

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Berger, Karl
Titre	La télégraphie et la téléphonie simultanées et la téléphonie multiple
Adresse	Paris : Gauthier-Villars, imprimeur-libraire du Bureau des longitudes, de l'École polytechnique, 1913
Collection	Bibliothèque des Annales des postes, télégraphes et téléphones
Collation	1 vol. (134 p.) : ill. ; 26 cm
Nombre d'images	140
Cote	CNAM-BIB 8 Ca 472
Sujet(s)	Lignes de transmission (télécommunications) Télégraphe Téléphone
Thématique(s)	Technologies de l'information et de la communication
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	21/01/2021
Date de génération du PDF	20/01/2021
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8CA472

LA TÉLÉGRAPHIE ET LA TÉLÉPHONIE
SIMULTANÉES
ET LA TÉLÉPHONIE MULTIPLE

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
50525 Quai des Grands-Augustins, 55.

8^e Ca 472

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

LA TÉLÉGRAPHIE ET LA TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES ET LA TÉLÉPHONIE MULTIPLE

PAR

K. BERGER

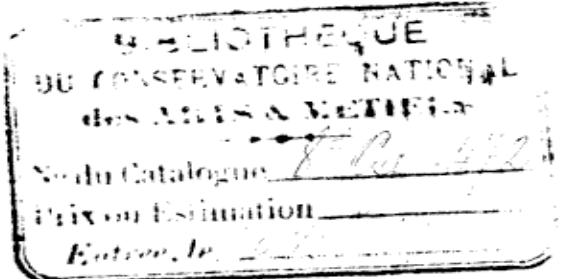
INSPECTEUR SUPÉRIEUR DES POSTES D'ALLEMAGNE

TRADUIT PAR

P. LE NORMAND

INGÉNIEUR DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

OUVRAGE ACCOMPAGNÉ DE 111 FIGURES



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55

—
1913

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés
pour tous pays.

Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

LA TÉLÉGRAPHIE ET LA TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES ET LA TÉLÉPHONIE MULTIPLEX.

INTRODUCTION.

1. *Historique.* — Le problème de l'appropriation des lignes, soit à la télégraphie et à la téléphonie simultanées, soit à la téléphonie multiple, s'est posé peu de temps après la découverte du téléphone de Bell et fut aussitôt mis à l'étude.

Les premiers essais du professeur Karl Zetzsche, faits à Dresde en 1877, qui déterminèrent la portée d'un appareil téléphonique sur des fils télégraphiques, amenèrent aussitôt à rechercher jusqu'à quel point la téléphonie et la télégraphie simultanées étaient possibles sur un seul fil sans gêne réciproque. Zetzsche s'occupa de ce problème dès cette époque et, pendant l'année 1878 même, il publia plusieurs de ses recherches⁽¹⁾.

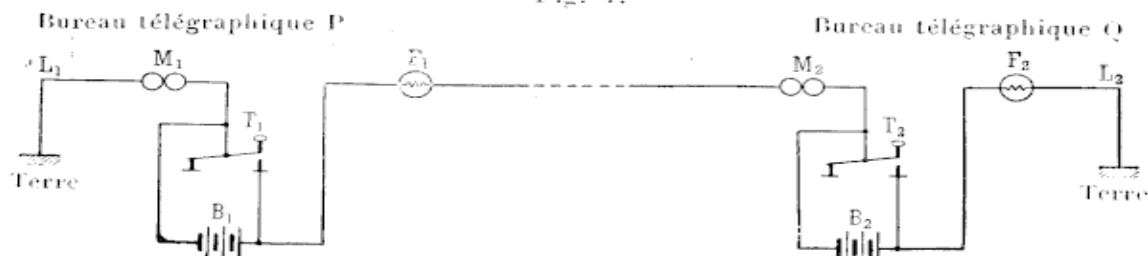
Un des dispositifs de Zetzsche est, dans son principe, indiqué par la figure 1. Aux extrémités d'une ligne télégraphique L_1, L_2 , dans les bureaux P et Q, se trouvent respectivement les appareils Morse M_1 et M_2 , les batteries télégraphiques B_1 et B_2 et les postes téléphoniques F_1 et F_2 ; ces différents organes sont montés en série⁽²⁾. Les manipulateurs T_1 et T_2 sont connectés à la ligne et aux batteries, de telle façon que, par la manipulation, le circuit de ligne ne soit pas interrompu, mais que seulement la batterie correspondante soit mise en court circuit, ce qui diminue l'intensité du

(1) *Journal télégraphique*, t. IV, 1878, p. 6 et 277. — ZETZSCHE, *Manuel de télégraphie*, t. IV, p. 105 et 320; *Archiv für Post und Telegraphie*, 1879, p. 28.

(2) *Journal télégraphique*, t. IV, p. 8 et 277. Zetzsche n'avait donné que des dessins incomplets de ses projets, mais il est toutefois certain qu'il plaçait les appareils télégraphiques et téléphoniques en série; une grande partie de ses expériences ne furent d'ailleurs faites qu'en laboratoire.

courant de ligne. Ce montage est dit à courant différentiel⁽¹⁾. Zetzsche a donc réalisé pour les courants téléphoniques un circuit fermé avec la

Fig. 1.



terre comme conducteur de retour, et cela indépendamment des appareils télégraphiques, qui peuvent transmettre ou non sur la ligne. Le seul changement qui se produise dans le circuit téléphonique est dû à la résistance intérieure de la batterie, qui disparaît de la résistance totale chaque fois que le manipulateur est abaissé. On n'avait pas encore remarqué que la self-induction des électro-aimants Morse était nuisible à la transmission des courants téléphoniques : alors encore au début de la téléphonie, on s'occupa principalement de montrer qu'il était possible de faire passer simultanément sur un seul fil un courant télégraphique et un courant téléphonique et que chacun de ceux-ci était capable d'agir séparément sur un récepteur approprié.

Les recherches de Zetzsche se bornèrent à ce dispositif et à quelques autres qui n'étaient guère plus susceptibles de développement ; il faut cependant dire que, dès cette époque, d'autres dispositifs furent découverts par application des essais d'Elisha Gray sur l'émission et la réception simultanées de courant continu et alternatif. En l'année 1881 encore, Zetzsche⁽²⁾ exprimait l'espoir de réaliser la transmission simultanée d'un télégramme et d'une conversation sur un conducteur télégraphique par simple mise en série des appareils télégraphiques et téléphoniques. Après cette époque, Zetzsche, lui-même, ne travailla plus à la solution de ce problème.

Le second problème, la transmission simultanée sur une seule ligne de plusieurs conversations sans troubles réciproques, se présenta, lorsqu'on voulut réunir par des lignes interurbaines plusieurs réseaux téléphoniques locaux. Ce ne furent pas des considérations techniques ou scientifiques qui déterminèrent ces recherches, comme dans le cas des expériences de Zetzsche, mais bien des raisons économiques. Comme on était alors impuissant à combattre l'induction des courants téléphoniques d'une ligne sur l'autre, on pensait ne pouvoir placer un très grand nombre de

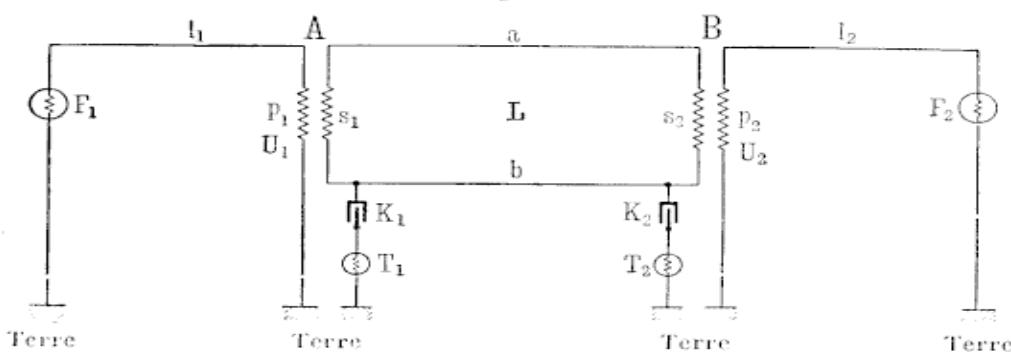
(1) Voir KARRASS, *Histoire de la télégraphie*, t. I, p. 382.

(2) ZETZSCHE, *Manuel de télégraphie*, t. IV, p. 105.

lignes sur les mêmes appuis sans qu'il en résultât des troubles dans les conversations : il paraissait donc nécessaire de pouvoir réaliser plusieurs voies de communications avec peu de conducteurs, voire même avec un seul. Afin de réduire les frais d'installations dans une certaine mesure, le conseiller intime supérieur Elsasser, de Berlin, proposa en 1885 un montage à l'aide duquel deux communications pouvaient être échangées simultanément sur chaque ligne (¹).

Le premier montage d'Elsasser est représenté par la figure 2. Le circuit bifilaire L , allant du bureau téléphonique A au bureau B est fermé à ses

Fig. 2.



deux extrémités par les secondaires s_1 et s_2 des transformateurs téléphoniques U_1 et U_2 . Les enroulements primaires des mêmes transformateurs p_1 et p_2 sont insérés dans les circuits unifilaires d'abonnés I_1 et I_2 ; F_1 et F_2 sont les postes de deux abonnés. Un deuxième groupe d'appareils téléphoniques T_1 et T_2 est réuni par l'intermédiaire des condensateurs K_1 et K_2 , avec l'une des branches du circuit (dans le cas présent, L_b).

Avec ce montage, des postes d'abonnés quelconques, F_1 du réseau local A et F_2 du réseau local B, peuvent entrer en communication; par les postes T_1 et T_2 , Elsasser proposait de transmettre seulement les communications téléphoniques des bureaux A et B. Les deux couples d'appareils, F_1 - F_2 et T_1 - T_2 , ne sont pas indépendants l'un de l'autre. En effet, les courants émis par l'appareil T_1 ne sont pas uniquement transmis par le conducteur L_b , mais ils se dérivent aussi par la bobine s_1 de U_1 , le conducteur L_b et la bobine s_2 de U_2 vers l'appareil T_2 et réciproquement. Il y a par conséquent transmission de ces courants des enroulements s_1 et s_2 sur les enroulements p_1 et p_2 et les communications de service peuvent donc être entendues des postes F_1 et F_2 ; les conversations des abonnés seraient alors troublées par celles du service. De plus, les communications entre T_1 et T_2 pouvaient être reçues dans les récepteurs de T_1 et T_2 , dès

(¹) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1885, p. 283 et 1887, p. 29.

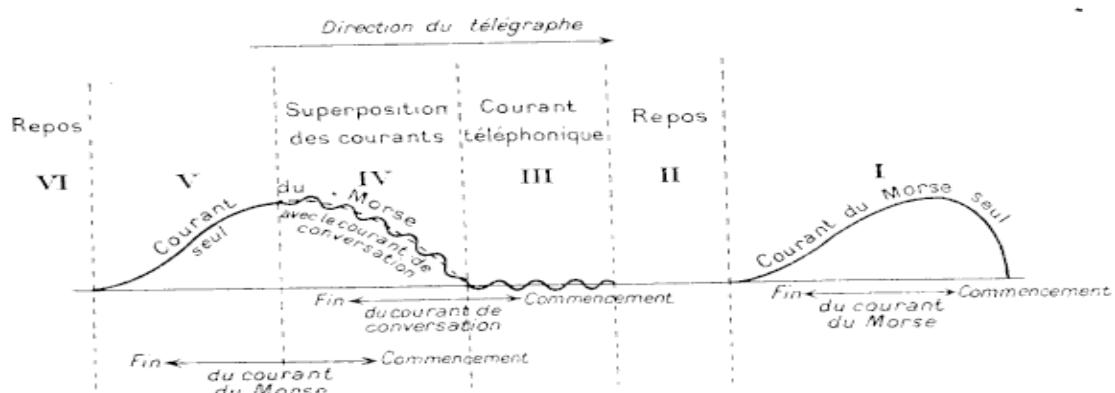
que l'isolement de la ligne ne restait pas très élevé dans les deux fils de la ligne. Les courants émis par T_1 et T_2 provoquaient également de l'induction sur les circuits téléphoniques doubles, équipés de la même manière et montés sur les mêmes appuis. Enfin, il était possible avec ce montage, malgré un bon isolement et l'emploi des condensateurs K_1 et K_2 , d'avoir des bruits provenant de courants telluriques dans le circuit bifilaire; ces bruits gênaient les conversations et rendaient absolument vain l'emploi du double conducteur.

2. Différents états du courant de propagation. — Le même défaut de principe est attaché aux montages de Zetzsche et d'Elsasser : chaque groupe d'appareils n'est pas seulement traversé par son courant propre, mais aussi par les courants des autres groupes (Zetzsche) ou tout au moins par une partie de ces derniers (Elsasser). Le fait que les électro-aimants des appareils Morse ou Hughes soient parcourus par des courants téléphoniques n'est pas nuisible à l'exploitation télégraphique, mais il est impossible d'admettre pour le téléphone que des courants étrangers traversent le récepteur.

Dans chacun de ces deux problèmes, une des difficultés les plus considérables est d'avoir à compter avec trois espèces différentes de courants.

Dans la figure 3, exemple de télégraphic et téléphonie simultanées,

Fig. 3.



on trouve en I le courant continu d'un signal Morse qui passe sur la ligne avant que l'appareil téléphonique ne soit en action. Après cette émission vient une période de repos en II; elle est interrompue par le courant téléphonique en III, qui peut se superposer à un autre courant télégraphique pendant la période IV; il est d'ailleurs sans intérêt de savoir de quelle extrémité du circuit provient le courant téléphonique. Pendant la période V, le courant télégraphique reste seul après que le courant téléphonique a cessé; en VI se trouve une nouvelle période de repos,

Il existe donc trois espèces de courants passant sur la ligne :

Courant télégraphique seul;

Courant téléphonique seul;

Courant télégraphique et courant téléphonique simultanés, qui se superposent.

Des périodes de courants semblables existent pour la téléphonie multiple, mais il s'agit uniquement de courants alternatifs qui passent seuls ou simultanément et par superposition sur le conducteur.

Les problèmes de la télégraphie et de la téléphonie simultanées et de la téléphonie multiple peuvent seulement être considérés comme résolus, lorsqu'on aura satisfait aux conditions suivantes :

a. Les courants (dans un cas courants télégraphiques et téléphoniques, dans l'autre cas courants téléphoniques seulement) doivent pouvoir être émis séparément ou simultanément, de façon que chacun passe de son point d'émission sur la ligne avec la moindre perte d'énergie possible.

b. Quand la ligne est utilisée par un groupe d'appareils, pendant que les autres groupes sont au repos, les courants ne doivent passer que dans les appareils qui leur sont destinés et non pas dans les appareils du groupe qui se trouve au repos.

c. Si la ligne est utilisée par les deux groupes d'appareils simultanément, les courants de ligne superposés doivent, soit être, aux stations réceptrices, séparés suivant les courants originaux, soit, tout au moins, avoir des propriétés suffisamment distinctes pour que chaque appareil récepteur fonctionne séparément, comme si le courant qui lui est destiné passait seul sur la ligne.

3. Les problèmes et les solutions possibles. — Le premier problème, rendre une ligne utilisable pour la télégraphie et la téléphonie simultanées, peut se traiter d'après deux méthodes différentes, suivant qu'il s'agit d'un circuit à un conducteur (retour par la terre) ou à deux conducteurs (retour par fil métallique). Les lignes télégraphiques sont généralement du premier genre; dans quelques cas exceptionnels, non envisagés dans cet Ouvrage, on utilise pour la télégraphie des circuits bifilaires. Les lignes de la seconde espèce sont les lignes téléphoniques interurbaines, telles qu'elles sont utilisées pour les relations entre différents réseaux téléphoniques.

Une des méthodes possibles sera donc la téléphonie sur lignes télégraphiques et l'autre la télégraphie sur circuits téléphoniques.

Jusqu'à présent, il faut le constater dès maintenant, les lignes télégraphiques ont été constituées généralement en fil de fer; ce n'est que très récemment qu'on emploie aussi le cuivre ou un alliage de cuivre (bronze). Les circuits téléphoniques se composent uniquement en tous pays de fil de bronze ou de cuivre.

Les lignes d'abonnés, les lignes auxiliaires pour la réunion, dans l'inté-

rieur d'une ville ou d'un district, de réseaux locaux, ainsi que les lignes servant à réunir certains villages au réseau télégraphique ne seront, dans cet Ouvrage, prises en considération que tout et autant qu'elles seront reliées à des circuits appropriés à la télégraphie et téléphonie simultanées.

Pour la téléphonie sur conducteurs télégraphiques, F. van Rysselberghe à Bruxelles, A. Perego à Milan et Turchi à Ferrare, ont trouvé des solutions remarquables, qui ont été réellement mises à l'essai. Les montages de Perego et Turchi (¹) sont de date assez récente et sont employés conjointement. Rysselberghe, par contre, avait déjà indiqué ses découvertes, qu'il avait faites à propos de recherches météorologiques (²), en 1882 et 1883, c'est-à-dire à l'époque des premiers emplois étendus du téléphone (³).

Pour l'autre méthode, Picard, à Paris, et le Bureau d'essais des Télégraphes, à Berlin, ont proposé pour circuits bifilaires des montages parfaitement adaptés à la télégraphie et téléphonie simultanées (⁴). Comme extension de ces montages, on peut signaler le dispositif de Dejongh, de Bruxelles, pour une télégraphie multiple faite simultanément avec une communication téléphonique simple (⁵).

Le deuxième problème, utiliser des circuits par téléphonie multiple, ne peut se résoudre que par l'emploi de circuits bifilaires. Pour la priorité dans les découvertes de la téléphonie multiple, il s'est élevé, peu après la découverte d'Elsasser, une discussion à laquelle participèrent plusieurs journaux étrangers. Comme tous les premiers schémas sont très semblables et qu'il n'y a eu, en réalité, qu'une seule découverte, il suffira ici de s'occuper

(¹) Le professeur Turchi a pris conjointement avec l'ingénieur Bruné deux brevets allemands : 29 mars 1903, n° 133 497 ; 1^{er} octobre 1903, n° 156 866.

(²) La façon par laquelle Rysselberghe a été amené, comme météorologue, à faire des recherches techniques de télégraphie et téléphonie ne peut être expliquée ici. Les publications sur ce sujet et sur différents travaux de Rysselberghe, relatifs à la télégraphie et téléphonie simultanées, sont : *Bulletin de la Société belge d'électriciens*, juillet, août 1887 ; *Télégraphic et téléphonie simultanées* de Ed. BUELO, Bruxelles 1885 ; *La téléphonie actuelle en France et à l'étranger*, Paris 1889 ; *La téléphonie à grande distance de Mourlon à Bruxelles*, 1880 ; *Système de télégraphie et téléphonie simultanées*, Bruxelles 1884 ; *Rapport de Rysselberghe à l'Administration belge sur des recherches faites aux États-Unis*, Bruxelles 1886 ; *Moniteur officiel belge* du 12 octobre 1889.

(³) Les premiers brevets belges contenant les principes caractéristiques des découvertes de Rysselberghe furent publiés au début de 1882. Le brevet général sur la forme définitive de montages date du 13 novembre 1883. Les brevets allemands sont inscrits sous les références suivantes : 27 juin 1882, n° 21097 ; 9 juin 1882, n° 22633, 14 août 1883, n° 27272.

(⁴) A propos de montages semblables dus à Vallance, voir *Journal télégraphique*, 1896, p. 283 ; 1897, p. 26.

(⁵) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1897, p. 430-437.

simplement des recherches d'Elsasser⁽¹⁾. Elsasser a perfectionné très rapidement son premier montage (*fig. 2*), qui put servir de base à l'extension ultérieure de la téléphonie multiple. Gailho, à Paris, a cependant apporté des perfectionnements importants à cette solution et la forme définitive des montages fut donnée par Schwensky, à Berlin⁽²⁾.

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1887, p. 29 et 30 ; *Journal télégraphique*, 1887, p. 149.

(2) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1898, p. 853 ; *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 2^e série, Vol. III, n° 25 : *Journal télégraphique*, 1897, p. 105.

PREMIÈRE PARTIE.

TELEGRAPHIE ET TELEPHONIE SIMULTANÉES.

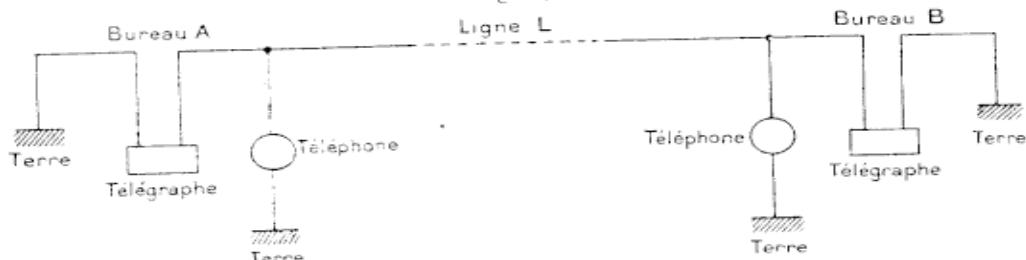
A. — LA TELEPHONIE SUR LIGNES TELEGRAPHIQUES.

1. — MONTAGES DE F. VAN RYSELBERGHE.

a. — Principes physiques.

Zetzsche avait cherché, comme le montre l'Introduction, à réaliser la télégraphie et téléphonie simultanées par mise en série sur un conducteur des appareils télégraphiques et téléphoniques. Au contraire, Rysselberghe employa (tout d'abord aussi avec un conducteur unique) le montage en quantité, tel qu'il est indiqué schématiquement par la figure 4. Le conducteur télégraphique L est mis à la terre aux bureaux A et B à travers les

Fig. 4.



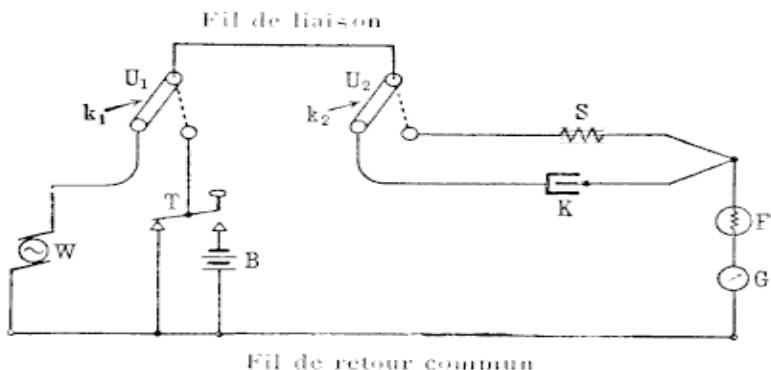
appareils télégraphiques : les appareils téléphoniques sont dérivés entre ligne et terre parallèlement aux appareils télégraphiques. De cette façon, le circuit de conservation ne comprend pas les enroulements des électro-aimants télégraphiques.

Afin d'éviter avec ce montage que les courants télégraphiques ne se dirigent à la terre par les appareils téléphoniques et inversement, Rysselberghe se servit des propriétés différentes du condensateur et de la bobine de self-induction. Dans la figure 5, U_1 et U_2 sont deux commutateurs dont les manettes K_1 et K_2 peuvent être placées indifféremment et indépendamment soit à droite, soit à gauche. Les deux axes de rotation sont réunis par un fil. Au contact gauche de U_1 est reliée une source de courant alternatif, donnant un courant peu intense de 800 à 1000 périodes par seconde; au contact droit est relié un manipulateur Morse; le contact

10. PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

antérieur de ce manipulateur est joint à l'un des pôles d'une batterie B de 10 volts. Une des armatures d'un condensateur de 2 microfarads environ est reliée à la borne gauche de U_2 , tandis que la borne droite est jointe à une bobine S ayant une self-induction variable. L'autre extrémité de S est rattachée à un téléphone F, auquel est aussi jointe la seconde armature du condensateur K. En G se trouve un galvanoscope relié d'un côté à F et de l'autre à W, T et B par un conducteur de retour commun.

Fig. 5.



Ce montage permet de faire les quatre essais suivants :

α . Les manettes K_1 et K_2 étant à gauche, on entend dans F un son dont l'intensité et la hauteur sont indépendantes de l'intensité et de la fréquence du courant alternatif venant de W. La résistance apparente de K et l'impédance de G et de F n'interviennent pas dans cet essai. Il n'est pas nécessaire d'expliquer avec détails le passage du courant dans le condensateur : il suffit de savoir qu'un condensateur est *perméable* pour les courants alternatifs et non pour le courant continu.

β . En placant la manette K_2 à droite, tandis que U_1 reste dans la même position, de façon à insérer S au lieu de K dans le circuit, l'intensité du son décroît lorsque la self-induction S croît, la fréquence restant invariable. En effet, le courant alternatif à 1000 périodes par seconde rencontre dans la bobine de self, dont la résistance en courant continu est environ 1000 ohms, une résistance apparente de ⁽¹⁾ :

ohms	lorsque la self-induction de la bobine est			henrys
6.400	0	0	0	1
12.700	0	0	0	2
19.000	0	0	0	3
25.300	0	0	0	4
32.600	0	0	0	5
				etc.

⁽¹⁾ Le calcul est fait à l'aide de la formule $\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ dans laquelle R est la résistance en courant continu (ici 1000 ohms), ω le produit de 2π par la fréquence 1000 périodes) et L le coefficient de self-induction (1 à 5 henrys).

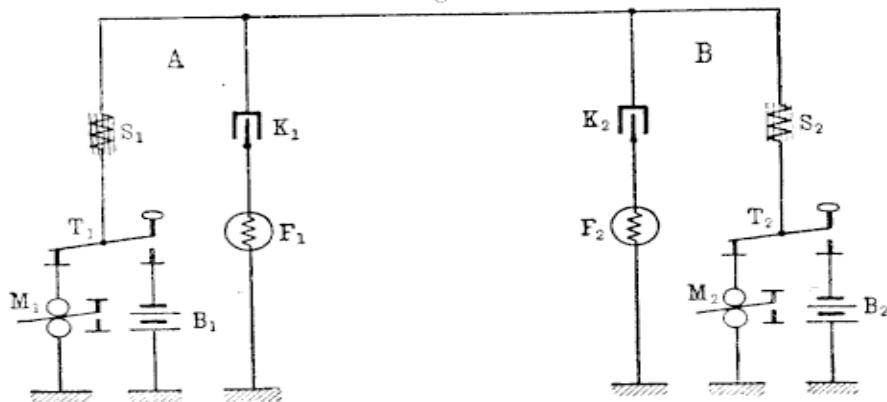
γ. En plaçant K_1 à droite et en laissant K_2 aussi à droite, l'abaissement du manipulateur T fera passer un courant continu dans le galvanoscope et l'on entendra dans le téléphone un bruit lors de la fermeture du courant. Il y aura de même un bruit dans F lors du relèvement du manipulateur; le courant continu ne passera plus et l'aiguille du galvanomètre reviendra au repos.

δ. Si enfin, on place K_2 à gauche tandis que K_1 reste à droite, l'aiguille de G , au moment de l'abaissement ou du relèvement du manipulateur, recevra une impulsion sous l'influence de la charge ou de la décharge du condensateur K , mais il n'y aura pas passage de courant continu. En F , on entendra comme précédemment un bruit, mais avec une intensité plus faible et un timbre différent.

Si l'on applique les remarques déduites de ces essais au schéma de la figure 4, on obtient les principes du montage de Rysselberghe indiqués dans la figure 6; aux deux extrémités A et B d'un conducteur télégraphique sont reliés les appareils télégraphiques T_1, M_1, B_1 et T_2, M_2, B_2 avec des bobines de self S_1 et S_2 ; les appareils téléphoniques F_1 et F_2 , au contraire, sont reliés d'une part à la ligne à travers les condensateurs K_1 et K_2 , et, d'autre part, à la terre. Si, par exemple, on abaisse le manipulateur T_1 ,

Fig. 6.

Ligne



un courant télégraphique partant de B_1 passe à travers la bobine S_1 et la ligne, puis par S_2 et M_2 s'en va à la terre (conducteur de retour). Quand le manipulateur T_2 est abaissé, le courant télégraphique va inversement de B_2 à travers T_2 et S_2 à la ligne et de l'extrémité A de la ligne à travers S_1 et M_1 à la terre. A cause de la présence des condensateurs K_1 et K_2 ⁽¹⁾, aucun

(1) Les désignations parfois employées pour les bobines et les condensateurs suivant leur emploi et leur montage ne seront pas utilisées ici. Ce sont les termes : inducteur, séparateur, déivateur, graduateur, anti-inducteur complet et condensateur séparateur.

courant télégraphique ne passe par les récepteurs F_1 et F_2 (*voir* plus haut γ et δ).

Les courants téléphoniques qui viennent de F_1 , en raison de la bobine S_1 , dont l'action est encore augmentée de celle de l'électro-aimant de l'appareil M_1 , passent uniquement par la ligne; à l'autre extrémité de la ligne, ils sont, en raison de la bobine S_2 et de l'électro-aimant M_2 , obligés de passer à travers K_2 et le récepteur F_2 . Tant que les manipulateurs T_1 et T_2 sont au repos, la self-induction des électro-aimants serait suffisante pour forcer les courants de conversation à passer par la ligne; les bobines S_1 et S_2 seraient donc inutiles. Dès qu'un manipulateur est abaissé, les courants de conversation trouveraient un autre chemin en allant à la terre à travers la batterie : c'est pourquoi les bobines S_1 et S_2 ont été reconnues nécessaires. Lorsque, par suite de télégraphie et de téléphonie simultanées, les courants se superposent, ils ne passent pas comme un ensemble, soit à travers la bobine, soit à travers le condensateur, pour se diriger vers la terre; la bobine et le condensateur effectuent la dissociation des courants originaux : les courants continus passent par l'appareil télégraphique et les courants alternatifs par l'appareil téléphonique, exactement comme s'ils se propageaient séparément sur la ligne. Le problème de la télégraphie et téléphonie simultanées peut être considéré comme résolu dans le cas du conducteur unique, d'après le point de vue indiqué à la page 5.

b. — Dispositions techniques.

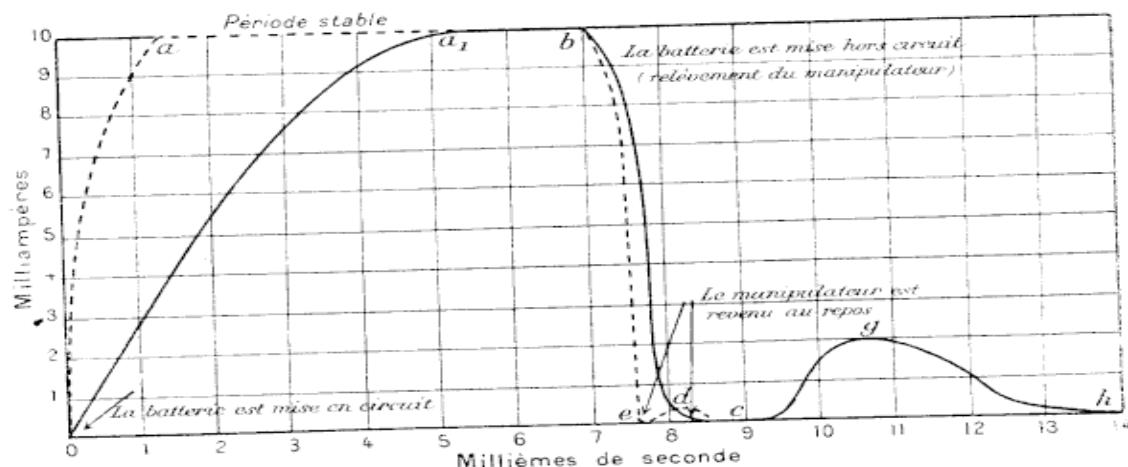
Afin de pouvoir adapter le schéma de la figure 6 aux besoins de l'exploitation, il était nécessaire de lui apporter en plusieurs points des modifications techniques.

1. *Étagement des courants télégraphiques.* — Tout d'abord, il faut reconnaître que si les appareils téléphoniques ne sont pas directement traversés par le courant continu, il n'en est pas moins vrai qu'ils subissent les effets des charges et des décharges des condensateurs K_1 et K_2 . Ceux-ci sont chargés par les courants télégraphiques envoyés de B_1 vers M_2 et de B_2 vers M_1 ; ils se déchargent dès que les manipulateurs T_1 et T_2 reviennent au repos. Le bruit produit dans les téléphones par l'ouverture ou la fermeture du circuit sera d'autant plus gênant que celles-ci seront plus fréquentes (*voir* les essais du paragraphe δ , p. 11). Ces bruits compromettent aussi le secret des correspondances télégraphiques, car ils permettent de surprendre les signaux Morse. Les charges et décharges des condensateurs doivent donc être assez ralenties pour que la membrane du téléphone s'incurve sans bruit sous leur influence et revienne doucement au repos. Enfin, il y a lieu aussi d'empêcher la croissance et la chute brusque du courant télégraphique, pour adoucir précisément la charge et la décharge

des condensateurs. De tels ralentissements sont d'ailleurs produits d'eux-mêmes par la self-induction des bobines S_1 et S_2 (¹). La self-induction de S_1 et S_2 agit après mise en circuit de la batterie contre l'accroissement du courant à chaque émission, tant que sa valeur maxima n'a pas été atteinte et que le fer des bobines n'a pas acquis le magnétisme correspondant; quand le courant de la batterie est coupé par relèvement du manipulateur, le magnétisme disparaissant produit un courant de même sens que le courant de la batterie. Tout se passe donc comme si la période d'établissement du courant était prolongée et la période de courant constant diminuée de quantités correspondantes; de plus, après la mise hors circuit de la batterie, un nouveau courant apparaît, qui est en quelque sorte la continuation du courant précédent.

Ces différentes étapes sont représentées par la figure 7. La courbe $oa, bfhg$ montre l'établissement du courant dans un circuit à self-induction élevée; la courbe ponctuée $oabedc$, celui du courant dans un circuit à faible self-induction. Dans un circuit de ce dernier genre, le courant monte très induction.

Fig. 7.



rapidement (courbe oa) et atteint la position stable (10 milliampères, courbe ab) en $\frac{1}{1000}$ de seconde environ. Si, au bout d'un certain temps, la batterie est supprimée par relèvement du manipulateur, la valeur du courant tombe brusquement (courbe be) et lorsque le manipulateur est revenu au repos, il se produit un courant d'induction edc faible et de courte durée. Dans un circuit à self-induction élevée au contraire, le

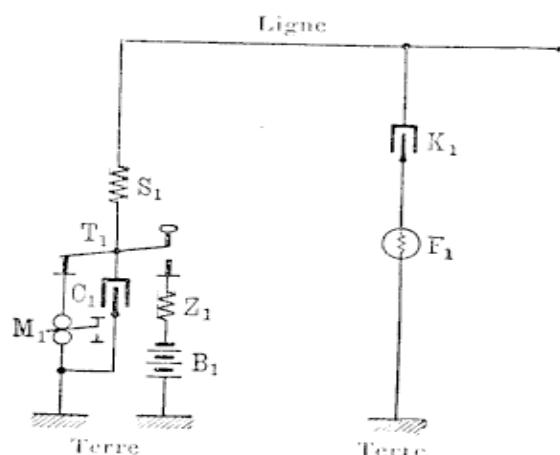
(¹) Il n'y a pas lieu de tenir compte que la naissance et la chute du courant sont aussi ralenties par les électro-aimants et la ligne, car il convient de n'envisager que l'effet des appareils (bobines et condensateurs) qui ne font pas partie de l'installation normale.

I^e — PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

courant n'atteint que lentement (environ $\frac{1}{5000}$ de seconde) sa valeur maxima (courbe oa_1) ; pour deux pressions semblables sur le manipulateur, le courant stable est obtenu plus tard pour une ligne à self élevé que pour une ligne à faible self. Lorsque la batterie est hors circuit, le courant tombe de même aussitôt à une valeur nulle (courbe b/f), mais il est suivi d'un courant d'induction assez intense.

Afin d'augmenter encore l'effet retardateur de la bobine de self-induction sur les courants télégraphiques, Rysselberghe a aussi intercalé entre le plot de travail et le pôle de la batterie une bobine de self-induction ; une telle bobine est représentée en Z_1 sur la figure 8.

Fig. 8.



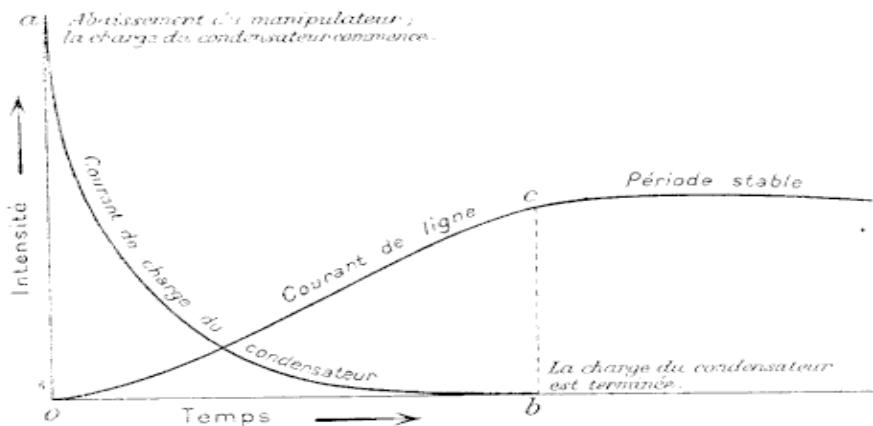
En outre, il ne voulait laisser arriver les courants télégraphiques que peu à peu (¹) aux bobines d'induction et à la ligne. Pour cela, il connectait entre l'axe du manipulateur et la terre un condensateur C_1 . Celui-ci, dès que le manipulateur est abaissé, absorbe tout d'abord le courant de la batterie en entier, en sorte qu'il ne parvient au début aucun courant à la ligne; peu à peu, le condensateur se chargeant, la ligne recevra un courant de plus en plus intense.

La figure 9 montre, à l'aide de courbes, la relation qui existe entre le courant de charge et celui de ligne; il n'a pas été fait état, dans ce dessin, du retard apporté par la bobine Z_1 . Aussitôt qu'on appuie sur la poignée, la charge du condensateur C_1 commence : à ce moment le courant total de la batterie est utilisé pour la charge et rien ne parvient à la ligne. Lorsque l'intensité du courant de charge décroît (courbe ab), le courant passe sur la ligne avec une intensité peu à peu croissante (courbe ac);

(¹) En n'oubliant pas que le phénomène total ne dure que $\frac{1}{100}$ ou $\frac{1}{1000}$ de seconde. Voir les valeurs des abscisses de la figure 7.

la période stable ne commence que lorsque le condensateur est complètement chargé et n'absorbe plus aucun courant. La courbe de courant sera d'autant plus aplatie que la capacité du condensateur sera plus élevée. La

Fig. 9.



décharge du condensateur s'effectue, après relèvement du manipulateur, seulement en partie à travers la ligne : le surplus passe dans les électroaimants de l'appareil Morse.

D'après le montage de la figure 8, les courants télégraphiques reçoivent entre la batterie et la ligne un quadruple retard :

1^o A cause de la self-induction de Z_1 , la charge du condensateur se fait plus lentement;

2^o Le courant télégraphique ne commence à circuler vers la bobine S , et la ligne que lorsque C_1 a commencé à se charger ; le courant croît avec cette charge ;

3^o Le courant, qui, à cause de l'effet de C_1 , ne parvient que peu à peu à la ligne, est généré dans son accroissement par la self-induction de S_1 ; celle-ci ne devait primitivement servir que pour écarter les courants alternatifs du téléphone ;

4^o Le condensateur K , qui tout d'abord devait empêcher les courants du télégraphe de passer à la terre à travers les appareils téléphoniques, agit aussi pour retarder le développement des courants télégraphiques de ligne.

Par un choix approprié de la self-induction et de la capacité, on doit arriver à disposer du quadruple retard de façon que les courants de charge et de décharge de K_1 et de K_2 ne s'accroissent que lentement : sous leur influence, les membranes des téléphones ne seront actionnées que progressivement.

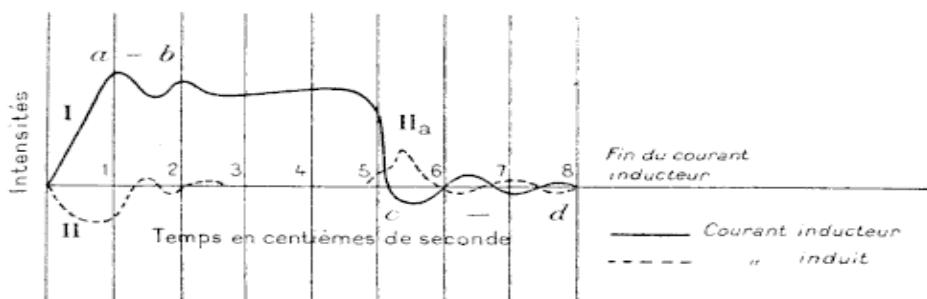
D'après l'expérience, il suffit, en général, d'employer des condensateurs de 0,5 à 2 microfarads et des bobines de self-induction de 2 à 5 henrys.

Ces valeurs sont relativement grandes par rapport à la capacité et à la self-induction des lignes. En effet, une ligne aérienne a une capacité de 0,0065 à 0,01 microfarad par kilomètre (¹); un conducteur unique en fer a une self-induction kilométrique de 0,012 à 0,016 henry et un conducteur en cuivre ou bronze de 0,0025 à 0,0030 henry seulement.

2. Induction sur les conducteurs voisins. — Supposons que le fil unique équipé pour la télégraphie et la téléphonie simultanées se trouve sur les mêmes appuis que plusieurs autres fils télégraphiques : pour compléter le montage de Rysselberghe, il est nécessaire de combattre l'induction des lignes télégraphiques voisines sur la ligne à exploitation simultanée, jusqu'à ce qu'elle ne soit plus nuisible (²). De tels troubles d'induction sont d'autant plus forts et plus défavorables à l'exploitation téléphonique que les courants télégraphiques dans les conducteurs voisins croissent et décroissent plus brusquement (³).

Dans la figure 10, la courbe I montre la marche du courant d'un signal

Fig. 10.



télégraphique. Le premier mouvement ondulatoire *oab* résulte de la fermeture, le second *cd* de l'ouverture du circuit télégraphique. Les deux séries d'oscillations ont un effet d'induction sur les circuits voisins à conducteur unique ; elles induisent des courants dont la forme est représentée

(¹) STRECKER, *Guide d'Électrotechnie*, 7^e édition, n° 1062.

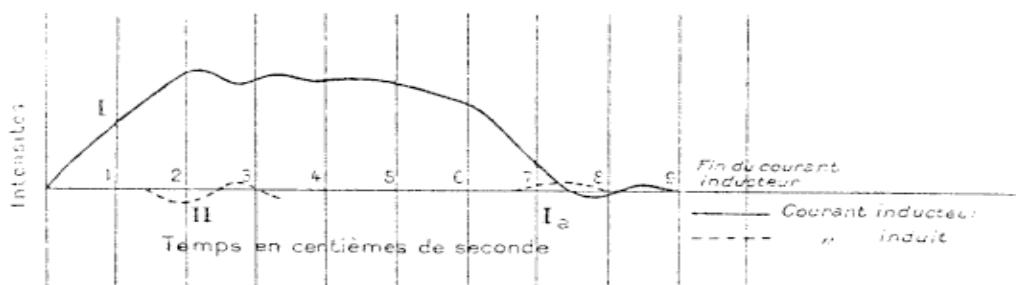
(²) Ces troubles d'induction avaient été observés par Zetzsche en 1877, mais il n'avait pas indiqué de moyen de les combattre. Voir *Journal télégraphique*, t. IV, p. 9. Il n'a pas été possible de donner ici la définition et les lois de l'induction : on n'indiquera de ces phénomènes que ce qui est nécessaire pour expliquer le montage de Rysselberghe.

(³) Le *Calendrier viennois d'Électrotechnique* de l'année 1887 (c'est-à-dire 5 ans après les expériences de Rysselberghe) contient encore cette opinion que l'oreille peut tout aussi bien s'accoutumer aux bruits d'induction qu'au tic-tac d'une pendule. En 1890, O. Saal voulait encore combattre les bruits parasites du télégraphe dans le téléphone par l'emploi dans l'appareil de membranes épaisses (*E. T. Z.*, 1890, p. 327).

en I_1 et I_{1a} en traits pointillés. Ces courants induits passent à travers les condensateurs employés pour l'appropriation d'un fil unique à l'exploitation simultanée (*fig. 6*, K_1 et K_2) et actionnant les récepteurs téléphoniques. Afin que ces récepteurs ne perçoivent pas le bruit correspondant à chaque signal télégraphique émis sur un circuit voisin, les courants induits dans le conducteur doivent être étalés comme les courants télégraphiques propres. Il faut pour cela étaler aussi considérablement les courants télégraphiques des circuits voisins.

Cet étalage des courants télégraphiques et des courants induits dans une ligne destinée à la télégraphie et téléphonie simultanées, voisine d'autres conducteurs, est indiqué par des courbes dans la figure 11 d'une façon analogue à la figure 10. La courbe I_1 montre le courant télégraphique

Fig. 11.

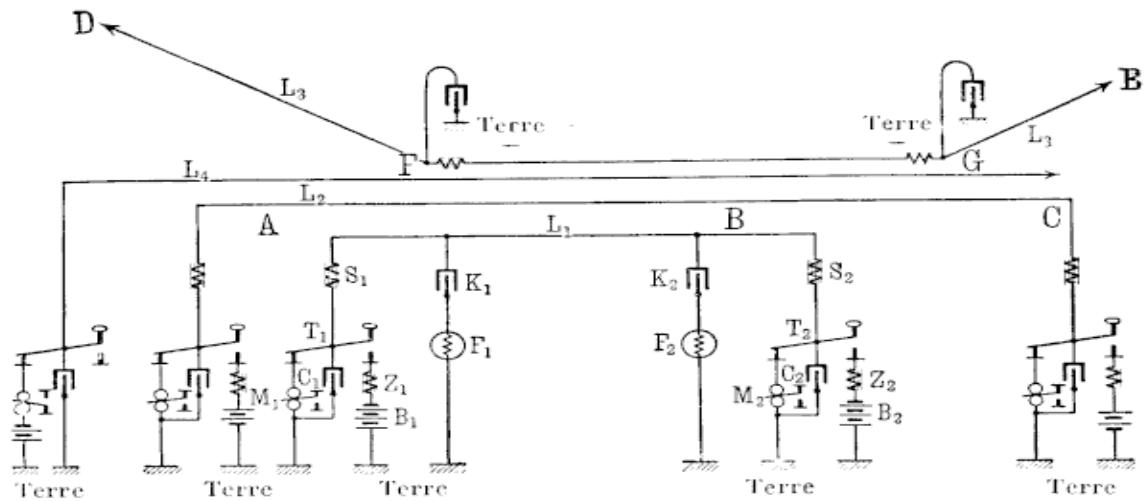


inducteur croissant, puis décroissant lentement; les courbes I_{1a} et I_{1a} représentent les courants induits étalés d'une façon semblable. Pour protéger une ligne à exploitation simultanée à conducteur unique contre les courants induits perturbateurs venant de lignes télégraphiques parallèles, il faut équiper ces dernières lignes avec des condensateurs et des bobines de self de façon à étaler leurs courants télégraphiques individuels. Dans le cas de lignes venant de directions différentes et n'ayant qu'une section commune avec la ligne à protéger, il est nécessaire, si ces appareils n'existent pas aux bureaux télégraphiques terminaux, d'équiper au moins sur le parcours commun les lignes de condensateurs et de bobines d'induction.

L'ensemble d'un tel montage est représenté par la figure 12. L_1 est la ligne télégraphique allant de A à B et destinée à l'exploitation simultanée. Le conducteur L_1 va de A à B parallèlement à L_2 , mais se prolonge jusqu'en C; cette ligne est équipée aux bureaux A et C avec des dispositifs anti-inducteurs. Le conducteur L_3 , joignant les localités D et E, rencontre entre les localités A et C la ligne des conducteurs L_1 et L_2 : en chacun de ces points, F et G, il recevra un condensateur et une bobine d'induction. Tous les conducteurs rencontrant la ligne L_1 sur toute sa longueur ou sur une section plus ou moins grande, recevront un équipement semblable. Seules, les lignes exploitées au Morse avec courant de repos ne sont pas, d'après les principes de Rysselberghe, pourvues de bobines de self; elles auront

seulement des condensateurs (voir fig. 12 : L₄). Étant en général employées pour plus de deux postes télégraphiques, elles ont déjà, du fait des appareils, une self-induction assez élevée; de plus, le courant télégraphique ne prendra jamais une valeur nulle à cause de la dérivation permanente.

Fig. 12.



Par suite, il n'y a pas lieu de craindre une induction importante sur la ligne L₁ à exploitation simultanée.

