est de sens contraire au courant qui provoque cette aimantation. Mais, au moment où le noyau de fer doux revient à son état primitif, il donne naissance à l'*extra courant* qui est de même sens que le courant de la pile et qui, par conséquent, ne saurait produire aucun effet gradateur. Donc les électro-aimants interviennent pour la graduation du courant *au début* de l'émission, mais ils n'empêchent pas le changement d'état brusque, et, par conséquent, l'effet induit au moment où l'émission cesse.

Or, pour éteindre complètement les bruits d'induction, il fallait arriver à ce double résultat que l'action électrique d'un courant transmis par un appareil télégraphique fût graduée tant à la fin qu'au début de l'émission. Il est vrai que le condensateur contribue, tant soit peu, à graduer l'action électrique au début : mais ce n'est pas là son rôle principal. En agissant comme un générateur d'électricité à la suite de la pile, il s'épuise graduellement et, ainsi, l'action électrique requise pour former un signal télégraphique ne cesse pas brusquement et, partant, ne donne pas lieu à un effet induit perceptible. D'ailleurs, le simple examen de la disposition des appareils et de la liaison des fils nous indique que, grâce au condensateur, l'action électrique doit cesser graduellement. La décharge du condensateur se fait nécessairement vers la ligne aussi longtemps que dure le mouvement de bascule du manipulateur. Mais, au moment où la clef atteint son contact de repos, le condensateur n'est pas complètement déchargé, et, dès lors, ce qui reste de l'électricité emmagasinée s'écoule en partie vers la terre au poste transmetteur, et en partie vers la ligne ; encore une fois, l'action électrique sur la ligne suit une marche décroissante avant de cesser complètement.

Il résulte donc des explications que nous venons de donner au sujet du dispositif adopté par M. Van Ryselberghe, et indiqué, en diagramme, par la figure 11, qu'en appliquant ce dispositif à tous les appareils télégraphiques fonctionnant sur une ligne, on peut correspondre par téléphone en employant un fil quelconque de cette ligne, sans être incommodé le moins du monde par les effets d'induction des fils voisins. En réalité, cet effet d'induction n'est pas supprimé, mais il est devenu imperceptible parce que, sous l'action graduelle des courants télégraphiques, au début et à la fin des émissions, *la plaque du téléphone, si elle est impressionnée, fléchit, mais ne vibre pas, donc ne donne pas lieu à un bruit.*

Cela est si vrai que si l'on intercale un téléphone sur un fil relié en dérivation, en un point quelconque de la ligne vers la terre, on n'entend pas les signaux télégraphiques transmis par le poste en relation, bien qu'il soit évident que le courant traverse le téléphone pour se rendre à la terre. Dès qu'on supprime le système anti-inducteur le bruit devient tellement intense qu'on peut à peine supporter l'instrument à l'oreille, soit que l'action électrique se produise directement ou par induction.

Donc, en pratique, on peut reconnaître si un fil est

convenablement armé pour la téléphonie, en reliant un téléphone d'un côté à ce fil et de l'autre à la terre pendant la transmission de signaux conventionnels.

L'expérience démontre que pour obtenir l'extinction complète des bruits d'induction, quelle que soit la longueur de la ligne, le condensateur doit avoir une capacité de 2 micro-farads. En aucun cas cette capacité — qui est considérée comme un maximum — n'a dû être dépassée.

Les condensateurs fournis à l'administration des Télégraphes belges par la maison Mourlon et C^{ie} ont la forme de boîtes rectangulaires en fonte de 282^{mm} de longueur, 165^{mm} de largeur et 46^{mm} de hauteur. Les surfaces métalliques sont constituées par deux séries de feuilles d'étain séparées par du papier paraffiné. Le tout forme une couche d'environ 800 feuilles métalliques et d'autant de feuilles de papier, fortement pressées, on le comprend, puisque l'ensemble n'atteint qu'une épaisseur de 46^{mm}.

En expliquant (fig. 12) le principe du condensateur nous avons dit que l'électricité s'accumule sur les deux faces de la couche isolante et pénètre même en partie dans la matière employée comme diélectrique. Les deux électricités, maintenues à distance, se neutralisent comme effet sans pouvoir se combiner. Toutefois, comme

elles agissent mutuellement par attraction, elles tendent à se précipiter l'une vers l'autre en formant une étincelle. C'est ce qui arriverait si le condensateur était soumis à un courant de très haute tension; la couche isolante serait percée en un endroit quelconque entre deux plaques, et le condensateur devrait être mis hors de service. On ne pourrait, pour éviter cet inconvénient, songer à augmenter l'épaisseur de la couche isolante, puisque, dès ce moment, on affaiblirait le pouvoir condensateur de l'instrument. On a donc intérêt à faire usage de feuilles isolantes aussi minces que possible, tout en veillant à ce que leur surface soit parfaitement homogène et débarrassée de toute matière étrangère qui pourrait les rendre plus ou moins conductrices.

Il convient donc de vérifier soigneusement les condensateurs avant leur emploi. Pour les mettre à l'épreuve on les soumet à l'action d'une pile de 300 à 400 volts. Ils ne sont acceptés par l'Administration belge que s'ils résistent à cette tension. Cette garantie peut être considérée comme suffisante, attendu qu'en télégraphie on n'emploie, en aucun cas, des courants produits par des forces électro-motrices aussi puissantes.

Notons cependant que tout danger n'est pas écarté : puisque les condensateurs se trouvent directement en

communication avec la ligne, ils peuvent être atteints par les décharges atmosphériques en temps d'orage. Il est donc indispensable de les protéger, et c'est là l'objet du paratonnerre (fig. 11) auquel nous nous arrêterons un instant, attendu que le système est tout spécial.

Dans nos bureaux télégraphiques on n'emploie guère que le paratonnerre formé de deux plaques métalliques reliées respectivement à la ligne et à la terre, et entre lesquelles se trouve interposée une mince feuille de papier. C'est le système le plus simple et le plus stable, et, en somme, il remplit très bien son office. Mais il aurait été inefficace pour protéger le condensateur, puisque celui-ci est lui-même constitué par des plaques métalliques séparées par une feuille de papier excessivement mince. On comprend qu'à côté de cela un paratonnerre ordinaire ne pouvait agir comme dérivatif, et il est évident que tout courant d'une tension suffisante pour percer une feuille de papier aurait cherché sa voie par le condensateur plutôt que par le paratonnerre prétendûment appelé à le protéger.

M. Van Rysselberghe a donc dû avoir recours pour ses condensateurs à un système de protection beaucoup plus sensible que ceux usités jusqu'ici. Il a parfaitement réussi en employant comme paratonnerre deux disques de cuivre, d'un diamètre de 58^{mm}, serrés l'un

contre l'autre au moyen d'un écrou, mais maintenus à distance par l'interposition d'une mince rondelle de papier, découpée à jour en forme de roue. C'est, en somme, toujours l'application du système de deux surfaces métalliques qui, tout en étant très rapprochées, sont séparées par une matière isolante. Il est à remarquer qu'ici cette matière est représentée par une couche d'air de l'épaisseur d'une feuille de papier. Et puisque, entre ces deux plaques, il s'opère le même phénomène que dans le condensateur, on peut dire que pour protéger un condensateur, on offre au courant un autre condensateur plus sensible que celui à protéger. Comme préservatif, cette disposition est d'une efficacité remarquable.

Avant que le courant ait acquis une tension suffisante pour percer une feuille de papier, il s'est déjà frayé un chemin à travers la couche d'air du paratonnerre qui offre bien moins de résistance.

Notons que le transport d'électricité d'une plaque à l'autre ne saurait s'opérer que par une étincelle, qui donne lieu à une combustion du métal. Il en résulte un résidu métallique qui, le plus souvent, suffit pour établir une liaison entre les deux plaques. Il va de soi que, dès ce moment, les deux postes en relation se trouvent dans l'impossibilité de correspondre, puisque

tout courant transmis par le manipulateur ou venant de la ligne doit nécessairement se perdre en terre.

Nous avons remarqué, qu'au début, ce paratonnerre a été accueilli avec une certaine défiance par les télégraphistes qui, en se basant sur l'observation des dérangements provoqués par les paratonnerres à feuille de papier, se figuraient que le papier livrait passage au courant dès qu'il présentait le moindre petit trou; maintenant qu'on leur offrait un système dans lequel le papier était découpé à jour, ils se demandaient, naturellement, si ces larges ouvertures ne permettraient pas au courant de se perdre en terre. Le raisonnement était faux. L'erreur provenait de ce qu'on perdait de vue un point essentiel, à savoir que quand le papier est percé par une décharge électrique, le transport du fluide donne lieu à une étincelle qui laisse dans l'ouverture un résidu métallique dont le dépôt met les deux plaques conductrices en communication. En réalité, le papier pourrait être criblé de milliers de trous que ceux-ci n'occasionneraient pas la moindre perte de courant, dès qu'ils ne seraient pas le résultat d'une décharge électrique.

Lorsque le paratonnerre donne lieu à une dérivation, on ne s'y trompe pas. Tous les postes Morse, dans nos bureaux télégraphiques, sont pourvus d'un système de

boussole à sonnerie qui se trouve intercalé dans le circuit de la ligne au delà du paratonnerre (planche I). Par le déplacement d'une manette de contact, on dirige à volonté le courant de la ligne vers l'électro-aimant de la sonnerie ou vers l'appareil Morse, manipulateur et récepteur. Dans ce dernier cas le courant agit sur l'aiguille aimantée de la boussole. Lorsque le paratonnerre livre passage au courant vers la terre, on le reconnaît par les indices suivants, avec lesquels les télégraphistes sont bientôt familiarisés : la boussole n'accuse plus le passage du courant au départ, mais l'aiguille dévie fortement sous l'action du courant d'arrivée. La sonnerie y obéit aussi, mais quand on déplace la manette, on n'en observe pas de traces dans le récepteur. Dès ce moment il devient nécessaire de vérifier le paratonnerre. Cette vérification se fait en un instant ; le plus souvent il suffit de desserrer un peu l'écrou de pression pour empêcher la communication entre les deux plaques. S'il en est ainsi, on peut être certain qu'il s'est formé entre celles-ci un résidu métallique qu'il s'agit d'enlever au plus tôt. Ce résidu est rarement visible à l'œil nu, mais il n'en est pas moins vrai que, toujours, il suffit de nettoyer les plaques, en les frottant, pour faire cesser le dérangement.

Ce serait une erreur grave de croire qu'on a tout fait

lorsqu'on a empêché la dérivation en diminuant la pression de l'écrou. Il est vrai qu'en desserrant les plaques on s'est mis à l'abri du dérangement, mais, en même temps, on a affaibli l'action préservatrice du paratonnerre par rapport au condensateur.

Nous avons vu aussi des télégraphistes remplacer le papier découpé par une rondelle pleine. C'est ce qu'on peut appeler une hérésie; autant vaudrait supprimer entièrement le paratonnerre, puisque, dans ces conditions, le condensateur offrirait bien moins de résistance que son préservateur au passage du courant, et une forte décharge aurait inévitablement pour effet de percer la couche isolante.

Donc la règle stricte, dont on ne doit en aucun cas s'écarter, est que l'écrou du paratonnerre doit être toujours serré à fond, et que l'on doit s'interdire d'une façon absolue l'emploi de rondelles de papier non découpées à jour. D'ailleurs, l'expérience nous démontre que le système, ainsi traité, n'offre aucun inconvénient sérieux.

Maintenant que nous avons passé en revue et expliqué tous les points touchant la disposition du système anti-inducteur représenté par la figure 11, il nous reste à examiner en détail l'application pratique de ce système aux installations des bureaux télégraphiques :

mais, avant tout, il importe que nous nous arrêtions quelque peu à la boussole à sonnerie. Nous en ferons la description et nous expliquerons comment on s'est mis à l'abri des effets d'induction auxquels donnait lieu le mouvement vibratoire des sonneries.

L'organisation du service télégraphique en Belgique exige que chaque poste Morse soit pourvu d'une sonnerie, qui est mise en communication avec la ligne dès que les correspondants n'ont plus de télégrammes à échanger. L'instrument dont tous les organes sont figurés à la planche I est combiné avec un système de boussole qui permet au télégraphiste de constater si son courant passe sur la ligne, et de faire quelques essais sommaires en cas de dérangement.

Pour les relations peu importantes, et notamment dans les bureaux intermédiaires, chaque poste Morse est pourvu de deux boussoles à sonnerie auxquelles aboutissent deux lignes différentes.

Les électro-aimants graduateurs et le condensateur étant installés en avant des sonneries, celles-ci n'étaient pas armées d'un système anti-inducteur, et il se faisait que, quand un poste était placé sur appel, les interruptions et contacts alternatifs du trembleur provoquaient des effets d'induction très intenses sur les fils voisins de la ligne. Il a donc fallu renoncer à maintenir la sonnerie

dans le circuit de la ligne, et l'on a eu recours à un petit relais qui, étant actionné par le courant du correspondant, ferme le circuit d'une pile locale qui, à son tour, agit sur la sonnerie.

Ce relais, combiné d'une façon très heureuse, mérite une description spéciale. Au centre d'une bobine, haute de 2 centimètres à peine, et d'un diamètre intérieur de 3,4^{mm}, se trouve suspendue librement, entre deux vis à pivots, une plaque de fer doux portant, verticalement, une mince palette de contact. Le tout est abrité par un couvercle en cuivre vissé sur le cadre de la bobine et surmonté d'une espèce de cheminée fermée au moyen d'une petite virole. La bobine est enveloppée d'un aimant de forme circulaire qui communique son magnétisme à la plaque de fer doux et la maintient dans une position horizontale, de telle façon que la petite palette de contact occupe, à l'état de repos, le milieu de l'espace compris entre les deux vis de contact traversant les parois de la petite cheminée. La pile locale aboutit à la plaque de fer doux et les vis de contact communiquent à la sonnerie.

Lorsqu'un courant traverse le fil de la bobine, la plaque polarisée s'incline vers la droite ou vers la gauche suivant le sens de l'action électrique, la palette vient se mettre en contact avec l'une des vis et la pile locale agit sur la sonnerie trembleuse, dont le fonction-

nement est, par ce fait, rendu indépendant du courant de la ligne.

Examinons maintenant la marche du courant dans le cas d'un poste Morse à deux directions tel que le représente la planche I.

Supposons un appel venant de la ligne 1 qui correspond à la boussole à sonnerie n° 1.

Le courant arrivant en L^1 se rend à la borne l et, de là, à la borne s par l'intermédiaire de la manette p et du contact m . De la borne s le courant est dirigé vers le relais 1, qu'il traverse pour se perdre en terre par la borne T .

Sous l'action du courant de la ligne 1, la plaque polarisée P dévie, sa palette de contact vient buter contre la vis v ou v^1 , et le circuit de la pile locale se trouve fermé. Celle-ci aboutit en P^1 ; son courant se rend du relais vers la borne r et complète son circuit vers la terre (borne l) par l'intermédiaire du marteau faisant office de trembleur et de l'électro-aimant AA .

Si pour répondre aux appels on veut mettre la ligne en communication avec l'appareil Morse, il suffit de déplacer la manette p de m en n , et, ainsi, l'on dirige le courant comme suit :

Le courant arrivant en l suit la manette p vers le contact n et traverse l'électro-aimant EE qui agit sur une aiguille aimantée placée à l'extérieur de l'appareil.

Si l'on peut se passer des indications de l'aiguille, on abaisse la manette d vers a ; de cette façon le courant est dérivé en dehors des bobines EE , dont la résistance est supprimée. De la borne a le courant se rend au récepteur Morse en passant par l'électro-aimant gradua-teur de ligne, la borne L^{bn} et le manipulateur. Notons qu'en passant il charge le condensateur, qui, après l'émission du courant, se décharge en partie par le récepteur et la ligne, ce qui est un bien au point de vue de l'induction, attendu que la décharge s'opère gra-duellement en continuant l'action électrique du courant venant de la ligne.

Rappelons, qu'arrivé au point o , le courant de la ligne peut se dériver vers le paratonnerre et se frayer, par là, un chemin vers la terre, dès qu'il acquiert une énergie suffisante pour donner naissance à une étin-celle entre les deux disques.

Remarquons aussi que chaque boussole est pourvue d'un petit paratonnerre ordinaire, à feuille de papier, qui protège très efficacement les bobines de l'instru-ment, sans toutefois être assez sensible pour préserver les condensateurs des décharges atmosphériques.

Il nous reste à examiner la marche du courant au départ :

La pile aboutit en P . Lorsque la clef du manipulateur

est abaissée, le courant, après avoir traversé l'électro-aimant graduateur de pile, se rend au manipulateur et de là à la borne L^{bn} ; il charge le condensateur et traverse l'électro-aimant graduateur de ligne. En admettant que la manette p de la boussole n° 1 soit tirée vers le contact n , le courant traversera l'électro-aimant EE (ou la dérivation) pour se rendre par n , p et l vers la borne L^1 et sur la ligne.

Il est entendu que s'il s'agit de correspondre par la ligne 2 au lieu de la ligne 1, tout se passera dans les mêmes conditions, sauf que, au delà du système graduateur, c'est la boussole à sonnerie n° 2 qui entrera en action, tandis que la ligne 1 restera placée sur appel.

Le dessin de la planche I indique aussi que le poste intermédiaire, ainsi installé, n'a qu'à placer en n les deux manettes des boussoles à sonnerie pour établir la communication directe entre les deux postes en relation; mais, dans ce cas, il convient d'isoler le récepteur, chose qui se fait en coupant le circuit au manipulateur par l'enlèvement d'un bouchon.

Pour l'installation d'un poste à une direction le système anti-inducteur est le même. Il n'y a de supprimé que la borne L^2 , une boussole à sonnerie et un petit relais.

Application du système anti-inducteur à l'appareil Hughes. — Ici le courant de départ, au lieu de se rendre directement du manipulateur à la ligne comme dans les installations Morse, passe par l'électro-aimant polarisé de l'appareil. Il semble donc que cet électro-aimant puisse faire l'office de graduateur; mais il y a lieu de remarquer, qu'aussitôt l'armature soulevée, le courant se dérive brusquement vers la ligne par le levier d'échappement. C'est à ce moment que se manifeste l'effet d'induction sur les fils voisins de la ligne.

Pourrait-on, au besoin, supprimer cette dérivation? Nous n'hésitons pas à répondre non. Tout système anti-inducteur à part, nous admettons volontiers que, le plus souvent, l'appareil Hughes peut fonctionner régulièrement sans cette dérivation; nous en avons fait maintes fois l'expérience sur les longues lignes. Mais il n'est pas moins vrai que toujours elle est utile, et que, dans certaines conditions, elle devient indispensable. Lorsque les points de dérivation sur la ligne sont réduits à leur minimum et que celle-ci offre, dès lors, une capacité électro-statique sensiblement proportionnelle à sa masse métallique, il va de soi que l'on doit mettre tout en œuvre pour activer, autant que possible, la décharge après chaque émission. Cela est vrai pour tous les appareils et surtout pour le Hughes, où les émissions se succèdent de très près.

Au surplus, pour ne pas nous attarder dans des dissertations abstraites, voici ce qui se produit lorsque, dans des conditions défavorables, on coupe la dérivation : au départ chaque émission donne lieu à deux signaux au lieu d'un ; la lettre *A*, par exemple, est suivie de la lettre *E* ou *F*. Pourquoi ? Parce que l'électro-aimant a été soumis à l'action du courant pendant toute la durée du contact entre le goujon et la lèvre du chariot, et qu'au moment où l'armature est ramenée contre les surfaces polaires, le magnétisme rémanent aidant, cette action subsiste encore en partie ; l'aimant n'a pas repris toute son énergie et sa force attractive est insuffisante pour dominer la force répulsive des ressorts de rappel. Les doubles lettres n'apparaissent toutefois que quand l'armature est réglée sensiblement, et l'on fait cesser le défaut en diminuant la tension des ressorts de rappel ; mais il n'est pas toujours permis de recourir à ce dernier moyen, attendu qu'en rendant l'armature moins sensible, il est à craindre qu'elle n'obéisse plus régulièrement au courant à l'arrivée, plus faible, en général, que le courant au départ. Le remède serait donc pire que le mal.

Y a-t-il dans ce cas avantage à faire renforcer la pile du correspondant ? Oui, lorsque, en temps de pluie, par exemple, la ligne offre de nombreux points de dériva-

tion ; non, lorsque, par un état d'isolement parfait, la durée de la charge et de la décharge est prolongée : car il est à noter que les inconvénients auxquels donnent lieu les phénomènes de charge et de décharge se manifestent particulièrement à la réception des signaux.

Au Hughes, la dérivation supprimée, on remarque ce qui suit sur les lignes qui, en raison de leur étendue, ont une grande capacité électro-statique : Après une combinaison de signaux, telle que *INS*, l'appareil *déraille* ; le signal suivant s'imprime en retard. Dans le mot *inscription*, par exemple, on reçoit *b* au lieu de *c*, et ainsi de suite pour les lettres suivantes. La ligne, ayant été fortement chargée par trois émissions successives très rapprochées, n'est pas encore complètement déchargée au moment où se transmet la lettre *c* ; le courant provenant de cette quatrième émission s'ajoute à ce qui reste des trois précédentes, et l'armature se soulève plus tôt que si elle n'avait été soumise qu'à l'action de la quatrième émission seule.

Comme nous l'avons dit plus haut, ces défauts ne se présentent pas en tous temps, lorsque la dérivation par l'armature est supprimée ; mais l'expérience nous a démontré que pour les faire cesser il suffit, en général, de rétablir cette dérivation. Notre raisonnement s'applique à l'appareil Hughes, abstraction faite de toute

intervention du système anti-inducteur, et, *a fortiori*, si, à la suite de l'électro-aimant, se trouve un condensateur branché entre la ligne et la terre, la dérivation acquiert dès ce moment une importance encore bien plus grande. Pour l'intelligence de nos explications, nous prierons le lecteur de jeter un coup d'œil sur le diagramme figuré à la planche II et représentant l'application du système anti-inducteur à l'appareil Hughes.

Au point de vue de la graduation du courant, tant au départ qu'à l'arrivée, tout se passe comme à l'appareil Morse; mais ici il y a certaines particularités à observer en ce qui concerne les conditions spéciales dans lesquelles se trouve placé l'électro-aimant polarisé. Examinons à part les deux cas de la transmission et de la réception des signaux.

Transmission. — Sous l'action mécanique d'un goujon soulevé, la palette p vient se mettre en contact avec la vis v reliée à la pile.

Le courant, en passant par l'électro-aimant graduateur E^1 , se rend sur la ligne après avoir parcouru l'électro-aimant polarisé A (1200 ohms) et le graduateur E^2 . En même temps il charge le condensateur C . Dès que l'armature se soulève et arrive au contact du levier d'échappement, la plus grande partie du courant

passé à la ligne par la dérivation. Nous ne disons pas la totalité du courant parce que, sur le fil de dérivation, se trouve intercalé, ainsi que l'indique la figure, un électro-aimant graduateur E^3 de 250 ohms.

On obtient ainsi le silence absolu sur les fils voisins, mais nous croyons qu'à la rigueur on pourrait se passer de cette dernière ressource à laquelle on n'a eu recours que par amour de la perfection. Au surplus, nous avons pu remarquer, sur certaines lignes, qu'en établissant la dérivation directe le téléphone ne s'en ressentait pas, et, en poussant nos expériences plus loin, nous avons été amenés à constater, qu'en interposant un électro-aimant de 250 ohms dans la dérivation, on pourrait très probablement réduire de moitié la résistance du graduateur de ligne E^2 sans qu'il en résultât le moindre inconvénient au point de vue de l'anti-induction.

Revenons maintenant au condensateur. Ici, comme dans les installations Morse, il emmagasine de l'électricité qu'il restitue à la ligne en continuant l'action de la pile pendant que la palette accomplit sa course, de la vis v à la vis v' (terre), pour se remettre à l'état de repos. Mais il est hors de doute que le condensateur n'est pas complètement déchargé au moment où la palette rétablit la liaison avec la terre. Il est donc clair que la décharge s'effectue en partie au poste transmetteur.

Étant donné qu'il s'agit ici d'un électro-aimant polarisé, qu'arriverait-il si la dérivation fonctionnait imparfaitement ou était coupée accidentellement ? La décharge électrique fournie par le condensateur, en agissant sur le système magnétique de l'appareil, aurait pour effet d'augmenter l'adhérence de l'armature après chaque signal transmis, et, par conséquent, de nuire à la sensibilité de l'appareil.

Nous répéterons donc que la dérivation par l'armature, loin de pouvoir être supprimée, acquiert une grande importance précisément en raison de l'existence du système anti-inducteur, et que cette partie du circuit réclame particulièrement l'attention et les soins des télégraphistes. C'est ainsi que l'interposition de l'électro-aimant E^3 a donné lieu à quelques hésitations ; on craignait qu'il ne retardât d'une façon appréciable la décharge de la ligne et du condensateur. Cependant il n'en est pas ainsi ; l'expérience l'a démontré surabondamment, et nous avons acquis la conviction qu'ici encore le télégraphe pouvait faire cette concession à son cadet le téléphone.

Au cours des expériences que nous avons été amené à tenter, en vue de l'appropriation des appareils et des lignes à la téléphonie, nous avons fait, au sujet de l'appareil Hughes, certaines observations que nous croyons

utile de résumer ici. Elles pourront servir de complément à certains chapitres de notre *Étude sur les dérangements de l'appareil Hughes* (Hayez, Bruxelles, 1881).

Dans les appareils à grande vitesse, il est évidemment utile de ne charger le conducteur que de la quantité d'électricité strictement nécessaire pour la production régulière du signal au poste récepteur, et de favoriser, par tous les moyens pratiques, la décharge de la ligne et des organes électriques du système, après la transmission du signal. Partant de ce principe, nous nous sommes demandé si la lèvre du chariot de l'appareil Hughes ne pourrait être réduite. Pour rechercher pratiquement la solution de cette question, nous avons relié entre eux deux appareils Hughes par un circuit de 650 kilomètres, obtenu par le bouclage de deux fils de 5^{mm} de diamètre de Bruxelles à Paris et retour.

