

537.82
P 002

Compagnie de Télégraphie et de Téléphonie internationales

(SOCIÉTÉ ANONYME)

TÉLÉGRAPHIE & TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES

PAR LES MÊMES FILS

SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE

EXTRAITS DES TRAVAUX PUBLIÉS PAR

MM. BANNEUX — BUELS — DE LA TOUANNE — EVRARD
HOSPITALIER — JACQUIN — MARCILLAC — CH. MOURLON
PALAZ — P. SAMUEL — CAPITAINE WAFFELAERT,
ETC.

NOTICE

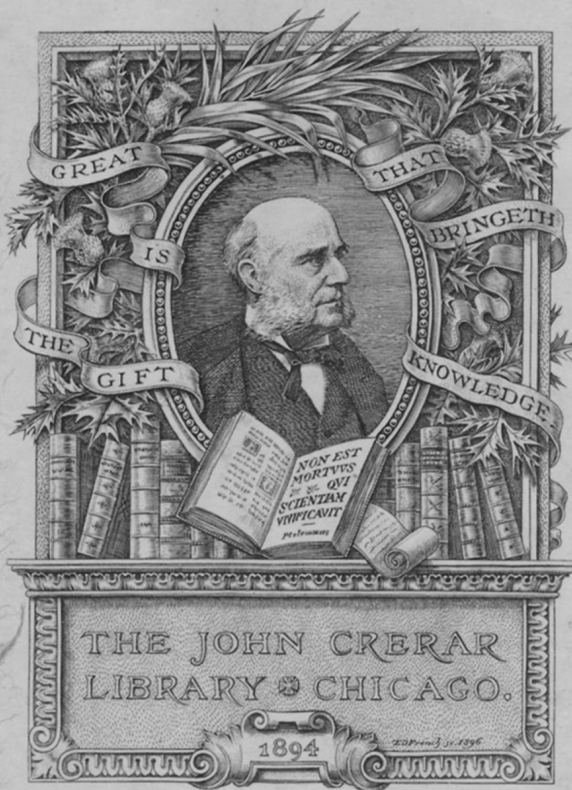
Renseignements statistiques, schema et planches descriptives pour les installations du système

Bruzelles

IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE V^o CH. VANDERAUWERA

16, RUE DES SABLES, 16

—
1890



TÉLEGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES

PAR LES MÊMES FILS

SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE

Compagnie de Télégraphie et de Téléphonie internationales

(SOCIÉTÉ ANONYME)

TÉLÉGRAPHIE & TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES

PAR LES MÊMES FILS

SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE

EXTRAITS DES TRAVAUX PUBLIÉS PAR

MM. BANNEUX — BUELS — DE LA TOUANNE — EVRARD
HOSPITALIER — JACQUIN — MARCILLAC — CH. MOURLON
PALAZ — P. SAMUEL — CAPITAINE WAFFELAERT,
ETC.

NOTICE

Renseignements statistiques, schema et planches descriptives pour les installations du système

Bruxelles

IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE V^e CH. VANDERAUWERA_B

16, RUE DES SABLES, 16

—
1890

SYSTÈME DE TÉLÉGRAPHIE & DE TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES

PAR LES MÊMES FILS

DE

F. VAN RYSSELBERGHE

Téléphonie interurbaine et internationale

CHAPITRE PREMIER

PREMIÈRES TENTATIVES DE TRANSMISSIONS TÉLÉPHONIQUES

A GRANDE DISTANCE

Avant de donner une description du système et des dispositifs imaginés par M. F. Van Rysselberghe et avant de commencer notre étude sur la téléphonie interurbaine et internationale, nous allons passer en revue dans leur ordre chronologique les différentes tentatives et les essais nombreux qui ont été faits par plusieurs électriciens en vue de l'établissement de communications à longues distances.

Dès les premières installations téléphoniques, on comprit de suite les avantages immenses que cette belle découverte rendrait au commerce et à l'in-

dustrie si l'on parvenait un jour à établir des communications téléphoniques à grandes distances, de ville à ville, de pays à pays. On songea naturellement à utiliser les poteaux télégraphiques en plaçant sur ceux-ci, pour l'essai du téléphone, un fil parallèle à ceux du télégraphe. Mais immédiatement on se trouva en présence d'un obstacle énorme, « *l'induction* », qui se traduit dans le téléphone par des bruits intenses : un crépitement continu, des éclats pénibles à l'oreille, quelque chose d'indéfinissable qu'on désigne parfois sous le nom de « friture téléphonique ».

Ces bruits, qui couvrent la voix et rendent toute communication impossible, proviennent de l'ensemble des signaux télégraphiques transmis par les fils voisins de celui que l'on emploie pour l'expérience. C'est un effet d'influence réciproque qu'exercent les uns sur les autres tous conducteurs parallèles soumis à des variations de courants électriques.

Toutes les fois que l'état électrique d'un fil change — et il change brusquement à chaque émission ou extinction de courant — tout fil parallèle en éprouve le contre-coup et se trouve parcouru par un courant momentané qui possède beaucoup d'énergie, mais qui ne dure qu'un instant. C'est cette réaction brusque, ce *courant induit*, comme on l'appelle, qui vient secouer la plaque vibrante du téléphone et lui fait rendre le son aigu et perçant d'un coup sec.

Tous les signaux télégraphiques transmis se répercutent ainsi dans le téléphone et les bruits qui se font entendre sur un fil quelconque ont leurs échos sur les fils parallèles et voisins.

Tout fil, en pénétrant sur un territoire donné, amène avec lui et répand, sur le réseau auquel il vient se mêler, les bruits lointains des télégrammes échangés non seulement dans son pays d'origine, mais dans tous ceux qu'il a successivement traversés ; ces échos réunis forment un bruissement qui rappelle vaguement celui de la mer aux jours de tempête et d'orage.

Tel est le grave obstacle qui, dès le début, s'est opposé à l'établissement de communications téléphoniques à grandes distances. Mais si déjà ces bruits se répercutent avec cette intensité sur un fil qui se trouve dans le voisinage des fils télégraphiques, que sera-ce si on installe un téléphone sur les fils mêmes du télégraphe ? Pouvait-on songer à supprimer le vacarme qui se produisait alors et qui était vraiment assourdissant ?

Néanmoins, tel est le problème que dès le début de la téléphonie un grand nombre d'électriciens ont cherché à résoudre.

Dès l'année 1877, des essais de téléphonie à grande distance, en utilisant les fils des télégraphes, furent faits, en Amérique, sans arriver à un résultat vraiment pratique.

En Europe, on sait le retentissement qu'eurent

les expériences du docteur Cornélius Herz, en 1880 et 1881, sur le câble sous-marin de Brest à Penzance (300 kilomètres), puis, sur un fil aérien des lignes françaises, à une distance, d'abord de 1,100 kilomètres, puis, entre Orléans et Bordeaux, à une distance de 457 kilomètres.

Quant aux résultats de ces essais, nous ne saurions mieux faire que de citer l'opinion d'un des hommes les plus compétents en matière de téléphonie (1) :

« Les conclusions de toutes ces expériences n'ont pas encore répondu pratiquement aux prémisses annoncées, et il est à craindre que ces laborieux et persévérants efforts n'aient abouti à annihiler les courants nuisibles qu'à la manière de cet original qui, écoutant de la musique, se bouchait les oreilles pour ne pas être troublé par la conversation de ses voisins. »

En Belgique, de nombreuses expériences du genre de celles que nous venons de citer furent faites sans succès, notamment entre Ostende et Douvres, et même entre Bruxelles et Malines.

M. Brasseur, de Bruxelles, l'auteur bien connu de plusieurs inventions utiles, avait fait des expériences sur les câbles, en vue de détruire l'induction dans les fils télégraphiques. Il diminuait de moitié la résistance du circuit en employant, pour chaque communication, deux fils formant un système différentiel et opérant le retour par la terre.

Aux États-Unis, l'électricien *Hopkins* a imaginé aussi un système permettant de correspondre à de très grandes distances. Cette invention aurait été expérimentée avec succès, dit-on, entre New-York et Cleveland.

En France, il a été beaucoup question, depuis quelques années, du système *Louis Maiche*, permettant d'établir des communications télégraphiques et téléphoniques simultanées, en plaçant, à chaque extrémité d'une ligne téléphonique, un appareil auquel on a donné le nom : *Électrophone*, du même inventeur, et, au lieu de « compléter le circuit, non à travers la terre, mais à travers une résistance, et, de ce dernier, il passe à un fil télégraphique en activité ».

(1) M. Banneux, ingénieur en chef directeur des télégraphes belges.

Des travaux analogues ont été poursuivis dans le même but par le professeur Van der Weyde, aux États-Unis.

En Angleterre, M. Langdon Davies a imaginé un appareil auquel il donne le nom de phonopore, de « manière à modérer les chocs résultant de l'ouverture et de la fermeture d'un circuit télégraphique par une clef ». Ce phonopore est destiné à remplacer les condensateurs employés dans le système par Van Rysselberghe.

En France, il s'est créé une société des « Téléphones à grande distance ». Cette compagnie, qui exploite un système, a voulu l'expérimenter entre Mantes et la gare Saint-Lazare (80 kilomètres). *La Lumière électrique*, rendant compte de ces expériences, dit qu'elles ne sont pas suffisantes « pour permettre à qui que ce soit de se pro-

» noncer sur la valeur pratique du système. »

Dernièrement, en Angleterre, il a été donné communication à la Société des ingénieurs et électriciens anglais d'expériences de téléphonie et de télégraphie simultanées faites par le capitaine Cardew.

L'étude de toutes ces combinaisons imaginées pour arriver à supprimer l'induction, de façon à pouvoir correspondre par téléphone en utilisant les fils du télégraphe, offrent un très grand intérêt pour les spécialistes. Toutefois, nous nous bornerons à décrire, dans ce travail, le système de M. F. Van Rysselberghe, « le seul pratique à notre connaissance », a dit l'ingénieur en chef des télégraphes belges, M. Banneux, et « qui protège efficacement un fil téléphonique simple contre l'induction télégraphique. »

II

DESCRIPTION DU SYSTÈME

Tout le système de M. Van Rysselberghe repose sur le fait suivant qu'il a découvert : *lorsqu'on enlève la brusquerie des émissions et des extinctions de courants, ceux-ci deviennent inaudibles au téléphone.*

Aux courants brusques il substitue pour le télégraphe des courants graduels, c'est-à-dire des courants qui vont crescendo en commençant et decrescendo en finissant. Cette graduation, qui a lieu dans une durée inappréciable, s'obtient par l'intercalation dans le circuit de petits électro-aimants *graduateurs* ou encore en mettant sur la ligne des condensateurs faisant l'office de *dérivateurs*, ou, enfin, si l'on veut obtenir des résultats plus parfaits, en combinant des électro-aimants avec des condensateurs.

Condensateurs et électro-aimants agissent ici comme réservoirs d'électricité absorbant une certaine quantité du courant, quantité qu'ils restituent à la rupture du circuit (1).

Pour bien comprendre le fonctionnement de ces appareils servons-nous d'une comparaison donnée par l'inventeur :

« Ces électro-aimants et ces condensateurs sont » à l'égard des courants électriques ce que sont » les réservoirs à air dans les pompes à incendie ; » ce sont des poches qui se remplissent et qui se

» avec noyau en fer doux. Lorsqu'un courant commence à » circuler dans une bobine ainsi construite, le noyau en fer » s'aimante graduellement, d'où absorption graduelle d'une » certaine quantité d'énergie électrique ; au contraire, lorsque » le courant cesse dans cette bobine, le noyau se désaimante » graduellement, d'où restitution graduelle de l'énergie » absorbée au commencement du courant. »

« Un condensateur est formé par la superposition alterna- » tive de feuilles de papier et d'étain réunies de façon que » l'ensemble constitue deux grandes surfaces métalliques » séparées simplement par une couche mince de matière » insolante. L'une de ces surfaces étant mise en communi- » cation avec une ligne télégraphique, l'autre étant reliée à la » terre, à chaque émission d'électricité sur le fil, le conden- » sateur en absorbe graduellement une certaine quantité, » qu'il restitue graduellement lorsque l'émission cesse. » (Note de l'inventeur.)

(1) « Un électro-aimant est une bobine de fil métallique

» vident graduellement, enlevant ainsi toute
» brusquerie dans les changements de pression
» électrique. »

Sous l'influence de courants gradués de cette façon la membrane du téléphone fléchit bien encore, *mais elle ne vibre plus* : dès lors, elle ne donne plus de son au passage du courant télégraphique.

En d'autres termes, les courants télégraphiques deviennent complètement silencieux, inaudibles, qu'ils soient directs, induits ou dérivés.

Dès lors que l'on applique, *d'une manière générale*, à tous les télégraphes de l'Europe, cette combinaison d'un condensateur avec électro-aimant qui forme la caractéristique de l'invention de M. Van Rysselberghe et à l'instant tout le réseau européen deviendra silencieux. Alors on pourra, non seulement organiser la téléphonie de ville à ville par des fils attachés aux mêmes poteaux que les fils télégraphiques, mais utiliser ceux-ci eux-mêmes pour la téléphonie. Ceci bien entendu en complétant le système anti-inducteur par un dispositif qui assure l'indépendance des deux services; en d'autres termes, en établissant entre la ligne télégraphique et l'embranchement téléphonique une séparation telle qu'elle livre passage aux courants rapides ondulatoires et peu intenses de la téléphonie, mais qu'elle barre le passage aux courants du télégraphe qui sont de nature essentiellement différente.

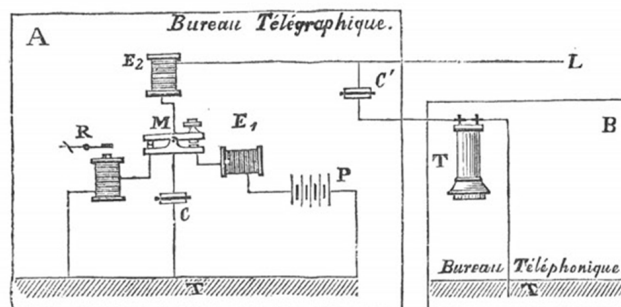
Cette séparation, c'est encore par une comparaison émanée de l'inventeur que nous tâcherons d'en

» que l'on couvre d'une couche de peinture noire
» le vitrage d'une serre exposée au soleil, la
» lumière ne passera plus, mais la chaleur passera
» toujours. D'autre part, qu'on reçoive un rayon
» solaire sur une solution d'alun, cette fois c'est
» la lumière qui passe, tandis que la chaleur est
» absorbée. »

De même, il suffit qu'un condensateur de faible capacité pour barrer le passage aux courants du télégraphe tout en transmettant intégralement les courants ondulatoires de la téléphonie.

On voit que le système de M. Van Rysselberghe est surtout remarquable par sa grande simplicité et son opportunité est d'autant plus grande que tout service téléphonique, *pour être parfait*, nécessite, pour un nombre donné de communications à établir, deux fois plus de fils que n'en exigerait le télégraphe.

En effet, un réseau parfait exige pour chaque communication verbale un circuit métallique complet avec un fil de retour et cela à cause de l'induction téléphonique que l'on constate dans tous les réseaux à fil simple et qui ne peut être combattu efficacement que par l'emploi du double fil. Pour compléter sa méthode, M. Van Rysselberghe avait donc à imaginer un dispositif qui permet l'accouplement de deux fils télégraphiques, de telle façon que tout en restant distincts au point de vue du télégraphe et indépendantes, les deux fils ne formassent pourtant qu'un seul circuit téléphonique complet. En outre, le double fil ne détruit complètement les effets de l'induction téléphonique qu'à la condition



rendre compte. « Ainsi, a dit M. Van Rysselberghe,
» le soleil nous envoie simultanément de la chaleur
» et de la lumière, deux mouvements vibratoires
» qui affectent nos sens de manière différente. Or,

de former par rapport à l'ensemble de tous les autres fils, un système absolument symétrique et cette condition théorique étant rarement satisfaite dans l'état actuel des réseaux, le dispositif à ima-

giner devait remédier à ces défauts de symétrie.

Nous allons, par deux figures 1 et 2, donner une idée générale du système :

M figure le manipulateur et R le récepteur d'un appareil télégraphique quelconque, P la pile.

E_1 et E_2 sont deux électro-aimants gradateurs placés, le premier entre la pile et le manipulateur, le second entre le manipulateur et la ligne L, enfin C est un condensateur-gradateur placé en dérivation sur la ligne entre les deux électro-aimants.

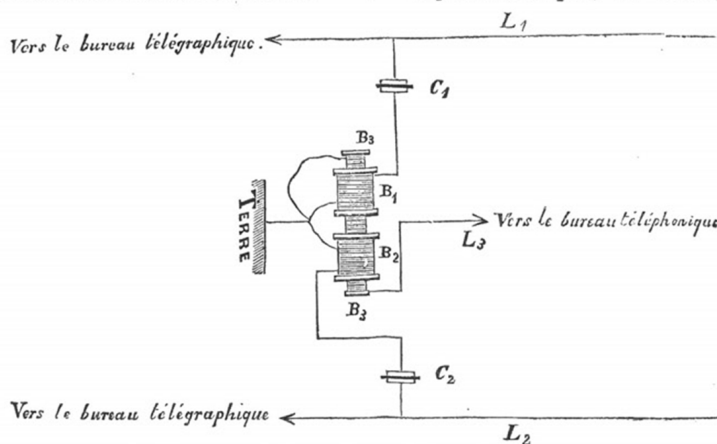
ments ou conversations des agents du téléphone.

La figure 2 représente le dispositif pour l'accouplement de deux fils télégraphiques distincts L_1 et L_2 en un circuit téléphonique complet.

C_1 et C_2 sont deux condensateurs-séparateurs de faible capacité ;

B_1 , B_2 , deux bobines différentielles induisant une troisième bobine B_3 ; l'une des extrémités de chacune de ces bobines communique avec la terre ;

B_1 communique, en outre, avec la ligne télégra-



C' est un condensateur de faible capacité relié, d'une part à la ligne, d'autre part à un poste téléphonique quelconque T. Moyennant cette disposition, le bureau télégraphique A et le bureau téléphonique B pourront employer simultanément le même fil sans gêne réciproque, avec une entière indépendance et sans que les opérateurs du télégraphe aient à se préoccuper en rien des agisse-

mentaire L_1 ;

B_2 avec la ligne L_2 ;

B_3 avec la ligne L_3 qui se dirige vers le bureau central des téléphones.

Il est clair que les fils L_1 et L_2 sont à desservir par des télégraphes munis des dispositions anti-inductrices comme celles indiquées à la figure 1.

III

APPAREILS ACCESSOIRES

APPEL PHONIQUE — PILES — PARATONNERRE

a) Appel phonique.

A côté des ingénieux dispositifs enchassant le système anti-inducteur proprement dit de Van Ryselberghe et comprenant les électro-aimants gradateurs, les condensateurs dérivateurs, les séparateurs doubles et les translateurs différentiels, etc., etc.,

dont nous avons parlé précédemment, il existe toute une série d'appareils accessoires que nous allons indiquer.

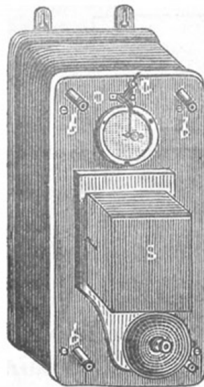
C'est ainsi que lorsqu'une ligne télégraphique est pourvue de tous les appareils composant le système anti inducteur, on doit tout d'abord se demander comment peut se faire l'appel d'un poste télépho-

nique à un autre ou d'un bureau central à l'autre, car il n'est pas possible, lorsque le téléphone emprunte les fils du télégraphe, de se servir ni de *sonneries trembleuses* actionnées par la pile, ni de sonneries électro-magnétiques appelées communément *Magneto Calls*, car les courants engendrés par ces deux appareils ne manqueraient pas de contrarier le travail du télégraphe. Il faut donc avoir recours aux appareils téléphoniques eux-mêmes et tâcher qu'ils produisent un appel suffisant pour être entendu, quelle que soit la distance du bureau téléphonique avec lequel on désire communiquer.

Il était même indispensable pour un service important que les appels fussent *visibles*, c'est-à-dire qu'un numéro d'annonceur apparût à chaque appel et établît l'identité du fil sur lequel l'appel s'est produit.

M. Van Rysselbergh a résolu d'une manière très heureuse ce problème délicat, en appliquant et en développant des idées qui lui ont été suggérées par M. Sieur, fonctionnaire supérieur de l'administration des télégraphes français. Et actuellement, qu'il s'agisse d'un appel par fil exclusivement téléphonique ou qu'il s'agisse de demander la communication par fil téléphono-télégraphique, la manœuvre est la même.

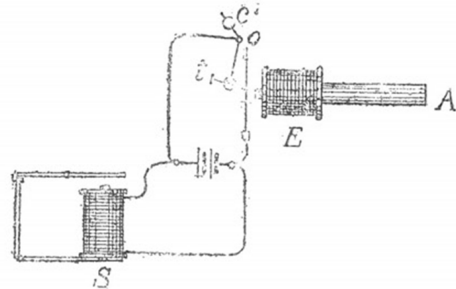
Nous trouvons la description de cet ingénieux appareil dans un remarquable ouvrage que vient de publier M. Buels, fonctionnaire des télégraphes de l'État belge. Comme c'est la seule description bien complète qui ait été donnée jusqu'ici, nous ne saurions mieux faire que de la reproduire :



« La figure X représente un modèle de sonnerie d'appel phonique et la figure XII nous donne une idée des dispositifs adoptés pour cet appareil : E est une bobine entourant l'extrémité d'un aimant A

actionnant une plaque vibrante. 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.

« 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*. On obtient ainsi des courants intermittents qui, en circulant dans la bobine intérieure B, du translateur phonique, provoquent dans les bobines B₁ et B² 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 du système d'appel

phonique installé à Anvers. Les vibrations de la plaque altèrent le contact avec le marteau et le courant de 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 de téléphonie simultanées aussi complet qu'on peut le désirer. »

b) Accumulateurs-piles.

M. Van Rysselberghe recommande pour produire le courant inducteur une source électromotrice à résistance intérieure extrêmement faible. On emploiera donc avec succès les éléments secondaires ou accumulateurs et les piles thermo-électriques.

Les piles Leclanché se recommandent tout naturellement, surtout le modèle à plaques agglomérées à grande surface de 180 millimètres de longueur sur 70 millimètres de largeur avec grand cylindre en zinc.

La pile en manganèse de M. Warnon avec des racs dans les dimensions que nous venons d'indiquer pour la pile Leclanché en employant aussi des zincs cylindriques donnent d'excellents résultats.

M. Van Rysselberghe a employé avec grand succès les éléments secondaires de Gaston Planté, cet éminent electricien qu'on peut, à juste titre, considérer comme le véritable inventeur de l'accumulateur.

Le modèle dont s'est servi M. F. Van Rysselberghe est l'élément bien connu, formé de deux larges lames de plomb enroulées en spirales et isolées par des bandes étroites de caoutchouc, le tout plongeant dans l'eau acidulée au 1/10, contenue dans un vase en verre cylindrique, la pile étant chargée, comme on sait, par deux éléments Bunsen.

Indépendamment des piles Warnon et Leclanché, dont nous avons déjà parlé, M. Van Rysselberghe se sert aussi, pour actionner son transmetteur, d'un modèle d'accumulateur Faure,

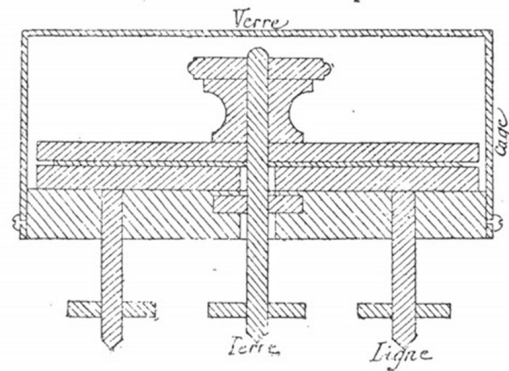
d'environ 5 kilos, très portatif, placé dans une boîte rectangulaire en bois et construit avec le plus grand soin dans les ateliers de la Compagnie *L'Électrique*, de Bruxelles.

c) Nouveau système de paratonnerre.

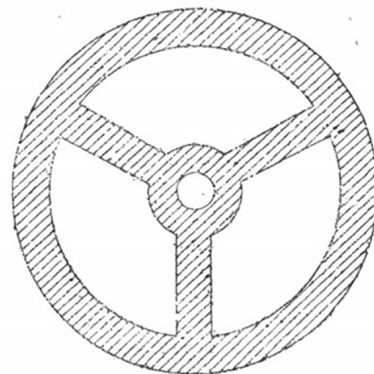
Arrivons maintenant à une autre catégorie d'appareils accessoires du système anti-inducteur de Van Rysselberghe.

Les condensateurs dont nous avons déjà parlé et dont les types fournis par M. Mourlon dès le début des applications du système Van Rysselberghe au réseau télégraphique belge se trouvant directement en rapport avec la ligne, peuvent être atteints par les décharges atmosphériques en temps d'orage. Il était donc indispensable de les protéger par un

Paratonnerre de poste



Papier de Paratonnerre



paratonnerre spécial dont nous allons parler.

Les essais faits avec les parafoudres employés sur les lignes télégraphiques montrèrent que ceux-ci étaient inefficaces.

M. Van Rysselberghe a construit un paratonnerre qui se compose de deux disques en cuivre séparés par une même feuille de papier ayant la forme représentée ci-dessus. L'écartement ainsi obtenu est de 0^{mm}05 à 0^{mm}06. Ce paratonnerre est très sensible; il devient conducteur pour le courant de 200 Leclanché.

Dans une conférence faite à la Société belge d'électriciens, M. Evrard, ingénieur en chef des télégraphes, a dit au sujet de ce paratonnerre :

« Nous avons lancé des étincelles obtenues par une bobine Ruhmkorf de 0^m80 de long; la longueur des étincelles était de 0^m20 au moins. Il a été constaté qu'il n'était pas détérioré; les deux faces n'étaient que légèrement brunies. Au sujet des traces laissées par le passage de la foudre dans les papiers de paratonnerres, il est curieux de constater qu'elles présentent toutes la forme d'un pentagone d'une régularité presque parfaite. Les bords intérieurs des trous sont légèrement noircis et entourés d'une étroite bande de cuivre volatilisé et affectant elle-même la forme pentagonale. La direction de la décharge et son intensité relative peuvent être étudiées par le rhéélectromètre de M. Melsens; un certain nombre de ces appareils sont en service dans les bureaux télégraphiques de notre pays et nous ont déjà permis de faire des observations très intéressantes... »

Tous les postes du système Van Rysselberghe, dont nous avons donné la description et les appareils embrassant le système anti-inducteur du même inventeur, sont munis du parafoudre dont nous venons de parler, et malgré un été exceptionnellement orageux, des 2,000 condensateurs installés sur le réseau télégraphique belge, deux seulement ont été mis hors de service. Il y a lieu seulement d'observer que bien souvent après une forte décharge, le papier est brûlé et est remplacé immédiatement.