3. Circuits consécutifs. — Jusqu'à présent, nous avons admis que les conducteurs télégraphiques utilisés pour la téléphonie simultanée, ne comportaient que des installations terminales et que l'exploitation du téléphone se faisait à l'endroit même où se trouvaient ces installations. Pour étendre davantage les montages décrits précédemment, en vue de besoins d'exploitation plus développés, il faut envisager les problèmes suivants :

1° Des localités différentes de celles où se trouvent les installations télégraphiques terminales et non situées sur le parcours de la ligne ont besoin d'être mises en communication téléphonique;

2° Des postes intermédiaires se trouvent sur le circuit télégraphique;

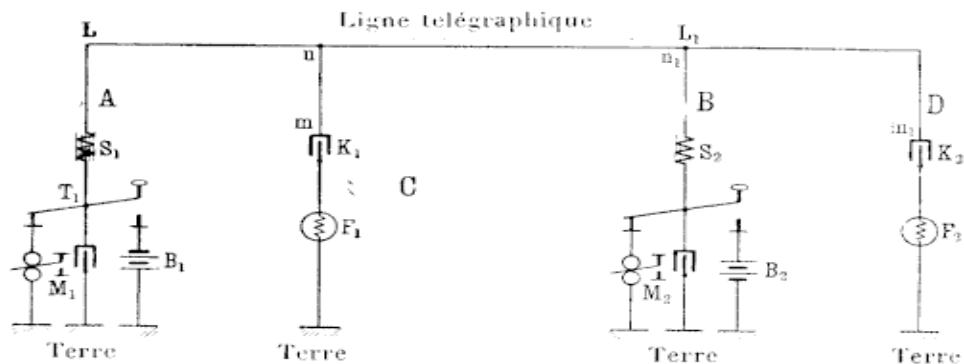
3° Il est nécessaire, au moyen d'un seul conducteur télégraphique ne possédant pas de postes intermédiaires, mais simplement deux installations terminales, de réaliser plusieurs circuits téléphoniques consécutifs;

4° Enfin, la question peut se poser de réunir ensemble plusieurs lignes télégraphiques pour réaliser un seul circuit téléphonique sans changer les installations du télégraphe.

On répond au premier de ces besoins d'exploitation d'une façon simple :

il suffit d'employer non pas les installations terminales de la figure 6, mais le montage de la figure 13, où les appareils téléphoniques peuvent être placés à une distance quelconque des bureaux télégraphiques. LL_1 est le conducteur télégraphique joignant les localités A et B; une installation téléphonique, indiquée par K_1 et F_1 , placée dans la localité C, est reliée

Fig. 13.



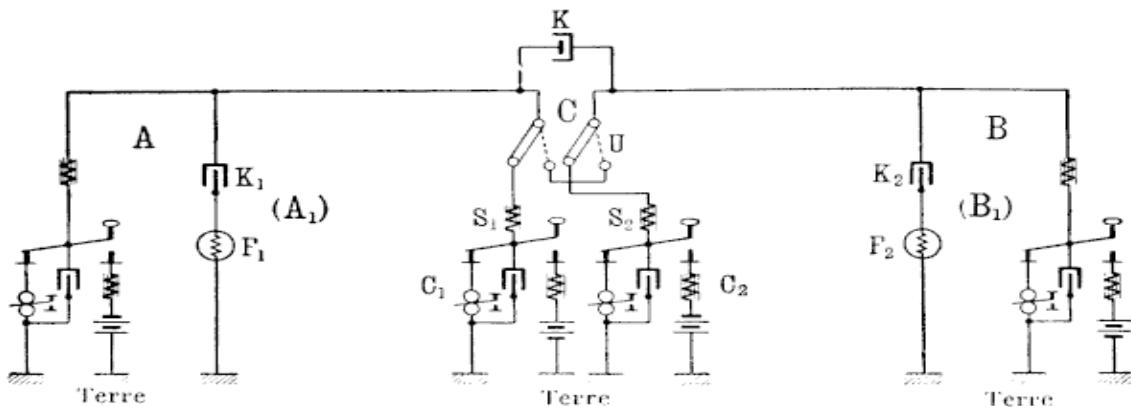
par un conducteur auxiliaire mn en un point n de la ligne; le deuxième poste $K_2 F_2$, situé dans la localité D, est joint par le conducteur auxiliaire $m_1 n_1$ au point n_1 , situé dans la localité B. De cette façon, les localités C et D peuvent communiquer en utilisant la section nn_1 du conducteur LL_1 . Si la section An est grande relativement à la section nn_1 , il sera préférable d'insérer la bobine de self S_1 près de n , dans la portion nA du conducteur télégraphique; de même, on placera le condensateur K_2 en n_1 , quand la section $n_1 m_1$ sera longue relativement au conducteur télégraphique $L_1 L$.

Pour satisfaire au deuxième besoin, l'Administration belge équipe les postes intermédiaires télégraphiques comme l'indique la figure 14 : on place un condensateur K en pont sur les appareils télégraphiques. A et B sont les installations d'extrémité et C le poste intermédiaire; U est un commutateur permettant de diviser la ligne en deux circuits AC_1 et BC_2 ou de réunir ces deux sections de façon à constituer un conducteur continu AB. En réalité, les postes intermédiaires télégraphiques ne peuvent être équipés aussi simplement (¹); mais cette explication schématique suffit ici. S_1 et S_2 sont des bobines de self-induction dont le rôle a été expliqué précédemment. Il existe en somme entre F_1 et F_2 un circuit continu avec retour par la terre : en effet, lorsque le commutateur U se trouve placé à gauche pour établir une relation télégraphique entre A et C_1 d'une part, et entre B et C_2 d'autre part, le courant de conversation passera en C

(¹) Voir la *Description des appareils usuels de l'Administration Impériale allemande* (fig. 81, 82 et 90) ainsi que le supplément de 1900 (fig. 11 et 15).

à travers le condensateur K : si U se trouve à droite de façon à réaliser le circuit ininterrompu AB, le courant de conversation passera par le fil

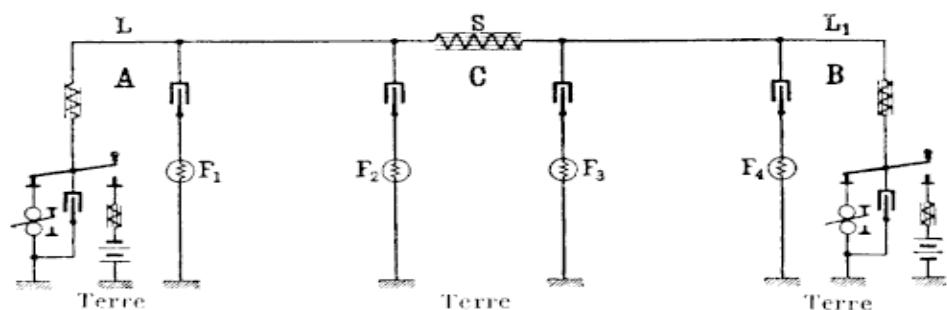
Fig. 14.



de liaison réunissant les deux bornes de U, le condensateur restant comme précédemment en dérivation entre ces deux mêmes bornes. Pour la transmission téléphonique $F_1 F_2$, il est sans importance que, pendant la division de la ligne, il soit échangé des télégrammes sur une seule ou sur les deux sections. De même, il n'est pas nécessaire que les installations téléphoniques soient précisément dans les localités A et B : elles pourront se trouver en des endroits quelconques A_1 et B_1 de part et d'autre du poste intermédiaire G (comparer fig. 13).

La troisième question, c'est-à-dire la réalisation de plusieurs circuits téléphoniques consécutifs sur un seul conducteur télégraphique peut être résolue facilement : il suffit de placer une bobine de self entre les circuits consécutifs. Dans la figure 15, les installations télégraphiques sont réunies par

Fig. 15.



le conducteur LL₁ d'une façon permanente. En insérant une bobine de self S et en disposant les appareils téléphoniques F_1 , F_2 d'un côté et les appareils F_3 , F_4 de l'autre, on réalise deux circuits téléphoniques $F_1 F_2$ et

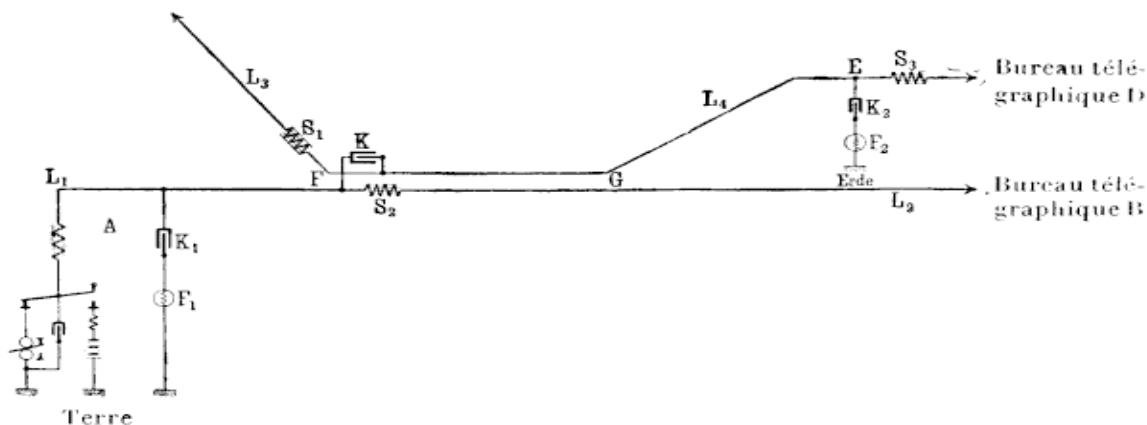
$F_3 F_4$ indépendants, sans que le circuit télégraphique AB soit interrompu. Les appareils F_1 , F_2 , F_3 et F_4 peuvent se trouver en A, G et B ou dans d'autres localités.

La réunion de plusieurs lignes enfin, de façon que les circuits télégraphiques restent indépendants et qu'il soit possible de transmettre une conversation entre les extrémités les plus éloignées, est une question semblable, en principe, à la seconde. Le montage est le même que celui de la figure 14, mais il n'est pas nécessaire de prévoir l'installation du commutateur pour les appareils télégraphiques.

On peut encore aller plus loin dans la juxtaposition des conducteurs télégraphiques pour réaliser un circuit téléphonique. Lorsqu'une ligne télégraphique reste parallèle sur une certaine longueur à une ligne et suit en dehors de cette section une direction différente, on peut réaliser une communication téléphonique entre deux localités qui, en réalité, ne possèdent pas de conducteur direct entre elles. Pour cela, il suffit de placer un condensateur en pont entre les deux lignes : la figure 16 montre la

Fig. 16.

Bureau télégraphique C



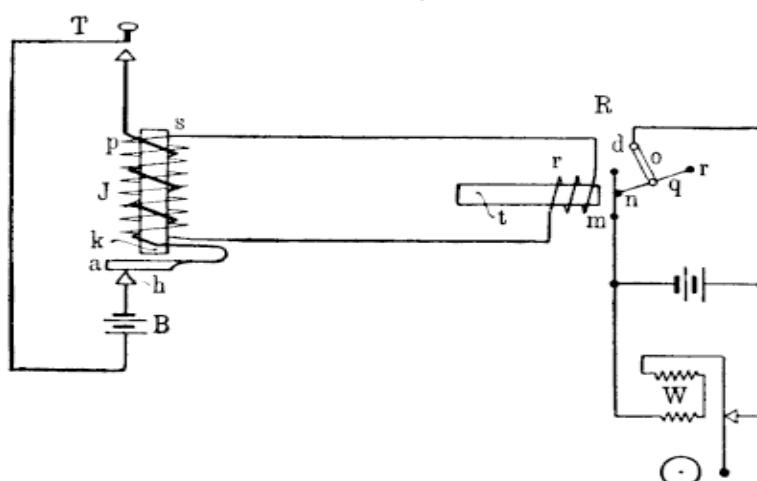
façon d'effectuer cette jonction ; $L_1 L_2$ est le conducteur télégraphique allant de A en B, $L_3 L_4$ celui qui joint C à D ; ces deux conducteurs reposent sur les mêmes appuis entre F et G. On se propose de réunir téléphoniquement la localité A, d'où part la ligne L_1 , à la localité E, où passe non pas la ligne $L_1 L_2$, mais seulement $L_3 L_4$. On placera en F un condensateur K ; de plus, dans les sections de ligne qui ne doivent pas servir à la transmission, on insérera les bobines de self S_1 , S_2 et S_3 . Le condensateur K permet le passage des courants de conversation de la section AF du circuit $L_1 L_2$ à la section FE du circuit $L_3 L_4$; les bobines de self empêchent le passage du courant dans les autres sections.

4. Le relais phonique et les autres installations du bureau. — Il faut aussi

se préoccuper de la façon dont les postes téléphoniques peuvent s'appeler entre eux. L'appel par courant continu est impossible en raison des condensateurs associés à chaque appareil. Rysselberghe préconise une installation d'appel à courant alternatif composé d'une machine magnéto-électrique et d'un récepteur désigné sous le nom de *relais phonique*.

Dans la figure 17, on voit en J l'appel magnétique et en R le relais phonique placés sur un même circuit. L'appel magnétique est un trembleur de Neef avec noyau de fer K, enroulement primaire p (composé de quelques tours de gros fil), enroulement secondaire s (composé de nombreux tours de fil fin) et armature vibrante a pouvant reposer sur le contact de repos h. A ce contact h aboutit le pôle d'une batterie, dont l'autre pôle est joint à une clef T. L'une des extrémités de l'enroulement p est reliée au contact de travail de T et l'autre à l'armature a. Si la clef est abaissée, l'armature a fonctionne comme un interrupteur automatique et les courants vibrés produits dans p engendrent dans l'enroulement secondaire des courants alternatifs de tension élevée qui se dirigent vers le relais phonique R. Celui-ci se compose d'un aimant permanent t, d'une petite bobine b, qui, comme dans le

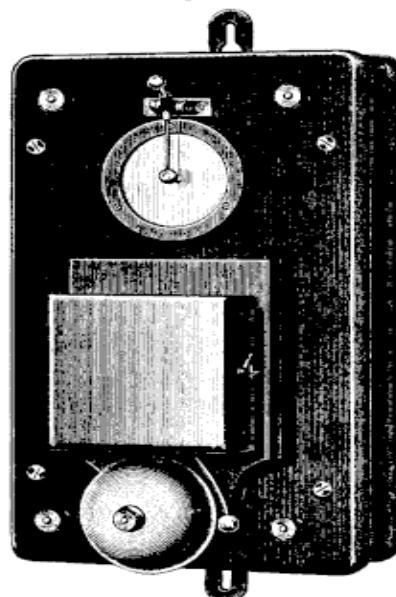
Fig. 17.



récepteur téléphonique, chausse l'un des pôles du barreau aimanté, et d'une membrane circulaire en fer doux m avec dispositif de contact particulier. Au milieu de la membrane se trouve une petite plaque en platine n sur laquelle repose librement la pointe d'un petit crayon d'acier. L'autre extrémité de ce crayon porte une petite masse z, pouvant se déplacer à l'aide d'un pas de vis afin de permettre le réglage de la pression de contact. Ce crayon est porté par un petit bras de levier o, mobile autour du point d. Les deux pôles d'une batterie sont reliés, d'une part, à la membrane m et, d'autre part, au point d; montée en parallèle entre m et d se trouve une sonnerie à courant continu W, qui peut être disposée soit pour l'interrup-

tion automatique du courant, soit pour la mise hors circuit automatique des électro-aimants. Tant que q repose sur n , la batterie est en court circuit et aucun courant ne passe par W . Dès que le contact n'est plus assuré, la batterie se ferme sur la sonnerie W , dont l'armature se met à vibrer et aussitôt que le contact est de nouveau assuré entre n et q , la sonnerie revient au repos. Il n'est pas nécessaire pour la mise en action qu'il y ait réellement rupture du contact, il suffit qu'il se produise simplement un contact imparfait ou plutôt une augmentation déterminée de résistance de contact entre q et n . Celle-ci peut se présenter lors d'une série de vibrations rapides de la membrane m , que le crayon ne peut suivre parfaitement. En principe, le crayon doit être disposé de telle façon que, pendant les vibrations de la membrane, le nombre des cas de contacts imparfaits et le nombre des ruptures réelles soient dans l'ensemble beaucoup plus grand que celui des contacts parfaits ; il se produit alors dans le circuit de sonnerie une intensité moyenne, d'après laquelle le trembleur doit être réglé.

Fig. 18.



L'appel magnétique J sert précisément pour la production des vibrations de la membrane.

L'aspect du relais phonique⁽¹⁾ de Rysselberghe avec sonnerie est

(1) Le terme phonique est une abréviation de téléphonique ; il rappelle qu'une des parties principales du relais dérive du téléphone. Il aurait été plus exact de désigner l'appareil sous le nom de *relais-téléphone* ; mais comme ce terme peut prêter à confusion (appareils destinés à la retransmission des conversations dans le sens des relais télégraphiques) il est préférable de conserver la dénomination de relais phonique.

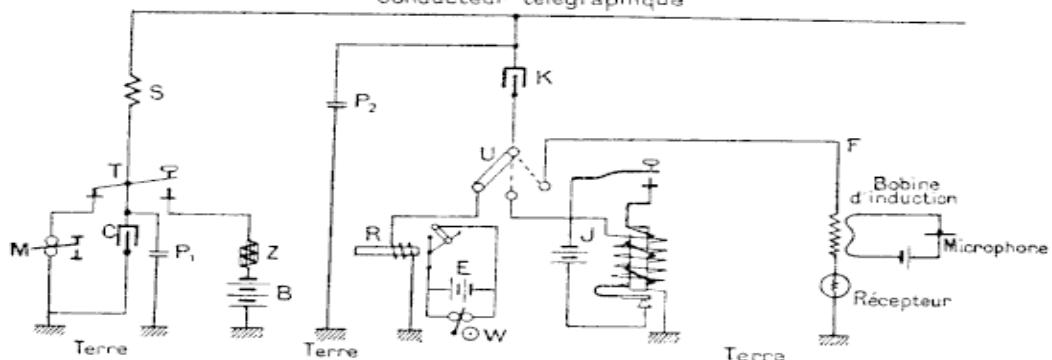
24 PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

indiqué par la figure 18, qui montre parfaitement les dispositifs de contact et la sonnerie. Le bouton, disposé en forme d'écrou, et placé à la partie supérieure du levier, sert pour le réglage du contact ainsi qu'il vient d'être expliqué. Dans l'intérieur de la boîte se trouve un barreau aimanté d'environ 22^{cm} de long et ayant une section rectangulaire d'environ 2^{cm}.5. A sa partie supérieure, il porte une pièce polaire fixée perpendiculairement tout près du centre de la membrane : cette pièce polaire est chaussée d'une petite bobine d'une résistance de 95 ohms. Pour protéger le relais contre les heurts et les vibrations extérieures, il est suspendu et porté par des bandes en caoutchouc. Depuis Rysselberghe, le relais phonique a été beaucoup perfectionné : celui de l'Administration Impériale allemande possède un aimant en fer à cheval.

Un bureau télégraphique et téléphonique équipé d'après la méthode de Rysselberghe sera conforme au schéma de la figure 19. A gauche se trouve

Fig. 19.

Conducteur télégraphique



le télégraphe avec le manipulateur T, l'appareil Morse M, le condensateur C, la batterie B et les bobines de self S et Z dont le rôle a été expliqué précédemment. Dans l'installation téléphonique qui est réunie à la ligne à travers le condensateur K, on remarquera le commutateur U, qui permet de passer de la position de sonnerie à la position d'appel et à la position de conversation. A la borne gauche de ce commutateur est relié le relais phonique R avec batterie E et sonnerie W, à la borne du milieu l'appel magnétique J et à la borne de droite l'appareil téléphonique proprement dit. Dans le schéma de cet appareil téléphonique, on a représenté le circuit microphonique (¹) qui avait jusqu'ici été négligé dans les figures en vue de les simplifier.

Dans la figure 19, on a indiqué également deux paratonnerres P₁ et P₂,

(¹) Rysselberghe avait déjà employé des microphones, lors de ses premiers essais, qui recherchaient le moyen de combattre les bruits d'induction ; il avait même réalisé un microphone à contacts multiples.

qui servent de protection pour les condensateurs C et K. Le paratonnerre imaginé par Rysselberghe, pour cet usage, appartient au genre des paratonnerres à plaques (¹). En principe, il se compose de deux plaques circulaires en laiton poli de 58^{mm} d'épaisseur chacune. Entre ces plaques se trouve une feuille de papier mince découpée suivant la forme d'une roue; les deux plaques sont serrées l'une contre l'autre, autant que l'épaisseur du papier le permet. Par le choix de papiers extrêmement fins, la sensibilité de l'appareil peut être rendue très grande; avec une feuille de papier pelure, le paratonnerre peut fonctionner sous une tension de 220 volts (²). Ce paratonnerre a, comme beaucoup d'autres, certains inconvénients : en particulier, la feuille de papier est hygroscopique et donne assez facilement lieu à des pertes par dérivation. Cet appareil n'a plus maintenant aucun intérêt : on atteint actuellement avec des paratonnerres à charbons ou à vide une sensibilité semblable et il n'est pas nécessaire de s'adresser à l'appareil de Rysselberghe.

3. Circuits téléphoniques bifilaires. — Jusqu'à présent nous avons supposé qu'il n'y avait qu'un seul conducteur télégraphique approprié aux besoins de la télégraphie et de la téléphonie simultanées. Si l'on voulait utiliser pour la téléphonie plusieurs lignes télégraphiques d'une artère, les divers circuits réalisés subiraient les uns de la part des autres des troubles d'induction exactement comme des conducteurs téléphoniques (circuits à simple fil) posés parallèlement sur une certaine longueur et portés par les mêmes appuis. Pour remédier à cette déféctuosité, Rysselberghe a bouclé ensemble deux conducteurs télégraphiques de façon à réaliser un circuit téléphonique ayant un fil d'aller et un fil de retour. La figure 20 montre le montage de Rysselberghe employé pour double fil. Les conducteurs télégraphiques L₁ et L₂ sont, dans le procédé habituellement usité, reliés aux installations télégraphiques T₁ M₁ B₁ et T₂ M₂ B₂ et aux installations accessoires par les bobines de self-induction S₁ et S₂. Pour former avec les deux fils un circuit téléphonique, on se sert d'un transformateur téléphonique U : le secondaire de ce transformateur S₁—S₂ est divisé en deux enroulements égaux reliés d'un côté à l'appel phonique R et de l'autre aux conducteurs télégraphiques à travers les condensateurs K₁ et K₂. Quant à la bobine du relais phonique, le milieu de son enroulement est mis à la terre pour permettre le passage des courants de décharge de K₁ et de K₂. En parallèle avec les condensateurs se trouvent les paratonnerres P₁ et P₂ : ces paratonnerres protègent également le transformateur et le relais phonique. Le commutateur U représente d'une façon simplifiée le dispositif permettant de passer de la position d'appel à la position de conversation. Pour le surplus, l'installation est identique à celle employée

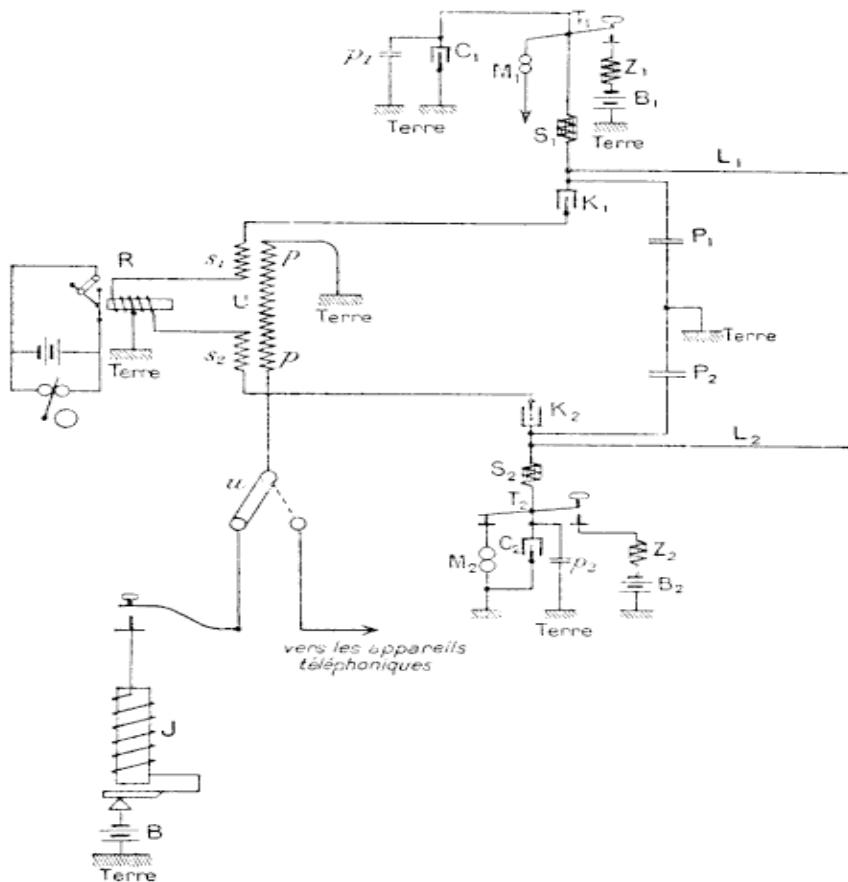
(¹) RYSELBERGHE, *Sur les paratonnerres télégraphiques*, Bruxelles 1886.

(²) Moyenne résultant de mesures faites par l'auteur au Bureau d'essais de Berlin.

26 PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

pour simple fil : cependant, au lieu de l'appel magnétique de la figure 19, il suffit d'un simple vibrateur relié en l'enroulement primaire $p-p$ du transformateur. L'enroulement pp de U, mis d'un côté à la terre, ferme

Fig. 20.



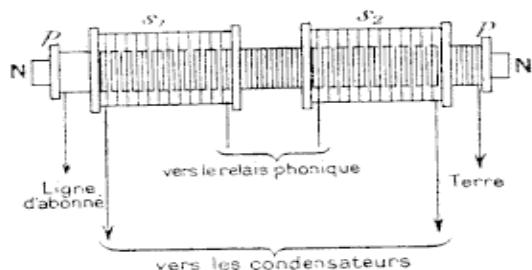
le circuit spécial à conducteur unique où se trouve l'appareil téléphonique.

Le transformateur U de la figure 20 est représenté à la figure 21 tel qu'il a été imaginé par Rysselberghe (¹). N—N est un noyau de fer doux sur lequel est assujettie la bobine primaire pp . L'enroulement secondaire est divisé en deux parties situées sur les bobines s_1 et s_2 , qui peuvent être déplacées sur l'enroulement primaire. Cette propriété des bobines s_1 et s_2 permet de régler la transformation du courant de conversation du circuit à fil unique sur le circuit à double fil ou inversement, dans le cas où les propriétés électriques de ces deux bobines et des conducteurs ne seraient

(¹) D'après la description de Rysselberghe (brevet allemand n° 27272, du 29 mai 1884).

pas identiques. La mobilité des bobines s_1 et s_2 n'a, d'après l'expérience, aucun intérêt pratique : c'est pourquoi par la suite on n'a plus construit que des transformateurs à bobines fixes.

Fig. 24.



En résumé, le montage de Rysselberghe pour double fil est tel que les deux installations télégraphiques restent indépendantes, qu'on télégraphie sur un seul fil ou simultanément sur les deux conducteurs. Les courants téléphoniques se propagent de telle façon qu'un des conducteurs sert de fil d'aller et l'autre de fil de retour. Quand les deux fils télégraphiques ne sont pas trop éloignés l'un de l'autre dans une artère de lignes, les courants téléphoniques engendrent un champ électromagnétique notablement plus faible que dans le cas de propagation sur un conducteur unique : il est ainsi possible d'exploiter téléphoniquement plusieurs lignes d'une artère télégraphique (¹).

On verra plus loin un autre montage dû à Rysselberghe pour circuit à double fil (voir p. 46).

c. — Importance actuelle des montages de Rysselberghe.

Les publications de Rysselberghe sur *un système permettant de télégraphier et de communiquer par téléphone sur un seul et même fil* ont attiré de son temps l'attention de toutes les Administrations télégraphiques, parce qu'on pensait pouvoir éviter dans une certaine mesure la construction de lignes téléphoniques particulières ; dans certains pays même, les installations de Rysselberghe ont poussé à l'introduction du téléphone. L'Administration belge, par exemple, inaugura, peu après les conclusions des essais de Rysselberghe, l'exploitation téléphonique entre les réseaux

(¹) L'Administration hongroise fait usage d'une installation basée sur le principe de Rysselberghe en équipant chacun des deux fils d'un circuit téléphonique avec des appareils télégraphiques. Voir le Rapport officiel du Congrès des techniciens : *Les nouvelles installations des Postes et des Téléphones de Hongrie* (Budapest, 1908, p. 104).

locaux les plus importants du pays (¹). En l'année 1887, il y avait en Belgique environ 7000^{km} de lignes télégraphiques appropriées à l'exploitation simultanée. D'autres administrations ont aussi adopté ce système, quoique souvent à un degré beaucoup moindre que la Belgique : il y avait, par exemple, en France en 1887 plus de 4000^{km} de lignes équipées suivant la méthode de Rysselberghe. De même, l'Administration allemande a effectué pendant un certain temps des essais très complets avec ces montages (²). Comme, à côté de certaines déficiences qui étaient inhérentes aux montages, on avait reconnu de plus en plus qu'il était impossible de se servir du fil unique pour réaliser des communications à quelque distance, les recherches furent faites en vue de la construction d'installations à double fil. Actuellement, le procédé de Rysselberghe n'est plus employé pour le service public qu'en Belgique, où 7000^{km} de lignes télégraphiques intérieures sont encore équipées d'après ce système (³).

Si les espérances qu'on avait fondées au début sur les découvertes de Rysselberghe ne se sont pas visiblement réalisées, cela tient aux trois considérations principales suivantes :

α. Les lignes télégraphiques sont, à quelques exceptions près, de moins en moins nombreuses, constituées en fer : elles ont, par suite, un coefficient de self-induction assez élevé qui affaiblit considérablement les courants téléphoniques : il est impossible de réaliser autrement que sur une section courte une communication téléphonique suffisamment intelligible. Dès qu'on a affaire à des lignes de quelque longueur comme Berlin-Cologne (environ 600^{km}), Berlin-Königsberg (800^{km}), Berlin-Budapest (1000^{km}), il est évident qu'il faut éviter toute cause d'affaiblissement spécial.

Le procédé de Rysselberghe ne paraît donc point fait pour rendre la construction de circuits à longue distance inutile. On peut même se demander s'il est possible de développer le trafic téléphonique de régions étroites, à vie et besoins pour ainsi dire resserrés, à l'aide des procédés de Rysselberghe : il est, en effet, à remarquer que même les plus petites localités peuvent trouver intérêt à pouvoir entrer en communication téléphonique avec des villes importantes très éloignées. C'est ainsi que plusieurs milliers de petites localités communiquent actuellement avec Berlin et,

(¹) La Chambre belge vota les crédits nécessaires à ces installations en 1883 (*Moniteur belge*, 1883).

(²) Sur les lignes Berlin-Halle, Berlin-Breslau, Berlin-Leipzig, Berlin-Stettin, etc., voir *Journal télégraphique*, 1892, p. 53 ; *Archiv für Post und Telegraphie*, 1887, p. 287 et 289.

(³) D'après le *Journal télégraphique* de 1909, p. 139, la Belgique possède environ 19000^{km} de lignes téléphoniques, qui servent particulièrement aux relations intérieures : ce chiffre comprend les 7000^{km} de lignes télégraphiques appropriées par Rysselberghe. En 1902 le rapport était de 13750^{km} contre 6550^{km} (*Journal télégraphique*, 1904, p. 159). On ne fait plus que rarement des montages Rysselberghe à l'époque actuelle.

parmi elles, il y a de nombreux villages de la Westphalie, de l'Allemagne du Sud, de la région rhénane et des provinces ouest de la Prusse (¹).

Le réseau impérial allemand comprend, d'après les statistiques officielles, actuellement une longueur totale de 670 000^{km} pour les lignes téléphoniques et de 500 000^{km} pour les lignes télégraphiques (les lignes à double fil étant comptées pour leur simple longueur). Le nombre des communications téléphoniques dépasse annuellement 200 millions, celui des télégrammes n'atteint pas tout à fait 60 millions. Ces chiffres montrent sans ambages que les découvertes de Rysselberghe n'ont pas un grand intérêt pour le trafic téléphonique ordinaire du réseau de l'Empire. Il en est de même pour tous les grands États.

Dans les colonies par contre, ces montages peuvent rendre de bons services, quand il est impossible, en raison de la dépense, d'établir entre deux localités des conducteurs télégraphiques et des lignes téléphoniques. Il est aussi possible d'utiliser des lignes télégraphiques existantes et peu exploitées entre des postes ou îles côtières et les stations côtières plus importantes. L'emploi des montages les plus simples de Rysselberghe permettra à ces localités de communiquer téléphoniquement entre elles : de courtes sections de câble, malgré l'affaiblissement assez fort que subissent les courants téléphoniques sur des câbles télégraphiques, n'empêcheront pas cette exploitation. Enfin, les pompiers, la police, la télégraphie militaire et les chemins de fer locaux pourront utiliser d'une façon avantageuse les procédés de Rysselberghe (²).

3. Par la double utilisation des conducteurs télégraphiques, l'exploitation téléphonique devient essentiellement dépendante des besoins du télégraphe. Aussi lorsque, entre deux villes, un nombre n de conducteurs télégraphiques est suffisant pour assurer le trafic télégraphique, il peut fort bien arriver que le nombre de circuits téléphoniques correspondant, $\frac{n}{2}$, soit insuffisant pour le téléphone (³). Il serait souvent, et probablement toujours, impossible de faire avec des conducteurs télégraphiques le nombre de circuits téléphoniques nécessaires, même en se servant des montages les plus complets, tels que les représentent la figure 16 pour conducteurs uniques : il faudrait de plus supposer, dans ce cas, que les conducteurs télégraphiques entre les deux localités se trouvent toujours dans l'artère deux à deux parallèles et rapprochés. A cela s'ajoute encore comme difficulté gênante l'affaiblissement élevé que subissent les courants téléph-

(¹) *Archiv für Post und Telegraphie*, 1907, p. 609.

(²) Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1900, p. 237.

(³) Il y a par exemple entre Berlin d'un côté et Hambourg, Leipzig, Brême, etc., de l'autre, depuis de longues années, de deux à quatre fois autant de circuits téléphoniques que de lignes télégraphiques simples aériennes. Les lignes souterraines télégraphiques à grande distance ne peuvent pas entrer en ligne de compte pour constituer des circuits téléphoniques en raison de leur capacité élevée.

niques dans les conducteurs en fer. Il faut aussi compter avec le bruit aigu produit par la décharge des condensateurs et des bobines de self-induction, dès que de fortes dérivations se produisent en un endroit quelconque de ligne. Enfin, il faut constater que tout dérangement de ligne affecte toujours les deux exploitations⁽¹⁾. Toutes ces considérations conduisent à construire un réseau téléphonique spécial à double conducteur.

γ. L'exploitation télégraphique se trouve souffrir de l'étalement assez caractérisé des courants : une bonne exploitation exigerait des courbes montant, puis descendant d'une façon assez raide⁽²⁾. Avec l'appareil Hughes, le synchronisme peut être extrêmement gêné par l'étalement du courant. L'exploitation de Hughes peut en particulier devenir tout à fait défectueuse, lorsque, comme le service téléphonique l'exige, un circuit déterminé est fréquemment mis en relation avec d'autres circuits : dans ce cas, en effet, la capacité et la self-induction du circuit télégraphique varient constamment au détriment du synchronisme. En 1884, déjà, Preece exprimait l'opinion suivante sur le procédé de Rysselberghe⁽³⁾ :

« Quel avantage vraiment peut-il y avoir de communiquer téléphoniquement sur des fils servant au télégraphe, si la transmission des signaux doit en être affectée? En Angleterre, la rapidité est tout, et nous écartons tout changement susceptible de diminuer cette rapidité. Aussi ne peut-il pas être question pour nous de charger les circuits télégraphiques de self-induction et de capacité, car nous générions considérablement l'exploitation du télégraphe. »

Toutefois, il reste acquis que Rysselberghe, à l'opposé de Zetzsche, a connu d'une façon exacte les exigences de l'exploitation simultanée (comparer p. 5) et a résolu d'une façon presque parfaite les problèmes de la téléphonie et de la télégraphie sur un même circuit pour les besoins connus du trafic; il a réalisé des dispositifs encore applicables aujourd'hui pour des besoins simples et qui, tout au moins, présentent les principes d'installations télégraphiques encore employées à l'heure actuelle.

2. — MONTAGES DE PEREGO ET DE TURCHI-BRUNE.

Dans un pont de Wheatstone MNPQ (fig. 22), les résistances S_1 et S_2 forment l'enroulement secondaire, coupé en son milieu, d'un transforma-

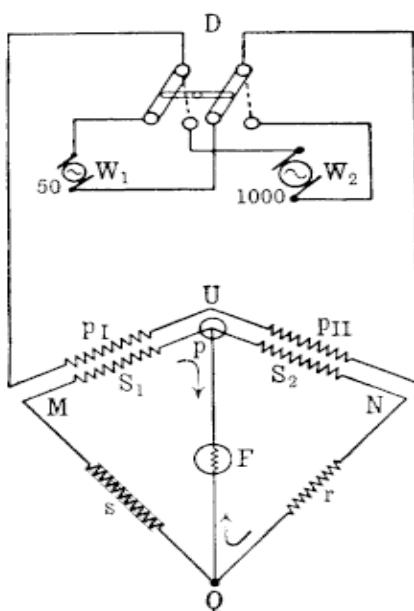
⁽¹⁾ La *Lumière électrique* du 28 novembre 1885 se plaint déjà de dérangements importants survenus sur la ligne Rouen-Le Havre, équipée et exploitée suivant le procédé de Rysselberghe.

⁽²⁾ FRANKE, *Recherches expérimentales sur la propagation du courant dans les lignes télégraphiques* (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1891, p. 163) et *Communications du Bureau des ingénieurs du Reichspostamt*, Livre I, Berlin 1892, p. 50.

⁽³⁾ *Journal télégraphique*, 1884, p. 9 (*traduction libre*). L'*Électricien* du 7 février 1885 dit également, sur le même sujet, que les découvertes de Rysselberghe ne sont susceptibles que d'une application limitée.

teur téléphonique U; l'enroulement primaire se compose de P_1 et de P_2 . Les deux autres bras du pont sont figurés par une résistance sans self r et une bobine de self-induction s . Dans la diagonale PQ se trouve un téléphone F. Les extrémités de P_1 et P_2 aboutissent à un double commutateur à manette D, par lequel on peut connecter l'une ou l'autre des sources de courant W_1 ou W_2 ; celles-ci fournissent un courant alternatif faible de 50 et de 1000 périodes par seconde respectivement; par induction, ce courant passe de P_1 et P_2 sur S_1 et S_2 . Dans S_1 et S_2 les courants ont toujours la même direction; c'est pourquoi ils circuleront dans la diagonale P_1Q , suivant des directions opposées, celles des flèches par exemple. Si l'on

Fig. 222.



s'arrange pour que la résistance apparente de S à 50 périodes soit égale à la résistance r (qui est sans self), il existe un équilibre parfait et les courants alternatifs induits ne sont pas perceptibles dans le téléphone. Si l'on tourne le commutateur D pour connecter la source W_2 à 1000 périodes, la résistance apparente que le courant rencontrera en S sera sensiblement plus forte que précédemment. L'équilibre des deux circuits MPQM et NPON est rompu et la diagonale PFQ reçoit du courant alternatif qui actionne la membrane du téléphone. Plus la différence entre la résistance apparente de s et la résistance sans self r est grande pour une périodicité déterminée, plus le récepteur vibre fort, car plus les courants induits circulant dans la diagonale se trouvent différer.

Si l'on choisit par exemple pour s une bobine ayant 100 ohms de résistance en courant continu et un coefficient de self-induction de 2 henrys,

32 PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

la résistance apparente pour un courant de 50 périodes par seconde est d'environ 600 ohms. Pour que, dans cette hypothèse, le récepteur ne reçoive pas de courant, il faudra que r soit aussi égal à 600 ohms. Si l'on envoie du courant alternatif à 1000 périodes dans la bobine, la résistance apparente deviendra 3500 ohms environ : la résistance r restant la même, le récepteur sera actionné par ce courant. Bien naturellement, avec les valeurs supposées pour s et r , tous les courants alternatifs ayant plus de 50 périodes par seconde actionneront le récepteur : il en sera ainsi, en particulier, pour les courants de conversation, qui vont de 400 à 4000 périodes et qui seront d'autant plus repoussés par s pour passer dans F que leur périodicité sera plus élevée.

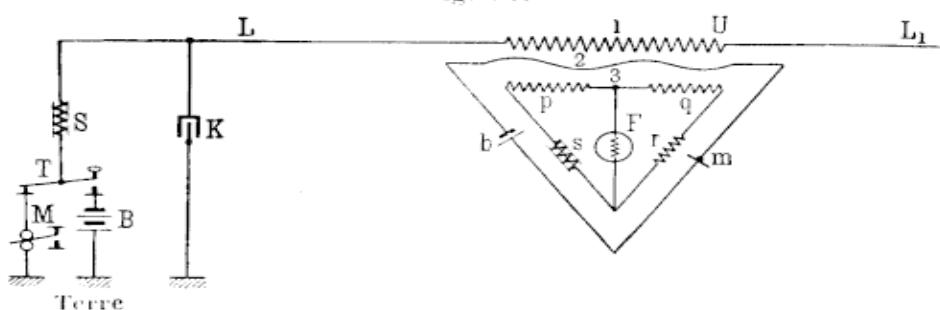
Si deux courants alternatifs sont simultanément induits, l'un à 50 périodes et l'autre à 400 périodes et au delà, le premier n'aura aucun effet et le second seul actionnera la membrane du récepteur. Les courants alternatifs ayant moins de 50 périodes rencontreront en s une résistance inférieure à 600 ohms. Ces courants passeront donc aussi partiellement par la diagonale, mais l'expérience montre que le récepteur n'est pas sensible ou très peu sensible à ces courants (probablement à cause de l'inertie de la membrane). Ce fait est intéressant pour le cas où des courants télégraphiques seraient envoyés à travers les bobines P_1 et P_2 .

Ce dispositif contient donc une différence essentielle avec les principes de Rysselberghe. Les courants superposés ne sont plus analysés dans le courant de transmission original, mais ils sont simplement différenciés par leur action sur le récepteur téléphonique (*voir* la condition c de la p. 5).

C'est d'après ces idées que Perego et Turchi-Bruné ont établi leurs montages pour télégraphie et téléphonie simultanées.

Le montage de Perego est représenté par la figure 23. L'installation télégraphique TMB est branchée sur le conducteur télégraphique LL' ,

Fig. 23.



au moyen d'une bobine de self-induction comme dans le procédé de Rysselberghe. L'installation téléphonique est liée à la ligne par un transformateur à trois enroulements (1, 2 et 3). L'enroulement 1 en particulier est inséré d'une façon fixe sur la ligne. L'enroulement 2 forme avec la pile b

et le microphone m le circuit microphonique. Le troisième enroulement est séparé en son milieu et forme avec la bobine de self-induction s , la résistance r et le récepteur téléphonique un dispositif de pont, comme dans la figure 22. Si r et s sont ajustés de telle façon qu'un courant de 50 périodes par seconde, par exemple (¹), ne soit pas perceptible dans le récepteur, le montage est approprié pour la télégraphie et la téléphonie simultanées. En même temps, on a dégagé le téléphone complètement ou presque complètement des bruits d'induction produits par d'autres fils télégraphiques voisins. On a adjoint à l'ensemble un condensateur K branché entre ligne et terre, qui laisse passer les courants téléphoniques induits sur 1 par l'enroulement 3 : ceux-ci sont engendrés par la parole dans le circuit microphonique mb_2 de la façon ordinaire.

Pour l'appel, Perego se servait de petite machine à courant alternatif dans le genre d'une magnéto et comme récepteur d'un appareil à vibrations ou *cornet électrique* (²). Perego ne paraît pas avoir recherché si l'appel phonique de van Rysselberghe était applicable à son système.

Le montage de Perego a été employé jusqu'à présent sur les lignes de chemins de fer Milan-Varese et Milan-Turin (²). Son principal avantage sur le dispositif de Rysselberghe est que des lignes télégraphiques parallèles n'ont pas besoin d'être anti-inductées. Mais avec le dispositif de Perego, il n'est pas possible non plus d'équiper plus d'une ligne par appui pour l'exploitation simultanée, car les courants téléphoniques passant sur une ligne induiraient les autres lignes et seraient perceptibles dans les appareils téléphoniques de ces dernières.

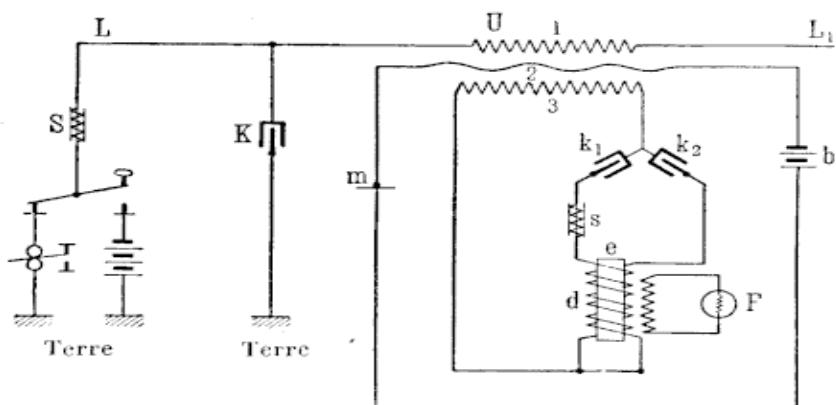
Le dispositif de Turchi-Bruné est indiqué par la figure 24. Il comprend aussi un transformateur à triple enroulement. Le premier est inséré sur la ligne LL₁ et le second dans le circuit microphonique. Le troisième enroulement est disposé comme précédemment dans un pont : il transmet les courants induits par la première bobine à un branchement également en forme de pont : la première branche contient un condensateur k_1 , une bobine de self s ; puis un enroulement d'une bobine différentielle d , l'autre branche un condensateur k_2 seulement et le second enroulement de d . Les deux extrémités libres de la bobine d sont reliées ensemble à l'enroulement 3 du transformateur. Le récepteur F est placé sur un enroulement

(¹) Le réglage peut aussi être fait pour une autre périodicité, qui devra être nettement inférieure à 400. Le chiffre de 50 périodes a été admis parce que les courants induits sur une ligne télégraphique utilisée pour la téléphonie par les courants normaux circulant sur une ligne télégraphique voisine, moyennement chargée, n'atteignent à aucun moment jamais plus de 50 périodes par seconde. Il n'existe pas de données tout à fait fixes sur ce sujet.

(²) La seule description détaillée que l'auteur a pu se procurer sur le procédé de Perego est celle que contient le *Journal télégraphique*, 1907, p. 199, tant sur ce sujet que sur la construction du cornet électrique.

supplémentaire de d . Quand des courants alternatifs sont induits de 1 sur 3, ils développent dans le noyau de fer doux e de d un magnétisme alternatif. Il est possible, pour une périodicité déterminée d'ajuster, les unes par rapport aux autres, la self de la bobine s et les capacités des condensateurs k_1 et k_2 de façon qu'il n'y ait pas de magnétisme libre dans e : naturellement, les deux enroulements de d placés dans des branches différentes doivent avoir des propriétés électriques identiques. Le récepteur

Fig. 24.



ne fonctionnera donc pas sous l'influence de courants alternatifs de cette périodicité particulière.

Il est ici possible, comme dans le montage de Perego, de régler l'équivalence des deux dérivations de façon que les courants alternatifs à 50 périodes n'aient aucune action sur le récepteur et que les courants téléphoniques engendrent en e un champ magnétique alternatif agissant sur le troisième enroulement de d et, par suite, sur le récepteur ⁽¹⁾.

Le circuit microphonique est exactement le même que pour le montage de Perego et l'on emploie également pour l'appel une source à courant alternatif et le cornet électrique. Il y a aussi un condensateur K comme dans le montage précédent. L'installation télégraphique enfin n'a rien de spécial.

Le montage de Turchi et Bruné doit être employé sur la ligne de Padoue à Rovigo. Pour le trafic public, il n'a pas plus d'intérêt que les autres procédés employant un conducteur unique. Une explication mathématique complète du système de Turchi et Bruné a été donnée (voir *Éclairage électrique*, 30 janvier 1904, p. 175) : il sortirait du cadre de notre étude d'en exposer même un abrégé.

⁽¹⁾ Une modification de ce montage due à Carletti sera employée sur la ligne Caserte-Piedimente d'Alife (*Elektrotechnischer Anzeiger*, 1908, n° 98).

B. — LA TÉLÉGRAPHIE SUR CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES A DOUBLE FIL.

a. — Principes physiques.

Dans un pont de Wheatstone ABPQ dont les côtés sont composés de résistances identiques et sans self-induction (fig. 25), la diagonale PQ, dans laquelle se trouve un galvanomètre, ne reçoit aucun courant d'une batterie E placée avec une clef dans la diagonale AB. Le courant qui passe de A à B par P est égal à celui qui passe par Q. Si l'on ouvre le quadrilatère aux points P et Q pour y insérer deux résistances identiques r , on obtient

Fig. 25.