En raison de la résistance et surtout de la forte charge que prend une masse métallique aussi considérable, on doit admettre, en théorie, que l'action électrique emploie un certain temps pour produire son effet utile au poste d'arrivée. Néanmoins nous avons pu constater que, quand on transmettait un signal, les deux armatures des appareils, récepteur et transmetteur, se soulevaient sensiblement en même temps, sans que le retard à l'arrivée pût être apprécié par les sens.

Un autre fait : en intercalant à Bruxelles sur un fil vers Paris un condensateur de 10 micro-farads nous avons pu correspondre par Hughes d'une façon assez satisfaisante. Le temps très court pendant lequel le condensateur se chargeait suffisait donc pour la production d'un signal correct à 325 kilomètres de distance. Il est par conséquent permis de conclure que l'armature au poste d'arrivée se soulève dès les premiers moments du contact entre la lèvre et le goujon, et que, par conséquent, une notable partie de l'émission s'opère en pure perte; bien plus, la quantité d'électricité transmise après que l'effet utile est produit devient nuisible, attendu qu'elle charge outre mesure le condensateur et les électro-aimants qui interviennent dans le circuit.

Remarquons, d'un autre côté, qu'en prolongeant inutilement la durée du contact de la lèvre, celle-ci reprend d'autant moins vite sa position de repos, et, par conséquent, le temps laissé à la ligne pour se décharger entre deux émissions rapprochées est d'autant plus court.

Il y a donc un intérêt sérieux à réduire la lèvre de contact autant que le permet la production correcte d'un signal à la plus longue distance qu'il soit actuellement possible d'atteindre par le Hughes sans interposition de relais. En Belgique, toutes les lèvres de nos

appareils ont été coupées: elles n'ont au maximum que 16^{mm}, et, encore, c'est pour donner large mesure. A titre d'épreuve nous avons réduit les surfaces de contact à 10^{mm} pour quelques-uns de nos appareils et personne ne s'en plaint. Ces appareils fonctionnent aussi bien vers Londres, par nos deux câbles, qu'avec le poste de la Bourse de Bruxelles distant de 1500 mètres environ du bureau central.

Toujours pour favoriser la décharge complète du condensateur et de la ligne dans l'espace de temps compris entre deux émissions très rapprochées, nous avons aussi porté notre attention sur le levier d'échappement. La forme de la came en croissant qui commande ce levier a une grande importance. Il importe que l'armature soit ramenée et maintenue contre les surfaces polaires de l'électro-aimant pendant un temps assez long pour que l'adhérence s'accomplisse parfaitement, même avec un réglage très sensible. On atteint le meilleur résultat en calibrant la came de telle façon que l'armature commence à être pressée contre les surfaces polaires dès que l'extrémité du levier a dépassé le milieu du croissant, et que cette action ne cesse que lorsque le taquet du cliquet est tout près d'atteindre la partie courbe du levier, pour se remettre en place contre l'encoche.

Ces conditions peuvent être facilement réalisées en donnant à la courbe du croissant, vers son extrémité, une forme un peu plus rebondie. De cette façon, le parfait contact entre l'armature et le levier est assuré pendant un temps plus long, et la dérivation offerte au courant en dehors de l'électro-aimant donne plus de garantie. Si, en même temps, la lèvre est réduite à des proportions raisonnables, on se trouve dans les conditions les plus favorables au point de vue de la décharge directe vers la terre, et les légers inconvénients qui pourraient résulter du système anti-inducteur ne sont plus à craindre.

Cette modification de forme que nous préconisons pour le croissant présente d'autres avantages que nous nous contenterons de résumer afin de ne pas trop nous écarter de notre sujet.

L'armature peut être réglée à son maximum de sensibilité et, s'il y a des tendances à magnétisme rémanent après le passage du courant dans les bobines, cet effet secondaire est déjà éteint au moment où le levier laisse sa liberté à l'armature.

Nous savons qu'à l'instant où l'armature est ramenée contre les surfaces polaires, la surexcitation magnétique qui en résulte donne naissance à un courant induit qui produit le même effet que le courant de la pile. Le

ressort isolé appuyant contre la came correctrice pourvoit à cet inconvénient ; mais il arrive que le ressort, par suite d'un isolement imparfait, ne remplit pas complètement son office et, alors, l'armature se soulève sans intervention de la pile. Nous avons constaté qu'on pouvait se dispenser de la ressource offerte par le ressort isolé, en faisant durer l'action mécanique du levier sur l'armature pendant assez longtemps pour que l'effet d'induction dont nous venons de parler ait pris fin au moment où l'armature est livrée à elle-même. Nous sommes donc porté à croire qu'il serait possible de supprimer le ressort isolé, et d'établir une liaison directe entre le chariot et l'électro-aimant. Ainsi il n'y aurait plus de rupture du circuit, et nous ne doutons pas qu'au point de vue téléphonique il en résulterait un avantage sérieux, attendu que ces isolements momentanés, à chaque révolution de l'axe imprimeur, provoquent dans le circuit un brusque changement d'état qui peut engendrer, sur la ligne, des effets induits, surtout si la dérivation par l'armature s'accomplit imparfaitement.

Indépendamment du diagramme, la planche II donne la disposition pratique adoptée par l'Administration belge pour l'application du système anti-inducteur à l'installation des appareils Hughes. Le condensateur et

les deux électro-aimants graduateurs sont renfermés dans une boîte, généralement accrochée à la muraille dans le voisinage de l'appareil. Le paratonnerre est fixé sur une face extérieure de la boîte.

Mais cette disposition n'est adoptée que pour les bureaux où fonctionnent un petit nombre d'appareils Hughes. Dans les postes importants les électro-aimants graduateurs de pile et de ligne sont groupés séparément, et à découvert, sur une planchette placée à un endroit bien accessible, et les condensateurs sont logés dans un petit meuble à rayons. Ceux-ci sont constitués par deux lames métalliques qui tiennent lieu de fils de liaison. En règle générale, il est bon d'éviter que les condensateurs ne soient soumis à des températures élevées qui pourraient avoir pour effet d'amollir la paraffine et de nuire ainsi au parfait isolement des surfaces métalliques.

En examinant le diagramme de la planche II on voit que si les plaques métalliques du condensateur ou du paratonnerre étaient en contact, elles livreraient passage au courant vers la terre, tant à l'arrivée qu'au départ.

Si la dérivation offre une certaine résistance, la perte de courant ne sera que partielle ; mais le défaut, étant moins caractérisé, n'en sera que moins visible, et pourra

échapper à l'attention des télégraphistes. Il importe donc, lorsque, avec persistance, les deux postes reçoivent mal, de vérifier les installations et de s'assurer si le système anti-inducteur n'est pas en cause.

Dans ces vérifications il convient de procéder avec méthode afin d'arriver à des conclusions certaines, sans perdre son temps en recherches inutiles. Voici la méthode qui nous paraît la plus rationnelle.

On coupe la ligne à la sortie du bureau, au commutateur, par exemple, et l'on transmet un signal à chaque tour de chariot. Bien que la ligne soit isolée, l'armature fonctionne sous l'action du courant de charge du condensateur. Celui-ci se décharge vers la terre après chaque émission par l'intermédiaire du chariot. Mais, en détachant le fil de terre de sa borne, à l'appareil Hughes, on coupe toute issue au mouvement électrique venant du condensateur qui, dès lors, ne saurait plus se décharger. Une seule émission ou deux au maximum doivent suffire pour charger complètement le condensateur, si, bien entendu, il est en ordre; on doit donc pouvoir imprimer une ou deux lettres, mais pas davantage, dès que le chariot se trouve isolé de la terre. S'il en est autrement, c'est-à-dire si l'armature obéit aux émissions suivantes, on acquiert la preuve qu'il existe, du côté du condensateur ou du paratonnerre, une dérivation permanente vers la terre.

Tout d'abord, il convient de desserrer la plaque du paratonnerre et de renouveler l'expérience. Suivant que le dérangement cesse ou persiste on se rend compte si c'est le paratonnerre ou le condensateur qui en est cause.

Pour retirer de cette vérification, qui réclame à peine une minute, toute l'efficacité désirable, il est nécessaire de régler au préalable l'armature à son maximum de sensibilité. En prenant une forte pile on reconnaît ainsi les moindres traces de dérivation.

Comme nous l'avons dit pour l'installation Morse, il suffit de nettoyer soigneusement les plaques du paratonnerre pour faire cesser tout contact par la simple interposition du papier découpé.

Si la vérification démontre que le condensateur est percé, il faut le faire remplacer. Si ce remplacement ne peut avoir lieu sur l'heure et si la dérivation est assez accentuée pour empêcher toute communication même avec un réglage sensible, il faut ou cesser le travail par Hughes ou couper la liaison entre le condensateur et la terre, sauf à nuire plus ou moins à l'audition téléphonique sur les fils voisins de la ligne, ou sur le fil même, si celui-ci est employé en même temps pour la téléphonie et la télégraphie; nous expliquerons plus loin ce système double.

La vérification du condensateur et du paratonnerre par l'appareil Hughes nous conduit à faire une autre expérience tout aussi simple et non moins utile : c'est la vérification de l'appareil Hughes par le condensateur.

Nous avons dit combien il est important pour la décharge de la ligne et du condensateur, après chaque émission, que la dérivation par l'armature s'accomplisse dans de bonnes conditions. Puisque la ligne est coupée et que c'est vers le condensateur seul que s'opère le mouvement électrique, nous allons pouvoir nous servir du condensateur comme instrument de vérification. Rattachons de nouveau le fil de terre à sa borne ; il nous sera permis de faire fonctionner l'armature à chaque émission ; mais encore faut-il que toutes ces émissions, quelque rapprochées qu'elles soient, trouvent le condensateur complètement déchargé au moment où elles se produisent. Pour que ce résultat soit obtenu, il faut que la décharge puisse s'accomplir promptement sans rencontrer de résistance, condition qui ne serait réalisée que si la dérivation par l'armature remplissait parfaitement son office. Pour s'en assurer, on transmet successivement des séries de « blanc *N* », puis « blanc *GNU* » et enfin « blanc *EJOT* ». En admettant que l'appareil déroule à 120 tours à la minute, cette dernière combinaison comporte des émissions se succédant à un inter-

valle de $\frac{1}{10}$ de seconde en moyenne. Le temps laissé à la décharge est donc excessivement court et l'on remarque que si la dérivation est défectueuse, c'est-à-dire si la décharge s'opère en partie à travers l'électro-aimant, il s'imprime non « blanc *EJOT* », mais « blanc *JT* ». Pour faire la contre-épreuve il suffit d'établir la dérivation en reliant le support de l'armature directement à l'interrupteur, et, tout aussitôt, on verra s'imprimer régulièrement la combinaison transmise.

Des électriciens, et parmi ceux-ci des savants faisant autorité, ont exprimé la crainte que le système anti-inducteur de M. Van Rysselberghe n'eût pour effet de ralentir l'action électrique, au point de rendre son application impossible aux appareils à grande vitesse.

Si cela était vrai, ce serait la condamnation du système. L'extension toujours croissante de la correspondance télégraphique, le développement des réseaux, le grand nombre de fils dont se trouvent chargés les poteaux des lignes aériennes, les frais énormes qu'entraîne l'entretien de ces lignes sont autant de causes qui déterminent actuellement les administrations à adopter des appareils à transmission rapide, de manière à obtenir un rendement plus grand des communications existantes.

La question méritait donc un examen des plus sérieux.

L'Administration belge n'y est pas restée indifférente. Durant la période expérimentale assez longue qui a précédé l'application du système Van Rysselberghe aux lignes télégraphiques, elle a tenu à s'entourer de toutes les précautions; elle ne s'est prononcée définitivement pour l'adoption qu'après un temps d'épreuve pendant lequel des expériences pratiques ont pu lui démontrer la parfaite innocuité du système au point de vue de la vitesse de transmission.

Citons à ce propos un passage d'un article publié dans le *Journal télégraphique* de Berne (n° 1 du 25 janvier 1884) par M. Banneux, Ingénieur en chef des télégraphes belges :

Nous avons à mentionner, pour terminer, l'objection formulée par M. W. Preece dans une note lue au meeting de Southampton de la British Association, en 1882 :
« Quel avantage y a-t-il à correspondre verbalement
» sur un fil au détriment de la communication télégra-
» phique? En Angleterre, la vitesse est tout, et nous
» éliminons toutes les influences qui retardent la
» vitesse; par conséquent, il ne peut être question
» d'électro-aimants et de condensateurs dans les cir-
» cuits télégraphiques; ils retardent la télégraphie. »

Si le Wheatstone automatique était en usage en Bel-

gique, nous eussions cherché à déterminer *in animâ vili* l'influence du dispositif anti-inducteur sur la rapidité du travail de cet appareil, après avoir eu soin d'augmenter la force électro-motrice afin de conserver au courant son intensité primitive. Mais nous ne doutons pas que les Administrations étrangères qui utilisent le *Rapide* — la Grande-Bretagne, la France, l'Italie, la Russie et la Suède — ne consentent à exécuter, sur leurs lignes, les expériences destinées à élucider pratiquement ce point, et à en publier les résultats, au bénéfice de la communauté, par la voie du *Journal télégraphique*. Quoi qu'il en soit, on a travaillé chez nous sur un fil de 241 kilomètres au moyen d'appareils Hughes réglés à 150 tours de chariot, sans que l'intercalation et la suppression alternatives d'un électro-aimant de 1000 ohms dans le circuit produisissent une fausse lettre ou un dérangement quelconque; on transmettait cependant les combinaisons classiques les plus compliquées. En outre, pendant environ deux mois, le bureau de Bruxelles (Nord) a fait le service avec Paris (320 kilomètres) à 145 tours, l'électro-graduateur étant alors inséré dans la dérivation des bobines du Hughes. Cette innocuité du système anti-inducteur s'étend évidemment à fortiori au travail par Morse.

La vitesse moyenne de l'appareil Hughes est de 120 tours à la minute. Les télégraphistes s'en tiennent volontiers à cette vitesse, un peu parce que l'allure de la transmission leur convient, un peu parce qu'en la dépassant ils augmentent les risques de dérangements, mécaniques et autres. Mais, chose à noter, depuis l'expérience pratique faite pendant deux mois avec Paris, les employés semblent avoir pris goût à une allure accélérée, et, actuellement, la vitesse moyenne adoptée pour les relations journalières avec Paris est de 140 tours à la minute produisant un rendement de 70 à 80 télégrammes à l'heure. Il se fait donc que loin d'avoir diminué la vitesse de transmission, nous l'avons augmentée notablement depuis l'introduction du système anti-inducteur.

J'ai tenu néanmoins pour ma part à pousser mes investigations plus loin afin de pouvoir fournir ici des éléments d'appréciation encore plus concluants.

Opérant sur un circuit de 650 kilomètres qui comprenait un fil de 5^{mm} de diamètre, de Bruxelles à Paris et retour, j'ai relié ainsi deux appareils Hughes placés côte à côte sous mes yeux. Je voulais m'assurer si le temps employé par le courant pour produire son effet utile à l'arrivée était appréciable.

Tout d'abord, pour régler le synchronisme entre les

deux appareils, je les ai reliés en court circuit, et je me suis servi d'une pile de vingt éléments. En supprimant les électro-aimants graduateurs et les condensateurs correspondant aux deux appareils, je me plaçais dans des conditions assez favorables pour ne pas devoir mettre en ligne de compte des phénomènes de charge ou des effets d'induction qui auraient pu retarder le soulèvement de l'armature de l'appareil récepteur.

Je pouvais donc considérer qu'au moment où je réglais le synchronisme entre les deux appareils l'action électrique était instantanée et que, partant, les deux armatures se soulevaient en même temps.

Tel était le point de comparaison, la donnée connue du problème. Il s'agissait de savoir si le courant d'une pile de 130 éléments traversant un fil de 650 kilomètres, armé du système anti-inducteur à ses deux extrémités, agirait encore avec assez d'instantanéité pour que l'appareil récepteur continuât à fournir des signaux corrects. S'il en était autrement, l'armature devait se soulever tardivement, et, à l'arrivée, il devait s'imprimer des lettres en avance (*B* au lieu de *A*).

Notons que, pour obtenir des données concluantes, il fallait laisser dérouler les deux appareils, sans rappel au blanc, au moment de la substitution du long au court circuit. C'est ce que je fis, et, ainsi, j'eus l'avantage

de pouvoir me servir de l'appareil Hughes comme chronographe pour me rendre compte du temps employé par le courant à produire son effet utile.

Les résultats obtenus furent des plus éloquents : après avoir opéré brusquement la substitution des circuits et des piles, je ne remarquai aucun désaccord entre les appareils; je ne dus rien modifier au réglage du synchronisme et, même en laissant passer des tours de chariot à vide, je n'eus à constater aucun déraillement à l'arrivée.

Cette expérience m'a fourni la démonstration péremptoire que si, en théorie, on doit admettre que les électroaimants graduateurs et les condensateurs retardent l'action électrique, cet effet est absolument imperceptible en pratique, même sur les appareils à transmission rapide.

Disons aussi que dans les systèmes, comme le Morse et le Wheatstone automatique, comportant des émissions de courant de durée variable, suivant le signal à produire, il n'y a guère à craindre que les signaux soient plus courts. En effet, si par suite de la charge du condensateur l'action électrique à l'arrivée est un peu retardée, il y a compensation à la fin de l'émission, puisque le condensateur restitue à la ligne la quantité de courant empruntée et prolonge l'action du courant de la pile.

Application du système anti-inducteur au « Duplex ». — Pour le travail en duplex par Hughes, l'Administration belge a adopté le système de M. Stearns, *méthode du pont*. Le diagramme et la disposition pratique des installations sont figurés à la planche III. Les petits commutateurs *A* et *B* permettent de rendre les deux appareils Hughes indépendants pour le travail en simple par des lignes différentes, ou de les relier en duplex en les faisant servir respectivement comme transmetteur et récepteur.

Nous croyons, qu'avant d'en arriver à l'application des appareils anti-inducteurs, un exposé sommaire du fonctionnement du système de transmission simultanée ne sera pas inutile.

Ainsi que le montre le diagramme, nous nous trouvons ici en présence d'un « pont de Wheatstone » dont les branches sont constituées d'un côté par *ab* et *ac*, de l'autre côté par la ligne *L*¹ et le rhéostat *R*. Sur les branches *ab* et *ac* sont intercalées les résistances *E* et *E'*.

Le Hughes récepteur *H* occupe le fil de jonction de *b* à *c*. Le Hughes transmetteur est relié à la tête du pont en *a*.

Dans la disposition adoptée par M. Stearns l'appareil transmetteur se trouve actionné par un courant local. Cette disposition nécessite l'emploi d'un manipulateur à double effet produisant à la fois une émission

distincte de la pile locale et de la pile de ligne. Il en résultait une certaine complication dans le réglage des contacts, inconvénient auquel venait s'ajouter celui de ne pouvoir utiliser l'appareil transmetteur pour le travail en simple.

Nous avons évité ce double inconvénient en empruntant une très faible partie de courant de la ligne, qui se dérive en terre au poste de départ à travers l'électro-aimant de l'appareil transmetteur et la bobine *D*, dont la résistance est à calculer d'après celle du circuit extérieur, y compris les deux ponts au départ et à l'arrivée.

Si l'on veut éviter cette perte minime de courant, il suffit de remplacer la bobine *D* par un condensateur de 2 micro-farads; le courant de charge suffit pour faire fonctionner parfaitement l'appareil transmetteur. Cette disposition nous a très bien réussi, et, n'était que le condensateur est un peu encombrant, nous préférons cette dérivation statique qui, pas plus que l'autre, ne nuit au fonctionnement général du duplex.

Examinons rapidement la marche et l'action du courant dans les trois cas qui peuvent se présenter dans les relations entre deux postes *X* et *Y*.

X transmet seul. — Le courant arrivant en *a* passe en partie vers la ligne par *ab* et en partie vers le rhéostat

et la terre par ac . Si la résistance du rhéostat est établie de telle façon que $E : L :: E' : R$, les tensions en b et en c seront égales, et aucun courant ne circulera dans le fil de jonction réunissant ces deux points.

X reçoit seul. — Le courant transmis par Y , dans les conditions indiquées ci-dessus, arrive de la ligne en b . Là, il se divise et se trouve dirigé partiellement en terre par le récepteur qu'il fait fonctionner et par la branche ba . Donc le récepteur n'est pas influencé par le courant de départ et n'obéit qu'au courant d'arrivée. C'est l'objectif à réaliser dans tout duplex, quel que soit le système employé.

X et Y transmettent simultanément. — Au point c le courant de départ agit seul, tandis qu'au point b le courant venant du poste Y s'ajoute à celui du poste X . Le potentiel en b l'emporte donc sur celui en c et un courant circule de b vers c , à travers le récepteur, avec la même intensité que si Y transmettait seul.

Il est entendu, en tous cas, que pour éviter que le courant de départ ne vienne ou neutraliser en partie ou renforcer l'action du courant d'arrivée, il faut absolument soustraire le récepteur à toute influence de ce premier courant, résultat que l'on obtient en maintenant parfaitement l'égalité des potentiels comme nous l'avons indiqué plus haut.

Mais revenons à la téléphonie.

Installé comme nous l'avons indiqué, le duplex provoque des bruits d'induction très intenses sur les fils voisins de la ligne. Pour combattre cette influence les moyens ordinaires appliqués au travail simple sont inopérants. D'ailleurs, l'expérience nous a démontré à l'évidence qu'une résistance intercalée sur le fil de pile réduit dans de très fortes proportions la quantité de courant agissant au poste d'arrivée. Il fallait donc chercher autre chose, et, à la suite d'expériences pratiques faites sur un circuit bouclé de Bruxelles à Anvers et retour, nous avons trouvé, de concert avec M. Van Rysselberghe, une solution qui satisfait à toutes les conditions de l'anti-induction, sans nuire, en aucune façon, au fonctionnement du duplex.

Partant de cette donnée que, pour annihiler les effets d'induction sur les lignes, il faut faire passer le courant de départ par un électro-aimant de 1,000 ohms, nous avons, tout d'abord, introduit cet organe anti-inducteur dans la branche *ab* en remplacement de la simple bobine qui se trouvait intercalée dans cette partie du circuit. Dès les premières expériences il nous fut démontré, qu'au point de vue téléphonique, nous avions pleinement réussi. Mais, question bien plus importante. le travail en duplex était devenu quasi-impossible.

Bien que la résistance du côté ac eût été mise en rapport avec les 1,000 ohms intercalés en ab et qu'un galvanomètre sensible substitué au récepteur indiquât l'égalité des potentiels en b et c , tout faisait supposer que le récepteur se trouvait influencé par le courant de départ.

Il ne nous fallut pas chercher bien loin pour trouver la cause de cet insuccès. Après avoir obtenu le zéro parfait au galvanomètre, lorsque nous mettions le pont sous l'action d'un courant continu, nous remarquons qu'en transmettant des signaux successifs, l'aiguille était soumise, chaque fois, à de petites déflexions brusques.

L'effet sur le récepteur se produisait donc, non pendant toute la durée de l'émission, mais très probablement au début et à la fin de l'émission. Était-ce un effet de charge ou d'induction? C'étaient peut-être l'un et l'autre.

Nous savons que l'électro-aimant anti-inducteur en graduant le courant prolonge un peu son *état variable* absolument comme si le conducteur mettait plus de temps à se charger; d'un autre côté l'*extra-courant* d'ouverture en ab étant renforcé à cause du noyau de l'électro-aimant intercalé dans cette branche du pont, il se fait, qu'à la fin de l'émission, la tension en b l'em-

porte pendant un instant sur la tension en c , si, bien entendu, en ac nous n'avons qu'une simple bobine.

Dès lors, la solution s'indiquait d'elle-même : pour se placer de part et d'autre dans les mêmes conditions, il suffisait de substituer à la bobine en ac un électro-aimant, en maintenant toujours la proportion voulue entre les résistances de E , E' et H .

Des essais faits dans ces conditions furent couronnés d'un plein succès ; le duplex marchait très bien, et, au point de vue de la téléphonie, l'action anti-inductrice sur la ligne était parfaite. Mais ici une nouvelle objection se présentait. La ligne étant soumise à des variations de résistance suivant l'état de l'atmosphère et le rhéostat devant être modifié en conséquence, il s'ensuit que l'intensité des courants circulant en ab et en ac n'est pas maintenue dans des proportions stables. Or, si ces proportions peuvent varier, la force magnétique des noyaux, et, par conséquent, l'effet induit n'agissent pas toujours de même. Afin de pourvoir à toutes les éventualités, nous avons rendu les noyaux mobiles de manière à pouvoir établir l'équilibre entre l'action inductive des deux électro-aimants. Pour cela il suffit d'agir sur l'un des deux, ce qui dispense l'opérateur de modifier celui intercalé en ab , le seul qui ait à jouer un rôle anti-inducteur pour la téléphonie.

On voit, d'après ce qui précède, que le réglage du duplex devient un peu plus compliqué par la substitution des électro-aimants aux bobines simples. Mais nous pouvons garantir, qu'en suivant une méthode rationnelle, cette complication n'augmente guère les difficultés. Pour ne pas tâtonner, il convient de procéder comme suit, sans jamais se départir de l'ordre des opérations :

1° Établir, de part et d'autre, le rhéostat à la résistance moyenne supposée ;

2° Placer le transmetteur sur contact pour l'envoi d'un courant continu. Modifier la résistance du rhéostat jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre, substitué au récepteur, soit revenue au zéro. Afin de réduire à minima les inexactitudes qui peuvent résulter de l'inertie de l'aiguille et des frottements au point de suspension, interrompre et rétablir alternativement, par des mouvements cadencés, le circuit entre *b* et *c*. De cette façon l'aiguille obéit fidèlement au moindre courant qui circule dans ce circuit ;

3° Lorsque, par cette manœuvre, on est parvenu à régler parfaitement les rapports des résistances, cesser l'envoi du courant continu, et transmettre un signal à chaque tour de chariot. Si l'aiguille se meut, c'est que l'action inductive des électro-aimants *E* et *E'* n'est pas

la même des deux côtés. Pour établir l'équilibre parfait, retirer doucement le noyau de l'électro-aimant E' jusqu'à ce que l'aiguille reste dans un état d'immobilité absolue. Dans la construction des électro-aimants, il convient de donner à E' une puissance inductive supérieure à celle de E , de telle façon qu'on ne doive jamais déplacer le noyau de E ;

4° Dès ce moment le bureau correspondant peut régler, à son tour, en suivant le même ordre dans les opérations.