Ce nouveau parafoudre a été appliqué aussi à la plupart des bureaux centraux des réseaux téléphoniques et a donné jusqu'ici les meilleurs résultats.

A cette occasion nous sommes heureux de reproduire ici une étude du savant électricien belge sur les paratonnerres employés en télégraphie :

« J'entends par paratonnerre télégraphique un dis-

positif destiné à mettre les télégraphes, les téléphones et tous appareils semblables, aussi bien que les personnes qui les manient, à l'abri des injures de l'électricité atmosphérique. Et pour plus de concision, je désignerai ces dispositifs sous le nom de *parafoudres*, réservant le nom de *paratonnerres* aux dispositifs dont le but est de préserver, des mêmes injures, nos maisons et nos édifices publics.

Les paratonnerres sont toujours des pointes en communication avec le sol; leur fonction est de *prévenir* une décharge brusque et violente, soit en écoulant dans l'atmosphère l'électricité libre qui pourrait se développer à la surface terrestre, soit en neutralisant les nuages orageux par un écoulement suffisant d'électricité induite.

Tout autres sont le fonctionnement et le but des parafoudres. Ceux-ci n'ont pas pour mission de *prévenir* qu'un fil télégraphique soit frappé par la foudre. Mais lorsque pareil accident arrive, ils doivent empêcher qu'il n'ait pour conséquence la destruction des instruments reliés au fil foudroyé.

Le but à atteindre n'étant pas le même, il n'y aurait rien d'étonnant que le principe bien connu, qui nous guide dans la construction des paratonnerres, ne soit pas à utiliser pour l'établissement des parafoudres.

J'ai voulu éclaircir ce point par la voie expérimentale et ma conclusion est négative : *les parafoudres en pointe ne sont pas les meilleurs*, ils sont souvent inefficaces.

La question à résoudre est celle-ci : Quels sont les meilleurs parafoudres?

S'il ne s'agissait que d'empêcher l'échauffement ou la fusion des fils enroulés en hélices sur les bobines des appareils récepteurs, on pourrait dire que le meilleur parafoudre ou du moins le plus rationnel est un bout de fil mince en métal ou laliage très fusible, interposé entre la ligne et la bobine qu'il s'agit de préserver. Car, en vertu de cette loi qui veut que les quantités de chaleur dégagées dans les différentes parties d'un circuit, par le passage du courant électrique, sont en raison directe des résistances, il est clair que le bout de fil très résistant et très fusible, qui constituera le parafoudre, fondra (s'il a été convenablement choisi) avant que la bobine à préserver ait le temps de s'échauffer; et, comme la fusion du parafoudre amène la rupture du circuit, la bobine sera préservée.

Mais le circuit télégraphique se trouvera inter-

rompu par la même occasion ; la ligne sera momentanément hors de service, ce qui peut constituer un sérieux inconvénient dans certains cas spéciaux que nous examinerons plus loin (par exemple, lorsque l'appareil télégraphique et son parafoudre ne se trouvent pas à la portée des opérateurs). D'ailleurs, si le coup de foudre est violent, le courant pourra subsister sous forme d'arc voltaïque ou d'étincelle, même après la fusion du parafoudre ; dans ce cas, la bobine pourra être détruite quand même.

Quoi qu'il en soit, ce premier genre de parafoudres est tout à fait insuffisant pour la protection des condensateurs usités en télégraphie et qui, avec les bobines, constituent les seuls appareils à préserver ; car les câbles reliés à des fils aériens peuvent se ranger, pour le cas qui nous occupe, sous la catégorie des condensateurs.

Un condensateur est constitué par deux surfaces conductrices séparées par un diélectrique ou corps isolant tel que l'air, le papier, la gutta, etc. L'une des surfaces étant en communication avec le sol, si l'autre est mise à une tension électrique sans cesse croissante, il arrivera un moment où la décharge s'opérera violemment à travers le diélectrique ; ceci mettra le condensateur hors de service.

Toutes choses égales, un condensateur est d'autant plus sujet à semblable accident que la distance entre ses deux faces conductrices est moindre. J'appellerai *ténacité* d'un condensateur sa qualité de résistance à la rupture sous l'influence de charges élevées.

Tout dispositif capable de préserver les condensateurs délicats et peu tenaces, employés en télégraphie, préservera *a fortiori* les bobines télégraphiques ; car l'échauffement d'une bobine résulte de l'intensité du courant et celle-ci est égale à la force électro-motrice divisée par la résistance totale du circuit. Pour échauffer ou brûler une bobine, il faut un courant énergique. Pour percer un condensateur une forte pression suffit. D'ailleurs il est facile de répéter l'expérience suivante : On interposera un électro-aimant ou une bobine télégraphique de grande résistance dans le circuit d'une pile puissante (dont on puisse augmenter graduellement la force électro-motrice à volonté) et l'on disposera un condensateur usuel en dérivation sur le même circuit. Puis on augmentera graduellement la force électro-motrice jusqu'à ce que le condensateur éclate (ce qui arrivera parfois, avec les condensateurs usuels, avant que la tension atteigne 500 volts ; mais la bobine sera intacte.

Il s'ensuit que le meilleur paratonnerre télégraphique est celui qui préserve le mieux les condensateurs usuels, peu tenaces, sans amener de dérangements dans le service. Il faut, en outre, que le dispositif puisse être foudroyé plusieurs fois de suite sans dommage pour lui-même comme sans interruption du service des correspondances.

Ce qui paraît le plus logique pour préserver un condensateur d'une *ténacité* donnée et ayant une certaine valeur, c'est de disposer à côté de lui, comme je l'ai indiqué il y a trois ans, un condensateur de *ténacité moindre* et de valeur insignifiante.

Par exemple : soit un condensateur de prix, formé par des surfaces conductrices avec interposition de *trois* feuilles de papier paraffiné chacune de 6/100 de millimètre d'épaisseur. Si nous lui adjoignons un petit condensateur formé par deux petites plaques métalliques séparées l'une de l'autre par *une seule* feuille du même papier de 6/100 de millimètre d'épaisseur, il est clair que, dans le cas d'un violent coup de foudre, ce petit condensateur peu tenace sera percé en premier lieu et que, si à la suite de sa destruction, en tant que condensateur, il établit une communication suffisante de la ligne avec le sol, il aura préservé de tout accident l'appareil de valeur qu'il avait pour mission de protéger.

Ce genre de parafoudres (deux plaques métalliques avec feuille de papier interposé) est généralement employé par l'Administration des Télégraphes belges. Toutefois, pour qu'il soit efficace, il faut plus de soins qu'on n'en prend d'habitude ; le papier doit avoir une épaisseur déterminée et uniforme. Le tableau dans lequel je consignerai plus loin les résultats de mes expériences nous renseignera à cet égard.

Après une décharge atmosphérique de quelque énergie, ces parafoudres mettent généralement la ligne sur terre et, en examinant l'appareil, on trouve que le papier est troué en un ou plusieurs points ; les bords de chaque trou sont carbonisés et le plus souvent le métal a été volatilisé ou fondu ; les plaques métalliques se trouvent parfois soudées ensemble aux endroits où la décharge a passé.

* *

Lors de mon récent voyage à Berlin, M. le professeur Zetsche a bien voulu me permettre d'examiner la collection très intéressante de parafoudres faisant partie du Musée de l'École de Télégraphie

de l'Administration impériale des Postes allemandes. On y trouve des exemplaires de la plupart des parafoudres successivement adoptés ou proposés depuis l'origine de la Télégraphie électrique.

En y ajoutant ceux que j'ai imaginés moi-même, on pourra grouper en quatre classes tous les parafoudres actuellement connus.

1^{re} classe. — Parafoudres à fil fusible.

2^e classe. — Parafoudres basés sur le pouvoir des pointes et composés soit de deux ou plusieurs pointes placées en regard les unes des autres, soit d'une ou de plusieurs pointes placées en regard et près d'une plaque très métallique.

(Le parafoudre Siemens, généralement usité en Allemagne, rentre dans cette catégorie puisqu'il se compose de deux plaques rayées, à rayures triangulaires aiguës, les plaques étant superposées de telle sorte que les rayures de l'une soient perpendiculaires à celle de l'autre.)

3^e classe. — Parafoudres à pointes dans le vide ou dans des gaz raréfiés et qui ne sont en somme que des tubes de Geissler.

4^e classe. — Parafoudres que j'appellerai *parafoudres à condensation*, formés de deux surfaces métalliques planes séparées par un diélectrique quelconque, par exemple une couche d'air atmosphérique ou une mince feuille de papier.

Nous allons déterminer expérimentalement quel est le meilleur de ces systèmes et nous partirons de cette base, indiquée plus haut, que tout parafoudre capable de protéger efficacement les condensateurs télégraphiques usuels protégera *a fortiori* les câbles et les bobines télégraphiques. Il n'y a pas d'autres organes à protéger.

Un bon condensateur télégraphique doit pouvoir supporter impunément une charge d'au moins 400 volts, car aux États-Unis d'Amérique, par exemple, les télégraphes quadruplex sur les longues lignes sont actionnés souvent par des batteries s'élevant jusqu'à 400 éléments gravity.

Les condensateurs livrés par la maison Mourlon et C^{ie} pour l'application de mon système de télégraphie et de téléphonie simultanées sont tous essayés à 500 volts.

Un parafoudre capable de protéger efficacement ces appareils doit donc livrer passage au courant avant que la tension atteigne cette valeur de 500 volts.

J'ai disposé mes expériences de la manière suivante :

J'ai monté une batterie de 500 éléments Leclanché, frais, modèle ordinaire à vase poreux. Sa force

électromotrice atteint donc 750 volts environ.

J'ai fait construire un sphéromètre dont la vis micrométrique me permet d'évaluer le millième de millimètre (le pas est d'un millimètre, le plateau est divisé en centimètres). Une plaque métallique sert de base à l'appareil; la monture de la vis est isolée du plateau par des lames d'ébonite. La vis elle-même se termine par une pointe en platine. Sur la base on peut placer soit un disque métallique plan, soit un disque muni à son centre d'une pointe en platine, soit deux plaques séparées par un diélectrique quelconque. La vie micrométrique permettra de mesurer soit la distance entre les pointes, soit l'épaisseur du diélectrique.

L'installation se complète par un manipulateur, un galvanomètre (500 ohms de résist.) et un téléphone (10 ohms de résist.). Le téléphone sert à déterminer très exactement le zéro de la vis micrométrique; en effet, pour une mesure exacte, il faut amener la pointe de cette vis en contact avec la surface ou le point dont il s'agit de déterminer la hauteur; or, en ce moment, la pointe avec la surface qu'elle touche forme en quelque sorte microphone et, en frappant très légèrement du doigt la table qui porte le sphéromètre, on apprécie très bien, au bruit que rend le téléphone sous ces légères secousses, si le contact est convenablement établi.

J'ai fait construire également, il y a trois ans, de petits tubes de Geissler en verre avec pointes en platine à 1^{mm} de distance et contenant les uns de l'air, les autres différents gaz raréfiés respectivement aux pressions suivantes : 1/2, 1, 2, 3, 4 et 5 millimètres.

A cette époque, quelques-uns de ces tubes (généralement ceux dont la raréfaction était de 3^{mm}) livraient passage au courant lorsque la tension atteignait 500 volts (mais pas avant). Aujourd'hui, plus aucun de ces tubes ne laisse passer le courant d'une batterie de 500 éléments Leclanché (750 volts environ). Je considère donc ce système comme incertain, sans parler de l'inconvénient de sa grande fragilité.

Et je passe aux expériences que je viens de terminer avec les autres systèmes. Chaque expérience a été faite comme suit : La pile se composait d'un certain nombre d'éléments (nombre que j'augmentais successivement d'une expérience à l'autre). J'abaisais le manipulateur une vingtaine de fois de suite, chaque fois pendant une demi-seconde, et j'annotais les résultats constatés. Quelquefois, après une première décharge, je cessais l'émission de courant pour ne pas brûler les pointes ou les surfaces.

Voici le tableau des résultats d'expériences; je transcris textuellement mes notes :

N. B. Rien veut dire que le courant ne passait pas;
Oui veut dire que le courant passait; que la décharge avait lieu et que l'arc voltaïque s'établissait.

PREMIER GROUPE D'EXPÉRIENCES

Une pointe en platine aiguë en regard d'un disque plan

DISTANCE de la pointe au disque.	Nombre d'éléments	RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.
6/100 ^{mm}	320	Rien.
	400	Rien.
	500	Rien.
5/100 ^{mm}	500	Rien.
	500	<i>Oui</i> , dès la première fois.
	320	Rien.
4/100 ^{mm}	400	Rien.
	440	<i>Oui</i> , pour la première fois, puis plus rien.
	500	Plus rien. — Vérifié le zéro; il n'avait pas varié et la distance était restée égale à 4/100 ^{mm} .
3/100 ^{mm}	320	Rien.
	400	Les 4 premières fois rien, 5 ^e fois <i>oui</i> , puis 3 fois rien, puis longue décharge. Dans cette expérience comme dans la précédente la plaque se trouve noircie sous la pointe, avec auréole jaune.
2/100 ^{mm}	240	Rien.
	320	1 ^{re} fois <i>oui</i> , puis plus rien.
	360	Rien.
1/100 ^{mm}	400	1 ^{re} fois rien, 2 ^e fois rien, 3 ^e fois <i>oui</i> , puis plus rien, puis encore des décharges.
	200	Rien.
	240	Rien.
	280	1 ^{re} fois rien, 2 ^e et 3 ^e fois <i>oui</i> , puis plus rien.
1/100 ^{mm}	320	Plus rien.
	400	Rien.
	440	2 fois <i>oui</i> , 18 fois rien.
	500	Plus rien.

Ici j'intervertis les pôles et je recommence :

DISTANCE de la pointe au disque.	Nombre d'éléments	RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.
1/100 m	500	<i>Oui</i> , dès la 1 ^{re} fois, forte décharge, puis plus rien.
	240	Rien.
	280	Rien.
	400	Rien.
	440	Rien.
	500	D'abord rien, puis deux décharges, puis plus rien. — Vérifié le zéro; il n'avait pas sensiblement varié. La pointe paraissait intacte. Sur la plaque : petite tache noire qui s'est enlevée par le frottement du doigt.

Les résultats sont donc assez variables. Le système ne convient pas comme parafoudre, d'abord à cause de son inconstance, que j'attribue aux poussières de l'atmosphère, et puis parce que, même à cette distance insignifiante de 1/100^{mm}, qu'il serait fort difficile d'obtenir en pratique, la décharge n'a pas lieu chaque fois que le potentiel atteint ou dépasse 500 volts (330 éléments Leclanché environ).

Quoique dans les expériences précédentes j'aie eu soin de vérifier le zéro après chaque décharge, cependant j'ai voulu éclaircir si la variabilité des résultats n'était pas due à une altération de la pointe aiguë; notamment la volatilisation des parties métalliques aurait pu augmenter la distance entre l'extrémité de la pointe et le disque placé en dessous. J'ai donc pris, au lieu d'une pointe aiguë, un petit cône tronqué, la section ayant 1^{mm} de diamètre, et j'ai légèrement arrondi les bords de la section.

2^{me} GROUPE D'EXPÉRIENCES

Pointe tronquée en platine en regard d'un disque plat

DISTANCE.	Nombre d'éléments	RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.
1/100 ^{mm}	40	Rien.
	80	Rien.
	160	Rien.
	240	<i>Oui</i> , la 1 ^{re} et la 3 ^e fois, puis plus rien.
	280	<i>Oui</i> , la 1 ^{re} et la 2 ^e fois, puis plus rien.
	320	<i>Oui</i> , la 1 ^{re} et la 2 ^e fois, puis plus rien.
	360	1 ^{re} fois rien, 2 ^e et 3 ^e fois <i>oui</i> , puis plus rien, puis encore.
	400	Rien.
	440	Rien.
	500	<i>Oui</i> , cinq fois de suite.
400	La 1 ^{re} fois <i>oui</i> , puis plus rien. — Vérifié le zéro. La distance n'avait pas varié d'une manière sensible.	

La pointe tronquée constituant une petite surface plate en regard d'un autre plan, par conséquent un véritable petit condensateur à air, vaut donc mieux que la pointe aiguë. Les résultats sont encore variables. Toutefois avec 500 éléments, donc 750 volts environ, le courant passe chaque fois. Ceci est digne d'attention et tend à prouver que le principe connu sous le nom de « pouvoir des pointes » n'est pas à appliquer dans le cas qui nous occupe. Pour mieux éclaircir cette question, je prends deux pointes aiguës en platine, opposées l'une à l'autre, et à 1/100^{mm} de distance.

3^{me} GROUPE D'EXPÉRIENCES

Deux pointes aiguës opposées en platine

DISTANCE.	Nombre d'éléments	RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.
1/100mm	40	Rien.
	80	Rien.
	120	Rien.
	160	Rien.
	200	Rien.
	240	Oui, la 1 ^{re} fois, puis plus rien.
	280	Rien.
	320	Rien.
	360	Oui, quatre fois de suite.
	320	Les 6 premières fois rien, 7 ^e fois oui, 8 ^e fois oui, puis plus rien, puis encore.
2/100mm	280	Les 2 premières fois rien, 3 ^e fois oui, puis plus rien. — Vérifié le zéro : il n'avait pas varié d'une manière appréciable, aucune altération apparente aux pointes.
	240	Rien.
	320	Rien.
	360	Oui, la 1 ^{re} fois, puis plus rien.
3/100mm	320	Rien.
	360	Rien.
	400	Rien.
	500	Rien.

Les résultats sont donc encore quelque peu variables. La question posée plus haut n'est pas résolue, à savoir si une pointe aiguë est, oui ou non, préférable à une surface plane. Pour trancher le doute, je prends deux plaques planes séparées par une mince couche d'air sans interposition (entre les plaques) d'un autre corps quelconque (ni papier, ni mica, rien que l'air).

3^{me} GROUPE D'EXPÉRIENCESDeux surfaces planes circulaires (55^{mm} de diamètre) séparées par une couche d'air de 6/100^{mm}

DISTANCE.	Nombre d'éléments	RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.
6/100mm	320	Oui, chaque fois.
	160	Rien.
	240	Rien.
	280	Oui, chaque fois.
	240	Rien, absolument rien.
	260	Les 10 premières fois rien, 11 ^e fois oui, 12 ^e fois oui, 13 ^e fois oui, 14 ^e fois non, 15 ^e fois oui, 16 ^e fois oui.
	240	Rien.
	280	19 fois oui, une fois rien.
	300	Oui, chaque fois, et j'envoie un grand nombre de décharges pour voir si l'appareil les supportera sans détérioration. A chaque décharge tout l'espace entre les deux plaques est entièrement illuminé, la décharge passe par toute l'étendue de la section, elle constitue donc un arc voltaïque cylindrique de 55 ^{mm} de diamètre.

3^{me} GROUPE D'EXPÉRIENCES

(Suite.)

DISTANCE.	Nombre d'éléments	RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.
		Je démonte l'appareil pour examiner l'état des surfaces, elles sont uniformément ternies et ont pris une couleur jaune-brun sans aucune trace de fusion. Je remets les plaques en place sans les nettoyer.
	300	Oui, chaque fois.
	240	Rien, absolument rien.
	300	Oui, chaque fois.

Ces résultats sont décisifs. L'appareil constitue un excellent parafoudre auquel on pourra donner tel degré de sensibilité que l'on voudra, en choisissant convenablement l'épaisseur de la couche d'air interposée entre les deux plaques. Il paraît éminemment plus propre que tous les autres types à supporter sans injures des décharges successives et énergiques et sans mettre le circuit télégraphique en terre. Car en somme, sous tension de 450 volts et l'épaisseur de la couche d'air interposée étant de 6/100 de millimètre, il devient un conducteur à large section, donc peu sujet à fusion. Pour le rendre meilleur encore sous ce rapport, on pourra prendre des disques de nickel, métal peu fusible (moins fusible que le fer) et qui ne s'oxyde pas à l'air.

4^{me} GROUPE D'EXPÉRIENCESDeux disques métalliques de 55^{mm} de diamètre, avec feuille de papier interposé, au lieu de lame d'air

DISTANCE épaisseur du papier.	Nombre d'éléments	RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.
6/100mm	160	Rien.
	320	Rien.
	400	Rien.
	500	Rien. Le papier employé était assez solide.
5/100mm	320	Rien. Ici le diélectrique employé est une feuille de papier à calquer.
	368	Rien.
	400	Rien.
	440	1 ^{re} fois oui, 2 ^e fois oui, puis plus rien. Après examen on trouve le papier percé, par les décharges, de deux petits trous dont les bords sont carbonisés. Les plaques ont été tachées de deux points noirs aux mêmes endroits. Mis une autre feuille du même papier.
	320	Oui, dès la 1 ^{re} fois, et le courant continue à passer même avec une pile de 10 éléments. Le papier se trouve percé d'un petit trou à bords carbonisés. C'est cette carbonisation qui rend l'appareil conducteur même pour les très faibles courants.

Ce genre de parafoudre est donc de beaucoup inférieur au précédent, et il a l'inconvénient de maintenir parfois la ligne sur terre, après le passage d'une décharge.

5^{me} GROUPE D'EXPÉRIENCES

Système mixte, intermédiaire entre le deux précédents. Les deux plaques sont séparées par une feuille de papier de 6/100^{mm} d'épaisseur dans laquelle on a pratiqué quatre grandes ouvertures, de sorte qu'en ces endroits le diélectrique est de l'air.

Distance.	Nombre d'éléments	RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.
6/100 mm.	160	Rien.
	240	Rien.
	320	Oui, dès la 1 ^{re} fois.
	240	Rien.
	280	Rien.
	320	1 ^{re} fois rien, 2 ^e fois rien, 3 ^e fois oui, 4 ^e fois rien, 5 ^e fois oui, puis plus rien.
	280	Rien.
	360	1 ^{re} fois rien, 2 ^e fois rien, puis oui chaque fois.
	80	Rien.
	280	Rien.
	360	17 fois oui, 3 fois rien.
	320	5 fois oui, 15 fois rien.
	400	Oui, chaque fois.
	160	Rien. Examinant l'état des surfaces métalliques après l'expérience, je les trouve ternies, jaunies, surtout vers les bords des ouvertures pratiquées dans le papier. Celui-ci est intact, n'a pas été perforé; sous le papier les plaques métalliques ont conservé leur poli.

Ce genre de parafoudre que j'avais utilisé jusqu'à présent pour la protection de mes appareils anti-inducteurs paraît donc satisfaisant; inférieur, il est vrai, au système essayé au 3^{me} groupe, en ce sens que le papier est hygrométrique et que lors d'une forte décharge les bords du papier pourraient se carboniser, ce qui amènerait le maintien sur terre du circuit télégraphique; mais il est supérieur aux autres.

6^{me} GROUPE D'EXPÉRIENCES

Parafoudre Siemens

DISTANCE.	Nombre d'éléments	RÉSULTATS ET OBSERVATIONS.
3/10 ^{mm}	320	Je l'essaye d'abord tel qu'il m'a été remis par l'Administration impériale des Postes de l'Allemagne. (La distance entre les plaques rayées était de 3/10 ^{mm} .) Rien.
	400	
	500	
6/100 ^{mm}	320	Je fais réduire la distance à 6/100 ^{mm} . Rien.
	400	
	500	

CONCLUSIONS

Le meilleur de tous les systèmes est évidemment celui renseigné au 3^{me} groupe. Je fais construire en ce moment un type pratique d'après ce système. Une expérience de plusieurs années avait déjà démontré la parfaite efficacité des parafoudres du groupe n° 4. Plus de 3,000 condensateurs sont installés sur le réseau télégraphique belge et l'année dernière, malgré un été exceptionnellement orageux, quelques condensateurs seulement ont été mis hors de service. Toutefois, ainsi que je l'ai déjà dit plus haut, il peut arriver, et il arrive, qu'après une décharge énergique le papier soit à renouveler, et que la ligne se trouve momentanément sur terre. Cela ne présente aucun inconvénient lorsque, comme en Belgique, les appareils sont à la portée du télé-

graphiste. Mais lorsque, comme en Allemagne, pour l'appropriation des lignes Berlin-Halle et Berlin-Breslau, les paratonnerres sont abandonnés dans des maisonnettes en rase campagne, à distance notable du bureau télégraphique, cette mise sur terre momentanée de la ligne gêne évidemment la correspondance.

J'estime que cet inconvénient ne se présentera plus avec le type du groupe n° 3 construit avec plaques de nickel (le platine coûterait trop cher). Si la pratique démontre qu'il en est réellement ainsi, l'important problème des paratonnerres télégraphiques se trouvera complètement résolu. »

F. V. R.

IV

APPLICATIONS DU SYSTÈME VAN RYSELBERGHE
AUX LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES DES CHEMINS DE FER

Jusqu'à présent de nombreuses difficultés s'opposaient au placement sur un fil d'une certaine longueur, d'un grand nombre de stations téléphoniques, de façon à permettre à un bureau quelconque de correspondre avec n'importe quel autre bureau de la ligne.

Ou bien il fallait appeler successivement chaque bureau, ce qui était très long et donnait lieu à une déperdition de l'intensité de la voix; ou bien il fallait établir plusieurs fils aériens, ce qui entraînait à une dépense considérable.

En appliquant quelques-uns des dispositifs du système Van Rysselberghe, M. Murlon a combiné un poste téléphonique spécial pour lignes à plusieurs stations. A l'aide de ce poste un bureau quelconque peut correspondre au premier appel avec n'importe quel autre bureau de la même ligne.

Ce nouvel appareil présente encore le grand avantage de permettre de correspondre par signaux télégraphiques, et il suffit d'un appareil Morse intercalé pour conserver la trace des communications échangées. En cas d'accident sur la ligne, tels que rupture, contact, etc., les bureaux téléphoniques sont prévenus automatiquement.