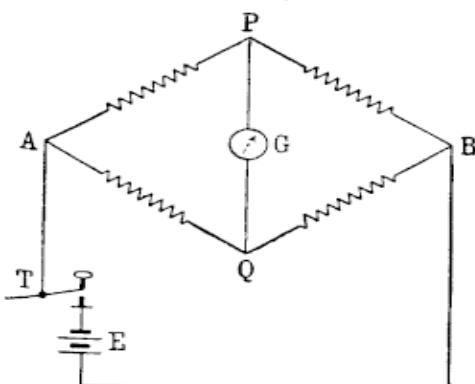
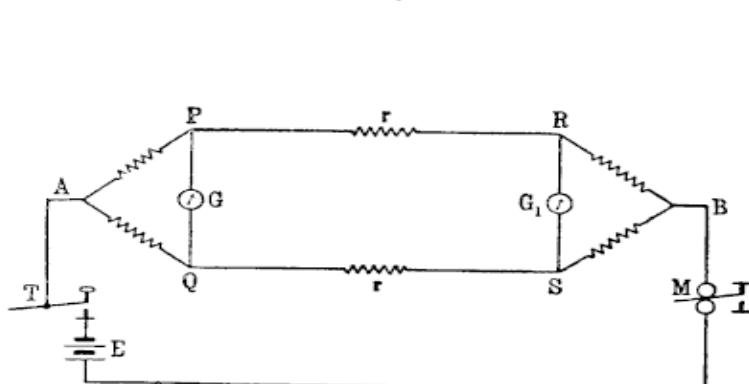


Fig. 26.



la figure 26 : il existe alors deux dérivations PQ et RS, dans lesquelles un galvanomètre G ou G_1 ne dénote aucun courant quand la clef de la pile est abaissée. Ceci tient à ce que la différence de potentiel entre A et P est égale à celle entre A et Q et que, de même, les différences entre P et R, R et B sont identiques à celles entre Q et S, et entre S et B : ceci revient à dire que P est au potentiel de Q, et R au potentiel de S et que, par suite, il ne peut passer aucun courant ni dans le pont PQ, ni dans le pont RS. Le courant passant de A en B par P et R est égal à celui qui va de A en B à travers Q et S. Un appareil Morse M pourra donc recevoir des signaux émis par le manipulateur T sans que les galvanomètres G et G_1 soient influencés.

Si l'on remplace, comme l'indique la figure 27, le galvanomètre G par une source de courant W livrant un courant alternatif faible à 1000 périodes par secondes et le galvanomètre G_1 par un récepteur téléphonique F

(¹) Un essai fait avec ce montage, dans lequel on ne pouvait réaliser une bobine α avec deux enroulements absolument identiques, a montré que le récepteur F n'est actionné que d'une façon très faible par des courants alternatifs de moins de 50 périodes par seconde et par des courants continus.

et qu'on branche en A et B deux installations télégraphiques complètes $T_1 M_1 E_1$ et $T_2 M_2 E_2$, la marche du courant continu n'est pas modifiée. On peut échanger entre les appareils Morse des télégrammes sans que le récepteur F soit le moins du monde influencé.

Quant au courant alternatif, deux chemins lui sont ouverts :

- 1° De W par P, A et Q à W;
- 2° De W par P_1 et R_1 , $F_1 S$ ou $R_1 B_1 S$, puis Q à W.

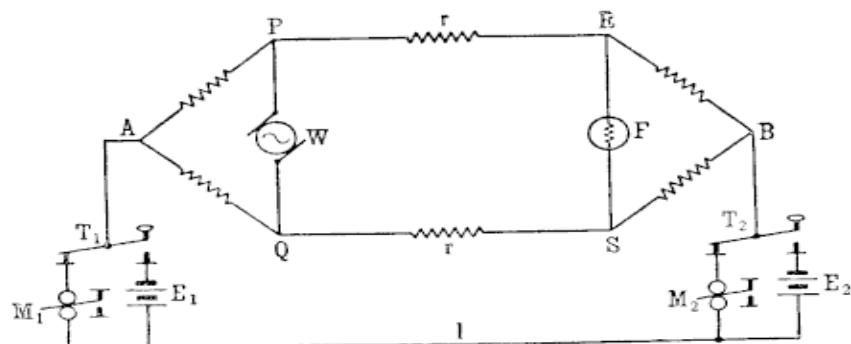
Le récepteur F sera actionné. Dans le circuit du courant continu de A à B par $T_1 M_1$ (ou E_1), I , M_2 (ou E_2), T_2 les courants alternatifs ne peuvent pénétrer.

Lorsque des courants continus et des courants alternatifs sont émis simultanément, il existe dans les parcours communs APRB et AQSB des courants superposés (voir fig. 27).

Dans la diagonale PQ qui contient la source alternative et la diagonale RS avec récepteur, il ne circule que des courants alternatifs; dans le circuit BIA il y aura seulement des courants continus, qu'on émette de T_1 vers M_2 ou de T_2 vers M_1 .

Supposons que les résistances des bras du pont AP, AQ, BR et BS de la figure 27 soient variables, mais aient à chaque instant des valeurs égales

Fig. 27.



et que les autres parties du montage aient des résistances parfaitement fixes; dans ce cas, la source W, constante par hypothèse, émettra des courants d'une intensité maximum lorsque les résistances supposées variables en même temps deviennent très grandes, c'est-à-dire lorsque les branches PAQ et RBS seront simultanément mises hors du circuit alternatif. Dans la même acception, les courants continus provenant des batteries E_1 et E_2 , supposées aussi constantes, possèdent leur valeur maximum lorsque chacune des quatre résistances devient très petite, c'est-à-dire lorsque entre les clefs et les points P et Q d'un côté, et les points R et S de l'autre, il n'y a que des fils de connexion sans résistance.

C'est dans ce conflit que réside une des difficultés principales du pro-

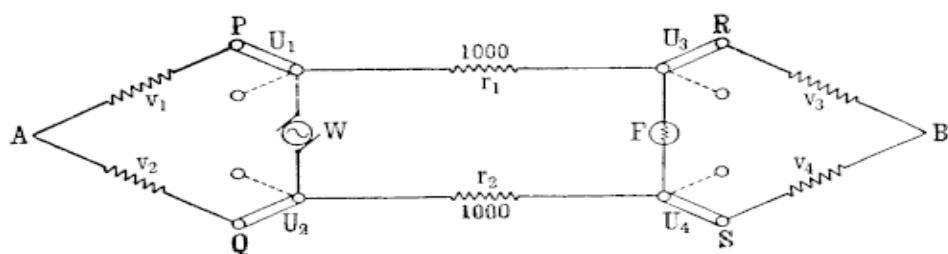
blème de la télégraphie et téléphonie simultanées sur circuit à double fil.

Si, dans la figure 27, on remplace la source alternative W par un appareil téléphonique et qu'on adjoint au récepteur F un transmetteur, les deux postes pourront communiquer entre eux d'une façon parfaite, lorsque les deux dérivations du circuit téléphonique n'occasionneront pas des pertes d'énergie trop importantes; pour la télégraphie, au contraire, la résistance des bras du pont doit être faible pour ne pas exiger une batterie d'un voltage trop élevé.

La question se pose alors de savoir quelle résistance il faut donner aux bras du pont pour concilier autant que possible les deux exigences contraires.

C'est l'expérimentation qui répondra à cette question. Dans la figure 28,

Fig. 28.



r_1 , r_2 , v_3 , v_4 sont des résistances variables; v_1 et v_2 des résistances fixes de 1000 ohms; U_1 , U_2 , U_3 , U_4 des commutateurs à manettes, au moyen desquels les dérivations PAQ et RBS peuvent être simultanément rattachées ou détachées du circuit à courant alternatif $W \leftrightarrow_1 F \leftrightarrow_2 W$. On constata que l'intensité du son dans les récepteurs de F ne variait que d'une façon insensible par l'insertion ou la connexion des dérivations lorsque les résistances v étaient de 8000 ohms chacune; avec 16 000 ohms, il était encore difficile pour une oreille exercée de reconnaître une différence. On peut donc admettre que, même sur des lignes téléphoniques très longues (¹), il n'y a affaiblissement sensible de la transmission que lorsque les sommes $v_1 + v_2$ et $v_3 + v_4$ atteignent chacune 30 000 ohms. Si l'on prend, dans cette hypothèse, pour les deux bras du pont de la figure 27 des résistances de 15 000 ohms chacune, les batteries B_1 et B_2 devraient atteindre un voltage assez élevé : pour un courant télégraphique de 15 milliampères par exemple,

(¹) Chacun des conducteurs d'un circuit en fil de bronze atteint 1000 ohms de résistance pour les spécifications suivantes évaluées en chiffres ronds :

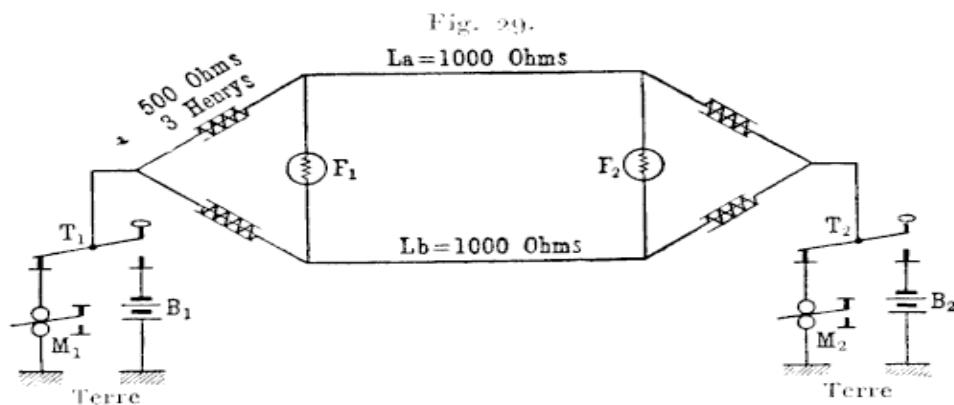
Longueur	1000 km	et	Diamètre	mm
»	600	et	»	1
»	400	et	»	3

la batterie devrait avoir un voltage de

$$\left(2 \times \frac{15000}{2} + \frac{1000}{2} + 1000 \right) 0,015 = 250 \text{ volts environ.}$$

On suppose, dans cette évaluation, que la résistance de l'appareil récepteur est de 1000 ohms (dernier chiffre de la parenthèse).

On peut ainsi réussir d'une façon satisfaisante avec des voltages moins élevés en constituant, d'après une donnée de Rysselberghe, les quatre bras du pont par des bobines de self-induction identiques ayant une résistance continue de 500 ohms (*fig. 29*). Les courants de conversation trouvent dans



ces bobines une résistance apparente élevée et les courants télégraphiques ne rencontrent, en régime permanent, dans l'ensemble des bras, qu'une résistance de

$$2 \times \frac{500}{2} = 500 \text{ ohms.}$$

Il suffit alors pour les installations Morse $T_1 M_1 B_1$ et $T_2 M_2 B_2$ d'un voltage de :

$$\left(2 \times \frac{500}{2} + \frac{1000}{2} + 1000 \right) 0,015 = 30 \text{ volts.}$$

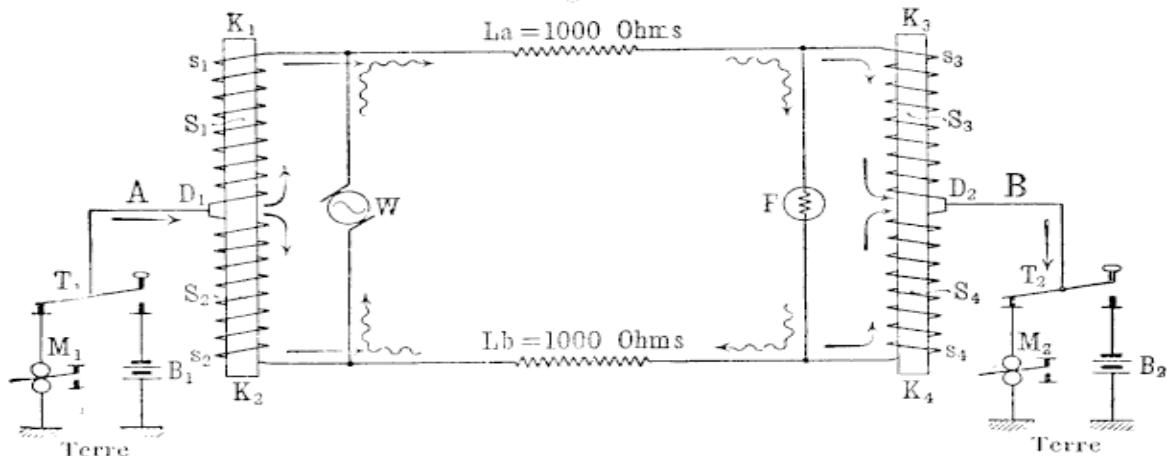
Avec un tel dispositif, il existe un inconvénient propre aux installations de Rysselberghe; les courants télégraphiques subissent, du fait de la self élevée du circuit, un certain retard et quelques incertitudes dans leur transmission.

La difficulté a été tournée simultanément par Picard à Paris et par le Bureau d'essais de Berlin par la fixation sur un même noyau de fer doux des deux bobines d'un même côté.

La figure 30 montre schématiquement l'installation effectuée d'après ce principe pour courants continu et alternatif. Sur un noyau de fer doux $K_1 K_2$ se trouvent deux bobines absolument identiques, S_1 et S_2 , et placées l'une à côté de l'autre, de sorte que, vus d'une extrémité, les enrou-

lements soient dirigés dans le même sens, et vus du point commun D_1 vers les extrémités, ils paraissent dirigés en des sens contraires. Les deux extrémités S_1 et S_2 sont connectées respectivement aux branches L_a , L_b du circuit, qui sont ici représentées par des résistances de 1000 ohms.

Fig. 3o.



Les deux extrémités intérieures sont jointes ensemble en D_1 et réunies à l'axe du manipulateur. La bobine double S_3S_4 est montée d'une façon identique. La disposition peut aussi s'expliquer en considérant sur le noyau K_1K_2 (ou K_3K_4) un seul enroulement (s_1 , s_2 , ou s_3 , s_4) dont le milieu D_1 (ou D_2) serait réuni à l'axe du manipulateur, de telle façon que la bobine soit divisée en deux autres S_1 et S_2 (ou S_3 et S_4). Si l'on envoie dans un dispositif semblable le courant continu de la batterie B_1 à l'aide de T_1 , celui-ci se divise en D_1 en deux fractions qui se réunissent de nouveau en D_2 . Les noyaux de fer K_1K_2 et K_3K_4 sont enveloppés dans chacune de leurs moitiés par des courants allant de sens contraire, soit de D_1 vers s_1 et s_2 ou de s_3 et s_4 vers D_2 ; le magnétisme des deux moitiés est donc égal, mais de sens contraire et il n'existe par suite dans les noyaux aucun magnétisme libre. Par suite aussi, la self-induction qu'opposent ces bobines aux courants télégraphiques est minimale. Ces derniers ne seront donc pas étalés d'une façon sensible et les bobines introduiront seulement dans le circuit télégraphique une augmentation de résistance.

Si l'on dérive entre les conducteurs, en A, une source de courant alternatif faible à 1000 périodes et en B un récepteur téléphonique, les bobines S_1 et S_2 (ou S_3 et S_4) se présenteront en série au passage du courant : le courant alternatif rencontrera une self-induction élevée dans ces bobines et passera de préférence à travers le circuit WL_aFL_bW ; des dérivations extrêmement faibles circuleront dans les bobines. Dans la figure 3o, le chemin du courant continu est représenté par des flèches en traits continus et le chemin principal des courants alternatifs par des traits ondulés.

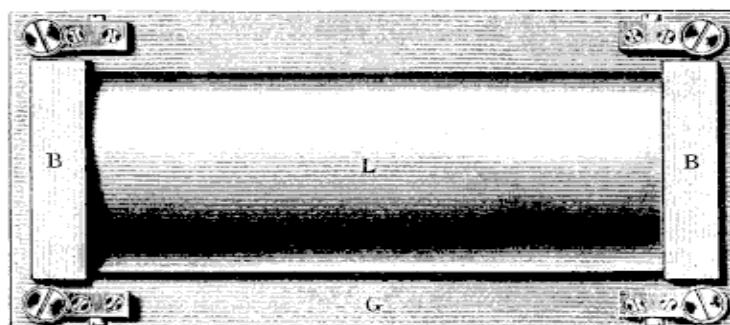
Il est possible de régler la résistance apparente des bobines pour la périodicité des courants téléphoniques par le choix du fer, de façon à obtenir une valeur correspondant aux besoins pratiques, sans que la résistance en courant continu atteigne une valeur préjudiciable au service télégraphique. Le problème de la télégraphie et de la téléphonie simultanées est donc résolu par de simples considérations physiques sur la synthèse et l'analyse du courant de transmission (*voir p. 5*).

La principale différence de cette solution avec celle de Rysselberghe est que, dans les installations de Rysselberghe, il faut faire à l'exploitation télégraphique pour réduire les troubles causés à l'audition par les courants télégraphiques, tandis que par la méthode du pont de la figure 30, les courants télégraphiques n'ont aucune action défavorable sur le téléphone et que la marche de ces courants n'est nullement gênée.

b. — Dispositions techniques.

1. La bobine de séparation allemande. — La bobine de séparation, établie d'après les données du Bureau d'essais télégraphiques de Berlin, et répandue dans les services de l'Administration Impériale allemande, est représentée dans son ensemble par la figure 31 ; la figure 32 en donne la disposition intérieure. Cette bobine n'a pas seulement un noyau de fer doux K,

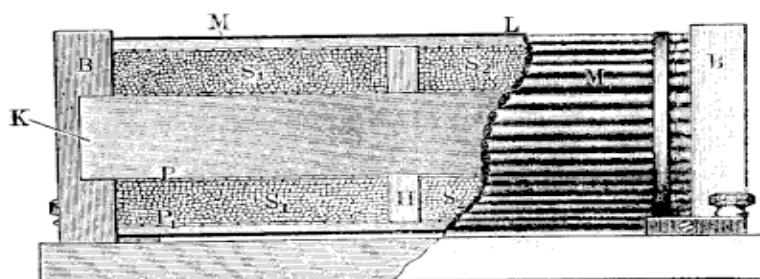
Fig. 31.



mais aussi une enveloppe en fer M (fig. 32). Afin d'avoir une hystérisis et des courants de Foucault aussi faibles que possible, le noyau et l'enveloppe sont composés de fils de fer doux de 0^{mm}.9 d'épaisseur ; ces différents fils sont laqués de façon à les isoler magnétiquement. Le noyau K se compose d'un faisceau de fils d'environ 18^{mm} de longueur et de 2^{mm}.5 d'épaisseur avec une section circulaire ; l'enveloppe se compose de 35 à 38 minces faisceaux ayant 16^{mm} de longueur et 5^{mm} d'épaisseur ; ils sont disposés parallèlement au grand axe de la bobine sur les enroulements S₁ et S₂ et soigneusement serrés les uns contre les autres.

Aux deux têtes de la bobine ne se trouve aucune liaison métallique entre le noyau et l'enveloppe ; la bobine a donc un circuit magnétique ouvert. Les deux enroulements S_1 et S_2 ne reposent pas directement sur le noyau de fer, mais sur un tube P constitué par une bande étroite et peu épaisse de papier paraffiné enroulée autour du noyau : ils sont disposés l'un à côté de l'autre de façon à avoir une position entièrement symétrique par rapport à la masse de fer commune ; un noyau en bois H les sépare l'un de l'autre. Chaque bobine est en plus entourée d'une bande de papier mince P_1 , et l'enveloppe en fil de fer M repose sur l'ensemble. Une seconde couverture L , en cuir vernis, protège l'enveloppe en fil de fer. La bobine a un diamètre extérieur d'environ 7 cm. L'ensemble est maintenu entre deux plateaux en bois dans lesquels le noyau pénètre de 1 cm environ, et supporté par une base G sur laquelle sont assujetties les bornes d'extrémité des quatre enroulements. Les bornes portent des désignations permettant de reconnaître l'entrée et la sortie de chaque enroulement.

Fig. 32.



Chaque enroulement a environ 15 000 spires de fil de cuivre de 0,001 mm², d'épaisseur, isolé par une double guipure de soie. Au moment du réglage, on fait spécialement attention que les deux enroulements aient des résistances aussi égales que possible : s'il existe encore une petite différence après l'achèvement, on la comble très exactement en insérant entre la bobine de plus faible résistance et sa borne de sortie une petite bobine de fil. Mais le plus généralement, les résistances des deux enroulements sont parfaitement égales ou bien la différence est si minime qu'elle ne peut intervenir pour gêner l'exploitation ; aussi est-on rarement amené en pratique à faire la correction signalée plus haut : les bobines qui présentent quelques différences dans les résistances sont simplement refusées à la réception.

La résistance en courant continu de chaque enroulement est comprise entre 1100 et 1160 ohms. Il ne faut pas entendre ceci en pensant que toutes les bobines ont exactement la même résistance ohmique, mais seulement que, pour une bobine donnée, les deux enroulements doivent être identiques dans l'intervalle de ces valeurs. En effet, pour la répartition et la

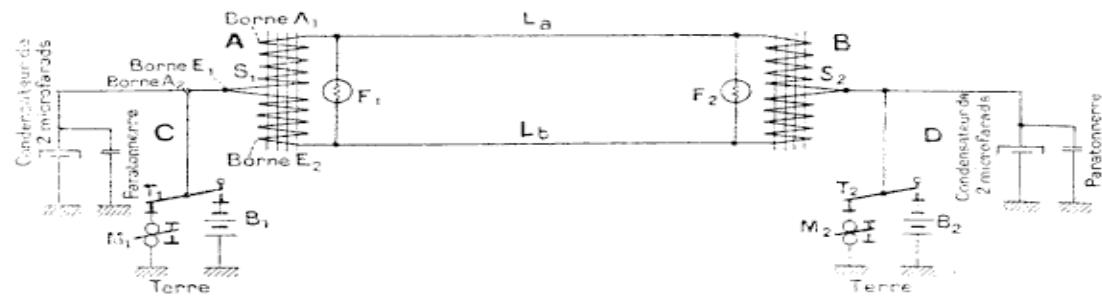
réunion ultérieure des courants télégraphiques (*fig. 3o*), il est seulement nécessaire que les deux circuits de chaque bobine soient identiques.

Le coefficient de self-induction d'une bobine pris entre les deux extrémités libres (dans la *fig. 3o*, entre s_1 et s_2 , ou s_3 et s_4) est assez élevé en raison du grand nombre de spires et de la masse de fer importante : il est d'environ 50 henrys, de telle façon que la résistance apparente, qui s'oppose aux courants téléphoniques dans la bobine, est extrêmement grande : pour 800 périodes, elle est d'environ 250 000 ohms.

2. Les montages les plus simples pour télégraphie sur lignes téléphoniques. — Le montage de principe expliqué dans la figure 3o pour télégraphie et téléphonie simultanées est appliqué dans la figure 33 à l'exploitation par appareils Morse, et dans la figure 34 à l'exploitation par appareils Hughes.

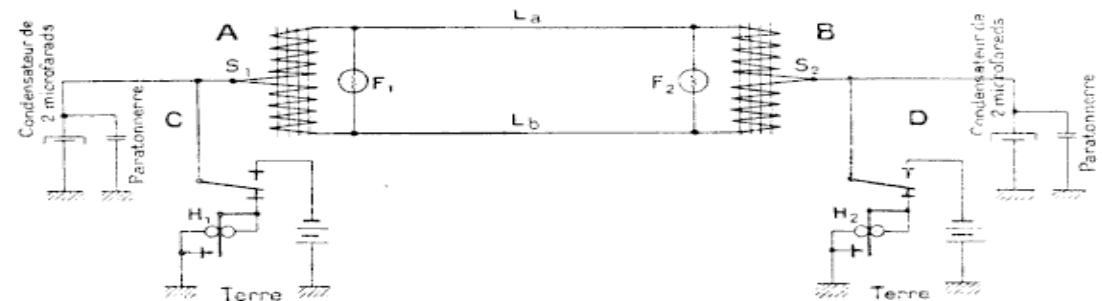
Les conducteurs téléphoniques L_a , L_b sont bouclés en A et B par les

Fig. 33.



bobines séparatrices S_1 et S_2 . Les appareils téléphoniques F_1 et F_2 sont branchés comme d'habitude entre les deux lignes; grâce à la self-induction élevée présentée par les deux bobines S_1 et S_2 aux courants téléphoniques, il est possible de communiquer entre les localités A et B exactement comme

Fig. 34.



si aucune installation n'existe en S_1 et S_2 . Les appareils télégraphiques sont disposés aux localités C et D.

En parallèle avec l'appareil télégraphique, on connecte en plus un condensateur de 2 microfarads et une paratonnerre.

sateur de 2 microfarads et un paratonnerre. Le condensateur sert, comme nous l'avons exposé à propos du montage de Rysselberghe, à étaler les courants télégraphiques, de façon que les lignes voisines n'aient pas à souffrir des courants d'induction produits par le télégraphe. Comme paratonnerres, l'Administration Impériale allemande emploie principalement des paratonnerres à charbon ou à vide. Dans les installations ultérieures, qui seront décrites pour la télégraphie et la téléphonie simultanées, nous ne parlerons et n'indiquerons sur les figures, dans un but de simplification, qu'exceptionnellement la disposition des condensateurs et paratonnerres.

Comme l'expérience l'a montré, on a très rarement besoin d'un étalement des courbes supérieur à celui qui est donné par des condensateurs de 2 microfarads et par des bobines d'induction de 2 à 3 henrys. Dans la pratique, on peut très souvent renoncer à l'emploi de condensateurs et de bobines de self. Une des principales raisons pour lesquelles on peut se passer de ces organes accessoires est que le voltage des batteries télégraphiques est relativement peu élevé (*voir* plus bas § 3); d'autres raisons seront données ultérieurement.

Si l'on emploie des condensateurs et des bobines de self d'une grandeur allant jusqu'aux valeurs indiquées ci-dessus, l'étalement des courants télégraphiques est loin d'être aussi fort que dans le montage de Rysselberghe à conducteur unique : il n'en résulte jamais aucune difficulté de synchronisme pour les appareils Hughes. Le jugement sévère de Preece sur les découvertes de Rysselberghe ne s'adresse donc pas aux montages à deux conducteurs.

3. Voltage des batteries télégraphiques. — Il est nécessaire de déterminer maintenant le voltage à donner aux batteries pour l'exploitation soit du Morse, soit du Hughes, dans le cas du double conducteur. Comme point de comparaison, nous indiquerons aussi le voltage des batteries dans le cas du conducteur unique. Dans les calculs suivants, la résistance du fil télégraphique unique ou du fil téléphonique simple sera désignée par L ; la résistance du récepteur Morse avec les organes accessoires est d'environ 800 ohms et celle du Hughes 1200 ohms; pour actionner l'appareil Morse, il est nécessaire d'avoir une intensité de 10 milliampères, et pour le Hughes de 15 milliampères. De plus, nous supposerons que l'appareil Hughes est à déclenchement mécanique et que les conducteurs de liaison de l'appareil télégraphique avec la bobine n'ont pas de résistance appréciable. Dans ces conditions, on peut calculer, comme suit, les voltages.

Pour une exploitation à fil simple :

$$\text{Appareil Morse} \dots \dots \dots V = (L + 800)0,01 = (0,01 L + 8) \text{ volts}$$

$$\text{Appareil Hughes} \dots \dots \dots V = (L + 1200)0,015 = (0,015 L + 18) \text{ volts}$$

44 PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

Pour une exploitation à double fil :

$$\begin{aligned} \text{Appareil Morse} \dots \dots \dots & V = \left(\frac{1160 + L + 1160}{2} + 800 \right) 0,01 \\ & = (0,005 L + 19,6) \text{ volts} \\ & \approx (0,005 L + 20) \text{ volts approximativement} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Appareil Hughes} \dots \dots \dots & V = \left(\frac{1160 + L + 1160}{2} + 1200 \right) 0,015 \\ & = 0,0075 L + 35,4 \\ & \approx (0,008 L + 36) \text{ volts approximativement} \end{aligned}$$

Le Tableau ci-joint donne un aperçu général du voltage nécessaire pour une exploitation avec l'appareil Morse ou l'appareil Hughes, d'après des longueurs de lignes de 50 à 1000 km; les colonnes 2, 3 et 4 sont relatives à la télégraphie par conducteur simple, les colonnes 5, 6 et 7 à la télégraphie sur installation à deux conducteurs. Dans les colonnes 2 et 5, sont indiqués, suivant la longueur des lignes envisagées à la colonne 1, les diamètres convenables pour les deux sortes de conducteurs employés par l'Administration allemande. Dans les colonnes 3 et 6 figurent les résistances normales kilométriques des fils simples et dans les colonnes 4 et 7 les résistances totales de chaque conducteur.

Avec les installations à simple fil, le potentiel de la batterie est directement et sans perte sur la ligne, si, comme il est permis de le faire, on néglige les chutes de potentiel dans les galvanomètres, organes de sécurité de la batterie et fils de connexion. Dans la télégraphie sur conducteurs téléphoniques, il faut compter une perte de voltage dans les bobines, soit : $1160 \times 0,01$ ou 6 volts environ pour le Morse, et $1160 \times 0,015$ ou 9 volts environ pour le Hughes. Les voltages réels obtenus en déduisant ces valeurs du voltage total sont indiqués dans les colonnes 10 et 13.

Dans l'ensemble, le Tableau montre que les voltages dans le cas des conducteurs téléphoniques, sont presque toujours plus faibles que pour une ligne télégraphique simple d'égale longueur. Il convient de remarquer aussi que, lorsque la batterie ne comporte pas de prises de courant à 30, 50, 70 ou 90 volts, c'est aux prises supérieures 40, 60, 80 et 100 volts qu'il faut s'adresser.

4. Exploitation télégraphique double sur conducteurs téléphoniques. — Jusqu'à présent, nous avons employé pour la télégraphie sur conducteurs téléphoniques uniquement le montage simple, ne comportant à un instant donné qu'un appareil de transmission et un appareil de réception sur la ligne. Il est absolument indifférent à la transmission téléphonique qu'au lieu de l'installation simple de l'appareil Morse ou Hughes des figures 33 et 34, on emploie une installation double, comme l'indique la figure 35 pour l'appareil Hughes : à chaque extrémité d'une ligne appropriée sont donc

TÉLÉGRAPHIE SUR CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES À DOUBLE FIL.

Tableau comparatif des voltages de batteries nécessaires pour la télégraphic sur conducteurs télégraphiques simples en fer et conducteurs téléphoniques doubles en bronze.

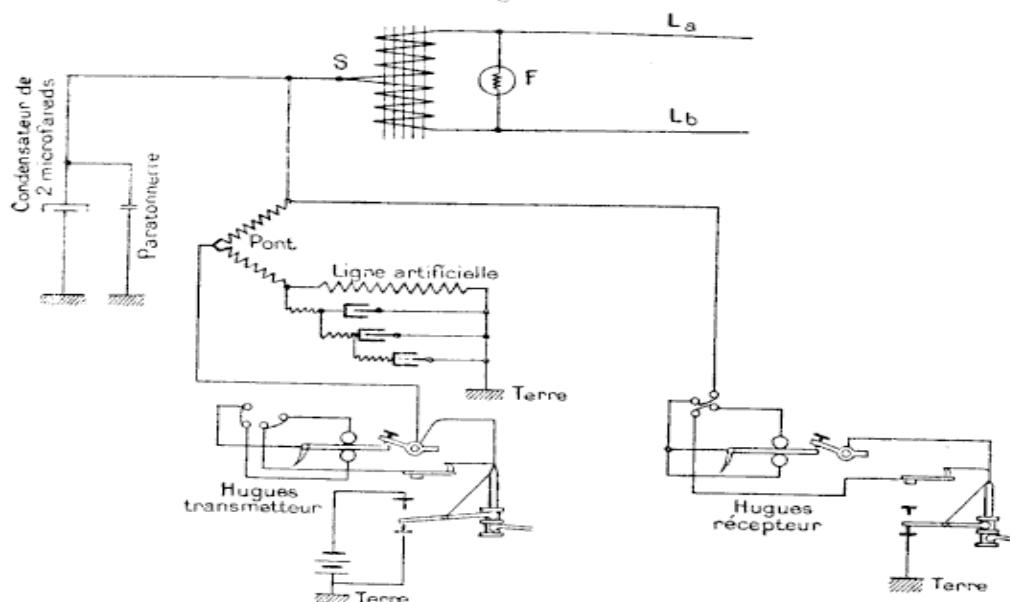
LONGUEUR de la ligne.	CONDUCTEURS TÉLÉGRAPHIQUES simples en fil de fer.			CONDUCTEURS TÉLÉPHONIQUES doubles en fil de bronze.			APPAREIL MORSE A COURANT DE TRAVAIL.			APPAREIL BOUTEFS SIMPLE.		
	DIAMÈTRE. mm.	RÉSISTANCE résistancé totale (1). kilo- métrique.	RÉSISTANCE plastique. kilo- métrique.	VOLTAGE DE LA BATTERIE d'après le calcul.			VOLTAGE effectif à l'origine de la ligne.			VOLTAGE de la batterie d'après le calcul.		
				5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	2	3	4	ohms	ohms	ohms	ohms	ohms	ohms	ohms	ohms	ohms
50, . . . , 1	3	19,0	9,00	0	0	5,94	3,00	2,22	1,94	1,79	1,60	1,41
100, . . . , 1	3	19,0	19,10	0	0	0	0	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9
200, . . . , 1	3	19,0	19,10	0	0	2,64	2,70	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
300, . . . , 1	3	19,0	19,10	0	0	2,64	2,70	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
400, . . . , 1	3	19,0	19,10	0	0	2,64	2,70	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
500, . . . , 1	3	19,0	19,10	0	0	2,64	2,70	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
600, . . . , 1	3	19,0	19,10	0	0	2,64	2,70	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
1000, . . . , 1	3	19,0	19,10	0	0	2,64	2,70	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7

(1) Chiffre arrondi par excès pour former un multiple de 10.
 (2) Chiffre arrondi par excès pour former un multiple de 10, à moins que le dernier chiffre ne soit déjà un zéro.

46 PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

deux appareils télégraphiques (¹). Avec cette installation, il y aura en deux points symétriquement placés sur les conducteurs, si toutes les conditions sont bien remplies, même potentiel électrique dû au courant continu, et cela que le courant circulant soit celui d'un seul appareil ou la somme ou la différence des courants émis par deux appareils Hughes sur la ligne dans des sens opposés. Les récepteurs téléphoniques, qui sont branchés entre deux points de la ligne à même potentiel, ne reçoivent aucune dérivation du courant télégraphique et, par suite, nullement le bruit de la transmission.

Fig. 35.



Le voltage de la batterie télégraphique peut être évalué dans ce cas un peu plus complexe à $(0,015 L + 90)$ volts environ, L étant comme précédemment la résistance en ohms d'un des conducteurs.

5. *Montages de Dejongh.* — Un autre procédé de télégraphie multiple sur lignes téléphoniques a été indiqué par Dejongh à Bruxelles.

Dejongh a eu recours à un montage pour double fil indiqué par Rysselberghe et représenté par la figure 36 (²). L_1 et L_2 sont deux conducteurs simples télégraphiques entre lesquels se trouve l'appareil téléphonique F , avec les condensateurs K_1 et K_2 ; un appareil Morse complet $M_1 T_1 B_1$ avec deux bobines de self-induction Z et Z_1 se trouve également branché entre

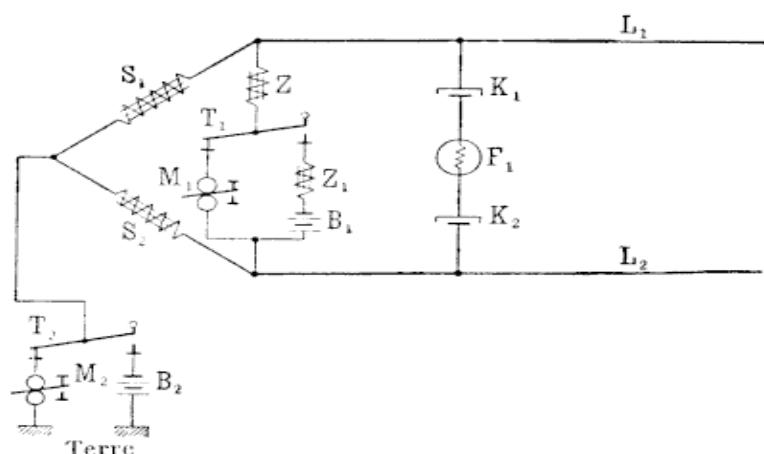
(¹) Voir la *Description des appareils télégraphiques usuels de l'Administration Impériale allemande*, Appendice IV de 1900.

(²) Figure 10 du brevet allemand n° 27 272.

les conducteurs (¹). Si l'on appuie sur la clef T_1 , le courant passe de la batterie B_1 à travers Z_1 , le manipulateur, puis Z_1 vers le conducteur L_1 ; à l'autre extrémité de la ligne le courant arrive à l'appareil Morse M_2 , identique à M_1 et revient à la batterie B_1 par le conducteur L_2 . Les courants téléphoniques vont de F par K_1 au conducteur L_1 ; à l'autre extrémité ils passent dans F_2 , compris également entre deux condensateurs, et reviennent par le conducteur L_2 et K_2 vers F .

Cette partie de l'innovation est déjà contenue dans le schéma de la figure 6, aussi donné par Rysselberghe; mais, dans le montage actuel, il existe pour les courants télégraphiques de l'appareil $M_1 T_1 S_1$ et les courants téléphoniques un conducteur de retour métallique commun, tandis qu'au-
trefois ils étaient obligés de revenir par la terre.

Fig. 36.

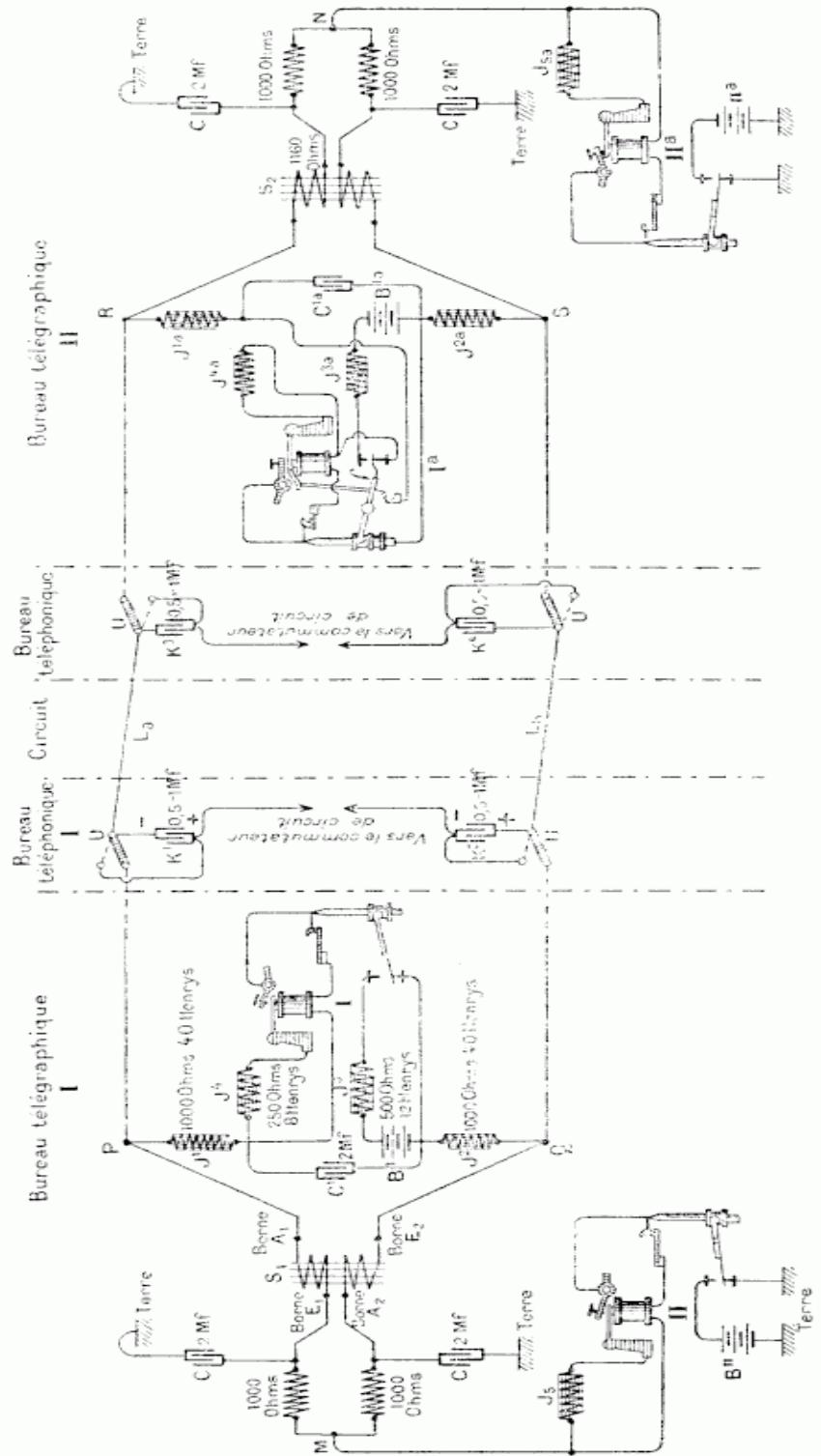


Rysselberghe ajouta encore un second ensemble d'appareils télégraphiques ($M_2 T_2 B_2$) avec deux bobines de self S_1 et S_2 , d'après la disposition du pont de Wheatstone. L'idée qu'il poursuivait, à l'encontre du montage pour double fil de la figure 20, est la suivante : de deux conducteurs télégraphiques, il voulait faire un circuit à double fil parfait pour les courants téléphoniques, en se passant de transformateur et en conservant aux conducteurs la même efficacité de transmission télégraphique que s'ils avaient exploité uniquement et séparément au télégraphe. Il existe dès l'abord une faiblesse dans le système : les bobines S_1 et S_2 forment, en effet, un circuit de dérivation pour les courants télégraphiques venant de B .

En application des dispositifs de Rysselberghe, Dejongh inventa un montage pour conducteurs téléphoniques qui, à côté de la transmission de la parole, permet une exploitation multiple avec l'appareil Hughes.

(¹) La bobine Z_1 n'est pas indiquée dans la figure du brevet allemand.

10



Le montage de Dejongh est représenté dans la figure 37 avec les modifications habituellement usitées en Allemagne (1).

Les deux bureaux téléphoniques (indiqués dans la figure par les amorces de conducteurs se rendant au meuble commutateur) sont pris entre deux condensateurs $K_1 K_2$ et $K_3 K_4$ dont les armatures extérieures sont reliées aux branches L_a et L_b de la ligne téléphonique, comme dans le montage de Rysselberghe, de telle façon qu'aucun courant télégraphique ne puisse pénétrer dans les appareils téléphoniques. La capacité des condensateurs peut passer de 0,5 à 1 microfarad suivant les besoins. Les appareils Hughes I et I_a , dont l'un a dans le schéma un déclenchement électrique et l'autre un déclenchement mécanique sont reliés aux lignes par les bobines d'induction $J_1 J_2$ et $J_{1a} J_{2a}$. La résistance en courant continu de ces deux bobines est de 1000 ohms environ. Leur coefficient de self-induction est de 40 henrys : il a été choisi aussi élevé pour forcer les courants téléphoniques à passer par les bureaux et aussi pour étaler les courants télégraphiques. Pour étaler davantage ces courants, on utilise les condensateurs C_1 et C_{1a} de 2 microfarads chacun, les bobines de self J_3 et J_{3a} de 500 ohms et 12 henrys chacune et les bobines J_4 et J_{4a} de 250 ohms et 8 henrys.

Cet étalement des courants télégraphiques est nécessaire, car lorsque les appareils Hughes I et I_a travaillent, les condensateurs K_1 et K_3 se chargent, de même que les condensateurs K_2 et K_4 , mais en sens inverse. Quand, par exemple, le ressort f de H_1 est posé sur le contact de la batterie, les armatures extérieures de K_1 et de K_3 prennent une charge négative et les armatures de K_2 et K_4 prennent une charge positive. Les armatures intérieures de K_1 , K_3 et de K_2 , K_4 ont naturellement des charges opposées entre elles et opposées aux précédentes. Après que le courant a cessé, la décharge du condensateur commence; pendant que les armatures extérieures se déchargent à travers les bobines J_1 et J_2 et les appareils télégraphiques, les armatures intérieures prennent leur équilibre à travers les appareils téléphoniques. Ce phénomène est généré par la self-induction des bobines J_1 et J_2 des appareils télégraphiques. En réalité, la charge et la décharge des condensateurs K_1 , K_2 , K_3 , K_4 peuvent être tellement générées par un choix judicieux des self-inductions du circuit que la membrane du récepteur ne soit plus actionnée d'une façon sensible (les lignes étant supposées bien isolées, bien entendu).

Pour chaque ligne équipée d'après le système Dejongh, il faut prévoir des batteries spéciales B_1 et B_{1a} . Il n'est pas possible d'exploiter dans un bureau télégraphique plusieurs lignes Dejongh avec une seule batterie B_1 ou B_{1a} , car il y aurait un mélange de courants télégraphiques sur ces lignes. Il est également impossible de mettre ces batteries à la terre d'un côté et

(1) *Journal télégraphique*, 1897, p. 121. — PIERART, *Manuel de Télégraphie et de Téléphonie*, 1895, p. 350; *Description des appareils usuels de l'Administration allemande*, Appendice de 1907.

d'utiliser, pour l'exploitation, des conducteurs télégraphiques ordinaires ; inversement, on ne peut pas non plus employer des dérivations prises sur une batterie dont un pôle est mis à la terre pour système télégraphique à pont de Dejongh, parce que, précisément, des courants de dérivation iraient à la terre à travers les appareils récepteurs du système télégraphique relié au sommet du pont.

Le second groupe d'appareils Hughes II, II_a est réuni aux lignes en P, Q et R, S au moyen de la bobine séparatrice décrite dans les figures 31 et 32. Ces bobines opposent aux courants télégraphiques, comme nous l'avons expliqué, une résistance apparente très considérable ; elles offrent par contre, malgré leur self-induction et leur résistance ohmique de 2×1160 ohms environ, un passage trop facile aux courants télégraphiques émis par J et J_a. C'est pourquoi les bornes E₁ et A₂ de la bobine séparatrice ne sont pas réunies ensemble pour être connectées aux appareils II et II_a ; on connecte d'abord en E₁ et A₂ une bobine sans self-induction de 1000 ohms, qui accroît la résistance des bras du pont ; les autres extrémités de ces résistances sont réunies en des points M et N, où viennent aboutir les connexions des appareils Hughes II et II_a. Lorsque cela est nécessaire, on ajoute en outre les quatre condensateurs C de 2 microfarads pour obtenir l'étalement des courbes de courant de II et II_a. De plus on dispose dans le circuit de court-circuitage de l'armature de l'appareil de petites bobines de self J₅ et J_{5a}, semblables aux bobines J₄ et J_{4a} des appareils I et I_a.

D'après les prescriptions de l'Administration Impériale allemande, on doit insérer dans chacune des branches de la ligne, montée comme l'indique la figure 37, une résistance de 53 ohms⁽¹⁾. Ces résistances, qui ne sont pas représentées sur la figure, servent de résistances accessoires pour un petit voltmètre (un des appareils du type administratif)⁽²⁾ et permettent de se servir de cet instrument comme d'un ampèremètre. Si l'on connecte les extrémités d'une de ces résistances aux bornes du voltmètre, c'est-à-dire si on la monte en parallèle avec l'instrument, une déviation de l'aiguille d'une division, qui équivaut pour une lecture de voltage à 0,1 volt, correspond à une intensité de 2 milliampères environ. La bobine de l'appareil possède, en effet, une résistance de 600 ohms : il en résulte pour l'ensemble une résistance composée de

$$\frac{600 \times 53}{600 + 53} = 48,7 \text{ ohms.}$$

Pour une différence de potentiel aux bornes de 100 millivolts, on obtiendra une intensité de

$$\frac{100}{48,7} = 2,053 \text{ ou environ } 2 \text{ milliampères.}$$

(1) *Description des appareils usuels de l'Administration Impériale télégraphique*, Appendice de 1907, figure 78.

(2) DREISBACH, *Mesures télégraphiques*, p. 64 et suivantes.

Comme l'échelle de l'instrument va jusqu'à 3 volts, il peut convenir pour des courants allant jusqu'à 60 milliampères. Cette valeur est suffisante pour les courants pouvant circuler avec le montage de Dejongh (*voir* les calculs de la p. 52). Si, pour une raison quelconque, on désirait avoir une autre échelle que 1 division pour 2 milliampères, par exemple 1 division pour α milliampères, la résistance x à insérer dans le circuit serait facile à calculer.