Comme il importe beaucoup qu'on se rende compte, à titre de renseignement, de l'intensité du courant traversant le circuit bc , on laisse pendant un instant le galvanomètre intercalé dans ce circuit; mais, aussitôt qu'on a pu noter la déviation obtenue, on intercale de nouveau le Hughes récepteur, afin de se placer dans les conditions du travail pratique et de fournir au correspondant des données exactes pour l'évaluation de la résistance à attribuer à son rhéostat;

5° Dès qu'on s'aperçoit que le poste en relation a terminé son double réglage, on règle de part et d'autre le synchronisme entre les appareils correspondants. Au besoin les deux postes se transmettent successivement, et non simultanément, des blancs en vue de ce réglage;

6° On règle l'armature, et l'on en profite pour vérifier

pratiquement l'équilibre des potentiels. A cet effet le poste qui reçoit les *INT* s'abstient d'en transmettre simultanément jusqu'à ce que l'armature de son récepteur soit réglée à la sensibilité maxima, de telle façon qu'elle soit en état d'obéir au moindre courant provenant du transmetteur, ou, par dérivation, des fils voisins de la ligne. Pendant la réception des *INT*, on tend donc le ressort de rappel autant que faire se peut sans provoquer des signaux en trop.

Arrivé à ce point de sensibilité, on transmet des *INT* à son tour. Notons que si la résistance du rhéostat est trop forte le courant de départ passera de *c* vers *b*, et des signaux en trop viendront s'entre-mêler parmi ceux reçus du poste correspondant. Si cet effet ne se produit pas, il se peut que la résistance du rhéostat soit trop faible. On l'augmente alors graduellement et peu à la fois jusqu'à ce que des signaux en excès apparaissent sur la bande, et, tout aussitôt, on agit en sens contraire. On parvient ainsi à réaliser pratiquement des conditions équilibrées touchant à la perfection.

D'habitude les télégraphistes s'en rapportent exclusivement aux indications du galvanomètre. Cela suffit le plus souvent; mais le réglage d'après le fonctionnement du récepteur est une garantie de plus, et une garantie même très précieuse dont on aurait grand

tort de se priver, attendu que le galvanomètre ne saurait jamais fournir des données aussi certaines que le système magnétique du Hughes récepteur réglé à la sensibilité maxima. Notons que, par la combinaison « *blanc INT* », l'armature est soumise à des soulèvements successifs très rapprochés qui la mettent à l'abri de tout effet de polarisation magnétique et que, partant, la moindre action, dans un sens convenable, du courant de départ s'accuserait sur la bande par un signal en excès.

Que l'on ne s'effraie pas de ces longues explications : lorsqu'il y a entente entre les correspondants, toutes les opérations que nous venons d'énumérer peuvent s'effectuer facilement en deux minutes.

Le duplex, ainsi monté, fonctionne très bien, et remplit toutes les conditions requises au point de vue *de la correspondance téléphonique*.

Au point de vue des installations, nous croyons utile de donner quelques explications complémentaires concernant la planche III.

Les liaisons et les commutateurs doivent être disposés de telle façon que l'on puisse, à volonté, accoupler les deux appareils pour le travail en duplex, ou les rendre indépendants l'un de l'autre pour la correspondance simple par deux fils quelconques. Cela étant, certaines

combinaisons deviennent nécessaires en vue d'assurer le fonctionnement d'organes anti-inducteurs différents dans les deux cas, et cela sans que l'employé soit exposé à se tromper.

Pour plus de simplicité nous nous en rapporterons au diagramme.

Les fils L^1 , L^2 et L^3 aboutissent à trois lames distinctes du commutateur d'introduction des lignes.

Une ligne à desservir en duplex doit être reliée au fil L^1 qui est direct sans intervention d'aucun organe anti-inducteur. En reliant l'électro-aimant gradateur E'' en circuit direct, par l'introduction d'une fiche en n , on enlève la résistance intercalée sur le fil de pile — résistance qui serait très nuisible au travail en duplex, — et l'on ne fait agir que l'électro-aimant gradateur E qui, à lui seul, suffit pour assurer le silence absolu sur la ligne.

Lorsque les appareils sont disposés séparément pour le travail en simple, le système anti-inducteur appliqué au duplex est sans action. Il importe donc que, dans ces conditions, la ligne soit armée comme à l'ordinaire. C'est ce que l'on obtient en employant pour le travail simple les fils de raccordement L^2 et L^3 qui sont pourvus, en deçà du commutateur d'introduction, des organes anti-inducteurs représentés par la figure 11. Pour

faire agir le graduateur de pile E'' , il suffit d'enlever la fiche en n , et, comme la bobine F , qui intervenait dans l'installation du duplex pour faire équilibre à la résistance de la pile P' , n'est plus d'aucune utilité dans le travail en simple, la fiche se transpose de n en m .

Par ces diverses combinaisons, on se met à l'abri des distractions des employés du télégraphe, qui sont matériellement obligés d'opérer la substitution des organes anti-inducteurs, par le fait même qu'ils passent d'un procédé de travail à l'autre.

La disposition pratique figurée à la planche III est la reproduction fidèle du diagramme. On y trouvera les mêmes lettres indicatrices. Toutes les bobines et électro-aimants sont réunis dans une petite boîte fermée. Afin de permettre le réglage de l'action inductive de l'électro-aimant E' , une tige adaptée au noyau de fer doux se montre à l'extérieur de la boîte.

Application du système anti-inducteur aux translateurs. — Qu'est-ce qu'un translateur ? Un appareil à deux directions, composé dans chaque direction d'un relais comportant une armature, qui fait office de manipulateur, et d'un système magnétique agissant comme récepteur et actionnant l'armature chargée d'envoyer le courant local sur la ligne.

Un translateur représente donc deux postes Morse distincts. Pour satisfaire aux nécessités de la téléphonie, il faut que le courant reçu d'un des postes extrêmes et qui s'écoule en terre au poste intermédiaire, comme le courant local transmis par ce dernier à l'autre poste extrême, il faut, dis-je, que ces deux courants soient gradués par les procédés ordinaires. A cet effet on intercale un électro-aimant gradateur de 500 ohms sur les fils de pile aboutissant en p^1 et p^2 (planche IV, fig. 1 et 2) et un même électro-aimant sur les fils de ligne reliés respectivement aux armatures A et A' . De plus, pour compléter le système, on relie à chacune de ces armatures, en avant de l'électro-aimant gradateur de ligne, un condensateur qui, comme toujours, doit être protégé par un paratonnerre.

La figure 1 de la planche IV représente en diagramme un translateur pourvu du système anti-inducteur.

En pratique les deux condensateurs et les quatre électro-aimants gradateurs sont enfermés dans une boîte. A l'extérieur se montrent les deux paratonnerres. Le tout est représenté en détail par la figure 2.

Dans les deux figures on trouvera les mêmes lettres indicatrices.

Application du système anti-inducteur aux fils internationaux.

— Pour l'application du système de M. Van Rysselberghe il n'a pas suffi d'armer les fils du réseau intérieur, il a fallu, en outre, graduer les courants qui nous parviennent des pays voisins où le système n'est pas appliqué.

A cet effet on a intercalé sur les fils internationaux, au poste-frontière, un électro-aimant graduateur de 500 ohms, et l'on a relié en dérivation, vers l'étranger, un condensateur, de 2 micro-farads, protégé par un paratonnerre. Pour plus de précaution et, afin de protéger aussi le fil de la bobine, il est bon d'installer un second paratonnerre en avant de celle-ci, de telle façon que le système soit préservé des décharges atmosphériques qui se produiraient tant en deçà qu'au delà de la frontière. La disposition est indiquée à la planche IV, fig. 3 et 4.

La même disposition est applicable aux fils intérieurs lorsque, dans un pays, on veut n'approprier à la téléphonie que certaines lignes du réseau télégraphique, sans s'imposer la dépense d'armer, sur toute leur étendue, des fils qui quittent ces lignes à un endroit quelconque pour prendre une autre direction.

Afin de ne pas nous engager dans des dissertations abstraites, nous citerons un exemple : en Suisse, avant

d'appliquer le système Van Rysselberghe, d'une façon générale, à tout le réseau, l'Administration fédérale a voulu le mettre à l'épreuve sur la ligne de Lausanne à Genève, qui semblait offrir le plus de difficultés d'exécution.

A quelques kilomètres de Lausanne, se trouve un point de bifurcation d'où partent des fils allant de Genève vers Bâle et Zurich, et de Lausanne vers Neuchâtel. Il va de soi que, pour réduire ces fils au silence, il eût suffi de placer les appareils anti-inducteurs aux postes précités; mais, dans ces conditions, on n'aurait pas été à l'abri de l'induction provenant d'autres fils qui, sans se diriger vers Lausanne ou Genève, empruntaient, sur un certain parcours, les mêmes poteaux que les fils vers Bâle, Zurich et Neuchâtel. Il s'agissait donc de graduer non seulement les courants primaires circulant sur ces derniers fils, mais encore les courants induits secondaires provenant d'autres fils. Pour atteindre ce double but, on a placé les appareils indiqués à la planche IV, figure 4, au point de bifurcation de la ligne de Lausanne à Genève.

Notons que, pour obtenir l'effet voulu, il importe particulièrement d'établir les liaisons, aux bornes, telles qu'elles sont indiquées à la figure 4. Il faut

que les courants venant de la ligne bifurquée rencontrent le condensateur *C* avant de traverser l'électro-graduateur *E*.

Si l'on veut compléter le système en vue de réaliser strictement les conditions indiquées par la figure 11, il suffit d'intercaler un électro-aimant sur le fil de la pile aux postes qui font usage des fils aboutissant, en bifurcation, à la ligne appropriée à la téléphonie.

TÉLÉPHONIE ET TÉLÉGRAPHIE SIMULTANÉES

PAR LE MÊME FIL.

Nous avons indiqué, dans le chapitre précédent, quelles étaient les dispositions à prendre pour éteindre les bruits d'induction qui se produisent d'un fil sur l'autre sur les lignes d'un réseau télégraphique. Nous avons établi ainsi qu'un fil, spécialement affecté à une communication téléphonique, privée ou publique, pouvait emprunter, sans inconvénient, les poteaux d'une ligne télégraphique. Tel a été l'objectif primordial de M. Van Rysselberghe. Mais là où se sont révélées les ressources merveilleuses de son système, c'est qu'en tirant parti du même principe — la graduation des courants télégraphiques — il est parvenu à utiliser les mêmes fils, simultanément, pour la conversation par téléphone d'une ville à l'autre et pour la correspondance télégraphique quel que soit le système d'appareil employé, autant en duplex qu'en travail simple.

C'est ce que nous allons expliquer.

Qu'il nous soit permis tout d'abord de rappeler ce que nous avons dit à propos de la figure 12 pour la définition des propriétés du condensateur.

Soient *A* et *B* (fig. 13) deux postes en relation pour la correspondance télégraphique ou téléphonique. *C* est un condensateur, *D* un commutateur à deux directions.

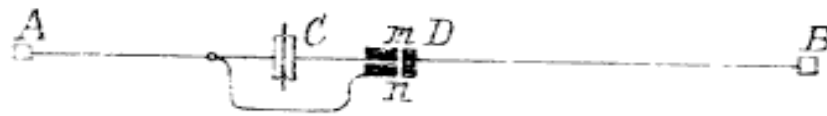


Fig. 13.

Lorsque la fiche se trouve placée en *n*, *A* et *B* sont reliés directement par un circuit continu. Donc rien de particulier : le courant passe d'un poste vers l'autre comme à l'ordinaire.

Mais que se passera-t-il si nous plaçons la fiche en *m*? Supposons que *A* transmette un courant. Une certaine quantité d'électricité s'accumulera sur l'une des faces du condensateur *C* sans aller au delà ; il appellera sur l'autre face une quantité équivalente d'électricité contraire qui, en quelque sorte, aura été soutirée de la terre en *B*. Il se sera donc produit un mouvement électrique au delà du condensateur vers *B*, absolument comme si le courant de *A* avait franchi l'obstacle en *C* pour aller actionner l'appareil du poste correspondant.

Nous pouvons en conclure, par conséquent, que l'effet de A vers B est le même, que le condensateur soit ou non intercalé dans le circuit, sauf que cet effet n'est qu'instantané.

Au premier aspect il semble qu'il y a une différence, quant au sens du courant circulant entre B et C , puisque l'une des plaques se charge d'électricité positive tandis que l'autre se charge d'électricité négative. Pourtant il n'en est point ainsi : comme effet produit sur les appareils, le mouvement électrique qui s'opère entre B et C agit absolument *comme s'il était la continuation* de celui de A vers C .

Une expérience à faire : si nous plaçons un galvanomètre dans la partie de circuit CB nous obtiendrons, lors d'une émission de courant partant de A , la même déviation que si l'instrument se trouvait intercalé entre A et C . Disons, au surplus, que le sens du mouvement électrique, d'un côté comme de l'autre, s'indiquera par une flèche de même sens.

Nous avons cru devoir insister quelque peu sur ce point, parce que nous avons remarqué, qu'en général, ceux qui sont peu familiarisés avec la théorie s'égarent facilement en se figurant que, par l'interposition d'un condensateur dans un circuit, il s'opère une modification dans le sens du courant électrique circulant au

delà. Or, si cette erreur subsistait dans l'esprit du lecteur, il s'expliquerait difficilement les actions électriques diverses que nous aurons à analyser dans le cours de ce chapitre.

Abordons maintenant le système de téléphonie et télégraphie simultanées par le même fil.

Supposons (fig. 14) un fil télégraphique reliant deux

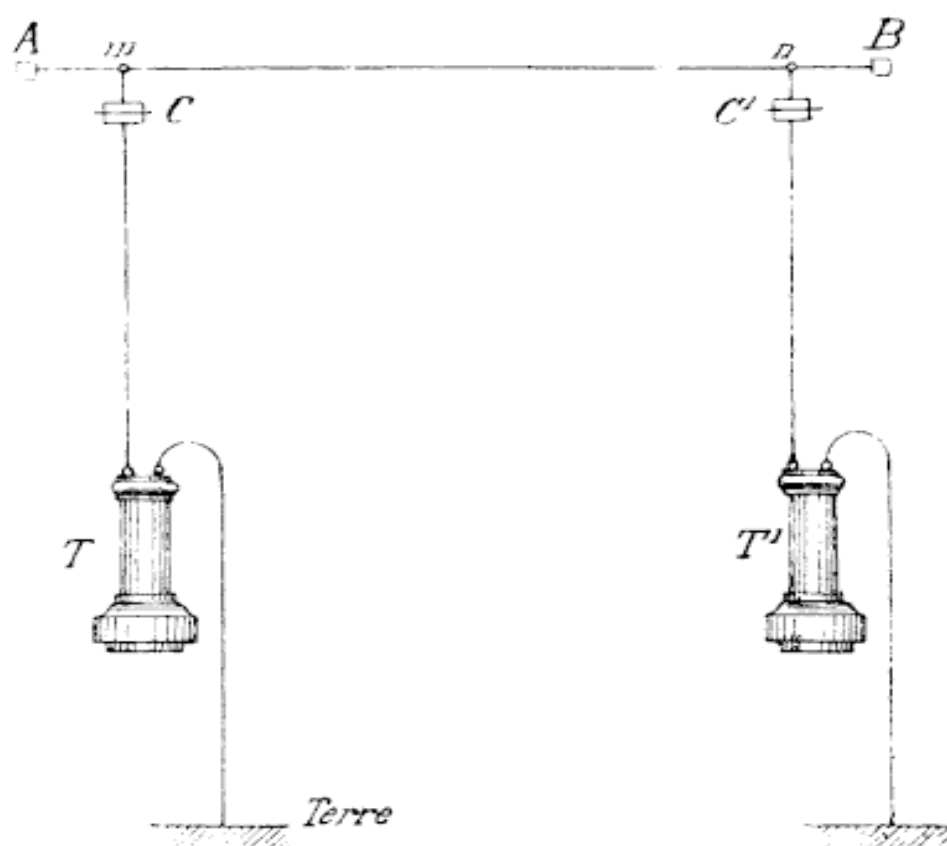


Fig. 14.

postes A et B desservis par des appareils pourvus du système anti-inducteur, comme il se trouve indiqué à la figure 11.

En m et n raccordons deux postes téléphoniques T et T' , en interposant dans les fils de raccordement deux condensateurs C et C' .

Pour que la correspondance, télégraphique et téléphonique, puisse avoir lieu simultanément, il faut que les deux téléphones T et T' soient insensibles aux courants, relativement forts, qui s'échangent entre les postes télégraphiques A et B , et que, d'un autre côté, la correspondance entre ces deux postes ne soit affectée en rien par les courants téléphoniques.

Il en est réellement ainsi ; voici comment :

Supposons que A transmette des signaux vers B . Il va de soi que le courant télégraphique, arrivé en m et n , chargera les deux condensateurs C et C' et actionnera les deux téléphones T et T' ; mais ceux-ci resteront silencieux. Pourquoi ? Parce que l'émission du courant fourni par la pile de A n'est pas brusque, mais graduée, et que, dans ces conditions, la plaque du téléphone fléchit, sans vibrer, et ne donne lieu à aucun bruit.

Comment se transmet la parole de T vers T' ? Les courants ondulatoires (13) transmis par le poste téléphonique T chargeront le condensateur C et provoqueront à l'unisson des mouvements électriques *brusques* dans le fil télégraphique, courants qui, en chargeant le condensateur C' , agiront sur le téléphone T' absolu-

ment comme si les deux postes étaient reliés par un conducteur spécial et continu.

Mais, dira-t-on, le courant auquel donne naissance le poste téléphonique T doit se diviser en m , et une notable partie s'écoulera en terre par les appareils télégraphiques de A , surtout si le circuit de m vers B est très étendu; le même effet paraît devoir se produire lorsque le courant téléphonique arrive en n ; là encore, semble-t-il, il se perdra en grande partie en terre au poste B . On est donc amené à croire que l'action sur le téléphone T' doit se trouver fort affaiblie, et que le courant ondulatoire développé en T ne peut agir avec toute sa force qu'à la condition que les liaisons avec la terre aux postes A et B soient rompues.

Ce raisonnement, très juste en apparence, est absolument contredit par les faits observés : l'expérience démontre que, du moment où, sur le circuit vers la terre, on intercale une résistance de 500 ohms au moins, l'effet est absolument le même que si les postes A et B étaient isolés de toute liaison avec le sol, c'est-à-dire que l'action des courants ondulatoires d'un poste téléphonique sur l'autre est aussi intense que si les postes télégraphiques A et B n'existaient pas.

Il y a plus : en tirant parti de cet effet, on peut faire servir un fil télégraphique à plusieurs relations télépho-

niques empruntant différentes sections du conducteur.

Ainsi, supposons que le fil télégraphique reliant les postes A et B doive servir à la fois pour des relations téléphoniques entre m et n et p et q (fig. 15).

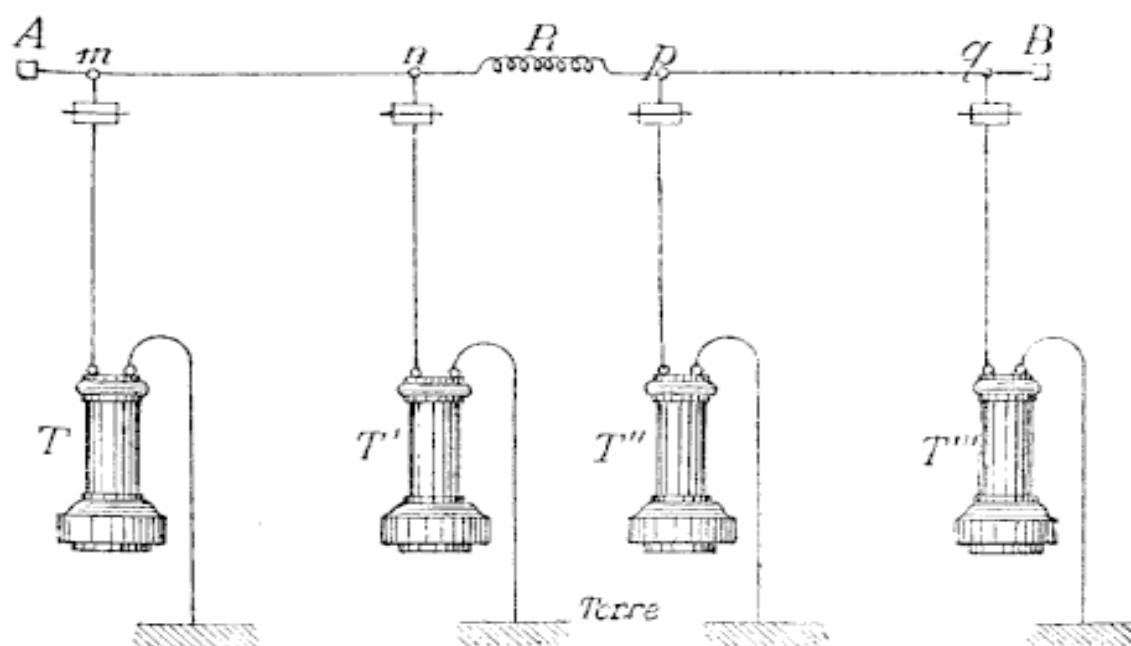


Fig. 15.

Pourvu que la bobine figurée en R atteigne au moins 500 ohms de résistance, les courants ondulatoires échangés entre T et T' n'iront pas au delà de R et n'exerceront aucune action sur les téléphones T'' et T''' , pas plus que ceux-ci n'influenceront les premiers, dans le cas d'une conversation échangée entre p et q .

Il a été reconnu en pratique que la capacité des condensateurs *séparateurs* intercalés sur les fils de raccor-

dement vers les postes téléphoniques ne doit pas dépasser $\frac{1}{2}$ micro-farad, et peut même être réduite à $\frac{1}{10}$ sans que l'effet de cette réduction soit appréciable. Ceci s'explique par ce fait que la quantité d'électricité mise en action par le microphone est tellement minime que, si l'on étendait la surface des condensateurs séparateurs, la charge ne s'en trouverait pas augmentée. Remarquons, d'un autre côté, que si l'on dépassait la capacité strictement nécessaire pour l'action à produire sur le téléphone, on accroîtrait l'effet des courants télégraphiques qu'il s'agit précisément d'annihiler.

De nombreuses expériences faites sur les lignes belges, et même entre Bruxelles et Paris, sur un fil de 320 kilomètres de longueur et de 5^{mm} de diamètre, ont démontré surabondamment que le système que nous venons de décrire est très pratique; les relations téléphoniques ne sont nullement contrariées par les signaux télégraphiques transmis sur le fil même, pas plus que par les effets d'induction des fils voisins de la ligne, à condition, toujours, que les appareils télégraphiques soient armés du système anti-inducteur, et que les installations soient complètes et bien soignées.

Nous dirons aussi que ces expériences ont été corroborées par une application pratique dont les résultats concluants ont pu être observés pendant près d'un an

bien avant l'adoption définitive du système. Un des journaux belges les plus importants, qui se publie à Gand, voulant recevoir le compte rendu des débats aux Chambres législatives, ainsi que les cours de la Bourse et des marchés, assez à temps pour pouvoir faire son tirage le soir même, avait obtenu l'usage d'un fil reliant l'Observatoire de Bruxelles au poste météorologique d'Ostende, et affecté au service du télé-météorographe qui, comme on le sait, est actionné par un courant de pile relativement intense. Ce fil ayant été introduit dans le poste télégraphique principal de Gand, les bureaux du journal s'y étaient raccordés, tandis qu'un autre raccordement reliait l'Observatoire de Bruxelles au Palais de la Nation, où se tiennent les assemblées des deux Chambres législatives. Les courants émis automatiquement par le télé-météorographe avaient été gradués, et, ainsi, par l'interposition, de part et d'autre sur les fils de raccordement, d'un condensateur de $\frac{1}{2}$ micro-farad, on était parvenu à rendre les deux services parfaitement indépendants.

Cette expérience pratique a pleinement réussi; elle a permis de juger de l'efficacité du système au point de vue de son application au service public. Les résultats obtenus étaient d'autant plus concluants que les relations téléphoniques avaient été établies alors qu'un grand

nombre de fils du réseau télégraphique n'étaient pas complètement pourvus du système anti-inducteur et que, par ce fait, le fil utilisé pour la téléphonie à longue distance se trouvait encore influencé, dans une certaine mesure, par les courants circulant sur les fils voisins. Notons aussi que l'échange des conversations avait lieu particulièrement entre 2 et 5 heures de l'après-midi alors que le travail télégraphique est le plus actif.