Enfin la voix est toujours puissante, quel que soit le nombre de communications installées sur la ligne; les appareils employés ne sont pas soumis à réglage et leur installation est des plus simples.

Une installation complète d'appareils de ce genre a été faite le long du chemin de fer funiculaire de la Compagnie des Hauts-Fourneaux luxembourgeois, à Esch sur l'Alzette (Grand Duché).

Pour donner une idée de l'importance de cette installation, il suffira de faire remarquer qu'avant l'emploi des premiers appareils en question, lorsque les communications téléphoniques ne pouvaient être échangées, ce qui ne se produisait que trop souvent, la marche du chemin de fer et par suite une partie de l'exploitation devait être suspendue, dans la crainte d'accidents.

Aujourd'hui ce grave inconvénient n'est plus à craindre depuis que la compagnie se sert des appareils en question. Ce nouveau poste téléphonique est, par ses applications, appelé à rendre de grands services principalement aux Sociétés de tramways,

de chemins de fer vicinaux et en général à toutes les Compagnies de railways à voie étroite, qui voudraient faire communiquer entre elles par téléphone les diverses stations de leurs réseaux. A cette occasion nous trouvons une description bien complète de ce nouveau dispositif, donnée par M. Samuel, dans le journal *la Lumière électrique* de Paris. Cet ingénieur a eu également l'occasion d'en faire l'objet d'une remarquable communication au Congrès international des électriciens qui s'est réuni au mois de septembre dernier.

Lorsqu'il s'agit de relier par un seul fil plusieurs postes télégraphiques, dit M. Samuel, le problème à résoudre est fort simple, et il est toujours loisible de choisir entre deux genres de montage bien distincts: celui *par appels successifs* et celui *par embrochage*.

Ces deux montages présentent chacun leurs avantages et leurs inconvénients propres.

Dans le premier cas, l'appel étant retransmis de poste en poste, on est forcé pour obtenir la communication, de mettre à contribution tous les bureaux intermédiaires; par contre, il est possible de communiquer séparément sur plusieurs tronçons de la ligne à la fois.

Dans le second cas, la résistance de la ligne se trouve augmentée de la résistance des récepteurs d'appel des postes intermédiaires, ou même de tous les postes; mais les appels parviennent directement à destination sans déranger personne inutilement.

Dans les appareils téléphoniques, les organes de transmission et de réception de la parole ne sont mis en ligne qu'après que l'appel a été émis d'une part et reçu de l'autre. Un poste téléphonique au repos se trouve donc dans des conditions identiques à celles d'un poste télégraphique, et tel mode d'appel qui conviendra au premier système sera également bon pour le second.

Il semble qu'une fois l'appel parvenu à destination, rien ne doit s'opposer à la transmission de la parole, et que la question du fil commun n'offre pas plus de difficultés avec le téléphone qu'avec le télégraphe.

Cependant, si l'on veut installer plusieurs postes téléphoniques sur un même fil, on se trouve le plus

souvent en présence d'obstacles réels, et ce n'est qu'exceptionnellement que l'on peut employer l'un ou l'autre des modes de montage utilisés en télégraphie.

Les obstacles que l'on rencontre sont de nature différente, suivant le montage en vue. Avec celui par appels successifs, c'est le service même du téléphone que les inconvénients se présentent. Il faut, en effet, la présence continue d'un employé à chaque poste ; pour que ce service puisse se faire sans interruption.

Pour la télégraphie, cette obligation n'est guère un obstacle, puisqu'il faut quand même des agents spéciaux. Pour le téléphone, dont le caractère propre est précisément de se passer de ces agents, c'est le plus souvent une cause d'impossibilité absolue.

Le montage par embrochage convient parfaitement sur une petite ligne, si le nombre des bureaux est faible ; mais je ne connais pas d'exemple de 10 ou 12 postes reliés par cette méthode et donnant un bon résultat, principalement entre les deux postes extrêmes.

Cela tient à ce que ce n'est plus la résistance seule des sonneries ou relais embrochés, qui intervient pour affaiblir le courant (ainsi que cela se passe pour le télégraphe), mais principalement la self-induction. Celle-ci est assez grande à cause des armatures ; et l'on n'a pas ici la ressource de renforcer les effets en augmentant la force électromotrice.

Ainsi soient 12 postes embrochés sur un seul fil et possédant un relais pour l'appel. Si les deux postes extrêmes ont leurs appareils disposés pour la conversation, l'ensemble du circuit se présente comme dans la figure 1.

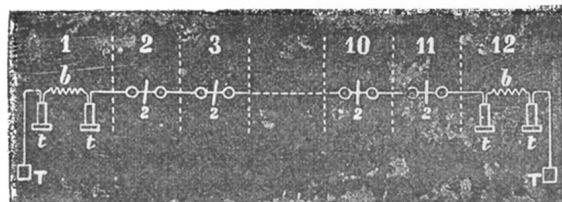


Fig. 1

t est un récepteur téléphonique, *b* le fil fin de la parole sont importantes, puisqu'à la résistance de la ligne, des téléphones et du fil induit et à celle des dix relais vient encore s'ajouter la self-induction de tous ces organes. Aussi, quand il faut relier par le

téléphone plusieurs bureaux, sensiblement dans le prolongement l'un de l'autre, et que l'on ne veut pas à chaque poste un employé spécial, est-on forcé, dès que le nombre des bureaux est un peu considérable, de renoncer au fil unique et de se servir de plusieurs fils pour faire le service, bien qu'un bureau central alors nécessaire.

C'est ce qui explique pourquoi le téléphone n'est pas plus répandu sur certaines lignes de chemin de fer et dans les grands établissements industriels ou soit les mines.

On vient de créer aux ateliers Mourlon, à Bruxelles (Compagnie de Télégraphie et de Téléphonie internationales) un poste téléphonique qui élimine cette difficulté et qui permet précisément de grouper par embrochage jusqu'à 12 postes sur un même fil.

On obtient ce résultat en supprimant les effets nuisibles des relais d'appels par un procédé fort intéressant, dû à Van Rysselberghe, qui consiste à placer en dérivation sur ces relais des condensateurs de capacité moyenne : 1/2 microfarad.

Les ondes téléphoniques se propagent par induction électrostatique au travers des condensateurs, et d'autant mieux que le coefficient d'induction et la résistance du relais sont plus grands ; tandis que les appels se font par les relais, sans que les condensateurs occasionnent la plus légère perturbation.

On obtient ainsi, en quelque sorte, l'effet de deux circuits distincts.

Le nouveau poste est généralement disposé pour courant de repos ; l'ensemble du circuit est représenté dans la figure 2.

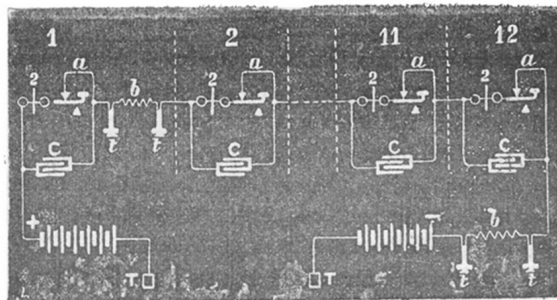


Fig. 2

Une pile à sulfate de cuivre, dont la moitié des éléments est à un bout de la ligne, et la seconde moitié à l'autre, engendre un courant de 10 à 12 milliampères qui circule constamment dans la ligne

au travers des relais 2, des clefs a , et des appareils téléphoniques t , b , lorsque ceux-ci sont mis en circuit (comme il est indiqué dans les postes 1 et 12). Les relais agissent sur les sonneries par rupture du courant. Il ne faut ainsi qu'une seule pile pour toute la ligne et de plus, on est immédiatement averti par un roulement continu de la sonnerie, si la ligne vient à être rompue.

Ainsi que la figure 2 l'indique, d'une manière sommaire et la figure 3 d'une manière complète, on voit que lorsque le crochet commutateur du téléphone est soulevé, le fil induit b et les téléphones t sont mis en circuit sans que le relais soit supprimé. Cette disposition, nécessitée par la présence du condensateur, est avantageuse, car elle permet de continuer à appeler le correspondant bien que le téléphone ne soit pas suspendu. Et l'on sait combien il est parfois impatientant ne pas recevoir de réponse aux *Alloh!* *Alloh!* les plus énergiques.

Lorsqu'une quelconque des clefs d'appel a est abaissée, les relais font marcher les sonneries dans tous les bureaux. On est donc toujours averti lorsque la ligne va être employée. Cependant, il se pourrait que l'on n'ait point entendu le signal, et que l'on fasse soi-même un appel pendant que deux autres postes sont encore en conversation. C'est pour éviter, dans ce cas, tout effet nuisible à la conversation engagée, que la dérivation du condensateur est prise en deçà de la clef d'appel. L'ensemble de tous les condensateurs et de tous les relais forme de la sorte un excellent *anti-inducteur*, et les interruptions ou fermetures des courants sont absolument *inaudibles* au téléphone.

Pendant que deux postes parlent ensemble, deux autres postes pourront impunément s'appeler et au besoin converser par signaux Morse, soit même à l'aide d'un récepteur Morse substitué dans ce cas à la sonnerie au moyen d'un commutateur. Les postes qui parlent au téléphone ont soin alors d'arrêter leur sonnerie locale (si cela empêche d'entendre) soit en coupant le circuit local, simplement en maintenant le marteau de la sonnerie qui, dans ce but, est à proximité de la main.

Si deux postes, ignorant que la ligne est occupée, voulaient parler après l'échange de leurs appels, ils s'apercevraient immédiatement de leur erreur, en

écoutant dans les récepteurs. Ils peuvent du reste également prendre part à la conversation.

Le seul inconvénient de ce poste, si toutefois c'en est un, c'est qu'il ne peut empêcher un bureau d'écouter ce qui se dit sur la ligne. Mais si l'on tient au secret, il n'y a d'autre moyen que d'avoir des fils spéciaux. Il en est de même du reste en télégraphie.

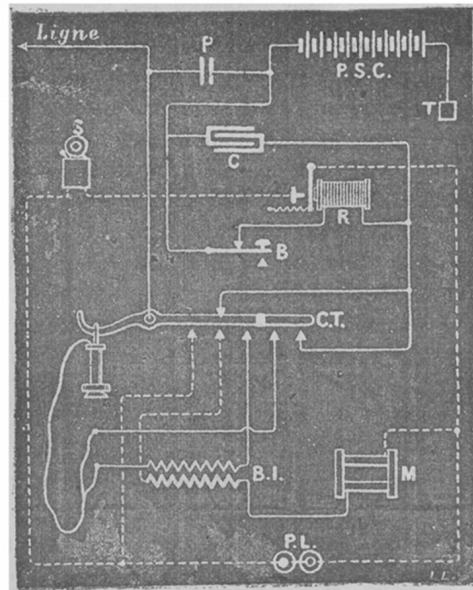


Fig. 3

La figure 3 indique le schéma des communications du poste.

P est un parafoudre.

C le condensateur à papier paraffiné de 1/2 microfarad.

S la sonnerie.

R le relais.

B le bouton d'appel.

C T le crochet du téléphone.

B I la bobine d'induction, et

M le transmetteur microphonique.

Le montage n'offre rien de particulier, sinon que l'extrémité du crochet du téléphone est isolée pour couper toute communication entre la ligne et les organes téléphoniques, dans la position d'attente.

V

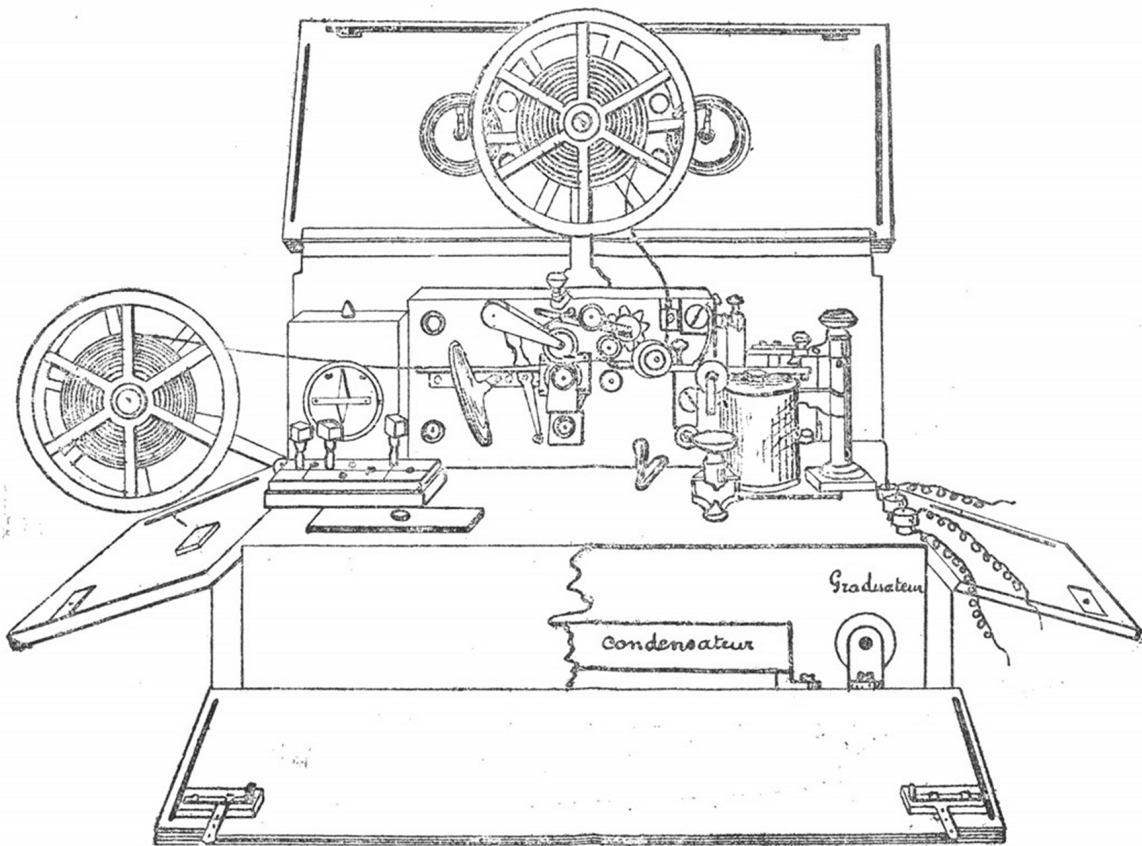
APPLICATION DU SYSTÈME VAN RYSELBERGHE

A LA TÉLÉGRAPHIE MILITAIRE

On pouvait voir à l'Exposition universelle de Paris dans la classe 62 (Électricité), section belge, un appareil des plus ingénieux construit dans les ateliers de la Compagnie Mourlon et destiné aux communications télégraphiques et téléphoniques

de façon à pouvoir sur les lignes importantes, comme cela est des plus utiles, télégraphier et téléphoner à la fois.

Cette ingénieuse combinaison d'appareils est due à M. le capitaine commandant la télégraphie mili-



simultanées du génie militaire en campagne, par le système de F. Van Rysselberghe.

Il s'agit d'une boîte ayant les dimensions et le poids nécessaires pour pouvoir être portée par un seul homme. Cette boîte dont tous les parois se rabattent comme l'indique la figure ci-contre renferme un appareil Morse complet à deux directions, munis de tous les dispositifs anti-inducteurs de F. Van Rysselberghe (condensateur, électros-graduateurs, etc.),

taire à Bruxelles, Waffelaert, un officier du génie doublé d'un électricien, dont les travaux techniques, les inventions et les perfectionnements apportés aux appareils de son service sont bien connus des spécialistes.

En effet, indépendamment de l'appareil micro-téléphonique portatif inventé par ce dernier pour le service de la téléphonie d'avant-postes, c'est encore au capitaine Waffelaert qu'on doit la première

application du système de Van Rysselberghe aux appareils Morse employés par la télégraphie militaire. On peut voir à l'Exposition un poste à deux directions servant sur les lignes les plus importantes et qui est disposé pour « la télégraphie et la téléphonie simultanées », avec les dispositifs ordinaires construits dans les ateliers Mourlon.

Grâce à cette application, une ligne télégraphique double de valeur et à cette occasion, il y a lieu de remarquer qu'aucun système de télégraphie en « duplex » n'a été pratiqué pour assurer le service pour la télégraphie militaire, car un système quelconque nécessitant un réglage spécial ne peut convenir que pour des installations permanentes.

Dans une remarquable étude sur la télégraphie militaire publiée par le capitaine Waffelaert dans le Bulletin de la Société belge d'électriciens, il dit au sujet de cette application du système Van Rysselberghe à la télégraphie militaire à propos de l'appareil dont nous venons de parler que si les bureaux sont anti-inductés, il suffira de rattacher en deux points quelconques de la ligne, des postes téléphoniques ou micro-téléphoniques avec interposition d'un condensateur d'un demi-microfarad au maximum, pour pouvoir parler sans que le fil cesse d'être affecté à la télégraphie. En Belgique, on télégraphie dans la voiture-poste, on parle dehors. Dans les maisons particulières les appareils peuvent être installés sur une même table.

Afin d'éviter toute induction, on prendra une terre différente pour le poste téléphonique.

Le système Van Rysselberghe introduit une résistance de 1,000 ohms sur la ligne pour le courant de départ et de 500 pour l'arrivée, total 1,500 ohms. Un point intéressant à examiner est celui de savoir combien d'éléments de pile en plus à chaque poste il faudra par l'application du système Van Rysselberghe. Voyons d'abord combien il faut d'éléments de pile sur une ligne ordinaire.

Supposons que la pile employée soit la pile Leclanché avec vases en ébonite, comme celle en usage à la compagnie des télégraphistes de campagne, pour laquelle les constantes sont en moyenne $E = 1,48$ $R = 1$ ohm quand l'élément est neuf (1).

(1) Chaque pile se compose de 10 éléments pareils disposés dans une boîte et chaque poste dispose de deux de ces boîtes, soit de 20 éléments, une de ces piles est de réserve. Chaque voiture poste

Il résulte d'expériences faites avec soin que quatre éléments font encore fonctionner l'appareil Morse de campagne, dont la résistance des bobines est égale à 400 ohms, à travers une résistance de 5.000 ohms. Il ne faudrait donc qu'un courant de 0^a,0011 pour travailler sur nos lignes de campagne si l'isolement en était parfait.

En réalité, il faut compter avec une foule de causes de pertes; des courants plus intenses sont nécessaires en pratique pour être certain de correspondre dans tous les cas. Nous adopterons donc un courant reçu dix fois plus énergique que le courant limite que nous avons déterminé plus haut, afin que le télégraphiste le premier venu soit à même de régler son appareil et de recevoir sans difficulté.

La résistance de notre câble est de 14 ohms par kilomètre. Sur une ligne de 40 kilomètres (matériel de deux sections), le nombre d'éléments nécessaires pour un courant reçu de 0^a,011 est donné par la formule :

$$\frac{x \times 1,48}{400 + 40 \times 14 + 40 (2) + x} = 0,011$$

d'où $x = 8$.

En appliquant le système Van Rysselberghe, le nombre d'éléments nécessaire sera donné par l'expression :

$$\frac{1,48 x}{1500 + 400 + 40 \times 14 + 40 + x} = 0,011$$

d'où $x = 19$.

Calculons combien il faudrait d'éléments sur une ligne de fil de bronze phosphoreux de 1^{mm}5 ayant 48 kilomètres de longueur (matériel de deux sections).

La résistance d'un kilomètre de ce fil (qualité dite « pour la lumière et la force », conductibilité 95 p. c.

renfermant deux bureaux mobiles, contient donc 40 éléments Leclanché de campagne. Les vases poreux sont entourés en haut et en bas d'une rondelle de caoutchouc. Les vases extérieurs sont en ébonite, afin d'éviter que le soldat ne les casse dans le transport et ils sont pourvus d'un couvercle en caoutchouc laissant passer, serrés dans des ouvertures minces, le charbon à tête de plomb et le zinc. Ce couvercle empêche tout déversement de liquide pendant le transport. Cette pile de campagne possède les avantages suivants :

- 1^o Non chargée, elle se conserve indéfiniment dans les magasins;
- 2^o Elle se charge en quelques minutes;
- 3^o Elle est d'une très longue durée;
- 4^o Elle est très propre et ne nécessite presque pas d'entretien;
- 5^o Elle est éminemment transportable.

(2) Résistance de deux terres prises au moyen de piquets de fer.

du cuivre pur) est 9,62 ohms. Les poteaux étant espacés de 90 pas de 0^m75, il y aura 712 poteaux. Admettons que l'isolement kilométrique soit de 962,000 ohms seulement et appliquons les formules suivantes dues à Varley, pour calculer quelle doit être l'intensité du courant d'action :

$$z = e^n \sqrt{\frac{m}{i}}$$

$$i_e = \frac{1}{2} i_r \left(z + \frac{1}{z} \right)$$

m résistance de la ligne entre deux poteaux.

i résistance d'isolement à chaque poteau.

$$\frac{m}{i} = \frac{9,62}{9620000} = \frac{1}{1000000}$$

n nombre de poteaux = 712.

i_r courant reçu.

i_e courant envoyé.

e base des logarithmes népériens.

La formule donne *z* = 2,038.

$$\frac{1}{z} = 0,4906$$

$$i_e = i_r \times 1,2643.$$

$$i_e = 0^a 014.$$

En faisant les mêmes calculs que ci-dessus, on trouve que le nombre d'éléments nécessaires est sur une ligne de fil de bronze phosphoreux de 1^{mm}5 de 48 kilomètres 9 éléments.

Sur une ligne de fil de bronze phosphoreux de 1^{mm}5 de 48 kilomètres anti-inductée 24 éléments.
Cap. Comdt WAFFELAERT.

En France, grâce à l'initiative du commandant Joly, chef du dépôt central de la télégraphie militaire, des applications du système Van Rysselberghe ont été faites avec succès sur le réseau télégraphique du génie militaire français.

VI

APPLICATIONS DU SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE

AUX LIGNES TÉLÉPHONIQUES A GRANDE DISTANCE

LIGNE TÉLÉPHONIQUE BRUXELLES-PARIS

Jusqu'ici nous avons vu de quelle façon les dispositifs du système Van Rysselberghe sont appliqués aux fils télégraphiques pour obtenir des transmissions télégraphiques et téléphoniques simultanées. Nous allons maintenant nous occuper de cette autre application de l'invention du savant électricien belge, qui consiste à armer des mêmes dispositifs anti-inducteurs *un circuit téléphonique*, de façon à obtenir simultanément une correspondance téléphonique et une transmission télégraphique par Morse ou par Hughes, sur chacun des fils composant le circuit téléphonique.

Tel est le cas de la ligne Paris-Bruxelles.

En effet, beaucoup de personnes ignorent généralement que les fils qui servent aux communications téléphoniques entre ces deux capitales sont utilisés simultanément à l'échange des télégrammes. M. de la Touanne, ingénieur des Télégraphes français, a

donné dans une conférence à la Société internationale des Électriciens de Paris, la description complète de l'établissement de ces communications et des dispositifs imaginés par Van Rysselberghe, permettant d'utiliser à la télégraphie, cette ligne téléphonique. M. de la Touanne a rappelé à cette occasion que la transmission télégraphique est si peu gênante « que certains correspondants attribuaient cette perfection à ce soi-disant fait que les fils étaient exclusivement consacrés à la téléphonie; leur étonnement augmentait encore lorsqu'ils apprenaient leur erreur et savaient qu'on avait transmis des télégrammes pendant toute leur conversation : quelques-uns même ne paraissaient pas bien convaincus qu'il en fût ainsi ».

C'est à la suite d'expériences faites en Amérique par M. F. Van Rysselberghe entre New York et Chicago, que MM. Mourlon, de Bruxelles, ont pro-

posé aux deux Gouvernements d'établir à leurs frais des communications téléphoniques entre les différentes capitales, en commençant par Paris, Bruxelles, Anvers. Toutefois, les administrations télégraphiques des deux pays ont préféré se réserver le monopole de ces communications téléphoniques et télégraphiques simultanées, tout en faisant usage du système Van Rysselberghe.

Les résultats de ces expériences de téléphonie à grande distance, organisées entre New-York et Chicago par M. Van Rysselberghe, et qui eurent un si grand réentissement ont été consignés dans un rapport présenté par M. Van Rysselberghe à la direction générale des postes et télégraphes de Belgique, à son retour des États-Unis.

Voici le texte de ce rapport :

Rapport de M. F. Van Rysselberghe sur ses expériences de téléphonie à grande distance aux États-Unis d'Amérique (30 avril 1886).

MONSIEUR LE DIRECTEUR,

J'ai été à même de faire récemment, aux États-Unis d'Amérique, de nombreuses expériences de télégraphie et de téléphonie simultanées sur des circuits tels que l'on n'en trouve pas en Europe. Les résultats me paraissent très instructifs et dignes d'être signalés à votre attention.

En effet, il résulte de ces expériences que l'on peut correspondre avec succès à toute distance, directement, sans relais, ce qui ne se fait pas en télégraphie. Toutes les capitales de l'Europe pourraient être réunies par un service téléphonique international. Je dirai même que la parole articulée irait sans difficulté de Londres à Calcutta par des conducteurs qui pourraient être utilisés simultanément pour le service du télégraphe; et j'ai hâte de citer les expériences qui autorisent pareilles conclusions :

La " Baltimore and Ohio telegraph Co " avait mis à ma disposition son réseau et son personnel; et " l'United Lines telegraph Co " m'avait autorisé à faire des essais sur la longue ligne directe de New-York à Chicago.

Les résultats obtenus ont été constatés, tels que je vais les relater, par les directeurs et les ingénieurs électriciens de ces deux compagnies; en outre l'électricien du Mackay-Bennett cable assistait aux essais entre New-York et Chicago.

Tous les essais ont eu lieu avec les microphones et les téléphones récepteurs tels que je les ai perfectionnés en dernier lieu, et toujours par des conducteurs desservant simultanément le télégraphe.

La première expérience fut faite entre Grafton et Parkersburg (West Virginia) distance 104 milles (167 kilomètres) sur une ligne de huit fils munis de mes appareils anti-inducteurs; le but étant surtout de vérifier si ces

appareils n'empêcheraient pas le bon fonctionnement des télégraphes à transmissions rapides tels que le Quadruplex Edison. J'avais pris pour ce cas spécial des mesures spéciales, c'est-à-dire que j'avais disposé les éléments de mes appareils anti-inducteurs d'une façon quelque peu différente de celle que nous avons adoptée pour les télégraphes Morse et Hughes.