On aurait, en effet,

$$\alpha \text{ milliampères} = \frac{100 \text{ millivolts}}{\frac{600 \cdot x}{600 + x} \text{ ohms}},$$

d'où

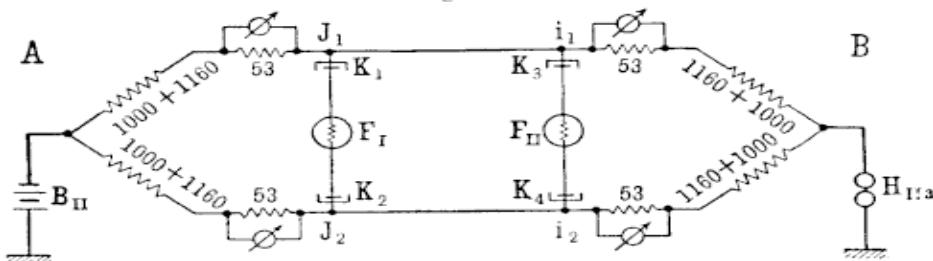
$$x = \frac{60000}{600\alpha - 100} \text{ ohms } (1).$$

Pour obtenir une division pour 1 ou 1,5 milliampères par exemple, on devrait employer une résistance de 120 ou de 75 ohms en chiffres ronds.

L'instrument n'est jamais connecté à la résistance, pendant l'exploitation, que pendant un instant très court. L'intérêt de l'installation est de permettre aux bureaux télégraphiques de se renseigner sur l'état d'utilisation de la ligne sans avoir recours aux bureaux téléphoniques et sans gêner l'exploitation téléphonique. Cet essai peut se faire de la façon suivante :

Le bureau A émet, au moyen de l'appareil du sommet, un courant continu provenant de la batterie B_{II} (fig. 38) et mesure les intensités des courants

Fig. 38.



J_1, J_2 ; le bureau B lit en même temps les intensités i_1 et i_2 du courant d'arrivée.

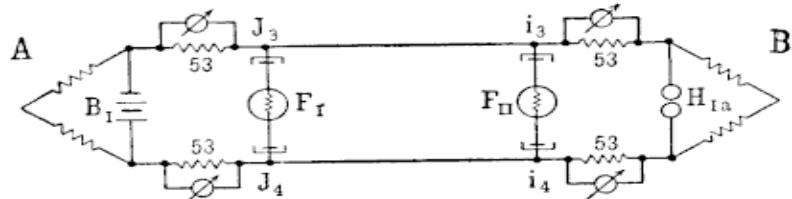
Puis le bureau A envoie, à l'aide de l'appareil télégraphique en dérivation, un courant continu provenant de la batterie B_I (fig. 39) et lit les intensités au départ J_3 et J_4 ; le bureau B lit de même les intensités à l'arrivée i_3 et i_4 .

Aussitôt après, le bureau B envoie, avec l'appareil de tête, le courant

(1) Cette formule est valable communément pour l'emploi de petits voltmètres comme ampèremètres.

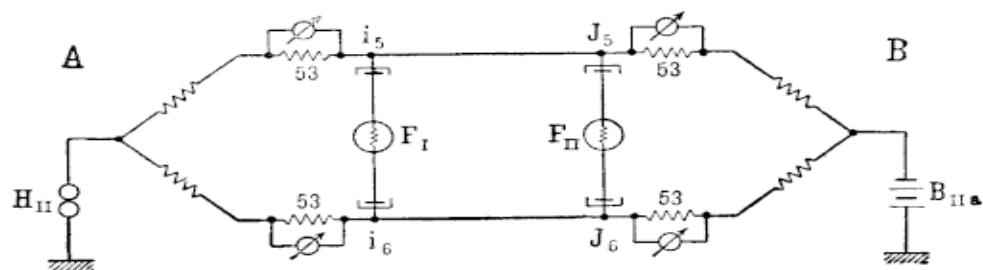
continu de la batterie B_{IIa} ; B et A lisent respectivement les valeurs J_5 , J_6 et i_5 , i_6 (fig. 4o).

Fig. 39.



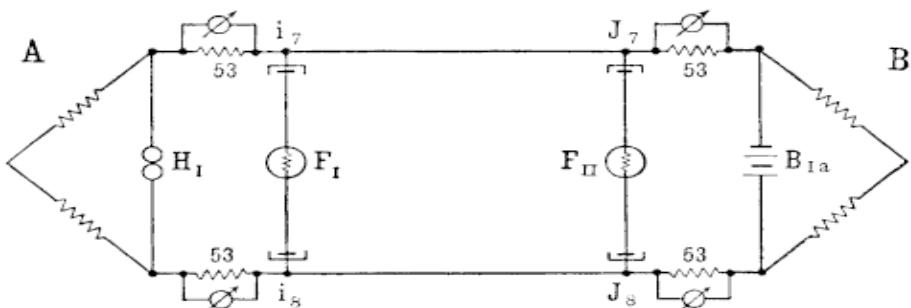
Enfin le bureau B envoie, avec l'appareil en dérivation, le courant de la batterie B_{IIa} ; B et A lisent simultanément les intensités J_7 , J_8 et i_7 , i_8 .

Fig. 4o.



Des valeurs des intensités correspondantes des courants de départ et d'arrivée, il est facile de tirer une conclusion exacte sur l'état d'utilisation de la ligne. Cependant, il n'est pas toujours absolument nécessaire de faire les quatre déterminations simultanément, il sera généralement suffisant de reconnaître si les courants qui sortent de l'appareil de tête (fig. 38 et 4o) se répartissent symétriquement sur les deux conducteurs de la ligne. Si cette

Fig. 4t.



répartition est mauvaise, c'est qu'il existe des différences importantes dans l'isolement des conducteurs et il est probable que l'exploitation téléphonique sera gênée par le télégraphe. L'exploitation télégraphique peut être

ainsi suspendue avant même que les bureaux téléphoniques ne se soient plaints des troubles occasionnés.

De la connaissance des intensités et des résistances des conducteurs et des appareils on peut déduire la position des défauts, à condition toutefois qu'il n'existe qu'un seul point défectueux sur chaque conducteur de ligne. Il est vrai que de telles déterminations de la position des défauts par le calcul n'ont qu'un intérêt secondaire pour l'exploitation, principalement parce qu'elles sont très longues et circonstanciées, ainsi qu'on le verra plus loin d'une façon assez simple.

Le dispositif de Dejongh (*fig. 37*) est complété par quatre commutateurs U, disposés dans chacun des deux bureaux, de façon à pouvoir connecter ou déconnecter à tout moment les installations télégraphiques de la ligne. Cette manœuvre se fait de telle façon que les condensateurs K₁... K₄ soient shuntés lorsque les installations télégraphiques ne sont pas reliées aux conducteurs et que la ligne doit seulement servir à l'exploitation téléphonique.

La figure 42 montre une application du montage Dejongh à un bureau téléphonique du modèle le plus récent. On a négligé d'y représenter les éléments de connexion qui ne sont pas indispensables pour l'explication. À la place du commutateur à manettes U de la figure 37, on a représenté un commutateur à jacks. Les conducteurs de la ligne L_a et L_b sont tout d'abord amenés aux ressorts de jacks du groupe I. De là, les lignes de liaison vont à travers le groupe III aux points P et Q (ou R et S) de la figure 37; les installations télégraphiques peuvent ainsi, par insertion de fiches isolantes, être complètement séparées des conducteurs dans le groupe III. Sur les surfaces d'appui du groupe I se trouvent les condensateurs K₁ et K₂ (*voir fig. 37*); ils insèrent entre eux les appareils téléphoniques qui se trouvent dans le groupe II.

Lorsque le circuit ne doit pas être exploité d'après la méthode de Dejongh, mais en la manière ordinaire, il suffit de prendre les branches a et b chacune par un cordon à fiche sur les ressorts du groupe I et de les transposer sur les jacks d'appareil d'une autre position d'opératrice du meuble commutateur. Dans la figure 42, les jacks sont disposés de façon qu'on puisse réaliser les essais suivants au commutateur :

Du groupe I, essai des conducteurs extérieurs;

Du groupe II, essai des positions d'opératrice du bureau interurbain;

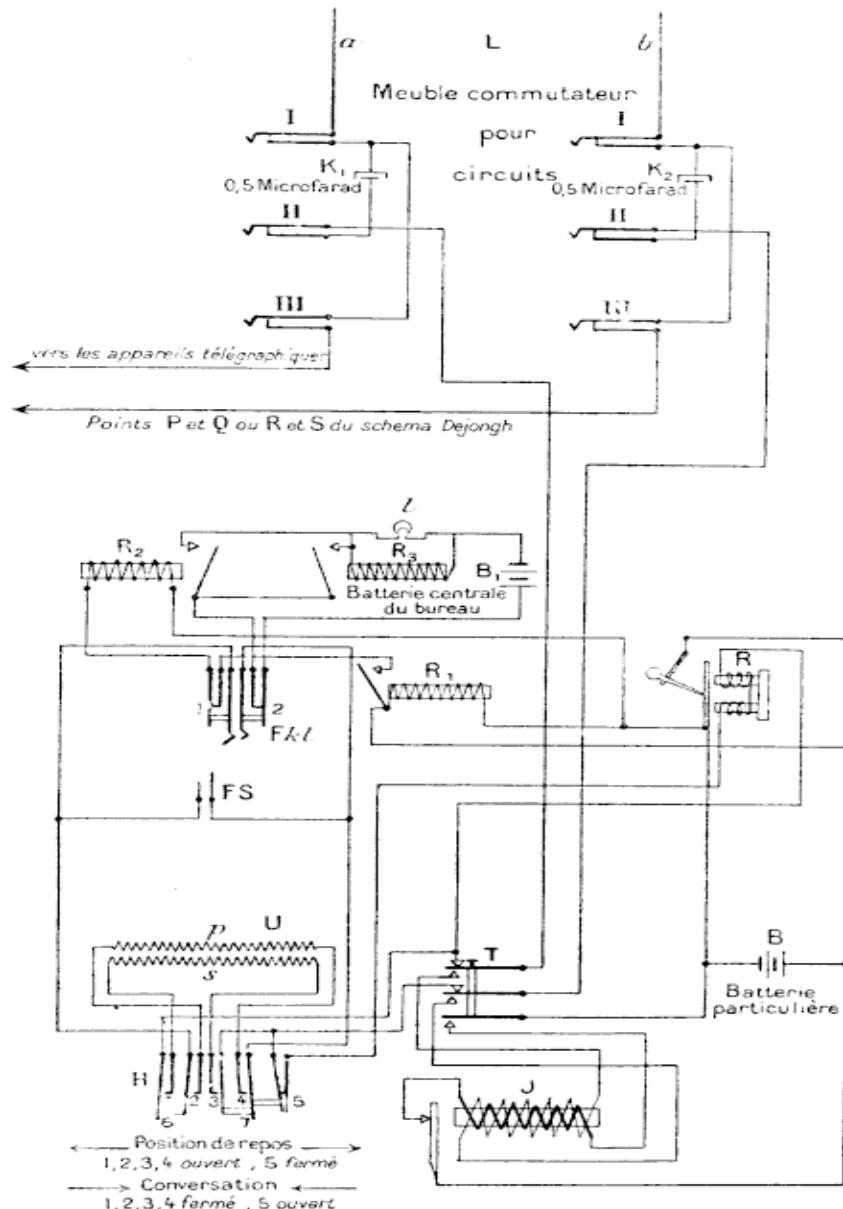
Du groupe III, essai des condensateurs K₁ et K₂, lorsqu'on enfonce dans les jacks du groupe I des fiches isolantes et qu'on envoie du courant alternatif d'appel soit avec la clef T vers un instrument de mesure connecté avec les ressorts de jacks du groupe III, soit dans la direction opposée par les ressorts de jacks du même groupe vers le relais phonique R.

On peut également faire d'autres arrangements de jacks suivant les besoins spéciaux.

54 PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

Le chemin qui amène les courants d'appel alternatif passe de L_a à K_1 , puis par le ressort supérieur de la clef T aux enroulements du relais pho-

Fig. 42.



nique R , dont la membrane et le frappeur sont reliés d'une façon permanente aux deux pôles d'une petite batterie B . Du relais phonique le courant d'appel va par le contact 5 du commutateur H , dont les contacts 1, 2,

3, 4 sont ouverts dans la position du repos, jusqu'au ressort médian de T, puis à travers K₂ vers L_b. En parallèle avec le contact de la membrane (ou plutôt avec la résistance de contact) se trouve l'enroulement du relais R₁. Si la membrane du relais phonique est mise en vibration par le courant alternatif d'appel, la membrane et le marteau ne forment plus, comme dans le montage de Rysselberghe (*fig. 17 et 19*), court circuit pour le relais R₁ pendant la durée de l'appel; en conséquence, celui-ci fonctionne. L'armature de R₁ est reliée à l'un des pôles de la batterie B; le contact de travail de cette armature est relié par le contact 1 du jack Fkl au relais R₂ qui d'autre part, à son autre extrémité connectée à la batterie B. Si R₁ attire son armature, R₂ fonctionne également; un nouveau circuit se forme alors du contact d'armature de R₂ par l'armature, le contact 2 de Fkl, la batterie centrale du bureau, l'enroulement du relais R₃ vers le contact d'armature. L'armature du relais R₃ est attirée et, de ce fait, la lampe l montée en dérivation sur R₃ s'allume. C'est seulement lorsqu'une fiche de réponse est enfoncee dans le jack Fkl et que le contact 2 est ouvert que la lampe s'éteint. Pour la conversation, le commutateur à leviers H est amené, par retrait des barrettes à pression 6 et 7, à avoir le contact 5 ouvert et les contacts 1, 2, 3 et 4 fermés. Par le fait même, le relais phonique est coupé de la ligne de l'un de ses côtés et le circuit de ligne réuni au secondaire s du transformateur U : sur quoi l'enroulement primaire p du transformateur est relié aux longs ressorts du jack Fkl et à la fiche FS; de cette façon, il est possible de conduire le circuit de ligne soit vers les appareils téléphoniques à partir du jack Fkl à l'aide de fiches (qui ne sont pas figurées ici), soit de le réunir à d'autres circuits au moyen de la fiche FS.

Le courant alternatif pour l'appel du second bureau, aussi monté d'après le procédé Dejongh, est envoyé sur le circuit L_a L_b au moyen de la clef T; l'enroulement primaire de l'appel magnétique J est aussi relié à la batterie B par le ressort inférieur de la clef et le secondaire de celui-ci aux fils de connexion avec le circuit de ligne. L'appel magnétique fonctionne comme celui de Rysselberghe. Pendant toute la durée de l'enfoncement de la clef, les fils de connexion du transformateur et du relais phonique sont doublement coupés et séparés du circuit de ligne (¹).

La tension de la batterie télégraphique pour le montage Dejongh peut se calculer facilement en analysant les chemins parcourus par les courants tels qu'ils sont indiqués dans la figure 43.

α. Installations Hugues entre conducteurs (appareils en dérivation). — Dans la figure 43 on suppose que l'appareil de la diagonale RS télégraphie vers l'appareil PQ. Il faut donc considérer les circuits suivants :

(¹) On n'a pas cru nécessaire de donner ici une description d'un bureau téléphonique; on en trouvera une description détaillée dans *Archiv für Post und Telegraphie*, 1908, n° 20 : *Les nouvelles installations interurbaines du bureau principal de Berlin*.

Le courant commun i passe dans la diagonale RS; il a, par exemple, la direction de la flèche. En R se trouve une dérivation;

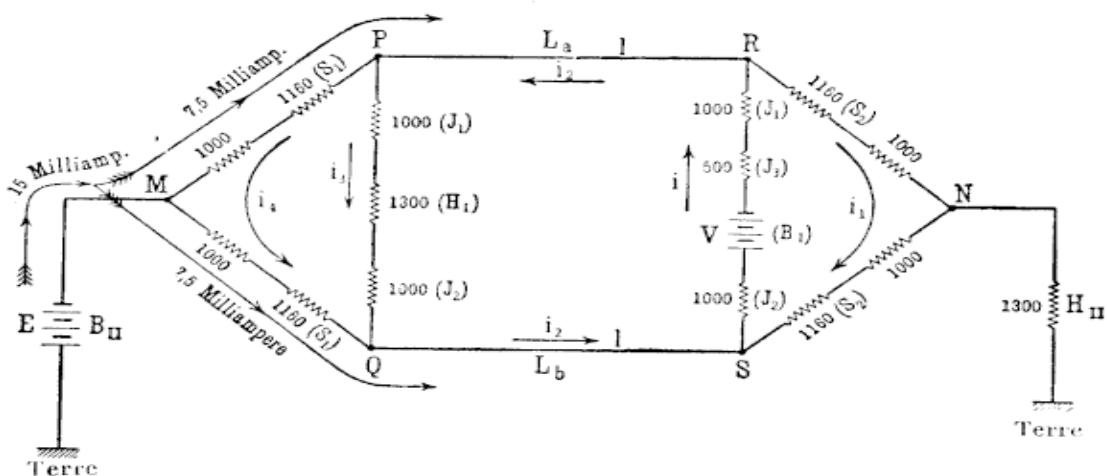
De R vers S par N il passe un courant i_1 dans la direction de la flèche;

De R vers P, par le conducteur L_a dont la résistance est l , passe le courant i_2 ; en P se trouve une nouvelle dérivation;

De P à Q, c'est-à-dire à travers l'appareil récepteur, il passe le courant i_3 ;

De P vers Q par M passe le courant i_4 ; en Q les courants i_3 et i_4 se retrouvent.

Fig. 43.



Par suite, il passe de Q vers S par le conducteur L_b , dont la résistance l est la même que celle de L_a , un courant d'intensité i_2 comme sur L_a , mais en direction opposée.

Les courants i_1 et i_4 sont une pure perte d'énergie, puisqu'ils n'actionnent pas l'appareil récepteur H_1 et ne sont d'ailleurs pas utilisés autrement. Le courant i_3 doit, comme courant utile, avoir une intensité de 12 millampères.

On a donc

$$i = i_1 + i_2 = i_1 + i_3 + i_4.$$

De plus

$$\frac{i_4}{i_3} = \frac{1000 + 1300 + 1000}{2(1160 + 1000)}$$

ou

$$i_4 = i_3 \frac{3300}{4320} = 0,012 \frac{330}{432} = 0,00916 \text{ ampère},$$

$$i_2 = i_3 + i_4 = 0,012 + 0,00916 = 0,02116 \text{ ampère}.$$

La résistance combinée des circuits PQ et PMQ est de

$$\frac{3300 \times 4320}{3300 + 4320} = 1870 \text{ ohms}.$$

De plus, on a

$$\begin{aligned}\frac{i_1}{i_2} &= \frac{l + 1870 + l}{4320}, \\ \frac{i_1 + i_2}{i_2} &= \frac{6190 + 2l}{4320}, \\ i_1 + i_2 &= \frac{i_2(6190 + 2l)}{4320}, \\ i &= \frac{0,02116(6190 + 2l)}{4320}.\end{aligned}$$

L'intensité du courant i pris dans la batterie B_1 et passant dans la diagonale RS est, d'après cela, fonction de la résistance l . Il est nécessaire d'évaluer la résistance composée w de toutes les dérivations du courant i , pour obtenir, d'après la loi d'Ohm ($V = iw$), le voltage V de la batterie B_1 .

Nous avons :

$$w = 2500 + \frac{(1870 + 2l)4320}{1870 + 2l + 4320}$$

ou :

$$w = 2500 + \frac{(1870 + 2l)4320}{6190 + 2l},$$

d'où :

$$\begin{aligned}V &= iw, \\ V &= \frac{0,02116(6190 + 2l)}{4320} \left[2500 + \frac{(1870 + 2l)4320}{6190 + 2l} \right] \\ &= 115,369 + 0,06682l \\ &= (115 + 0,07l) \text{ volts en chiffres ronds.}\end{aligned}$$

Dans cette formule apparaît nettement la perte d'énergie mentionnée plus haut, telle qu'elle est propre au montage Dejongh. En effet, d'après le Tableau des résistances pour fil de bronze de la page 45, la grandeur variable $0,07l$ est toujours petite par rapport à la résistance fixe 115, c'est-à-dire que la plus grande partie de la tension de la batterie est absorbée par les résistances accessoires élevées des diagonales PQ et RS et par les dérivations non efficaces PMQ et RNS.

β. Installations Hughes du sommet de la bobine séparatrice (appareils de tête). — D'après la figure 43, nous supposons que l'appareil connecté en M envoie sur la ligne du courant de la batterie B_{II} , et que l'appareil A_{II} connecté au point N soit un appareil de réception ; l'appareil transmetteur est équipé avec déclenchement mécanique. La résistance composée du circuit avec retour par la terre est alors

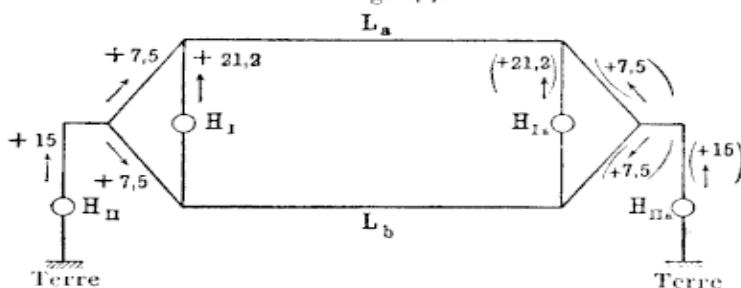
$$\begin{aligned}w &= \frac{1000 + 1160 + l + 1160 + 1000}{2} + 1300 \\ &= (3460 + 0,5l) \text{ ohms.}\end{aligned}$$

L'intensité du courant pris à la batterie B_H doit être de 15 milliampères environ; par suite, la tension E de B_H sera

$$\begin{aligned} E &= 0,015(3460 + 0,5I) = 51,9 + 0,0075I \\ &= (50 + 0,0075I) \text{ volts environ.} \end{aligned}$$

Lorsque, avec le dispositif Dejongh, les deux groupes d'appareils télégraphiques travaillent simultanément d'une façon régulière, l'intensité des courants télégraphiques sur les deux fils du circuit varie constamment entre des limites fixes; le sens du courant varie de même. Si l'on admet que, pendant l'exploitation, la batterie des appareils Hughes situés dans les diagonales, ayant le pôle positif en L_a et le négatif en L_b , et la batterie des appareils de tête, ayant le pôle positif à la ligne, sont en service, on calculera facilement les courants qui circulent : on se servira pour cela des résultats obtenus précédemment en adoptant, d'après le schéma de la figure 44, le sens allant du pôle positif au pôle négatif.

Fig. 44.



Lorsque H_B transmet seul, on a

$$\begin{array}{lll} \text{Sur } L_a & \dots & 7,5 \text{ milliampères dans la direction AB} \\ \text{Sur } L_b & \dots & 7,5 \quad " \quad " \quad " \quad BA \end{array}$$

Lorsque H_{Ba} transmet seul, on a

$$\begin{array}{lll} \text{Sur } L_a & \dots & 7,5 \text{ milliampères dans la direction BA} \\ \text{Sur } L_b & \dots & 7,5 \quad " \quad " \quad BA \end{array}$$

Lorsque H_1 transmet seul, on a

$$\begin{array}{lll} \text{Sur } L_a & \dots & 21,2 \text{ milliampères dans la direction AB} \\ \text{Sur } L_b & \dots & 21,2 \quad " \quad " \quad BA \end{array}$$

Lorsque H_{1a} transmet seul, on a

$$\begin{array}{lll} \text{Sur } L_a & \dots & 21,2 \text{ milliampères dans la direction BA} \\ \text{Sur } L_b & \dots & 21,2 \quad " \quad " \quad AB \end{array}$$

Lorsque H_B et H_1 transmettent ensemble, on a

$$\begin{array}{lll} \text{Sur } L_a & \dots & 7,5 + 21,2 = 28,7 \text{ milliampères dans la direction AB} \\ \text{Sur } L_b & \dots & 21,2 - 7,5 = 13,7 \quad " \quad " \quad BA \end{array}$$

Lorsque H_{II} et H_{Ia} transmettent ensemble, on a

$$\begin{array}{lll} \text{Sur } L_a \dots & 21,2 - 7,5 = 13,7 \text{ milliampères dans la direction BA} \\ \text{Sur } L_b \dots & 21,2 + 7,5 = 28,7 & \text{»} \end{array}$$

Quand H_{IIa} et H_I transmettent ensemble, on a

$$\begin{array}{lll} \text{Sur } L_a \dots & 21,2 - 7,5 = 15,7 \text{ milliampères dans la direction AB} \\ \text{Sur } L_b \dots & 21,2 + 7,5 = 28,7 & \text{»} \end{array}$$

Quand H_{IIa} et H_{Ia} transmettent ensemble, on a

$$\begin{array}{lll} \text{Sur } L_a \dots & 21,2 + 7,5 = 28,7 \text{ milliampères dans la direction BA} \\ \text{Sur } L_b \dots & 21,2 - 7,5 = 13,7 & \text{»} \end{array}$$

Si les appareils Hughes H_{II} et H_{IIa} (fig. 40) sont disposés pour la transmission simultanée, ce qui est possible exactement comme dans le montage de la figure 34, les variations de courants dans les conducteurs sont encore plus nombreuses.

Il paraît inutile d'expliciter les calculs un à un, parce qu'il ne s'agit pas tant de déterminer les intensités et les directions du courant que de montrer qu'il existe dans l'exploitation du système Dejongh une variation permanente dans le sens et la direction des courants télégraphiques.

6. Circuits télégraphiques et téléphoniques consécutifs. — Dans la description des installations de circuits à double conducteur pour télégraphie et téléphonie simultanées, la liaison de ces circuits à d'autres circuits téléphoniques a été laissée de côté pour simplifier les explications. Mais les circuits téléphoniques à longue distance n'existent en eux-mêmes que comme conducteurs de liaison entre les postes de différents réseaux téléphoniques locaux. Par suite, il faut tout d'abord que le raccordement des postes téléphoniques ne soit nullement troublé par l'existence d'installations télégraphiques, non plus que la transmission sur les circuits.

De plus, il y a lieu de remarquer que les grands circuits téléphoniques ne servent pas uniquement au trafic des deux bureaux terminaux, mais sont aussi, suivant les besoins, connectés avec d'autres lignes à grande distance pour relier ensemble des réseaux téléphoniques qui ne possèdent pas de liaison directe. L'ensemble de ces circuits ne doit pas non plus être généré en aucune manière par les installations télégraphiques.

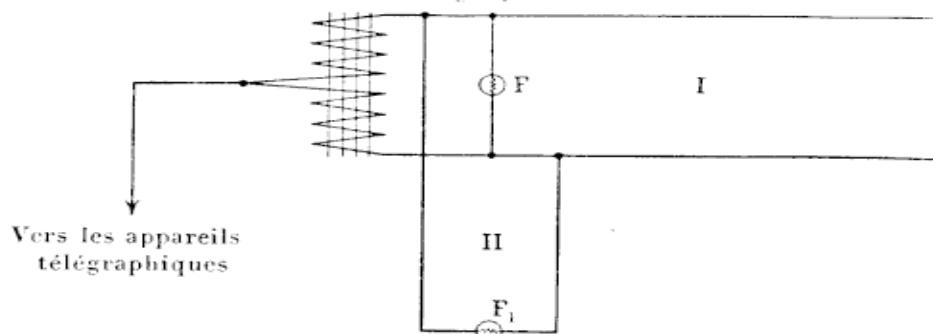
En résumé, les montages doivent être faits de telle façon que les courants télégraphiques ne pénètrent point sur des lignes qui n'appartiennent pas au circuit télégraphique proprement dit.

Les cas suivants sont à considérer, dans lesquels il y a lieu de réunir ensemble différents circuits :

a. Un circuit téléphonique à double fil doit être réuni à un circuit approprié à la télégraphie et téléphonie simultanées.

Il est aussi préjudiciable au télégraphe qu'au téléphone de réunir directement sans organes intermédiaires un circuit approprié I bien isolé à un autre circuit II bien isolé et court (*fig. 45*). En effet, les courants télégraphiques n'engendrent pas davantage de bruits parasites dans le récepteur téléphonique F_1 que dans le récepteur F , placé dans le bureau entre les branches du circuit I. Mais, dès que la ligne auxiliaire II est assez longue,

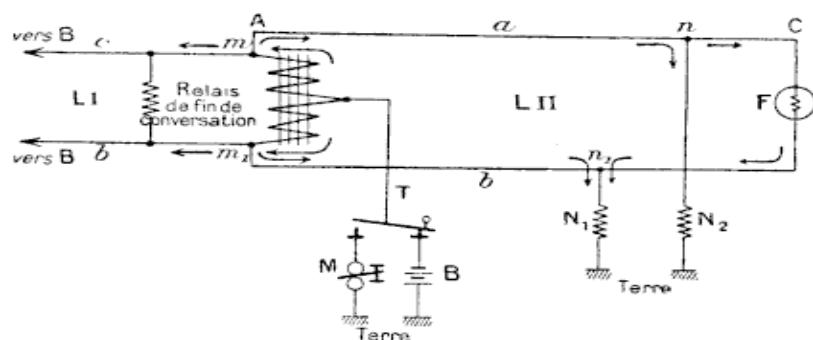
Fig. 45.



il se produit sur elle des phénomènes de charge qui rendent perceptibles au récepteur F_1 les signaux télégraphiques. Si l'isolement du circuit approprié n'est pas très élevé ainsi que, peut-être, celui du circuit secondaire en connexion, il est certain que les conducteurs du circuit n'auront pas le même isolement, et les bruits parasites du télégraphe se produiront dans le récepteur F_1 de la ligne en liaison directe; plus l'isolement total de ce dernier circuit sera faible, plus l'exploitation télégraphique se trouvera aussi gênée, parce que les courants télégraphiques se dériveront plus facilement à la terre.

Dans la figure 46, L_{1a} L_{1b} est un circuit téléphonique approprié et L_{IIa}

Fig. 46.

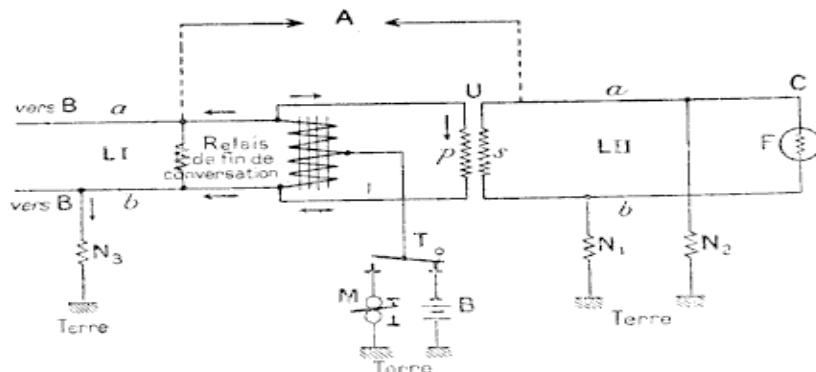


L_{IIb} , un circuit uniquement téléphonique relié au bureau A au précédent de façon à réaliser un circuit unique BC. Si le circuit L_1 possède un isolement élevé et que L_{II} , par contre, ait des dérivations à la terre (par

exemple N_1 et N_2), les courants télégraphiques émis par T ne passeront pas seulement dans le récepteur télégraphique de B , mais se dériveront aussi vers les défauts N_1 et N_2 comme l'indiquent les flèches; il en résultera, outre une perte d'énergie pour les courants télégraphiques, des bruits parasites dans le récepteur téléphonique F . Suivant la position et la valeur de dérivations N_1 , N_2 , ces bruits seront plus ou moins intenses. Dans le récepteur téléphonique de B , qui n'est pas représenté sur le dessin, les bruits parasites du télégraphe ne parviendront pas toujours, malgré les dérivations précédentes : lorsque, par exemple, les défauts sont très voisins de l'extrémité C du circuit L_H , la répartition du courant peut se faire de telle façon qu'il se produise de très forts bruits dans F , alors qu'il n'y en a aucun dans le récepteur de B .

On peut éviter de semblables troubles pour l'exploitation téléphonique en réunissant les deux circuits au moyen d'un transformateur téléphonique U , ainsi que l'indique la figure 47⁽¹⁾; les dérivations N_1 et N_2 du circuit L_H n'interviennent alors plus dans la transmission des courants télégraphiques. En même temps, par l'emploi de ce montage, le circuit L_H

Fig. 47.



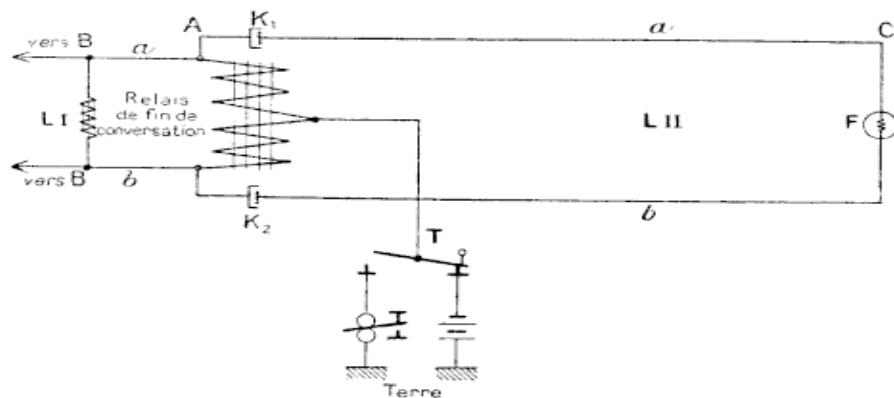
n'est plus chargé par les courants télégraphiques. S'il existe sur le conducteur L_1 des dérivations, comme N_3 , le primaire p du transformateur U sera traversé par des courants plus ou moins forts qui induiront le secondaire s , et, par suite, engendreront des bruits parasites télégraphiques dans le récepteur F . Cependant, en aucun cas, ces bruits ne sont aussi forts que lorsque les courants télégraphiques accèdent directement dans le circuit L_H .

On a aussi fait l'essai de joindre les lignes téléphoniques non par un transformateur U , mais par des condensateurs K_1 et K_2 (fig. 48) ou des piles polarisables. Ce montage ne comporte cependant aucun avantage particulier et, par contre, plusieurs inconvénients. En effet, les condensa-

⁽¹⁾ Si le circuit téléphonique est à fil unique, il faut bien entendu se servir, dans tous les cas, d'un transformateur.

teurs augmentent la capacité de la ligne secondaire L_{II} et sont susceptibles de prêter par là même aux bruits parasites du télégraphe; d'autre part, ils opposent au passage du courant une certaine résistance de telle façon qu'il y a perte d'énergie; les piles polarisables n'ont, il est vrai,

Fig. 48.

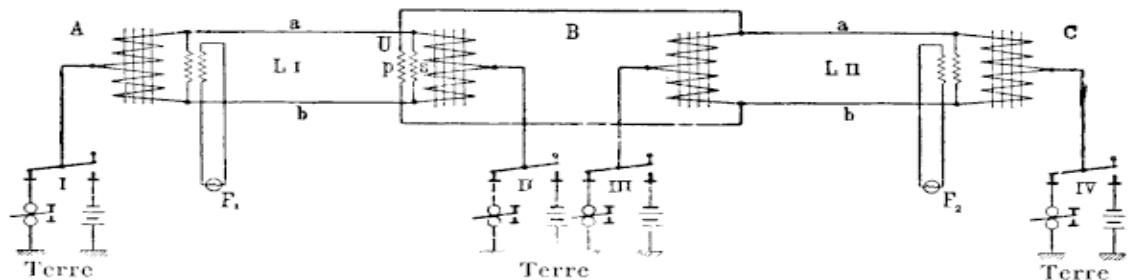


qu'une faible capacité et une très faible résistance intérieure, mais elles sont trop peu stables. En outre, l'emploi de condensateurs ou d'éléments polarisables conduirait à modifier l'installation générale du bureau télégraphique.

Ces raisons suffisent pour ne point préconiser l'emploi de condensateurs ou d'éléments polarisables pour réunir ensemble des circuits téléphoniques (¹).

β. Deux circuits appropriés doivent être réunis pour réaliser un seul circuit téléphonique.

Fig. 49.



Lorsque deux circuits téléphoniques appropriés doivent être réunis pour réaliser un seul circuit téléphonique sans qu'il en résulte de gêne pour les

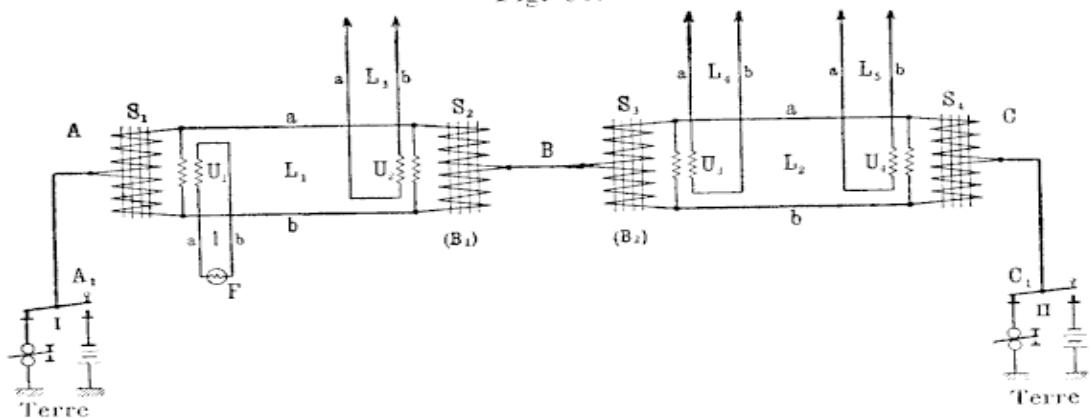
(¹) Voir un article sur *l'Augmentation de la sécurité d'exploitation dans la Télégraphie simultanée* (*Deutsche Verkehrszeitung*, 1903, n° 44).

circuits télégraphiques, il est nécessaire d'employer le transformateur téléphonique comme l'indique la figure 49. L_1 et L_2 sont les deux circuits : au moyen des bobines p et s , du transformateur U , ils sont mis en relation en B de façon qu'il n'y ait aucun mélange entre les courants télégraphiques provenant des groupes d'appareils I, II et III, IV ; en même temps, la continuité téléphonique est assurée entre les deux circuits par le transformateur, de telle façon que les postes F_1 et F_2 de A et de C peuvent communiquer entre eux sans aucun trouble. Que ces postes soient d'ailleurs en A et C, ou dans d'autres localités, est naturellement, dans ce cas, une question sans importance.

γ . Deux circuits doivent être installés de façon qu'une transmission télégraphique puisse être faite sur chacun des conducteurs et qu'à volonté on puisse constituer soit un seul, soit deux circuits téléphoniques.

Dans la figure 50, les deux circuits L_1 et L_2 sont liés de telle façon que les courants télégraphiques émis par l'installation I sortent du circuit L_1 au sommet de la bobine S_2 , puis entrent par S_3 sur le circuit L_2 . Il en est de même pour les courants émis par l'installation II dans le sens opposé. Les

Fig. 50.



deux installations télégraphiques peuvent aussi travailler ensemble d'une façon permanente, sans s'occuper si ce sont des lignes d'abonnés, telles que I_a , I_b qui sont reliées aux bureaux téléphoniques ou si ce sont des circuits interurbains, comme L_3 , L_4 , L_5 : dans chacun de ces cas, on complète l'installation par des transformateurs U_1 , U_2 , U_3 , U_4 , comme l'indique la figure.

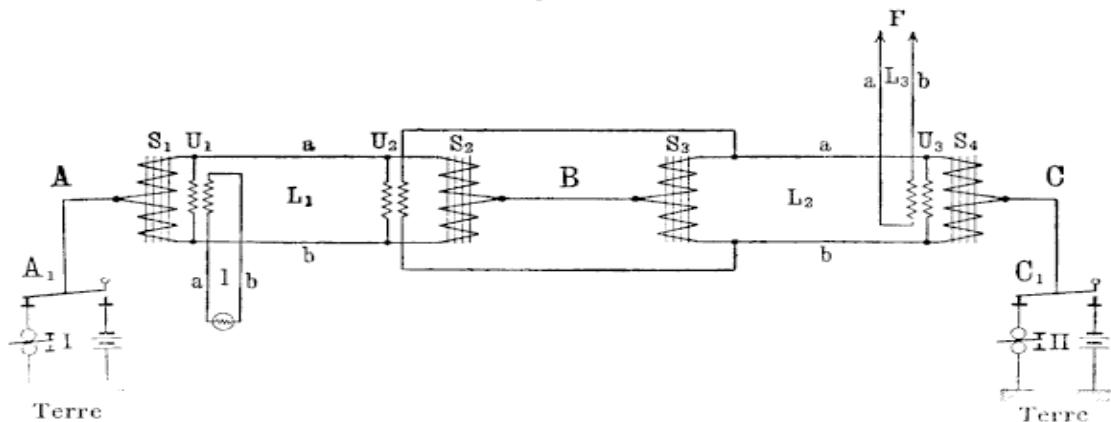
Cette installation permet aussi de réunir en B les deux circuits, comme l'indique la figure 51, pour réaliser un circuit téléphonique continu AC ; ce circuit peut être prolongé par un circuit d'abonné I ou par une ligne interurbaine L_3 , par exemple ; dans tous les cas, des transformateurs U_1 , U_2 , U_3 sont nécessaires pour ces liaisons.

Il résulte des considérations suivantes qu'il est indispensable de se servir du transformateur U_2 . En effet, si l'on ne réunissait pas les deux cir-

64 PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

cuits en B à travers le transformateur, mais directement, comme le montre la figure 52, il pourrait, il est vrai, ne pas exister de perte dans les courants télégraphiques; par contre, la résistance du circuit télégraphique serait, en

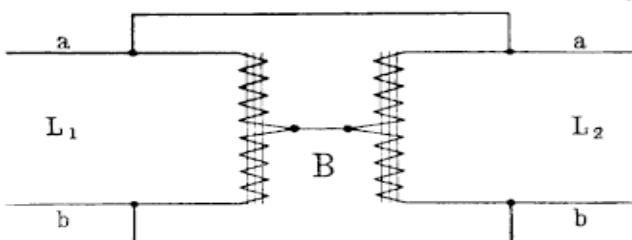
Fig. 51.



raison de cette liaison et de la réunion de bobines séparatrices en B, diminuée de $2 \times \frac{1160}{2}$ ohms.

Inversement, la résistance serait élevée de la même valeur si la liaison

Fig. 52.



était subitement supprimée. L'intensité des courants télégraphiques serait ainsi soumise à de fortes variations. En supposant que l'un des circuits possède une résistance de 300 ohms par fil et l'autre de 500 ohms, la résistance du circuit télégraphique entier AC, lorsque les appareils sont directement réunis aux bobines doubles des extrémités A et C (fig. 50) et sans compter la résistance des appareils eux-mêmes, serait de

$$\frac{1160 + 300 + 2 \times 1160 + 500 + 1160}{2} = 2720 \text{ ohms.}$$

Si les bobines en B sont court-circuitées par la formation d'une voie continue pour le téléphone AC (fig. 52), la résistance du circuit télégraphique ne comporterait plus que

$$2720 - 1160 = 1560 \text{ ohms,}$$

c'est-à-dire seulement 60 pour 100 de la résistance initiale. L'intensité croîtrait alors d'une façon brusque, puis subirait ensuite subitement une décroissance à la rupture de la liaison; par suite, les appareils télégraphiques ne pourraient plus correspondre d'une façon régulière. Si l'installation est faite en B au moyen d'un transformateur, comme l'indique la figure 51, la résistance du circuit télégraphique AC demeure toujours de 2720 ohms, que la liaison téléphonique de L_1 et de L_2 soit ou non effectuée.

Pour la marche des courants télégraphiques sur les circuits à double conducteur, il est évidemment sans intérêt que les installations télégraphiques I et II soient précisément aux endroits A et C à côté des bobines séparatrices S_1 et S_2 (fig. 50 et 51) ou plus éloignées par exemple dans les localités A_1 et C_1 .

Pour l'établissement de nouvelles relations télégraphiques, le montage de la figure 50 peut facilement être utilisé d'une façon beaucoup plus étendue.

Supposons que les deux circuits téléphoniques ne se terminent pas dans la même localité B, mais que l'un aille de A en B_1 , tandis que l'autre va de C à B_2 (B_1 et B_2 sont indiqués entre parenthèses dans la figure 50): ils n'ont alors réellement aucun lien commun; les sommets des bobines S_1 et S_2 situées en B_1 et B_2 peuvent cependant être reliés ensemble par un conducteur unique pour réaliser une transmission entre les localités A_1 et C_1 . Il est possible de réaliser à peu de frais, de cette manière, de nouvelles communications télégraphiques entre deux endroits très éloignés, par utilisation de circuits à double fil parcourant des chemins très différents.

Ce procédé de création de lignes télégraphiques artificielles peut être étendu à plus de deux lignes téléphoniques : le schéma de la figure 53 représente une semblable extension. L_1 est un circuit téléphonique entre A et B, L_2 en est un autre entre B et C; L_3 un troisième entre D et E, très éloigné des deux circuits précédents. Pour réaliser entre les localités M et N, à l'aide de ces trois circuits, une relation télégraphique, il est simplement nécessaire, en dehors de l'adjonction des bobines doubles, de construire les circuits unifilaires MA, CD et EM. De cette façon, les circuits L_1 et L_2 peuvent subsister comme circuits séparés entre A et B ou B et C sans nullement troubler le télégraphe; ils peuvent aussi, comme il a été expliqué plus haut, être réunis en B au moyen d'un transformateur de façon à ne réaliser qu'une seule communication AC.

Naturellement, le procédé a des limites : avec des lignes de longueur croissante on augmente la possibilité d'avoir des défauts en un point quelconque, qui rendent l'exploitation télégraphique impossible en elle-même, ou qui occasionnent de tels troubles dans l'exploitation du téléphone, que l'exploitation du télégraphe doive être supprimée en faveur de cette dernière. Et d'ailleurs, la production de bruits parasites dus au télégraphe est d'autant plus favorisée, que la tension de la batterie correspondant à la longueur de la ligne est plus élevée. Cependant on peut partiellement

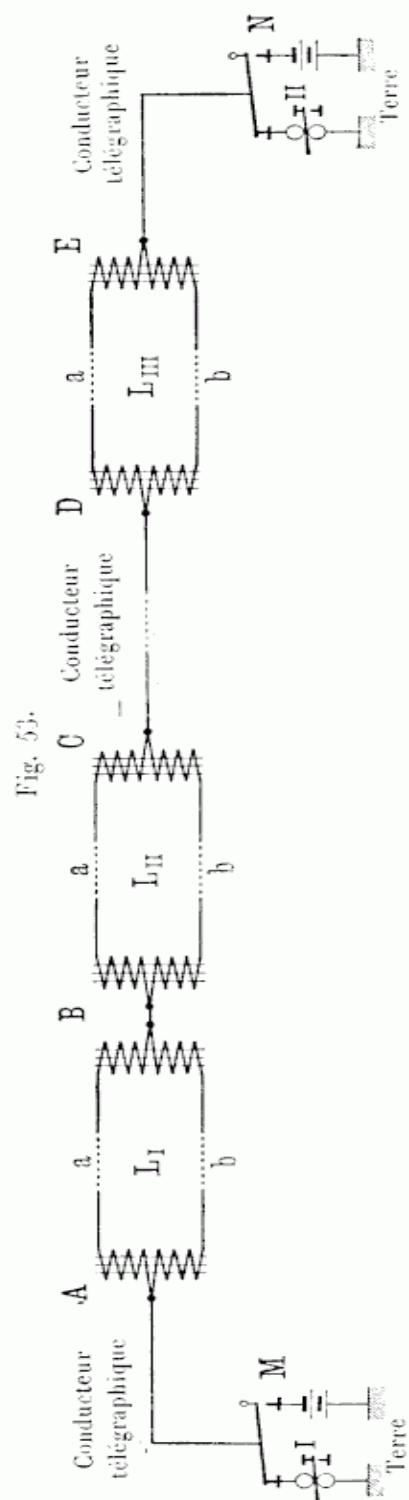
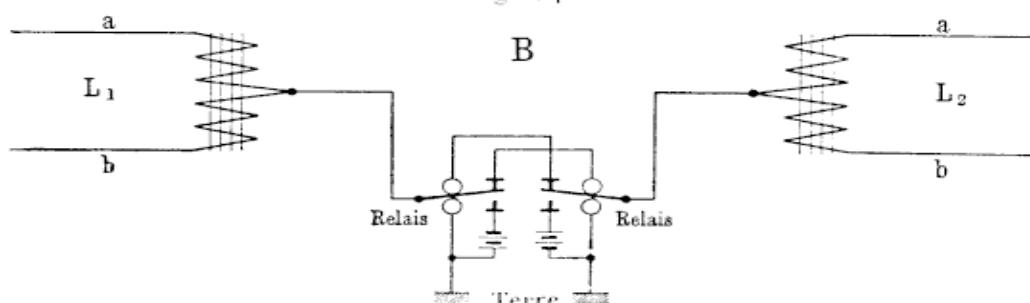


Fig. 53.

tourner la difficulté en se servant, comme l'indique la figure 54, dans les stations intermédiaires entre les bobines séparatrices, d'un relais télégraphique : ce relais permet d'employer dans les bureaux M et N des tensions

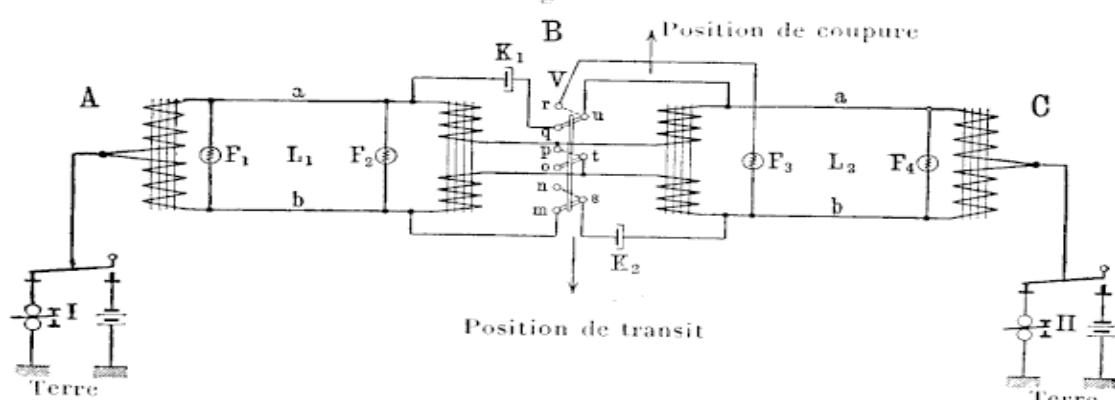
Fig. 54.



de batteries réduites⁽¹⁾. Il n'est pas possible de préciser ici quelle nouvelle cause d'insécurité l'emploi de ce relais serait pour la transmission sur ce circuit.