Le problème de la téléphonie et de la télégraphie simultanées par un même fil semblait donc résolu. En réalité, le chemin parcouru était immense, les résultats obtenus étaient remarquables. Mais des observations faites durant la période expérimentale indiquaient qu'il restait à surmonter une difficulté des plus sérieuses. En graduant les courants on avait mis le téléphone à l'abri des effets d'induction produits par les transmissions télégraphiques, mais chacun sait que, dans les relations téléphoniques par circuit simple, la parole se transporte facilement par induction d'un fil sur l'autre, lorsque les conducteurs suivent la même ligne sur un parcours assez étendu. Cet inconvénient se manifestant avec d'autant plus de force que les circuits sont plus étendus, on se trouvait arrêté, dans l'exploitation de la téléphonie à longue distance, par l'impossibilité de garantir le secret des conversations dès que l'on mettait

à la disposition du public plusieurs fils allant dans une même direction et empruntant les mêmes poteaux. Ainsi que le disait M. Banneux, ingénieur en chef des télégraphes belges, dans l'exposé complet du système Van Rysselberghe (*Journal télégraphique*, n° 1, volume VIII), « le pire ennemi du téléphone n'est plus le télégraphe, mais le téléphone lui-même ».

Pour combattre l'induction téléphonique il n'y avait qu'un seul moyen qui fût absolument efficace, c'était de renoncer aux relations par fil simple avec intervention de la terre, et d'affecter à chaque circuit téléphonique deux fils télégraphiques.

Ici encore une explication préliminaire ne sera pas inutile pour rappeler les avantages qui résultent en téléphonie de l'emploi d'un circuit double.

Supposons qu'un conducteur quelconque, reliant A

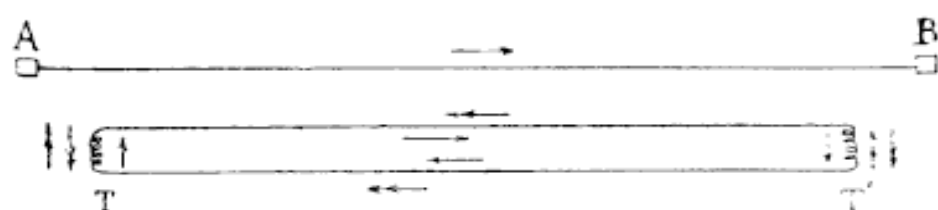


Fig. 16.

et B, soit parcouru par un courant circulant dans le sens indiqué par la flèche.

Plaçons dans le voisinage de ce conducteur un circuit double servant aux relations entre deux postes téléphoniques dont les bobines électro-magnétiques sont figurées en T et T' .

Si ce circuit n'était formé que d'un seul fil, on comprendrait facilement que les téléphones en T et T' accuseraient les effets d'induction provenant du conducteur AB (■). Mais si nous remplaçons la liaison avec la terre par un fil de retour, ainsi que le montre la figure 16, l'effet d'induction ne se manifeste pas.

Disons que les flèches simples indiquent dans les deux fils le sens des courants ondulatoires actionnant les bobines des téléphones.

Il est à remarquer que les courants circulant dans le fil inducteur AB influenceront, à la fois, les deux fils employés pour le circuit téléphonique et donneront lieu, dans ces deux fils, à des courants d'induction de même sens, ainsi que l'indiquent les flèches à pointe double. Suivons ces flèches, et nous verrons que les courants induits viendront se neutraliser et seront sans effet sur les téléphones, puisque dans les bobines T et T' ils circulent en sens contraire.

Notons toutefois que la neutralisation ne sera absolue que si les deux fils du circuit se trouvent placés sensiblement à la même distance du fil ou des fils qui

engendrent l'effet d'induction. Nous aurons à revenir sur ce point à l'occasion de l'accouplement des fils télégraphiques pour la téléphonie à grande distance par circuit double.

D'après la courte explication que nous venons de donner, il est donc entendu que, si l'on veut se mettre à l'abri des effets d'induction provenant de fils voisins, que ce soient des fils télégraphiques ou téléphoniques, il suffit de remplacer la communication avec la terre par un fil de retour. Mais nous devons faire observer que, dans ces conditions, la résistance du circuit se trouve notablement augmentée, surtout si la distance qui sépare les deux postes est assez grande.

Il semble devoir en résulter que la parole parvient plus faiblement que si, de part et d'autre, les postes téléphoniques étaient reliés à la terre. Nous verrons plus loin, dans les considérations générales relatives à l'application du système, que cet affaiblissement ne se manifeste pas dans la pratique.

A mesure que nous avançons nous rencontrons de nouvelles difficultés qui ont dû être surmontées par l'inventeur.

En combinant un système simple, pratique, complet, il était parvenu à graduer les courants du télégraphe sans porter entrave à la marche régulière de ce

service. Les lignes, si bruyantes auparavant, étaient réduites au silence.

Un téléphone raccordé par l'intermédiaire d'un petit condensateur à un fil télégraphique en plein travail n'accusait pas la moindre trace des signaux transmis par ce fil. Le téléphone était bien actionné par les courants télégraphiques, mais comme ces courants étaient gradués, la plaque vibrante fléchissait sans vibrer, donc sans bruit. Dès ce moment, on reconnaissait à l'évidence la possibilité de correspondre simultanément sur un même fil par téléphone et par télégraphe.

C'était certes un beau résultat, un progrès réel ; mais il restait à tenir compte de l'induction téléphonique.

On sait que, sur les réseaux intra-urbains, ne comportant qu'un seul fil par abonné, les conversations se transportent assez fréquemment d'un fil sur l'autre, surtout lorsque les deux conducteurs suivent le même parcours sur une grande étendue. Il n'était donc pas douteux que le même défaut se manifesterait, en s'accroissant davantage, dans les relations de ville à ville. L'application du système n'était guère possible dans ces conditions, à moins de n'emprunter à chaque artère du réseau télégraphique qu'un seul fil pour la téléphonie.

Il y avait bien le procédé que nous avons indiqué plus haut, l'emploi de deux fils télégraphiques pour

une seule conversation téléphonique; mais, pour que ce procédé pût être mis en pratique, il fallait trouver le moyen de maintenir l'indépendance absolue des deux fils pour la télégraphie, tout en les accouplant pour la téléphonie.

Quelque compliqué que fût le problème, M. Van Rysselberghe l'a résolu avec un succès complet. Voici comment :

Supposons (fig. 17) deux fils télégraphiques, 1 et 2,

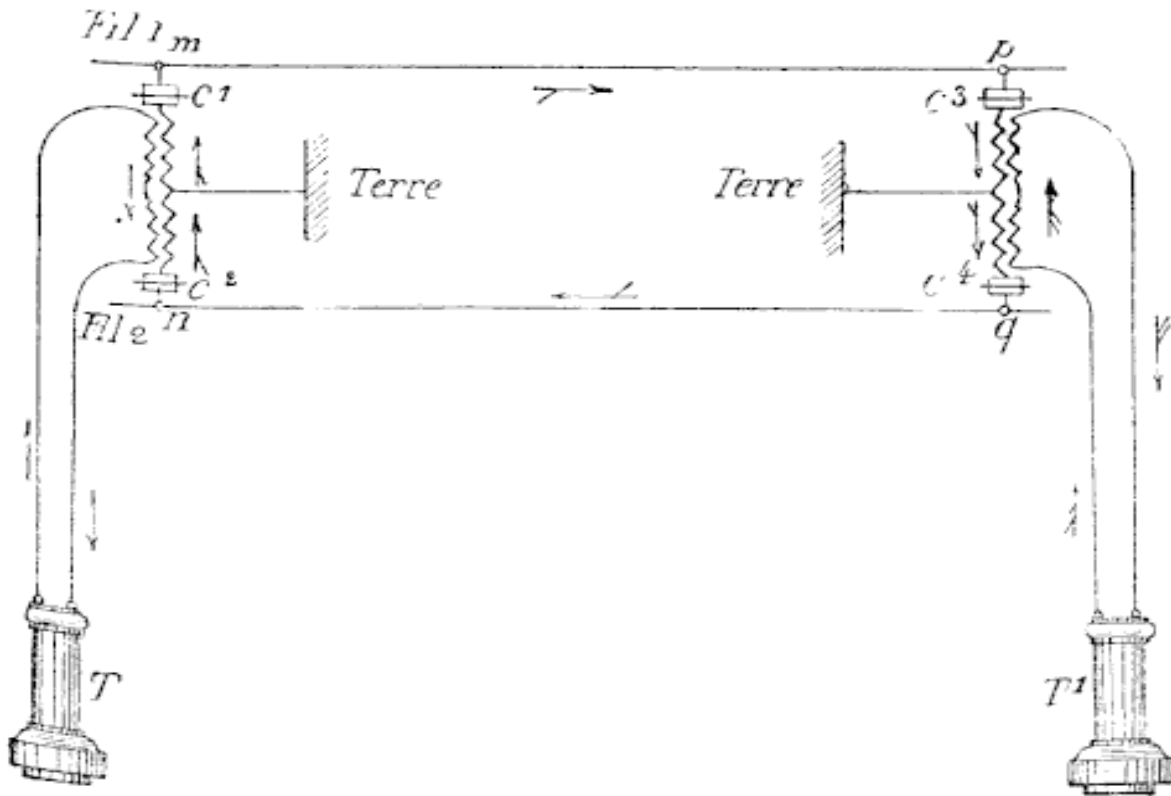


Fig. 17.

servant aux relations entre les bureaux de Bruxelles et d'Anvers. Nous pouvons même admettre que l'un

de ces fils soit desservi par l'appareil Morse, l'autre par l'appareil Hughes, peu importe.

En *m* et *n* à Bruxelles, en *p* et *q* à Anvers, nous raccordons l'une des deux faces des condensateurs *séparateurs* C^1 , C^2 , C^3 et C^4 . Entre chaque couple de condensateurs nous intercalons un système que l'on désigne sous l'appellation de *translateur* ou *répétiteur phonique* et qui se trouve constitué comme suit :

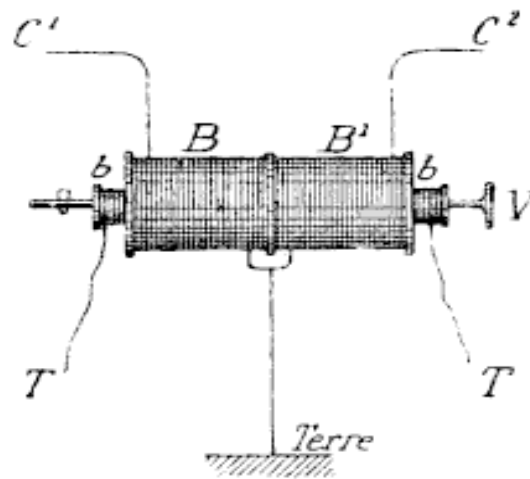


Fig. 18.

Deux bobines *B* et *B'* (fig. 18) juxtaposées, mais indépendantes l'une de l'autre, correspondent respectivement d'un côté par l'intermédiaire des séparateurs aux fils de ligne 1 et 2, de l'autre côté directement à une terre commune.

A l'intérieur de ce corps de bobines se trouve une

autre bobine *bb* susceptible de se déplacer dans le sens longitudinal; nous dirons plus loin l'objet éventuel de ce déplacement. Cette dernière bobine correspond au poste téléphonique, soit par fil double, soit par fil simple avec intervention de la terre.

Revenons à la figure 17 qui, en diagramme, représente la suivante.

Examinons d'abord comment se comportent les courants télégraphiques circulant dans les fils 1 et 2. Ils chargeront les petits condensateurs séparateurs et provoqueront un mouvement électrique, séparément, dans les bobines *B* et *B'*, qui induiront la bobine *bb*. Mais comme les courants télégraphiques sont gradués, l'effet d'induction ne donnera lieu à aucun bruit dans les téléphones *T* et *T'*.

Remarquons aussi que les deux fils télégraphiques restent absolument indépendants l'un de l'autre, puisque les deux bobines *B* et *B'* sont reliées à la terre et que, par ce fait, aucun mouvement électrique ne peut se produire d'un condensateur à l'autre.

Il nous reste à analyser l'action des courants téléphoniques et les transformations qu'ils subissent, à l'intervention des bobines du translateur phonique et par l'interposition des condensateurs séparateurs.

Pour simplifier les explications nous indiquerons dans

la figure 17 la marche des courants par des flèches différentes.

Supposons que ce soit le poste T qui parle.

Le courant développé dans le transmetteur T circule dans la bobine intérieure (flèche simple) et donne naissance dans les deux bobines B et B' à un courant induit (flèche à un trait) qui charge les condensateurs C^1 et C^2 .

D'après ce qui a été dit à propos de la figure 13, nous savons que, de l'autre côté des condensateurs C^1 et C^2 , il se produit un mouvement électrique qui se comporte comme s'il était la continuation du courant développé dans les bobines B et B' . Suivons donc la flèche à un trait : nous voyons que le courant est de sens différent dans les fils 1 et 2, et de même sens dans les bobines B et B' du translateur phonique établi à Anvers. Là se produit une nouvelle transformation : le courant circulant dans ce dernier translateur phonique provoque un courant induit (flèche à double trait) dans la bobine intérieure, courant qui actionne le téléphone récepteur du poste T^1 .

Pour résumer, nous dirons donc que les résultats obtenus par le système que nous venons de décrire sont les suivants :

1° Les deux fils employés pour un même circuit téléphonique restent absolument indépendants l'un de l'autre pour les transmissions télégraphiques ;

2° Le téléphone n'est pas impressionné par les courants télégraphiques, bien qu'ils agissent sur les translateurs phoniques, parce que ces courants sont gradués (voir les explications données à propos de la figure 11);

3° Le téléphone obéit aux courants ondulatoires développés dans le transmetteur microphonique, parce que ces ondulations sont brusques et remplissent donc les conditions voulues pour faire vibrer la plaque;

4° Les courants ondulatoires téléphoniques n'ont aucune action sur les appareils télégraphiques parce que ces courants sont tellement insignifiants qu'aucun instrument électrique, autre que le téléphone, ne saurait en accuser seulement la présence;

5° On s'était mis à l'abri de l'induction télégraphique par la graduation des courants au début et à la fin des émissions. On a combattu l'induction téléphonique, autrement dit, on a empêché qu'une conversation ne pût être entendue et comprise d'un circuit sur l'autre, en employant pour chaque communication téléphonique deux fils télégraphiques (voir les explications données à propos de la figure 16).

Cependant ici — à propos de ce qui est dit au 5° — il y a une objection à faire. Supposons que, sur une ligne télégraphique donnée, quatre fils, accouplés deux à deux, soient utilisés pour deux circuits téléphoniques.

L'emploi du double fil suffit-il d'une façon absolue pour empêcher qu'une conversation soit entendue ou comprise d'un circuit sur l'autre ? Non, il reste à tenir compte de l'influence qui s'exerce, à un degré différent, d'un fil sur l'autre suivant qu'ils sont plus ou moins rapprochés sur la ligne.

Ainsi, en admettant qu'on forme les deux circuits téléphoniques en employant pour le premier les fils 1 et 2 et pour le second les fils 3 et 4, en suivant l'ordre qu'ils occupent sur les poteaux, il est évident que l'influence entre les fils 2 et 3, qui sont voisins, sera plus grande qu'entre les autres fils considérés deux à deux. Des expériences faites en Belgique ont démontré qu'il en est réellement ainsi : dans les conditions que nous venons d'indiquer on entendait la voix et l'on saisissait même des lambeaux de phrases d'un circuit sur l'autre.

On réussirait à éviter cet inconvénient en intervertissant les fils de place d'un poteau à l'autre ou même sur des sections plus étendues. Mais nous ne croyons pas que ce moyen puisse être recommandé ; les transformations à opérer seraient trop compliquées, et le personnel chargé de l'entretien des lignes se trouverait dans l'impossibilité de suivre et de reconnaître les fils dans les cas de dérangements à rechercher ou de travaux de renouvellement à effectuer.

En Belgique, l'Administration des télégraphes a donc laissé les fils dans la position qu'ils occupaient, à part quelques modifications faites à titre exceptionnel.

Avant de désigner définitivement les fils destinés à être accouplés pour la formation des circuits téléphoniques dans une même direction, le service technique belge a fait de nombreuses expériences pour rechercher l'influence relative de chaque fil par rapport aux autres. En se basant sur des données pratiques, on est parvenu ainsi à placer les circuits dans les conditions les moins défavorables au point de vue de l'induction téléphonique.

Nous disons les moins défavorables : en effet, les réseaux télégraphiques comprennent des fils directs, semi-directs — reliant entre elles les localités importantes — et des fils omnibus qui desservent indistinctement tous les bureaux de la ligne ; ces fils ayant été posés à mesure des besoins du service, et sans qu'on ait eu à observer aucun ordre, les combinaisons pour l'accouplement des fils sont assez difficiles, parce que, le plus souvent, il est impossible d'arriver à un système de compensation parfait, au point de vue de l'influence relative qu'ils exercent l'un sur l'autre.

Si, dans la pratique, on pouvait suivre pour la formation des circuits l'ordre occupé par les fils aux deux

côtés des poteaux, on obtiendrait les meilleurs résultats en accouplant le premier fil de droite, par exemple, avec le deuxième de gauche, le premier de gauche avec le troisième de droite, et ainsi de suite. C'est, pensons-nous, la seule règle qui puisse être indiquée comme étant celle dont on doit se rapprocher autant que possible.

Toutefois, la position des fils n'est pas le seul élément dont on doive tenir compte pour obtenir un équilibre d'induction parfait. Il importe aussi que les fils accouplés, en circuit double, aient le même diamètre. A distance égale, le fil le plus gros exercerait, en raison de sa conductibilité, et peut-être aussi de sa capacité électro-statique, le plus d'influence sur les circuits voisins et, en même temps, il serait plus sensible à l'action inductive de ces circuits que tel autre fil, de moindre diamètre, avec lequel il se trouverait accouplé.

Comme correctif à ce que peut présenter d'imparfait l'arrangement des circuits, M. Van Rysselberghe a adopté un système de réglage qui résout la difficulté. Au moyen de la vis *V* (figure 18) il fait glisser la bobine intérieure *bb* du translateur phonique, et parvient ainsi à proportionner l'action respective des deux bobines *B* et *B'* suivant l'influence d'induction différente que subissent les deux fils utilisés pour un même circuit.

Ce procédé de réglage est des plus efficaces. Le moindre déplacement de la bobine *bb* amène un changement d'effet appréciable.

Système d'appel phonique. — Parvenir à approprier les lignes télégraphiques de manière à permettre l'échange de conversations et la transmission de télégrammes simultanément par les mêmes fils, était un progrès réellement merveilleux. Mais, après la solution de ce difficile problème, la mise en service du système réservait à l'inventeur une nouvelle difficulté à surmonter, une dernière lacune à combler.

Nous savons déjà que l'échange des conversations, par les fils spécialement affectés à la télégraphie, ne saurait contrarier ce dernier service parce que l'action électrique développée dans le microphone est tellement minime qu'aucun appareil télégraphique, quelque sensible qu'il fût, ne saurait s'en ressentir. Mais il ne suffit pas que deux abonnés au téléphone puissent converser de Bruxelles à Anvers; il faut encore que les bureaux centraux soient capables de s'avertir au préalable par un système d'appel, sonnerie ou signal optique, tout comme s'il s'agissait d'une communication à établir entre deux abonnés habitant la même ville.

Mais on comprend que pour faire fonctionner une sonnerie à la distance de Bruxelles à Anvers, il faut une action électrique assez énergique. Dans les conditions ordinaires 20 ou 30 éléments Leclanché ne seraient pas de trop. Pouvait-on songer à envoyer, ne fût-ce que pendant un instant, un courant de cette intensité sur les fils télégraphiques? Évidemment non.

Cependant, à moins d'immobiliser un fil de la ligne pour l'affecter spécialement aux appels entre les bureaux téléphoniques centraux des villes mises en relation, il fallait trouver un système d'avertissement qui n'exercât aucune action sur les appareils télégraphiques.

M. Van Rysselberghe résolut la question en tirant habilement parti d'une disposition dont le principe avait été appliqué antérieurement, sans donner toutefois le même résultat.

La figure 19 représente le dispositif adopté. *E* est une bobine entourant l'extrémité d'un aimant *A* actionnant une plaque vibrante. Comme on le voit, nous retrouvons ici les deux organes essentiels du téléphone que nous avons déjà décrit (■ ■). Sur le centre de la plaque repose un petit marteau *t* articulé en *o*. Par le petit contre-poids *c*, que l'on peut faire mouvoir le long d'un pas de vis, on parvient à régler la pression du

petit marteau sur la plaque. Le circuit de la pile *P* est fermé en double, à travers un avertisseur *S* et par l'intermédiaire de la plaque et du marteau.

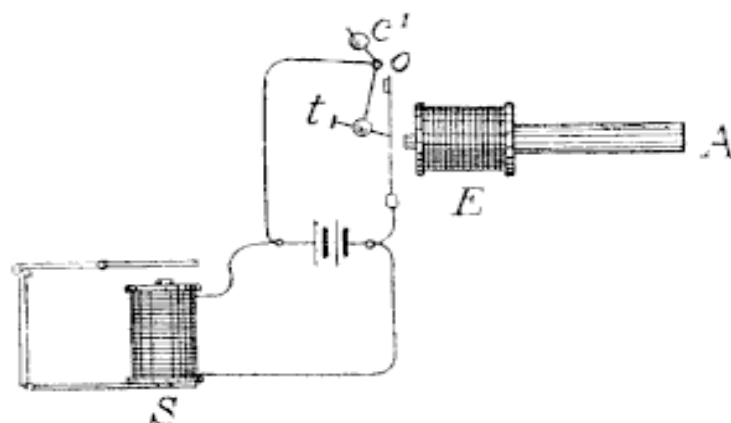


Fig. 49.

L'électro-aimant de l'avertisseur offrant une résistance relativement grande, le courant de la pile se dérive presque en totalité de l'autre côté. L'avertisseur ne fonctionnera donc qu'à la condition de rompre le contact entre le marteau et la plaque; on obtiendrait le même résultat en faisant vibrer la plaque. Pendant les mouvements vibratoires, le contact, sans être rompu, serait moins bien assuré; le courant de la pile, rencontrant de ce côté une certaine résistance, passerait en grande partie par l'appareil avertisseur, qui fonctionnerait aussi longtemps que dureraient les vibrations.

Or, nous avons vu, à propos du téléphone, que pour provoquer ces vibrations il suffisait d'un courant intermittent très faible pourvu que les émissions fussent brusques et très rapprochées.

C'est sur ces données que repose le système d'appel phonique adopté en Belgique pour la téléphonie à grande distance. Pour appeler le bureau central d'Anvers, le téléphoniste, à Bruxelles, presse sur un bouton. Il met ainsi en action une pile de 10 éléments; mais, sur le circuit de cette pile vers la ligne, se trouve intercalé un *vibrateur* (planche V). On obtient ainsi des courants intermittents qui, en circulant dans la bobine intérieure *bb* du translateur phonique (fig. 18), provoquent dans les bobines *B* et *B'* des courants induits analogues à ceux engendrés par le microphone, lorsqu'on parle. De transformation en transformation, ces courants arrivent jusqu'à la petite bobine *E* (fig. 19) du système d'appel phonique installé à Anvers. Les vibrations de la plaque altèrent le contact avec le marteau, et le courant de la pile *P*, en se dirigeant en grande partie vers l'avertisseur, le fait fonctionner.

En réalité, le courant envoyé de Bruxelles n'a pas à exercer une action directe sur l'avertisseur d'Anvers. Il n'a d'autre objet que de faire vibrer une plaque de téléphone, et c'est le courant d'une pile locale tout à

fait indépendante du circuit de la ligne qui fait fonctionner l'appareil avertisseur. C'est grâce à cette combinaison que M. Van Rysselberghe est parvenu à rendre son système de télégraphie et téléphonie simultanées aussi complet qu'on peut le désirer.

L'expérience démontre que les courants émis pour l'appel n'entravent pas plus la correspondance télégraphique que les petites ondulations électriques auxquelles donne lieu la transmission de la parole. Si la pile agissait directement sur la ligne, les émissions très rapprochées d'un courant de même sens se comporteraient comme un courant continu qui, quelque faible qu'il fût, pourrait exercer son action sur les appareils télégraphiques, surtout sur le système Hughes. Mais, ici, les émissions brusques provoquées par le vibreur n'ont d'autre objet que de développer dans le translateur phonique (fig. 18) des courants induits, alternativement de sens différent, à raison de plusieurs centaines par seconde. En ne tenant compte que de l'inertie des armatures d'appareils télégraphiques, on comprend aisément que des courants alternatifs de si peu de durée ne sauraient nuire en rien à la télégraphie.

La planche VII représente une disposition d'ensemble des avertisseurs phoniques dans le cas où plusieurs

circuits télégraphiques sont reliés au bureau central des téléphones. Comme on le voit, une seule pile locale sert pour tous les avertisseurs. Lorsque toutes les plaques sont immobiles, le courant passe, en court circuit, d'un pôle à l'autre de la pile par les points de contact des petits marteaux. Si l'un de ces contacts est altéré, soit parce que la plaque est mise en vibration sous l'action d'un courant d'appel, soit parce que le petit contre-poids est mal réglé, le courant de la pile se dérive par l'avertisseur correspondant, sauf à reprendre son chemin direct par tous les autres marteaux.

APPLICATION DU SYSTÈME.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Nous croyons avoir rencontré tous les détails que comporte le système, et avoir exposé, chemin faisant, les combinaisons par lesquelles l'inventeur est parvenu à assurer l'indépendance complète des deux services, la télégraphie et la téléphonie, de telle façon que l'un ne fût jamais contrarié par l'autre. Il nous reste à rendre compte des conditions dans lesquelles s'est faite l'application du système en Belgique.

M. Van Rysselberghe, après s'être livré à des études préparatoires, en opérant sur le fil reliant l'Observatoire royal de Bruxelles au poste météorologique d'Ostende, a fait ses premiers essais sur les lignes télégraphiques belges en janvier 1882. Au courant de cette notice nous avons rendu compte des difficultés nombreuses auxquelles il s'est heurté et nous avons expliqué comment il est parvenu à les surmonter. Bien que, dès le début, le problème de la télégraphie et téléphonie simultanées pût être considéré comme résolu en principe, il restait beaucoup à faire pour la mise en pratique du système et pour son application au service public. Il importait

surtout que le service télégraphique n'eût rien à modifier à son organisation.