Le résultat a été des plus satisfaisants. Les quadruplex ont pu continuer leur service sans difficulté. Nous communiquions en même temps par téléphone sur les mêmes fils. Ceux-ci étaient : les uns en fer de 4^{mm} environ (n° 9 de la jauge anglaise), les autres en cuivre dur de 2^{mm}.7 (n° 12) offrant une résistance de 6 ohms environ par mille, soit 4 ohms au kilomètre.

La communication téléphonique par les fils de cuivre était splendide, d'une clarté et d'une netteté remarquables; les moindres détails de l'articulation étaient perçus à la perfection, et la voix, dans son ensemble, était forte et bien nourrie.

Avec les conducteurs en fer la netteté des détails était moindre quoique la voix ne semblât pas plus faible qu'avec le cuivre, on aurait dit même qu'elle avait plus de volume; mais c'était là une illusion due à des résonances nuisibles qui rendaient les sons plus graves au détriment de la clarté.

La différence observée tenait uniquement à la nature des conducteurs, car les mêmes microphones et les mêmes téléphones servaient dans les deux cas.

Que le conducteur fût en fer ou en cuivre, la communication était excellente et cela, soit en prenant un seul fil soit en utilisant deux en circuit métallique; la différence entre les résultats de ces deux modes de communication n'étant guère appréciable.

Ces expériences eurent lieu le jour, en plein travail télégraphique.

Ayant ainsi démontré l'efficacité des appareils anti-inducteurs, nous résolûmes d'entreprendre une série d'essais pour déterminer la plus longue portée du téléphone, essais qui se feraient le matin de bonne heure alors que le travail télégraphique est à son minimum, puisqu'il était inutile, pour l'objet en vue, d'installer des appareils anti-inducteurs sur tous les fils du réseau, ce qui aurait conduit à des dépenses considérables.

Les lignes que la " Baltimore and Ohio Telegraph Co " possède de New-York à Chicago et de Baltimore à Chicago, furent choisies pour champ d'expérience.

De Baltimore à Chicago nous ne possédions que des conducteurs en fer n° 8 (4 1/2^{mm}).

De New-York à Chicago nous avions en outre des conducteurs en cuivre dur n°s 12 et 14 (2^{mm}.7 et 2^{mm}.1) offrant respectivement 6 et 8 ohms de résistance par mille (4 et 5 ohms par kilomètre, environ).

Voici sommairement les résultats obtenus en circuit métallique :

Avec les conducteurs en fer il ne fut pas possible de tenir une bonne conversation à plus de 250 milles de distance (400 kilomètres), mais nous eûmes une communica-

tion convenable entre River (Ohio) et Fostoria (Indiana), distance 229 milles (368 kilomètres) par un conducteur n° 8 (4 1/2^{mm}).

De Grafton à Fostoria (323 milles = 520 kilomètres) nous entendions la voix de l'interlocuteur et nous comprenions quelques mots, mais sans pouvoir tenir une conversation suivie. Toutefois on entendait distinctement le bruit de l'appel phonique dans un ton très grave (ajoutons ici que M. Cornand, avec mes appareils, a correspondu sans difficulté entre Buenos-Ayres et Santa-Fé, 500 kilomètres, en réunissant en quantité deux fils de 4^{mm} employés simultanément pour la télégraphie; la communication était encore satisfaisante en prolongeant ce conducteur par un câble sous-marin de 50 kilomètres).

De Baltimore à Fostoria (620 milles = 1000 kilomètres) nous n'entendions rien, absolument rien, ni voix humaine ni appel phonique.

Tout ceci se rapporte, bien entendu, à des conducteurs en *fer* et il importe de remarquer que lorsque avec des conducteurs de cette nature la conversation devient impossible au delà d'une certaine limite, ce n'est nullement à cause de la faiblesse des sons perçus au téléphone; mais la voix est profondément altérée, le timbre en devient très grave et l'on ne reconnaît plus son interlocuteur. On reçoit des sons assez volumineux encore, mais confus et assourdis; l'articulation est perdue, en un mot c'est par défaut de netteté et non par trop grande faiblesse des sons que la correspondance devient impossible.

Tout autres sont les résultats avec des conducteurs en *cuivre*. Alors la voix avec tous ses détails d'articulation reste pure, claire et nette, sans altération aucune, jusqu'à ce que, par la distance franchie, elle s'affaiblit au point d'atteindre la limite de la perception par l'oreille humaine.

Je me rappellerai toujours les premiers mots que j'ai perçus à Fostoria, M. W. Maver, l'ingénieur qui se trouvait à New-York, séparé de moi par 730 milles (1175 kilomètres) de fil en cuivre dur de 2^{mm}.7 et m'appelant en ces termes : « Hello! Professor! » C'était faible, il est vrai, mais clair, mais net et précis. C'était sa voix, je la reconnus immédiatement. Les *s* de Professor me sifflent encore dans l'oreille et pourtant de toutes les consonnes, l'*s* est celle qui se transmet le moins bien par le téléphone.

De Fostoria à New-York (1175 kilomètres) par ce fil de 2^{mm}.7 la voix ne parvenait pas assez forte pour les besoins d'une communication commerciale.

Mais de Fostoria à Albany (585 milles = 941 kilomètres) nous pouvions converser couramment et sans difficulté par le même fil, malgré une induction assez prononcée provenant surtout de circuits à lumière électrique.

Pour cette dernière expérience, d'après les renseignements fournis par le chef du bureau de Buffalo, la résistance totale du fil d'aller était de 3660 ohms, celle du fil de retour de 3347 ohms (la différence provenant de ce que le premier renfermait 27 milles de fer n° 8). La capacité statique du circuit : 3,3 microfarad.

Isolement : 296 meghoms par mille.

Nous avons essayé de communiquer aux mêmes distances (Albany-Fostoria par Buffalo = 941 kilomètres) par un circuit métallique complet en fil de cuivre plus mince, n° 14 (2^{mm}.1). Le résultat n'a pas été satisfaisant.

C'était absolument trop faible pour une communication commerciale. Toutefois, lorsque certains mots nous parvenaient, ils avaient cette caractéristique de netteté et de clarté que nous avons toujours observée sur des conducteurs en cuivre. Quant au chant, on l'entendait distinctement d'un bout du fil à l'autre.

Voyant par nos dépêches télégraphiques (échangées simultanément par les mêmes fils) que notre conversation téléphonique était difficile, le chef du bureau de Buffalo nous demanda l'autorisation d'interposer un téléphone Bell, à Buffalo, dans un des deux fils composant notre circuit, c'est-à-dire à mi-chemin environ.

Buffalo comprit parfaitement chaque parole transmise soit de Fostoria, soit d'Albany, quoique cette transmission se fit par toute l'étendue du circuit. Il était donc certain que par un fil n° 14 (2^{mm}.1) et en circuit direct, on aurait eu une bonne communication à 300 milles de distance (disons à 500 kilomètres).

La comparaison des résultats obtenus par les fils n° 12 et n° 14 tendait vers cette conclusion qu'avec des conducteurs en cuivre (ou tout autre métal non susceptible de s'aimanter comme le fer, du bronze phosphoreux, par exemple) la portée du téléphone était approximativement proportionnelle à la conductibilité des fils, et qu'avec des fils de diamètre convenable on pourrait téléphoner directement, sans relais, à toute distance demandée sur les continents terrestres; au besoin du fond de la Norvège au Cap de Bonne-Espérance, ou du Cap Horn aux chutes du Niagara. Mais, pour autoriser pareille conclusion il fallait au moins une troisième expérience avec un fil plus gros. Car on pouvait craindre que la loi de proportionnalité qui semblait s'annoncer ne fût applicable qu'entre des limites relativement restreintes.

On pouvait craindre notamment, et je craignais, que l'augmentation de capacité statique résultant de plus forts diamètres n'amenât des effets nuisibles de nature à contre-balancer les avantages de la diminution de résistance.

C'est alors que nous résolûmes de nous adresser à M. Chandler, le directeur de l'« United Lines Telegraph Co » qui possède entre New-York et Chicago des fils directs de 6^{mm} de diamètre. Ce sont des fils « compound » ayant une âme en acier de 3^{mm} de diamètre recouverte de cuivre à 1 1/2^{mm} d'épaisseur. La longueur totale de chaque fil est de 1010 milles (1625 kilomètres) et sa résistance de 1.7 ohm environ par mille (1.1 ohm par kilomètre). Sa capacité statique de 11.7 microfarad, soit 23,4 microfarad pour un circuit complet. Ces renseignements m'ont été fournis par M. Davis, ingénieur électricien de la C^{ie}.

On ne pouvait souhaiter mieux pour déterminer l'influence nuisible de la capacité, si influence nuisible il y

avait. La présence de l'acier à l'intérieur du conducteur semblait, à la plupart d'entre nous, fâcheuse au point de vue du téléphone. Quant à moi, je déduisais de l'expérience Fostoria-Baltimore, rapportée plus haut, qu'on pouvait tenir l'âme en acier pour non existante puisqu'à cette distance de plus de 1600 kilomètres aucun son ne se transmet à travers le fer, et je considérai ce fil "compound" de 6^{mm} comme équivalent à un fil exclusivement en cuivre de 5^{mm} de diamètre (à part sa plus grande capacité)

De Chicago à Buffalo la ligne se composait de 6 fils, de Buffalo à New-York il y en avait 10, enfin à New-York dans le câble qui traverse l'Hudson (que j'évalue approximativement à 2 kilomètres) il existait 6 autres conducteurs.

A Chicago il y avait environ 10 kilomètres de câble souterrain.

Tous les fils de la ligne étaient en plein service télégraphique et avaient été munis de mes appareils anti-inducteurs.

Les expériences ont été fréquemment répétées aux différentes heures du jour et de la nuit.

Les 2 fils qui constituaient le circuit métallique par lequel nous espérions causer à cette belle distance de plus de 1600 kilomètres, desservaient en même temps des appareils télégraphiques quadruplex.

Les installations terminées de part et d'autre, ce fut avec une certaine anxiété que l'un de nous, M. Maver (à New-York), s'approcha du microphone, se mit les récepteurs aux oreilles et cria : "Hellow! Chicago." "Hurrah! Hurrah!" s'écria-t-il ensuite ; puis, se tournant vers nous tout étonné : "c'est incroyable", dit-il. Il venait d'entendre la voix de M. l'ingénieur Steward (à Chicago) avec une telle intensité de son et une telle clarté, qu'il s'imaginait devoir trouver son collègue derrière lui, parmi nous, dans la même chambre, à New-York et non à 1625 kilomètres de distance.

Je pris les téléphones à mon tour, et je fus littéralement émerveillé du résultat. La voix était vibrante et nette, d'une clarté admirable, sans la moindre altération et d'une intensité étonnante. Je pus écarter les téléphones de 3 à 4 centimètres de mes oreilles sans cesser de *comprendre* mon interlocuteur. Lorsque d'autres personnes avaient un récepteur appliqué contre l'oreille, on pouvait entendre les sons venant de Chicago à travers cet appareil, à l'extérieur du téléphone.

Des personnes n'ayant jamais fait usage du téléphone correspondirent à merveille, sans avoir besoin de faire répéter un mot quelconque. Une femme du peuple même, la gardienne de la maisonnette (Cable house) dans laquelle nous nous trouvions, et qui n'avait jamais vu un téléphone, conversa sans hésitation avec M^{me} Steward dont la voix fine s'entendait à la perfection.

En un mot, les correspondances téléphoniques entre deux postes d'une même ville sont rarement aussi satisfaisantes que celle que nous obtenions, avec nos appareils, à travers un circuit dont la longueur totale était de

3,250 kilomètres! soit les deux tiers de la distance qui sépare les côtes de l'ancien et du nouveau monde.

L'intensité de la voix était telle que tous ceux qui assistaient aux expériences n'ont pas hésité à conclure qu'avec le même conducteur et les mêmes appareils on pourrait converser sans difficulté à une distance triple. Quant à moi, j'oserais garantir le succès à une distance double et je crois la réussite possible (avec le même fil) à une distance quadruple. — Avec un fil de diamètre convenable je garantirais le succès à toute distance demandée fût-ce celle de Paris à Pékin.

Mais restons dans le domaine des faits et résumons les résultats acquis.

Nous avons correspondu d'une manière commercialement satisfaisante :

Avec un fil de 2 ^{mm} .1	à une distance de 500 kilomètres.
Id. 2 ^{mm} .7	id. 941 id.
Avec un fil équivalent à . . . 5 ^{mm}	id. 1,625 kilomètres

dans la perfection et il paraît certain qu'avec le même fil de 5^{mm} on correspondrait à 3,250 kilomètres suffisamment bien.

Il suffit de donner, en regard de ces faits acquis, les distances approximatives entre les principales villes d'Europe pour que les conclusions que le sujet comporte se dégagent d'elles-mêmes.

Bruxelles-Paris	320 kilomètres.
Berlin-Vienne	559 id.
Paris-Amsterdam	600 id.
Paris-Marseille	700 id.
Bruxelles-Berlin	700 id.
Bruxelles-Vienne	950 id.
Bruxelles-Rome	1400 id.
Bruxelles-Madrid	1400 id.
Bruxelles-Saint-Petersbourg	2200 id.
Bruxelles-Constantinople	2500 id.
Saint-Petersbourg-Moscou	650 id.
Saint-Petersbourg-Constantinople	2200 id.

Agrérez, Monsieur le Directeur, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

F. VAN RYSELBERGHE.

Maintenant puisque nous avons commencé par faire mention de la ligne téléphono-télégraphique établie entre Paris et Bruxelles, laissons la parole à l'éminent fonctionnaire qui en a dirigé toute l'installation et qui dans une conférence faite à la Société belge d'Électriciens à Bruxelles en a donné une description complète, que nous sommes heureux de pouvoir reproduire ici :

LIGNE PARIS-BRUXELLES

Extrait de la brochure de M. Banneux, ingénieur en chef directeur des télégraphes de l'État belge sur les circuits aériens de la téléphonie à grande distance.

de tous genres qui, pour prôner tel ou tel appareil de transmission ou de réception, rendaient compte d'expériences exécutées toujours avec le succès le plus merveilleux, sur des lignes de fer incommensurables; en l'absence d'ailleurs de tout circuit de

Fig: 8.

Ferrure quadruple.

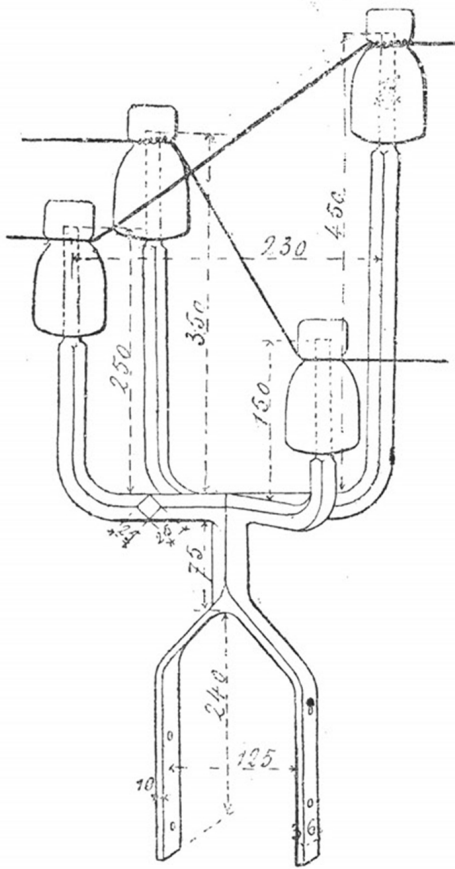
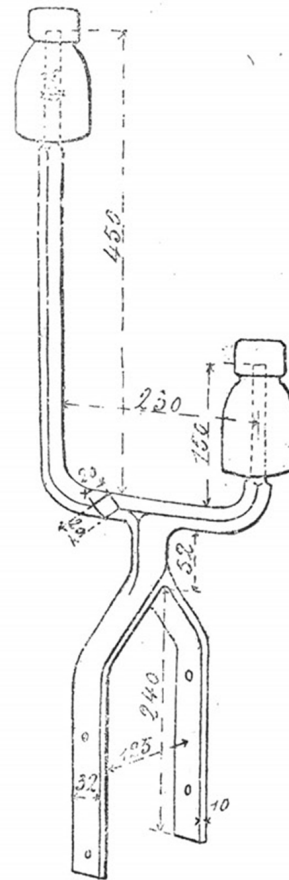


Fig: 9.

Ferrure double.



Modèles des ferrures avec isolateurs en porcelaine employés pour les fils de la ligne téléphonique entre Paris et Bruxelles.

« On ne serait point fondé à faire un reproche à ceux qui, aux débuts de la téléphonie, et même jusqu'en 1883, proclamaient la possibilité de correspondre à toutes distances au moyen de fils de fer. Sur la foi d'expériences de laboratoire, où l'intercalation de centaines de milliers d'ohms sous forme de bobines de résistance n'empêchait pas la transmission de la parole; à la lecture des journaux

comparaison, cuivre ou bronze, de grand développement, comme des recherches scientifiques démontrant à l'évidence la supériorité d'un matériel conducteur sur l'autre, dans l'ignorance ou dans le doute, enfin, on ne pouvait prévoir la nécessité d'exclure le fer des communications à très longue portée. On devait être imbu de cette idée que la réussite de la correspondance dépendait surtout de

la puissance des appareils, et c'est à perfectionner les appareils en ce sens que se consacraient tous les efforts. Actuellement prévaut l'opinion contraire : c'est surtout la ligne, ce sont les conditions du circuit qu'il faut s'attacher à rendre aussi parfaites que possible sous tous les rapports : les instruments ont encore leur importance, mais elle est devenue secondaire.

Le téléphone doit, en partie, au télégraphe, le grand progrès accompli. C'est, en effet, en vue de télégraphier que la Postal Telegraph Co établit, en 1883, entre New-York et Chicago son fil spécial de 6,04 millim., âme d'acier revêtue de cuivre électrolytique. Pour résister à la concurrence, la Compagnie avait besoin d'une ligne exceptionnelle quant à la faible résistance et à la basse capacité électro statique (?), afin de permettre ou d'augmenter le travail télégraphique grâce à l'emploi des dispositifs duplex et quadruplex et des appareils à transmission rapide. Si le télégraphe n'avait point requis une ligne de cette nature et de cette importance, à quelle époque un exploitant, officiel ou non, aurait-il consenti à faire les frais énormes d'une démonstration téléphonique sur une échelle aussi vaste ?

Le succès de l'expérience enhardit l'American Bell Telephone Co à poser, l'année suivante, entre New-York et Boston, deux fils de cuivre dur, de 2,77 millim. de diamètre ayant une résistance de 2,8 ohms par kilomètre. L'éloignement des deux villes est de 320 kilomètres à vol d'oiseau, mais, pour réduire la dépense de premier établissement, on emprunta les poteaux de plusieurs compagnies de télégraphe et le trajet se trouva allongé par des détours jusqu'à 480 kilomètres. Outre l'essai du cuivre dur comme matériel de construction, l'American Bell avait pour objectif l'épreuve du remède, déjà appliqué ailleurs, contre l'induction : un circuit entièrement métallique. Nous ne possédons jusqu'aujourd'hui aucun détail sur le mode de balancement adopté, mais nous avons des déclarations officielles, datées du 12 septembre 1884 et du 31 mars 1885, qui témoignent d'un succès complet à tous les points de vue et qui annoncent, comme conséquence, la construction d'une ligne spéciale, exclusivement téléphonique, entre New-York et Philadelphie, sur 165 kilomètres. Cette ligne, composée de 24 fils, des diamètres de 2,77 millim.,

2^{mm}108 et 1^{mm}65, pour 12 circuits métalliques, fut terminée au commencement de l'année 1886 et s'ouvrit au service public en janvier 1877 : on paye 1 dollar par cinq minutes de conversation.

La supériorité du cuivre comme véhicule des courants télégraphiques dont le taux des émissions se rapproche de celui des transmissions téléphoniques fut démontrée par des expériences exécutées en Angleterre sur des fils de cuivre et des fils de fer galvanisé tendus entre Londres et Newcastle (450 kilom.) et qui firent l'objet d'une communication de M. W.-H. Preece à la réunion d'Aberdeen de l'Association britannique, en septembre 1885. Le 28 janvier suivant, le professeur Hughes prononça, devant la Society of telegraph Engineers, son discours inaugural « sur la self-induction d'un courant électrique dans ses rapports avec la nature et la forme du conducteur (1) » ; enfin, le 30 avril 1886, M. Van Rysselberghe rendit compte à l'administration belge de ses propres recherches expérimentales sur les lignes américaines : il reconnut que la correspondance téléphonique s'opère malaisément à 400 kilom. par des fils de fer d'environ 4 1/2 millim. ; sans difficulté sur des fils de cuivre de 2,7 millim. à une distance de 941 kilom., et avec les meilleurs résultats sur des fils *compound* d'une résistance kilométrique de 1,1 ohm et d'une longueur de 1,625 kilomètres ; il démontra aussi la possibilité d'utiliser les fils conducteurs simultanément aux échanges téléphoniques et à la correspondance télégraphique par les systèmes duplex et quadruplex.

Tels étaient, Messieurs, les données et les faits principaux acquis au moment (16 novembre 1886) où les gouvernements français et belge résolurent d'organiser le service téléphonique entre Paris et Bruxelles.

On admit, sans discussion, l'emploi de deux fils de haute conductibilité, d'un diamètre de 3 millim. et l'utilisation des poteaux des lignes télégraphiques reliant les capitales, et l'on s'engagea à protéger le circuit contre l'induction *dans la mesure la plus large possible*, en laissant à chaque administration le choix du mode de balancement.

(1) Voir le Bulletin de la Société belge des Électriciens, tomes III et IV.

Le circuit aérien, long de 320 kilomètres, fut entièrement posé en trois semaines, au mois de décembre, dans les pires circonstances climatériques; il s'étend en Belgique sur environ 80 kilomètres, en passant par Bruxelles (Midi), Braine-le-Comte, Mons et Quévy; il aboutit d'un côté au Palais de la Bourse, à Bruxelles, de l'autre à la Bourse de Paris, par l'intermédiaire d'un câble spécial sous plomb de 5k400, placé dans les

63 échantillons des fils fournis par l'usine Montefiore, d'Anderlecht.

Bronze phosphoreux de 3 millimètres.

	Limites.
Diamètre : 3,025 millimètres	2,99 à 3,07
Poids par kilomètre : 64k825	63,520 à 66,570
Charge totale de rupture : 333k781	317,1 à 353,9
Charge par millimètre carré : 46k349	44,9 à 48,1
Conductibilité pour cent du cuivre pur : 96,24	94,4 à 98,6
Résistance en ohms par kilom. à 0° c. : 2 309	2,25 à 2,38
Allongement pour cent : 1,93 (a)	1,3 à 2,5
(a) Moyenne de 55 échantillons,	

Fig. 10
Disposition des fils téléphoniques du premier circuit, de Bruxelles Paris sur le territoire Belge.
Pleine voie entre Forest et Ruysbroeck.

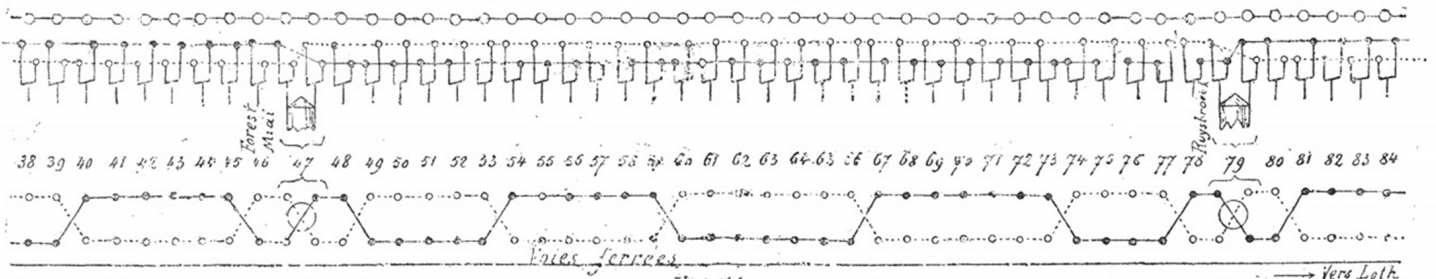
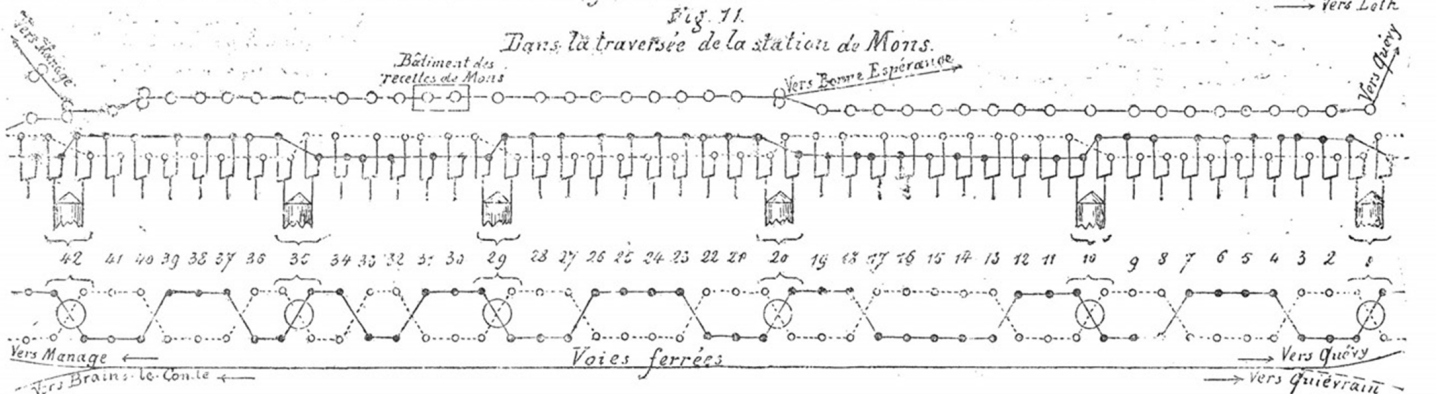


Fig. 11
Dans la traversée de la station de Mons.



Ligne téléphonique de Paris-Bruxelles.