Si L_1 et L_2 , dans les figures 50 et 51, ne sont pas des circuits téléphoniques indépendants, mais seulement des sections d'un circuit téléphonique entre A et C avec poste intermédiaire en B, on peut employer, pour séparer et réunir les deux circuits AB et BC, des dispositifs extrêmement simples. On ne dispose d'ailleurs de poste intermédiaire que lorsque les relations entre les différentes localités sont telles que tantôt le circuit total, tantôt une de ses sections sont employés.

Fig. 55.

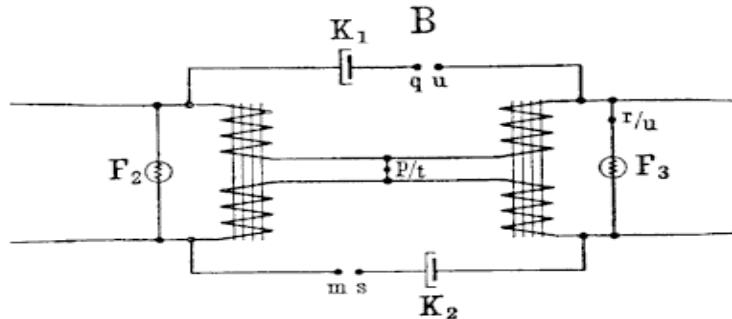


Dans la figure 55, $L_1 L_2$ forme un circuit bifilaire allant de A en C à travers B. Aux extrémités A et C sont connectées des installations télé-

⁽¹⁾ Description des appareils usuels de l'Administration Impériale : portefeuille figure 14; texte, page 72; voir aussi l'Appendice de 1908, figure 12.

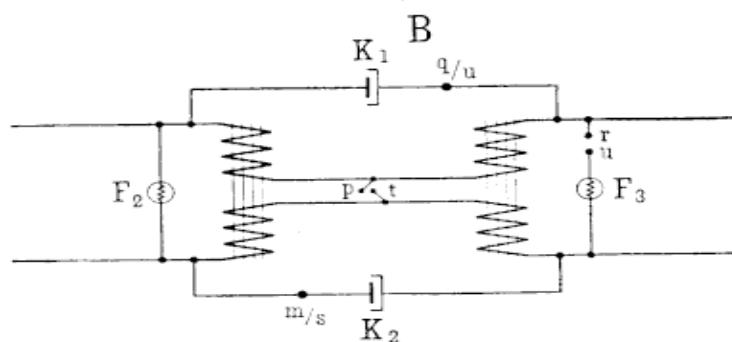
graphiques à la manière ordinaire. Le bureau B doit être en mesure soit d'entrer en communication avec A et C, soit de laisser le circuit libre entre les deux bureaux terminaux, l'une et l'autre de ces opérations ne gênant pas le télégraphe. Pour pouvoir réaliser ces opérations d'un seul coup, on dispose au bureau B, entre les bobines séparatrices d'un commutateur à manettes triple V; la coupure du circuit correspondra, par exemple, à la

Fig. 56.



mise de ce commutateur sur les plots n , p , r . Il est à remarquer que, dans cette position, les condensateurs K_1 et K_2 sont isolés d'un côté et, par suite, sont sans effet; par la jonction des contacts p et t , ainsi que r et u , la figure 56 correspond absolument à la figure 50, c'est-à-dire qu'un circuit télégraphique AC et deux circuits téléphoniques AB et BC ont été réalisés. Si le commutateur est placé à la position de transit, sur les plots m , o et q , on obtient le montage de la figure 57.

Fig. 57.



Dans ce dernier montage, les courants téléphoniques passent de F_1 à F_3 à travers les condensateurs K_1 et K_2 ; le bureau B peut se mettre en dérivation à l'aide du récepteur F_2 sur le circuit AC, tandis que le récepteur F_3 est mis hors circuit par la rupture du contact ru . Le circuit télégraphique AC n'est pas modifié, parce que les condensateurs forcent les courants télégraphiques à passer par les bobines séparatrices, de telle

façon que la résistance du circuit télégraphique demeure toujours la même. Il est exact que, lors de l'insertion de la ligne de transit (*fig. 57*), la présence des condensateurs K_1 et K_2 élève la capacité de la ligne. Mais, comme des circuits de cette nature ne servent pas généralement à un trafic très développé, l'exploitation télégraphique se fera, pour ainsi dire, uniquement avec l'appareil Morse ou avec l'électro-frappeur; pour ces appareils, l'insertion ou la mise hors circuit de condensateurs de 0,25 à 2 microfarads n'a pas une grande importance. Avec l'exploitation Hughes, au contraire, la transmission des signaux peut être troublée à chaque changement du commutateur triple et le synchronisme peut se trouver en défaut.

Le montage de la figure 55 est enfin disposé de telle façon que, pour la communication téléphonique de transit (*fig. 57*), le bureau A peut, sans déranger le télégraphe, envoyer des courants continus pour appeler le bureau C à travers le bureau B; pour cela, un des conducteurs avec les deux moitiés de bobines qui lui sont adjointes (dans la figure 55, la branche $L_{1a} L_{2b}$ avec les moitiés supérieures des bobines de B) sert de conducteur d'aller, et l'autre conducteur avec les moitiés des bobines qui lui sont voisines ($L_{1b} L_{2a}$ et les moitiés inférieures des bobines de B) sert de conducteur de retour. Il en résulte, lorsqu'on télégraphie pendant un appel téléphonique, une superposition de courants continus analogues à celle obtenue dans le montage de Dejongh.

Si la coupure est faite en B (*fig. 56*), les deux moitiés des bobines sont réunies ensemble par le joint *pl*, de telle façon qu'aucun courant téléphonique ne puisse passer du circuit L_1 , à travers les enroulements des bobines, sur le circuit L_2 .

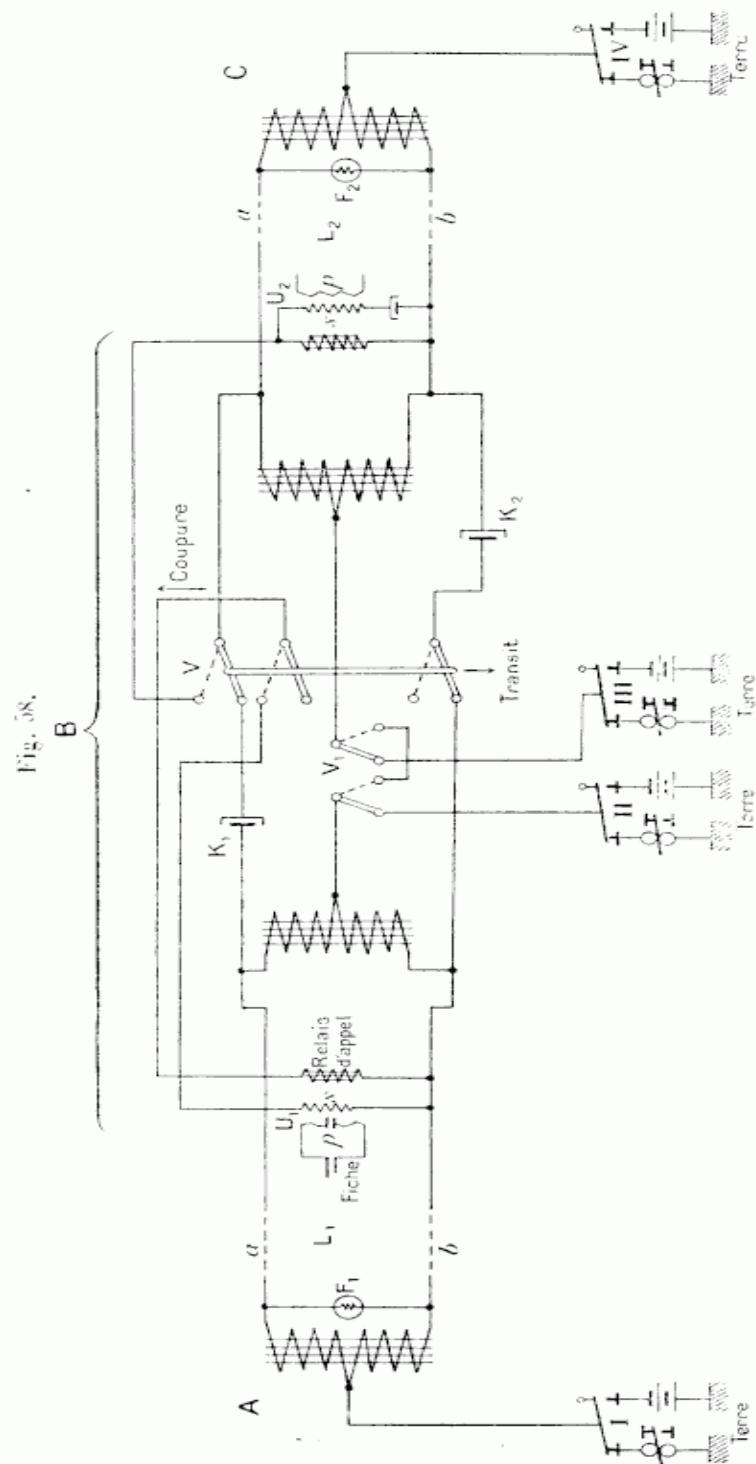
6. Deux circuits doivent être réunis de façon à pouvoir réaliser à volonté une seule ou deux communications téléphoniques, en même temps qu'une ou deux communications télégraphiques.

La figure 58 montre une installation qui, à l'aide du commutateur triple V et du commutateur double V_1 , réalise les circuits suivants :

1^o Communications téléphoniques AB et BC avec communications télégraphiques I-II et III-IV ou communication télégraphique I-IV;

2^o Communication téléphonique AC avec communications télégraphiques I-II et III-IV ou communication télégraphique I-IV.

La liaison ou la coupure des circuits téléphoniques se font comme dans les montages des figures 55 à 57, à l'aide du commutateur triple V, tandis que les circuits télégraphiques sont reliés ou coupés par le commutateur V_1 . U_1 et U_2 sont les transformateurs du bureau téléphonique de B. Quand le commutateur V est dirigé suivant la flèche supérieure, deux circuits téléphoniques indépendants sont constitués : ils sont fermés sur des transformateurs (U_1 et U_2) pour permettre la jonction d'autres circuits télépho-



niques, dans l'hypothèse où les postes du bureau ne sont pas branchés directement, sur la ligne comme on l'a représenté pour les bureaux A et C.

Le circuit téléphonique AB est donc constitué de la façon suivante : poste F₁ en A, branche *a* de la ligne L₁, bras médian du commutateur V en B, plot de contact supérieur de ce bras (le bras suivra la ligne ponctuée), secondaire *s* du transformateur U₁, branche *b* du conducteur L₁, et retour au poste F₁. Le circuit CB suit un trajet analogue : du poste F₂ en C, à la branche *a* du conducteur L₂, puis par la liaison spéciale au bras supérieur du commutateur V en B, suivant la ligne ponctuée au plot de contact supérieur de ce bras, puis au secondaire *s* du transformateur U₂ et, de là retour au poste F₂ par la branche *b* du circuit L₂.

Pendant que le commutateur V est sur la position de coupure, on peut, par le commutateur V₁, réaliser soit le circuit télégraphique I-IV, soit les deux circuits élémentaires II-I et III-IV, sans que les circuits téléphoniques soient influencés d'une façon quelconque.

Si le commutateur V est placé sur les plots de contact inférieurs, il n'y aura qu'un seul circuit téléphonique AC constitué de la façon suivante : poste F₁ en A, branche *a* du circuit L₁, condensateur K₁ en B, bras supérieur du commutateur V, branche *a* du circuit L₁, appareil F₂ en C, branche *b* du circuit L₂, condensateur K₂ en B, bras inférieur du commutateur V, branche *b* de L₁ et enfin poste F₁ en A.

Naturellement aux lieux et places des postes F₁ et F₂ peuvent être utilisés des transformateurs, de façon à pouvoir relier aux bureaux A et C d'autres lignes secondaires sans nuire à la transmission télégraphique. Avec ce montage, le relais d'appel du circuit L₁ reste en ligne dans le bureau B, pour donner le signal de fin de conversation. Pour leur appel réciproque, les bureaux A et C doivent se servir de courant alternatif. Le montage des circuits télégraphiques reste le même que précédemment.

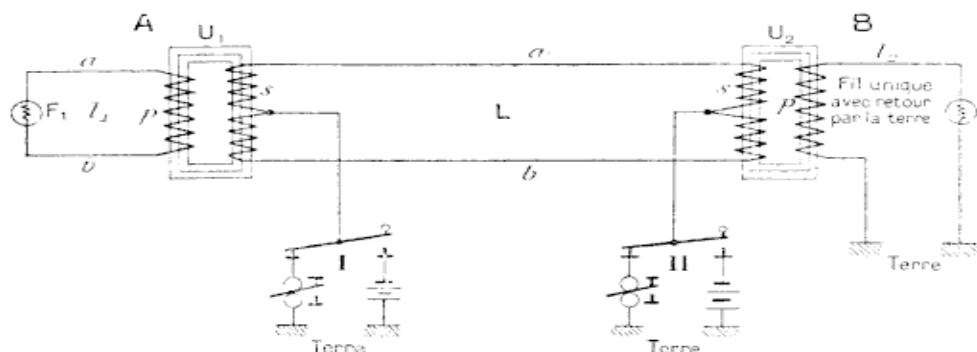
Il n'y a pas intérêt pour l'exploitation téléphonique à donner de plus amples facilités à la télégraphie et téléphonie simultanées. Plus, en effet, on complique les schémas et les montages avec des dispositifs ne servant pas directement au téléphone, plus l'exploitation téléphonique devient spacieuse. Le schéma de la figure 58 donne le principe des modifications les plus complètes qu'il est possible de faire à la disposition proprement dite des circuits téléphoniques interurbains.

7. Le transformateur téléphonique comme bobine de séparation. — On peut se poser la question de savoir s'il est absolument nécessaire de se servir pour les montages de télégraphie et téléphonie simultanées à la fois de transformateurs téléphoniques et de bobines séparatrices. Est-il possible d'employer aussi le transformateur téléphonique pour la séparation, puis la réunion des courants télégraphiques ?

Cette question peut être traitée sans entrer d'une façon détaillée dans des explications sur les montages des bureaux téléphoniques (1).

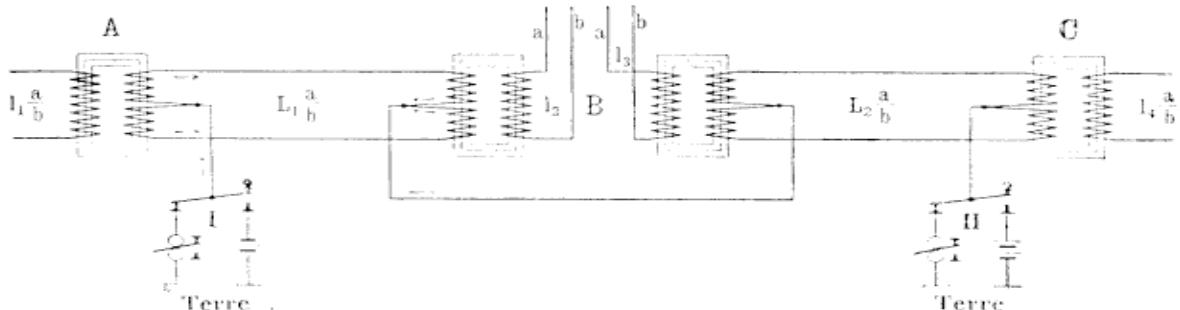
La figure 59 montre une semblable installation. U_1 et U_2 sont deux transformateurs téléphoniques dont l'enroulement secondaire s est séparé

Fig. 59.



en deux moitiés exactement semblables, afin de pouvoir réaliser les jonctions avec les installations télégraphiques I et II, et former les branches du pont. Il n'est pas absolument nécessaire d'avoir un anneau de fer doux entièrement fermé, comme le montre la figure 59, et l'on peut aussi bien employer des transformateurs à circuit magnétique ouvert. La chose prin-

Fig. 60.



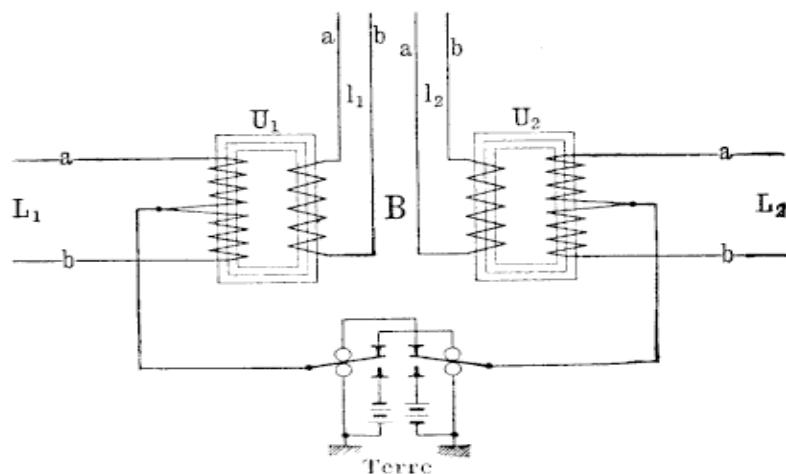
cipale est que les deux moitiés du secondaire s de chaque transformateur possède des propriétés électriques et magnétiques absolument identiques. La moindre différence amènerait dans les circuits téléphoniques des troubles dus aux courants télégraphiques. Le circuit téléphonique lui-même ne sera pas influencé par cette division du secondaire de la bobine, car les courants de conversation traversent toujours la bobine en entier,

(1) Voir *Quelques propositions pour la simplification des montages de Télégraphie et de Téléphonie simultanées sur circuits bifilaires* (*Journal télégraphique*, 1897, p. 27; 1898, p. 283).

comme si les dérivations vers les appareils télégraphiques n'existaient pas. Dans les appareils télégraphiques aussi, il ne peut pénétrer aucun courant téléphonique, à la condition que les branches du circuit possèdent un bon isolement. Il est encore moins possible aux courants télégraphiques de pénétrer dans les circuits I_1 et I_2 , qui ne sont réunis à l'installation que par une bobine d'induction.

L'installation peut encore être davantage perfectionnée. Il n'y a, par exemple, aucune difficulté à réunir deux circuits téléphoniques et un seul circuit télégraphique sans gêne pour l'exploitation téléphonique; on reliera pour cela directement les circuits, comme l'indique la figure 6o, ou bien on se servira d'une retransmission par relais, comme l'indique la figure 61.

Fig. 61.



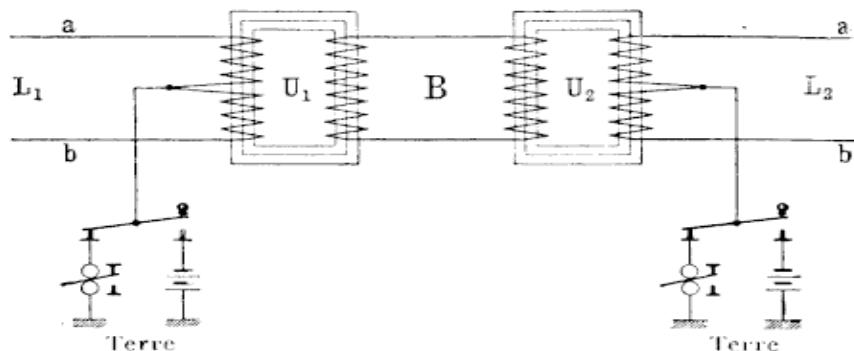
Le montage devient beaucoup moins pratique lorsque deux circuits équipés pour la télégraphie et la téléphonie simultanées doivent pouvoir être réunis pour former un seul circuit téléphonique. Dans ce cas, il faut, comme le montre la figure 62, que les deux transformateurs U_1 et U_2 soient insérés dans le circuit au bureau B, alors que, pour le même but, le schéma de la figure 49 n'utilise qu'un seul transformateur. Les transformateurs ont un rendement électrique qui ne dépasse pas 75 pour 100; dans le montage de la figure 62, le bureau créerait donc, pour la transmission de la parole, une perte d'énergie d'au moins 45 pour 100.

Ces différents montages n'ont pas, jusqu'ici, été employés dans le réseau allemand. Ils ne pourraient d'ailleurs être introduits sans un profond changement dans l'équipement technique des bureaux téléphoniques; le montage de Dejongh, qui comporte une double utilisation du transformateur téléphonique, serait d'ailleurs impossible à réaliser, comme on le verra dans le Chapitre suivant.

Nous ne pouvons entrer dans de plus amples détails sur les avantages et

inconvénients de ces différents montages, ni sur la description des installations téléphoniques, qui peuvent utiliser le transformateur téléphonique au double point de vue précédemment envisagé. D'ailleurs, l'emploi des

Fig. 62.



bobines de séparation est si commode et si peu coûteux (¹) qu'il est, de ce fait même, inutile de prendre en considération toute modification importante dans l'équipement actuel des bureaux, en vue de rendre possible la télégraphie sur conducteurs téléphoniques (²).

c. — Installations particulières de bureaux.

Dans l'exposé qui a été fait des différents montages employés pour la télégraphie sur circuits bifilaires téléphoniques, les installations du bureau téléphonique ont été, par simplification (à l'exception du montage Dejongh, fig. 37 et 42), représentées schématiquement soit par un récepteur seul, soit par un récepteur avec transformateur et quelques organes de commutation. Il y a lieu d'établir d'une façon nette en quelle mesure les installations du bureau téléphonique peuvent être conservées dans le cas de l'appropriation d'une ligne à la télégraphie et la téléphonie simultanées et quelles modifications il y a lieu de leur faire subir. Nous envisagerons spécialement les montages utilisant les bobines de séparation pour la liaison de l'appareil télégraphique; par contre, les montages où des transformateurs téléphoniques servent à la liaison des appareils télégraphiques seront seulement mentionnés.

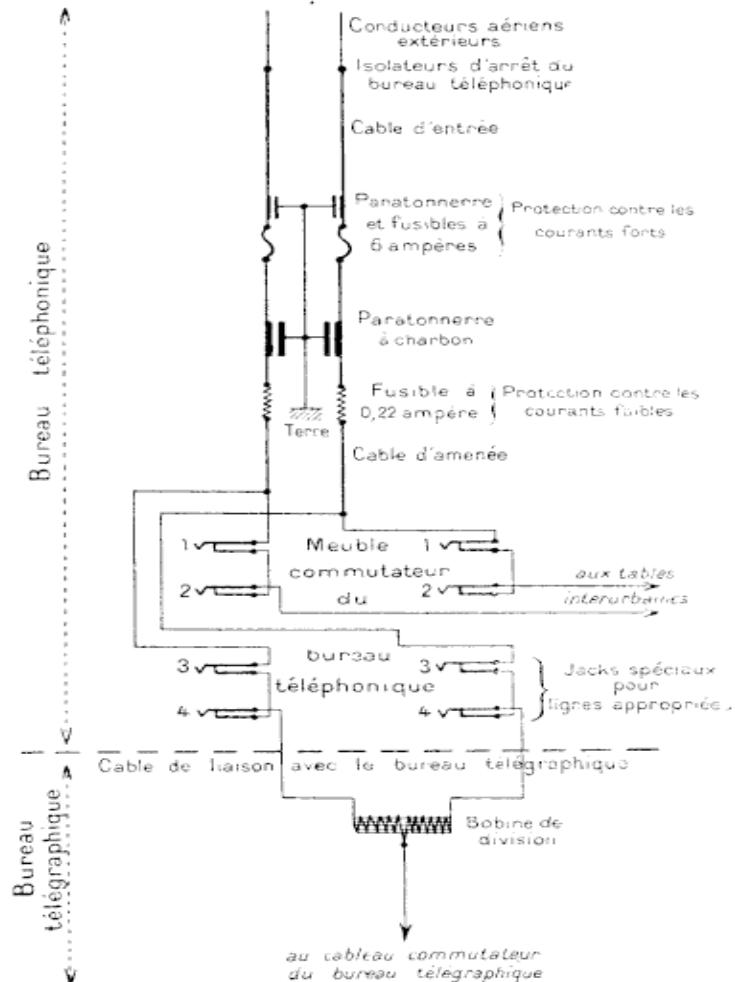
1. Les conducteurs de liaison entre le bureau télégraphique et le bureau téléphonique. — D'après les prescriptions de l'Administration Impériale

(¹) La bobine allemande coûte 50fr environ.

(²) La même réflexion pourrait être faite à propos de l'utilisation des organes d'appel des circuits téléphoniques comme bobine de séparation pour le télégraphe; ce sujet a été entièrement laissé de côté.

allemande⁽¹⁾, on équipe les lignes interurbaines à leur entrée dans le bureau avec des paratonnerres à charbon et des fusibles de sécurité pour courants faibles; lorsque les conducteurs aériens peuvent éventuellement venir en contact avec des fils d'énergie ou de lumière, on les munit également de fusibles de sécurité pour courants forts (*voir fig. 63*). Il n'y a rien à changer

Fig. 63.



à ce mode d'introduction des fils, quand ceux-ci sont appropriés à l'exploitation simultanée. Dans les meubles commutateurs, chaque fil d'un circuit est amené séparément à deux jacks à simple rupture placés en série; (*fig. 63, 1 et 2*); du premier jack, on peut ainsi essayer le conducteur

⁽¹⁾) *Instruction relative à la construction des lignes télégraphiques*, 1902, p. 332 et suivantes.

à l'extérieur du bureau et du second les liaisons avec le meuble interurbain. Dans les montages pour télégraphie et téléphonie simultanées dans les bureaux importants, et particulièrement lorsque les deux exploitations ne se font pas tout à fait l'une à côté de l'autre, on emploie de plus pour chaque conducteur deux autres jacks (3 et 4); les conducteurs de jonction avec le bureau télégraphique y sont connectés de telle façon qu'on puisse essayer du jack n° 3 les fils qui sont dérivés du bureau téléphonique pour le télégraphe, et du jack n° 4 les connexions avec la bobine de séparation qui est supposée être, comme l'indique la figure, dans le bureau télégraphique. Si les bobines séparatrices ne sont pas au bureau télégraphique, mais à proximité du meuble commutateur du bureau téléphonique, le montage doit être légèrement modifié, afin de permettre l'essai des connexions avec le bureau télégraphique d'une autre façon. Mais comme il n'y a que des cas isolés de cette espèce, qui dépendent de conditions locales, il n'y a pas lieu d'en donner une explication complète.

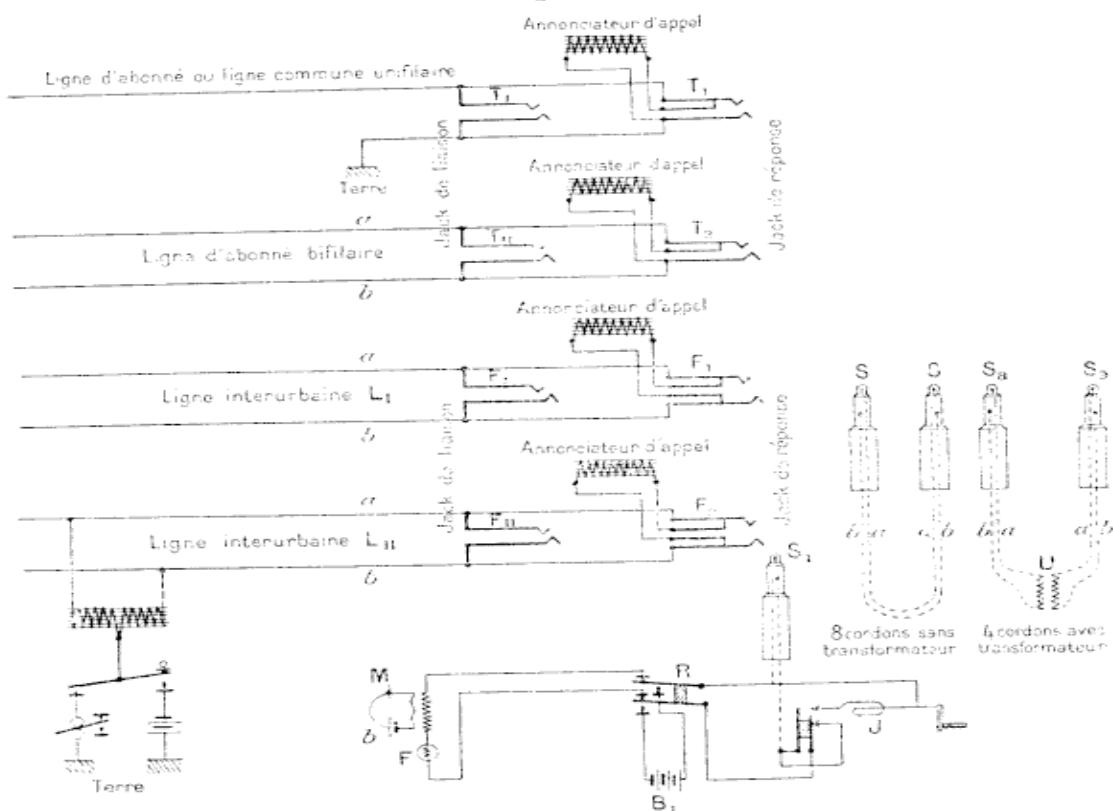
2. Les montages du bureau téléphonique. — Il est inutile de parler de tous les meubles commutateurs ou tables interurbaines qui ont été ou sont encore employés, pour avoir une idée des changements qu'on a dû leur apporter en vue de l'exploitation télégraphique; il suffira simplement d'étudier les montages les plus usuels dans le cas de bureaux téléphoniques de faible, de moyenne et de grande importance.

a. Montages pour petits bureaux. — Sous la désignation de petits bureaux, on comprendra un bureau où n'aboutissent que quelques lignes et qui n'est desservi que par un seul employé. A cet effet, on se sert en particulier, dans l'Empire allemand, d'un meuble à volets annonciateurs du modèle de l'Administration, qui peut recevoir 50 circuits bifilaires d'abonnés et 4 circuits interurbains. La disposition intérieure de ce meuble est indiquée schématiquement par la figure 64; les organes qui ne sont pas indispensables pour l'explication, tels que contacts d'annonciateurs et d'armature, sonneries, prises de terre, etc., n'ont pas été représentés.

La figure 64 représente le montage d'une ligne unifilaire d'abonné ou d'une ligne commune à plusieurs abonnés également unifilaire, d'un circuit d'abonné bifilaire et de deux lignes interurbaines (L_1 et L_2). Chaque circuit aboutit à un jack de réponse T_1 , T_2 , F_1 , F_2 , à côté duquel se trouve un jack de liaison T_L , F_L ; les annonciateurs servent de signaux d'appel et de fin. Pour la réponse, on emploie un système fort simple permettant l'écoute et la conversation et comprenant une fiche S_1 pouvant s'adapter à n'importe quel jack de ligne. Pour l'appel sur les lignes d'abonnés ou les lignes communes, on se sert d'une magnéto J et, pour l'appel sur lignes interurbaines, d'une clef R donnant le courant continu d'une batterie B_T . Pour la liaison des lignes d'abonnés et des lignes communes entre elles, des lignes interurbaines entre elles, et des lignes d'abonnés bifilaires avec

des lignes interurbaines, la table possède huit paires de cordons simples avec fiches SS; pour relier les lignes d'abonnés unifilaires aux lignes interurbaines, il existe de plus, pour chaque table, quatre paires de cordons S_a dans chacune desquelles est inséré un transformateur U. Ces paires de

Fig. 64.



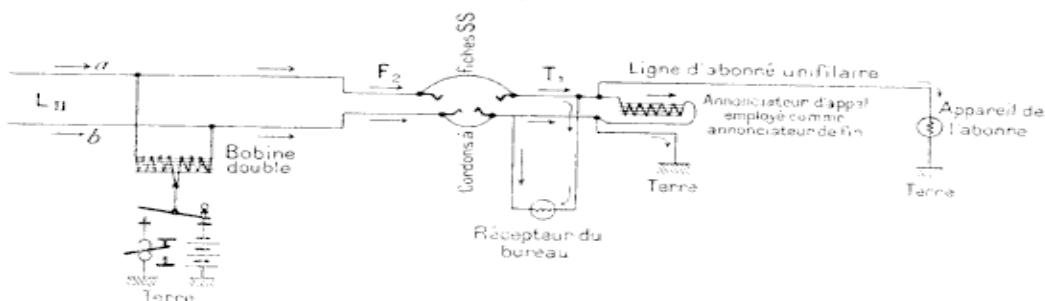
cordons doivent être utilisées de façon que l'une des fiches soit toujours introduite dans le jack de réponse d'une ligne tandis que la seconde fiche est toujours placée dans le jack de liaison de l'autre ligne.

Lorsque l'une des lignes interurbaines, L₂, par exemple, est utilisée également pour la télégraphie, il y a lieu d'apporter une limitation dans l'emploi des fiches SS : il serait, en effet, mauvais, comme il a été expliqué plus haut (p. 60), de relier directement une ligne appropriée à la télégraphie à d'autres circuits. En conséquence les paires de cordons SS serviront, dans ce cas seulement, pour les liaisons de lignes d'abonnés et de lignes communes; pour le surplus, il y a lieu de se servir de paires S_aS_a. On serait donc conduit à augmenter le nombre de paires avec transformateurs (S_aS_a) et de diminuer dans le même rapport celui des cordons sans transformateurs (SS).

Tant que des cordons sans transformateurs seront employés sur une table, tout risque d'erreur dans le choix de la fiche ne sera pas écarté. Il est vrai qu'il ne résultera pas de gêne particulière pour l'exploitation télégraphique, si l'on relie à une ligne interurbaine appropriée un autre circuit bien isolé, que ce soit un circuit d'abonné ou un circuit interurbain, tout et autant que ce dernier circuit ne sera pas lui aussi utilisé pour la télégraphie (*voir p. 59*). Si l'on vient à joindre par erreur à la ligne interurbaine L_H un circuit unifilaire ou un circuit bifilaire mal isolé sans transformateur, il en résultera non seulement une perte d'énergie pour les courants télégraphiques pouvant empêcher d'une façon absolue l'exploitation du télégraphe, mais il pourra y avoir aussi danger pour les personnes qui se serviront des circuits pour converser.

Dans les figures 65 et 66, on a indiqué par des flèches la marche des courants télégraphiques dans le cas où la ligne interurbaine L_H est réunie,

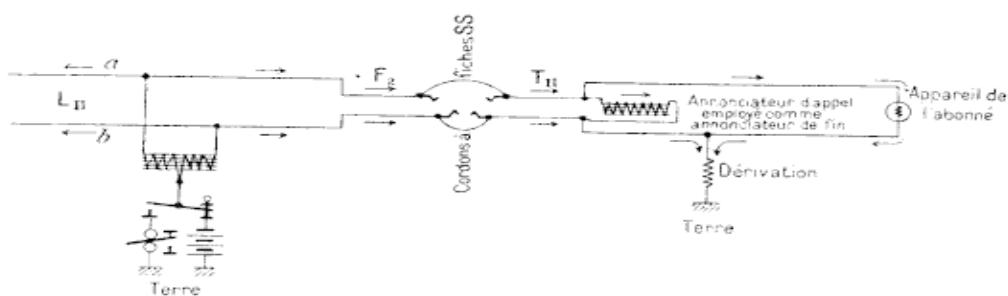
Fig. 65.



sans transformateur à un circuit unifilaire (*fig. 65*) ou à un circuit bifilaire mal isolé.

Dans des cas semblables prendront naissance, au détriment de l'exploitation télégraphique, diverses dérivations des courants télégraphiques à

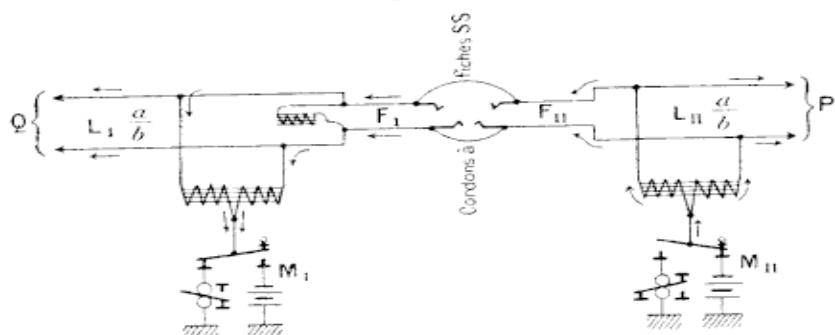
Fig. 66.



travers le meuble commutateur à annonceurs et à travers le récepteur de l'abonné rattaché à la ligne; il y aura donc une gêne considérable dans l'exploitation téléphonique, car il se produira dans le récepteur de l'abonné

des bruits parasites qui, suivant le voltage de la batterie employée pour le télégraphe, peuvent se transformer en de vraies décharges quelque peu dangereuses. De plus, les annonceurs servant de signaux de fin de conversation peuvent être amenés à fonctionner d'une façon intempestive sous l'action des dérivations télégraphiques. Il en résulte un danger pour le personnel d'exploitation : si, en effet, l'employé pensant que l'abonné a donné le signal de fin de conversation met pour contrôle son appareil en dérivation sur la ligne (ainsi que le représente la figure 65), il peut parfaitement se faire que des décharges passent dans le récepteur, qui seront d'autant plus dangereuses qu'elles se produiront plus inopinément.

Fig. 67.



Si deux circuits appropriés sont par erreur reliés ensemble sans transformateur, il pourra se produire, à cause des dérivations de courants, une confusion presque complète des circuits télégraphiques. Ce cas est représenté dans la figure 67 et explicité à l'aide des flèches : on a supposé que les courants de l'appareil Morse M_{II} , destinés uniquement au récepteur télégraphique de P , passaient à travers le meuble à annonceurs du circuit bifilaire L_{II} sur le circuit L_I et de là, en partie, par l'appareil Morse M_I , et en partie vers l'appareil placé en Q , qui fonctionne en relation avec M_I , avec retour par la terre : ces deux derniers appareils seront donc actionnés à tort. La confusion serait encore plus grande si l'on télégraphiait en même temps sur les deux lignes interurbaines.

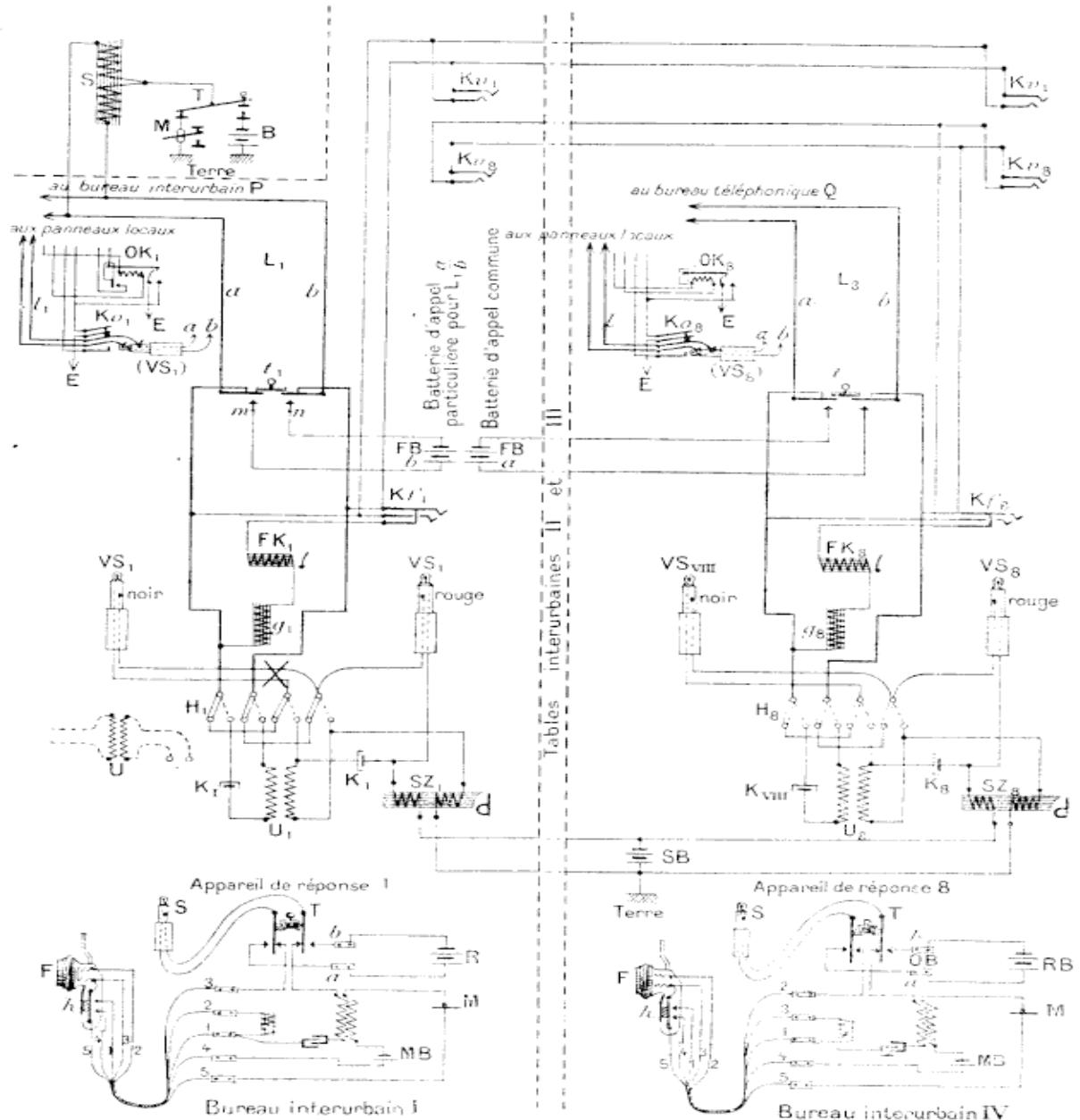
Pour éviter de pareils inconvénients, il sera en particulier nécessaire d'équiper sur les tables tous les cordons avec des transformateurs téléphoniques. Dans le cas seulement où le service des tables est assuré réglementairement et toujours par le même employé, cas où, par conséquent, les chances d'erreur dans les cordons sont moindres, on pourra éviter d'employer d'une façon générale des transformateurs pour tous les cordons.

β. Montages pour bureaux moyens. — Les bureaux centraux pour lesquels les tables ordinaires à annonceurs sont insuffisantes, sont équipés d'après les règlements de l'Administration à l'aide de commutateurs multiples pour le trafic local et à l'aide de tables spéciales, dites *tables*

80 PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

interurbaines, pour le trafic interurbain. Nous n'avons à considérer que les tables interurbaines. Dans la figure 68, on a représenté le montage de

Fig. 68.



deux tables interurbaines (I et IV), en laissant de côté tous les organes qui n'étaient pas indispensables pour chaque circuit. Entre ces tables il y a

lieu de supposer deux tables II et III, dont la présence n'a été indiquée que par les deux traits pointillés sur la figure. Les tables interurbaines ont été équipées pour deux circuits chacune, et seules les lignes L_1 et L_8 ont été représentées dans le cas présent.

Sur ces tables, les commutateurs à levier H_1 et H_8 sont placés au repos sur la position de gauche de telle façon que les transformateurs téléphoniques U_1 et U_8 soient coupés des branches des circuits L_1 et L_8 en deux points, tandis que les fiches de jonction VS_1 et VS_8 ne sont coupées des lignes qu'en un seul point. Les courants continus d'appel venant de l'extérieur passent alors du fil a des lignes par l'un des ressorts de la clef d'appel t_1 et t_8 , à travers les bobines de self g_1 et g_8 insérées avant les annonciateurs d'appel; de là, ils vont aux annonciateurs d'appel FK_1 et FK_8 , puis aux jacks de réponse Kf_1 et Kf_8 , et enfin reviennent à travers le second ressort de la clef d'appel à la branche b de la ligne. Chaque table est munie, pour la réponse, d'un transmetteur et d'un récepteur dont la fiche S doit être enfoncee lors de la demande dans les jacks Kf_1 et Kf_8 .

Entre les tables interurbaines et les commutateurs multiples pour le trafic local se trouvent des circuits de liaison I_1 et I_8 , au moyen desquels les circuits d'abonnés peuvent être amenés sur les tables lors d'une communication; la liaison avec le circuit interurbain se fait en tournant le commutateur H_1 ou H_8 vers la droite et en enfonçant la fiche de fonction VS_1 ou VS_8 dans les jacks Ko_1 , Ko_8 des circuits I_1 ou I_8 . La figure montre que les lignes d'abonnés sont reliées aux circuits interurbains seulement par induction au travers des transformateurs U_1 ou U_8 . Les courants télégraphiques peuvent alors circuler non seulement vers la ligne d'abonné, mais encore rejoindre la terre de la batterie des signaux de fin à travers les indicateurs de fin de conversation SZ_1 ou SZ_8 . Le montage des tables interurbaines remplit donc toutes les conditions exigées par l'exploitation télégraphique pour la liaison des circuits d'abonnés et des circuits interurbains en ce qui concerne l'agencement des fiches VS_1 et VS_8 .

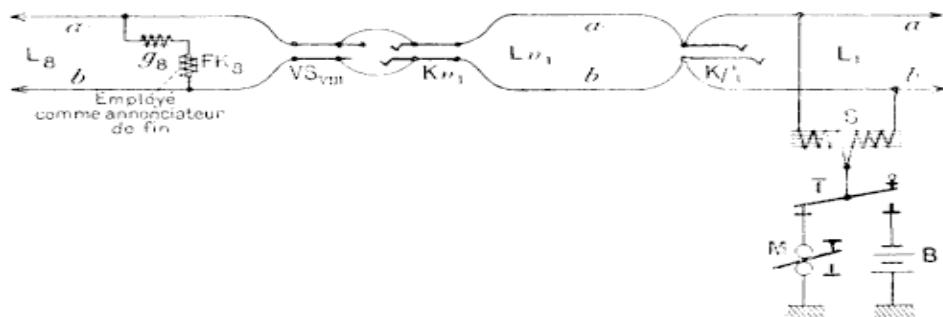
Pour la liaison de lignes interurbaines entre elles, il ne faut pas se servir des fiches VS_1 et VS_8 , qui ne conviennent point; on prendra les fiches VS_1 et VS_{VII} qui, par contre, ne conviennent point pour relier les lignes d'abonnés avec les circuits interurbains. Les fiches S_1 et S_{VII} doivent toujours être prises sans transformateurs, c'est-à-dire avec la position gauche du commutateur H_1 ou H_8 , parce que dans la position de droite, elles comprendraient les organes de fin de conversation qui ne doivent être employés que pour l'exploitation des circuits d'abonnés.

Sur les tables interurbaines, chaque circuit approprié (par exemple, dans la figure 68, L_1) sera réuni à un autre circuit interurbain sans l'intermédiaire d'un transformateur. Il peut en résulter certains inconvénients, comme il a été expliqué plus haut (p. 77 et 78): en effet, lorsque deux circuits interurbains tels que L_1 et L_8 doivent être reliés ensemble, la fiche VS_{VII} à la table interurbaine IV, par exemple, est enfoncee dans le jack

82 PREMIÈRE PARTIE. -- TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

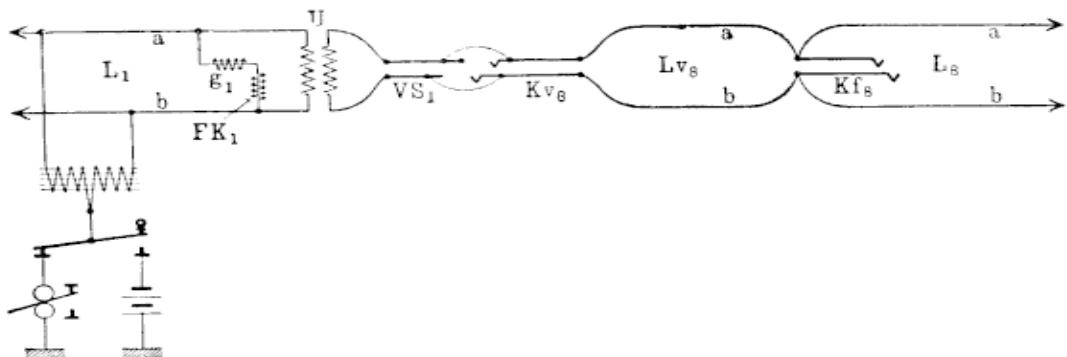
Kv_1 d'un circuit multiplié sur les différentes tables et relié au jack Kf_1 sur la table interurbaine I, tandis qu'à la table I, la fiche VS_1 est placée dans le jack Kf_1 afin de mettre hors circuit l'annonciateur d'appel $F\ K_1$. On peut représenter cette liaison schématiquement comme l'indique la figure 6g, dans laquelle la ligne multipliée est indiquée par Lv_1 .