Avant d'aller plus loin, nous croyons utile de dire quelques mots de la constitution du réseau télégraphique belge et de la classification des bureaux.

Bruxelles est le point central autour duquel rayonnent toutes les grandes lignes de l'intérieur et de l'étranger.

Les autres bureaux sont classés :

1° En « *bureaux d'échange principaux* ». Ce sont les grands centres, disséminés sur toute la surface du pays, disposant de fils directs vers Bruxelles et vers certains autres bureaux de la même catégorie, suivant l'importance du trafic ;

2° En « *bureaux d'échange* » qui correspondent directement avec les bureaux d'échange principaux établis dans les environs ;

3° En « *bureaux dits omnibus* » parce qu'ils se trouvent intercalés sur des fils desservant toute une ligne. Dans cette catégorie sont compris les bureaux établis principalement pour les besoins du service des chemins de fer — dont la plupart sont ouverts à la correspondance privée, — ainsi que ceux desservant de petites localités, situées en dehors des grandes artères et raccordées au réseau général par un fil spécial.

Ces trois catégories réunies forment un total de 885 bureaux se subdivisant comme suit :

- 547 établis dans les stations des chemins de fer de l'État;
- 177 établis dans les stations de chemins de fer concédés;
- 161 établis dans les perceptions des postes et dans d'autres locaux au centre des villes.

A ces nombres il convient d'ajouter 88 bureaux qui ne sont ouverts qu'à la correspondance au départ, plus 80 postes établis le long des cours d'eau par l'Administration des Ponts et Chaussées, et servant aux relations entre les agents de cette administration pour tout ce qui touche au régime des eaux.

On compte donc en Belgique 1,053 bureaux télégraphiques dans lesquels fonctionnent 1,774 appareils des systèmes Morse et Hughes.

Les lignes télégraphiques du Gouvernement belge s'étendent actuellement sur une longueur d'environ 6,250 kilomètres.

Le développement total des fils est de 28,000 kilomètres, soit en moyenne plus de 4 fils sur chaque ligne ⁽¹⁾.

(1) Ces chiffres ont été puisés dans le *Guide officiel de la correspondance télégraphique*, édition de 1885.

L'organisation du service, en ce qui concerne la transmission des télégrammes, repose sur un système de décentralisation. Les réceptions en passage par les bureaux d'échange intermédiaires sont évitées autant que possible. Dans un but de célérité, et pour ne pas occuper inutilement le personnel de ces bureaux, l'Administration vise à ce que les télégrammes soient transmis, dans la majeure partie des cas, directement de leur point d'origine à leur point de destination. Il en résulte que les postes d'échange n'ont pas à centraliser les correspondances fournies par les petits bureaux qui les environnent, pour les réexpédier à leur tour dans diverses directions par les fils directs dont ils disposent; leur mission consiste plutôt à établir des communications directes, par l'intermédiaire de relais, de parleurs ou de galvanomètres, de façon à donner la jouissance des fils à longue portée même aux postes les moins importants.

Ce système, pratiqué avec intelligence et discernement, offre certainement de sérieux avantages, mais il n'en est pas moins vrai qu'il a pour effet de diminuer le rendement des fils; l'échange des télégrammes ne saurait être continu comme dans le cas de deux postes se réservant exclusivement l'emploi d'un fil direct; ce fil devant être mis successivement à la disposition de

plusieurs bureaux, chaque communication directe donne lieu à des appels, à des préliminaires, etc. De là résulte nécessairement que le nombre de fils à mettre à la disposition des bureaux d'échange doit se trouver dans des proportions élevées par rapport au mouvement des correspondances, et que, dans les grandes artères, les poteaux doivent se trouver fort chargés de fils directs, semi-directs et omnibus qui ont été installés au fur et à mesure des besoins, et sans qu'on ait pu les ranger par ordre de catégories.

Cependant, comme on se trouvait dans l'obligation d'employer deux fils télégraphiques pour une seule communication téléphonique, la formation des circuits doubles offrait des difficultés sérieuses : étant donné que les fils directs à utiliser se trouvent disséminés sur les poteaux à des distances inégales, le service technique a dû faire de nombreuses études et expériences préliminaires pour arriver à accoupler les fils dans les conditions les plus favorables au point de vue de l'induction téléphonique.

Les expériences, faites par M. l'ingénieur Bertin, ont été menées promptement à bonne fin. Actuellement, les bureaux télégraphiques belges se trouvent en possession d'une carte indiquant d'une façon complète, pour toutes les villes disposant d'un réseau télépho-

nique, quels sont les fils télégraphiques affectés à la téléphonie à grande distance. Il s'agissait de fouiller à fond ce réseau si compliqué des lignes belges, de rechercher, parmi ces fils directs et semi-directs, tout en tenant compte de leur affectation et de leur état électrique, quels étaient ceux qui convenaient le mieux pour les relations téléphoniques entre deux villes données.

Dans certains cas, il se peut qu'un fil semi-direct desservant plusieurs bureaux d'échange — prenons Bruxelles, Louvain, Tirlemont et Liège — convienne mieux pour la formation d'un circuit téléphonique entre Bruxelles et Liège que tel fil reliant directement ces deux postes. La substitution est-elle possible, tout en laissant le fil semi-direct à la disposition de Louvain et de Tirlemont? Certes, et, ici encore, se révèlent les précieuses ressources qu'offre le système Van Ryselberghe.

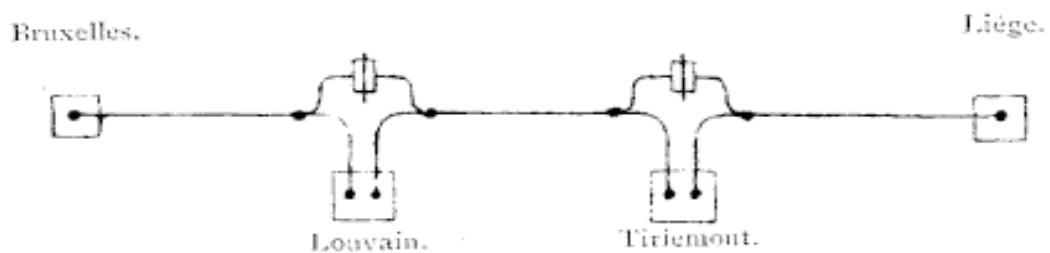


Fig. 20.

A la page 135, figure 15, nous avons expliqué com-

ment, en sectionnant un fil direct, on pourrait faire servir ce fil à plusieurs relations téléphoniques. Ici, en tirant parti des mêmes propriétés, on utilise plusieurs conducteurs indépendants, mais se succédant d'un poste à l'autre, pour une seule et même communication téléphonique entre les postes les plus éloignés d'une ligne, et cela toujours sans que la télégraphie s'en ressente.

Pour atteindre ce but, il suffit, comme l'indique la figure 20, d'établir la liaison entre les fils, à leur point d'introduction dans les postes de Louvain et de Tirlemont, par l'intermédiaire d'un condensateur d'un demi-micro-farad, faisant office de *connecteur*.

Encore une fois, le courant télégraphique de Bruxelles, par exemple, ne saurait aller au delà de Louvain à cause du condensateur, et n'a pas d'action perceptible sur le téléphone attendu qu'il est gradué. D'un autre côté, comme dans le cas de la figure 14, le courant téléphonique de Bruxelles arrive, par l'intermédiaire de plusieurs condensateurs, jusqu'au poste téléphonique de Liège, sans se dériver aux bureaux de Louvain et de Tirlemont par la raison que, là, les appareils télégraphiques interposés entre la ligne et la terre offrent une résistance bien supérieure à 500 ohms (page 134).

On comprend que, par la même combinaison, on par-

viendrait à faire participer à la téléphonie à longue distance des localités situées en dehors du parcours des grandes lignes d'un réseau, même si les bureaux télégraphiques desservant ces localités ne disposaient, pour leur service propre, d'aucun fil direct vers les postes auxquels il s'agirait de les relier téléphoniquement.

Lorsque l'adoption du système Van Rysselberghe fut décidée, l'Administration belge eut à examiner dans quelle mesure il convenait d'armer les fils télégraphiques, et s'il était nécessaire d'appliquer le système anti-inducteur complet à tous les bureaux du pays.

M. Van Rysselberghe avait fait toutes ses études préliminaires sur les lignes belges; de plus, des expériences pratiques, souvent répétées, avaient fourni des éléments d'appréciation qui permettaient à l'Administration de se prononcer, en connaissance de cause, sur les conditions d'application du système. On savait que celui-ci, dans son ensemble, offrait toutes les ressources voulues pour réduire les lignes télégraphiques au silence d'une façon absolue.

Mais était-il bien nécessaire de pousser les choses si loin, alors qu'il était démontré que, pour les relations d'un journal quotidien, on avait pu organiser un service régulier entre Gand et Bruxelles (voir page 137),

et cela dans des conditions défavorables. puisque le système anti-inducteur n'était encore appliqué que d'une façon toute rudimentaire sur les fils principaux de la ligne de l'Ouest? Bien que l'extinction des bruits d'induction ne fût pas complète, et malgré l'emploi d'un circuit à fil unique, les deux postes en relation avaient pu correspondre régulièrement.

En vue de réduire la dépense, tout en satisfaisant rigoureusement aux nécessités de la téléphonie à grande distance, l'Administration belge n'a appliqué qu'aux bureaux principaux le système anti-inducteur complet tel qu'il est représenté aux planches I et II. Une seconde catégorie de bureaux n'a été pourvue que d'électro-aimants graduateurs sans intervention de condensateurs; dans d'autres bureaux on s'est borné à établir les liaisons de telle façon que le courant de départ, avant de se rendre sur la ligne, passât par l'électro-aimant de l'appareil Morse qui, ainsi, remplit l'office de graduateur. Enfin, un certain nombre de petits bureaux, situés en dehors des grandes lignes du réseau, n'ont été soumis à aucune modification.

Toutefois, comme la marche suivie en Belgique, en matière de communications directes, peut avoir pour effet de mettre les fils directs, y compris ceux utilisés pour la téléphonie, à la disposition des petits bureaux

non armés du système anti-inducteur complet. l'Administration a pourvu à cette éventualité en donnant l'ordre aux postes d'échange en cause de n'établir les communications vers des points désignés que par l'intermédiaire de relais. Il se fait donc que le courant non gradué ou imparfaitement gradué des bureaux secondaires ne va pas au delà du poste d'échange, où tous les relais sont installés comme il est indiqué à la planche IV.

Sur les lignes établies le long des voies ferrées, on a généralement à compter avec une autre source d'induction que celle provenant des transmissions télégraphiques. Les sonneries trembleuses correspondant aux disques d'arrêt, les appareils à signaux, et notamment le *Block-système* de Siemens, qui fonctionne au moyen de courants dynamo-électriques, sont reliés par des fils empruntant les poteaux du télégraphe ; ce sont autant d'ennemis du téléphone. Cependant, ici encore, pour éviter des frais et des complications, on s'est dispensé d'armer ces appareils du système anti-inducteur, et, à vrai dire, ce n'était pas bien nécessaire, d'autant plus que les fils de liaison sont accrochés généralement au bas des poteaux et assez loin des fils employés pour la téléphonie.

Il est à noter, d'un autre côté, que l'emploi du circuit

à double fil met le téléphone à l'abri de l'induction télégraphique, autant que de l'induction téléphonique, que peuvent engendrer les fils voisins.

La planche V, pour le diagramme, et la planche VI, pour l'installation pratique, indiquent les combinaisons adoptées pour mettre les fils télégraphiques à la disposition du bureau central des téléphones.

On voit que le bureau télégraphique n'intervient en rien dans les manœuvres que comporte l'établissement des communications entre les abonnés de deux villes en relation.

Le bureau central des téléphones est relié au bureau des télégraphes par un nombre de conducteurs au moins égal à celui des fils télégraphiques utilisés pour la téléphonie. Les raccordements sont faits d'une façon permanente par l'intermédiaire des condensateurs séparateurs qui constituent les seuls appareils à installer au bureau des télégraphes.

Lorsque les deux bureaux sont assez éloignés l'un de l'autre, il est bon d'employer également un circuit à fil double pour le raccordement, afin d'éviter autant que possible l'induction téléphonique. C'est ce qui a été fait en Belgique.

On aurait pu laisser au bureau télégraphique le soin

d'établir les communications de ville à ville, en y installant, outre les séparateurs, les translateurs phoniques et le système d'appel que l'on aurait reliés à un commutateur. Cette combinaison aurait permis de réduire, dans certaines proportions, le nombre des fils de raccordement; mais, en procédant de la sorte, on aurait créé un autre inconvénient: avant d'être mis en relation avec un correspondant habitant une autre ville, l'abonné aurait dû demander tout d'abord au bureau central des téléphones la communication avec le bureau télégraphique, pour adresser à celui-ci une nouvelle demande. Les mêmes préliminaires étaient nécessaires aux postes correspondants. C'était une cause de lenteurs que l'on a voulu éviter en mettant le bureau central des téléphones vis-à-vis de l'abonné invariablement dans la même situation, que ce fût pour les relations de ville à ville ou pour le service local.

En outre, on a échappé à l'obligation d'intercaler au bureau télégraphique un avertisseur qui aurait constitué une résistance en plus dans le circuit, attendu que le même moyen d'avertissement devait être maintenu au poste téléphonique.

Voyons maintenant, en suivant, pour plus de simplicité, le diagramme de la planche V, comment s'établissent les communications de ville à ville; — chemin

faisant nous expliquerons la marche, l'action et les transformations du courant.

Le dessin de la planche V représente les liaisons et les divers organes que comporte un seul circuit télégraphique double mis à la disposition du bureau central des téléphones.

Entre un abonné de Bruxelles qui veut être relié à un abonné d'Anvers. — Supposons le cas d'une communication à établir :

L'agent du bureau central de Bruxelles commence par appeler le poste correspondant en pressant le bouton d'appel. Une fiche étant placée en 2 au commutateur, les courants intermittents provoqués par le vibreur *v* traversent le fil primaire du translateur phonique *tr* pour se perdre en terre.

Ces intermittences de courant donnent naissance à une suite de courants induits qui, tout en faisant agir à Bruxelles le système d'appel placé dans le circuit des fils de raccordement, se rendent au poste télégraphique, où ils chargent les condensateurs-séparateurs, pour continuer leur effet sur le double circuit, et se rendre au poste télégraphique d'Anvers; là ils chargent les condensateurs-séparateurs et, par l'intermédiaire de ceux-ci, arrivent au translateur phonique pour s'écouler

en terre par les bobines magnétiques s du système d'appel.

Dès ce moment la plaque se met à vibrer, le contact avec le petit marteau se trouve altéré, et il se produit de ce côté une résistance dans le circuit dérivé de la pile locale, dont le courant traverse, en grande partie, l'annonceur a ; la palette s'abaisse et avertit l'employé d'Anvers de l'appel qui lui est adressé.

L'employé d'Anvers presse à son tour pendant un instant son bouton d'appel afin d'annoncer sa présence et, tout aussitôt, les deux correspondants, après avoir placé la fiche en 3, portent leur téléphone à l'oreille, pour s'entendre sur la communication à établir.

Cela fait, l'employé à Anvers appelle l'abonné demandé; dès que celui-ci répond, la communication lui est annoncée, le mot « *parlez* » est lancé dans les deux sens, et la liaison est établie simultanément aux deux bureaux centraux par le simple déplacement de la fiche de 3 en 1.

A partir de ce moment, les installations microphoniques et les piles des abonnés sont seules à agir sur les translateurs phoniques des deux bureaux centraux. La bonne marche de la communication dépend donc uniquement de l'état, plus ou moins parfait, des appareils et des piles dont disposent les abonnés. Nous aurons à revenir sur ce point important.

La conversation terminée, les deux abonnés préviennent les bureaux centraux par un tour de manivelle qui donne naissance à un courant assez puissant pour actionner l'annonciateur et faire tomber la palette.

Tel que le système est appliqué, les abonnés procèdent pour la téléphonie à grande distance absolument de la même manière que pour la téléphonie locale.

La planche VI indique en détail la disposition pratique des installations au bureau central des téléphones et au bureau télégraphique.

Il importe que les télégraphistes soient bien au courant de ces installations pour pouvoir vérifier, avec la compétence voulue, le bon état des divers organes, et localiser promptement les causes des dérangements qui seraient signalés par le service téléphonique. Les recherches doivent se faire avec ordre et méthode.

Tous les matins, à l'ouverture du service, les communications sont essayées entre les bureaux centraux en relation. Le cas échéant, ceux-ci font part aux bureaux télégraphiques en cause du résultat de leurs observations.

Si des circuits laissent à désirer ou paraissent interrompus, le bureau télégraphique examine tout d'abord si les fils composant ces circuits sont praticables pour son propre service. En cas de doute, il vérifie au moyen d'instruments spéciaux l'état d'isolement et la résis-

tance des conducteurs. Il s'assure également si ceux-ci ne sont en contact sur la ligne avec d'autres fils. A cet effet, il fait isoler le fil au poste correspondant et le met de son côté en communication avec la terre en y intercalant un galvanomètre sensible. Les signaux provenant, par dérivation, de fils voisins s'accuseront par des mouvements de l'aiguille aimantée. Il se peut que le défaut ne soit pas assez prononcé pour entraver le travail par appareil Morse et que, cependant, ses effets soient nuisibles à la téléphonie par le fait que l'un des fils formant le circuit double ne se trouve pas dans le même état que l'autre.

Dans ce cas, il convient de remplacer pour la téléphonie le fil reconnu défectueux, si l'on dispose d'une réserve. Il est à remarquer toutefois que, pour ce remplacement, le choix du fil à utiliser a une grande importance. Il y a à tenir compte de la place qu'il occupe sur les poteaux par rapport au fil avec lequel il doit être accouplé. Ainsi que nous l'avons dit plus haut (page 147), il faut, pour l'extinction de l'induction téléphonique, qu'il y ait, autant que possible, compensation entre l'influence que subissent respectivement les fils d'un même circuit de la part de ceux formant les circuits voisins. La carte dressée par le service technique belge indique les fils à employer comme réserve en cas de dérangement.

Lorsque le bureau central des téléphones annonce que la voix est notablement affaiblie sur un circuit, il se peut qu'il existe un contact entre les fils de raccordement ou entre les fils télégraphiques qui sont employés pour la formation du circuit désigné.

Il va de soi que si le défaut est très prononcé, le courant développé par le translateur phonique ne va pas au delà du point de contact qui forme circuit direct ; dans ce cas, la communication entre les deux correspondants est interrompue. De part et d'autre le système d'appel fonctionne — c'est-à-dire que la palette de l'annonceur tombe — sous l'action du courant de départ, mais n'est pas même atteint par le courant venant du poste correspondant.

Lorsque le contact entre les deux fils est imparfaitement établi, le courant éprouve une certaine résistance à passer d'un fil à l'autre ; il s'ensuit que la dérivation ne s'opère que partiellement. Dans ce cas la quantité de courant franchissant le point défectueux, pour se rendre au poste correspondant, peut être suffisante pour faire agir le système d'appel, mais, en tous cas, la voix se trouvera notablement affaiblie.

Il importe donc au plus haut point que, sur tout leur parcours, les deux fils soient parfaitement isolés l'un de l'autre. Lorsqu'on a quelque doute à cet égard, il con-

vient de vérifier, tout d'abord, les fils de raccordement vers le bureau télégraphique. A cet effet, on détache ces deux fils en m et n (planche V) du translateur phonique, on relie l'un des fils à la terre par l'intermédiaire d'un galvanomètre sensible, tandis que sur l'autre on lance le courant d'une forte pile. Si, en un point quelconque, les deux fils sont en contact, soit directement, soit indirectement par les appuis, la quantité de courant passant d'un fil sur l'autre fera dévier l'aiguille du galvanomètre. Si les fils de raccordement sont trouvés en ordre, les recherches doivent être dirigées du côté des fils télégraphiques, qu'on soumettra à la même expérience que ci-dessus, après les avoir isolés aux deux postes en BC et BC' , c'est-à-dire au commutateur d'introduction.

La voix serait également affaiblie, ou la conversation serait même impossible si, au bureau télégraphique, les appareils auxquels aboutissent les fils de ligne utilisés pour la téléphonie offraient une résistance inférieure à 500 unités (voir page 134) ou si, accidentellement, ces fils se trouvaient en communication directe avec la terre.

Pour contrôler le fait, il suffit d'isoler momentanément les deux lignes en BC et BC' . Si, par cette manœuvre, la voix se trouve renforcée, on peut être

certain que, par suite d'un défaut aux installations télégraphiques, le courant téléphonique se perd, en tout ou en partie, vers la terre au bureau du télégraphe.

Il se peut que l'un des deux fils formant le circuit soit coupé en deçà ou au delà du bureau télégraphique.

Le téléphone lui-même peut fournir au bureau central des indications à peu près certaines, surtout si le défaut existe au raccordement vers le bureau télégraphique. En tenant l'instrument à l'oreille on isole successivement les deux fils aux points m et n . Du côté défectueux tout sera silencieux, tandis que de l'autre côté on constatera des bruits d'induction téléphonique et télégraphique. En rétablissant les liaisons, le bruit sera sensiblement le même qu'au moment où le fil non interrompu était seul attaché à sa borne.

Tout d'abord, l'attention doit se porter sur les fils de raccordement. La vérification se faisant par les soins du bureau central, celui-ci prie le bureau télégraphique de boucler les deux fils de raccordement, ou mieux encore de les relier séparément à la terre.

Pour boucler, relier entre elles les bornes F^1 et F^2 de la boîte à séparateurs. Pour relier les deux fils à la terre, relier F^1 et F^2 à T (planche VI).

Le bureau central vérifie s'il n'y a pas de solution de continuité dans les fils de raccordement, en envoyant un courant continu sur l'un des fils tandis qu'il relie l'autre à la terre par l'intermédiaire d'un galvanomètre. Le courant, après avoir parcouru le circuit double, par les deux fils bouclés, agira sur le galvanomètre si tout est en ordre; si, au contraire, il y a rupture, l'aiguille aimantée restera au repos.

Une expérience analogue se fait lorsque les fils sont reliés à la terre. Dans ce cas le galvanomètre est intercalé successivement sur les deux fils à vérifier. L'aiguille déviara sous l'action du courant si le fil est en ordre; elle restera au repos s'il y a rupture.

Si aucun défaut n'a été découvert aux fils de raccordement, le bureau télégraphique doit vérifier ses installations. Son attention doit se porter particulièrement sur les liaisons aux bornes L^1 et L^2 (planche VI) et au point de jonction avec les fils télégraphiques. Il vérifiera, en tous cas, si la communication avec les bureaux correspondants par ces fils ne laisse rien à désirer, et soumettra au besoin ceux-ci à un examen minutieux au moyen d'instruments de mesure.

Le bureau central ne doit jamais négliger d'informer le bureau de raccordement dès que, sur un circuit, il remarque un bruit assez prononcé provenant de trans-

missions télégraphiques. Le système tel qu'il est installé permettant de réaliser le silence absolu lorsque tout est parfait, il importe que les défauts soient recherchés dès qu'ils se manifestent.

Avec un peu d'habitude, on distingue facilement si le bruit est dû à l'induction de fils voisins ou si ce que l'on entend n'est que la transmission des signaux télégraphiques sur les fils mêmes formant le circuit.

On sait que l'effet d'induction ne se manifeste que par un mouvement électrique instantané au début et à la fin des émissions. Si le bruit provient d'une cause de cette nature, on n'entendra dans le téléphone que de petits coups secs, se succédant à intervalles inégaux, mais sans durée appréciable.

Dans ce cas, le bureau central peut remédier lui-même au défaut en faisant glisser dans le sens convenable, mais très peu à la fois, la bobine intérieure du translateur phonique, de manière à équilibrer l'influence exercée, par les conducteurs voisins, respectivement sur les deux fils formant le circuit reconnu imparfait.

Si le bruit provient, non d'un effet d'induction, mais de l'audition directe des signaux transmis par un appareil télégraphique dont le système anti-inducteur agit imparfaitement, on entend distinctement les

signaux complets tels qu'ils sont formés par le manipulateur.

En un mot, lorsque des signaux Morse, par exemple, sont transportés d'un fil sur l'autre par induction, on entend un méli-mélo de petits points que le télégraphiste le mieux exercé saurait difficilement traduire, tandis que, à l'induction directe, on distingue clairement les points et les barres.

Ce dernier défaut doit être recherché au bureau télégraphique. Les recherches doivent être dirigées tout d'abord vers le condensateur; car, si la liaison avec les électro-aimants graduateurs de pile ou de ligne était rompue, la communication télégraphique serait impossible, tandis que le condensateur, qu'il soit relié ou non, n'a aucune action sur cette communication.

Pour reconnaître dans une installation Morse si le condensateur agit régulièrement, le moyen le plus simple et le plus expéditif est de procéder comme suit : on coupe la liaison vers la ligne — chose qui, dans les installations des bureaux belges, se réalise lorsque la boussole à sonnerie est fermée — et l'on transmet des barres, en lâchant vivement le manipulateur après chaque signal. Si le condensateur remplit son office, on observera un courant de retour dans le récepteur Morse. L'électricité accumulée, ne trouvant plus d'issue

vers la ligne, se décharge forcément vers la terre au poste transmetteur.

Lorsque la pile employée est faible, il convient de régler le récepteur assez sensiblement pour que le courant de retour puisse être observé.

Si l'effet ne se manifeste pas, bien que la ligne soit isolée, on peut être certain que le condensateur est sans action par suite d'un défaut à la liaison vers le manipulateur ou vers la terre. Il peut arriver que l'isolement ne soit pas parfait entre les plaques du condensateur ou du paratonnerre ; il en résulterait, qu'à chaque émission, l'électricité, au lieu de s'accumuler comme dans un réservoir, se perdrait en terre, au moins en partie. Il est vrai que ce défaut aurait pour effet de nuire à la communication télégraphique, en raison même de cette dérivation qui aurait pour effet d'affaiblir l'action du courant sur les récepteurs des deux postes en relation. Mais il se peut que le dérangement ne soit pas assez prononcé pour rendre la communication impossible, et que le télégraphiste se contente de sensibiliser l'armature de son appareil sans s'inquiéter de la cause réelle de cet affaiblissement.