égoûts (1). Nous devons à l'obligeance de l'inventeur-constructeur, M. Fortin-Hermann, de pouvoir mettre ce soir sous vos yeux un échantillon de ce câble, d'une capacité électro-statique de beaucoup inférieure à celle des câbles en gutta-percha.

Les sections aériennes sont en bronze phosphoreux sur notre territoire, en bronze silicieux au delà de la frontière. Voici les moyennes des essais de

Vous accueillerez sans doute avec intérêt quelques renseignements sur les dispositions de croisement dont nous avons fait réaliser l'application sur le territoire belge. Disons d'abord que l'isolation devant être considérée à l'égale de l'induction, il faut mettre en œuvre les isolateurs les plus perfectionnés; ils sont chez nous en porcelaine double cloche du grand modèle.

Le système de pose de la ligne de Bruxelles à Anvers sur la tête des poteaux nous avait trop bien réussi pour que nous songions à en chercher un autre; toutefois, à tort ou à raison — nous incli-

(1) Voir sur les installations françaises l'intéressante note de M. l'ingénieur de la Touanne, à la « Société internationale des Electriciens », tome IV, mai 1887, et dans le « Génie civil », la notice du même auteur reproduite par « l'Ingénieur-Conseil », n° du 15 juillet 1887.

nons vers la première hypothèse, — le personnel d'exécution, habitué aux lignes de fer, redoutait les croisements en hauteur, susceptibles, croyait-il, d'amener des contacts sous l'action des grands vents. Nous avons donc, au moyen d'une ferrure à quatre branches de hauteurs inégales (fig. 8), ramené aux poteaux les croisements *complets*, c'est-à-dire la permutation tant en hauteur qu'en largeur. Si cinq poteaux sont armés de cette façon, chaque fil occupe, dans chaque portée, successivement les quatre positions : derrière-haut, devant-bas, devant-haut, derrière-bas, et accomplit ainsi un tour entier d'hélice. On peut se contenter de cette combinaison, qui maintient généralement les fils parallèles dans les portées, pourvu que l'on rapproche les points de croisement *complet*, par exemple, tous les kilomètres; mais alors on augmente le nombre des ferrures quadruples et celui des isolateurs, circonstances ayant de l'influence sur le coût de la ligne et sur le bon isolement du circuit. Nous avons essayé d'obtenir le bénéfice du minimum de ces permutations en faisant *zigzaguer* par intervalles, sur les ferrures doubles (fig. 9), les deux fils sans en changer l'altitude. Sur le plan (fig. 10), on voit une section de pleine voie où les ferrures quadruples laissent entre elles un nombre de 30 à 35 poteaux et où les demi-permutations (changement de côté) s'opèrent tous les 6 ou 7 poteaux; la première distance correspond à deux kilomètres et demi environ, la seconde à un demi-kilomètre. Au passage des stations principales, qui sont les points des plus dangereux en raison de la présence de fils de signaux locaux et de la variation du nombre des conducteurs des deux côtés du bâtiment des recettes, on multiplie les croisements complets et les alternances sur les ferrures doubles (fig. 11).

Ce système soumet les fils de bronze à une assez rude épreuve, mais n'oblige à les couper nulle part et, par conséquent, n'accroît pas d'une unité la quantité de joints due à la longueur développée des rouleaux; la situation des conducteurs à la pointe des poteaux met d'ailleurs le circuit à l'abri des contacts provenant de l'allongement ou de la chute des fils télégraphiques voisins.

Malgré le froid et la neige, l'inexpérience des ouvriers et la hâte apportée à la pose, le travail

fut exécuté, à part quelques fausses manœuvres, dans de bonnes conditions, et le fil se comporte à notre entière satisfaction.

Les premiers essais de la section belge, Bruxelles-(Midi)-Quévy, eurent lieu le 24 décembre 1886 et réussirent à merveille : on put tenir assez facilement une conversation au moyen de *téléphones* Bell ordinaires; les microphones Dejongh, actionnés par un seul élément Leclanché à agglomérés et à cylindre de zinc creux, donnaient une communication parfaite. Le circuit offrait le silence presque absolu : en s'absorbant dans l'audition de deux téléphones, on parvenait à percevoir un grésillement d'une faiblesse extrême, paraissant sortir de lointaines profondeurs. Il est juste de dire que ce résultat est favorisé par la présence des organes anti-inducteurs Van Rysselberghe sur les fils télégraphiques de Bruxelles à Quévy, parmi lesquels se trouvent, outre des fils du block-système et de sonneries de signaux à distance, de deux à six fils Hughes, de un à dix-huit fils Morse et un fil Bréguet (1). Quand on faisait usage d'un seul des fils conjugués en les reliant à la terre, les crépitations s'accroissaient, sans cependant contrarier la correspondance. L'air, sur tout le parcours, était très humide : une pluie mêlée de neige tombait; il avait également plu et neigé les jours précédents.

L'ouverture du service téléphonique Bruxelles-Paris, le premier organisé à la distance de 325 kilomètres, n'eut lieu, pour des motifs divers, que le 24 février 1887. Le public est, tous les jours, juge de la manière dont il fonctionne entre les Bourses. Quant aux ingénieurs des deux administrations, habitués aux écarts de conduite à peu près quotidiens des fils télégraphiques de cette étendue, ils se félicitent de voir le circuit international, donnant tort à leurs appréhensions, se montrer d'une sagesse vraiment exemplaire. La majeure partie des dérangements survenus chez nous provient de la section urbaine de Bruxelles, où des ouvriers peintres mettent en contact les fils attachés aux façades des maisons.

La communication téléphonique assurée, les ad-

(1) Décomposition : fils Hughes : 2 sur 80 kil.-m., 2 sur 61 kil., 2 sur 2 kilom. — Fils Morse : 4 sur 80 kilom., 10 sur 39 kilom., 5 sur 31 kilom., etc. — Fil Bréguet : 1 sur 14 kilomètres.

ministrations s'empressèrent d'appliquer aux deux conducteurs le système anti-inducteur Van Rysselberghe et pendant que, d'un côté à l'autre de la frontière, se croisaient des objurgations contradictoires sur le régime à imposer au patient, Hippocrate et Galien conversaient, sans s'en douter, par les fils qui transmettaient en même temps les dépêches télégraphiques. C'est là, vous le savez, Messieurs, le service ordinaire du circuit Bruxelles-Paris durant les heures de Bourse. L'excellente conductibilité et la bonne isolation des conducteurs ont fait leurs preuves un jour d'hiver, où, par suite de l'état de l'atmosphère, tout échange télégraphique était devenu impossible par les fils de fer, les fils de bronze sauvèrent la situation en desservant à toute vitesse des appareils Hughes. Nous avons déjà noté que les conducteurs conjugués doivent être de composition et d'isolation identiques. L'expérience prouve, en effet, que le circuit cesse d'être silencieux quand on intercale, par exemple, un téléphone Bell à la frontière sur l'un des conjugués seulement; le même effet se produit par le contact de l'un des fils avec des branches d'arbres ou des murs humides.

Des détails sur les installations du bureau de Bruxelles (Bourse) et les mesures adoptées pour la localisation des défauts en ligne ne rentrent pas dans le cadre de la présente note; on peut s'en référer d'ailleurs à la description déjà donnée par M. de la Touanne à la Société internationale des Electriciens. »

BANNEUX.

LIGNE DE PARIS-BRUXELLES

Communication de M. de la Touanne, ingénieur des télégraphes français, à la Société internationale des Electriciens de Paris (mai 1887).

« Quand il s'est agi de la ligne téléphonique Paris-Bruxelles, les deux administrations d'État, devant les bons résultats donnés jusqu'alors par les fils de cuivre, n'ont pas hésité à en adopter l'usage, et il fut décidé que par leurs soins, deux fils de bronze seraient posés entre les deux villes. Je n'insiste pas sur l'avantage des circuits entièrement métalliques; on sait quelles facilités en résultent au point de vue de la suppression des bruits étrangers, soit d'induction, soit de terre. De plus,

on a complété ce système bifilaire par l'application de l'artifice bien connu (1), consistant à disposer en hélice ces conducteurs; ils occupent ainsi une position moyenne identique relativement aux objets extérieurs capables de les influencer, par exemple un autre fil. Enfin et par surcroît de précaution, on choisit, pour sortir de Paris, une ligne déjà silencieuse par elle-même; les poteaux, sur 60^{km}, portent, en effet, des fils affectés déjà à la communication téléphonique Paris-Reims, sur lesquels on a dû rendre inaudibles les transmissions télégraphiques. Il en est de même à l'autre extrémité du circuit, sur le territoire belge, où le réseau télégraphique est aménagé suivant le système de M. Van Rysselberghe. Le travail fut conduit avec une très grande rapidité; 628^{km} de fil furent posés en trois semaines par les deux États, et cela en plein hiver. On a choisi le diamètre de 3^{mm}, qui semblait donner toutes les garanties d'un bon fonctionnement; la charge de rupture dépasse 42^{kg} et 45^{kg} par millimètre carré, et la conductibilité atteint 96 et même 98 pour 100 de celle du cuivre pur.

Câble souterrain. — A Paris, la ligne a été complétée par la pose d'un câble spécial (5^{km},400) en égouts, entre les fortifications et le Palais de la Bourse, où se trouve le poste de téléphonie interurbaine.

La simplicité de procédés que nous venons de rencontrer dans la construction de la ligne se retrouve dans les appareils de poste. Nous nous bornerons encore à indiquer ceux en service et non ceux qui ont été expérimentés, et sur lesquels nous n'avons pas ici à donner d'appréciation.

Les microphones et téléphones, servant aux communications, sont des types ordinaires.

Quant aux piles de microphones, l'élément adopté est celui à potasse et oxyde de cuivre, de MM. Chaperon et de Lalande (2); le modèle est celui à spirale.

(1) *Society of Telegraph Engineers*, 1879. — *Engineering*, p. 218; 14 mars 1879. — *Annales télégraphiques*, 3^e série, t. VI, p. 165 et 209; 1879.

(2) En dehors de celles sur éléments neufs ($E = 0,8$, $\rho = 0,15$), il n'a pas été fait, pour ainsi dire, de mesures sur les éléments en service; d'après une ancienne expérience, nous croyons cependant que la résistance intérieure, après mise hors service, ne dépasse pas 0,25; d'ailleurs le moment où l'élément est rejeté dépend évidemment des circonstances,

Communications avec les abonnés aux réseaux urbains. — Sur les lignes de Paris, nous n'avons rien à dire, on en connaît la nature : torons de cuivre isolés par de la gutta-percha et cordés ensuite deux à deux. La communication devant, au moins jusqu'à nouvel ordre, être donnée par l'intermédiaire du bureau de la Société générale, situé avenue de l'Opéra, on a relié par un câble téléphonique ce bureau et le poste de la Bourse.

Les liaisons seront, dans les postes intermédiaires, établies directement, sans dérivations d'aucune sorte. Il faut cependant que le correspondant puisse indiquer la fin de la conversation ; or les fils interurbains sont aménagés suivant le système Van Rysselberghe, et, par suite, les fils constituant la dérivation téléphonique aboutissent à un condensateur. Si l'on reste dans ces conditions, on ne peut songer à donner un signal sur la ligne téléphonique à l'aide d'un courant permanent. Il eût été facile de résoudre la difficulté et d'installer, chez chaque personne voulant correspondre avec Bruxelles, une bobine de Ruhmkorff, pour servir aux appels, comme on le faisait à la Bourse ; mais il est toujours préférable de ne pas heurter les habitudes acquises ; aussi a-t-on cherché à ne modifier en rien les postes particuliers, ni le mode de rappel actuellement en usage. La question avait d'ailleurs été examinée dès l'ouverture de la ligne téléphonique Paris-Reims, en décembre 1885, et l'on n'a eu qu'à appliquer, à la ligne Paris-Bruxelles, la solution des plus simples, dont l'expérience avait, à cette époque, montré l'efficacité. On sait que, par suite des extra-courants développés dans un électro-aimant au moment où varie l'intensité d'un courant qui le parcourt, il peut offrir au passage des courants téléphoniques essentiellement alternatifs (ou, tout au moins, si l'on considère la transmission en courant direct, d'intensité alternativement croissante et décroissante), une résistance fictive de beaucoup supérieure à celle due au fil enroulé lui-même.

Malgré les appréhensions qui faisaient redouter, pour les communications à longue distance, un grand affaiblissement de la voix si l'on plaçait une dérivation quelconque entre les fils de la double ligne, on supposa qu'en choisissant un électro-aimant convenable A, on pourrait sans dommage le mettre en dérivation et lui faire jouer le rôle

d'annonciateur fermant le circuit parisien, tandis que la dérivation ainsi offerte aux courants téléphoniques présenterait une résistance pratiquement suffisante pour que, sur le circuit principal, la voix ne fût pas diminuée d'une manière appréciable. L'expérience, faite toute d'abord avec les électro-aimants employés dans le système Van Rysselberghe, réussit parfaitement : on se trouvait ramené indirectement à un montage connu ; le matériel ordinaire fut seulement délaissé et l'on prit des annonciateurs de dimensions différentes et contenant plus de tours de fil et une masse de fer assez forte.

Il restait pourtant, dans ce système, à avertir les bureaux de quartier et celui de l'avenue de l'Opéra, que la communication était terminée, puisqu'il ne s'y trouvait plus d'annonciateurs en dérivation. On pouvait évidemment avertir ce dernier bureau par une ligne spéciale de service ; mais la Société générale des Téléphones proposa une solution beaucoup meilleure, très favorable à la rapidité du service, et consistant à intercaler, dans le circuit, un relais de construction particulière, de faible résistance et sans noyau de fer doux. Ce relais, dû à M. Ader et construit dans les ateliers de la Société, est formé d'une sorte de galette de fil, mobile, à l'extrémité d'un pendule, dans le champ d'un aimant permanent et fermant, dans son mouvement, un circuit local, qui comprend un appareil d'appel. La résistance est de 50 ohms ; le courant permanent envoyé par l'abonné à la fin de sa conversation, courant qui, maintenant, trouve une issue par l'annonciateur dont nous avons parlé, détermine le déplacement nécessaire. Les essais ont montré que l'introduction de ce relais B dans le circuit n'avait aucun effet appréciable, et la marche en paraît très sûre. Cette combinaison, d'un relais à l'avenue de l'Opéra et d'un annonciateur à la Bourse, conduit à ce résultat que les deux postes, avisés simultanément de la fin de la conversation, n'ont point à échanger d'avis de service qui occasionneraient des pertes de temps.

Correspondants urbains dont le domicile est relié directement au Palais de la Bourse. — Les choses étaient ainsi arrêtées quand une autre catégorie de correspondants se fit connaître, dont on n'avait pas prévu la venue. Certaines personnes demandaient

la construction de lignes particulières allant directement de leur domicile au Palais de la Bourse. Ce fut l'origine d'une nouvelle difficulté, qu'on fut assez heureux pour surmonter sans trop compliquer l'installation. En effet, tant que les signaux devaient être, à partir du Palais de la Bourse, échangés avec le seul poste de l'avenue de l'Opéra, une pile de peu d'éléments permettait d'appeler ce dernier bureau ; il n'y avait aucun risque de communiquer aux annonceurs de la Bourse un magnétisme rémanent considérable et gênant. Théoriquement, le noyau doit être en fer doux et ne pas conserver trace de magnétisme, mais en pratique il en va autrement. Que se passe-t-il alors si nous avons un abonné relié directement à la Bourse et demeurant par exemple à Passy ? peut-être sa ligne a-t-elle 8^{km} ou 9^{km} de long et possède-t-elle 400 ou 500 ohms de résistance : il va donc falloir, pour aviser l'intéressé qu'on le demande de Bruxelles, l'appeler de la Bourse avec une pile relativement forte ; mais en ce cas l'on aimantera fortement l'annonceur placé à demeure en dérivation sur la ligne, et quand à son tour il voudra appeler, l'annonceur ne fonctionnera plus, ou fonctionnera mal si le courant n'a pas une direction convenable. Il fallait donc, sous peine d'augmenter au delà des proportions raisonnables la pile de l'abonné, éviter cette aimantation permanente de l'annonceur. Le problème une fois posé de cette manière, le moyen était presque indiqué : on n'avait qu'à appeler l'abonné à l'aide d'une machine magnéto-électrique qui, fournissant les courants alternatifs, avait moins de chances de communiquer une aimantation permanente ; en outre, la vitesse de rotation décroissant graduellement, les courants qui en résultent ont une intensité également décroissante et dès lors le magnétisme résiduel ne peut conserver qu'une valeur très faible. Une pile de composition normale placée chez l'abonné rencontre donc les conditions les plus favorables pour actionner l'annonceur, quel que soit le sens du courant.

Je dois ajouter que la machine magnéto, peu sujette aux dérangements, est montée seule ; si un défaut s'y manifeste, tout est disposé de telle sorte qu'une autre machine semblable puisse être mise en service à peu près instantanément. Pour tout le reste les appareils sont montés en double, par exemple les bobines de Ruhmkorff servant aux

appels. En outre, les cabines peuvent être substituées l'une à l'autre en cas de dérangement ; elles n'ont guère de spécial que la pancarte indiquant, pour ordre, à quelles lignes elles sont affectées de préférence.

Au point de vue téléphonique, le point caractéristique est le mode d'appel suggéré à M. Van Ryselberghe par M. Sieur. Imaginons un téléphone sur la membrane duquel repose une vis fixée à l'extrémité d'un pendule très mobile ; si le téléphone est parcouru par un courant, tel que celui d'une bobine Ruhmkorff ou d'une machine magnéto, le pendule sera chassé par les vibrations de la membrane et cessera d'avoir avec elle un bon contact. On peut mettre ceci à profit pour obtenir un signal à l'aide d'une pile locale. Par exemple, celle-ci sera fermée d'un côté à travers une sonnerie, et, de l'autre, par la membrane et le pendule. En temps normal, la majeure partie du courant suit ce dernier chemin et le reste est insuffisant pour faire marcher la sonnerie : quand, au contraire, le pendule est chassé, le courant passe en totalité dans la sonnerie qui se met en mouvement. Ce montage est celui qu'avait adopté M. Van Ryselberghe. Il m'a semblé qu'on pouvait réduire l'usure de la pile en évitant de la fermer en court circuit : j'ai fait établir un annonceur à enroulement différentiel, l'un des circuits étant fermé directement sur la pile, le second indirectement à travers le pendule et la membrane. Quand le pendule est au repos, l'action des deux courants s'annule ; quand il oscille, au contraire, l'un des deux prédomine ; la pile n'est, par cette combinaison, jamais fermée en court circuit.

On avait proposé, dans le même but, d'intercaler simplement l'annonceur dans le circuit de la membrane, du pendule et de la pile ; l'attraction aurait été permanente et le signal dû à l'abandon de l'armature par l'électro-aimant. Comme on pouvait s'y attendre, l'expérience a montré que le fonctionnement était moins franc que dans le cas précédent ; on favorise, en effet, au repos la production de magnétisme rémanent, et l'action des extra-courants, provenant des interruptions rapides du courant, semble devoir accentuer la paresse de l'armature.

Quant à l'annonceur en lui-même, il est constitué par un électro-aimant droit à pôles recour-

bés, avec armature ordinaire; c'est la copie exacte, sauf les dimensions, d'un ancien relais américain, datant au moins de 1863.

Ces petits détails complémentaires de construction donnés, il nous reste à mentionner les résultats de l'exploitation. Le service est excellent comme facilité de conversation et comme rapidité. Sur le premier point, on n'a d'autre témoignage à invoquer que celui des intéressés; plusieurs fois il m'est arrivé d'entendre les personnes sortant des cabines téléphoniques s'étonner de la perfection de l'audition (1) et proclamer qu'elles entendaient aussi bien que dans le réseau de Paris; la même opinion, en ce qui regarde le réseau belge, m'a été exprimée à diverses reprises par des Bruxellois. Quant à la rapidité du service, on en peut juger par ce fait qu'aux jours de Bourse un peu agités on a donné quatre-vingts communications en trois heures, et que, constamment, pendant l'heure des affaires les plus actives, on arrive à donner, avis de service compris, bien entendu, trente à trente deux communications soi-disant de cinq minutes.

On ne peut douter que les Sociétés concessionnaires des réseaux de Paris et de Bruxelles apporteront tous leurs soins à ce que les pertes de temps inévitables soient réduites au minimum dans leurs bureaux comme dans ceux des deux États; il est donc permis d'espérer que les communications d'abonnés à abonnés conserveront une partie de la rapidité qui caractérise celles échangées de Bourse à Bourse.

Mais, pour s'en tenir aux résultats requis, on peut dire que l'emploi judicieux des ressources techniques connues a permis aux Administrations française et belge de doter les capitales des deux pays d'un moyen de correspondance vraiment excellent. »

DE LA TOUANNE.

(1) La transmission *télégraphique* gêne si peu, que certains correspondants attribuaient cette perfection à ce soi-disant fait que les fils étaient exclusivement consacrés à la téléphonie; leur étonnement augmentait encore lorsqu'ils apprenaient leur erreur et savaient qu'on avait transmis des télégrammes pendant toute leur conversation; quelques-uns même ne paraissaient pas bien convaincus qu'il en fût ainsi

LIGNE DE PARIS-BRUXELLES

Extrait de la notice de M. Palaz, professeur à Lausanne, ancien fonctionnaire des télégraphes suisses.

Dans une notice de M. Palaz, parue dans *la Lumière électrique*, sur « la téléphonie interurbaine et le bureau téléphonique de la Bourse, à Paris », il publie une étude des plus complètes sur la ligne de Paris-Bruxelles. Nous en donnons ci-après un extrait relatif aux appareils et aux dispositions adoptés dans les locaux de la Bourse de Paris :

L'annonceur est constitué par un électro-aimant droit à pôles recourbés et à joues épanouies



Fig. 1.

de quatre centimètres de longueur; la résistance totale des spires est de 800 ohms environ.

Cet annonceur a la même forme qu'un relais américain datant de 1863 et que M. de la Touanne a retrouvé, après avoir imaginé le modèle ci-dessus, dans les collections de la direction générale des télégraphes. L'armature de cet électro-aimant, attirée par le courant permanent de l'abonné, déclenche le guichet qui tombe et avertit l'employé que la conversation est terminée.

Outre le bureau de la Bourse, il faut aussi avertir le bureau central de l'avenue de l'Opéra, par l'intermédiaire duquel la communication est établie. Or, comme nous l'avons dit plus haut, les liaisons des lignes d'abonnés sont faites, dans le cas des communications à grande distance, en excluant du circuit tous les électro-aimants dont les effets perturbateurs sont bien connus aujourd'hui.

La Société générale des téléphones a proposé alors et fait adopter un relais de construction particulière, de faible résistance et sans noyau de fer doux. Ce relais, dû à M. Ader, est formé d'une sorte de galette de fil, mobile à l'extrémité d'un pendule, dans le champ d'un aimant permanent et fermant, dans son mouvement, un circuit local qui comprend un appareil d'appel.

L'appel des abonnés reliés directement à la Bourse offrait une nouvelle difficulté; ces abonnés étant à des distances variables et, pour quelques-uns, assez considérables, il aurait fallu, pour les appeler, une pile relativement forte dont le courant aurait alors provoqué l'aimantation du noyau en fer doux de l'annonceur placé à demeure en dérivation sur la ligne; lorsqu'à son tour l'abonné aurait voulu appeler, l'annonceur n'aurait plus fonctionné, ou mal fonctionné, au cas où le courant n'aurait pas eu une direction convenable provoquant la désaimantation du noyau de fer de l'annonceur.

C'est pourquoi l'appel des abonnés directs se fait à l'aide d'une machine magnéto-électrique fournissant des courants alternatifs dont l'intensité est graduellement décroissante avec la vitesse de rotation, ce qui donne une valeur très faible au magnétisme résiduel.

L'appel des deux bureaux urbains se fait, comme on sait, au moyen de l'appel phonique imaginé par M. Sieur.

M. de la Touanne a réduit l'usure de la pile en évitant de la fermer en court-circuit; pour cela, il a établi un annonceur à enroulement différentiel de grande résistance, l'un des circuits étant fermé directement sur la pile, l'autre indirectement à travers le pendule et la membrane. Quand le pendule est au repos, l'action des deux courants s'annule; quand il oscille, au contraire, l'un des deux prédomine et le guichet de l'annonceur tombe; la pile, dans cette combinaison, n'est donc jamais fermée en court-circuit. Ce procédé s'est montré bien meilleur que celui qui consistait à intercaler l'annonceur directement dans le circuit de la pile, de la membrane et du pendule, le signal étant dû à l'abandon de l'armature par l'électro-aimant; le fonctionnement de ce système est beaucoup moins sûr et moins franc que celui du précédent.

La figure 2 donne une vue de l'appel phonique. A est un aimant permanent sur lequel la bobine est fixée avec son noyau également aimanté. Cette bobine porte un enroulement double imaginé par M. de la Touanne, pour combattre les effets d'induction sur la ligne. L'appel phonique étant inter-

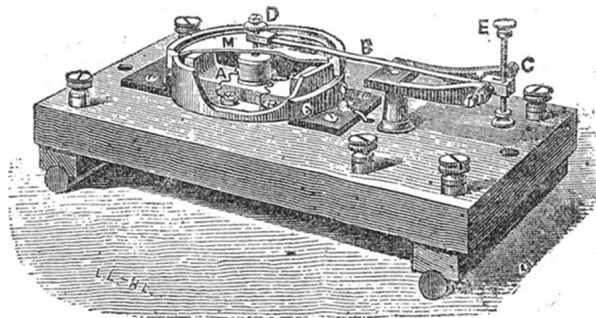


Fig. 2.

La pile du poste téléphonique ordinaire de l'abonné rencontre donc les conditions les plus favorables pour actionner l'annonceur, quel que soit le sens du courant; l'abonné reçoit, par contre, une sonnerie polarisée à côté de celle qui lui sert pour les appels locaux.

Les systèmes que nous venons de décrire se rapportent tous aux appels des abonnés de Paris.

calé dans la ligne, pendant toute la durée de la conversation, on a remarqué que si l'embrochage de cet appareil avait lieu avec un enroulement simple, l'équilibre des deux fils était rompu et l'on entendait alors beaucoup plus distinctement la friture télégraphique. Cette expérience montrant bien l'importance de la similitude parfaite des deux moitiés du circuit, M. de la Touanne a réparti les

spires de l'appel phonique sur les deux moitiés L_1 et L_2 du circuit de l'abonné en employant un enroulement bifilaire. Malgré la séparation des deux actions du courant sur la membrane téléphonique, son fonctionnement ne laisse rien à désirer.