Fig. 6g.



On peut aussi insérer dans le cordon de la fiche de jonction VS_1 un transformateur U , comme cela est indiqué dans la figure 68, près du commutateur H_1 au moyen de lignes pointillées; une flèche et une croix en indiquent l'emplacement exact; dans ce cas, on réunit les deux circuits interurbains inductivement, de telle façon que les courants télégraphiques ne soient amoindris par aucune perte d'énergie (fig. 70).

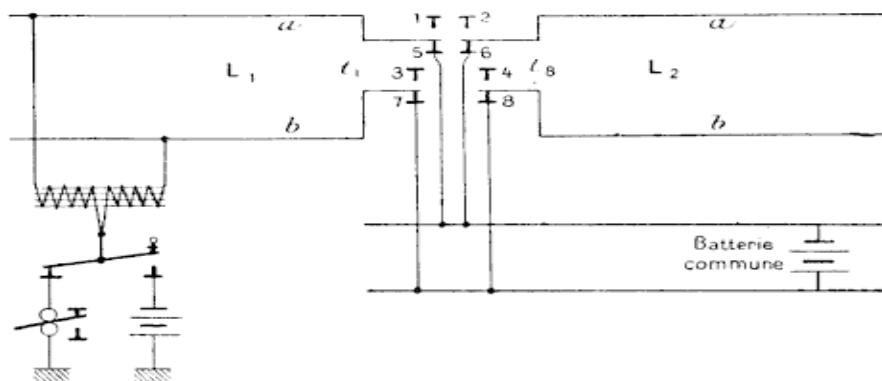
Fig. 70.



Les tables interurbaines présentent encore un endroit par où les courants télégraphiques peuvent accéder sur d'autres circuits interurbains : c'est la batterie d'appel. Lorsque aucun des circuits interurbains n'est approprié à la télégraphie, une seule batterie suffit pour toutes les clefs d'appel I . Dès que des circuits interurbains sont appropriés, les clefs d'appel de ces dernières ne doivent plus être reliées à la batterie commune (c'est pourquoi on a représenté dans la figure 68 deux batteries d'appel). En effet, lorsqu'il n'y a qu'une seule batterie commune, et que la clef d'appel I_1 d'une ligne

L_1 est abaissée en même temps que la clef d'appel d'une autre ligne (par exemple, t_8 de L_8), ce qui arrive souvent dans le service, les deux circuits interurbains sont reliés pendant toute la durée de l'abaissement simultané des clefs à travers la batterie, comme l'indique la figure 71.

Fig. 71.



t_1 et t_8 sont mis simultanément sur les contacts 5, 6, 7, 8 et la batterie, les conducteurs allant aux tables interurbaines 1, 2, 3, 4 sont déconnectés.

Les appareils télégraphiques travailleront, en conséquence, pendant le même temps d'une façon irrégulière. Malgré la faible durée de ce temps, il est parfaitement possible que les télogrammes soient inconsciemment altérés ou mutilés; ceci a lieu principalement avec les appareils Hughes, où certains signes peuvent manquer où être imprimés à tort, sans que le synchronisme soit détruit. Si l'on emploie pour chaque circuit interurbain approprié une batterie d'appel particulière, comme la figure 68 le montre pour la batterie F Bb, on remédie totalement à ce défaut.

Il suffirait aussi de connecter aux contacts m et n de la clef d'appel de chaque circuit approprié, une magnéto à manivelle et l'on éviterait dans ce cas la multiplicité des batteries d'appel. Il est encore plus simple, pour l'exploitation de la table interurbaine, de ne pas employer de clef t et de connecter la magnéto à manivelle avec la ligne, de telle façon qu'au repos les enroulements de la machine ne soient pas reliés à la ligne et soient au contraire mis dans le circuit automatiquement en tournant la manivelle. D'après l'expérience, sont particulièrement convenables pour l'exploitation, des magnétos qui, avec une vitesse de rotation de 3 à 4 tours par seconde, donnent un courant alternatif de 30 à 40 volts avec 15 ou 20 périodes. Sur les circuits voisins ces courants ne produisent presque aucune induction ou un bruit de roulement très sourd et peu nuisible à l'exploitation.

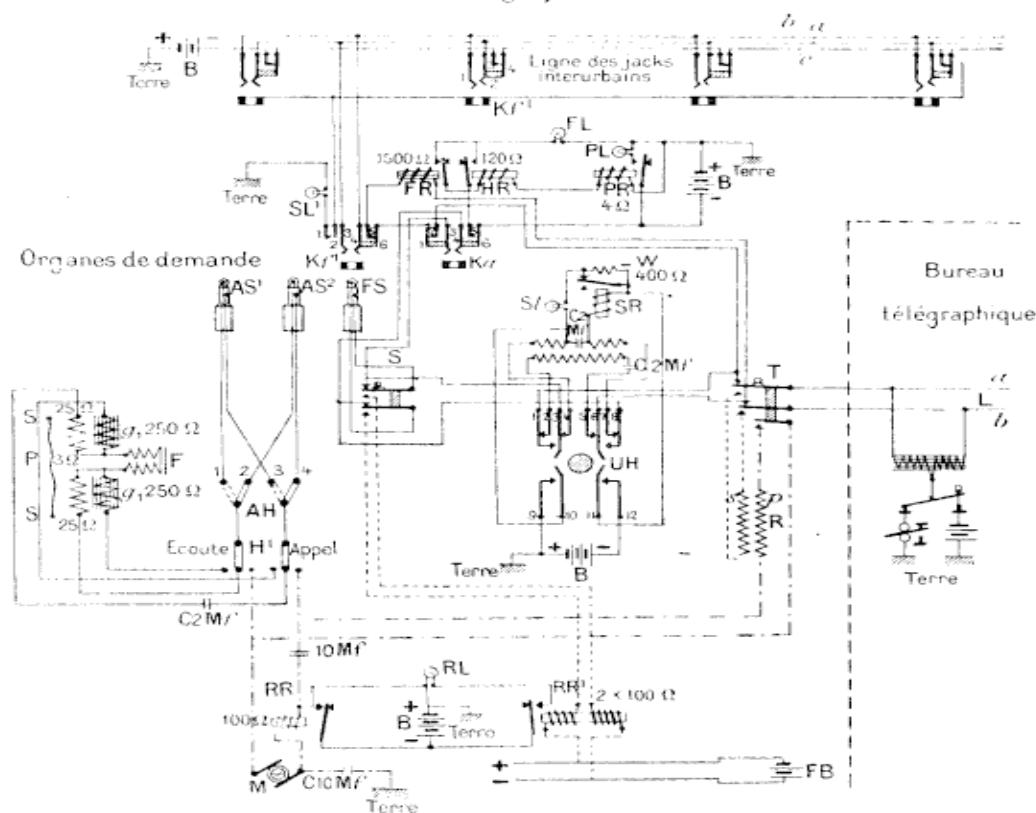
En somme, dans des bureaux de moyenne importance, l'exploitation télégraphique sur des circuits téléphoniques interurbains peut être assurée par des moyens relativement simples, tout et autant qu'il sera toujours pris garde, dans les bureaux centraux téléphoniques, de faire effectuer la

84. PREMIÈRE PARTIE. —— TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

liaison d'un circuit téléphonique ordinaire et d'un circuit approprié à la télégraphie par la position d'opératrice qui dessert le premier de ces circuits (on comparera à cet effet la représentation schématique, satisfaisant à ces conditions, de la figure 70 avec celle de la figure 69). Si les deux circuits servent en même temps aux transmissions simultanées, il est indifférent de faire effectuer la liaison par l'une quelconque des positions d'opératrice, en prenant soin que les cordons des fiches VS₁ des deux circuits soient munis de transformateurs d'après les règles indiquées ci-dessus.

γ. Montages pour grands bureaux centraux. — Les montages indiqués pour bureaux de moyenne importance contiennent tous les principes de l'installation de grands bureaux. La figure 72 montre le montage d'une position

Fig. 72.



qui oblige les courants d'appel à passer par le relais FR (¹). Le relais de fin de conversation SR qui est relié au second enroulement du transformateur est mis en circuit lorsque le commutateur à leviers UH, représenté par la figure dans sa position médiane, est amené en avant. Si, au contraire, ce commutateur est poussé en arrière, l'enroulement du transformateur est mis entièrement hors du circuit de ligne, de telle façon que cette dernière aille directement de la clef d'appel T à la fiche FS par la clef d'appel S : cette fiche FS est utilisée pour les jonctions avec les lignes d'abonnés et les autres lignes interurbaines. L'insertion du signal de fin de conversation, qui n'est d'ailleurs employé que pour les jonctions avec des lignes d'abonnés, ne peut apporter aucun trouble à l'exploitation téléphonique, parce que les circuits interurbains sont toujours dans ce cas bouclés sur un transformateur ; les ressorts 1 et 2, 3 et 4 de UH restent en liaison après fermeture des contacts 9 et 10, 11 et 12. La mise hors circuit du transformateur amènerait les troubles déjà indiqués dans le fonctionnement du télégraphe. Pour l'éviter, il est simplement nécessaire de maintenir d'une façon mécanique le levier de UH, de façon qu'il ne puisse pas être ramené en arrière, c'est-à-dire que la ligne soit toujours fermée par le transformateur. Ce procédé offre l'inconvénient que, dans la réunion de deux lignes semblables, il y aura toujours deux transformateurs dans le circuit.

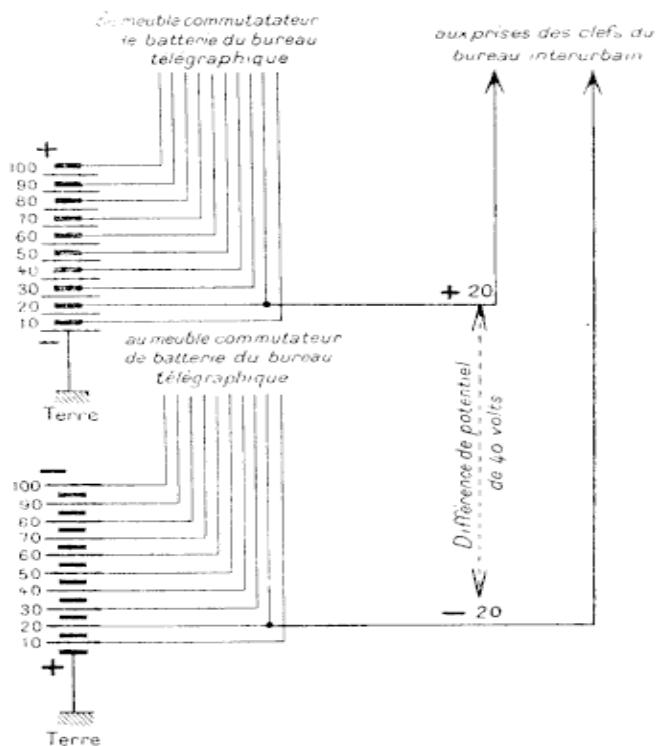
Pour l'appel sur les circuits interurbains, il existe en général dans les grands bureaux une batterie commune (non représentée sur la figure 72). Les clefs d'appel T des circuits appropriés ne doivent pas être jointes à cette batterie pour les raisons exposées plus haut. Il serait de même inadmissible de les relier aux batteries d'un bureau télégraphique qui sont conjointement utilisées par un bureau téléphonique comme sources d'appel, pour éviter l'emploi d'une batterie spéciale. Si, en particulier, le même bâtiment comprend un bureau téléphonique et un bureau télégraphique, on peut cependant apprécier une source de courant d'appel pour le téléphone à l'aide d'une batterie positive et d'une batterie négative du télégraphe ; pour cela, il suffit de prendre une dérivation sur chacune des deux batteries, comme l'indique schématiquement la figure 73, et de conduire ces dérivations aux bornes des clefs du bureau téléphonique : on réalise ainsi une source à potentiel réglable pour l'exploitation téléphonique. Le fait qu'une pareille source de courant est mise à la terre en son milieu n'a aucune influence pour le service d'un circuit interurbain utilisé seulement pour le téléphone. Par contre, les appareils télégraphiques reliés à un circuit téléphonique seraient certainement troublés par l'abaissement des clefs d'appel ; les courants télégraphiques pourraient, en effet, passer

(¹) Les condensateurs téléphoniques usuels de 2 microfarads opposent au courant d'appel suivant la fréquence une résistance apparente de 1200 à 2000 ohms environ.

à la terre par les batteries, et, d'autre part, les courants d'appel iraient à la terre par les appareils télégraphiques.

Dans le cas des grands bureaux, le moyen indiqué au paragraphe 3 pour éviter ces inconvénients serait peu pratique : il conduirait, en effet, à installer

Fig. 73.



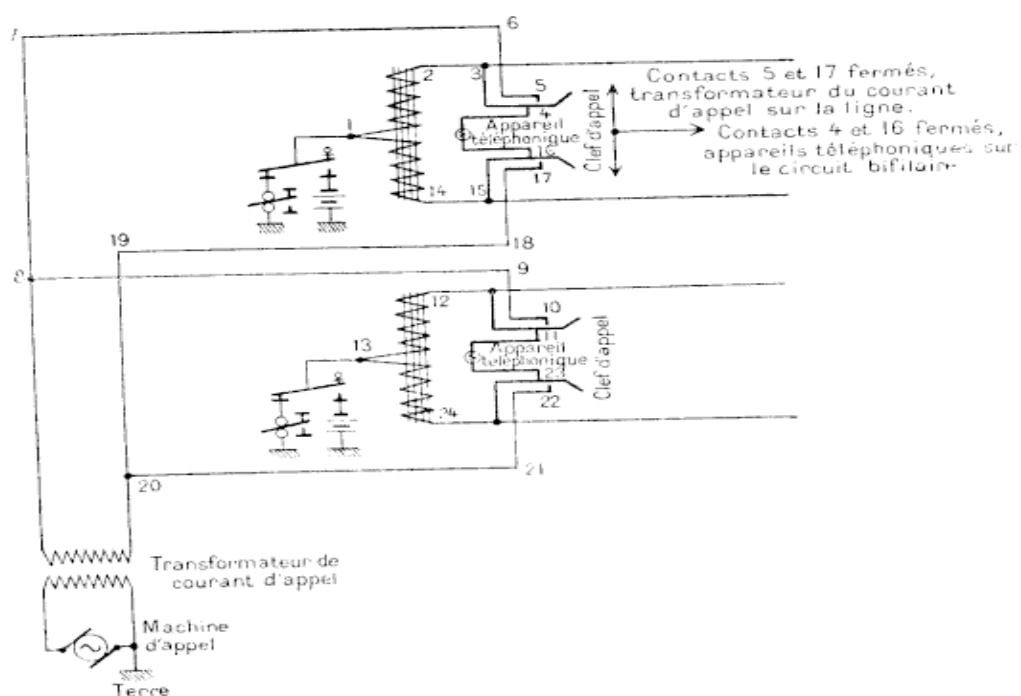
de trop nombreuses batteries d'appel. Les magnétos ne semblent pas non plus un moyen approprié aux grands bureaux à cause des manœuvres de la machine. Par contre, on peut très bien utiliser pour cet objet la machine d'appel à courants alternatifs (M dans la figure 72), ordinairement employée pour l'appel des abonnés (¹). Cependant, il ne faut pas relier directement les clefs d'appel T à cette machine, car il pourrait se produire, entre autres inconvénients, des dérivations de courants télégraphiques lorsque deux clefs se trouvent abaissées simultanément ; il pourrait y avoir aussi, si les machines d'appel ont un de leurs pôles à la terre, une perte de courant pour le télégraphe. On peut rendre les clefs d'appel indépendantes, de la manière indiquée par la figure 72 ; pour cela, on les réunit à

(¹) Les bureaux avec meubles à annonciateurs décrits au paragraphe 1 et les meubles commutateurs locaux des bureaux interurbains décrits au paragraphe 2 n'ont pas de machines d'appel, mais seulement des magnétos à manivelle.

L'enroulement secondaire s d'un transformateur d'induction R dont le primaire p est relié à la machine d'appel. Pour que le courant ne passe pas d'une façon permanente dans l'enroulement primaire, on coupe ce dernier circuit par un interrupteur formé par un troisième ressort de la clef T ; le courant ne passe que lorsque la clef est abaissée.

Il y a lieu d'équiper avec un transformateur d'appel particulier chaque ligne interurbaine appropriée à la télégraphie. Si l'on voulait employer un seul transformateur d'appel pour tous les circuits, il n'y aurait pour l'abaissement d'une seule clef aucun dérangement dans l'exploitation télégraphique; mais dès que plusieurs clefs seraient simultanément enfoncées, tous les appareils télégraphiques reliés aux circuits correspondants auraient tous une terre pendant la durée commune de l'enfoncement des clefs. Les portions de circuit, au moyen desquelles les courants télégraphiques pourraient aller à la terre, sont représentées sur la figure 74, d'une part, par les

Fig. 74.



points allant de 1 à 13 et, d'autre part, par 1, 14 à 24 et de nouveau 13. Si chacune des clefs d'appel a un transformateur d'appel propre, de telles mises à la terre ne sont pas possibles.

Il est inutile d'entrer ici dans les détails de la construction du transformateur d'appel, qui ne diffère guère, en principe, du transformateur à courants alternatifs ordinaire.

d. — Circuits extérieurs.

Les montages pour télégraphie et téléphonie simultanées sur circuits interurbains ont été décrits sans avoir égard, pour ainsi dire, aux circuits extérieurs. Il faut rechercher maintenant quelle influence exercent les courants télégraphiques parcourant un circuit interurbain sur les autres circuits d'une même artère, et quelles conséquences peuvent avoir pour l'une et l'autre exploitations des défauts d'isolement d'une ligne appropriée.

1. Rapports avec les autres circuits interurbains. — Rysselberghe avait été forcé, ainsi que nous l'avons vu au début de l'Ouvrage, d'anti-inducter tous les conducteurs télégraphiques d'une artère afin de pouvoir utiliser une seule de ces lignes pour la téléphonie. La question se pose actuellement en sens inverse : est-il possible, dans une artère constituée par des circuits téléphoniques bifilaires, d'utiliser non seulement un, mais plusieurs, et même tous les circuits pour l'exploitation télégraphique simultanée, sans que le trafic téléphonique des différents circuits soit troublé par induction des courants télégraphiques ? Est-il nécessaire d'employer des précautions spéciales pour obtenir l'anti-induction des circuits ?

Il est tout d'abord évident que les courants télégraphiques qui parcourent un circuit interurbain déterminé induisent d'autres courants dans les conducteurs de l'artère. Mais comme les courants télégraphiques, à l'exception de ceux produits dans le montage de Dejongh, ont dans chaque conducteur du circuit téléphonique même intensité et même direction, les courants induits se compensent dans les récepteurs des circuits bifilaires qui se trouvent placés sur les appuis normalement au-dessus ou au-dessous du circuit inducteur (en supposant bien entendu que l'isolement soit de part et d'autre élevé et de même valeur). Ces circuits répondent à la question de l'induction télégraphique.

Ceci est d'ailleurs non seulement valable pour un circuit interurbain approprié à la télégraphie, mais pour tout circuit téléphonique dans ses rapports avec les autres circuits interurbains placés perpendiculairement au-dessus et au-dessous de lui dans l'artère. Les circuits qui, dans l'artère, se trouvent de côté par rapport au circuit inducteur reçoivent une induction différente sur leurs deux conducteurs, et il en résulte forcément un passage de courant dans le récepteur correspondant.

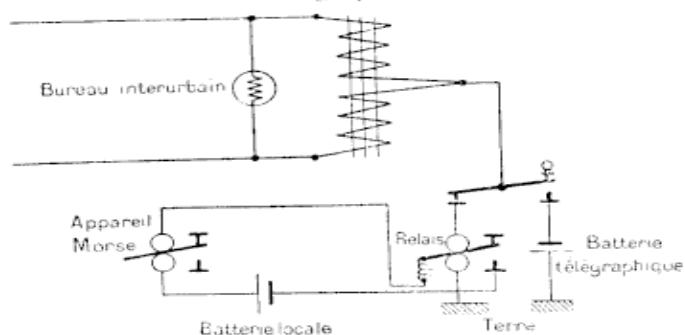
A cela il faut ajouter tout d'abord que les deux fils d'un même circuit sont sur tout le parcours très voisins l'un de l'autre, à une distance d'environ 20^{cm} à 25^{cm}, de telle façon que la différence de l'induction dans les deux branches ne peut être très importante. De plus, le champ électromagnétique produit par les courants télégraphiques n'est pas très intense, car les tensions de ces courants, d'après les calculs faits aux pages 44 et 45 restent en moyenne assez peu élevées. Enfin, les courants induits par des

circuits parallèles sur un autre circuit ne peuvent être très forts parce que ces conducteurs sont constitués par des métaux non magnétiques.

En fait, la pratique a montré que, pour un isolement élevé et égal des deux conducteurs de chacun des circuits, on ne percevait dans les récepteurs téléphoniques de la ligne induite qu'un bruit nul ou très faible dû au télégraphe. Il est donc inutile, comme il a été expliqué déjà page 43, d'employer aucun autre moyen plus efficace pour étaler les courants télégraphiques, de telle façon que l'exploitation télégraphique n'a pas à connaître toutes les difficultés qui pesaient nécessairement sur elle avec les montages de Rysselberghe. Au surplus, il n'y aurait pas d'inconvénient particulier pour la télégraphie sur circuits téléphoniques si l'on insérait, en vue d'étaler les courants télégraphiques, des bobines d'induction de faible grosseur dans les fils de jonction des appareils : les lignes actuelles n'ont, en effet, qu'une self-induction très faible et la propagation des courants télégraphiques ne serait nullement enravée de la même façon que dans le cas de conducteurs en fer qui, seuls, avaient été employés par Rysselberghe.

Le principal procédé pour maintenir les récepteurs d'un circuit à exploitation simultanée dans l'indépendance des bruits d'induction du télégraphe venant de circuits appropriés voisins est d'avoir un isolement élevé et toujours égal de tous les circuits : ce moyen s'impose d'ailleurs de lui-même pour l'exploitation téléphonique. Si, cependant, dans des cas particuliers, on ne réussissait à maintenir l'absence complète des bruits d'induction télégraphique dans les récepteurs téléphoniques, on pourrait toujours avoir recours à un moyen détourné : on emploierait pour les appareils télégraphiques du circuit approprié le montage connu du Morse

Fig. 75.



avec relais (¹), qui est rappelé dans la figure 75 ; on réduit ainsi la différence de potentiel de la batterie télégraphique employée et, par suite aussi, la tension des courants télégraphiques parcourant la ligne ainsi que leur

(¹) *Description des appareils usuels de l'Administration Impériale des Télégraphes*, planche 80.

99. PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

champ électromagnétique et, en conséquence, on affaiblit les courants induits. Les nouveaux relais de l'Administration allemande fonctionnent sous une intensité de 2 à 3 milliampères; si l'on prend pour l'exploitation avec un tel relais un courant de 5 milliampères, dans le cas de l'appareil Morse, et un courant de 6 à 7 milliampères pour l'appareil Hughes, la tension aux bornes de la batterie se trouve déjà réduite à la moitié de la valeur calculée à la page 45. Dans la plupart des cas, il n'est pas utile de se servir d'un semblable moyen.

Pour l'exploitation télégraphique elle-même, il est également préférable d'actionner directement les appareils de réception au moyen des courants de transmission. Tout intermédiaire est nécessairement une cause d'erreur. Cependant, dans le cas de la télégraphie sur circuits interurbains, on n'a pas beaucoup à craindre, s'il existe plusieurs circuits appropriés dans une même artère, que les relais soient actionnés à tort par des courants induits provenant des conducteurs voisins : c'était au contraire souvent le cas avec des lignes télégraphiques en fer (¹).

En résumé, il est facile de répondre à la question de la protection contre l'induction venant de lignes voisines dans le cas de télégraphie sur circuits téléphoniques : la nécessité d'avoir un isolement en tous points élevé et symétrique pour toutes les lignes suivant un même chemin, afin de réduire les courants induits du télégraphe, se trouve facilitée par le fait que les courants télégraphiques qui circulent dans les circuits n'ont qu'une faible tension, à l'exception des montages de Dejongh (²); les procédés d'étalement des courbes de courant télégraphiques, abstraction faite de l'emploi de petits condensateurs, ne sont que très rarement utilisés; pour obtenir un étagement convenable, il suffit d'insérer des bobines de self-induction de quelques henrys dans les conducteurs de jonction, allant de la clef Morse ou du ressort de prise de courant de l'appareil Hughes à la bobine de séparation; ces divers procédés ne gênent en rien l'exploitation du télégraphe, parce que les circuits téléphoniques, à l'opposé des fils télégraphiques en fer, ne possèdent, pour ainsi dire, aucune self-induction; enfin, on peut, pour diminuer la tension des courants télégraphiques employés, se servir de relais ou de retransmetteurs.

2. *Défaux d'isolement.* — L'isolement des circuits téléphoniques interurbains peut tomber à une valeur assez peu élevée avant que l'exploitation

(¹) L'auteur, dans un essai de plusieurs jours avec circuit d'environ 100 km et un courant de 3 à 4 milliampères, n'a pas eu à modifier les relais, une fois réglés, malgré l'isolement de la ligne qui était très changeant.

(²) Dans le montage Dejongh, les courants de l'appareil télégraphique placé en pont doivent être très fortement étalés, précisément parce qu'ils ont une tension assez élevée.

soit gênée au point de nécessiter une interruption pour effectuer des recherches sur la ligne (¹). L'expérience montre que souvent (en particulier par un brouillard étendu et épais) les circuits téléphoniques ont une résistance d'isolement qui n'est guère supérieure à la résistance de ligne et peuvent néanmoins donner lieu à des transmissions suffisantes. Si l'on télégraphie en même temps sur ces circuits, il y aura à cause de la baisse de l'isolement, une influence fâcheuse du télégraphe et production de bruits parasites dans les communications téléphoniques, en particulier si le défaut d'isolement n'est pas réparti d'une façon uniforme sur la ligne (²).

Si, dans des cas pareils, les bruits du télégraphe ne peuvent être supportés, il n'y a pas d'autre solution, tout au moins pendant les heures de trafic téléphonique intense, que de supprimer le télégraphe et de maintenir l'exploitation du téléphone pour laquelle les lignes se montrent encore parfaitement suffisantes. En tout cas, il ne serait pas à recommander d'arrêter les deux exploitations, dès l'apparition de bruits télégraphiques, pour rechercher des défauts d'isolement qui ne nuisent pas absolument au téléphone et dont on peut souvent espérer la disparition presque automatique, s'ils résultent de conditions atmosphériques défavorables.

Inversement, il peut se produire des dérangements sensibles dans l'exploitation télégraphique d'un circuit approprié sans que le téléphone soit également troublé : cela peut arriver, par exemple, lorsqu'à la suite d'une fausse manœuvre des fiches ou du tableau commutateur, des mises à la terre se présentent sur le circuit télégraphique (³).

Si, dans l'exploitation télégraphique, il se présente de nombreux dérangements éphémères dont la cause ne peut, pour une raison quelconque, se découvrir, avant la disparition, à l'aide des moyens habituels, on peut recommander de faire, dans les bureaux, emploi de l'installation d'essais et de mesures de la figure 76. Cette installation permet aux employés du télégraphe de se rendre compte des dérangements au moment de leur apparition sans l'aide du bureau téléphonique et sans gêner l'exploitation du téléphone ; elle indique aussi si la cause du dérangement se trouve dans les circuits extérieurs ou dans les connexions intérieures au bureau.

Dans la figure 76, les bobines de séparation ont été décomposées en deux résistances élémentaires, car il n'intervient ici que leur résistance en courant continu (soit 1160 ohms environ) et non pas leur self-induction.

Dans la figure, on désignera par :

w, les bobines de résistance pour sécurité de la batterie = 120 ohms;

p, la somme des résistances contenues dans le galvanoscope et les fils de liaison du bureau = 200 ohms ;

(¹) Le cas de la téléphonie multiple, qui doit être traité dans la seconde Partie doit être expressément écarté.

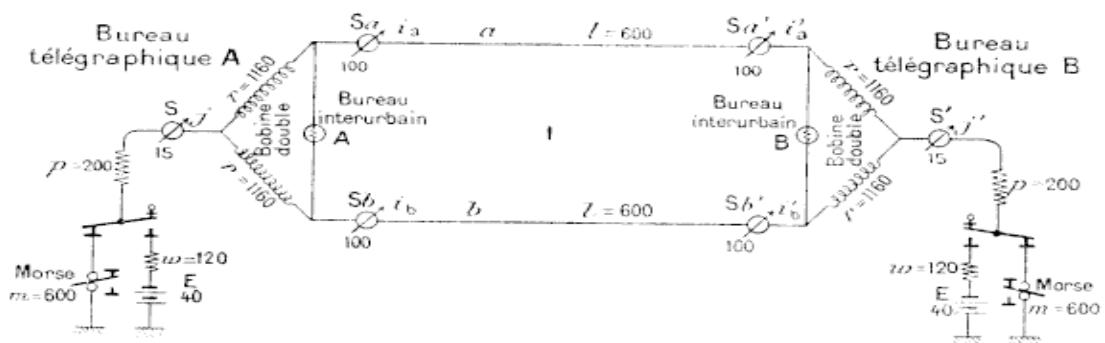
(²) Comparez les développements des pages 60, 61 et 79.

(³) Comparez les développements des pages 78 à 87.

I , la résistance d'un conducteur de ligne = 600 ohms par exemple (ce sera la résistance d'un fil de bronze d'environ 500 km de longueur et 4 mm² de diamètre).

Le caractère particulier de ce montage réside dans ce fait que les conducteurs de la ligne L sont conduits dans les bureaux télégraphiques aux

Fig. 76.



ampèremètres S_a , S_b et S'_a , S'_b avant d'aboutir aux appareils téléphoniques et qu'un autre ampèremètre est inséré dans chacun des conducteurs de liaison qui vont du sommet de la bobine d'induction aux appareils télégraphiques (dans la figure S et S'). Il est particulièrement important de grouper les uns à côté des autres les trois ampèremètres de chaque bureau télégraphique afin de pouvoir suivre leurs indications d'un même coup d'œil.

La résistance des ampèremètres S_a , S_b , S'_a et S'_b est de 100 ohms pour chaque appareil : elle comprend la résistance de la bobine d'un petit voltmètre (600 ohms) combinée avec une résistance en dérivation de 120 ohms. Les ampèremètres S et S' sont en général des instruments de mesure ordinaires, dits *instruments de mesure universels*, avec boîtes d'accessoires, présentant, pour une échelle allant de 0 à 0,3 ampère, une résistance d'environ 15 ohms (¹). Naturellement, on pourrait aussi se servir, pour S et S', de petits voltmètres avec résistance en dérivation.

Lorsqu'il n'y a pas de perte d'énergie dans les bureaux téléphoniques, l'ampèremètre S, en A, doit indiquer, lors de l'abaissement de la clef, la somme des intensités de S_a et de S_b : $J = i_a + i_b$. Si, de plus, les deux conducteurs du circuit téléphonique ont même isolement, on a $i_a = i_b$. Il doit y avoir à l'autre extrémité une relation semblable entre les intensités des courants d'arrivée; mais, pour des conditions identiques, dans les deux branches du circuit, les ampèremètres S', S'_a et S'_b en B indiqueront des intensités inférieures à celles qui leur sont correspondantes en A et qui

(¹) Sur l'instrument de mesure universel, voir DREISBACH, *Mesures télégraphiques*.

sont mesurées par S , S_a et S_b . On a donc :

$$J' = i'_a + i'_b,$$

$$i'_a = i_b,$$

$$J' < J,$$

$$J' < i_a + i_b,$$

$$i'_a < i_a,$$

$$i_b < i_b.$$

L'intensité du courant télégraphique allant de A en B a donc, d'après la figure 76, la valeur suivante :

$$\begin{aligned} J &= \frac{40}{\alpha + p + 15 + \frac{r + 100 + l + 100 + r}{2} + 15 + p + m} \\ &= \frac{40}{\alpha + 2p + 130 + r + \frac{l}{2} + m} \\ &= 14 \text{ milliampères environ.} \end{aligned}$$

Dans chaque conducteur, en supposant l'isolement toujours identique pour chacun, passe donc environ 7 milliampères.

Supposons qu'au bureau téléphonique A les deux conducteurs du circuit soient accidentellement mis à la terre, par exemple comme le représente la figure 77, au milieu de l'enroulement de la bobine d'induction et de récepteur serre-tête : le courant J_1 produit en A par abaissement de la clef et tra-

Fig. 77.

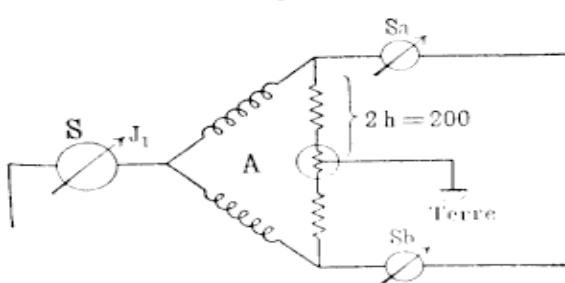
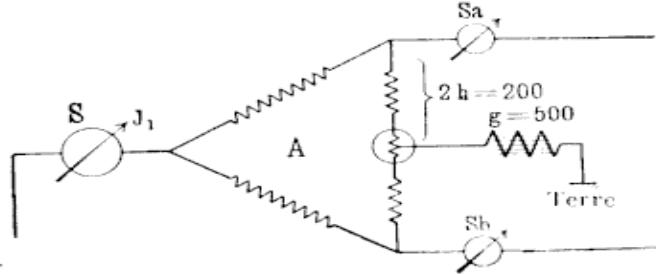


Fig. 78.



versant S se trouve plus grand que lorsque les deux branches du circuit permettent seules le passage du courant. On aura, dans ce cas,

$$\begin{aligned} J_1 &= \frac{40}{\alpha + p + 15 + \frac{r}{2} + \frac{5(230 + l + r + 2p + 2m)}{25 + 230 + l + 5 + 2p + 2m}} \\ &= 40 \text{ milliampères environ.} \end{aligned}$$

De ces 40 milliampères, il en passe environ 38 par le défaut et seulement 2 dans les conducteurs ; les ampèremètres S_a et S_b , S'_a et S'_b n'indiqueront

9^e PREMIÈRE PARTIE. — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES.

chacun que 1 milliampère environ, l'ampèremètre S' environ 2 milliampères, tandis que, par contre, l'ampèremètre S décelera 10 milliampères.

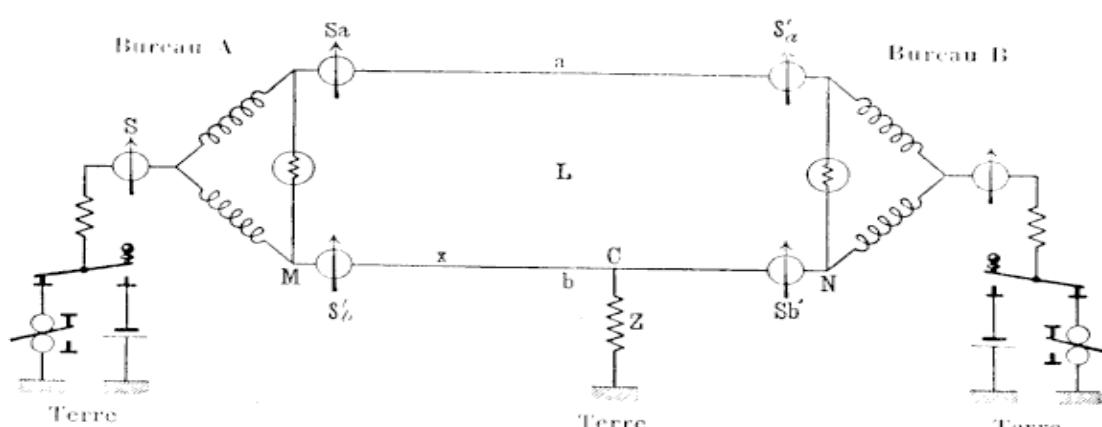
Si le récepteur de A n'est pas, dans ce montage défectueux, directement mis à la terre, mais, comme l'indique la figure 78, à travers une bobine de self-induction de 500 ohms, le courant J_1 ne sera que de 30 milliampères, dont 14 milliampères passeront par chacun des conducteurs du circuit.

Si le bureau téléphonique A n'occasionne aucune dérivation à la terre, mais qu'au bureau téléphonique B il se produise, comme précédemment, une perte à la terre sur les conducteurs du circuit, l'intensité du courant télégraphique passant de A en B prendra les valeurs suivantes : pour une mise à la terre franche, $J_1 = 28$ milliampères et pour une mise à la terre avec la bobine d'induction branchée sur le récepteur, $J_1 = 23$ milliampères environ. L'appareil récepteur du télégraphe ne recevra respectivement que 2 ou 7 milliampères.

La répartition et les dérivations de courant se feront d'une façon analogue, lorsque des lignes d'abonnés unifilaires ou des lignes communes sont reliées au circuit interurbain.

Pour déterminer et délimiter les défauts d'isolement qui se trouvent sur les conducteurs extérieurs, le même montage peut être transformé et utilisé de la façon suivante : si, par exemple, la branche b du circuit interurbain a une dérivation de z ohms de résistance au point C, le bureau A

Fig. 79.



abaissera tout d'abord son manipulateur, pendant que simultanément le bureau B mettra à la terre la branche b du circuit au point N. Les deux bureaux observeront les intensités i_1 et i_2 des ampèremètres S_b et S'_b . Puis, le bureau B abaissera son manipulateur, pendant que, simultanément, le bureau A mettra à la terre le conducteur b au point M; les intensités marquées par les ampèremètres S_b et S'_b seront i_3 et i_4 . Si la résistance comprise entre les points M et N est de l ohms et qu'on désigne par x celle

comprise entre les points M et G, on aura :

$$i_1 = \frac{L - x + z}{z} i_2$$

et

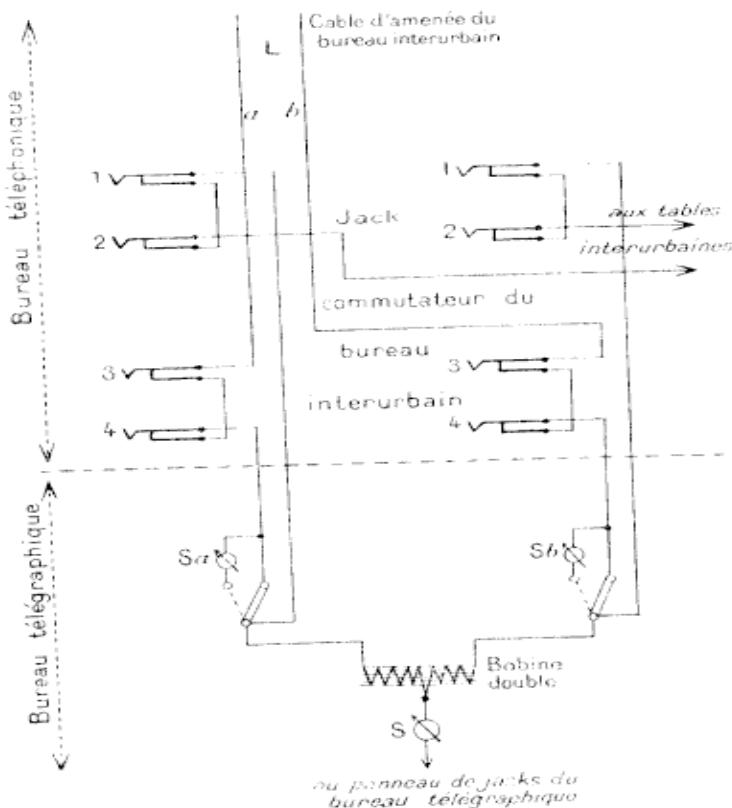
$$i_3 = \frac{x + z}{z} i_1$$

On en déduit :

$$x = \frac{i_2(i_3 - i_1)}{i_1 i_3 + i_2 i_3 - 2 i_2 i_1} L$$

Pour obtenir la résistance exacte du conducteur défectueux depuis le bureau A jusqu'au défaut, il faut défaire de la valeur de x la résistance de l'ampèremètre S_b .

Fig. 80.



On voit donc qu'avec cette installation de mesure et d'essais, il est très facile de déceler les dérangements qui affectent l'une ou l'autre exploitation. Il est cependant nécessaire que les employés, pour faire œuvre utile, soient familiarisés avec les différentes parties du service afin de prendre les déterminations avec la rapidité nécessaire et décider si, dans les cas

dificiles, l'exploitation doit être continuée ou interrompue, après s'être rendu compte des exigences et des conditions de l'exploitation téléphonique.

Pour pouvoir employer ce procédé, on modifie le mode d'introduction des circuits habituellement usité dans les bureaux et indiqué par la figure 63 ; on conduit les circuits tout d'abord aux bureaux télégraphiques (*fig. 80*) avant de les amener au meuble commutateur du bureau téléphonique. Les ampèremètres S_a , S_b , S'_a , S'_b doivent être combinés avec un commutateur, de telle façon qu'ils soient normalement hors de circuit et seulement insérés dans la ligne au moment du besoin.

De ce mode d'introduction modifié des fils résulte une certaine limitation dans l'emploi du procédé de mesure et d'essai : il ne sera en effet utilisable que dans le cas où l'exploitation télégraphique et l'exploitation téléphonique se font dans le même bâtiment.

c. — Étendue d'emploi des montages de télégraphie et téléphonie simultanées sur circuits téléphoniques interurbains.

Les frais de construction d'un kilomètre de ligne télégraphique à simple fil en bronze, avec un prix moyen du cuivre (¹) et les salaires habituels de l'Allemagne, et en mettant à part ce qui concerne les appuis, peuvent être fixés comme suit :

110^{fr} à 125^{fr} pour un fil de 2^{mm} de diamètre,
200^{fr} à 210^{fr} pour un fil de 3^{mm} de diamètre.

Il y a donc une économie assez sérieuse si, pour réaliser une communication télégraphique, il est possible d'approprier un circuit téléphonique. En effet, pour une ligne de 200^{km} de longueur environ, faite de fil de 2^{mm} d'épaisseur, la dépense totale s'élèverait à 24 000^{fr} environ et pour une ligne de 600^{km} en 3^{mm} à 125 000^{fr}; il faut aussi ajouter les dépenses annuelles pour l'intérêt du capital de premier établissement et l'entretien. Par contre les frais d'achat des bobines de séparation, environ 50^{fr} par bobine, n'entrent presque pas en ligne de compte; il y a donc un avantage réel pour toutes les administrations télégraphiques d'éviter la construction de nouvelles lignes télégraphiques par l'appropriation des circuits ou, en d'autres termes, d'augmenter le rendement des circuits téléphoniques interurbains par leur adaptation à la télégraphie. En fait, les statistiques publiées par le *Journal télégraphique*, montrent que l'appropriation des

(¹) D'après les cours de la Bourse, relevés depuis plusieurs années, on peut indiquer comme prix le plus faible de la tonne de cuivre électrolytique la valeur de 1560^{fr}; le cours le plus élevé fut de 2900^{fr} à 3000^{fr} pour la même quantité, c'est-à-dire presque le double du prix le plus bas.

circuits se développe rapidement. Les sociétés téléphoniques américaines louent actuellement leurs lignes interurbaines pour le service télégraphique et tirent parfois de cette location de meilleures recettes qu'avec le trafic téléphonique (¹).

En général, on paraît préférer les montages simples en pont des figures 33 et 34 et n'employer que rarement le procédé Dejongh, bien qu'il permette, au moyen de sa triple exploitation Hughes, d'utiliser d'une façon extrêmement complète les conducteurs.

Les raisons qui viennent à l'encontre du système Dejongh sont, sous de bonnes conditions d'exploitation, principalement les suivantes :

1º Dans les bureaux téléphoniques, les panneaux d'opératrice doivent être arrangés de façon spéciale et cet équipement limite la liberté de mouvement dans le panneau même;

2º Pour chaque circuit exploité par la méthode Dejongh, il est nécessaire d'avoir une importante batterie, isolée et ne pouvant servir à aucun autre objet; cette batterie est destinée à l'appareil placé en pont;

3º La tension élevée de la batterie télégraphique, au moins 115 volts, amène, spécialement par défauts d'isolement, des bruits parasites et donne des troubles graves dans le fonctionnement du téléphone.

Les montages déduits des procédés de Rysselberghe pour l'exploitation sur un seul fil et appliqués pour l'utilisation télégraphique indépendante de chacun des fils d'un circuit interurbain, ne sont employés que dans des cas isolés (²).

Le montage indiqué par la figure 33 s'emploie encore avec quelque avantage pour le service des bureaux interurbains eux-mêmes : ils peuvent, en effet, permettre d'échanger des communications de service entre les deux extrémités d'un circuit pendant que deux abonnés conversent sur ce même circuit. Dans cet ordre d'idées, le montage peut faire réaliser une économie de temps appréciable et donner un meilleur rendement aux circuits interurbains. Beaucoup d'autres questions dépendent de l'organisation du service et ne peuvent être envisagées présentement : emploi pour les communications de service de l'appareil Morse, de la réception au son, des appareils typographiques ; emploi pour la réception seulement de l'appareil téléphonique ; service télégraphique assuré par l'employé desservant le circuit interurbain ou nécessité d'employer deux employés distincts, etc. Leur solution dépend en grande partie de l'habileté professionnelle du personnel, de l'importance du trafic et aussi, dans un certain sens, de la construction et de l'aménagement des panneaux et des tables interurbaines.

(¹) D'après l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1904, p. 322.

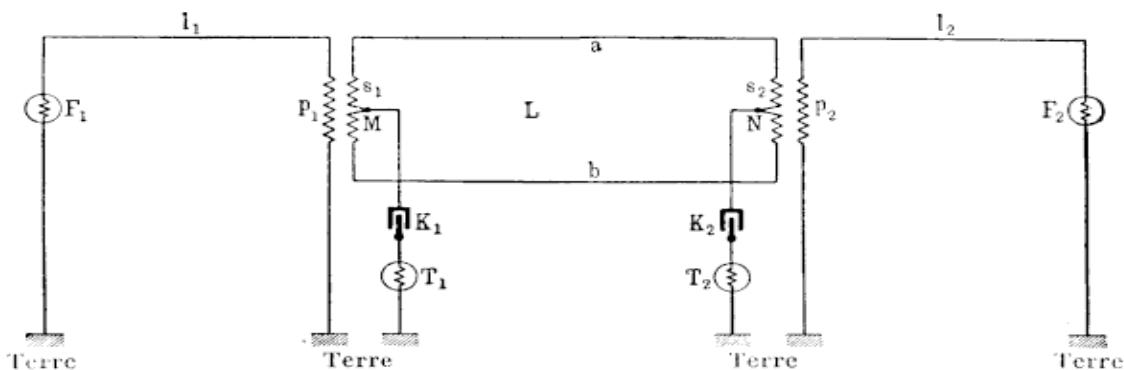
(²) Voir ci-dessus page 27.

SECONDE PARTIE. LA TÉLÉPHONIE MULTIPLE.

a. — Principes scientifiques.

Elsasser lui-même avait cherché à remédier aux défauts de son procédé, représenté par la figure 2 et expliqué dans l'Introduction, et réussit à améliorer la symétrie de son montage. Au lieu de prendre les dérivations s'en allant à la terre et contenant les appareils téléphoniques T_1 et T_2 sur le conducteur L_b , il les fit partir du point milieu des secondaires s_1 et s_2 des transformateurs d'induction (*fig. 81*). Le succès n'a cependant pas répondu entièrement à l'espérance qu'on avait fondée. Elsasser a obtenu que les courants de conversation des circuits $F_1 l_1 p_1$ et $F_2 l_2 p_2$ qui sont transmis sur le circuit bifilaire L , ne se dérivent plus à travers les appareils T_1 et T_2 (en supposant, bien entendu, une division exacte de s_1 et de s_2 et une parfaite égalité de L_a et L_b). De même, les courants de conversation émis par T_1 et destinés à T_2 ou inversement, ne sont pas transmis par les enroulements secondaires s des transformateurs aux primaires p et ne sont par suite pas perceptibles dans F_1 et F_2 ; la raison en est que ces courants se divisent en deux moitiés aux points M et N et sortent des bobines de dérivation en des directions opposées; ils passent ensuite par les conducteurs et se rejoignent aux points N ou M suivant des directions opposées pour se rendre à l'appareil T_2 .