Pour vérifier au plus vite si le condensateur ou le paratonnerre ne laisse échapper de l'électricité vers la terre, on coupe momentanément le fil de liaison abou-

tissant à la borne *T* (planche I). Si, par cette manœuvre, le courant, tant au départ qu'à l'arrivée, se trouve renforcé, on acquiert la preuve de l'existence du défaut.

Il convient cependant de s'assurer, tout d'abord, si le paratonnerre n'est pas en cause ; à cet effet, après avoir rétabli la liaison avec la borne *T*, on enlève la plaque supérieure ; le courant reprendra sa force normale si la cause de la dérivation existe de ce côté. Pour faire cesser le dérangement, procéder comme il est dit à la page 85. S'il est démontré que le condensateur est devenu conducteur au point de ne plus exercer son rôle anti-inducteur, il doit être rebuté et remplacé.

Procédant par ordre de probabilités, nous avons écarté tout d'abord la supposition d'un défaut aux électro-aimants graduateurs, pour ne nous préoccuper que des risques de dérangements pouvant se produire aux condensateurs et paratonnerres. Toutefois nous devons appeler l'attention sur ce fait que l'action anti-inductrice des électro-aimants graduateurs serait absolument annihilée si, par suite d'un contact entre les bornes d'attache ou entre les fils de liaison, le courant passait directement en dehors des bobines.

Pour les installations Hughes la marche à suivre en vue de contrôler l'action des condensateurs diffère de celle que nous venons d'indiquer. La méthode à obser-

ver a déjà été indiquée à la page 104. Pour ne pas nous répéter nous nous abstiendrons donc d'y revenir.

Nous avons passé en revue les principaux cas de dérangements qui peuvent se produire aux installations des bureaux télégraphiques et téléphoniques ou aux fils de la ligne. Il nous reste à dire quelques mots des conditions les plus favorables à rechercher pour les relations des abonnés de ville à ville.

Toutes les expériences qui ont été faites, avant l'adoption du système Van Rysselberghe, ont démontré que le problème de la téléphonie de ville à ville, par les fils télégraphiques en plein travail, était parfaitement résolu. La question qui avait dû préoccuper le plus l'inventeur, c'était de réaliser pour la téléphonie et la télégraphie simultanées par les mêmes fils, l'indépendance absolue des deux services. Or, tous les hommes compétents ont dû reconnaître que, sous ce rapport, le système ne laissait rien à désirer. Si un doute subsistait, la démonstration serait facile.

La téléphonie peut-elle être une cause d'entraves pour le service télégraphique?

Toutes les expériences pratiques dont nous avons rendu compte au cours de cette notice disent non, au moins en ce qui regarde les appareils et systèmes en usage en Belgique. Au bureau télégraphique de

Bruxelles, le point central du réseau belge, là où viennent aboutir des lignes de toute étendue, où fonctionnent des appareils Morse et Hughes, desservis en simple ou en duplex, nous avons pu constater à l'évidence : 1° que les électro-aimants graduateurs et les petits condensateurs se dérivant de la ligne n'ont porté absolument aucune atteinte à la vitesse des transmissions; 2° que les raccordements téléphoniques, par l'intermédiaire de condensateurs séparateurs, n'ont diminué en rien l'action des courants sur les appareils télégraphiques.

En un mot, tel fil employé pour le double usage de la téléphonie et de la télégraphie se comporte absolument de la même manière que tel autre affecté exclusivement à la télégraphie.

Au début, les télégraphistes se défiaient bien un peu de tout cet attirail d'instruments nouveaux dont ils connaissaient imparfaitement l'action et l'objet, mais actuellement on peut dire que la confiance s'est imposée par les faits.

Le téléphone a-t-il été rendu complètement insensible aux courants télégraphiques ?

Une expérience très simple suffit pour fournir à cette question une réponse sans réplique. Embranchez un téléphone sur un fil télégraphique en un point quel-

conque au delà du système anti-inducteur, et reliez la seconde borne de l'instrument à la terre; transmettez sur le fil le courant d'une pile très forte — prenons 100 éléments. — Il va de soi que, vu le peu de résistance du circuit dérivé, la presque totalité du courant se rendra en terre par le téléphone. Si ce courant n'est pas gradué, la plaque vibrante sera attirée fortement et donnera lieu à un bruit tellement intense qu'il vous sera impossible de supporter le téléphone à l'oreille. Introduisez le système anti-inducteur, et vous n'entendrez pas plus que si aucun courant ne passait; l'effet est nul, le silence est absolu. La vérification du fait est des plus faciles.

C'est là, incontestablement, le point capital du système. Pour correspondre d'une ville à l'autre, un réseau spécial n'est plus nécessaire; le gros de la dépense est évité. Reste cette question : Étant donné que les fils de communication existent, à quelle distance peut porter la voix transmise par le microphone? Des expériences récentes, faites en Belgique, ont démontré qu'il était possible de correspondre d'une façon assez intelligible par un circuit double — sans interposition de translateur phonique, bien entendu — entre les deux points extrêmes du pays, Ostende et Arlon, distants de 314 kilomètres.

En 1882 déjà, une conversation régulière avait pu s'établir entre Bruxelles et Paris, soit 325 kilomètres, par un fil simple qui servait en même temps à l'échange des télégrammes par appareil Morse.

Depuis lors, la Presse a rendu compte d'expériences faites avec succès dans différents pays du continent et de l'Amérique à des distances atteignant 500 kilomètres et plus.

Certes, il est prudent d'y regarder à deux fois avant de s'enthousiasmer de ces exploits magnifiques de la science ; les sceptiques ont le droit de faire des réserves, et de dire que les résultats de ces expériences n'ont de sanction valable que du jour où ils peuvent être mis à profit pour le service public ; mais ce qui ne saurait être méconnu, c'est que toutes les études des hommes de science tendent vers ce point : augmenter la puissance des systèmes microphoniques de manière à transporter la parole à des distances toujours beaucoup plus grandes. Or, quand on considère le chemin immense parcouru depuis l'apparition de cette merveille, le téléphone Bell, il est permis au moins d'espérer que, grâce à des perfectionnements nouveaux apportés aux appareils transmetteurs, nous ne tarderons pas à pouvoir étendre nos relations par la parole au delà des limites actuelles.

Appliquons-nous donc, en attendant mieux, à tirer le meilleur parti possible des instruments dont nous disposons et mettons tout en œuvre pour augmenter leur puissance; tel est le but à atteindre, puisque nous n'avons plus à nous préoccuper des conducteurs; les réseaux télégraphiques sont là qui nous attendent. Il est vrai que tous les fils de ce réseau doivent être nécessairement armés du système anti-inducteur, et qu'il y a à tenir compte du coût de ces instruments accessoires; mais cette dépense peut-elle être comparée à ce que coûterait l'établissement d'un réseau téléphonique spécial qui, dans l'état actuel des choses, devrait comprendre des circuits doubles pour chaque communication, ou tout au moins des fils à revêtement magnétique?

En Belgique, les réseaux téléphoniques de la plupart des grandes villes sont exploités par la « Compagnie belge du téléphone Bell », qui emploie le microphone Blake à l'exclusion de tout autre. En exposant les avantages et les inconvénients de ce système, nous avons dit qu'il était très sensible et qu'il reproduisait avec toute la fidélité désirable le timbre de la voix; mais nous avons fait ressortir, en même temps, toute la délicatesse que réclamait le réglage du contact microphonique. Nous avons constaté que ce réglage se modifiait aisément sous l'action de causes physiques extérieures, et

que, par conséquent, la pression entre le grain de platine et la pastille de charbon était peu stable.

En général, on peut dire que, pour éviter des crachements avec le réglage moyen, il convient que les interlocuteurs se tiennent à 15 ou 20 centimètres de l'embouchure. Dans ces conditions, la voix conserve toute sa pureté de timbre et se transmet avec une puissance plus que suffisante pour les relations intra-urbaines. Mais il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de correspondre à grande distance d'une ville à l'autre. Ici la situation se modifie : que la communication soit établie par un fil spécial ou par un fil employé pour la télégraphie, il va de soi que, plus la distance augmente, plus il importe que le microphone soit actionné au maximum par la parole.

Or, puisque le système Blake offre cette précieuse ressource de pouvoir être réglé à volonté suivant les besoins, pourquoi n'en profiterait-on pas pour accentuer la pression des points de contact de telle façon que les crachements soient évités, même si la personne qui parle se rapproche autant que possible de la plaque et donne à sa voix toute l'ampleur voulue pour se faire comprendre ? Cette mesure si simple, appliquée à tous les appareils des abonnés, offrirait-elle des inconvénients ? Nous ne le pensons pas ; la sensibilité des appa-

reils ne serait pas diminuée dans des proportions appréciables, et, d'ailleurs, les abonnés qui, actuellement, se croient obligés, en quelque sorte, de se tenir à une distance de 15 centimètres au moins de la plaque, prendraient aisément l'habitude de ne plus parler que tout près de l'embouchure, tant pour leurs relations locales que pour celles à grande distance.

La pile aussi doit fixer particulièrement l'attention. Le microphone Blake ne réclame qu'un seul élément Leclanché pour fonctionner convenablement, mais encore faut-il que cet élément soit en bon état.

Nous convenons volontiers que la pile Leclanché offre de sérieux avantages : comparativement à d'autres systèmes, sa résistance intérieure est modérée, et cette pile donne une grande force électro-motrice. Mais il est reconnu, d'un autre côté, qu'elle est peu stable ; elle se polarise facilement. Il peut y avoir une différence énorme entre le rendement d'un élément frais et d'un autre qui aurait fonctionné, d'une façon continue, pendant quelque temps, ou qui serait mal entretenu. Ces variations de force passent inaperçues dans les relations locales d'une ville, mais elles peuvent devenir une cause d'insuccès lorsqu'il s'agit de correspondre à de grandes distances.

Ainsi que nous l'avons dit déjà, il convient de réduire

dans les proportions les plus minimales la résistance du circuit primaire du microphone. La pile étant un des organes principaux de ce circuit, on peut recommander l'emploi de l'élément Leclanché de grandes dimensions, à plaques agglomérées, sans vases poreux, le pôle négatif étant constitué par une plaque de zinc amalgamé contournée en cylindre.

L'expérience démontre que l'élément Leclanché, le mieux constitué, s'affaiblit après une heure de fonctionnement continu; mais, après un temps de repos, il reprend sa force première.

Pour se placer dans les conditions les plus favorables pour la téléphonie à grande distance, il serait donc utile d'avoir à sa disposition deux piles qui pourraient être mises en service à tour de rôle. La transposition se ferait au moyen d'un petit commutateur.

Mais, dira-t-on, puisque la pile intervient comme un des organes principaux du système de transmission de la parole, pourquoi s'en tenir à un élément? pourquoi n'en prendrait-on pas deux, trois, quatre et plus si c'est nécessaire? Parce que, au delà d'une limite tracée, il devient nuisible de renforcer la pile, surtout lorsqu'il s'agit de transmetteurs à contact unique comme le Blake et le Berliner. Lorsque le courant est trop fort, la voix est plus intense, plus vibrante, mais la parole se transmet

avec moins de netteté; elle devient stridente. De plus, on remarque, même au repos du microphone, un bourdonnement continu qui semble indiquer — et d'aucuns l'affirment — qu'il y a répulsion entre les pièces de contact, qui, ainsi, seraient soumises à un mouvement de trembleur. S'il en est ainsi, on peut donc admettre que ces interruptions, si brusques et si rapides, donnent lieu à une succession de petites étincelles imperceptibles qui finissent par brûler les surfaces de contact. La conductibilité en ce point peut en souffrir et la netteté des ondulations de courant peut s'en trouver altérée.

Nous croyons donc que pour le Blake il y aurait peu ou point d'avantage à employer une pile d'une force supérieure à un bon élément Leclanché de grandes dimensions. C'est dans ces conditions, et avec un réglage parfait des points de contact, que l'appareil paraît devoir donner les résultats les plus favorables.

Ces limites peuvent être franchies sans inconvénient dans les microphones à contacts multiples. Les appareils Ader et Dejongh fonctionnent convenablement avec un seul élément Leclanché lorsqu'il est en bon état; mais ils gagnent notablement en puissance lorsqu'on augmente la pile. Les charbons étant tous réunis en quantité ou disposés, moitié en quantité, moitié en tension, nous avons pu faire usage de six grands éléments

Leclanché répartis en deux séries de trois éléments reliés en quantité. On sait aussi que ces appareils supportent très bien l'accumulateur Faure, à condition, bien entendu, de n'en employer qu'un seul. Si l'on va au delà, les bourdonnements apparaissent généralement.

Toutes ces considérations n'ont que très peu d'importance pour les relations intra-urbaines. Les abonnés correspondent plus ou moins bien suivant l'état de leurs installations, mais, à moins d'interruption complète, ils se comprennent. C'est tout ce qu'il faut. Les appareils, même imparfaits, suffisent à de petites distances. Mais il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit de correspondre d'une ville à l'autre. Il importe donc, au plus haut point, de donner aux moyens de transmission existants leur maximum de puissance.

Certes, on ne pourrait songer à rebuter un système de microphone établi chez les abonnés d'un réseau intra-urbain, sous prétexte que tel autre système se prête mieux aux nécessités de la téléphonie à grande distance; mais il doit nous être permis d'exprimer quelles seraient nos préférences dans le cas où nous pourrions faire un choix entre différents systèmes proposés.

A priori on peut dire qu'un instrument à mettre entre les mains du public aura le plus de succès, rendra le plus de services, si, par sa construction, ou en vertu du principe même du système, il présente des garanties de stabilité telles que son fonctionnement est régulier, uniforme, et que, le moins possible, il réclame l'intervention d'un spécialiste. Ces conditions sont le mieux remplies par les systèmes ne comportant aucun réglage.

Comme nous l'avons déjà dit (23), le meilleur microphone est celui qui est assez sensible pour transmettre fidèlement les chuchotements, et qui supporte les éclats de voix lancés tout près de la plaque vibrante, sans qu'il y ait des crachements et sans que le timbre de la voix soit altéré. Ce sont les conditions à vérifier lorsqu'on veut se rendre compte de la valeur d'un microphone.

Pour la téléphonie à grande distance, il importe de pouvoir renforcer autant que possible l'action électrique. Mais, étant donné qu'on doit nécessairement observer certaines limites, sous peine de provoquer des bourdonnements et de nuire à la clarté de la voix, on peut, me semble-t-il, en conclure que le système à recommander pour les relations lointaines est celui

qui, tout en étant très sensible, supporte une grande force électro-motrice, sans que les contacts microphoniques s'en ressentent.

A tous ces points de vue, nous croyons que les microphones à contacts multiples, comme les systèmes Ader et Dejongh, doivent être préférés. Et si nous étions appelé à faire un choix entre ces deux systèmes, nous nous prononcerions en faveur du second. Par les essais comparatifs que nous avons pu faire, en employant six éléments Leclanché grand modèle, reliés en quantité par moitié, nous avons cru reconnaître que l'appareil Dejongh était tout aussi sensible et que, comme stabilité, il se comportait mieux. Il est entendu que la comparaison a été établie sur des appareils qui se trouvaient en service depuis quelque temps.

Bien que la différence ne soit pas très marquée, elle peut s'expliquer : dans l'appareil Ader les charbons reposent de tout leur poids sur les supports ; si, par suite de la forte intensité du courant, il se produit une certaine combustion aux points de contact, les dépôts nuisibles restent accumulés sans pouvoir s'échapper et les surfaces d'adhérence s'étendent. Si de la poussière s'introduit entre les charbons et les supports, elle s'y maintient et diminue la conductibilité aux points de contact. La résistance opposée au courant primaire

peut s'en trouver augmentée et, les charbons ne se détachant pas assez nettement pendant les vibrations, il se peut que les ondulations du courant soient moins bien accentuées, toutes choses qui peuvent avoir pour effet de diminuer l'intensité du courant induit développé dans le circuit secondaire.

Ces inconvénients sont moins à craindre dans le système Dejongh : grâce à la position verticale de la plaque vibrante et à la disposition des contacts, ceux-ci ne s'établissent certainement que par un seul point, puisque les petits cylindres de charbon reposent contre des pastilles façonnées en segments de cercles. Si des dépôts tendent à se former aux points de contact, ils ne sauraient s'y maintenir ; par ce fait, la conductibilité reste sensiblement la même et les variations d'intensité sont moins possibles que dans le système Ader.

M. Van Rysselberghe, opérant spécialement sur le transmetteur Ader, et, après lui, M. Dejongh dans les différents essais auxquels il a soumis son système, ont fait de nombreuses expériences pour rechercher quel était le nombre de charbons à mettre en action pour obtenir les résultats les plus favorables à la téléphonie à grande distance.

Pendant très longtemps M. Van Rysselberghe s'en était tenu à dix charbons qu'il reliait en quantité.

Après avoir réduit successivement ce nombre à huit, six et quatre, il en est arrivé même, dans certains essais à grande distance, à ne plus employer que deux charbons dont il avait notablement augmenté le poids.

Les premiers spécimens des appareils présentés par M. Dejongh comportaient deux rangées de huit charbons accouplés en quantité par séries de quatre. Peu après, il a diminué graduellement le nombre de charbons et s'est arrêté à un minimum de quatre.

Quelle est la disposition qui convient le mieux ? Nous n'oserions encore nous prononcer d'une façon décisive, attendu que les expériences faites jusqu'ici ne paraissent pas avoir dit leur dernier mot.

Toutefois, d'après les observations que nous avons pu faire dans la pratique, nous croyons pouvoir affirmer qu'un grand nombre de charbons est favorable à la netteté de la voix. On reconnaît mieux la personne qui parle et les syllabes sont mieux accentuées ; en un mot, les vibrations produites par la parole sont transmises plus fidèlement.

D'un autre côté, nous avons remarqué qu'en diminuant le nombre de charbons, la voix devient plus éclatante, mais perd de sa clarté. Il semble que les ondulations du courant électrique, tout en étant plus

accentuées, répondent moins exactement aux mouvements vibratoires imprimés à la plaque. Ce défaut s'accuse particulièrement lorsque le microphone est employé sur des circuits peu étendus, mais il peut devenir peu appréciable dans les relations à grande distance.

On ne pourrait songer à installer chez les abonnés d'un réseau deux microphones disposés différemment pour les relations intra-urbaines et pour celles de ville à ville. Il est donc indispensable de s'en tenir à un type unique pour les deux cas.

Il est un fait acquis, c'est que, plus on réduit le nombre de points de contact, plus on s'expose à provoquer dans l'appareil, à l'état de repos, ces bourdonnements dont nous avons déjà parlé et qui se manifestent lorsqu'on fait usage d'une pile trop forte.

Il en résulte que si, pour accentuer les ondulations du courant, on diminuait le nombre de charbons, on s'astreindrait, par le fait même, à affaiblir l'action électrique, alors que, précisément, toutes les recherches des inventeurs et constructeurs tendent à accroître cette action jusqu'aux dernières limites afin de pouvoir transporter la parole le plus loin possible.

Nous croyons donc qu'il y a un avantage réel à multiplier les points de contact, en restant, bien entendu,

dans certaines limites que l'expérience pratique peut seule déterminer, d'abord parce que la parole transmise y gagne en netteté et ensuite parce que cette disposition permet de renforcer l'action électrique dans une large mesure, sans que l'on ait à craindre les bourdonnements et la production d'étincelles donnant naissance à des dépôts nuisibles.

Il est un autre point qui mérite de fixer l'attention des constructeurs et des exploitants de la téléphonie, et qui, en réalité, a donné lieu dans ces derniers temps à des recherches minutieuses, c'est la disposition la plus favorable à adopter pour la bobine d'induction du microphone, au point de vue de sa forme et de la résistance respective des fils primaire et secondaire (fig. 6).

Il semble, d'après la théorie, que la résistance à donner au fil primaire doive dépendre de celle des contacts microphoniques, et que le fil secondaire se trouve dans les conditions les plus favorables lorsqu'il est proportionné, comme résistance, au circuit extérieur. Mais nous remarquons que, jusqu'ici, les résultats obtenus dans les expériences ne concordent guère avec ces données.

Après des essais comparatifs, M. de Cazenave, ingénieur à la Compagnie belge du téléphone Bell, opérant

sur le microphone Blake, a réalisé les meilleures conditions, en disposant la bobine comme suit :

Longueur : 0,08 à 0,09;

Diamètre total : 0,034;

— *du noyau* : 0,016;

Circuit primaire : Deux couches de fil de 1^{mm},25 de diamètre, donnant une résistance de $\frac{12}{100}$ à $\frac{14}{100}$ d'ohm.

Circuit secondaire : Fil de 0^{mm},24 de diamètre, donnant une résistance de 120 à 150 ohms.

Voici les dispositions adoptées par M. Van Rysselberghe :

Longueur : 0,04;

Diamètre total : 0,03;

— *du noyau* : 0,013;

Circuit primaire : Cinq couches de fil de 0^{mm},9 de diamètre donnant $\frac{12}{100}$ à $\frac{14}{100}$ d'ohm;

Circuit secondaire : Fil de 0^{mm},15 de diamètre, donnant 150 ohms de résistance.

Toutefois, nous croyons savoir que, dans les derniers transmetteurs qu'il a fait construire pour la téléphonie à grande distance, les bobines ont une longueur double et les résistances des fils, primaire et secondaire, ont été établies dans les rapports de 1 à 100, soit, respectivement, 1,5 et 150 ohms. De plus, le noyau plein a été remplacé par un tube fendu de 10^{mm} d'ouverture.

Bien que les résultats obtenus par MM. de Cazenave et Van Rysselberghe soient très favorables, nous ne croyons pas qu'ils puissent servir de base à des lois fixes pour la construction des bobines. Cependant tout semble indiquer qu'il est avantageux de réduire autant que possible la résistance du circuit primaire et que, pour le circuit secondaire, on doit s'attacher particulièrement à ce que l'effet induit s'exerce sur toute la quantité de fil enroulé. Cette quantité doit donc être proportionnée à la puissance inductive maxima que peut développer le circuit primaire. C'est dire qu'on ne gagnerait rien si, pour mettre la résistance de la bobine en rapport avec celle d'une ligne très étendue, on augmentait outre mesure le nombre de tours de fil fin.

Il nous reste à rencontrer un point faible du système Van Rysselberghe. Nous avons expliqué (page 144) le rôle et le fonctionnement du translateur phonique dont l'intervention est nécessaire dans les installations comportant l'emploi de deux fils télégraphiques à mettre en rapport avec un circuit à fil unique, du bureau central vers l'abonné.

Nous savons que, dans ces conditions, le courant électrique développé dans le microphone de l'abonné se rend en terre au bureau central, après avoir traversé

le circuit primaire du translateur phonique. L'action inductive exercée sur le circuit secondaire donne naissance à un second courant qui se répand dans les deux fils de la ligne pour aller à son tour agir sur le translateur phonique du bureau central correspondant, et engendrer, par influence, un nouveau courant qui se rend enfin au téléphone de l'abonné.

Il est à peine nécessaire de dire que toutes ces transformations absorbent une partie de la force initiale du courant et que celui-ci se trouve notablement affaibli à son arrivée au point terminus.

De plus, il est à remarquer que les transformations s'opèrent dans des conditions très défavorables : en effet, dans une bobine d'induction à double fil, on obtient un effet maxima lorsque le fil inducteur offre peu de résistance et, qu'au contraire, le fil induit, sans égard même pour la résistance, s'enroule à un nombre de tours considérable (7).

Or, en observant l'action successive des courants, on constate, qu'au départ, c'est bien la bobine intérieure qui exerce l'action inductive sur les deux bobines à fil fin en relation avec la ligne; jusqu'ici tout se passe donc au mieux, mais, à l'arrivée, ce sont les deux bobines extérieures qui, en dépit de leur résistance relativement forte et de leur grand nombre de tours, sont

appelées à agir comme circuit primaire inducteur à l'égard de la bobine intérieure qui, elle, ne peut recueillir qu'une partie de l'influence, précisément à cause du petit nombre de tours de fil enroulé.

Disons aussi que si l'on veut se ménager la ressource de pouvoir déplacer la bobine intérieure, à seule fin d'équilibrer, ainsi que nous l'avons déjà expliqué, l'influence des deux bobines extérieures, il faut nécessairement qu'entre les deux corps de bobine on laisse un certain jeu; ce qui, encore une fois, peut avoir pour effet de distancer, dans une certaine mesure, les deux circuits, et de diminuer leur action mutuelle.

M. Van Rysselberghe avait bien prévu tous ces inconvénients, mais il avait cru que c'était là un mal qu'il fallait forcément subir si l'on voulait, d'une façon absolue, se mettre à l'abri de l'induction téléphonique qui pouvait se manifester, dans certains cas, malgré l'emploi du fil double. Comme nous l'avons déjà dit, certaines règles doivent être suivies dans l'accouplement des conducteurs à utiliser pour un même circuit; or, par suite de la disposition, souvent irrégulière, des fils télégraphiques, sur toute la longueur d'une ligne de poteaux, il est bien rare que ces règles puissent être strictement observées. C'est pourquoi l'inventeur avait supposé qu'un moyen de réglage était indispensable.

Plus tard, l'exploitation pratique du système sur les lignes belges a permis de reconnaître, qu'en réalité, l'induction téléphonique était moins à craindre qu'on ne l'avait cru. Dès ce moment, M. Van Rysselberghe s'est préoccupé de modifier la construction de ses translateurs phoniques en vue de leur donner une plus grande puissance. Le dernier modèle adopté ne comporte plus que deux bobines à double fil, montées sur une planchette et placées perpendiculairement, l'une par rapport à l'autre, afin d'éviter qu'elles ne puissent s'influencer mutuellement par induction. En réalité, l'action électrique est la même que celle qui a été définie à propos des figures 17 et 18; rien n'est changé non plus dans la liaison des fils à leurs bornes respectives. Mais, au point de vue de l'effet à produire, c'est-à-dire de la transformation des courants, tant à l'arrivée qu'au départ, le translateur est placé dans des conditions aussi parfaites que possible et remplit mieux son office.