Le petit pendule B oscille autour de l'axe C, et le contact a lieu entre la pointe D et la membrane M. Les deux petites masses E placées au-dessus de l'axe d'oscillation et fixées aux extrémités d'une même tige filetée servent à régler la position du centre de gravité par rapport au plan de la membrane et à modifier à volonté le contact de celle-ci avec la pointe D. L'appareil se place verticalement contre la paroi. La tige filetée étant horizontale et très près de l'axe, la pesanteur ne peut pas en provoquer le déplacement à la faveur des vibrations dues

de l'une d'elles. Le poste est un poste micro-téléphonique ordinaire. La pile du microphone est formée par six éléments groupés en deux séries de trois éléments et renfermés dans la caisse placée à la partie inférieure de la cabine. L'un des deux appuie-bras placés à la hauteur du microphone a subi une petite modification ; on y a adapté un petit pupitre qui peut se replier à volonté contre la paroi, et dont l'utilité a bientôt été appréciée par le monde des affaires qui fréquente le bureau téléphonique de la Bourse.

Le bureau de la Bourse renferme actuellement sept cabines ; elles n'ont pas d'affectation spéciale quoique l'on utilise toujours, autant que possible, la même cabine pour le service de la même ligne ; ainsi, pour la ligne la plus difficile, on prendra de préférence la cabine dont le poste micro-télépho-

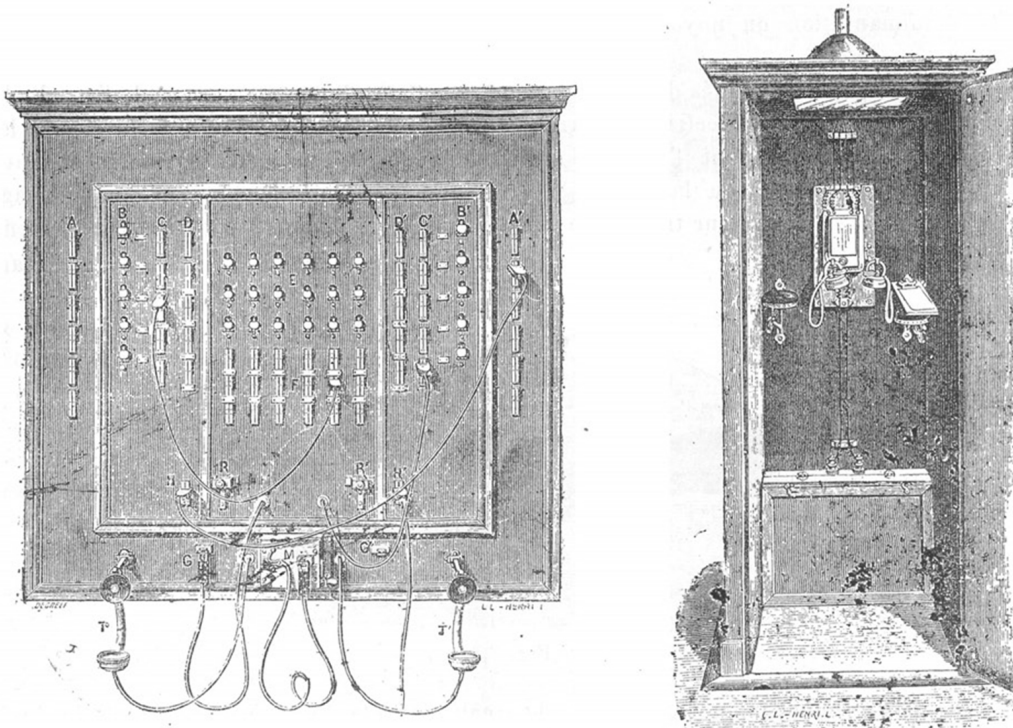


Fig. 3 et 4.

aux appels ; le réglage une fois obtenu est ainsi permanent.

L'installation des cabines n'offre rien de particulier. La figure 3 donne la reproduction de l'intérieur

de la cabine ; le meilleur.

Le tableau général est représenté par la figure 4 ; il renferme les 6 séries correspondantes de contact A, C, D, A', C', D' et les contacts placés en F ;

ces contacts sont du système à crochets de Sieur, en usage dans le réseau téléphonique de Paris; le tableau porte, en outre, les 2 séries d'annonceurs à guichets B et B' et les 16 annonceurs E.

Les postes téléphoniques des employés qui desservent le tableau sont au nombre de deux, en T et T'; M est le générateur magno-électrique employé pour l'appel des abonnés reliés directement au bureau de la Bourse; R, R' sont les deux boutons sur lesquels pressent les employés lorsqu'ils veulent appeler le poste de l'avenue de l'Opéra et les bureaux centraux des villes desservies; en pressant sur M on ferme le circuit primaire d'une bobine de Rhumkorff dont le courant secondaire est envoyé à volonté sur l'une ou l'autre des lignes à l'aide des cordons et des crochets mobiles.

Au tableau central aboutissent d'abord les 7 lignes à longue distance qui sont: les deux circuits de Bruxelles, les deux circuits de Reims, puis ceux de Lille, de Rouen et du Havre; il faut y ajouter les 7 circuits qui relient le bureau de la Bourse avec l'avenue de l'Opéra, puis les deux circuits particuliers de l'Agence Havas et de la Compagnie générale transatlantique, enfin les 8 circuits qui aboutissent aux postes micro-téléphoniques des cabines de la Bourse et à la cabine du service de nuit.

Dans quelques semaines, il faudra encore y ajouter la ligne de Paris à Marseille, desservant également Lyon.

Les lignes interurbaines aboutissent aux crochets des rangées A et A', et après passage de l'appel phonique à ceux de C et C', les circuits des cabines aux crochets des rangées D et D' et enfin les autres aux crochets de la série F; les annonceurs des rangées B et B' correspondent aux lignes de A et A' et ceux de la série E aux crochets de F.

Les annonceurs de B et B' sont donc commandés par les appels phoniques des lignes correspondantes; ils sont, comme nous l'avons déjà dit, à enroulement différentiel; ceux de la série E sont placés en dérivation sur le circuit téléphonique de l'abonné.

Considérons un circuit, par exemple, le circuit n° 1, de Bruxelles; les extrémités L_1 , L_2 de ce circuit, branchées sur la ligne téléphonique à l'aide des deux condensateurs séparateurs, sont reliées

aux deux crochets du contact numéro 1 de la rangée, contact que nous désignerons pour abrégé par A_1 . Au repos, ces crochets sont en contact avec les vis numéros 1 et 2; le courant venant de L, passe donc par le ressort et la vis 1, puis de là à travers un des enroulements de l'électro-aimant de l'appel phonique; après avoir traversé les ressorts et les vis du contact C_1 , il arrive dans le second enroulement de l'appel et enfin au ressort et à la vis 2 pour regagner ensuite le fil L.

Le courant d'appel traverse donc les spires de l'appel phonique qui actionne l'annonceur correspondant B¹. L'employé se met alors en communication avec Bruxelles en intercalant son appareil téléphonique T dans le circuit; pour cela il insère le crochet mobile qui termine les deux cordons de son appareil téléphonique dans le crochet fixe A_1 .

Si l'abonné de Bruxelles, par exemple, demande la communication avec un abonné de Paris, l'employé place alors un crochet dans le contact C_1 et l'autre dans un des 7 contacts qui correspondent au bureau de l'avenue de l'Opéra; ces deux crochets étant reliés par un cordon souple.

Le bureau de l'avenue de l'Opéra donne alors la communication avec l'abonné demandé. Lorsque la conversation est terminée, celui-ci presse sur son bouton d'appel et envoie un courant permanent qui déclenche l'annonceur inséré en dérivation sur la ligne. L'employé du bureau central peut contrôler la conversation et donner les indications nécessaires aux deux correspondants en mettant son appareil téléphonique en dérivation sur la ligne par l'insertion de sa fiche dans le crochet correspondant des rangées A et A', dans le crochet A_1 , par exemple, pour le cas que nous avons considéré.

Pour appeler Bruxelles, l'employé place le crochet de la bobine de Rhumkorff dans le crochet fixe A^1 et presse ensuite sur le bouton; R les courants induits de la bobine sont alors lancés sur la ligne et actionnent l'appel phonique de Bruxelles.

Les détails qui précèdent suffisent à montrer le fonctionnement du tableau central et de l'installation du bureau de la Bourse.

Il nous reste à donner quelques indications sur la régularité du service et le fonctionnement de l'installation complète. Nous ne considérerons pas la question des taxes et celle de l'affluence du public; nous y reviendrons d'ailleurs prochainement et nous étudierons alors les observations que M. de la Touanne a faites au bureau de la Bourse et les conclusions qu'il en a tirées.

Considérées au point de vue technique seulement, on peut dire que les communications interurbaines qui partent actuellement de Paris donnent des résultats excellents si les lignes sont en cuivre.

La communication avec Bruxelles, par exemple, est excellente; les conversations entre bureaux centraux sont aussi faciles qu'entre abonnés du même réseau; la voix est forte, nette et bien timbrée. Au début du service, la transmission était encore meilleure que maintenant, ce qui provenait de la qualité de la ligne et des appareils employés.

Entre abonnés la transmission est moins bonne, car les postes d'abonnés ne peuvent pas être réglés aussi facilement que ceux des bureaux centraux. A ce point de vue, Bruxelles est dans un état d'infériorité bien marqué; on emploie dans le réseau de cette ville les microphones Blake qui sont excellents lorsqu'ils sont bien réglés, mais qui ont le grand inconvénient de se dérégler très facilement; ce cas se présente fréquemment, trop fréquemment même pour la régularité du service.

Par contre, les abonnés de Bruxelles voulant correspondre avec Paris ont un circuit double, qui permet une communication plus parfaite. Les abonnés de Bruxelles seulement partagent cet avantage; ceux de Reims, de Lille, de Rouen et du Havre n'ont qu'un fil simple.

Les communications avec Lille et le Havre qui ont lieu par une ligne en bronze de 2 millimètres sont aussi très bonnes; on n'en peut pas dire autant de celles avec Reims (163 kilomètres) et Rouen (132 kilomètres); les circuits de ces deux liaisons sont en fer; on a utilisé pour Rouen comme pour Reims les fils télégraphiques existants.

La transmission avec Reims, entre bureaux centraux est assez difficile, la voix est faible, peu nette, mais avec un peu d'habitude on peut converser assez facilement. On sent bien qu'on est à la limite de la transmission.

La ligne de Rouen, de 30 kilomètres plus courte, donne une transmission assez bonne, bien meilleure que celle de Reims, mais pas aussi bonne que celle du Havre. Le service gagnerait en rapidité et en qualité si l'on remplaçait les deux circuits en fer de Paris à Reims par un seul circuit en cuivre.

L'ouverture imminente de la ligne de Paris à Marseille ajoutera un nouveau chaînon aux communications qui vont s'établir dans un avenir prochain entre Paris et les villes de province, et qui donneront, il faut l'espérer, une nouvelle impulsion au développement des réseaux locaux.

Quelles que soient les critiques dont le système de M. Van Rysselberghe a été l'objet, on est forcé de reconnaître que c'est grâce à lui que des communications aussi étendues ont pu être établies. On lui a injustement reproché des mécomptes dont les causes devaient être cherchées partout ailleurs, dans l'emploi des translateurs et dans celui des lignes en fer, par exemple; au point de vue télégraphique, il charge bien un peu la ligne par l'intercalation des électro-aimants et des condensateurs, mais sans lui aurait-on construit la ligne de Paris à Marseille qui aurait dû être alors établie sur un tracé nouveau, au lieu d'utiliser simplement les poteaux existants, comme on l'a fait?

LIGNE DE PARIS-MARSEILLE

M. P. Marcillac, fonctionnaire des télégraphes français, a donné la description de cette ligne dans le journal *la Lumière Électrique*, de Paris. Nous sommes heureux de reproduire ici cette intéressante étude :

« Il a été fait, depuis quelque temps, un certain bruit dans la presse scientifique autour des essais de transmission téléphonique tentés par l'administration française entre Paris et Marseille; aussi, avons-nous cru bon de recueillir pour les lecteurs de *La Lumière Électrique*, quelques renseignements précis relativement aux conditions et à l'ordre dans lesquels ils ont été exécutés.

Comme ces essais font, en quelque sorte, époque dans l'histoire de la téléphonie, en raison des distances considérables que l'on est parvenu à franchir, en obtenant des résultats qui n'avaient pas été atteints jusqu'alors, nous avons joint aux données techniques les dates mêmes des expériences.

Quelques mots d'abord sur la ligne et sur le trajet qu'elle suit.

Son développement est, en chiffres ronds, y compris les croisements, changements, etc., de 1,000 kilomètres, soit pour le circuit complet, de 2,000 kilomètres. S'écartant quelque peu de la ligne principale de Paris à Marseille, les fils téléphoniques passent par Troyes, Dijon, Bourg, Lyon, Valence, Avignon, Arles, Marseille. Ils sont en bronze siliceux. Leur diamètre est de 4,5 mm. Le poids est d'environ 146 kilogrammes par kilomètre, et le prix de fr. 2.30 le kilogramme.

La longueur moyenne des couronnes est de 200 mètres. Le raccordement s'opère, suivant le

mode de jonction adopté pour les lignes télégraphiques, à l'aide de manchons et non de ligatures, le tout recouvert d'une soudure spéciale. Il se trouve donc une soudure tous les 200 mètres de fil courant, et il faut ajouter à ce nombre considérable de points de jonction, les soudures placées aux croisements des conducteurs supérieur et inférieur. Nous insistons à dessein sur ces détails qui font mieux ressortir les difficultés ou plutôt les délicatesses de construction qu'on a vaincues.

Les conducteurs, placés en tête des appuis, sont posés ainsi : le premier fait face à la voie, le second est fixé du côté opposé à 0,50 m. au-dessous de l'autre. En ligne, c'est-à-dire hors des villes et en libre parcours, ils sont alternés de kilomètre en kilomètre, pour l'atténuation des effets d'induction.

Sur certains points où les dispositions du réseau ordinaire le permettent, les croisements n'ont été faits que de deux en deux kilomètres. Ce cas se présente pour les départements tels que le Vaucluse et la Drôme. Par contre, à proximité des grandes nappes de fils des lignes principales des départements du Rhône ou des Bouches-du-Rhône, l'alternat des fils de bronze s'opère de 70 mètres en 70 mètres, et dans l'intérieur de la ville de Marseille, tous les 50 mètres.

Pour la traversée de certains tunnels qu'il n'était pas possible d'éviter, on a raccordé les sections aériennes à l'aide de câbles du type Fortin-Hermann, composés, comme on le sait, de fils de cuivre de haute conductibilité, enfilés séparément dans des chapelets de petits cylindres en bois paraffiné, puis tordus ensemble au nombre de six. La torsade entière est contenue dans un tube de plomb très épais, dont les sections sont réunies à l'aide de manchons spéciaux.

Enfin, il n'est fait usage, comme supports et pour assurer une isolation parfaite, que d'isolateurs grand modèle à double cloche.

L'administration française, modifiant en cela les dispositions préconisées à l'étranger et reproduites dans le numéro de *La Lumière Électrique* du 12 mai dernier, a délaissé les croisements à six ou à quatre isolateurs conjugués, et adopté la disposition suivante.

Soit A l'appui, B le fil supérieur placé face à la voie, C le fil inférieur regardant l'extérieur de la voie.

On place (figure 1) en avant du poteau, un isolateur double *a a'* ; puis, toujours en avant, un isolateur simple *b* à 0,25 m. au-dessous du précédent.

On fixe en arrière du poteau un second isolateur simple *b'* à la hauteur de *b* et, à 0,25 m. au-dessous de lui, un isolateur double *c c'* séparé ainsi verticalement du premier support *a a'* par une distance de 0,50 m. Le fil supérieur antérieur B est arrêté,

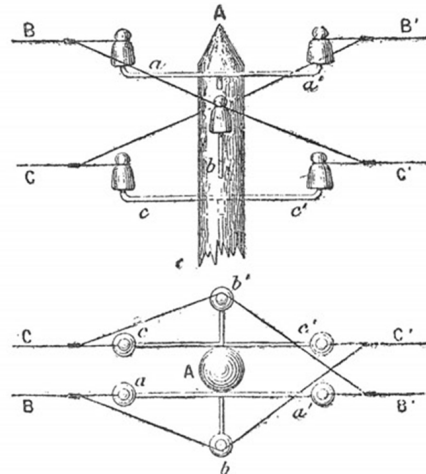


Figure 1.

comme il est dit plus loin, sur l'isolateur *a*, passe sur l'isolateur antérieur *b* et de là sur le fil inférieur postérieur C'. Inversement, le fil B' supérieur descend en arrière du poteau sur le support postérieur *b'* et se rattache en *c* au fil postérieur inférieur C.

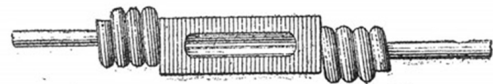


Figure 2.

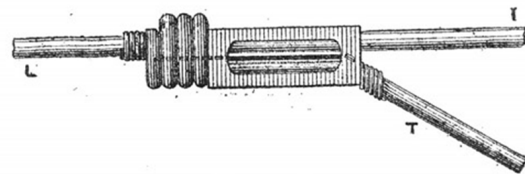


Figure 3.

Les figures 2 et 3 montrent le mode de raccord par manchons employé dans la construction des lignes en fil de bronze.

Manchons de ligne. — Les deux brins passent dans le manchon et au lieu de se couder simplement sur une longueur de quelques millimètres, le dépassent de chaque côté, de plusieurs centimètres. Les fils de bronze devenant aigres et cassants quand

ils sont chauffés et refroidis trop vivement, ce qui peut se produire lors de la confection des manchons, pour éviter une rupture du crochet et, par suite, du fil, on roule, à droite et à gauche, sur le fil opposé, les brins laissés en excédent (fig. 3). Le tout est noyé dans la soudure. Le manchon viendrait-il à se rompre, les torsades se serrent en glissant l'une vers l'autre et la communication reste excellente.

Manchons de croisement. — Les deux fils traversent le manchon et se recouvrent comme ci-dessus. Mais, en outre, un fil de bronze de 1 millimètre de diamètre, passe entre les brins principaux et s'enroule ensuite d'un côté sur le fil de ligne, de l'autre sur la tringle de croisement. Le tout, d'une solidité extrême, est noyé ensuite dans la soudure.

Ainsi établie, la ligne offre une résistance électrique moyenne de 1^o,08 par kilomètre.

En principe, la nouvelle ligne doit être desservie par des transmetteurs et récepteurs d'Arsonval, bien connus et que, par conséquent, nous ne décrivons pas; mais pour les essais, et cette chose est à signaler, car elle prouve l'excellence de la construction, on a mis en usage les moyens les plus imprévus et les appareils les plus variés avec un succès complet.

L'hiver ayant été très mauvais et les travaux des régions du Centre et du Nord ayant subi, de ce chef, des retards sérieux, les lignes du sud de la France, dont la construction était poussée avec une activité remarquable, se trouvaient prêtes en avril, bien avant les autres sections. On renversa donc l'ordre des essais et l'on résolut d'essayer la transmission par section, en allant de Marseille à Paris.

Deux postes provisoires, Ader grand modèle, étaient installés à Marseille.

La pile du transmetteur comprenait six éléments Leclanché à agglomérés, montés en 2 séries de 3. Ces éléments sont restés constamment en service et n'ont pas été remplacés, comme, par exemple, lors des auditions téléphoniques de l'Opéra, à l'Exposition de 1881, au cours des essais qui ont toujours duré plus de deux heures.

Les fils furent d'abord bouclés à Avignon et la transmission se fit de Marseille, poste 1, à Marseille, poste 2, à travers un circuit de 240 kilomètres. Tout d'abord, on transmet avec un Ader, grand modèle, sans microphone. La voix arrivait très nette. On percevait à travers un bruit de friture très modéré, le bruit d'un appareil Baudot, comparé par les expérimentateurs au roulement d'un « moulin à café ». Le fil du Baudot se trouvait

de l'autre côté de la voie, c'est-à-dire à une distance d'environ 7 à 8 mètres.

Le 24 avril, on boucla les fils à Valence. La friture devenait plus forte et variait beaucoup, suivant les heures auxquelles avaient lieu les expériences.

Le succès s'affirmant, des essais se faisaient entre Marseille et Lyon, le 26 avril, avec fil de retour et avec la pile indiqués précédemment. La longueur de fil se trouvait portée à 730 kilomètres. Au cours des premiers échanges, par un vent du N.-N.-O. appelé *mistral* des craquements violents comparés à une canonnade et des transmissions d'appareil Hughes gênaient considérablement l'audition. »

« Le soir, et par un temps calme, surtout après la clôture des bureaux secondaires, la conversation ne fut pas troublée un instant. Des mots prononcés à dessein à voix très basse, le tic-tac d'une montre, les paroles, les chants, les sifflets et jusqu'aux signaux d'un Hughes desservant un fil que l'on n'avait pas jugé nécessaire de munir d'anti-inducteur, tout fut perçu avec une netteté parfaite.

Il convient de noter que le fil susmentionné coupait en un seul point à 3 mètres de distance verticale la ligne des fils de bronze, à 100 kilomètres environ de Marseille.

Le 2 mai, en présence du Directeur général des Postes et Télégraphes qui s'était rendu à Lyon tout exprès, eurent lieu entre Marseille et Lyon des essais auxquels les hauts fonctionnaires et les représentants de la Presse étaient conviés, les appareils et les piles étant toujours les mêmes, c'est-à-dire de simples installations provisoires. La réussite ne fit que s'affirmer.

Le 3 mai, la section de ligne de Bourg à Dijon en retard sur les autres, était terminée.

Les essais faits avec Bourg offrirent cette particularité que Bourg, ne possédant pas de microphone ni de récepteur Ader, employa simplement des téléphones Aubry. Ce poste recevait très bien de Marseille qui employait le microphone et Marseille recevait faiblement, mais nettement, de Bourg.

Successivement, on poursuivit les expériences toujours sans apporter de changement aux installations primitives et sans augmentation de pile, avec Dijon, où les notabilités de la Presse assistèrent aux essais, puis avec Troyes, le 7 mai. Le microphone de Troyes était muni d'une pile de 3 éléments, en tension du modèle Leclanché à vases poreux. Troyes recevait très bien et Marseille qui recevait assez difficilement de lui.

Enfin le 14 mai, toutes les sections étant termi-

nées, la ligne fut essayée entre Marseille et Paris. L'audition fut aussi nette et presque aussi puissante qu'avec les autres postes.

Grâce aux appareils anti-inducteurs du système Van Rysselberghe placés sur tous les fils de la grande ligne établis sur une rangée de poteaux, jumelle de celle qui supporte les fils téléphoniques, il y a eu une diminution importante de la friture.

Les essais qui se poursuivent en attendant la mise en service des nouveaux conducteurs, ont permis et permettront sûrement d'apporter d'autres améliorations à ce système de transmissions.

Nous aurons l'occasion de revenir sur les questions d'installation quand les épreuves préliminaires auront pris fin.

Nous n'avons voulu que passer en revue les essais des nouvelles communications et en signaler la réussite. »

LIGNE DE PORTO-LISBONNE

Déjà en octobre 1884, lorsque M. Van Rysselberghe s'était rendu en Portugal, des essais de son système entre Porto-Lisbonne et entre Lisbonne et Cintra avaient parfaitement réussi en présence des ministres et de Leurs Majestés le Roi et la Reine de Portugal.

Le *Moniteur belge* du 17 novembre 1884 a rendu compte du succès de ces expériences.

Depuis lors, grâce à l'initiative de M. Guilhermino de Barros, directeur général des postes, télégraphes et phares à Lisbonne, un des fonctionnaires les plus éminents du Portugal, une installation définitive du système fut décidée dans le courant du mois de septembre 1888 entre Porto et Lisbonne.

Tout le travail technique et la direction générale de l'entreprise fut confiée à M. Benjamin Cabral, inspecteur général à la même administration et dont la haute compétence en matière de télégraphie et de téléphonie est bien connue des spécialistes de tous les pays.

Le circuit de 312 kilomètres est en fil double entre Lisbonne et Porto et sert à la fois au télégraphe et au téléphone. Des bureaux téléphoniques ont été installés à Lisbonne, à Coïmbre et à Porto.

Les fils sont en bronze phosphoreux d'un diamètre de 2,1 m/m et sont placés avec ferrures spéciales sur les poteaux existants, les isolateurs sont des doubles cloches en porcelaine avec ferrures du type adopté par l'État belge.

L'installation dont tout le matériel a été fourni par la Compagnie Mourlon, de Bruxelles, a été faite par les soins du personnel de l'Administration des télégraphes portugais.

La presse a été unanime à proclamer le succès de ces communications.

VII

APPLICATIONS DU SYSTÈME VAN RYSELBERGHE

AUX CABLES SOUS-MARINS

Les premiers essais de téléphonie en utilisant les câbles sous-marins, furent faits en 1882. En effet, le 9 juin 1882, est une date qui marquera dans l'histoire de la téléphonie, car en présence de M. Bourdeaux, ingénieur de la *Submarine-telegraph Company* et de M. Banneux, ingénieur en chef des télégraphes belges, le premier se trouvant à Douvres, le second à Ostende, on parvenait pour la première fois, tous les essais faits jusque-là ayant été infructueux, à transmettre la parole à travers le câble qui relie la Belgique à l'Angleterre.

Au moyen du téléphone placé à Douvres, sur le fil à la sortie même du câble, de façon à pouvoir

neutraliser les influences nuisibles du réseau aérien vers Londres, on a parfaitement compris toute la conversation transmise d'Ostende aussi bien que de Bruxelles. Pour le prouver, l'expérimentateur placé à Douvres envoyait par télégraphe toutes les communications qu'il recevait par téléphone, soit, par exemple, de Bruxelles en passant par Ostende et la mer du Nord — la parole franchissait ainsi pour la première fois une distance de 125 kilomètres de fil aérien et 100 kilomètres environ de câble sous-marin.

A différentes reprises des expériences analogues ont été faites entre les deux continents.