Fig. 81.

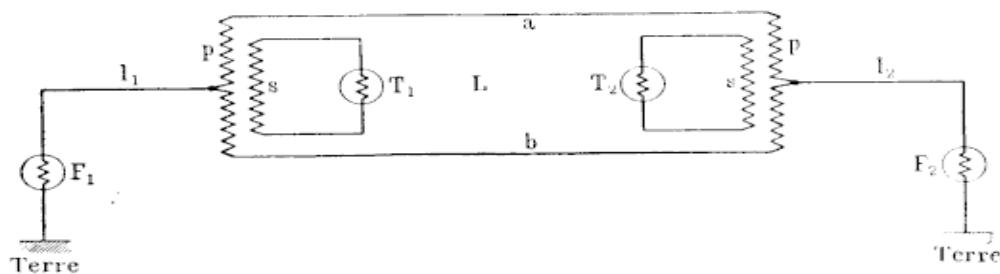


rement à l'espérance qu'on avait fondée. Elsasser a obtenu que les courants de conversation des circuits $F_1 l_1 p_1$ et $F_2 l_2 p_2$ qui sont transmis sur le circuit bifilaire L , ne se dérivent plus à travers les appareils T_1 et T_2 (en supposant, bien entendu, une division exacte de s_1 et de s_2 et une parfaite égalité de L_a et L_b). De même, les courants de conversation émis par T_1 et destinés à T_2 ou inversement, ne sont pas transmis par les enroulements secondaires s des transformateurs aux primaires p et ne sont par suite pas perceptibles dans F_1 et F_2 ; la raison en est que ces courants se divisent en deux moitiés aux points M et N et sortent des bobines de dérivation en des directions opposées; ils passent ensuite par les conducteurs et se rejoignent aux points N ou M suivant des directions opposées pour se rendre à l'appareil T_2 .

reil récepteur : il ne peut donc y avoir aucune action inductive de s_1 sur p_1 ni de s_2 sur p_2 . Il y a, cependant, toujours un défaut dans le cas de plusieurs lignes parallèles équipées de cette façon : tous les appareils T peuvent s'entendre ou converser ensemble, parce que les deux fils de chaque ligne sont montés en parallèle pour ces appareils et s'influencent réciproquement.

Un autre montage d'Elsasser représenté par la figure 82 n'est pas meil-

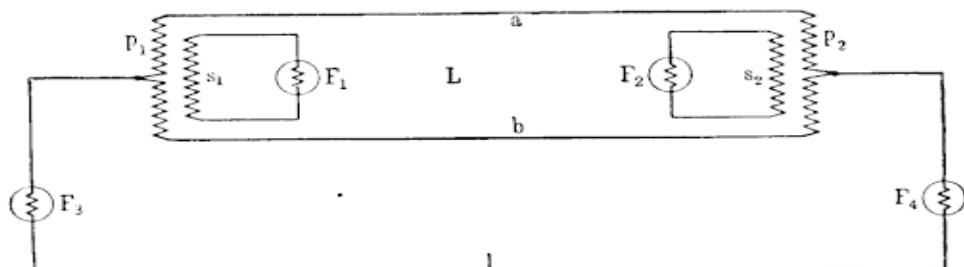
Fig. 82.



leur dans cet ordre d'idées : les appareils F_1 et F_2 sont, dans ce cas, branchés au milieu des primaires p des transformateurs et les appareils T_1 et T_2 sont reliés inductivement au conducteur L ; ils sont fermés sur les secondaires s et fonctionnent sans terre avec fil de retour⁽¹⁾.

Le point faible de ces montages est, en particulier, que la terre sert

Fig. 83.



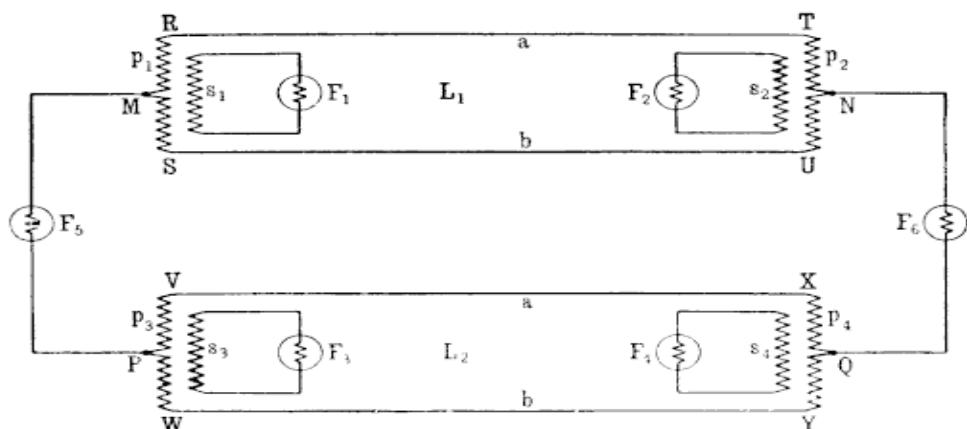
de conducteur de retour pour tous les courants des appareils connectés au milieu du transformateur. On peut aisément tourner la difficulté en ajout-

(1) Comparer avec ce montage ceux de Rosebrugh, Barrett, Garry dans le *Journal télégraphique*, 1887, p. 149. — Pour un montage tout à fait semblable à celui de la figure 82, mais avec bureau intermédiaire, voir *Telephony*, 1909, t. XVII, Livre 8, p. 231 (brevet américain). — En somme il n'est pas question de présenter ici un historique de la question, mais seulement quelques indications sur le développement et le progrès de la téléphonie multiple; le développement historique n'a pas d'ailleurs suivi une marche différente, autant qu'il est possible de le savoir. Comparer aussi les montages de Ducouso de 1883 (*Journal télégraphique*, 1903, p. 294.)

tant à chaque circuit un troisième fil formant le conducteur de retour du circuit $F_3 F_4$ (fig. 83).

Le conducteur de retour se laisse aussi équiper d'une façon analogue et l'on peut avoir, comme l'indique la figure 84, un premier circuit bifilaire L_1 avec les appareils $F_1 F_2$ conjointement au circuit semblable L_2

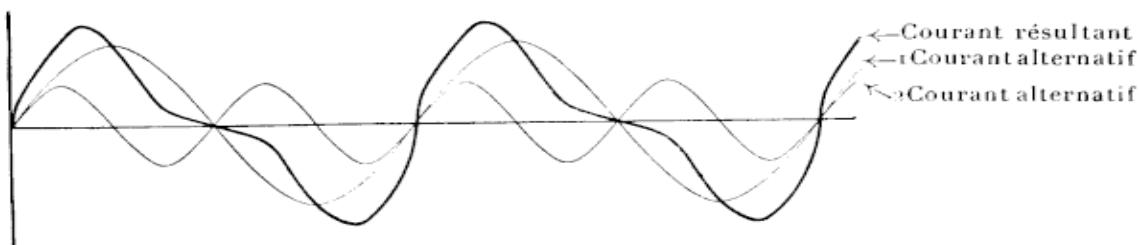
Fig. 84.



avec les appareils $F_3 F_4$, les deux se réunissant pour former la communication $F_5 F_6$.

C'est le montage qui a été adopté par la pratique. Les courants induits de S_1 sur p_1 circulent seulement sur le chemin $p_1 — L_{1a} — p_2 — L_{1b}$, de même que les courants induits de s_3 sur p_3 passent par le chemin $p_3 — L_{2a} — p_4 — L_{2b}$; enfin, les courants qui viennent de F_5 vont du point de séparation M par les moitiés d'enroulement de p_1 aux deux conducteurs L_{1a} , L_{1b} , puis se réunissent après les deux moitiés de p_2 au point N ; ils reviennent ensuite après F_6 par le circuit Q , p_4 , L_{2a} et L_{2b} , p_3 , P au poste F_3 .

Fig. 85.



Lorsque les trois circuits sont utilisés simultanément, il y a sur les lignes bifilaires une superposition de courants alternatifs indiquée par la figure 85; ces courants se décomposent grâce à la division en deux moitiés des primaires des transformateurs en courants identiques aux courants origi-

naux et tout se passe comme si chacun de ces courants élémentaires avait parcouru seul son circuit allant de l'appareil d'émission à l'appareil de réception.

Avec ce dispositif, on satisfait donc aux conditions générales indiquées à la page 5. Nous verrons plus loin jusqu'à quel point on peut anti-inducter ce système par rapport aux circuits voisins dans une même artère et réaliser l'anti-induction des trois circuits du système les uns par rapport aux autres.

Dans ce montage, c'est un tort d'employer, pour former le troisième circuit, des transformateurs de faible résistance. De petits défauts d'isolation dans les conducteurs extérieurs occasionnent un changement appréciable dans la répartition des courants et détruisent l'indépendance des trois circuits. En fait, l'Administration anglaise n'a pu obtenir avec ce montage que des résultats insuffisants pour l'exploitation avec une longueur de ligne d'à peine 80 km⁽¹⁾.

L'amélioration du montage dépend de certaines questions : est-il nécessaire que les appareils téléphoniques F_1, F_2, F_3, F_4 soient reliés par induction aux lignes L_1 et L_2 ? Comment le quadrilatère Wheastone, base du montage, doit-il être transformé pour réaliser le troisième circuit? Lorsque les circuits téléphoniques sont constitués, comme l'indique la figure 86, ils sont, à la condition que les deux lignes bifilaires L_1 et L_2 soient absolument identiques, essentiellement indépendants; dans la

Fig. 86.

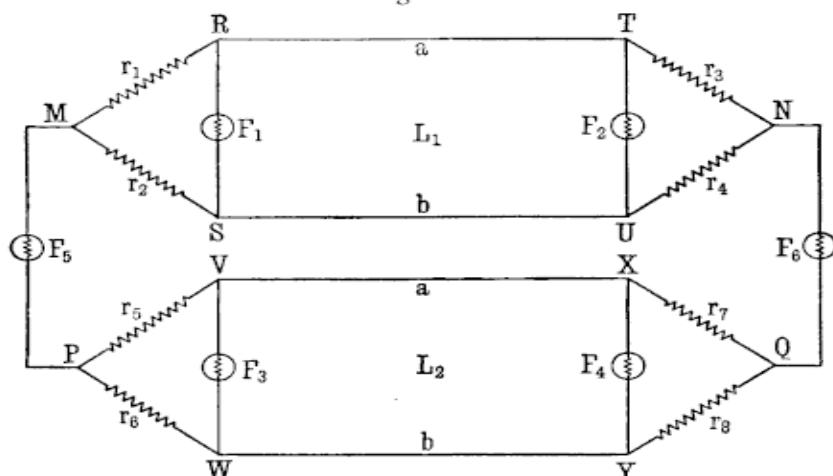


figure 86, il est à noter que les résistances $r_1 — r_2, r_3 — r_4, r_5 — r_6, r_7 — r_8$ représentent les moitiés correspondantes des primaires des transforma-

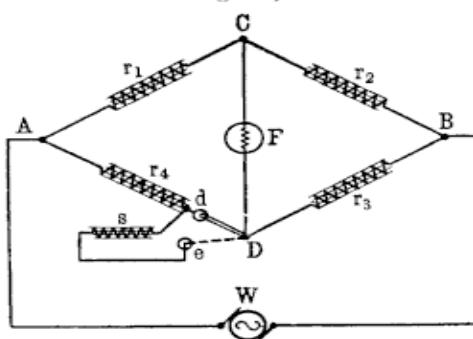
(1) Voir *Journal télégraphique*, 1897, p. 105. La figure, qui y est représentée, est d'accord avec la figure 82 ci-dessus.

teurs de la figure 84, qui doivent être connectées directement aux points R et S, T et U, V et W, X et Y aux conducteurs fondamentaux.

Dans ce cas cependant se présentent, à cause de la faiblesse de la résistance et de la faiblesse de la self-induction des moitiés de bobines r_1 à r_6 , les mêmes difficultés que pour le schéma de principe de la télégraphie et téléphonie simultanées sur circuit bifilaire; pour éviter une fâcheuse dérivation des courants de conversation pour les circuits $F_1—F_2$ et $F_3—F_4$, il est nécessaire que les résistances r_1 à r_8 soient élevées; si l'on considère par contre le circuit $F_5—F_6$, il faut qu'elles soient faibles. Il est donc presque indiqué de chercher la solution d'une façon analogue à celle du problème de la télégraphie et téléphonie simultanées sur circuit bifilaire. Les bobines doubles décrites pages 40 et 41 ne peuvent pas être employées pour la téléphonie multiple : en effet, leur résistance en courant continu, qui peut être évaluée à $\frac{1160}{2} = 580$ ohms, est trop élevée pour le troisième circuit; en outre, il convient, dans leur emploi, de faire plus attention à l'égalité de la self-induction et de la charge des deux moitiés de la bobine qu'à leur égalité de résistance ohmique. Ce dernier point est extrêmement important, comme va le démontrer l'essai suivant.

La figure 87 représente le quadrilatère de Wheatstone : dans l'un des

Fig. 87.



ponts se trouve une source de courant alternatif à faible intensité de 800 à 1000 périodes et dans l'autre pont un téléphone; les branches sont constituées par quatre résistances absolument identiques et sans self-induction. Au moyen d'un commutateur dont l'axe de rotation se trouve en D, l'un des points de branchement du pont à téléphone, on peut insérer une petite bobine de self-induction s dans la branche AD, lorsque le bras du commutateur est tourné de d en e . Si le bras du commutateur est sur le plot d , on n'entendra aucun son dans le téléphone; si s vient à être mis en circuit, on entendra un bruit dont l'intensité dépendra, pour une source de courant donné, essentiellement de la grandeur de la self-induction s . Si les résistances r_1 , r_2 , r_3 , r_4 ont chacune 1000 ohms et sont sans self-induction, il suffira, pour

obtenir la dissymétrie, de constituer la bobine de self-induction s par 3^{me} à 5^{me} de fil bien isolé et d'enrouler ce fil en tours serrés sur un barreau de fer doux peu épais. Par contre, un fil rectiligne, dépourvu de capacité et de self-induction qu'on insérerait de la même manière à la place de s dans le quadrilatère, ne détruirait pas, même avec une longueur bien plus grande, la symétrie. On verrait d'une façon semblable le trouble apporté par l'insertion de petites capacités.

Il est aussi indispensable, pour les montages de téléphonie multiple, d'employer des bobines de bifurcation parfaitement équilibrées au point de vue électrique. Schwensky a parfaitement montré cette nécessité lors de la construction de la bobine séparatrice allemande.

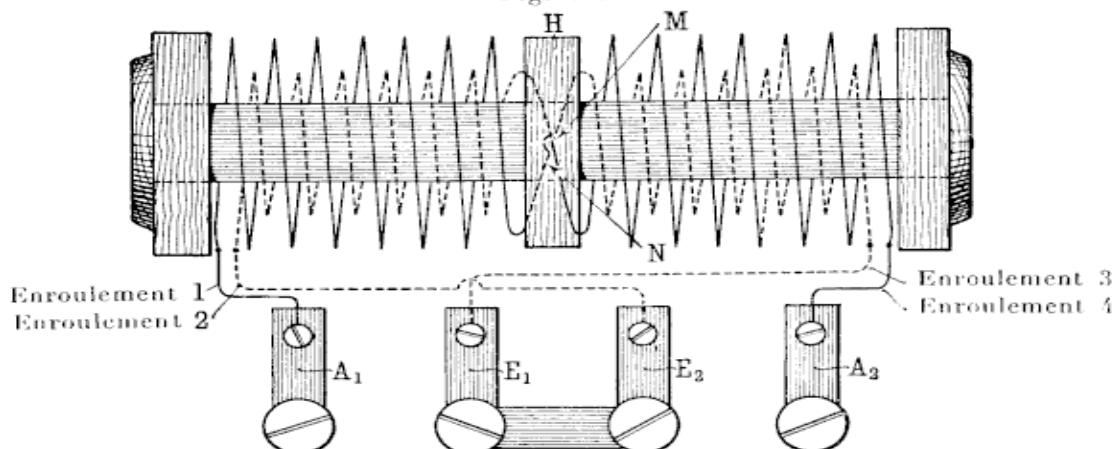
b. — Dispositions techniques.

1. La bobine séparatrice allemande. — La bobine construite par Schwensky (¹), pour l'Administration Impériale allemande, comprend quatre enroulements. Deux d'entre eux (dans la figure 8₂ les enroulements 2 et 3) sont assujettis sur un noyau de fer composé, comme pour la bobine double servant à la télégraphie et à la téléphonie simultanées (*fig. 81 et 82*), de fils cylindriques en fer doux, fins et isolés les uns des autres et ayant une longueur de 140^{mm}. Les deux enroulements sont séparés du noyau de fer par une mince chemise en carton (non représentée sur la figure) et séparés entre eux par un anneau en bois H. Chaque enroulement comprend environ 1900 tours d'un fil de cuivre de 0^{mm},₂ d'épaisseur à double guipure de soie; la résistance en courant continu de chaque enroulement est d'environ 100 ohms. Sur ces deux enroulements se trouvent les deux enroulements 1 et 4 constitués en fil semblable et comprenant aussi chacun 1900 tours; par suite de la longueur plus grande du fil, la résistance en courant continu de chaque enroulement est comprise entre 120 et 125 ohms. Chacun des enroulements intérieurs est relié à l'enroulement extérieur placé à côté en des points M et N de façon à réaliser les deux bobines A₁ E₁ et A₂ E₂. La fermeture extérieure est constituée comme pour la bobine double des figures 3₁ et 3₂ par une enveloppe en papier, une chemise formée de 25 faisceaux de fils de fer doux fins et isolés et une couverture en cuir verni. Dans l'ensemble, la bobine a l'aspect de celle représentée par la figure 3₁: elle est seulement de dimensions un peu moindres et les quatre bornes sont disposées différemment.

(¹) *Description des appareils usuels de l'Administration Impériale allemande*, Appendice de 1907, p. 30. — HERSEN et HARTZ, *Technique téléphonique*, p. 238. — La bobine de Schwensky est indiquée dans le *Journal télégraphique*, 1907, p. 201, comme celle ayant donné jusqu'ici les meilleurs résultats. Il est à signaler que le dessin que donne ce journal contient une confusion dans les connexions: la donnée que la bobine a un circuit magnétique fermé est inexacte.

La bobine séparatrice a pour 800 périodes par seconde une self-induction d'environ 7 henrys et une résistance apparente de 35 000 ohms, la mesure étant faite entre A_1 et A_2 à travers E_1 , E_2 ; par contre, si les deux bobines élémentaires sont montées en parallèle (c'est-à-dire si les bornes E_1 , E_2

Fig. 88.



d'une part et A_1 , A_2 d'autre part sont réunies), la self-induction ne sera pour la fréquence 800 que de 0,026 henry et la résistance apparente de 260 ohms environ. L'enroulement A_1 - E_1 seul a une self-induction de 0,10 henry, lorsque l'enroulement A_2 - E_2 est fermé. La même valeur est trouvée pour l'enroulement A_2 - E_2 quand l'enroulement A_1 - E_1 est fermé sur lui-même. La capacité des deux enroulements est très minime.

Pour apprécier la construction de la bobine, on pourra employer le montage de la figure 87 en prenant pour chaque branche AC-AD et BC-BD une bobine. Les bobines sont en général construites avec tant de soin que l'essai est presque toujours satisfaisant. Les bobines dont les deux moitiés ont des résistances apparentes qui diffèrent de plus de 0,5 pour 100 sont immédiatement rejetées.

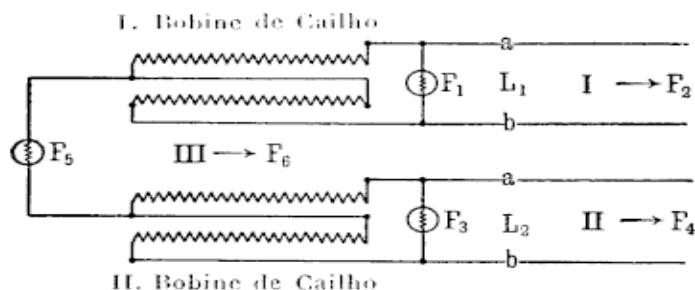
L'Administration française se sert, pour la téléphonie multiple, de la bobine de Cailho qui a deux enroulements de 300 ohms chacun. Ces bobines ont un circuit magnétique fermé, une self-induction de 20 henrys et une résistance apparente de 60 000 ohms (¹) (la mesure étant faite entre les bornes extrêmes avec un courant alternatif de 500 périodes par seconde). La figure 89 montre le montage de la bobine française avec deux circuits L_1 et L_2 . Les trois circuits ainsi constitués (F_1 - F_2 , F_3 - F_4 , F_5 - F_6) ne diffèrent pas de ceux qui ont été réalisés par Schwensky (²).

(¹) Voir, en particulier, à ce sujet *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1904, p. 93; *Journal télégraphique*, 1903, n° 40, et 1907, p. 201.

(²) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1908, p. 853; 1904, p. 93. En France, on paraît employer aussi la même bobine pour la télégraphie et la téléphonie simultanées.

A l'heure actuelle on n'emploie plus en France, pour constituer des circuits combinés, la bobine Cailho, mais un transformateur téléphonique dont chaque enroulement a 80 ohms en courant continu; l'impédance des

Fig. 89.



deux bobines du transformateur mises en série est moindre que pour la bobine différentielle de Cailho, mais encore assez grande pour que, pendant une conversation sur un des circuits composants de 600^{km} de longueur, on ne puisse pas distinguer la mise en circuit ou hors circuit de la bobine⁽¹⁾.

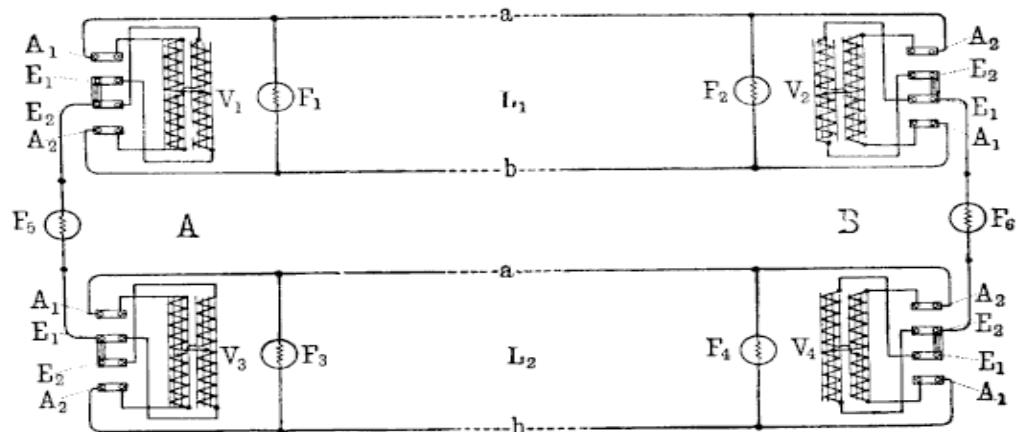
La bobine séparatrice allemande satisfait à toutes les conditions de la téléphonie multiple, si l'on tient compte des propriétés électriques des circuits qui seront examinées plus loin. Si, dans le schéma de la figure 86, on insère de telles bobines au lieu des doubles résistances r_1r_2 , etc., les courants téléphoniques circulant dans le circuit composant L_1 entre F_1 et F_2 , et dans le circuit composant L_2 entre F_3 et F_4 , trouveront dans la bobine une résistance apparente si élevée qu'on ne pourra remarquer aucun affaiblissement dû aux dérivations RMS, TNU, VPW et XQY. Les courants de conversation du circuit artificiel F_5F_6 ne rencontreront aussi, dans les enroulements montés en parallèles des quatre bobines, qu'une résistance apparente assez faible.

2. Jonction de circuits interurbains. — Le montage le plus simple fait avec des bobines séparatrices est représenté dans la figure 90. F_1 et F_3 sont les appareils téléphoniques insérés au bureau A dans les circuits L_1 et L_2 ; F_2 et F_4 les appareils insérés dans les mêmes circuits au bureau B. F_5 et F_6 sont les appareils du troisième circuit artificiel respectivement en A et B. Il est évidemment sans importance que les appareils F_5 et F_6 soient dans les bureaux A et B eux-mêmes ou dans d'autres bureaux réunis à ceux-ci par un circuit bifilaire : cette question est la même que celle exposée plus haut à propos des montages télégraphiques. Du schéma de

(1) Voir, pour le surplus, le travail de Bazille dans les Communications faites au premier Congrès international des techniciens en 1908 : *Surexploitation des circuits téléphoniques*.

la figure 90 on déduira donc immédiatement celui de la figure 91, dans lequel l'appareil téléphonique F_6 est placé au bureau C et réuni aux

Fig. 90.



deux circuits composants par un circuit également bifilaire L_3 . Naturellement, il est aussi possible de rattacher l'appareil téléphonique F_5 par

Fig. 91.

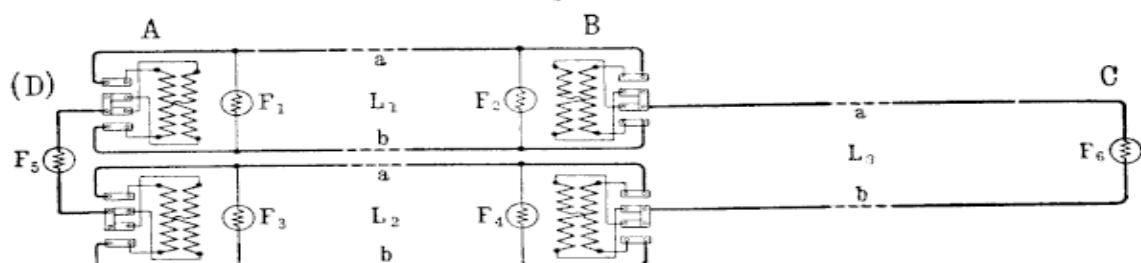
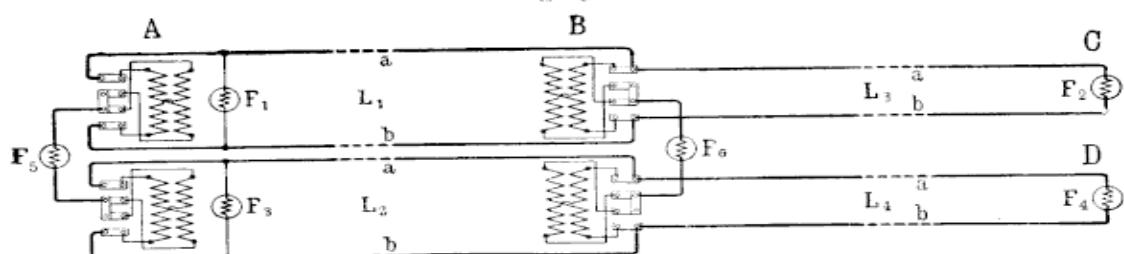


Fig. 92.



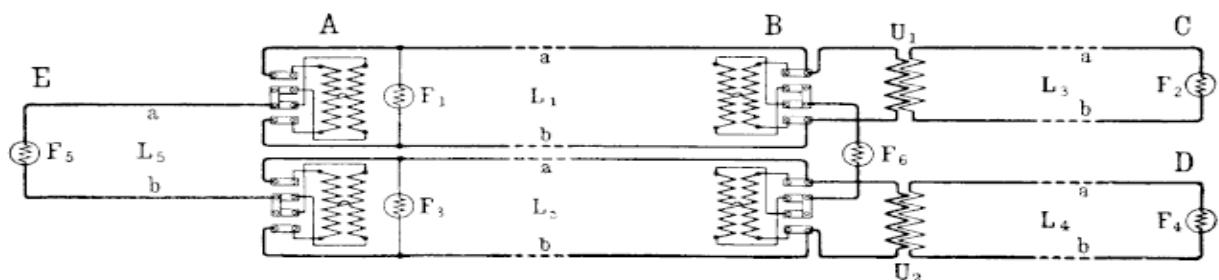
un circuit bifilaire aux conducteurs principaux de façon à pouvoir réaliser une communication téléphonique entre les localités C et D.

Le montage peut recevoir une autre extension indiquée par la figure 92; le circuit artificiel servira pour le trafic téléphonique des localités A et B (appareils F_5 et F_6) et les deux circuits principaux L_1 et L_2 seront prolongés

jusqu'en C et D par les circuits bitiliaires L_3 et L_4 , de telle façon que des communications permanentes seront réalisées entre les localités A et C avec les appareils F_1 et F_2 et entre les localités A et D avec les appareils F_3 et F_4 .

Le maintien de la symétrie ne permet pas, avec de telles modifications ou extensions au schéma de principe (*fig. 90*), d'aller trop loin. L'équilibre demeure cependant assez convenable, parce que les circuits principaux sont fermés par des transformateurs et que les autres circuits sont réunis seulement par induction aux circuits principaux. La figure 93.

Fig. 93.



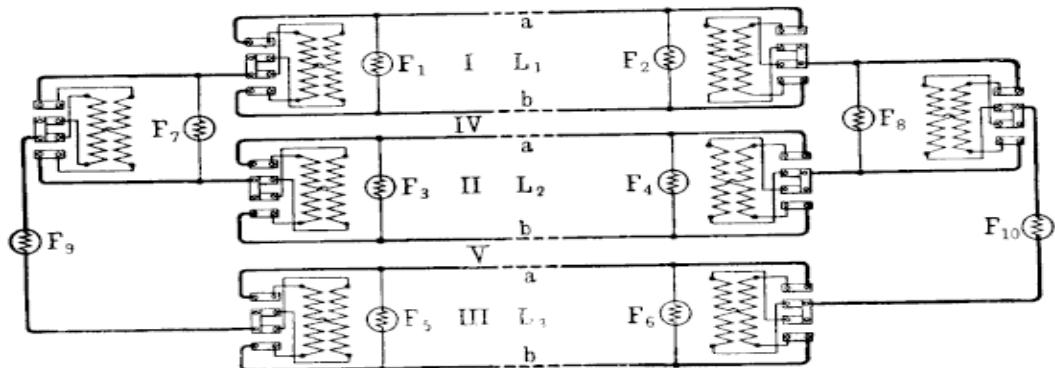
représente une semblable combinaison de lignes; le circuit principal L_1 est relié par un transformateur téléphonique U_1 au circuit L_3 de telle façon que les localités A et C (appareils F_1 et F_2) sont en relation; le circuit L_2 est de même prolongé par le conducteur L_4 de sorte que les localités A et D (appareils F_3 et F_4) sont reliées ensemble. Le circuit artificiel enfin, qui se trouve à l'extrémité B, joint à l'appareil F_6 , est prolongé en A par un circuit directement rattaché jusqu'à la localité E (appareil téléphonique F_5).

On peut encore faire un nouveau progrès dans la réunion de circuits interurbains pour constituer de nouvelles communications. On a trouvé, au moyen de la bobine séparatrice, un procédé permettant aux courants de conversation de différents circuits téléphoniques de se propager sur les mêmes conducteurs en se superposant, puis en un endroit déterminé, le courant résultant se décompose à nouveau en ses courants élémentaires, actionnant chacun l'appareil auquel il est destiné. Il paraît donc possible de réunir deux circuits formant déjà un circuit artificiel à un troisième circuit ou bien à deux autres circuits formant aussi un circuit artificiel, de telle façon qu'il en résulte encore un autre circuit artificiel. Les figures 94 et 95 montrent comment, avec trois circuits, on peut réaliser cinq communications ou avec quatre circuits sept communications. Ces figures se comprennent d'ailleurs d'elles-mêmes; il y a lieu seulement de remarquer que, dans le montage de la figure 94, le circuit F_9F_{10} n'est pas équilibré au point de vue de la répartition des résistances ohmiques.

Si l'on désigne par n le nombre des circuits unitaires utilisés pour les

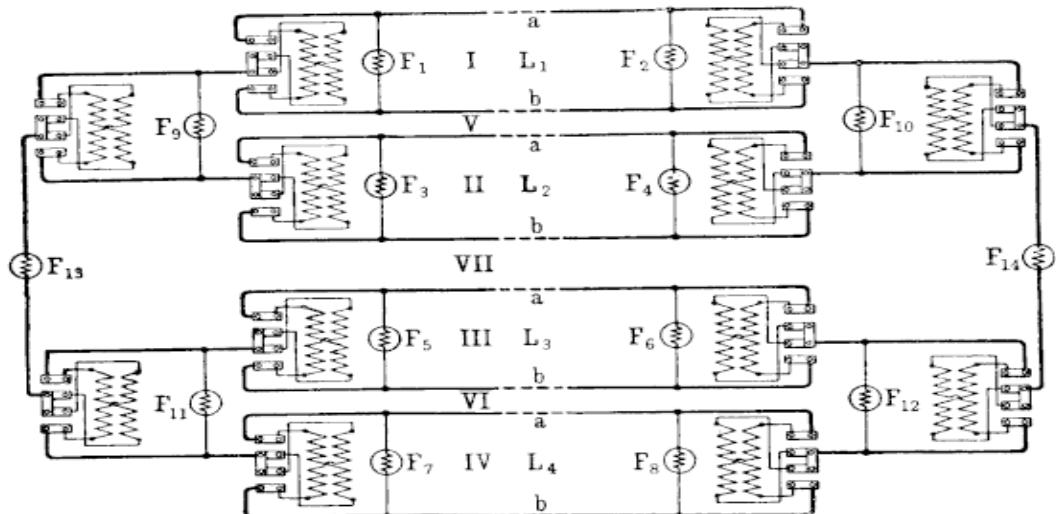
combinaisons, le nombre des communications réalisables avec ces circuits comprenant un fil d'aller et un fil de retour est de $2^n - 1$. Il serait évidemment possible de mettre encore une bobine à chaque extrémité du

Fig. 94.



dernier circuit (soit dans la figure 95, F_{13} , F_{14}) et de placer l'autre extrémité de son enroulement à la terre : on réaliserait ainsi un circuit supplémentaire avec retour par la terre et le nombre total des communications serait porté à 2^n ; dans la pratique, ce dernier circuit ne serait pas utilisable (se reporter aux explications données à la page 99 à propos des figures 81 et 82); de

Fig. 95.

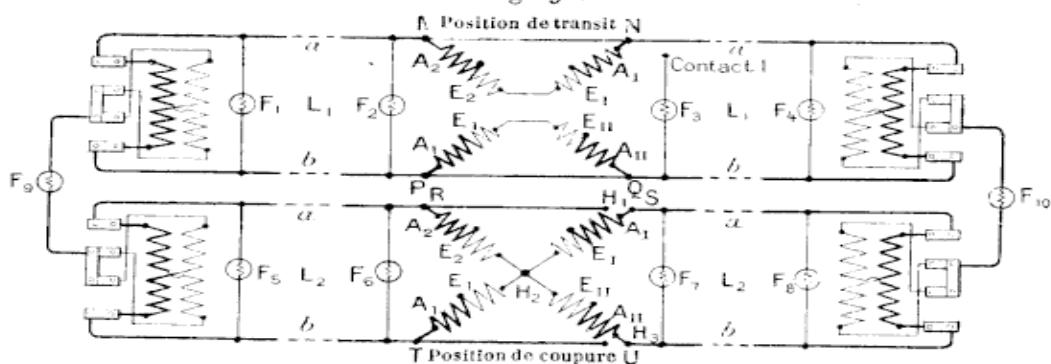


plus, les autres circuits subiraient, du fait de cette mise à la terre, des troubles plus ou moins profonds. D'après l'expérience, il a été impossible, même sur de courtes distances, d'employer plus de quatre circuits pour effectuer des combinaisons ; il devient en effet de plus en plus difficile, avec l'exten-

sion du système, de réaliser et de maintenir en équilibre des propriétés électriques suffisantes pour que chaque circuit de conversation garde son indépendance.

Il nous faut expliquer maintenant comment les circuits qui sont coupés par des bureaux intermédiaires peuvent être utilisés pour la téléphonie multiple. Dans l'Administration allemande, on se sert du montage indiqué dans la figure 96 : le circuit principal L_1 est en transit au bureau intermédiaire pour les relations entre F_1 et F_4 , tandis que le circuit principal L_2 est sur position de coupure pour les communications de F_5 et de F_6 d'une part, et de F_7 avec F_8 d'autre part. Les deux circuits forment, pour les

Fig. 96.

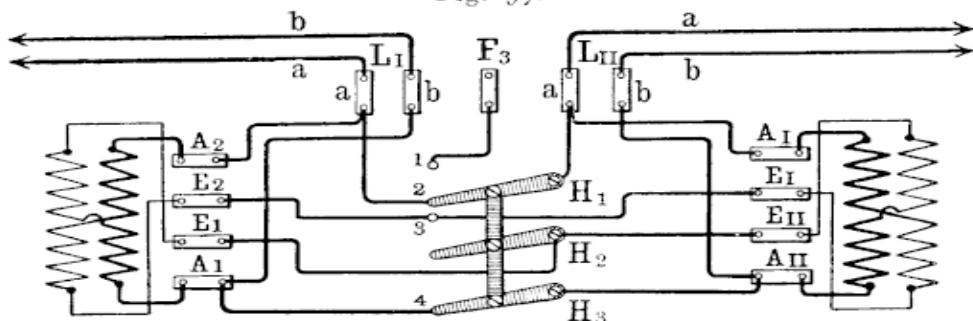


relations de F_9 avec F_{10} , un circuit continu, que le bureau intermédiaire agisse comme poste extrême ou comme poste de transit. Dans la position de coupure (cas où les deux sections sont séparées en des points H_1 et H_3 sur le circuit principal L_2), le circuit $F_9 F_{10}$ reste continu grâce au double pont $RH_2 T$ et $SH_2 U$, formé par deux bobines séparatrices et dérivé sur les conducteurs du circuit L_2 . Par ce moyen, les courants de conversation venant de F_9 et destinés à F_{10} (ou inversement) passent d'une section sur l'autre par H_2 et circulent (abstraction faite de la résistance ohmique du pont) comme si les coupures en H_1 et H_3 n'existaient pas. Dans la position de transit, les bobines du double pont sont shuntées, comme la figure 96 le représente pour le circuit L_1 , de telle façon qu'elles n'interviennent nullement dans la constitution du circuit $F_9 F_{10}$. Le bureau intermédiaire doit conserver un de ses appareils en dérivation permanente afin de pouvoir surveiller l'exploitation : dans le cas actuel, cet appareil sera F_2 , auquel on pourra substituer également un signal de fin de conversation.

La figure 97 montre comment les deux bobines séparatrices peuvent être connectées ou déconnectées, à l'aide d'un commutateur à trois directions, pour former le système de ponts. Les bras H_1 et H_3 effectuent la fermeture et l'ouverture des sections du circuit (contacts H_1 et 2, H_3 et 4); le bras H_2 , la fermeture et l'ouverture du pont double (contact H_2 et 3).

Le contact 1, qui est en relation avec la borne F_3 , sert pour la mise en circuit ou hors circuit de l'un des deux appareils téléphoniques suivant que le circuit doit se trouver en coupure ou en transit.

Fig. 97.



Si l'on voulait utiliser la téléphonie multiple (cas de deux circuits) sur des lignes équipées avec des bobines Pupin (fig. 98), la transmission sur

Fig. 98.

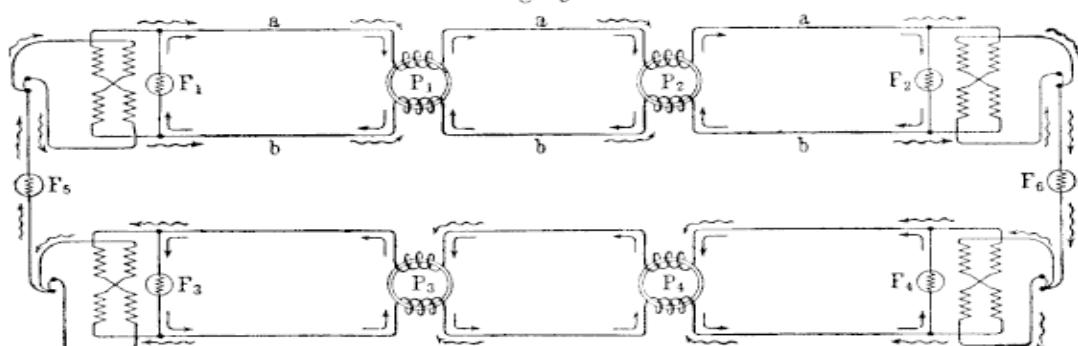
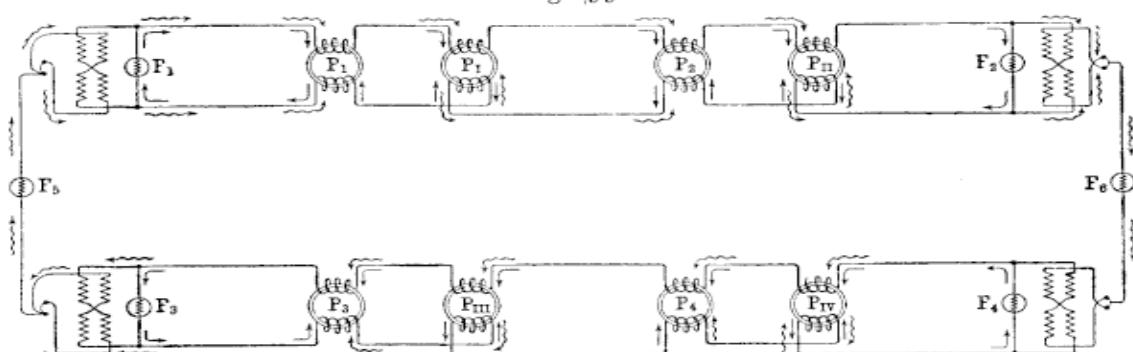


Fig. 99.



le circuit artificiel $F_5 F_6$ serait moins bonne que sur les circuits composants $F_1 F_2$ et $F_3 F_4$. En effet, comme dans le circuit $F_5 F_6$ les branches a et b de chaque circuit principal sont montées en parallèle, les courants télépho-

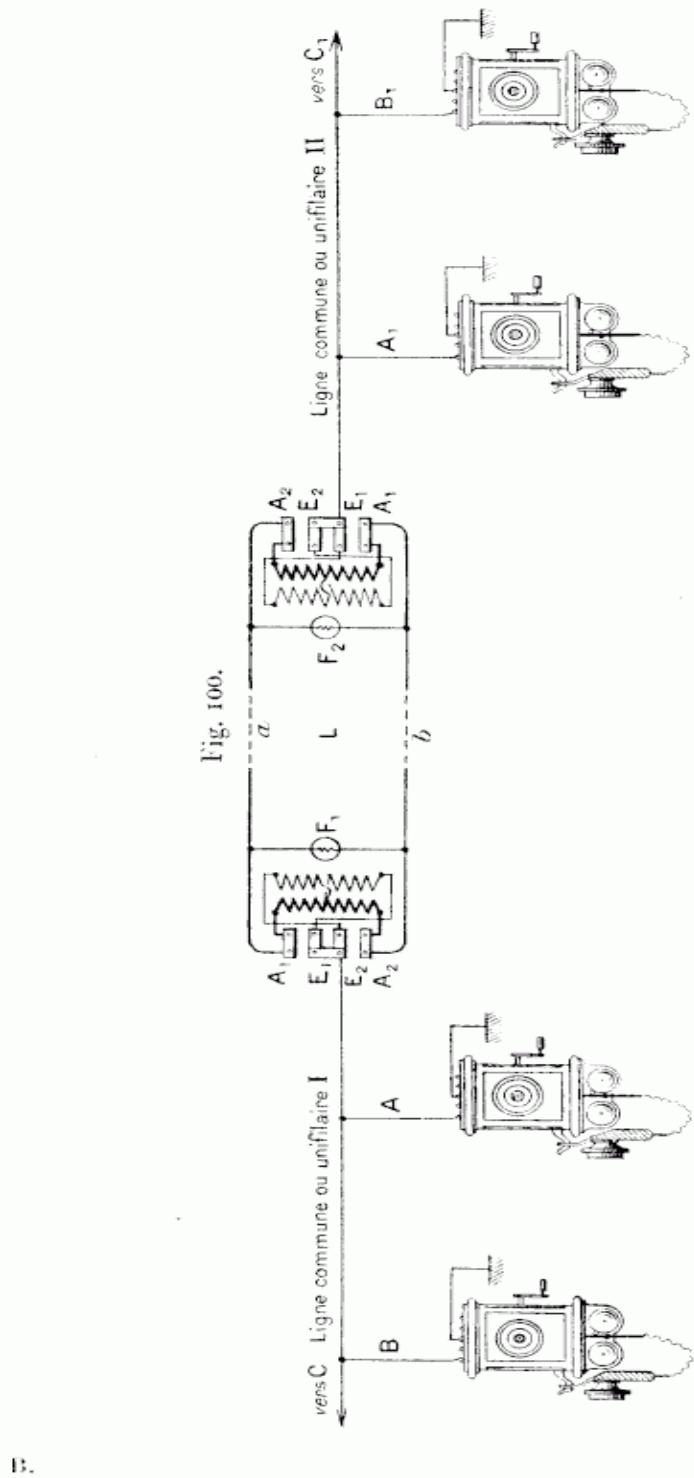
niques du circuit artificiel embrasseraient les noyaux de fer doux des bobines P_1 , P_2 , d'une part, et de P_3 , P_4 , d'autre part, dans des directions opposées (suivant les flèches ondulées) : ils ne trouveraient, à l'encontre des courants normaux des circuits principaux (flèches rectilignes), aucune self-induction dans les bobines Pupin, et leur affaiblissement ne serait nullement diminué du fait de la pupinisation.

Cet inconvénient a pu être supprimé à l'aide d'un procédé proposé par Siemens et Halske (¹) : il consiste à ajouter à chacune des bobines Pupin P_1 , P_2 , P_3 , P_4 une seconde bobine P_1' , P_2' , P_3' , P_4' (*fig. 99*). Ces nouvelles bobines sont montées de telle façon que les courants de conversation du circuit F_3 , F_4 y rencontrent de la self-induction, tandis qu'elles restent sans effet de self vis-à-vis des courants des circuits F_1 , F_2 et F_3 , F_4 . Il n'est pas impossible que ces actions différentielles des paires de bobines ne puissent être réalisées à l'aide d'une seule bobine à quatre enroulements. Quant à la question de savoir jusqu'à quel point la self-induction des bobines séparatrices doit être mise en accord avec celle des bobines Pupin, elle devrait faire l'objet d'une étude dans chaque cas particulier.

Il y a lieu de remarquer d'ailleurs, à l'occasion de cette découverte, que deux lignes Pupin ne se rencontrent pas fréquemment dans une même artère. On peut cependant se poser la question de savoir si l'on peut combiner en vue de la téléphonie multiple une ligne Pupin avec une ligne ordinaire : jusqu'à présent, on n'a pas encore recherché s'il était possible de donner aux deux lignes les mêmes propriétés électriques en vue de leur combinaison.

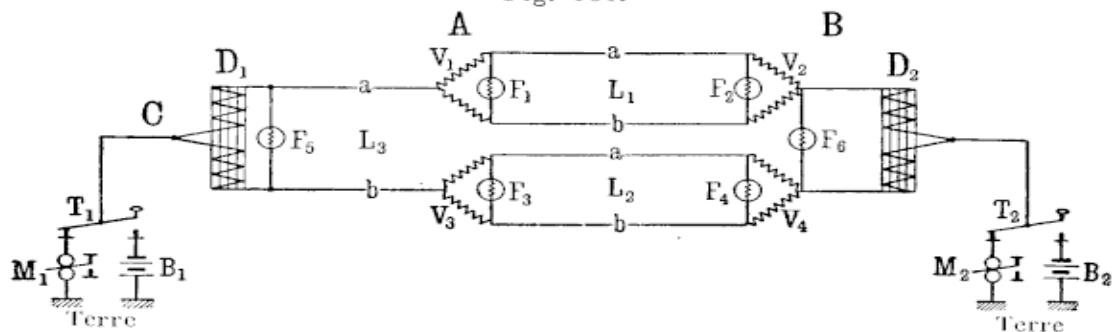
De temps à autre, on utilise un circuit interurbain dans les montages pour téléphonie multiple comme lien entre deux lignes spéciales. Un semblable montage est indiqué dans la figure 100. Les appareils téléphoniques A, B, A_1 , B_1 sont montés en parallèle et branchés sur les lignes spéciales I et II. Les sonneries de ces appareils ont une self-induction très élevée et leur résistance apparente pour des courants alternatifs de fréquence 800 atteint plus de 100 000 ohms; lorsque deux des appareils de la ligne commune sont utilisés pour converser, les autres ne forment, malgré le montage en parallèle, qu'une dérivation sans importance sur les récepteurs décrochés : la résistance de ces derniers, jointe à celle des bobines d'induction, n'atteint pas 600 ohms pour la fréquence ci-dessus. Le circuit F_1 , F_2 ne sera nullement influencé par cette communication, en supposant, bien entendu, un bon isolement du circuit bifilaire.

Cette disposition peut encore être modifiée en montant les deux postes A et A_1 , conjointement avec les deux fils branchés sur le circuit bifilaire, sur un panneau à annonciateurs, sur lequel sont desservies également d'autres lignes d'abonnés. Ceci ne change rien à la disposition générale, si le circuit bifilaire L continue à être utilisé entre les deux lignes communes toujours comme circuit de liaison.