Après des expériences pratiques multipliées, M. Van Rysselberghe a recherché quelle était au point de vue du nombre de spires et de la résistance des circuits, primaire et secondaire, la disposition la plus convenable à adopter pour les bobines de son translateur phonique. Il a trouvé que la transformation électrique

s'opérait dans les conditions les plus favorables avec une résistance moyenne de 600 ohms pour le circuit secondaire en relation avec les deux lignes, et de 150 ohms pour le circuit primaire local.

Il est à noter toutefois qu'il importe au plus haut point que la puissance inductive des deux bobines soit équilibrée. On comprend, en effet, que rien ne servirait de former les circuits téléphoniques doubles au moyen de deux fils télégraphiques soumis à une influence égale de la part des circuits voisins, si, d'un autre côté, le fil secondaire des bobines exerçait une action différentielle sur le fil primaire aboutissant au téléphone récepteur. A vrai dire, l'équilibre parfait est difficile à réaliser, à cause de la sensibilité excessive du téléphone devant laquelle la différence d'action la plus minime ne saurait trouver grâce. Il est donc nécessaire que le constructeur, tout en s'écartant le moins possible de la proportion des résistances indiquée plus haut, apporte des soins tout particuliers à l'enroulement des fils, et se préoccupe du nombre de tours à adopter pour les deux circuits en vue d'obtenir une action inductive suffisante au départ sans trop sacrifier l'action à l'arrivée, alors que le fil en relation avec les deux lignes doit agir, dans les bobines, comme circuit inducteur.

Nous croyons qu'on atteint les résultats les plus favorables en faisant choix, pour les deux circuits, de fils dont le diamètre soit proportionné de telle façon, qu'avec un même nombre de couches, on réalise à peu près les résistances respectives de 600 et de 150 ohms.

En tous cas, voici un moyen pratique de vérifier si le fil fin des deux bobines exerce une action égale sur le fil gros : on embranche, sur un fil télégraphique en service, et non armé du système anti-inducteur, une dérivation sur laquelle on interpose un petit condensateur de $\frac{1}{2}$ micro-farad. On fait aboutir ce fil de dérivation, à la fois, aux deux bornes d'entrée du circuit secondaire des bobines, tandis que les bornes de sortie sont reliées entre elles ou à la terre. Les deux extrémités du circuit primaire des bobines sont reliées à un téléphone sensible. Dans ces conditions, les courants provenant du fil télégraphique, en suivant la bifurcation vers les deux bobines, traversent celles-ci en sens opposé. Si l'action exercée, de part et d'autre, sur le circuit primaire est parfaitement équilibrée, l'action inductive est neutralisée et le téléphone reste silencieux.

Nous répéterons toutefois que ce degré de perfection est très difficile à réaliser; si l'on ne perçoit que très faiblement les signaux, on peut s'en contenter. Il y a

lieu de considérer, en effet, que les lignes télégraphiques appropriées à la téléphonie ne sont pas à craindre puisqu'elles sont pourvues du système anti-inducteur et que, d'un autre côté, là où les forts courants émis par le télégraphe ne donnent lieu qu'à un bruit peu appréciable, l'action électrique relativement insignifiante du microphone restera sans effet. On peut en conclure qu'une perfection absolue d'équilibre n'est pas indispensable pour parer à l'induction téléphonique.

Par le procédé de vérification que nous venons d'indiquer, on parvient aussi à comparer l'action respective de chacune des deux bobines, surtout lorsque la différence est sensiblement marquée. A cet effet, on les fait agir isolément, et à tour de rôle, en enlevant alternativement de l'un et de l'autre côté les fils de liaison aux bornes du translateur phonique. Il va de soi que, dans ces conditions, on supprime toute action neutralisante et que les signaux s'accusent avec une grande intensité dans le téléphone; mais, en y prêtant toute son attention, on réussit, le plus souvent, à distinguer laquelle des deux bobines l'emporte sur l'autre.

Ces données peuvent devenir précieuses, pour leur application au cas de deux fils qui, étant accouplés pour un même circuit, se trouvent influencés différem-

ment par les circuits voisins. On améliore l'état d'équilibre en reliant à la ligne la moins influencée la bobine dont l'action est prépondérante par rapport à l'autre.

La dernière disposition adoptée pour les translateurs phoniques a donné des résultats heureux, en ce sens que la perte de force qui résulte de la transformation des courants est moindre. Mais il n'en est pas moins vrai que la perte subsiste, et nous croyons que, dans l'état actuel des transmetteurs microphoniques, l'interposition des translateurs a pour effet de restreindre à 150 ou 200 kilomètres les limites de la téléphonie à grande distance. Au delà de ces limites on parviendrait peut-être encore à se comprendre en se plaçant aux deux postes en relation dans des conditions très favorables ; mais, pour la correspondance courante entre les abonnés, la voix se trouverait trop affaiblie pour qu'il soit permis de compter sur un service régulier.

Hâtons-nous de dire, cependant, que l'inconvénient résultant de l'emploi de translateurs phoniques ne doit pas être imputé au système Van Rysselberghe proprement dit. Il est inhérent à toute installation qui implique le transport de la voix d'un circuit double sur un fil simple allant de la station centrale téléphonique vers l'abonné.

Or, il est reconnu à l'évidence que, pour combattre

l'induction téléphonique, le circuit double est indispensable du moment où plusieurs communications doivent être établies à la fois par des fils empruntant les mêmes poteaux ou chevalets sur une distance de quelques kilomètres. Si l'on considère, d'un autre côté, que la plupart des réseaux téléphoniques urbains comprennent un seul fil par abonné, on comprend aisément que l'intervention du translateur phonique s'impose, qu'il s'agisse de relier les villes entre elles par des fils spéciaux ou par les fils télégraphiques utilisés en double.

Ici nous croyons utile de placer une observation : en se méprenant sur le véritable objet du système Van Rysselberghe, on se figure généralement que l'emploi des fils télégraphiques pour la téléphonie à *grande distance* doit permettre les relations par la parole aussi loin que portent ces fils. C'est là évidemment une erreur. Le système nouveau offre ce précieux avantage de doter les nations de réseaux téléphoniques, tout établis, pour la correspondance de ville à ville. Il réalise un progrès immense en ce sens qu'il permet à la téléphonie de prendre une extension qu'elle aurait dû s'interdire, dans la majeure partie des cas, si des réseaux spéciaux avaient été nécessaires, et cela en raison même des frais énormes qu'aurait entraînés l'établissement de

ces réseaux. Mais il doit être entendu que ce système n'a nullement pour effet d'augmenter la puissance des microphones existants. La vérité est que M. Van Rysselberghe peut prendre l'engagement formel d'assurer la correspondance verbale par les fils télégraphiques aussi loin que la voix peut porter sur des réseaux affectés spécialement à la téléphonie. C'est dire que l'avenir du système est intimement lié aux progrès que l'on réalisera dans la combinaison et la construction des microphones. A mesure que les appareils transmetteurs se perfectionneront, les propriétaires du brevet Van Rysselberghe verront s'étendre leurs moyens d'action et leur terrain d'exploitation. Et qui sait? Étant donnée la préoccupation des inventeurs à vouloir augmenter la puissance des microphones, on parviendra peut-être à suppléer — comme on le fait en télégraphie — à l'insuffisance de l'action électrique développée dans le microphone par un système de relais téléphonique que l'on interposerait, de distance en distance, sur les lignes très étendues.

Remarquons aussi que les translateurs phoniques, tels qu'ils sont construits actuellement, diminuent la puissance de la voix dans des proportions moindres qu'on ne pourrait se le figurer. Nous avons eu l'occasion de le constater, encore dernièrement, en Suisse sur la

ligne télégraphique de Lausanne à Genève, que l'Administration fédérale a fait approprier à la téléphonie, suivant le système Van Rysselberghe.

Une expérience pratique que nous avons eu l'occasion de faire nous a particulièrement frappé : la distance qui sépare les deux localités précitées est de 61 kilomètres.

La station centrale de Lausanne se trouve reliée par un fil unique, posé sur une ligne spéciale de poteaux, aux réseaux téléphoniques de Vevey, Montreux et Aigle, trois localités échelonnées, le long du lac Léman, sur une distance de 50 kilomètres environ.

A part quelques travaux de détail, l'appropriation de la ligne télégraphique fut terminée en une quinzaine de jours. Les abonnés de Genève et Lausanne furent admis immédiatement à correspondre entre eux, à titre d'essai. Les microphones employés étaient de divers systèmes ; le Blake était le plus répandu. Les conversations échangées par cet appareil comme par le Crossley, l'Ader, le Berliner et le Theiler furent des plus faciles, bien entendu lorsque les appareils et les piles se trouvaient dans un état satisfaisant.

Ce résultat étant acquis, il était important de reconnaître si les abonnés de Genève pourraient correspondre avec ceux de Vevey, Montreux et Aigle aussi bien qu'avec ceux de Lausanne. Le doute à cet égard était permis. Il

s'agissait de transporter la voix transmise par un circuit double de 61 kilomètres sur un fil simple s'étendant sur une longueur de 50 kilomètres. On se trouvait évidemment dans des conditions moins favorables que si le circuit extérieur complet avait été constitué par un double fil, avec un translateur phonique aux deux stations centrales extrêmes. Ici, le courant transformé, et par conséquent affaibli, avait à parcourir une distance de 50 kilomètres avant d'arriver au téléphone récepteur de l'abonné du réseau d'Aigle. De même, le courant engendré par le microphone de cet abonné n'exerçait son action sur le translateur phonique de Lausanne qu'après avoir vaincu le même obstacle.

Franchement, avant l'invention du téléphone, on n'aurait pas pu s'imaginer qu'une action électrique aussi insignifiante et si fort contrariée pouvait encore produire un effet utile à une distance de 110 kilomètres.

Ajoutons que, sur la section Lausanne-Genève, l'un des fils du circuit double n'était pas continu. Il était constitué par deux fils venant respectivement de Genève et de Lausanne et prenant une autre direction à un point de bifurcation situé à environ 10 kilomètres de cette dernière station. Le transport de la voix d'un fil sur l'autre s'effectuait par l'intermédiaire d'un *connecteur*. Ce procédé a été expliqué à la page 163.

Malgré toutes ces difficultés, l'expérience a été très concluante : les abonnés d'Aigle, comme ceux de Montreux et de Vevey, ont pu tenir une conversation suivie avec leurs correspondants de Genève. Ajoutons que les conditions atmosphériques n'étaient guère favorables. Le temps était très humide, les nuages traînaient dans la vallée, et, à tout instant, la pluie tombait en fortes ondées : autant de causes de déperditions qui devaient affaiblir notablement les courants transmis et reçus.

Nous pourrions citer bien des faits et des expériences qui établiraient combien de ressources offre le système Van Rysselberghe, mais, pour ne pas entrer dans la voie des anecdotes, nous nous bornerons à l'exemple dont nous venons de rendre compte, pour aborder le cas où la suppression du translateur phonique s'impose ou devient possible.

La distance à laquelle peut se transmettre la parole par l'intermédiaire des translateurs phoniques dépend évidemment de la conductibilité et de la charge des fils de la ligne, télégraphique ou téléphonique.

Maintenant que certaines administrations, surtout en Amérique, ont adopté ou sont sur le point d'adopter les fils de petit diamètre en bronze ou en cuivre, pour leurs longues lignes, on peut prévoir que, par ce moyen, l'action des courants téléphoniques pourra s'étendre à des

distances dépassant, dans de considérables proportions, celles que l'on atteint par des fils en fer ou en acier, d'un diamètre de 5^{mm}.

Il est à remarquer qu'en téléphonie surtout, il y a peu d'avantage à renforcer, sur les longues lignes, le diamètre des fils, attendu que, à côté de la diminution de résistance, il y a lieu de tenir compte de la capacité électro-statique, qui a une très grande importance.

Le phénomène de charge se trouvant prolongé, les ondulations du courant téléphonique sont moins accentuées, moins brusques, et, dans ces conditions, lorsqu'un translateur se trouve intercalé entre la ligne et le poste microphonique, les courants induits qui prennent naissance dans les bobines différentielles et sont appelés à agir sur le téléphone récepteur, se trouvent fort affaiblis.

A ce propos, nous croyons utile de mentionner ici des expériences qui ont été faites en Belgique, et dont on a bien voulu nous communiquer les résultats.

Sur une distance donnée — prenons 50 kilomètres — il s'agissait de comparer comment se transmettrait la voix, 1° par un fil simple, 2° par deux fils parallèles accouplés en quantité et 3° par les deux mêmes fils formant un circuit complet sans intervention de la terre.

En prenant comme donnée le résultat obtenu par le

fil simple, il fut constaté que, par l'emploi de la deuxième disposition, la voix était plutôt affaiblie, bien que la résistance du circuit extérieur eût été réduite de moitié. On obtenait un meilleur résultat lorsque, sans faire usage de la terre, on bouclait les deux fils : la voix était au moins aussi forte que par le fil simple.

Tout d'abord, ces effets paraissent étranges. On est porté à croire qu'en substituant à la terre un fil de ligne offrant une résistance de 50 kilomètres et représentant une masse métallique assez considérable, l'intensité du courant doit se trouver affaiblie. D'un autre côté, il semble qu'en accouplant les deux fils en quantité, au lieu de les boucler, on se place dans des conditions plus favorables, puisque, sans augmenter la capacité électro-statistique, on réduit la résistance au quart.

Puisqu'il n'en est pas ainsi, les effets observés doivent être dus à des causes spéciales qui méritent d'être recherchées. Sans vouloir faire ici un exposé de principes absolus, nous croyons que l'explication suivante est assez admissible : dans le cas de l'accouplement en quantité, les courants téléphoniques parcourent les deux fils dans le même sens et provoquent d'un fil à l'autre un effet d'induction, en sens inverse, qui contrarie l'action du courant principal. En bouclant les



deux fils, les courants parallèles suivent une direction contraire; il en résulte que l'effet d'induction mutuel s'ajoute au courant principal et tend à le renforcer. C'est probablement aussi pour cette dernière raison que la voix ne perd rien de sa force lorsque, au fil simple, on substitue un circuit double sans intervention de la terre.

Au surplus, voici d'autres résultats qui semblent devoir fournir une sanction à ce raisonnement : Si, au lieu d'employer, pour l'accouplement en quantité, deux fils parallèles voisins, on fait choix de conducteurs empruntant deux différentes lignes de poteaux, l'avantage résultant de la diminution de résistance s'affirme : la voix est plus forte que par le circuit bouclé. Si l'on emploie ces deux mêmes fils pour en former un circuit métallique complet, sans terre, on constate que la voix est plus faible que par un fil simple ou par les deux fils accouplés en quantité.

Il est entendu toutefois que ceci n'est qu'une simple dissertation, et qu'une disposition qui consisterait à utiliser deux fils suivant des lignes différentes ne serait pas recommandable, attendu que, au point de vue de l'induction provenant des circuits voisins, on se placerait dans des conditions même plus défavorables qu'en employant un fil simple.

Revenons maintenant au cas où le translateur phonique peut ou doit être supprimé. En examinant la figure 17, ainsi que les planches V et VI, on constate que le fil fin enroulé sur les deux bobines différentielles et correspondant au circuit extérieur aboutissent à la terre. C'est ainsi, disions-nous (p. 145), que l'indépendance des deux fils télégraphiques est assurée.

Si l'on dispose de deux fils allant de la station centrale téléphonique vers l'abonné, la transformation des courants par l'intermédiaire du translateur phonique devient évidemment inutile. Mais, dans ces conditions, la communication avec la terre est supprimée, et l'on peut se demander s'il n'y aura pas un mouvement électrique d'un fil télégraphique à l'autre lorsque de forts courants viendront charger les condensateurs séparateurs *CS* et *CS'*.

C'était là une question très importante qui restait à élucider. Nous fîmes d'abord quelques expériences de cabinet, dont les résultats nous parurent assez inquiétants. Faisant usage de deux installations Morse, nous les avions reliées par l'intermédiaire de deux condensateurs de $\frac{1}{2}$ micro-farad, avec interposition d'une résistance équivalente à celle d'un poste micro-téléphonique. Dans ces conditions, les signaux transmis au moyen d'une forte pile, à travers les condensateurs,

s'accusaient par de petits points perceptibles sur la bande, lorsque l'appareil Morse était sensiblement réglé. L'effet, tout en étant peu accentué, pouvait troubler les signaux échangés entre deux bureaux télégraphiques. Il paraissait évident, dès lors, que sur des lignes desservies par des appareils sensibles, tels que le Hughes, le phénomène devait rendre le travail impossible. S'il en était ainsi, si, décidément, l'interposition de la terre entre les deux condensateurs séparateurs était nécessaire, les installations téléphoniques ordinaires ne pouvaient convenir pour les relations à grande distance, au moyen de fils télégraphiques se prolongeant en circuit double jusque chez l'abonné. Une transformation s'imposait. On aurait pu, par exemple, faire usage de téléphones récepteurs dont le noyau magnétique aurait été soumis à l'influence de deux bobines accouplées, à l'instar de la disposition adoptée pour le système d'appel phonique (fig. 19). Mais on aurait peut-être hésité à se soumettre à cette complication, attendu qu'elle impliquait l'obligation de transformer les appareils de tous les abonnés.

Il était permis toutefois de ne pas considérer comme définitifs des résultats obtenus dans des conditions qui ne se rapportaient pas strictement à la pratique. Il restait à examiner si les mêmes effets se produiraient en

procédant sur des lignes télégraphiques réelles et armées du système anti-inducteur (fig. 11).

Les expériences furent faites tout d'abord au moyen de deux fils desservis par Morse. Allant dans la même direction sur un parcours de près de 100 kilomètres, ces fils se trouvaient dans les conditions voulues pour être affectés à la téléphonie à grande distance. A vrai dire, nous nous attendions à observer les mêmes résultats que précédemment; mais, chose étrange, les courants de charge ne se transmettaient nullement d'un appareil Morse à l'autre, alors même que les condensateurs séparateurs C^1 et C^2 (fig. 17) se trouvaient reliés directement, sans interposition d'aucune résistance, et que les appareils Morse étaient réglés à la sensibilité maxima.

Ces résultats favorables furent entièrement corroborés par des essais minutieux faits au moyen de l'appareil Hughes. Là, nous nous trouvions en présence d'un système magnétique spécial qui pouvait être réglé de telle sorte que la moindre trace de courant devait avoir de l'action sur l'armature. Les deux fils choisis pour l'expérience allaient respectivement de Bruxelles à Liège (gare) et Liège (central), distance 100 kilomètres. Un essai préalable avait démontré que les deux appareils à Bruxelles fonctionnaient très bien, en court

circuit, sous l'action d'un seul élément Leclanché, tandis que la pile employée pour le travail en ligne fut portée de 40 à 100 éléments. Au point de vue de l'indépendance des relations par les deux fils, nous nous étions donc placés dans les conditions les plus défavorables. Néanmoins, nous avons pu constater que les courants transmis par l'un des appareils n'avaient, pratiquement, aucune action sur l'armature de l'autre appareil. C'était à peine si, de temps en temps, on observait un signal en retard (*A* au lieu de *B*), lorsque des combinaisons de signaux se transmettaient, à la fois, par les deux appareils. Mais cet effet ne se produisait que quand on atteignait, par le réglage des ressorts de l'armature, une sensibilité excessive qui, dans la pratique, serait difficile à réaliser et ne pourrait être admise, en aucun cas, pour les relations ordinaires entre deux bureaux.

Ces résultats étaient précieux, en ce sens qu'ils nous démontraient que l'indépendance des deux fils télégraphiques était assurée sans interposition de la terre, et que, par conséquent, on pourrait sans aucun inconvénient prolonger le double circuit de la ligne télégraphique vers l'abonné, sans qu'il fût aucunement nécessaire d'avoir recours à une disposition spéciale des postes téléphoniques.

Toutefois, pour pouvoir affirmer ces faits avec une entière conviction, nous avons tenu à ne pas nous contenter d'une simple expérience, et nous avons laissé subsister, pendant plus d'un mois, la liaison entre les deux fils vers Liège par l'intermédiaire de deux petits condensateurs de $\frac{1}{2}$ micro-farad. En tenant ces fils en observation nous avons pu constater que cette combinaison n'a jamais troublé les relations, par Hughes ni par Morse, avec les deux bureaux.

Il reste à expliquer la non-corcordance entre les premiers résultats et ceux obtenus dans la pratique réelle du travail télégraphique. Des essais comparatifs faits au moyen d'une pile de 100 éléments et de deux fils de 125 kilomètres de longueur nous ont fourni des données que nous croyons assez probantes pour pouvoir nous prononcer sur cette question. Lorsque nous coupions le fil à la sortie du bureau et que nous empêchions ainsi le courant de se rendre sur la ligne, les courants de charge et de décharge des petits condensateurs séparateurs interposés dans le bureau entre les deux fils s'observaient assez facilement à l'appareil Morse. Dès que nous rétablissions les liaisons vers la ligne l'effet disparaissait, sauf une légère palpitation de l'armature que l'on ressentait lorsque, du doigt, on la rapprochait le plus possible des pôles de l'électro-aimant. L'effet, à

la décharge, s'accroissait légèrement lorsque le condensateur, relié en dérivation au manipulateur (fig. 11), était supprimé. De tout quoi l'on peut conclure que quand le courant trouve une issue vers la ligne, il délaisse les condensateurs séparateurs sans les charger complètement. Le fait s'explique d'ailleurs par le raisonnement : reportons-nous à la figure 14, pour plus de simplicité. Arrivé en *m*, le courant du poste A se dérive vers le condensateur C et tend à le charger. Mais, à mesure qu'il absorbe de l'électricité, le condensateur se comporte comme un conducteur dont la résistance augmente graduellement jusqu'à ce qu'elle devienne infinie. Ce sera le moment où le condensateur aura pris son maximum de charge. Mais, bien avant que ce moment soit arrivé, la résistance opposée par le condensateur sera tellement grande que la quantité de courant qui se dérivera de ce côté sera certainement inappréciable. Cela est hors de doute, surtout lorsqu'il s'agit de condensateurs de $\frac{1}{2}$ micro-farad qui, en se chargeant même au maximum sous l'action d'une pile de forte tension, n'exercent presque pas d'action sur l'armature, sensiblement réglée, d'un appareil Morse. On peut donc admettre que cette action est nulle, en pratique, puisque la charge reste de beaucoup au-dessous du maximum.

Nous disions aussi que le condensateur relié en dérivation au manipulateur (fig. 11) intervenait pour annihiler l'action d'un fil sur l'autre, dans le cas de la figure 17. Il est probable, en effet, que les légères décharges venant du côté de la ligne sont absorbées par ce condensateur et n'atteignent même pas le récepteur.

Il est donc établi, par les faits, que le système Van Rysselberghe se prête parfaitement aux relations des abonnés de deux réseaux quelconques, par l'intermédiaire des fils télégraphiques, sans qu'aucune modification doive être apportée aux installations employées pour la téléphonie urbaine. Toutes les combinaisons recherchées par l'inventeur ont visé ce but, et nous pensons que les administrations qui exploitent son système seront unanimes à déclarer qu'il a réussi aussi complètement qu'on pouvait le désirer.

Pour terminer cet exposé, nous croyons utile de mentionner certaines applications spéciales du système.

On sait quel succès eurent à Paris les auditions musicales à l'Exposition universelle d'électricité de 1881. Au Palais de l'Industrie, à 2 kilomètres de distance, les visiteurs de l'Exposition assistaient aux représentations du Grand Opéra. Ce résultat fut considéré comme merveilleux; mais on peut dire que l'attrait du nouveau fut

pour beaucoup dans l'empressement que montra le public à venir assister à ces auditions. Pour tous ceux qui se connaissaient en téléphonie il était hors de doute que la parole chantée pouvait se transmettre au moins aussi facilement que les conversations. Tout dépendait de la répartition judicieuse des appareils microphoniques sur la scène et à l'orchestre. Sous ce rapport les dispositions prises étaient des plus ingénieuses. Elles se trouvent expliquées en détail dans l'ouvrage de Dumoncel traitant du microphone.

Grâce au système Van Rysselberghe, une extension plus grande put être donnée, en Belgique, à ces expériences.

S. M. la Reine des Belges se trouvant en villégiature à Ostende, l'inventeur s'offrit à relier le Chalet royal au théâtre de l'Opéra à Bruxelles, en utilisant les fils télégraphiques. Cette offre ayant été agréée avec empressement par la Reine, des liaisons furent établies, par circuit double, à partir des bureaux télégraphiques de Bruxelles et d'Ostende, d'une part vers le Théâtre, de l'autre vers le Chalet royal. Ces liaisons aboutissaient par l'intermédiaire de petits condensateurs séparateurs de $\frac{1}{2}$ micro-farad, et sans interposition de translateurs phoniques, à deux fils servant aux relations continues entre Bruxelles et Londres.

Pour ce qui concerne l'installation des microphones au Théâtre, nous laissons la parole à M. Ch. Murlon, de la maison Murlon et C^{ie} à Bruxelles qui a acquis le droit exclusif de l'exploitation du brevet Van Rysselberghe, et qui a, par conséquent, été chargée de tous les travaux d'installation indiqués par l'inventeur :

.... « Les microphones, placés d'abord aux galeries supérieures, furent ensuite disposés de la façon suivante : six transmetteurs à charbons étaient installés le long de la rampe, un double microphone se trouvait en face du trou du souffleur ; en outre, deux appareils étaient placés de chaque côté du chef d'orchestre, faisant face aux musiciens. Un microphone fixé près de chaque loge d'avant-scène complétait l'installation.