Dans le courant de l'année 1889, comme l'annonçait le journal *le Temps*, la direction générale des postes et télégraphes en France se préoccupait de relier Londres à Paris par un fil téléphonique. A la suite du rachat des quatre câbles sous-marins qui unissent, sous la Manche, la France à l'Angleterre, la première pensée du directeur général des postes, M. Coulon, avait été, en effet, d'utiliser ces câbles pour voies téléphoniques. Les gouvernements anglais et français avaient acheté, de compte à demi, pour 300,000 francs, ces câbles que la Submarine Company ne voulait céder tout d'abord que pour deux millions, et ils en avaient pris possession depuis le 1^{er} avril ; quelques jours à peine après cette prise de possession, M. Coulon songeait à établir un téléphone entre Paris et Londres et chargeait l'un des ingénieurs du service technique, M. Amiot, de faire des études et des expériences dans ce sens.

Des essais ont eu lieu entre Douvres et la côte française, qui ont donné des résultats plus ou moins satisfaisants.

Entre-temps, M. Van Rysselberghe déposait au *Post-Office* et à la direction générale des télégraphes, à Paris, un projet de fourniture d'un câble spécial de son système entre Douvres et Calais et permettant, au moyen de lignes aériennes en bronze posées sur le territoire français et sur le territoire anglais, de correspondre simultanément par télégraphe et par téléphone entre Londres et Paris.

Ce projet est en ce moment à l'étude.

En septembre 1889, M. Preece, l'éminent électricien du *Post-Office*, a lu une note sur les communications téléphoniques entre Paris et Londres à l'Association britannique à New-Castle-on-Tyne, dont la traduction avec d'intéressants commentaires a été donnée par M. l'ingénieur en chef Banneux, des télégraphes belges, dans le *Bulletin de la Société belge d'Électriciens* d'octobre-novembre 1889, n^o 9.

Mais passons du domaine des expériences dans celui de la pratique et citons le succès obtenu récemment dans la République Argentine par la compagnie qui a pris l'initiative d'organiser des COMMUNICATIONS TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES SIMULTANÉES PAR CABLE SOUS-MARIN ENTRE MONTEVIDEO ET BUENOS-AYRES.

Toutefois avant de parler de l'inauguration encore récente de ces communications, nous rappellerons que quelques années auparavant déjà, M. Cornand, ingénieur-électricien de la Compagnie Mourlon, avait parfaitement obtenu la transmission de la parole par téléphone sur un circuit télégraphique muni des dispositifs anti-inducteurs de Van Rysselberghe, d'abord entre Buenos-Ayres et Rosario (350 kilomètres); entre Buenos-Ayres et Santa-Fé (360 kilomètres); puis entre ces deux dernières localités et l'île de Martin Garcia, *reliée par un câble sous-marin* de 50 kilomètres de longueur, soit sur un circuit total de 570 kilom. de longueur.

Les transmetteurs employés étaient ceux de Van Rysselberghe du type qui a été décrit maintes fois.

Voici maintenant la notice que nous traduisons d'un des journaux les plus répandus de la République Argentine, *El Consor*, du 27 octobre 1889 :

« Hier, à 8 1/2 heures du soir, a eu lieu l'inauguration de la ligne téléphonique et télégraphique de Buenos-Ayres à Montevideo, à laquelle nous avons été invités par le président de la Société, M. Cupertino del Campo.

» Commencés au mois de septembre de l'année passée, sous la direction de l'ingénieur argentin Laborde, les travaux ont été retardés par les pluies continuelles et surtout par les inondations du Rio Santa-Lucia dans l'Uruguay.

» La ligne, de l'une à l'autre extrémité, a une longueur totale de 302 kilomètres se subdivisant comme suit : 70 kilomètres de Buenos-Ayres à Punta Lara d'où part un câble de 45 kilomètres qui atterrit à Colonia ; de Colonia à Montevideo 187 kilomètres.

» La ligne inaugurée hier a été construite avec des matériaux de tout premier ordre, choisis après mûr examen par l'ingénieur Laborde, d'accord avec les indications de M. Preece, ingénieur en chef des télégraphes anglais, et de M. Van Rysselberghe, l'électricien belge distingué, inventeur du système qui porte son nom et qui permet la transmission simultanée, par un même fil, de dépêches télégraphiques et téléphoniques.

» Le câble est d'un seul conducteur formé de 7 brins de cuivre de 1^m/m d'épaisseur chacun, qui forment une âme entourée de trois couches de gutta. Les appareils ont été fournis par MM. Mourlon, de Bruxelles, et permettent de converser et

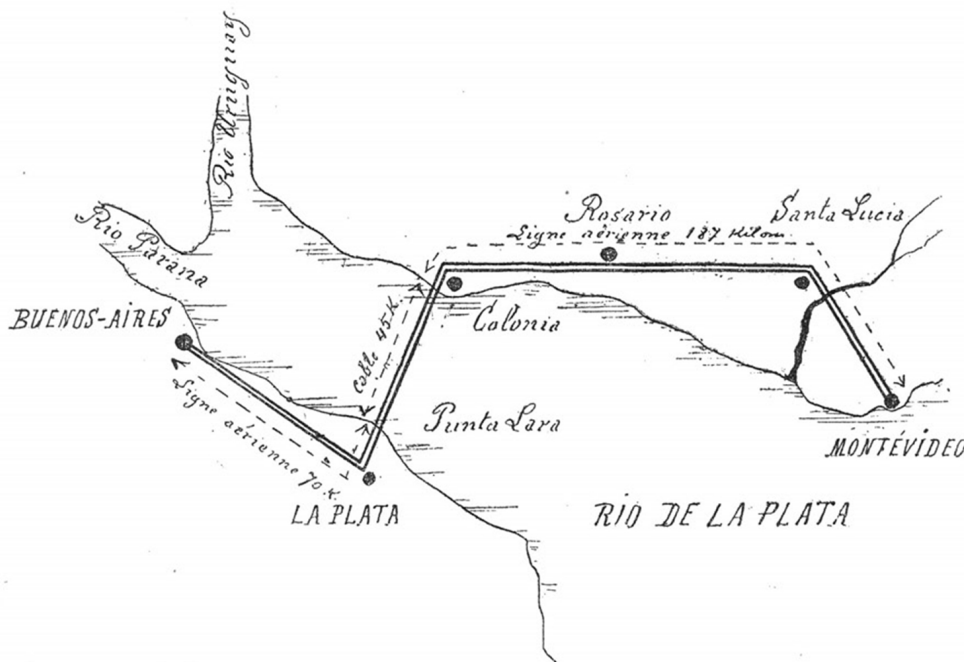
de télégraphier avec tous les bureaux intermédiaires qui sont au nombre de cinq.

» Il y a quelques années M. Ocampo, le constructeur de la ligne inaugurée hier, expérimenta, avec le concours de M. Cornand, le système Van Rysselberghe entre Buenos-Ayres et la Plata, Buenos-Ayres et Martin Garcia, sur des lignes aériennes et sur des câbles. Les expériences faites alors donnèrent de très bons résultats, quoiqu'il soit préférable pour l'application de ce système

sine, ainsi qu'à M. Ocampo-Samanes et à l'ingénieur Laborde.

» Dans l'essai fait hier, la transmission de la voix s'est effectuée sans la moindre altération. Pendant que le télégraphe échangeait des dépêches, les invités conversaient téléphoniquement avec les représentants de la presse de l'Uruguay réunis à Montevideo.

» Le timbre et les inflexions de la voix se reconnaissent parfaitement, aussi bien, sinon mieux,



CABLE TÉLÉPHONIQUE SOUS MARIN ENTRE MONTÉVIDEO ET BUENOS-AYRES
utilisé simultanément pour les correspondances télégraphiques et téléphoniques.

d'employer des lignes spéciales comme celles dont on vient d'achever la construction.

» Le câble téléphonique posé dans le Rio de la Plata est jusqu'à présent le câble de ce genre le plus long qui existe au monde.

» Les ingénieurs du vieux monde attendent le résultat du câble de la Plata pour la solution d'une question qui était jusqu'à présent à l'état de problème.

» Le résultat des expériences faites hier ont résolu la question et ce progrès scientifique fait honneur au pays, à la compagnie qui a exposé 500,000 piastres pour nous relier à la capitale voi-

que dans les appareils de la société locale.

» En un mot, les expériences dont nous rendons compte n'ont rien laissé à désirer au point de vue de la clarté de la voix à une distance de 302 kilomètres. »

Ces installations ont eu un retentissement considérable, dont toute la presse tant en Amérique qu'en Europe s'est fait l'écho.

Laissons maintenant la parole aux publications techniques qui ont proclamé cette victoire nouvelle de la science dans le domaine de la téléphonie.

L'Électricien, la revue générale d'électricité de Paris, a, dans son numéro du 14 décembre 1889.

publié par la plume d'un de ses meilleurs rédacteurs, M. Ch. Jacquin, un article sur *la première ligne téléphonique sous-marine* :

« La longueur d'un circuit téléphonique terrestre est illimitée, dit M. Jacquin, tout au moins en théorie, pourvu que la résistance de la ligne soit suffisamment faible. C'est ainsi que l'on a pu établir une ligne téléphonique sur 900 kilomètres de longueur entre Paris et Marseille (1).

» Lorsque le réseau doit traverser une portion de fleuve ou de mer, la communication devient beaucoup plus difficile, à cause de la capacité introduite par le câble sous-marin. C'est pourquoi jusqu'à ce jour aucune Compagnie n'avait osé entreprendre la construction d'un tel réseau.

» A propos de la ligne téléphonique entre Londres et Paris, qui a été mise à l'étude récemment, M. Preece (2) a affirmé que l'on pouvait parfaitement établir un circuit téléphonique en partie sous-marin, pourvu que le produit de la capacité de la ligne par sa résistance fût inférieur au nombre 15,000.

« La réussite du réseau téléphonique entre Montevideo et Buenos-Ayres confirme complètement les vues de M. Preece. Cette première ligne téléphonique sous-marine présente donc un grand intérêt. Nous allons en décrire les principales dispositions, d'après les renseignements qui nous ont été gracieusement fournis par la *Compagnie de Télégraphie et de Téléphonie internationales*.

» Le réseau comprend trois parties. De Montevideo une ligne aérienne suit la côte de l'estuaire du Rio de la Plata jusqu'à Colonia, sur une longueur de 187 kilomètres. Un câble sous-marin traverse alors le Rio de la Plata, dont la largeur est, à cet endroit, de 45 kilomètres, et aboutit sur la rive opposée à Punta de Lara ; de Punta de Lara à Buenos-Ayres, c'est-à-dire sur une longueur de 70 kilomètres, la ligne est de nouveau aérienne.

» Sur tout le réseau se trouvent deux conducteurs, un pour l'aller et l'autre pour le retour. La partie aérienne se compose de deux fils de bronze de haute conductibilité, de 6 m/m de diamètre, placés sur des poteaux. Le conducteur a une section de 28 m^2 ; il pèse 251 kilogrammes par kilo-

mètre ; sa conductibilité est de 90 pour 100 de celle du cuivre pur, ce qui donne une résistance kilométrique de 0.55 ohm. Le parcours total de la ligne aérienne est de 257 kilomètres, soit une longueur de filégale à 514 kilomètres, un poids total de 130 tonnes, et une résistance électrique de 285 ohms.

» Sur les 302 kilomètres formant la longueur totale du réseau, il y a 45 kilomètres en câbles sous-marins. L'âme de ces deux câbles sous-marins est composée d'un toron de 7 fils de cuivre pur, de 1 millim. de diamètre, recouvert de trois couches de gutta ayant une épaisseur totale de 2,5 mm. Cette âme est entourée d'un matelas de chanvre goudronné, puis d'une armature de 12 fils de fer galvanisé de 6 millimètres de diamètre ; le tout est recouvert d'une enveloppe extérieure formée de deux couches de filin bitumé appliquées en sens inverse. Le câble, dont le diamètre extérieur est de 34 millimètres, pèse par kilomètre 3,500 kilogrammes dont 49 kilogrammes pour le cuivre et 50 kilogrammes pour la gutta. La résistance d'isolement est de 700 mégohms par kilomètre et la capacité de 0,2 microfarad par kilomètre ; la résistance kilométrique du conducteur est de 3,3 ohms. Au total, il existe 90 kilomètres de câble sous-marin, pesant 315 tonnes et contenant 4,400 kilogrammes de cuivre, ayant une résistance de 297 ohms et une capacité de 18 microfarads.

» Le réseau complet a 582 ohms de résistance et une capacité de 18 microfarads. En faisant le produit RC de ces deux quantités, on trouve la valeur 10,400. Or précisément dans le tableau donné par M. Preece, le nombre 10,000 correspond à une bonne transmission, ce qui prouve que les expériences et les chiffres de M. Preece sont parfaitement exacts.

» Outre les points terminus Montevideo et Buenos-Ayres, il existe quatre bureaux intermédiaires : Santa-Lucia, Rosario, Colonia et La Plata.

» En temps ordinaire tous ces bureaux sont en dehors du circuit, et l'on communique directement entre Buenos-Ayres et Montevideo. Un dispositif spécial permet d'appeler un bureau quelconque. Celui-ci coupe alors la ligne et se met en relation soit du côté de Buenos-Ayres, soit du côté de Montevideo, puis ferme le circuit du côté opposé par un fil sans résistance appréciable. Lorsque la transmission est terminée, le bureau rétablit la communi-

(1) Voyez *l'Électricien* du 18 octobre 1888, p. 647.

(2) Voyez *l'Électricien* du 19 octobre 1889, p. 678.

cation directe entre Montevideo et Buenos-Ayres.

» Le réseau est muni du système anti-inducteur Van Rysselberghe, ce qui permet d'établir des communications télégraphiques et téléphoniques simultanées.

» Dans chaque poste se trouvent 10 éléments Leclanché. La transmission télégraphique s'effectue à l'appareil Morse. Les transmetteurs microphoniques et les récepteurs destinés aux communications téléphoniques sont du système Dejongh.

» La ligne de Montevideo à Buenos-Ayres a été inaugurée le 26 octobre 1889 avec un plein succès. La presse locale a été unanime à déclarer que la communication téléphonique était très bonne entre Buenos-Ayres et Montevideo et que la voix n'était nullement altérée par la traversée du Rio de la Plata.

» C'est en août 1888 que M. Laborde, qui depuis a dirigé tout le travail, fut chargé par M. Ocampo-Samanes, le promoteur de l'affaire, de se mettre en rapport avec MM. Mourlon et Van Rysselberghe pour l'exécution de ce projet.

» Toutes ces personnes doivent être vivement félicitées pour avoir conçu et mené à bien une telle entreprise, qui ouvre une voie nouvelle aux progrès de la téléphonie.

» Désormais la possibilité d'établir un réseau téléphonique entre Londres et Paris n'est pas douteuse, puisqu'on a placé dans le Rio de la Plata un câble sous-marin de 45 kilomètres de longueur, tandis que la distance entre Douvres et Calais n'est que de 34 kilomètres. Espérons que d'ici peu les deux grandes capitales seront reliées et pourront correspondre par téléphone. »

Enfin, M. Hospitalier, le savant et sympathique rédacteur de *la Nature*, publie dans cette revue avec l'esprit et la science qu'on lui connaît, un article des plus intéressants que nous nous empressons de reproduire également :

« La téléphonie aérienne, dit M. Hospitalier, se joue de la distance, et pourvu que l'on veuille consentir à établir entre deux points une double ligne en cuivre ou tout autre métal non magnétique suffisamment grosse pour que sa résistance ne soit pas trop élevée, la correspondance téléphonique devient possible, facile même, plus facile que sur certaines lignes souterraines présentant beaucoup moins de développement. C'est ainsi que l'on téléphone

chaque jour avec la plus grande facilité entre Paris et Marseille, sur une distance d'environ 870 kilomètres, et une ligne double d'environ 1,740 kilomètres de longueur. La question se complique et devient même, dans l'état actuel de nos connaissances, d'une solution impossible si la ligne aérienne de quelque longueur est en fil de fer, ou si une partie de cette ligne est formée d'un câble présentant une certaine capacité électrostatique.

» Des expériences nombreuses faites par M. Preece, l'éminent ingénieur en chef du Post-Office de Londres, ont établi la limite pratique de ces transmissions téléphoniques. La relation est des plus simples : si on appelle C la capacité totale de la ligne en microfarads et R sa résistance totale en ohms, il faut que le produit RC de la résistance de la ligne par sa capacité soit inférieur à 15,000 pour que la transmission devienne possible. Elle ne devient bonne que lorsque ce produit ne dépasse pas 10,000, excellente lorsqu'il a pour valeur 5,000 et parfaite lorsqu'il est de 2,500 et au-dessous. Pour une ligne en fils de fer, la transmission ne peut pas se faire au delà de 160 kilomètres. C'est pour cela qu'aucun message téléphonique n'a encore pu être transmis de Londres à Paris ou de Paris à Londres, les lignes aériennes reliant Londres et Douvres d'une part, Calais et Paris d'autre part, étant toutes en fils de fer, et les câbles de la Manche présentant une capacité qui est loin d'être négligeable. Mais cette capacité n'est pas assez élevée pour que l'on ne puisse pas établir des lignes aériennes en cuivre ou en bronze siliceux satisfaisant aux conditions indiquées ci-dessus, et le problème technique se réduit finalement à la question de pose de ces lignes aériennes.

» Les idées de M. Preece trouvent une confirmation des plus intéressantes et des plus précieuses dans la ligne téléphonique établie entre Montevideo et Buenos-Ayres par la *Compagnie de télégraphie et de téléphonie internationales*, et dont *l'Electricien* nous fait connaître les conditions de fonctionnement. Cette ligne comprend une partie aérienne de 187 kilomètres, formée d'un double fil de 6 millimètres de diamètre ; un câble sous-marin, ou plus exactement, un câble sous-fluvial traversant le Rio de la Plata, dont la largeur, à cet endroit, est de 45 kilomètres, et une seconde ligne aérienne de 70 kilomètres de longueur. La ligne a

donc 302 kilomètres de longueur, soit 604 kilomètres de conducteurs sur lesquels 90 kilomètres sont des câbles sous-marins. La résistance totale de la ligne est de 582 ohms, sa capacité de 18 microfarads, le produit est 10,400, nombre très voisin de celui indiqué par M. Preece comme condition nécessaire et suffisante d'une bonne communication téléphonique.

» Entre les points terminus se trouvent quatre bureaux intermédiaires qui peuvent communiquer entre eux ou avec les stations extrêmes ; les lignes sont munies du système anti-inducteur de M. Van Rysselberghe, ce qui permet d'obtenir des trans-

missions télégraphiques et téléphoniques simultanées sur les mêmes fils. La transmission télégraphique se fait au Morse, la transmission téléphonique avec les microphones et les récepteurs téléphoniques de M. Dejongh.

Cette installation téléphonique, qui fonctionne avec un plein succès depuis le 26 octobre dernier, peut être considérée avec juste raison comme la première ligne téléphonique sous-marine, et contribuera certainement à hâter l'établissement de la ligne téléphonique qui, si nous sommes bien informé, doit relier Londres et Paris dans le courant de l'année 1890. »

VIII

APPLICATION DU SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE

EN BELGIQUE

Les premiers essais de téléphonie à grande distance, basés sur le principe de la graduation des courants en employant les différents dispositifs dont nous venons de parler, eurent lieu le 28 février 1882 entre l'Observatoire royal de Bruxelles et la station météorologique d'Ostende.

Le 4 du mois de mars de la même année, ces expériences étaient renouvelées toujours avec le même succès, en pleine activité télégraphique, en présence des principaux fonctionnaires des télégraphes belges.

Au mois d'avril, un essai, couronné de succès, fut fait entre Bruxelles et Anvers, en utilisant un fil de la ligne souterraine d'Anvers sur une longueur de 1,150 mètres de câble et de 88 kilomètres de fil aérien. Le circuit formé partait d'Anvers-Bourse, allait à Bruxelles-Nord et revenait par un autre fil à Anvers-Station.

Après avoir ainsi acquis la certitude que si l'on appliquait d'une manière générale le système Van Rysselberghe au réseau télégraphique belge, on pourrait causer par téléphone entre Bruxelles et les principales villes de la Belgique, en utilisant les fils du télégraphe, il restait à démontrer la possibilité d'établir des communications téléphoniques internationales.

On songea donc à faire une expérience entre Bruxelles et Paris. Indépendamment de la distance (335 kilomètres), des difficultés de toute nature se présentaient et devaient rendre ces essais extrêmement compliqués, car à l'entrée de Paris, par la direction du Nord, se trouve un véritable fouillis de lignes télégraphiques très peu distantes les unes des autres et formant un ensemble de plus de 400 fils.

Dans la première expérience, qui eut lieu le 16 mai, on a pu transmettre *simultanément par le même fil*, une dépêche téléphonique parlée et une dépêche télégraphique (celle-ci par l'appareil Morse ordinaire) : la première à M. Cochery, Ministre des postes et télégraphes, la seconde à M. Caël, directeur ingénieur des télégraphes.

Ces expériences et leur résultat couronné de succès eurent un très grand retentissement ; aussi bien en France qu'en Belgique, la presse fut unanime à exprimer l'espoir de voir le Gouvernement prendre l'initiative de doter le pays d'un système complet de transmission téléphonique à grandes distances. Le 31 mai, les Ministres assistèrent à de nouvelles expériences entre Bruxelles, Gand et Ostende et qui furent peut-être mieux réussies encore que les précédentes.

C'est alors qu'eut lieu l'expérience dont nous avons déjà parlé précédemment entre Bruxelles, Ostende et Douvres (9 juin 1882).

La dernière expérience, et peut-être la plus importante de toutes celles faites jusque-là, eut lieu le 7 octobre 1882, en présence de M. le Ministre des Travaux publics, qui put ainsi consacrer officiellement le succès des essais du système.

L'expérience fut des plus intéressantes. Trois personnes placées respectivement à l'Observatoire de Bruxelles, à Ostende et à Anvers, ont pu engager des conversations entre elles par un seul fil placé sur les poteaux télégraphiques de l'État.

Quelque temps après ces expériences, un service régulier fut établi à Bruxelles entre la Chambre des représentants et les bureaux du journal *la Flandre libérée*, à Gand, afin de transmettre par téléphone les comptes rendus des séances parlementaires, les cotes de la Bourse, etc. Ces transmissions téléphoniques étaient faites en se servant du fil aérien placé sur les poteaux télégraphiques de l'État entre Bruxelles et Ostende et qui relie les appareils télégraphiques inventés également, comme on le sait, par M. F. Van Rysselberghe, et placés aux deux Observatoires d'Ostende et de Bruxelles.

Ce fut après ces expériences et à la suite du rapport de M. Callier, député de Gand, que le Ministre des Travaux publics approuva le 14 décembre 1883, une convention par laquelle la maison Mourlon et C^{ie} s'engageait à fournir le matériel nécessaire pour l'appropriation à la téléphonie de tout le réseau télégraphique belge, dont le développement est de 30,000 kilomètres de fils télégraphiques.

La tâche était lourde, pour les entrepreneurs, il fallait engager des capitaux importants, mettre au courant et former des ouvriers, monter un outillage complet et des plus perfectionnés pour une fabrication toute nouvelle d'appareils spéciaux, qui jusqu'à présent, ne se construisaient guère que pour les besoins restreints des laboratoires et des cabinets de physique et qu'on ne pouvait se procurer qu'à des conditions assez onéreuses.

L'administration des télégraphes de l'État belge, de son côté, avait à remanier l'installation de la plus grande partie de ses bureaux télégraphiques pour y placer des appareils spéciaux et tout à fait nouveaux, imaginés par l'inventeur. Ce dernier

avait à créer des modèles pouvant être pratiquement employés, et dans ce but il dut se livrer à des essais sans nombre pendant le jour dans son laboratoire et pendant la nuit sur les lignes télégraphiques avec le concours des ingénieurs de l'État.

Grâce à la rapidité avec laquelle les appareils, plus de 7,000, ont pu être livrés, grâce au concours actif et dévoué du personnel de l'administration des télégraphes et de la Compagnie du téléphone, l'inauguration du système Van Rysselberghe a eu lieu dans des conditions extrêmement avantageuses qui méritent d'être rapportées. De même qu'il y a 38 ans, le 9 septembre 1846, la première ligne télégraphique du continent s'ouvrit au public entre Anvers et Bruxelles, c'est encore entre ces deux grandes villes qu'on a pu établir les premières communications téléphoniques en se servant des fils du télégraphe.

C'est le 27 septembre que la belle découverte du savant belge est passée du domaine des expériences dans celui de la pratique; le service a été ouvert au public entre Anvers et Bruxelles et les abonnés des deux grandes villes ont pu correspondre gratuitement et à titre d'essai. Mais ce n'est que le 10 octobre que parut au *Moniteur officiel* la loi et les arrêtés réglant le service de la téléphonie à grande distance. Le 20 du même mois, le service était définitivement ouvert au public, moyennant le paiement, pendant le jour, de 1 franc par 5 minutes de conversation effective, de 1 fr. 50 pour une période de plus de cinq minutes. Pendant la nuit la taxe est doublée.

Après Bruxelles et Anvers les abonnés des autres grandes villes qui possèdent des réseaux téléphoniques peuvent maintenant correspondre entre eux par téléphone.

D'après un relevé officiel dressé au 1^{er} janvier 1889 et reproduit par M. le professeur Rousseau, ancien recteur de l'Université de Bruxelles dans la notice du *Guide belge* de l'Exposition universelle de Paris 1889, publiée sur la classe 62 dont il était président, les lignes *télégraphiques* suivantes « étaient ouvertes au public pour la *Correspondance téléphonique* » :

« Anvers-Charleroi. — Bruxelles-Anvers. — Bruxelles-Gand. — Bruxelles-Liège. — Bruxelles-Charleroi. — Bruxelles-Louvain. — Bruxelles-Mons. — Bruxelles-Ostende. — Bruxelles-Namur.

— Bruxelles-Verviers. — Louvain-Anvers. — Gand-Anvers. — Liège-Verviers. — Liège-Louvain. — Namur-Liège. — Namur-Charleroi. — Ostende-Anvers. — Liège-Anvers. — Verviers-Anvers. — Ostende-Gand. — La Louvière-Bruxelles. — Courtrai-Bruxelles. — Malines-Bruxelles. — La Louvière - Charleroi. — Courtrai - Gand. — Malines - Louvain. — La Louvière-Mons. — Courtrai-Ostende. — Malines-Anvers. — Anvers-Courtrai. — Charleroi-Louvain. — Mons-Courtrai. — Charleroi-Mons. — Mons-Gand.