Les montages de téléphonie multiple peuvent enfin se combiner avec les montages de télégraphie et téléphonie simultanées, comme le montre la figure 101. Les deux circuits interurbains, qui vont d'une localité A à une autre B, sont équipés de la façon ordinaire (ici indiquée schématiquement pour la simplification de la figure) avec des bobines séparatrices V_1 , V_2 , V_3 et V_4 , afin de réaliser la téléphonie multiple entre les postes F_1F_2 , F_3F_4 , F_5F_6 . L'appareil F_5 pourrait se trouver à l'extrémité C

Fig. 101.



d'une ligne interurbaine L_3 , reliée en A au sommet des bobines séparatrices V_1 et V_2 . Jusqu'ici, la disposition correspond au schéma de la figure 91. Les installations T_1 , M_1 , B_1 et T_2 , M_2 , B_2 seront rattachées aux points C et B aux conducteurs à l'aide des bobines séparatrices D_1 et D_2 . Les courants télégraphiques subissent avec ce montage une division complexe, car dans la direction de C vers B, il n'y a pas seulement l'action de la bobine séparatrice D_1 , mais celle des bobines de bifurcation V_1 et V_3 , de même que les bobines V_2 et V_4 , ainsi que D_2 , concourent pour effectuer la reconstitution des courants ainsi divisés. La même observation est applicable pour la direction opposée : ce sont les bobines D_2 , V_2 et V_4 qui effectuent la décomposition, tandis que V_1 , V_3 et D_1 concourent pour la reconstitution du courant. Il y aura donc sur les sections L_1 et L_2 une superposition de courants divers, à savoir : les courants télégraphiques des directions CB et BC, les courants téléphoniques du circuit artificiel F_5F_6 et les courants téléphoniques des circuits F_1F_2 et F_3F_4 . Tandis que les courants télégraphiques parcourent les quatre conducteurs dans une même direction, soit de C vers B, soit de B vers C, les courants téléphoniques du circuit F_5F_6 circulent sur les deux fils de L_1 , pris en parallèle, dans une direction opposée de celle où ils circulent sur les deux fils de L_2 .

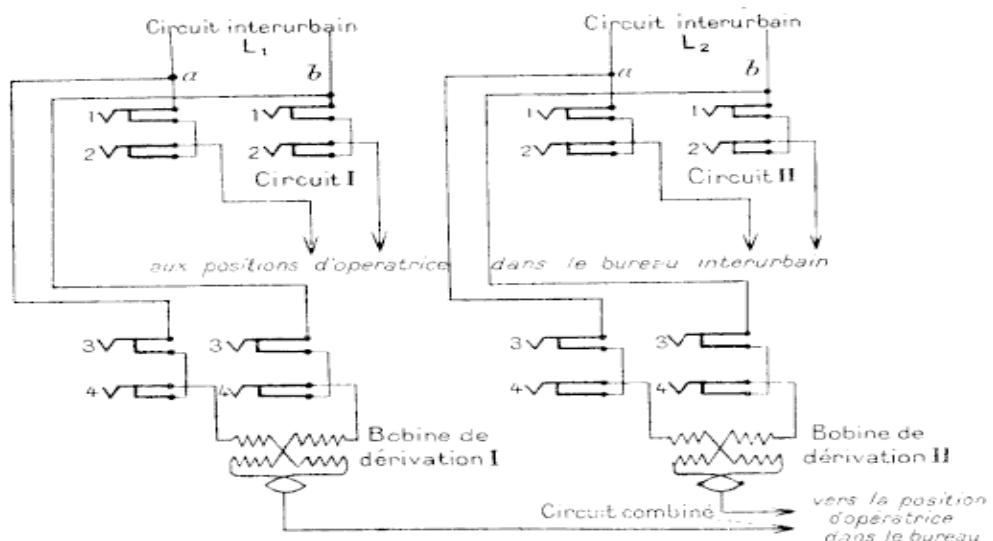
D'autres montages sont encore possibles pour la télégraphie et la téléphonie simultanées ; par exemple, on peut réunir une section d'un circuit bifilaire à un autre circuit bifilaire en vue de la téléphonie multiple, tandis que l'autre section du premier circuit est utilisée conjointement pour la télégraphie. Pratiquement, on ne peut faire de tous ces montages qu'un emploi extrêmement limité. On a vu déjà qu'il existait pour le téléphone

de nombreuses causes de troubles dans la constitution d'un seul circuit à la fois télégraphique et téléphonique; les empêchements et les difficultés croissent naturellement à mesure que les montages sont plus développés et plus complexes.

c. — Organisation des bureaux.

1. Installation des bobines de bifurcation. — La figure 102 indique comment les conducteurs dérivés sont disposés dans les bureaux interurbains à l'effet de constituer de nouveaux circuits. Les quatre rangées de jacks

Fig. 102.



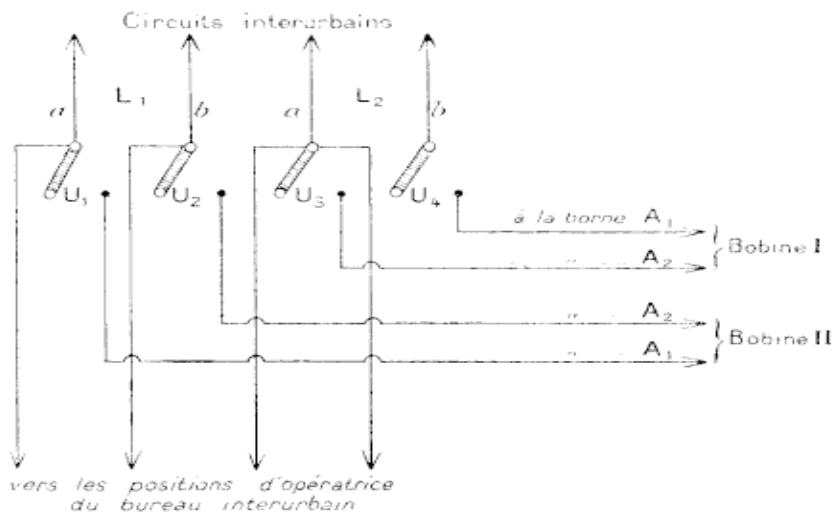
de 1 à 4 indiquent, comme dans la figure 63, le Tableau commutateur principal du bureau interurbain. Les deux circuits L_1 et L_2 se dirigent à travers les jacks 1 et 2 vers les positions d'opératrice du bureau interurbain. Les dérivationss conduisant aux bobines de bifurcation I et II sont reliées avant le groupe de jacks 1 aux conducteurs a et b , puis rattachées aux bobines I et II après les groupes de jacks 3 et 4; aux sommets de ces dernières bobines, on rattache les conducteurs de circuit artificiel (circuit III), qui est ensuite conduit à une position d'opératrice du bureau interurbain.

Avant le groupe de jacks 1, on supposera que les organes de protection, paratonnerres et fusibles, ont été mis en place, de sorte que les appareils du circuit artificiel soient, par le fait même, protégés et n'aient besoin d'aucun organe supplémentaire pour les garantir de la foudre, des tensions ou intensités dangereuses.

Au lieu du second groupe de jacks, on peut aussi employer, pour les

bureaux à faible exploitation, des commutateurs à manette U_1 , U_2 , U_3 , U_4 (fig. 103) qui permettent la mise en circuit ou hors circuit des bobines de dérivation. Il n'y a pas de règles générales pour établir les circuits artificiels,

Fig. 103.



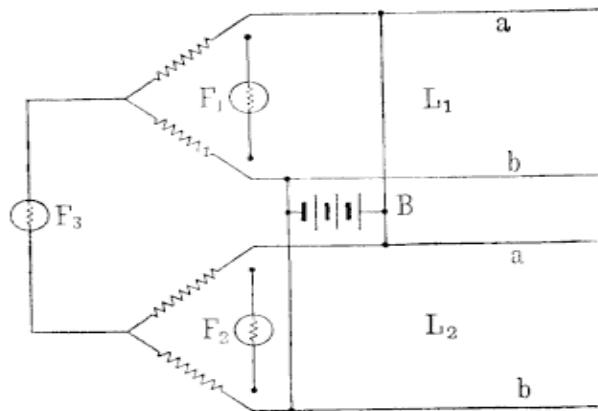
pas plus qu'il ne pouvait y en avoir pour l'établissement des conducteurs auxiliaires nécessaires à la télégraphie sur circuits téléphoniques ; les dispositions locales et, en particulier, les installations des commutateurs, des appareils d'essais et de mesure imposeront généralement les règles à suivre.

2. Installations spéciales des positions d'opératrice. — Dans l'installation des positions d'opératrice des bureaux interurbains, on doit en particulier porter son attention sur les dispositifs d'appel. Lorsque tous les circuits ne possèdent qu'une seule batterie d'appel, il y a danger que les courants de conversation de la ligne artificielle ne soient mis en court circuit par les conducteurs de jonction de la batterie et n'arrivent pas ainsi jusqu'aux appareils téléphoniques : ce cas se présenterait lorsque les bureaux correspondants seraient appelés simultanément sur les deux circuits composants.

Dans la figure 104, les deux circuits composants L_1 et L_2 ont leurs conducteurs a et b rattachés à la batterie B (les clefs d'appel n'ont pas été représentées). Tant que durera l'abaissement de la clef, une partie importante de l'énergie des courants de conversation du troisième circuit (F_3) ira par les barres de la batterie B vers les fils du circuit L_2 . Il en résulte que la transmission sur le troisième circuit est, pendant toute la durée de l'abaissement simultané des clefs, extrêmement gênée, sinon complètement empêchée. En vérité, il n'arrive pas extrêmement souvent que les deux clefs d'appel des deux bureaux principaux soient simultanément abaissées, mais c'est un fait qui peut se présenter et qui doit être pris en considération.

Le remède est relativement simple : on peut employer deux batteries d'appel sur lesquelles les circuits composants sont à répartir, de telle façon que, lorsqu'un circuit composant emprunte le courant de l'une des

Fig. 104.



batteries, l'autre circuit combinable avec le premier se servira de la seconde batterie ; un autre procédé consiste à employer des magnétos ou des transformateurs de courant d'appel, comme il a été indiqué à la page 86 ; on peut enfin conserver la batterie commune et placer sur chaque conducteur de jonction avec les circuits principaux des bobines de self-induction ayant une résistance aussi faible que possible et une self-induction élevée. Le choix de l'un ou de l'autre de ces moyens dépendra des conditions locales particulières.

Si les deux circuits composants d'un même circuit artificiel sont constamment desservis par la même position d'opératrice, ces moyens de protection ne sont pas nécessaires, parce que les clefs d'appel des deux circuits principaux ne servent jamais simultanément. En tout cas, on peut aussi, dans les petits bureaux, ne pas employer ces moyens spéciaux, autant qu'on aura la certitude que les deux employés desservant les deux circuits composants qui se correspondent se sont mis d'accord pour l'utilisation des clefs d'appel. Plus le bureau est important, moins les prescriptions qui doivent assurer cet accord ont la chance d'être efficaces.

On ne peut employer, pour des circuits bifilaires équipés en vue de la téléphonie multiple, des batteries avec un pôle à la terre, comme dans la figure 73. En effet, lorsqu'on appellera seulement sur un des circuits composants, il y aura dans le circuit artificiel des bruits parasites dus à la terre ; si on utilisait une semblable batterie pour les deux circuits principaux, les courants de conversation du troisième circuit passeraient pendant un appel simultané des deux circuits composants à travers la batterie à la terre.

Enfin, il y a lieu d'attirer l'attention sur le fait que les bobines de déri-

vation représentent, avec leur faible résistance ohmique, des dérivations importantes pour les courants d'appel sur les circuits principaux, qu'on peut bien mettre en évidence par la mesure des tensions de ces courants d'appel ⁽¹⁾.

d. — Les circuits extérieurs.

1. La position des circuits composants les uns par rapport aux autres et par rapport aux autres circuits. — La position réciproque des circuits sur les appuis a la plus grande importance pour la bonne utilisation des lignes interurbaines, spécialement pour ceux qui sont employés pour la téléphonie multiple ⁽²⁾.

Tout d'abord, et c'est là une nécessité absolue, les deux circuits interurbains combinables pour former un troisième circuit doivent appartenir à une même artère. Deux circuits, qui appartiennent à des artères différentes, ne sont nullement susceptibles d'être combinés ⁽³⁾. Comme chacun de ces deux circuits constitue une branche du troisième circuit, les deux conducteurs de ce troisième circuit seraient influencés différemment par leurs circuits voisins; ils pourraient aussi avoir des capacités et des résistances différentes, etc., en sorte que les courants induits ne s'équilibreraient pas dans les appareils téléphoniques du circuit artificiel et qu'il serait possible d'entendre les conversations échangées sur les circuits composants. D'une façon générale, on obtiendra un résultat d'autant meilleur au point de vue de l'induction produite sur le circuit artificiel par les autres circuits interurbains, que les circuits composants seront plus rapprochés l'un de l'autre dans la même artère.

La question de la section du fil doit aussi être étudiée avec soin ⁽⁴⁾. En effet, lorsque les circuits interurbains qui doivent être combinés pos-

⁽¹⁾ Sur la perte d'énergie supportée par les courants d'appel des circuits composants dans les bobines de dérivation, sur les remèdes contre ces pertes d'énergie et sur les tensions du courant d'appel, voir AMBROSIUS: *L'appel sur les circuits interurbains* (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1909, fasc. 17 et 18).

⁽²⁾ *Archiv für Post und Telegraphie*, 1894, p. 417 et suivantes: *De l'induction sur les circuits interurbains*; et 1896, p. 141 et suivantes: *Sur des phénomènes d'induction dans les lignes télégraphiques et téléphoniques*.

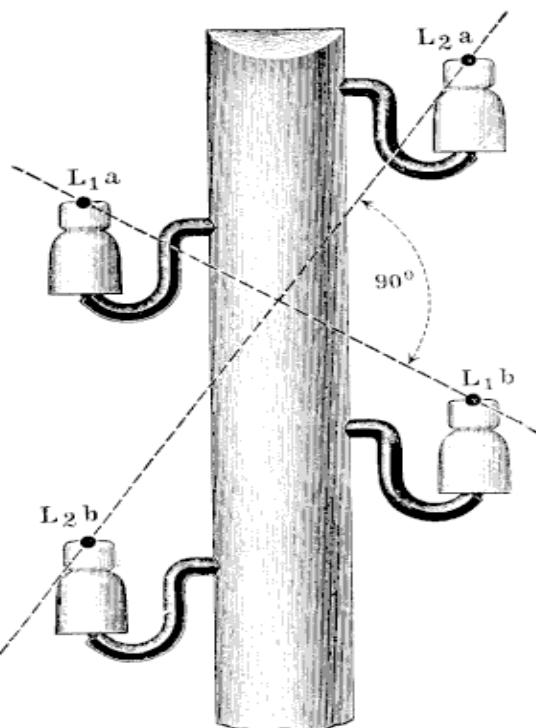
⁽³⁾ Ils sont aussi peu aptes à cette combinaison que deux fils simples suivant des parcours différents ne sont susceptibles de former un circuit bifilaire (voir à ce sujet p. 27 et 29).

⁽⁴⁾ La constitution du fil elle-même n'entre pas spécialement en considération, parce que les fils de cuivre peuvent être envisagés, dans les mêmes conditions d'emploi, comme pratiquement équivalents au point de vue électrique. Les fils bimétalliques (âme d'acier avec enveloppe de cuivre ou de bronze), qui ont des propriétés sensiblement différentes, ne sont plus nulle part employés pour les circuits interurbains et, par suite, n'interviennent pas dans la question.

sèdent des sections différentes, la résistance et la capacité des deux branches du circuit artificiel ne sont pas égales; il y a par suite dans ce circuit une dissymétrie croissant avec la longueur de la ligne, non seulement au point de vue de la propagation du courant, mais aussi pour la production et la compensation de l'induction provenant des circuits voisins. Les montages combinés dans lesquels on emploie des circuits de diamètres différents ont toujours une tendance très nette à donner une exploitation défectueuse.

Du fait que, dans le montage de combinaison, l'un des circuits sert de conducteur d'aller et l'autre de conducteur de retour pour le circuit artificiel, il résulte des relations électriques particulières entre les circuits constituants, d'une part, et le circuit artificiel, d'autre part. En effet, comme les courants de conversation du circuit artificiel circulent sur les deux fils de chaque circuit composant dans la même direction, il y a induction du premier circuit sur le second et réciproquement. En plus, il y a induction entre les deux circuits composants.

Fig. 105.



S'il y a plus de deux circuits composants pour réaliser des circuits artificiels, l'induction des différents circuits les uns sur les autres est encore plus grande et plus complexe.

La valeur de l'intensité des courants d'induction dans les récepteurs télé-

phoniques dépend, en particulier, de la place qu'occupent les différents fils sur les appuis de l'artère.

Dans l'Administration Impériale allemande, on a, pendant quelques années (de 1885 à 1890 environ), employé la disposition suivante. Les consoles des isolateurs étaient vissées dans les poteaux à des distances telles que les lignes $L_{1a} L_{1b}$ et $L_{2a} L_{2b}$, qu'on pouvait tirer entre les fils, se coupaient à angle droit (voir *fig. 105*) en leur milieu; autrement dit, les fils se trouvaient sur un même poteau aux sommets d'un parallélogramme; chacun d'eux se trouvait ainsi à la même distance de ses deux voisins. Les forces électromotrices induites par L_{1a} sur L_{2a} et L_{2b} étaient ainsi égales et de même direction; les forces électromotrices induites par L_{1b} sur L_{2a} et L_{2b} étaient aussi égales, mais de direction opposée aux précédentes. Il ne pouvait donc pas circuler de courants d'induction dans le circuit L_2 . Les forces électromotrices induites par L_2 sur L_1 se comportaient d'une manière identique. Les deux circuits se trouvaient donc anti-inductés l'un par rapport à l'autre.

Lorsque, par la suite, il fut nécessaire de placer plus de deux circuits sur les mêmes appuis, on posa en principe que la distance entre les deux fils d'un même circuit devait être la même pour une même artère et aussi réduite que possible et que la distance entre deux circuits ne devait pas être inférieure à une valeur déterminée (¹). Par suite, les circuits furent fixés tout d'abord sur des consoles doublement coudées qui étaient vissées dans les poteaux à des distances d'environ 25^{cm}; les deux fils d'un même circuit se trouvaient dans un même plan horizontal. Plus tard, on employa des consoles doubles en forme de J sur lesquelles l'un des fils se trouvait plus haut que l'autre pour éviter le contact entre eux. Enfin, on se servit de traverses pour deux, quatre et huit circuits, lorsque les consoles coudées et les consoles en forme de J ne furent plus suffisantes, vu le nombre croissant des circuits interurbains (²).

La figure 106 montre un ensemble de traverses comprenant quatre consoles droites et quatre consoles coudées. Si les deux circuits sont l'un au-dessous de l'autre, comme L_1 et L_2 , les inductions électromagnétiques réciproques se compensent d'une façon convenable; mais, comme le circuit inférieur a, vis-à-vis de la terre, une capacité plus élevée que celle du circuit supérieur, il peut cependant se produire un peu d'induction pour les longues lignes entre les deux circuits considérés comme composants et le circuit artificiel constitué avec eux.

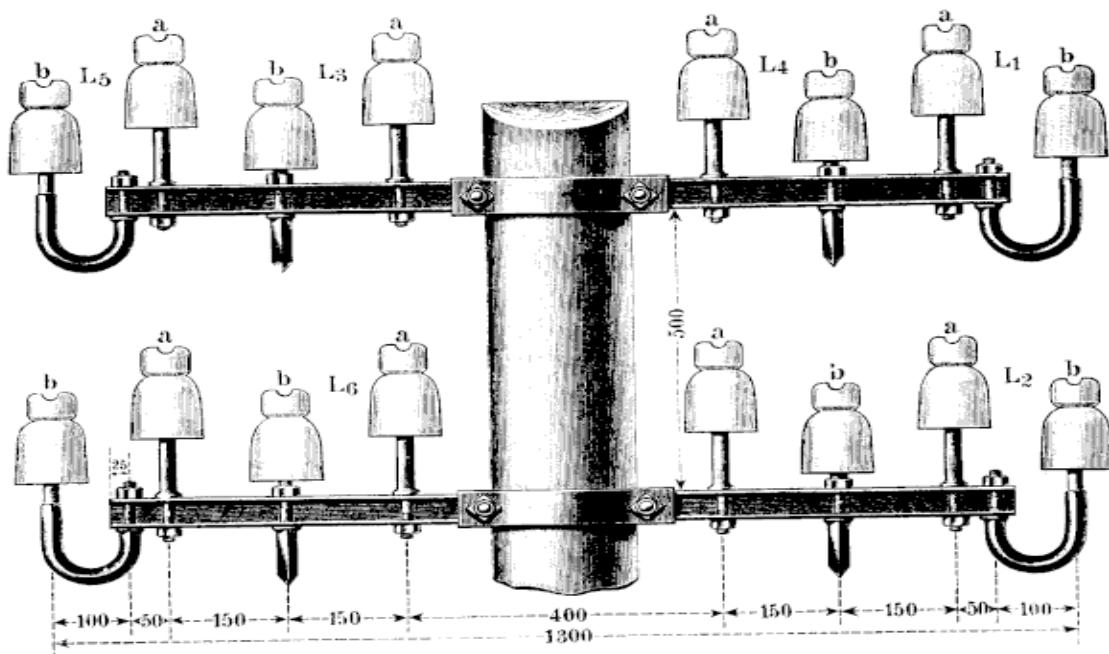
On peut aussi placer les circuits composants directement l'un à côté de

(¹) CHRISTIANI, *Circuits anti-inductés* (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1891, p. 635) et *Théorie des installations de circuits anti-inductés* (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1892, p. 283).

(²) Pour les formes et modes de fixation des consoles et des traverses, voir *Le règlement de la construction des lignes*, p. 115.

L'autre sur une même traverse, par exemple les circuits L_3 et L_5 de la figure 106; l'expérience, maintes fois répétée, a montré que c'était là la meilleure disposition, bien que les quatre fils ne soient pas aussi bien placés au point de vue de l'induction réciproque que les circuits L_1 et L_2 .

Fig. 106.



Il serait, par contre, plus mauvais de combiner ensemble les circuits L_3 et L_4 .

Si, pour constituer un circuit artificiel, on prenait des circuits situés dans des plans verticaux et horizontaux différents, comme L_5 et L_6 par exemple, le défaut de symétrie serait alors si grand qu'il y aurait certainement induction.

L'expérience montre aussi que l'induction pour des distances allant jusqu'à 30 km n'est pas préjudiciable à l'exploitation des circuits et que pour des distances de 100 km il y a rarement des troubles, si les circuits composants sont suffisamment éloignés les uns des autres dans la même artère, comme par exemple L_1 et L_6 . Pour des distances de 100 km à 300 km , ces positions relatives ne conviennent plus et l'on a une possibilité d'exploitation suffisante seulement lorsque les deux circuits sont directement l'un à côté de l'autre ou l'un au-dessous de l'autre, comme les circuits L_1 et L_4 ou L_1 et L_2 . Au delà de 300 km , même avec ces dispositions qui sont les plus favorables, il n'y a aucune sécurité pour l'exploitation.

Pour expliquer ces faits, il ne convient pas d'accorder seulement attention aux risques croissant avec la longueur des lignes, que des défauts

d'isolement se produisent et détruisent la symétrie; il faut aussi considérer le rapport de la force électromotrice induite à la résistance des conducteurs. Comme dans les lignes simples, dans les circuits bifilaires et dans les circuits artificiels les forces électromotrices d'induction réciproque croissent pour un fil de diamètre constant presque proportionnellement avec la longueur de la ligne inductrice, tandis que la résistance du circuit ne croît pas dans le même rapport. En effet, à la résistance du fil conducteur, il convient d'ajouter pour les lignes simples ou les circuits bifilaires ordinaires la résistance des organes d'exploitation et, en plus, dans le cas du circuit combiné, la résistance des bobines de dérivation. Sur une courte section, il y a donc d'un côté de petites forces électromotrices, induites sur les circuits composants, et de l'autre la résistance constante des bobines et des appareils, associées avec la résistance de ligne; pour une longue section, par contre, la force électromotrice s'est accrue proportionnellement à la longueur de ligne, tandis que la résistance composée de la ligne et des appareils n'a pas augmenté dans la même proportion (en supposant qu'il s'agisse, bien entendu, de fils de même diamètre).

Un moyen pratiquement éprouvé pour combattre l'induction des différents circuits consiste, d'après les indications de Münch, à croiser chacun des circuits composants à des distances égales tout le long du parcours. Cette méthode sera tout à fait efficace pour deux circuits par exemple,

Fig. 107.

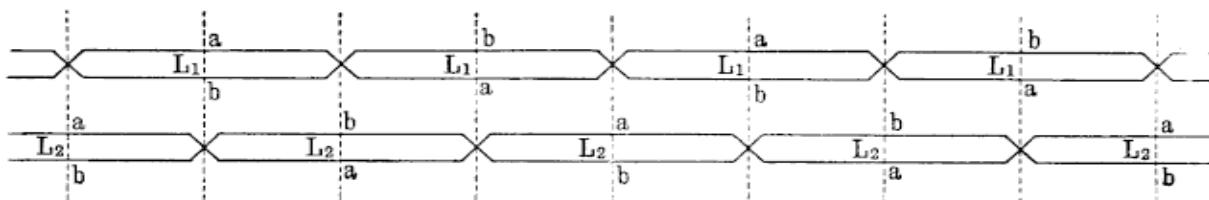
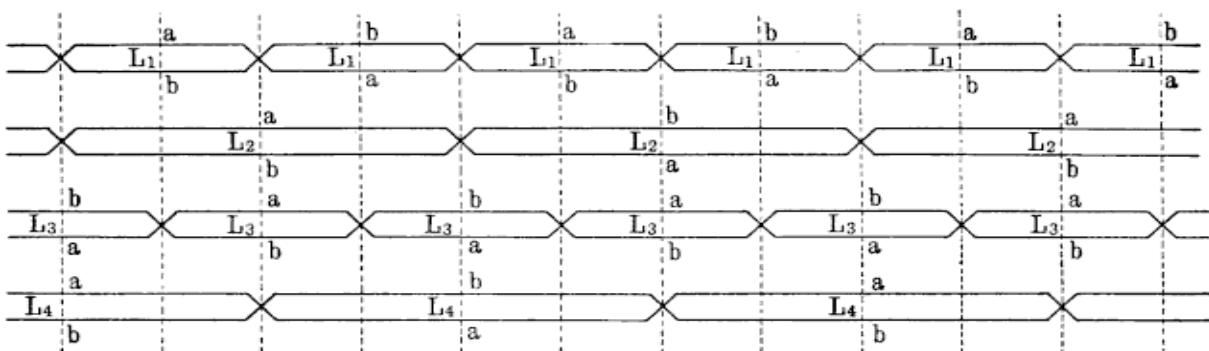


Fig. 108.



si les croisements du premier circuit se font exactement au point milieu de la distance séparant les croisements du second circuit (fig. 107). S'il

existe dans la même artère plusieurs circuits combinables, les croisements devront être faits comme l'indique la figure 108, afin que tous les circuits composants soient protégés de leur induction électrodynamique réciproque. Naturellement, le procédé est aussi satisfaisant lorsque trois circuits doivent être combinés pour former un cinquième ou un sixième circuit, ou quand quatre circuits sont combinables pour former cinq, six ou sept communications. Plus le nombre des croisements est élevé et plus leur action est efficace. Mais, dans des réseaux de fils interurbains à mailles serrées, ce procédé n'est pas très employé en raison de son prix relativement élevé et de la difficulté qu'on a pour suivre et surveiller les lignes. En effet, souvent, sur de longues sections (c'est-à-dire, en fait là où les croisements seraient de la plus grande utilité), la conduite des fils ne peut être, à cause du chevauchement des circuits et du passage dans d'autres artères, réglée de telle façon que deux circuits combinables conservent toujours la même position relative.

Il n'est pas cependant très certain que des circuits de plus de 500^{km} de longueur soient toujours combinables efficacement et d'une façon permanente, car les croisements, si multipliés soient-ils, n'agissent pas toujours suffisamment : il faut, en effet, compter avec l'isolement qui, en particulier sous le climat de l'Allemagne, peut n'avoir pas toujours une égalité et une constance suffisantes. On trouve cependant dans quelques publications l'indication que des lignes de 800^{km} sont utilisées en circuit artificiel ; certains détails, et en particulier les renseignements sur la densité du trafic, n'ont pas été indiqués à propos de cette affirmation (¹).

Chaque circuit artificiel, enfin, n'est pas seulement en rapports électriques avec ses circuits composants, mais il peut aussi, dans une certaine mesure, troubler par induction d'autres circuits de l'artère et, en particulier, des circuits destinés à être combinés. Réciproquement, il peut aussi être troublé par eux. En effet, le conducteur d'aller et le conducteur de retour d'un circuit artificiel sont beaucoup plus distants l'un de l'autre que dans les circuits ordinaires ; de plus, ces conducteurs sont eux-mêmes composés de plusieurs autres ; les inductions réciproques sont donc beaucoup plus irrégulières que dans le cas de circuits ordinaires. Le remède consistera à considérer les circuits composants comme un ensemble et de croiser les circuits entre eux à des intervalles réguliers, tout en respectant les croisements élémentaires faits entre fils du circuit composant (²). Lorsque plusieurs circuits artificiels se trouveront dans une même artère, ces croisements de circuits devront être répartis sur tout le parcours de la manière

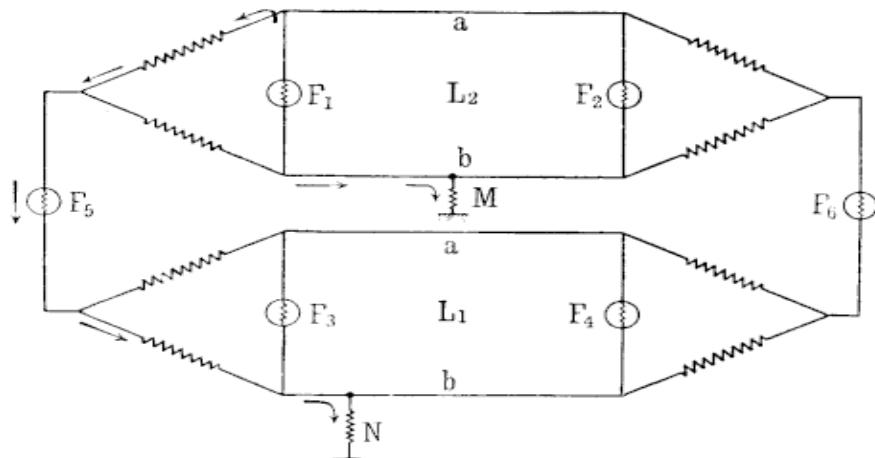
(¹) BAZILLE, *Surexploitation des circuits téléphoniques* (*Comptes rendus de la première Conférence internationale des techniciens des Télégraphes et des Téléphones*, Budapest, 1908).

(²) Voir *Telephony*, 1909, vol. XVIII, p. 139.

indiquée par les figures 107 et 108 pour les fils d'un circuit. L'allure de l'artère semblera naturellement beaucoup plus compliquée.

2. Dérangements de lignes. — Tous les moyens employés pour assurer la sécurité d'exploitation deviennent inefficaces dès que les circuits présentent des défauts d'isolement. Supposons, par exemple, que chacune des lignes représentées dans la figure 109 soit affectée d'un défaut, M et N, qui,

Fig. 109.



pris individuellement, seront sans importance pour le trafic de chaque circuit : il pourrait y avoir sur les circuits employés en combinaison des mélanges dus aux dérivation.

Dans la figure, on a indiqué par des flèches le chemin que les courants émanant de F_1 pourraient prendre en dehors du circuit F_1F_2 : le récepteur de F_5 recevrait en conséquence des courants du circuit F_1F_2 , c'est-à-dire que F_1 pourrait entendre les conversations échangées sur le circuit composant L_5 .

Sur la même figure on peut voir aussi que le récepteur F_3 , par exemple, serait parcouru par des courants dérivés du circuit F_5F_6 quand la résistance des dérivation est suffisamment faible.

Entre les défauts d'isolement simples, indiqués par la figure 109, et la complète mise hors de service des lignes, il y a une grande quantité d'autres dérangements. Suivant la position et la grandeur des dérivation, l'indépendance des circuits se présentera d'une façon différente. En tout cas, il doit être établi qu'un isolement égal et toujours élevé est au moins aussi important pour la téléphonie multiple que pour la télégraphie sur circuits téléphoniques ; plus nombreux sont les circuits combinés dans un même système et plus dommageable est chaque défaut d'isolement, même le moindre.

Il arrive parfois que la valeur de l'isolement d'un circuit interurbain

s'abaisse subitement d'une quantité assez grande, puis se relève de nouveau après quelque temps, avant même que le défaut ait pu être déterminé. Ce phénomène s'explique habituellement ainsi : c'est une forte pluie qui a frappé une section déterminée du circuit et qui a cessé au bout d'un temps assez court; sous l'action d'une pluie assez violente, la résistance d'isolement des isolateurs doubles baisse extrêmement rapidement et elle se relève dès la fin de la pluie d'autant plus vite que les cloches sont plus propres à l'intérieur et à l'extérieur et surtout lorsqu'un vif courant d'air succède à l'avverse⁽¹⁾.

Des mélanges⁽²⁾ produits dans les deux fils d'un même circuit composant n'ont aucune influence sur l'exploitation du circuit artificiel, comme on peut le voir immédiatement sur les figures 90 à 96 (p. 107-110). Il peut se faire aussi que les deux circuits composants d'un circuit artificiel ne puissent être momentanément exploités par suite d'un mélange ou d'un contact entre leurs fils respectifs, tandis que le circuit combiné donne entière satisfaction.

Si, au contraire, un des fils du circuit constituant est rompu, il n'est que très rarement possible d'utiliser d'une façon satisfaisante le circuit artificiel : ceci a lieu, bien que les extrémités rompues puissent ne pas toucher la terre, à cause du changement apporté dans la résistance ohmique et la capacité du circuit composé, dans ce cas, du premier constituant resté sain et entier et du second, qui ne possède plus qu'un fil.

e. — Étendue d'emploi des montages de téléphonie multiple.

La possibilité d'emploi des circuits artificiels dépend, en dehors des conditions électriques exposées précédemment, encore et d'une façon importante de la densité du trafic sur les circuits constituants. Si, par exemple, dans un montage semblable à celui de la figure 92, les circuits $F_1 F_2$ et $F_3 F_4$ ne sont pas très chargés, une conversation échangée sur le circuit $F_5 F_6$ troublera beaucoup plus le trafic téléphonique des localités A, C et D, que si les deux circuits ont un trafic élevé et inversement.

Pour déterminer si, dans un cas concret, il serait avantageux de combiner ensemble deux circuits existants, il faut toujours se rendre compte de la densité du trafic sur ces deux circuits. Il est difficile d'ailleurs de dire d'avance à partir de quel moment il deviendra économique et avantageux de réunir les deux circuits en un troisième. D'après les observations de l'auteur, ce moment serait celui où, même pendant l'époque de l'année la plus défavorable, on réussirait à écouler sur le circuit combiné de 15 à

(1) Comparer : *De la résistance d'isolement des isolateurs double cloche en porcelaine* (*Archiv für Post und Telegraphie*, 1893, p. 655).

(2) Des mélanges intermittents produisent des fuites.

20 conversations par jour, tandis que chacun des circuits constituants aurait à assurer dans le même temps une moyenne de 60 à 70 conversations. On suppose pour cela qu'il n'y a pas de personnel supplémentaire pour desservir le troisième circuit ou qu'il y a tout au plus une aide au moment du trafic le plus élevé. Si l'on ne réussit pas à maintenir les circuits suffisamment anti-inductés les uns par rapport aux autres pour atteindre ces valeurs, il n'est vraiment pas utile de combiner ensemble les circuits; toutes les recherches faites alors pour développer la capacité d'exploitation du troisième circuit ne peuvent que nuire à l'exploitation des circuits constituants et, en somme, gêner le trafic général.

Plus il y a de circuits associés pour faire des lignes artificielles, plus les opinions sur les limites inférieures d'utilisation économique de chaque circuit seront différentes. Un jugement sur une telle matière est très difficile, et la question se pose toujours de savoir quelle quantité de trafic supplémentaire les circuits constituants auraient encore pu assurer à eux seuls, si le circuit artificiel ne portait pas préjudice à leur exploitation.

On peut employer le circuit artificiel non pas pour assurer des communications d'abonnés, mais seulement pour les communications de service, qu'exige l'exploitation des circuits constituants; les circuits composants ne reçoivent donc que des communications payantes et ne transmettent aucune communication de service; dans ces conditions, les circuits constituants sont exploités avec un rendement très élevé et le trafic écoulé se trouve supérieur à celui qui serait assuré en joignant le troisième circuit aux deux autres pour les communications d'abonnés et en se servant des trois circuits indifféremment pour passer, entre deux communications payantes, les communications de service. On ne peut formuler de règle générale pour savoir à quel moment on peut se servir avec avantage d'une manière ou de l'autre d'utiliser le troisième circuit : le succès dépend, en effet, d'une façon étroite, des conditions locales et des besoins particuliers des bureaux intéressés, des habitudes des abonnés, des localités et aussi de l'habileté du personnel des bureaux téléphoniques.

Au surplus, on peut faire, en exploitation téléphonique, souvent la remarque que des abonnés qui se servent fréquemment des circuits interurbains sont plus difficiles pour les transmissions sur les circuits locaux que d'autres abonnés tout aussi habitués qu'eux à l'usage du téléphone, mais qui ne demandent que rarement des communications à longue distance. Celui qui a de nombreuses communications interurbaines utilise d'une façon toute particulière son temps et est pour cela beaucoup plus enclin à critiquer toute liaison qui n'est pas exceptionnellement bonne. Il faut aussi prendre en juste considération cette remarque pour juger du mode d'utilisation des circuits combinés.

CONCLUSIONS.

Dans tous les montages qui ont été décrits pour la télégraphie et la téléphonie simultanées et la téléphonie multiple, on n'emploie communément, pour la réunion ou synthèse du courant de transmission ainsi que pour la décomposition ou analyse de ce même courant, aucun appareil ni organe mobile, mais seulement des appareils fixes. En raison de ce principe et de cette simplicité, les montages peuvent s'adapter facilement à toutes les lignes en exploitation, sans pour cela avoir une certitude égale sur le bon résultat de l'exploitation obtenu par ces combinaisons. En particulier, les montages appliqués aux circuits bifilaires sont assez satisfaisants.

L'exploitation impose souvent tant de restrictions que, seuls, les montages les plus simples peuvent être employés; il ne faut donc pas se buter à vouloir tirer profit spécialement des montages les plus compliqués sur les lignes les plus longues qui, au point de vue de la téléphonie multiple, sont dans des conditions plus défavorables; on peut alors, avec ces précautions, atteindre presque certainement une amélioration permanente du rendement des lignes. Inversement, chaque fois qu'on ne se conforme pas entièrement aux conditions dans lesquelles l'exploitation multiple des lignes est seulement possible, on ne peut obtenir aucune amélioration régulière dans le rendement; bien plus, le trafic que les lignes assuraient primitivement à elles seules en souffre et n'est plus écoulé d'une façon satisfaisante.

APPENDICE.

MONTAGE DE PIERRE PICARD POUR TÉLÉGRAPHIE DOUBLE SIMULTANÉE.

L'inspecteur des Télégraphes Pierre Picard, de Paris, a déduit un montage de télégraphie double simultanée du procédé de Rysselberghe, exposé aux pages 22 et suivantes, et explicité par les figures 17 et 19 (¹).

Tandis que Rysselberghe laissait pendant un temps assez long la clef T abaissée (*fig. 17*), pour envoyer d'une façon ininterrompue les courants alternatifs de la magnéto J et appeler le bureau correspondant au moyen du relais phonique, Picard ouvre et ferme le manipulateur suivant les cadences de l'alphabet Morse de façon que les courants alternatifs passent par séries successives suivant la longueur et le groupement des signaux Morse. Si, dans le montage de la figure 19, le commutateur U de l'un des bureaux se trouve dans la position d'appel et celui du bureau correspondant dans la position de réception, les signaux Morse émis par le manipulateur peuvent être reçus par le récepteur du second bureau. Les courants alternatifs ne troublent pas l'émission des autres signaux sur la ligne parce qu'ils se superposent en vertu de leur fréquence élevée aux courants continus de l'installation Morse MBT.

Picard a étendu ces principes à un dispositif qui transcrit les signaux Morse produits par les courants alternatifs. Son montage est représenté dans la figure 110.

L'installation Morse destinée à l'exploitation en courant continu, $T_1 M_1 B_1$, avec le condensateur K_1 , est, comme chez Rysselberghe, fermée sur la ligne par une bobine de self-induction S. Le système destiné à l'exploitation en courant alternatif est relié à la ligne par un condensateur K_2 et disposé de la manière suivante :

L'appareil d'émission se compose d'une clef Morse T_2 avec une batterie B_2 , d'une magnéto J avec les bobines p et s et de l'armature a travaillant comme interrupteur automatique; le condensateur K_3 placé entre le corps de l'armature et la pointe de contact k sert pour étouffer les étincelles. Chaque fois que le manipulateur est abaissé, il passe sur la ligne, à travers le condensateur K_2 , des courants alternatifs à tension élevée,

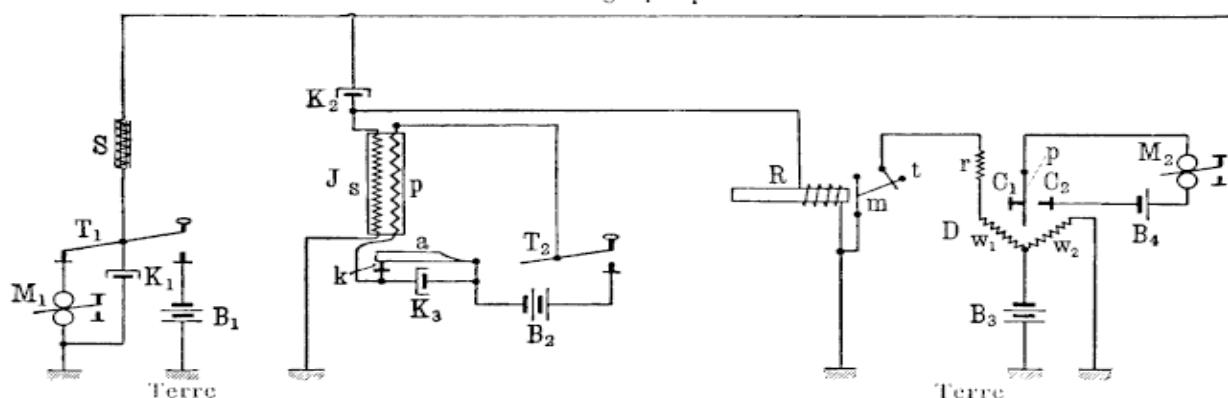
(¹) Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1909, p. 288.

transmis par le secondaire du transformateur s : ils sont eux-mêmes produits par la magnéto J et leur fréquence est réglable dans certaines limites au moyen du contact à pointe k .

Le poste de réception se compose d'un relais phonique R, d'un relais différentiel D et d'un appareil Morse avec les batteries B₃ et B₄. L'enroulement du relais phonique est mis d'un côté à la terre et de l'autre est relié entre le condensateur K₂ et l'enroulement secondaire s de J. Les courants alternatifs passant sur la ligne sont repoussés par la bobine S vers K₂ et plus

Fig. 110.

Fil télégraphique



loin par l'enroulement J_s vers R. La self-induction de J_s est sensiblement plus élevée que celle de R. Le relais phonique fonctionne en conséquence.

La membrane m de R est mise à la terre, la pointe du contact l se trouve reliée à travers une petite résistance r à l'un des enroulements w_1 d'un relais différentiel D, dont le second enroulement w_2 est aussi mis à la terre. Une batterie B_3 , dont un des pôles est à la terre, a son autre pôle relié à une borne de bifurcation entre w_1 et w_2 . L'armature p du relais D est réglée de façon qu'au repos elle soit au contact de la pointe C_1 . Si la résistance à vaincre entre m et l est accrue par suite des vibrations de m , la force magnétisante de w_1 est diminuée; celle de w_2 l'emporte dans ces conditions et l'armature p passe sur le contact C_2 . Si les vibrations de m cessent, l'armature revient au repos.

Dès que p vient au contact de C_2 , le circuit de la batterie B_1 et de l'appareil Morse est fermé et l'appareil fonctionne, que ce soit un appareil à signaux écrits ou audibles.

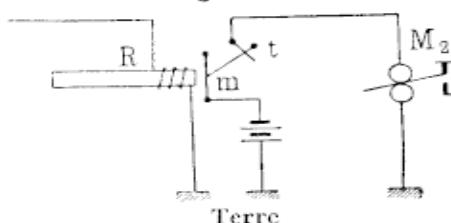
Les installations télégraphiques à courant alternatif peuvent, comme les appareils téléphoniques de Rysselberghe, être branchées en un point quelconque de la ligne. Et comme le fil de jonction entre K_2 et la ligne télégraphique peut prendre une longueur quelconque dans les limites généralement admises, il est possible de créer des relations télégraphiques entre

des localités éloignées du circuit principal. On peut donc créer ainsi de nouvelles communications à peu de frais.

En France, ce procédé a été employé avec succès sur une série de lignes, en partie pour avoir, lors d'une élévation subite du trafic, un second appareil à la disposition, et en partie pour relier des localités dont le trafic télégraphique n'aurait pas justifié la construction de lignes spéciales.

On a pu imaginer une simplification du système Picard, en reliant, comme l'indique la figure 111, l'appareil Morse M_2 et la batterie directement au contact intermittent de la membrane m du relais phonique. Cette simplification, qui rend l'emploi du relais différentiel inutile, dépend essentiellement de la construction du relais phonique R . Comme l'armature de M_2 , la ligne étant au repos, serait attirée et ne prendrait la position indiquée

Fig. 111.



dans la figure que lorsque la résistance de contact entre m et t s'accroît par suite des vibrations de la membrane, on devrait employer des appareils Morse (à écriture ou son) qui soient appropriés pour l'exploitation avec le courant de repos habituel en Allemagne.

Au lieu du simple appareil Morse $M_1 B_1 T_1$, on peut aussi exploiter la ligne avec des appareils Hughes, sans que la transmission par courants alternatifs en soit affectée. D'autres modifications au système Picard ont été proposées et essayées, mais il sortirait du cadre de cet Ouvrage de les décrire.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
INTRODUCTION	1
1. Historique	1
2. Différents états du courant de propagation	4
3. Les problèmes et les solutions possibles	5

PREMIÈRE PARTIE.

Télégraphie et Téléphonie simultanées.

A. — LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES.

1. Montages de F. van Rysselberghe	9
a. Principes physiques	9
b. Dispositions techniques	12
1. Étalement des courants télégraphiques	12
2. Induction sur les conducteurs voisins	16
3. Circuits consécutifs	18
4. Le relais phonique et les autres installations du bureau	21
5. Circuits téléphoniques bifilaires	25
c. Importance actuelle des montages de Rysselberghe	27
II. Montages de Perego et de Turchi-Bruné	30

B. — LA TÉLÉGRAPHIE SUR CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES A DOUBLE FIL.

a. Principes physiques	35
b. Dispositions techniques	40
1. La bobine de séparation allemande	40
2. Les montages les plus simples pour télégraphie sur lignes téléphoniques	42
3. Voltages des batteries télégraphiques	43
4. Exploitation télégraphique double sur conducteurs téléphoniques	44
5. Montages de Dejongh	46
6. Circuits télégraphiques et téléphoniques consécutifs	59
7. Le transformateur téléphonique comme bobine de séparation	71
c. Installations particulières de bureaux	74
1. Les conducteurs de liaison entre le bureau télégraphique et le bureau téléphonique	74
2. Les montages du bureau téléphonique	76
B.	9

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
<i>d.</i> Circuits extérieurs.....	88
1. Rapports avec les autres circuits interurbains.....	88
2. Défauts d'isolation.....	90
<i>e.</i> Étendue d'emploi des montages de télégraphie et téléphonie simultanées sur circuits téléphoniques interurbains	96

DEUXIÈME PARTIE.

La Téléphonie multiple.

<i>a.</i> Principes scientifiques.....	99
<i>b.</i> Dispositions techniques.....	104
1. La bobine séparatrice allemande.....	104
2. Jonction de circuits interurbains	106
<i>c.</i> Organisation des bureaux.....	115
1. Installation des bobines de dérivation.....	115
2. Installations spéciales des positions d'opératrice.....	116
<i>d.</i> Les circuits extérieurs.....	118
1. La position des circuits composants les uns par rapports aux autres et par rapport aux autres circuits.....	118
2. Dérangements de lignes.....	124
<i>e.</i> Étendue d'emploi des montages de téléphonie multiple	125
CONCLUSIONS	127

APPENDICE.

Montage de Pierre Picard pour télégraphie double simultanée	130
---	-----

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