» Afin de gagner de la place, on n'avait installé pour chaque microphone que la planchette avec les charbons disposés dans une boîte en zinc avec un cadre métallique. Les microphones étaient placés à côté du chef d'orchestre et étaient disposés de façon à recevoir le son sur les deux faces.

» Tous ces microphones étaient montés en quantité et ne formaient en réalité qu'un seul et même transmetteur communiquant à une bobine unique placée près de l'accumulateur Faure, destiné à actionner les microphones et disposé sous la scène. »

L'essai fut couronné d'un succès complet. Les moindres détails de l'exécution étaient transmis fidèlement à une distance de 125 kilomètres. Nous pouvons même affirmer que, tout en se rendant parfaitement compte de l'ensemble, on distinguait les différentes parties du chant et de l'accompagnement mieux que si l'on s'était trouvé dans la salle de spectacle.

S. M. la Reine s'est montrée enchantée des résultats obtenus et en a témoigné toute sa satisfaction à M. Van Rysselberghe ainsi qu'à ses collaborateurs.

A son retour d'Ostende, Elle a manifesté le désir que le Château royal de Laeken fût relié au Théâtre. Actuellement cette liaison est établie à l'état permanent au moyen de deux fils télégraphiques accouplés en circuit double.

Au moment où nous écrivons, l'Administration des Télégraphes s'occupe de mettre le palais de l'Exposition universelle d'Anvers en communication avec le Waux-Hall du Parc de Bruxelles où, tous les soirs, l'orchestre complet de l'Opéra donne un concert, auquel les visiteurs de l'Exposition auront l'avantage d'assister à 50 kilomètres de distance. Des expériences, faites dès le mois d'août de l'année passée, ont établi que cette nouvelle application du système Van Rysselberghe pouvait donner d'excellents résultats.

Tout ceci établit, une fois de plus, les ressources variées qu'offre ce système et nous ne désespérons pas que, grâce à l'admirable invention de notre compatriote, les directeurs des premières scènes lyriques pourront, d'ici à peu de temps, se créer dans les différentes villes de province une nouvelle catégorie d'abonnés qui, sans se déranger de leur domicile, pourront assister aux représentations théâtrales, à des centaines de kilomètres de distance.



TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
AVANT-PROPOS	v
NOTIONS PRÉLIMINAIRES. — Induction.	1
Courant d'induction	1
Circuit du courant.	3
Sens des courants induits	4
Certaines conditions de force du courant induit.	4
Effet induit dû aux variations d'intensité du courant circu- lant dans le circuit inducteur	6
Résistance	7
Bobine d'induction	8
Induction par les aimants	10
Effets d'induction se produisant dans un électro-aimant parcouru par un courant	12
Effet d'induction dû à la surexcitation du magnétisme d'un aimant	13
Le Téléphone	15
Action au départ	17
Courants ondulatoires.	17
Action à l'arrivée.	18
Le téléphone est une petite machine d'induction	18
Sensibilité du téléphone	19
Le Microphone. — Principe du microphone	21
Description	23
Circuit local du microphone	27
Utilité du crochet de suspension dans les systèmes micro- phoniques	29
<i>Remarque importante</i>	30

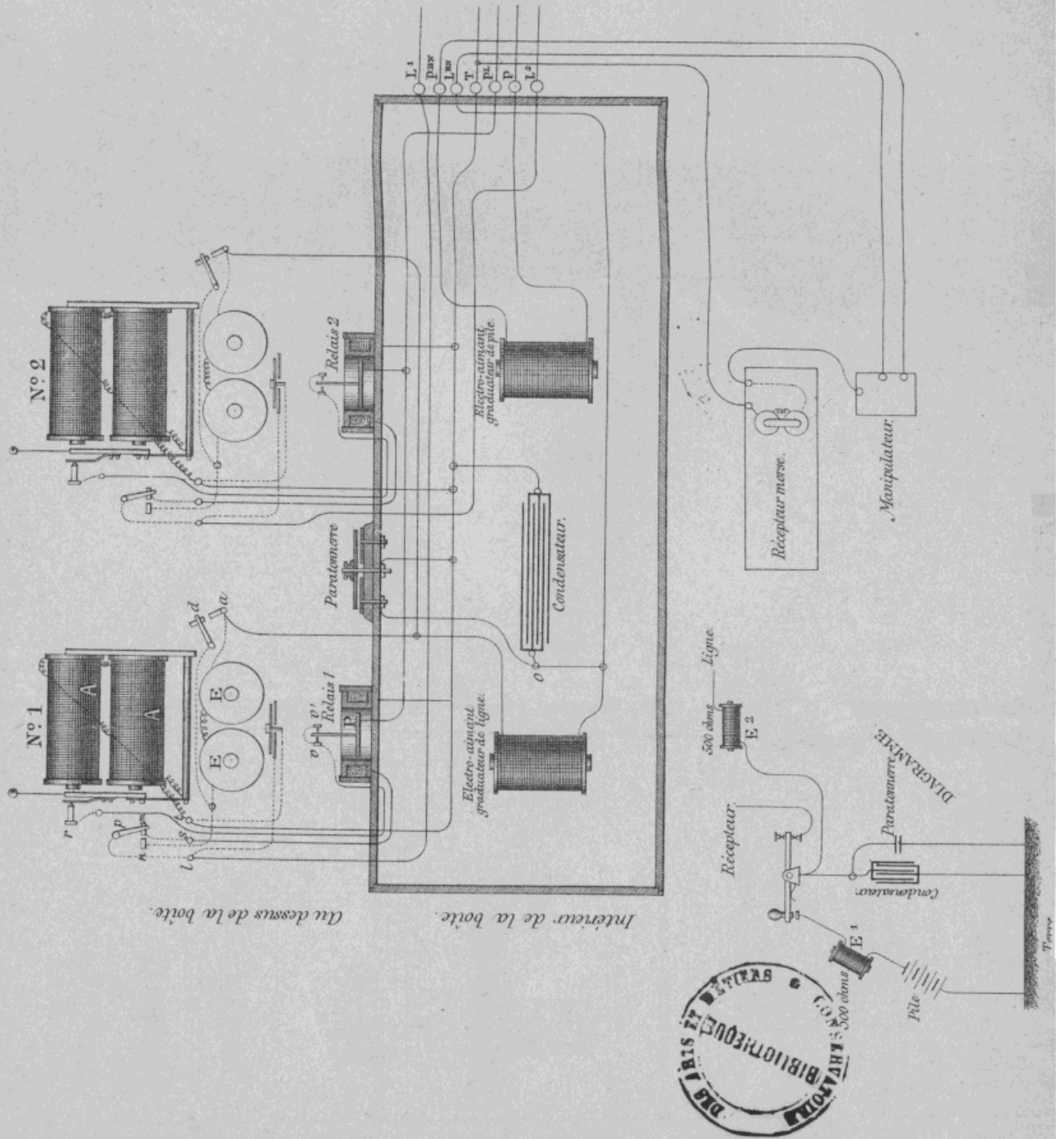
	Pages.
Transmetteurs microphoniques. — Considérations générales	31
Les conditions les plus favorables à rechercher,	33
Système Ader	35
— Blake	39
— Berliner	43
— Dejongh	45
<i>Observations générales.</i>	49
TÉLÉPHONIE A GRANDE DISTANCE	59
Application du système anti-inducteur de l'appareil Hughes,	92
— — — au « Duplex »	113
— — — aux translateurs	124
— — — aux fils internationaux. . . .	126
TÉLÉPHONIE ET TÉLÉGRAPHIE SIMULTANÉES	
PAR LE MÊME FIL,	129
Système d'appel phonique,	151
APPLICATION DU SYSTÈME. — Considérations générales	157



SYSTÈME VAN RYSELBERGHE.

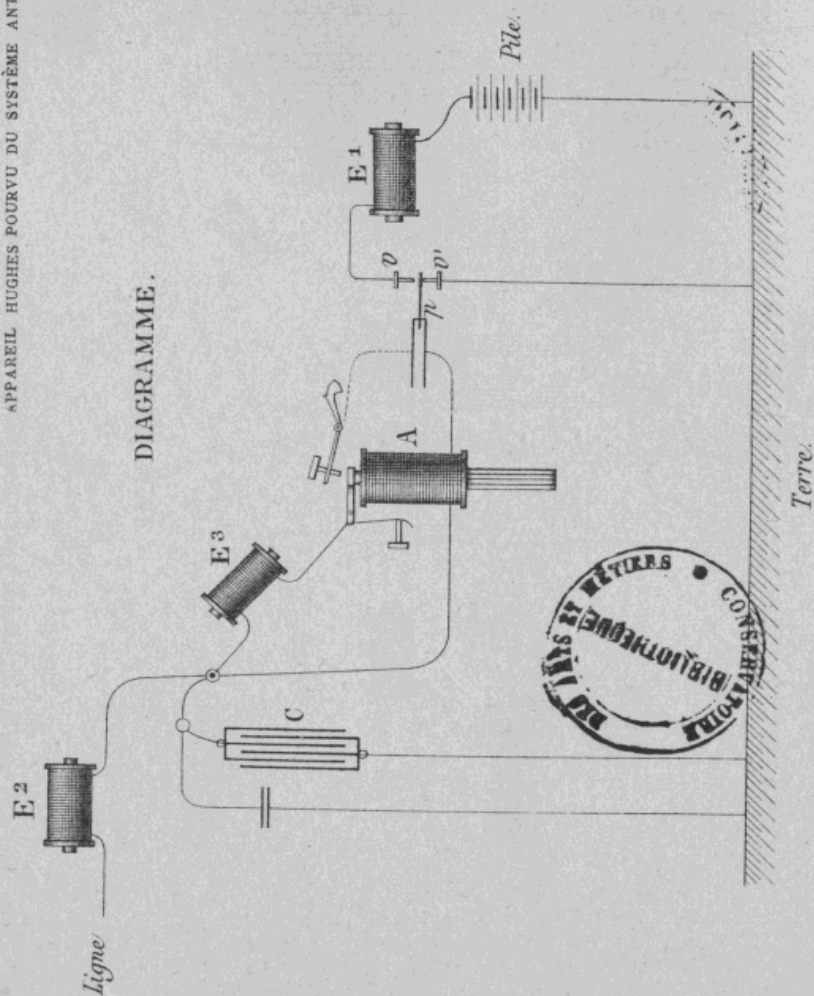
PL. I.

INSTALLATION D'UN POSTE MORSE A DEUX DIRECTIONS POURU DU SYSTÈME ANTI-INDUCTEUR.

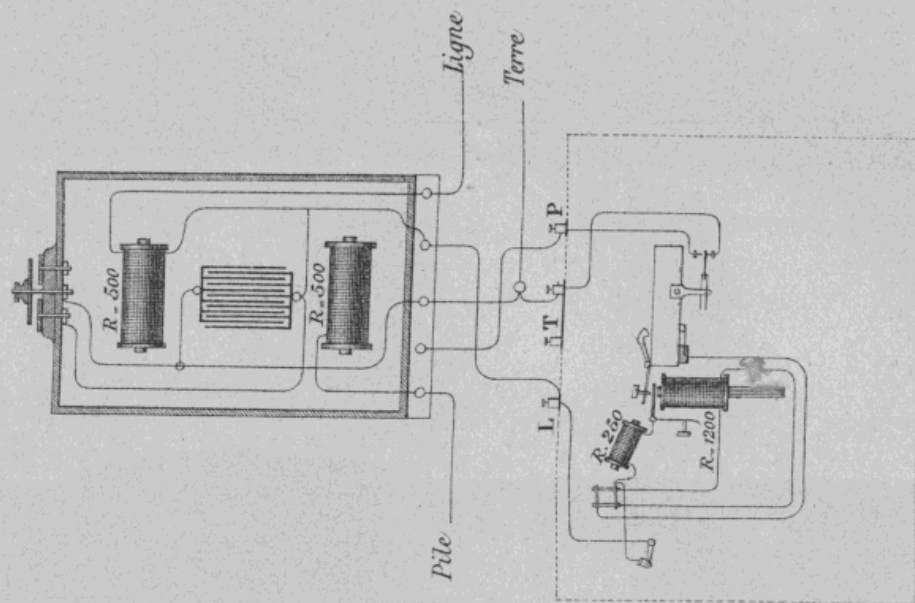


SYSTÈME VAN RYSELBERGHE.
APPAREIL HUGHES POURVU DU SYSTÈME ANTI-INDUCTEUR.

DIAGRAMME.



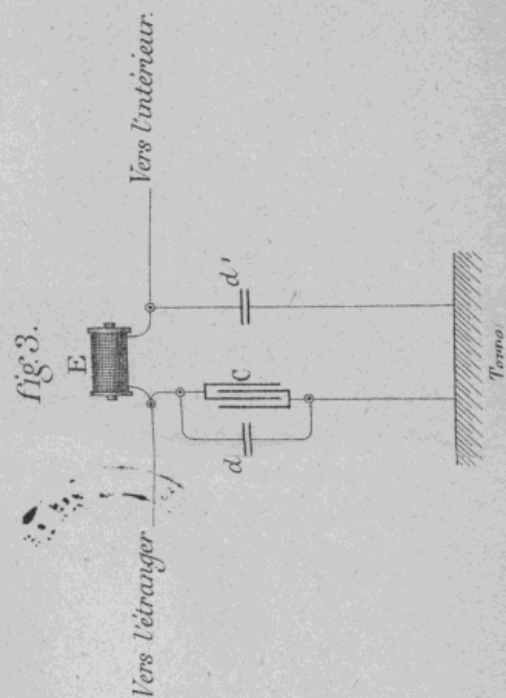
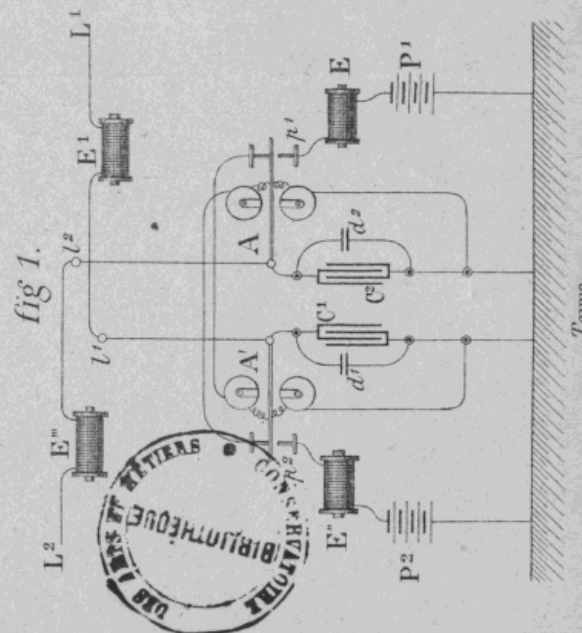
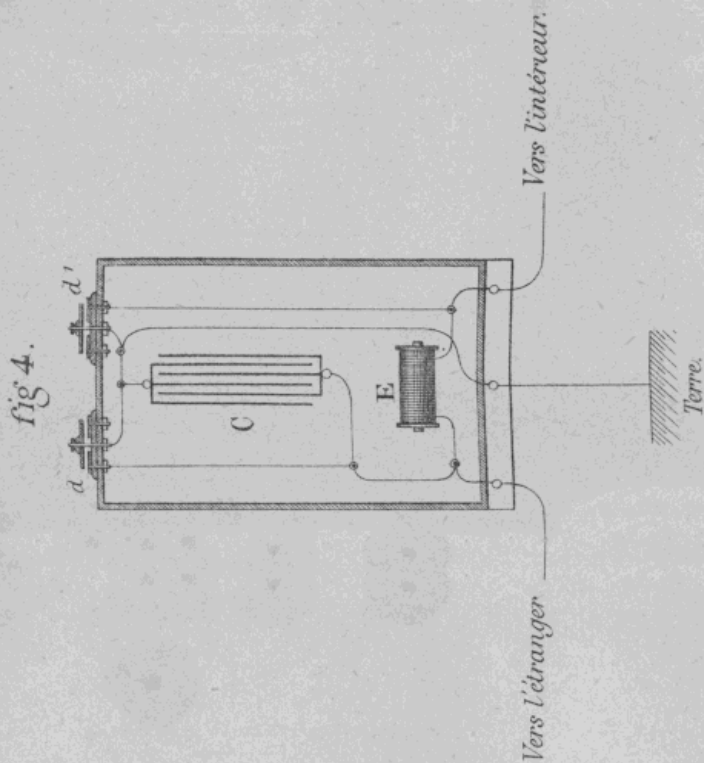
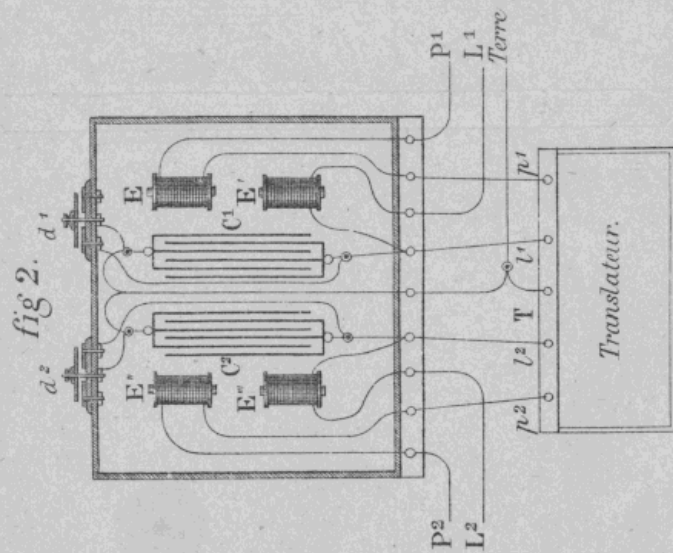
E^1 Electro-aimant gradué de pile = 500 ohms.
 E^2 — — — — — de ligne = 500 ohms.
 E^3 — — — — — de la dérivation = 250 ohms.



SYSTÈME VAN RYSELBERGHE

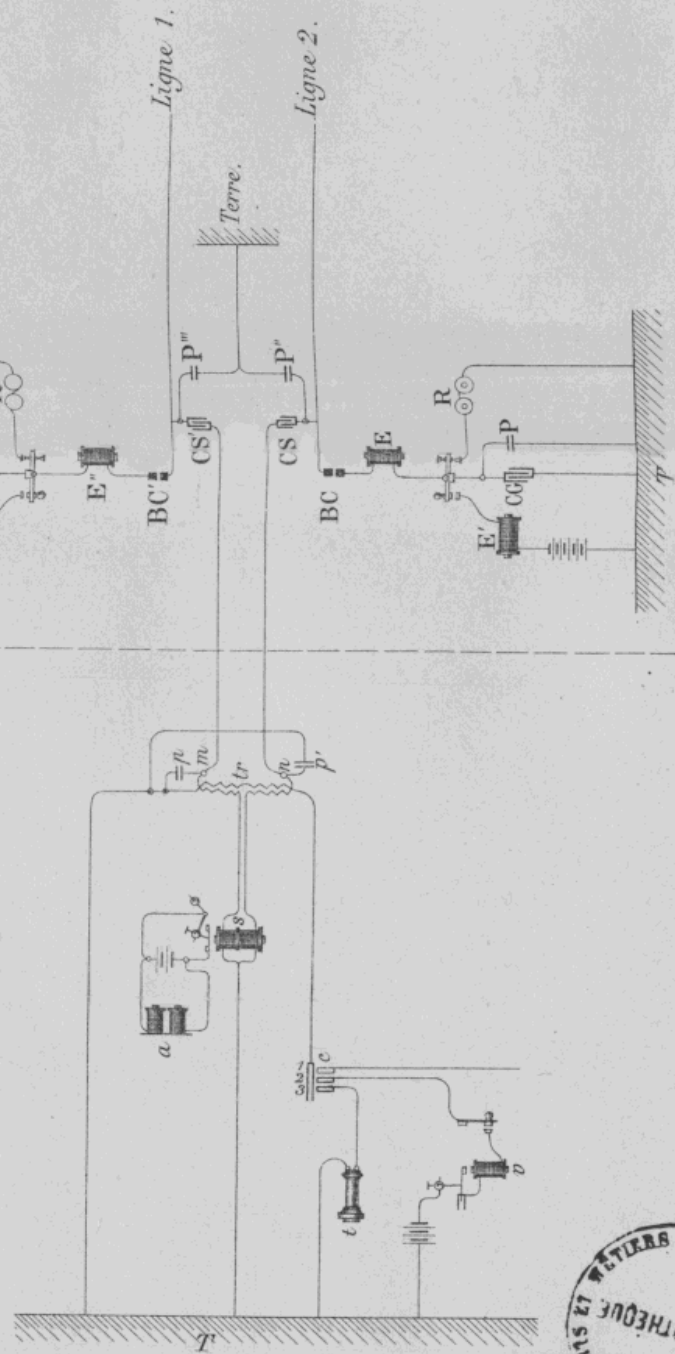
APPLIQUÉ A UN TRANSLATEUR ET A UN POSTE FRONTIÈRE.

PL.IV.



SYSTÈME VAN RYSELBERGHE.

Diagramme de la disposition de deux postes Morse pourvus du système anti-inducteur et desservant deux fils raccordés au bureau central des téléphones pour la correspondance téléphonique à grande distance.

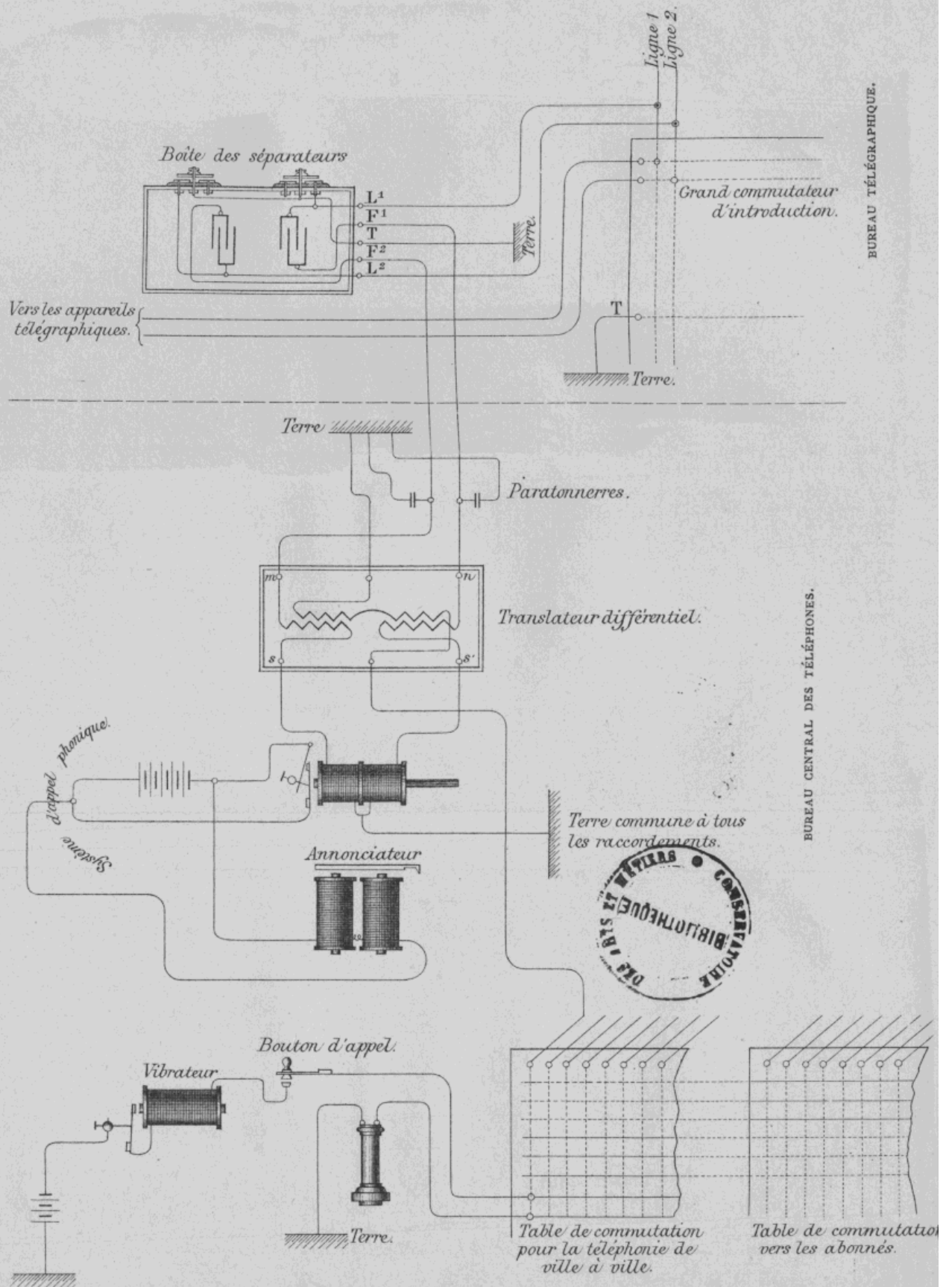


- tr* Translateur différentiel
- pp'* Paratonnerres.
- s* Système d'appel phonique.
- a* Annonceur.
- c* Lames des tables de commutation.
- t* Poste téléphonique ordinaire.
- v* Vibreur pour l'appel phonique.

- E, E', E'', E'''* Electro-aimants gradués.
- CG, CG'* Condensateurs gradués.
- CS, CS'* Condensateurs séparateurs.
- P, P', P'', P'''* Paratonnerres.
- R, R'* Récepteurs Morse.
- T* Terre.
- BC, BC'* Lames du commutateur d'introduction.



SYSTÈME VAN RYSELBERGHE.
TÉLÉPHONE À GRANDE DISTANCE.



BUREAU TÉLÉGRAPHIQUE.

BUREAU CENTRAL DES TÉLÉPHONES.

SYSTÈME VAN RYSELBERGHE.
PLAN D'ENSEMBLE DU SYSTÈME D'APPEL PHONIQUE.