Blankenberghe-Bruxelles. Heyst-Bruxelles.
 Id. Anvers. Id. Courtrai.
 Id. Courtrai. Id. Gand.

Blankenberghe-Gand. Heyst-Ostende.
 Id. Ostende. Id. Blankenberghe.

Ces lignes interurbaines se composent de 57 circuits d'une longueur totale de 3,273 kilomètres avec 6,656 kilomètres de fils.

Le 24 février 1887, à la suite de la convention franco-belge du 1^{er} décembre 1886, le service téléphonique a été inauguré entre Bruxelles et Paris (320 kilomètres). La ligne se compose d'un double fil de bronze phosphoreux de 3^{mm} de diamètre. Les deux fils du circuit servent en même temps aux correspondances télégraphiques. Une seconde ligne a dû être établie; elle a été mise en service au commencement de l'année 1888. »

Appropriation des fils télégraphiques à la téléphonie en Belgique



N. B. Chaque ligne droite représente un circuit de deux fils conjugués.

(Extrait d'une brochure de M. BANNEUX, ingénieur en chef, directeur des télégraphes belges, intitulée : *Les circuits aériens de la téléphonie à grande distance.*)

APPLICATION DU SYSTÈME VAN RYSSSELBERGHE

EN FRANCE

En France, la téléphonie interurbaine, en utilisant les fils du télégraphe par le système Van Rysselberghe, a été inaugurée le 2 janvier 1885, entre Rouen et le Havre. On verra par le tableau ci-dessous l'extension considérable donnée en peu de temps aux applications de ce système. Ce tableau est la reproduction de celui qui figurait à l'Exposition universelle de Paris dans le pavillon de l'Administration des postes et télégraphes de France.

DÉSIGNATION DES LIGNES—SECTIONS	NOMBRE de kilomètres, DISTANCES.	NOMBRE de circuits métal- liques complets desservant le téléphone.	LONGUEUR kilométrique des fils télégraphiques utilisés à la téléphonie.
Rouen-Le Havre	92,000	1	Kil.Mét. 184,000
Rouen-Elbœuf-Louviers	42,839	1	85,678
Embranchement spécial de Paris en câble télé- phonique	6,570		
Ligne télégraphique aé- rienne utilisée	153,862	2	655,028
Paris-Reims Câble sous plomb au tunnel de Vierzy	1,425		
Embranchement spécial de Reims en fil de bronze	4,900		
Paris-Bourse à Asnières Asnières à Pitres	7,060 112,000	1	280,720
Pitres à Rouen	21,300		
Paris-Bourse à Asnières Asnières à Nantes	7,060 53,000	1	471,320
Nantes au Havre	175,600		
Paris-Lille	240,000	1	480,000
Paris-Marseille	700,000	1	1,400,000
TÉLÉPHONIE INTERNATIONALE :			
Paris-Bourse à La Chapelle	5,040	1	488,160
La Chapelle à la frontière belge	239,040		
		Total	4,044,906

Dans le tableau qui précède, il est à remarquer que nous ne faisons pas mention de la deuxième ligne internationale entre Paris et Bruxelles qui, sur le territoire français, passe par Soissons, Laon, Vervins, Hirson et Hanor sur une distance de 210 kilomètres. Comme il est probable qu'on y appliquera le système Van Rysselberghe, comme pour l'autre circuit entre Paris et Bruxelles par Quévy, il y aura lieu d'ajouter aux 4,044,906 mètres précités 210 kilomètres × 2, ce qui fera pour la France seule 4,464,906 mètres de fils télégraphiques utilisés à la téléphonie.

DANS LES AUTRES PAYS

Dans un relevé dressé d'après des documents officiels et publié par le *Bulletin de la Société belge d'Électriciens*, voici comment sont réparties les applications du système Van Rysselberghe en Europe :

LIGNES EXPLOITÉES	
PAYS	Longueur totale des fils utilisés simultanément à la télégraphie et à la téléphonie par le système Van Rysselberghe
	Kilom. Mét.
Allemagne	1,032,000
Autriche	288,000
Bavière	600,000
Belgique	7,206,000
Danemark	10,000
Espagne	140,000
France	4,044,906
Hollande et Indes Néerlandaises	386,700
Portugal	624,000
Suisse	536,000
Wurtemberg	880,000
TOTAL	15,747,606

Des applications du système ont été faites également en Russie, en Italie et en Roumanie, mais jusqu'ici le relevé officiel des distances n'a pu encore nous être donné. Les lignes télégraphiques sur lesquelles des applications sont en projet ou en cours d'exécution en Allemagne, en Autriche, en Bavière, en Espagne, en Russie et en Turquie, atteignent une longueur totale de 5,296 kilomètres.

En résumé nous avons :

	Mètres.
Lignes exploitées et en construction par le système Van Rysselberghe	15,747,606
Idem projetées	5,296,000
Total	21,043,606

En dehors de l'Europe, les applications du système Van Rysselberghe sont nombreuses. Depuis 1884, l'invention du savant électricien belge a été introduite au Brésil, au Venezuela, au Mexique, en Chine et au Japon, dans l'Amérique du Nord, aux États-Unis, enfin dans la République argentine et dans l'Uruguay, où les applications du système au premier câble téléphonique sous-marin ont permis de faire ces expériences de téléphonie à grande distance qui ont eu tant de retentissement et dont nous avons donné la description précédemment.

RÉSULTATS OBTENUS EN BELGIQUE
PAR L'APPLICATION DU
SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE
AUX LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES
interurbaines et internationales

TÉLÉPHONIE INTERURBAINE	1885	1886	1887	1888	1889
Nombre de communications . . .	24,594	35,077	46,720	53,621	61,575
Recettes en francs	25,771 ⁴⁰	37,423 ⁵⁰	49,488 ⁶⁰	56,343 ⁵⁰	65,172

CHIFFRES COMPARATIFS DE L'AUGMENTATION

TÉLÉPHONIE INTERURBAINE.	AUGMENTATION DES RECETTES COMPARÉES A CELLES DE L'ANNÉE :							
	1885		1886		1887		1888	
	Sommes	Pour cent	Sommes	Pour cent	Sommes	Pour cent	Sommes	Pour cent
En l'année 1886 . . .	41,652.40	45,2	—	—	—	—	—	—
— 1887 . . .	23,717.20	89	42,065.40	32,2	—	—	—	—
— 1888 . . .	30,572.40	118,6	48,920.00	50,6	6,854.90	14	—	—
— 1889 . . .	39,400.60	152,9	27,748.50	74	45,683.40	31,5	8,828.50	16,4

TÉLÉPHONIE INTERURBAINE.	AUGMENTATION DES COMMUNICATIONS COMPARÉES A CELLES DE L'ANNÉE :							
	1885		1886		1887		1888	
	Nombre	Pour cent	Nombre	Pour cent	Nombre	Pour cent	Nombre	Pour cent
En l'année 1886 . . .	40,483	45,2	—	—	—	—	—	—
— 1887 . . .	22,126	90	41,643	33,2	—	—	—	—
— 1888 . . .	29,027	118	48,544	51,8	6,904	14,8	—	—
— 1889 . . .	36,981	150,4	26,498	75,5	45,855	34,9	7,954	15

TÉLÉPHONIE PARIS-BRUXELLES

TÉLÉPHONIE INTERNATIONALE	1887 (du 24 février au 31 décembre)	1888	1889	OBSERVATIONS
Nombre de communications à taxe pleine (non compris celle des abonnés).	14,280	25,870	31,100	Le service a été inauguré le 24 février 1887.
Recettes (non compris les abonnements).	64,250	77,610	} 120,850	Un second circuit a été mis en service le 16 jan- vier 1888.
Montant des abonnements.	—	9,160		

31 mars 1890.

ANNEXES

PLANCHES DESCRIPTIVES

DONNANT LES TRACÉS

AVEC LES INDICATIONS NÉCESSAIRES POUR L'INSTALLATION

DES

APPAREILS DU SYSTÈME DE TÉLÉGRAPHIE & DE TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES

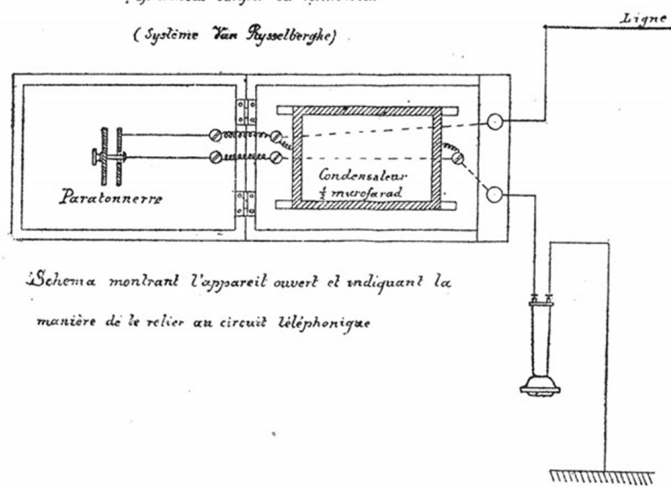
DE M. F. VAN RYSSELBERGHE

RENSEIGNEMENTS DIVERS

SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE

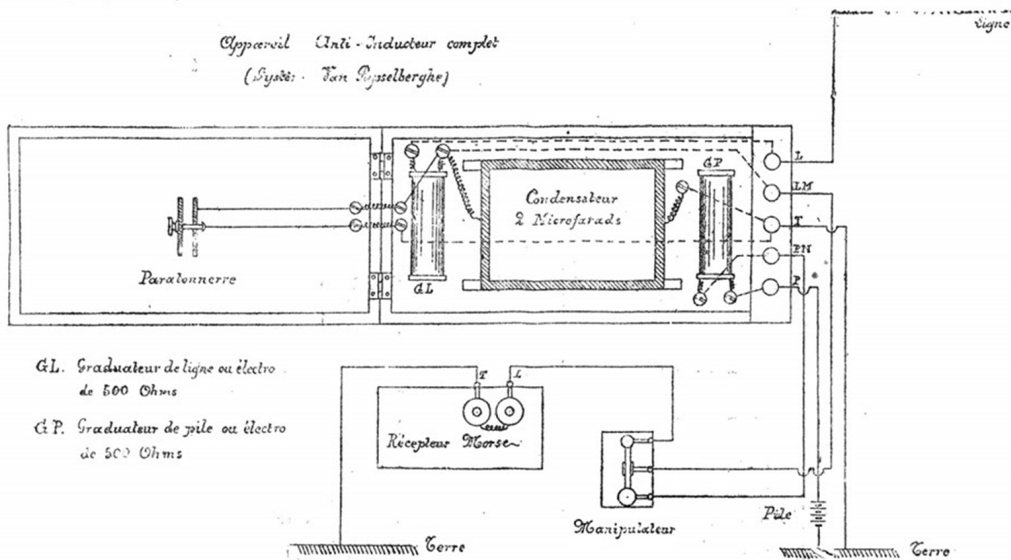
Télégraphie et téléphonie simultanées par les mêmes fils.

*Séparateur simple ou Connecteur
(Système Van Rysselberghe)*



Schema montrant l'appareil ouvert et indiquant la manière de le relier au circuit téléphonique

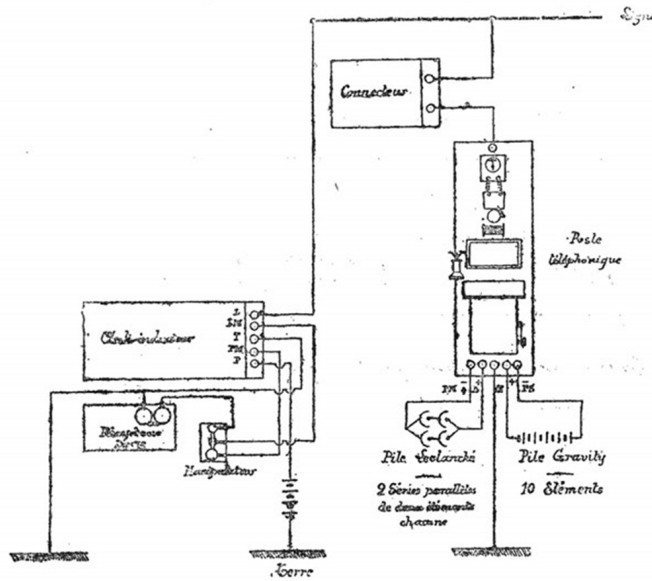
*Appareil Anti-Inducteur complet
(Système Van Rysselberghe)*



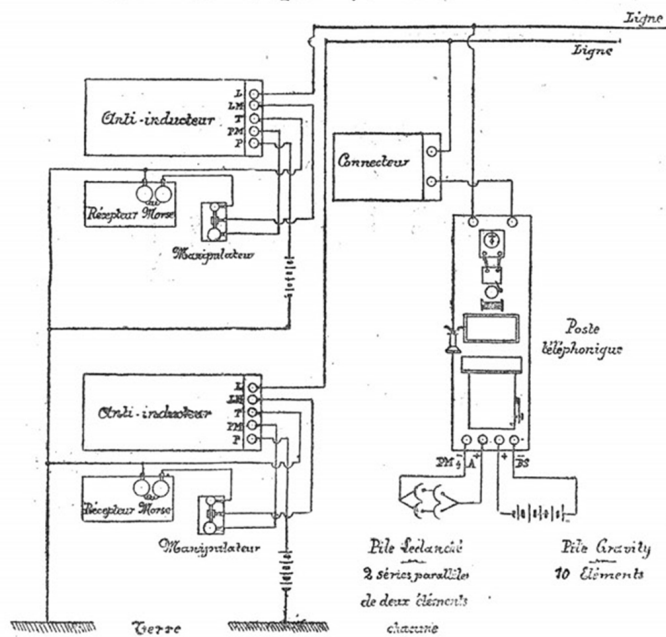
SYSTÈME VAN RYSELBERGHE

Télégraphie et téléphonie simultanées par les mêmes fils.

A. — Schéma d'un poste téléphonique et d'un poste télégraphique Morse extrême muni des dispositifs anti-inducteurs.



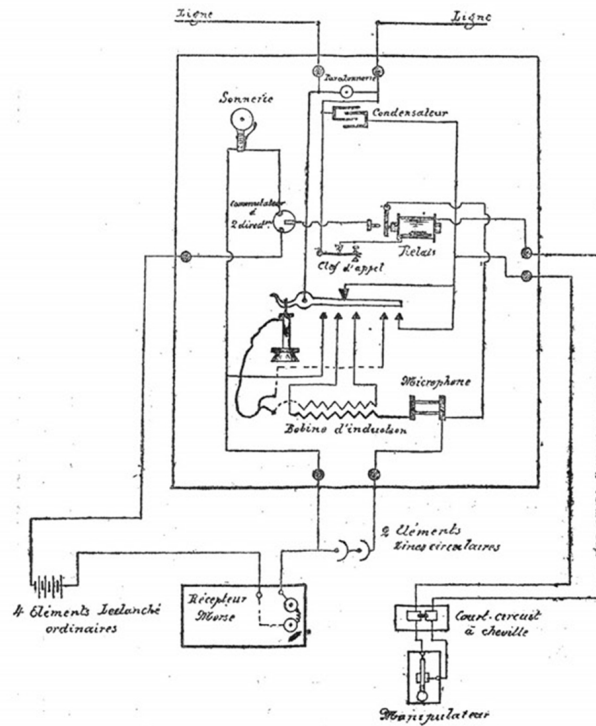
B. — Schéma d'un poste téléphonique et d'un poste télégraphique Morse intermédiaire muni des dispositifs anti-inducteurs.



SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE

Installation de plusieurs postes téléphoniques, pouvant correspondre entre eux par Morse ou par téléphone et sur un seul fil.

Schéma du poste téléphonique et télégraphique.



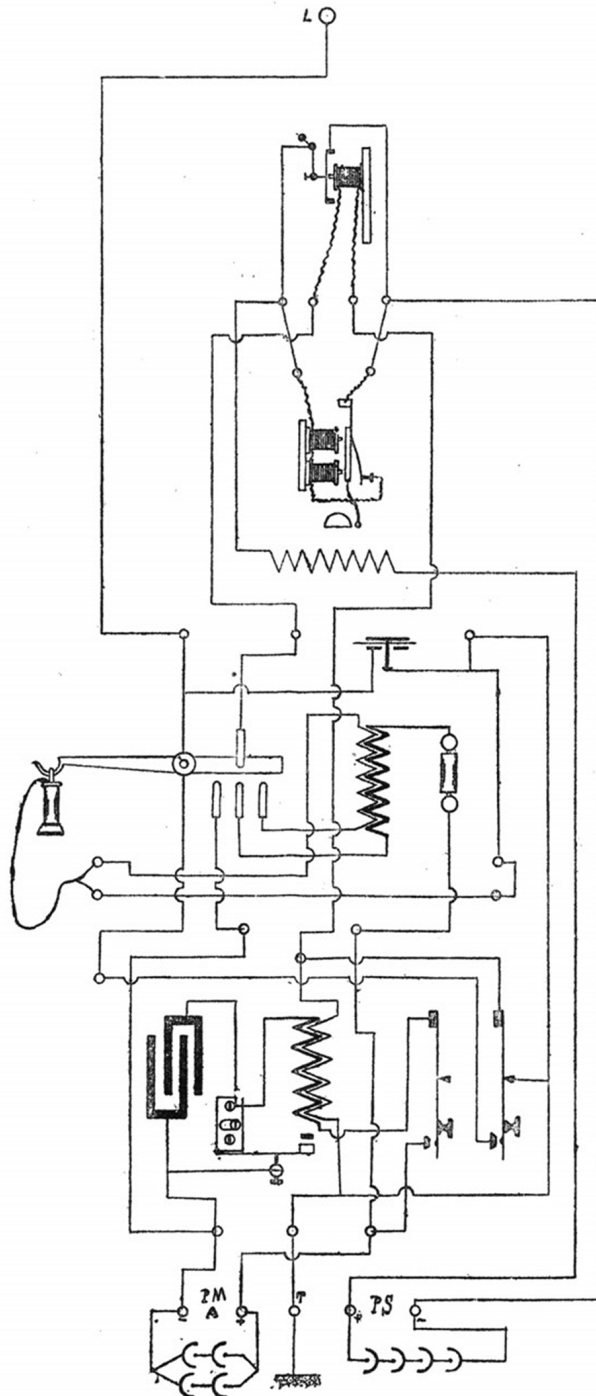
*Montage d'un poste téléphonique à relais
avec appareil Morse*

SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE

Télégraphie et téléphonie simultanées par les mêmes fils.

Schéma d'un poste téléphonique extrême.

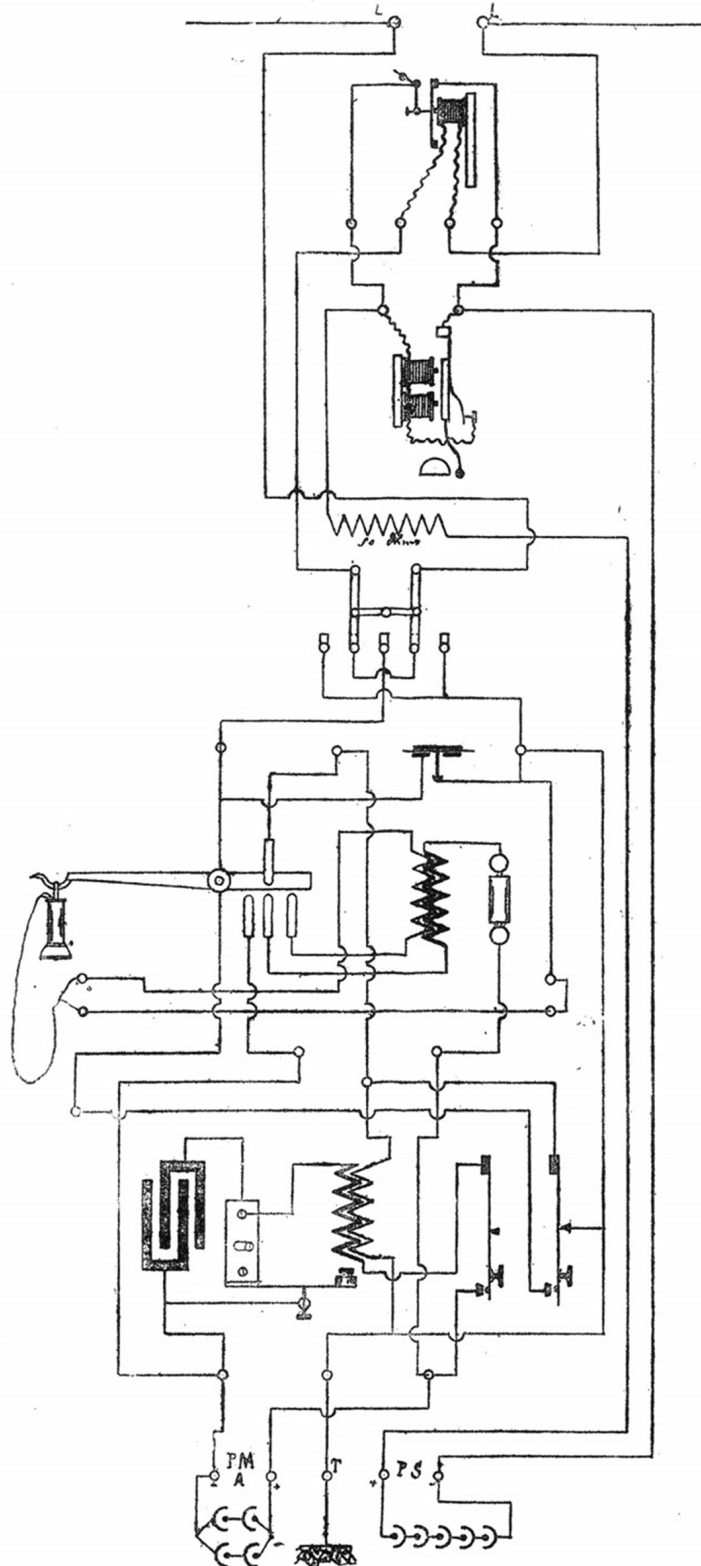
(Voir planche II, fig. A.)



SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE

Télégraphie et téléphonie simultanées par les mêmes fils.

Schéma d'un poste téléphonique intermédiaire.
(Voir planche II, fig. B.)



RENSEIGNEMENTS

SUR LES

DIFFÉRENTS MODES D'APPLICATION DU SYSTÈME ANTI-INDUCTEUR

DE

F. VAN RYSSELBERGHE

avec la désignation des prix des principaux appareils

1^{er} CAS. — *Appropriation d'une ligne de un ou de deux fils télégraphiques.*

A. ————— B.

On veut faire l'application du système Van Rysselberghe entre deux stations qui sont reliées par un ou deux fils télégraphiques, au moyen desquels on veut établir une communication téléphonique entre *A* et *B*, de façon à téléphoner et télégraphier simultanément. Dans ce cas-ci, nous supposons que le ou les deux fils se trouvent seuls sur les poteaux sur tout leur parcours et qu'il n'y a pas de stations intermédiaires entre les deux localités *A* et *B*.

Les appareils suivants sont nécessaires :

2 ou 4 anti-inducteurs (suivant qu'il y a un ou deux fils télégraphiques) à 150 francs	300 ou 600
2 connecteurs de 1/2 microfarad à 84 francs pour ligne simple	168
2 séparateurs doubles pour lignes doubles.	288
2 postes téléphoniques pour lignes télégraphiques avec transmetteur et récepteur d'appel phonique à 300 francs.	600 " 600

Soit. . . fr. 1,068 ou 1,488

suivant qu'il y a un ou deux fils télégraphiques.

Dans le cas où des stations télégraphiques intermédiaires seraient intercalées sur la ligne, il faudrait installer en outre dans chacune de ces stations :

1 connecteur de 2 microfarads si la ligne est à courant continu (fr. 114) ou 1 connecteur de 1/2 microfarad (fr. 84) et un dérivateur (fr. 132) si la ligne est à courant de travail.

Si de plus ces stations devaient communiquer également par téléphone, elles devraient encore être munies chacune de

1 poste téléphonique pour ligne télégraphique, soit fr. 300.

2^{me} CAS. — *Appropriation d'une ligne de plusieurs fils télégraphiques.*

Si l'on désire approprier à la téléphonie et à la télégraphie simultanées un circuit comprenant plus de 2 fils télégraphiques et ce à peu de frais, il est indispensable pour estimer le nombre des appareils et

pour déterminer leur position de nous faire parvenir les renseignements suivants :

Un plan de la ligne choisie pour l'expérience, laquelle peut être faite sur une ligne télégraphique en fer ayant jusqu'à 200 kilomètres de longueur.

Ce plan doit renseigner :

- A** — Le nombre de fils de cette ligne ;
- B** — Leur position sur les poteaux ;
- C** — Les stations télégraphiques de la ligne, les distances qui les séparent, le nombre et la nature des appareils, ainsi que les schéma (tracés des fils) des bureaux ;
- D** — La distance à laquelle se trouvent, le cas échéant, les premiers bureaux au delà des stations télégraphiques qu'on veut relier par téléphone.

Exemple : Les stations S' S'' devant être reliées par téléphone, il faudra indiquer outre les stations x^1 , x^2 , x^3 , x^4 , qui se trouvent sur le parcours de la ligne, les bureaux y^1 , y^2 , y^3 , y^4 , y^5 , y^6 , y^7 , y^8 et y^9 , qui se trouvent au delà.

3^{me} CAS. — *Appropriation à la télégraphie de lignes téléphoniques spéciales.*



Soient A et B deux stations reliées par une ligne téléphonique spéciale. La ligne peut être établie sur poteaux spéciaux et composée de un ou de deux fils. Elle peut également être établie sur des poteaux supportant des fils télégraphiques.

L'appropriation de cette ligne à la télégraphie sera faite de la même façon et exigera les mêmes appareils que dans le premier cas ci-dessus mentionné.

A une distance de 200 kilomètres et moins, on peut obtenir d'excellentes communications sur des fils de fer. Mais pour de plus grandes distances, il est absolument indispensable de faire usage de fils de bronze.

Le tableau suivant indique le diamètre à employer suivant les distances :

250 kilomètres, fil de bronze de	2	m/m	de diamètre.
400	"	"	$2\frac{1}{2}$ m/m "
600	"	"	3 m/m "
1 000	"	"	4 m/m "
2,000	"	"	5 m/m "

N. B. — *Les prix des fils de bronze varient suivant le cours du cuivre.*

OBSERVATION.

