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 nº 78-753 du 17 juillet 1978 :

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

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

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

4- Pour obtenir la reproduction numérique d’un document du Cnum en haute définition, contacter cnum(at)cnam.fr

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	**Montoriol, Emile (1865-19..)**
Titre	**Les systèmes de télégraphie et téléphonie : origines, évolution, état actuel**
Adresse	**Paris : librairie J.-B. Baillière et fils, 1923**
Collection	**Bibliothèque des annales des postes, télégraphes et téléphones**
Collation	**1 vol. (723 p.) : ill. ; 23 cm**
Nombre d'images	**735**
Cote	**CNAM-BIB 8 Ca 539 Bis**
Sujet(s)	**Télégraphe** **Télégraphie sans fil** **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?8CA539BIS

8° Ca. 539 bis
Réserve

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES,
TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

Les Systèmes
DE
TÉLÉGRAPHIE & TÉLÉPHONIE

ORIGINES - ÉVOLUTION - ÉTAT ACTUEL

PAR

E. MONTORIOL

Inspecteur des Postes et Télégraphes
Professeur à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes
Conseiller Technique au Conservatoire National
des Arts et Métiers



PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
19, Rue Hautefeuille, près du Boulevard Saint-Germain

1922

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES-TÉLÉGRAPHES-TÉLÉPHONES

LES SYSTÈMES

DE

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE

ORIGINES - ÉVOLUTION - ÉTAT ACTUEL

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A LA MÊME LIBRAIRIE

Appareils et Installations télégraphiques, par E. MONTORIOL. 1921, 1 vol. in-8 de 625 pages, avec 450 figures. (*Encyclopédie d'Électricité industrielle* dirigée par M. BLONDEL, membre de l'Institut). Broché, **40** fr.; relié **50** fr.

Essais des Machines électriques, par C.-F. GUILBERT, sous-directeur de l'École Supérieure d'Électricité. 1922, 1 vol. in-8 de 560 pages, avec 270 figures. (*Encyclopédie d'Electricité industrielle*). . . . Broché, **45** fr.; relié, **55** fr.

Le Monteur électricien, par BARNI, MONTPELLIER et MAREC. Énergie électrique. Phénomènes magnétiques. Générateurs. Dynamos. Alternateurs. Installation. Conduite et entretien des machines. Transformateurs. Éclairage électrique. Moteurs. Accidents. 5e *édition*. 1920, 1 vol. in-16 de 576 pages avec 406 figures. . . . . **15** fr.

Précis d'Électricité industrielle, par R. BUSQUET, ancien professeur à l'École centrale de Lyon, et E. MAREC, directeur de station centrale d'Électricité. 2e *edition*. 1919, 2 vol. in-8 de 879 pages avec 669 figures . . . . . **24** fr.

Stations centrales, Dynamos, Alternateurs, Transports d'énergie, par A. CURCHOD. 1921, 1 vol in-18 de 328 pages avec 90 figures (*Bibliothèque professionnelle*). . . . . **8** fr.

La Poste et les moyens de communications à travers les âges, par E. GALLOIS. 1894, 1 vol in-16 de 382 pages et 136 figures . . . . . **4** fr. **50**

L'Électricité à la maison, par E. MAREC. 1918, 1 vol. in-18 de 352 pages avec 323 figures . . . . . **7** fr. **50**

Formulaire aide-mémoire de l'électricien-praticien, par E. MAREC, 2e *édition*, 1923, 1 vol. in-16 de 522 pages avec 407 figures. . . . . **12** fr.

Installations électriques particulières (Éclairage, chauffage, sonneries et tableaux), par P. MAURER, 1921, 1 vol. in-18 de 300 pages, avec 100 figures (*Bibliothèque professionnelle*) . . . . . **8** fr.

Installations électriques industrielles, par R. CABAUD, Ingénieur E.C.L et E.S.E., 2 vol. in-18, cartonnés (*Bibliothèque professionnelle*).

I. — *Choix du Matériel*. 1922, 1 vol. in-18 de 316 pages, avec 129 figures, cartonné. . . . . **10** fr.

II. — *Installation, entretien, contrôle*. 1922, 1 vol. in-18 de 333 pages, avec 70 figures, cartonné. . . . . **10** fr.

La Télégraphie en France et à l'étranger, par L. MONTILLOT. 1889, 1 vol. in-16 de 334 pages, avec 131 figures. . . . . **4** fr. **50**

Les Accumulateurs et les Piles électriques, par MONTPELLIER. 1906, 1 vol. in-18 de 305 pages avec 130 figures. . . . . **10** fr.

Traité de manipulations et de mesures électriques et magnétiques industrielles, par H. PÉCHEUX, sous-directeur de l'École d'Arts et Métiers de Lille. 1907, 1 vol. in-18 de 536 pages avec 189 figures. . . . . **10** fr.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES-TÉLÉGRAPHES-TÉLÉPHONES

8° Ca 539 bis

LES SYSTÈMES DE TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE

ORIGINES - ÉVOLUTION - ÉTAT ACTUEL

PAR

E. MONTORIOL

INSPECTEUR DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES
PROFESSEUR A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES
CONSEILLER TECHNIQUE
AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

CONSERVAT. DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
19, RUE HAUTEFEUILLE, 19

1923
Tous droits réservés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LES SYSTÈMES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

PRÉFACE (1)

Il y a environ douze ans, l'Administration des Postes et Télégraphes entreprit de rassembler les appareils télégraphiques et téléphoniques légués par les générations précédentes. Ces collections, une fois classées, ont été remises au Musée du Conservatoire National des Arts et Métiers. Ajoutées à celles que possédait ce grand établissement, elles forment un ensemble unique au monde, qui montre l'évolution et le perfectionnement des différents moyens de transmission de la pensée : on y trouve, en effet, au grand complet, toute la série des systèmes qui se sont succédé, depuis le télégraphe de Chappe jusqu'aux merveilleux appareils modernes et à la radiocommunication.

Ceux qu'intéressent les choses du passé pourront, en examinant les applications des découvertes successives, suivre pas à pas le développement de la science électrique; ils mesureront ainsi l'effort prodigieux fourni par ceux de nos devanciers qui ont débrouillé le chaos et ont porté une science, en pleine enfance il y a à peine un siècle, au splendide développement où elle se trouve aujourd'hui. A cet effet, les descriptions qui

(1) A l'occasion de l'Exposition Internationale de San-Francisco (1915), quelques extraits de cet ouvrage, alors en préparation, ont été réunis en une brochure, publiée par le Ministère du Commerce et de l'Industrie, sous le titre : *La Technique Télégraphique en France*, depuis l'origine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

font l'objet de cet ouvrage sont, non seulement présentées dans l'ordre chronologique, mais encore enchaînées entre elles par un aperçu historique de chaque question traitée.

L'auteur s'est efforcé de faire celui-ci de façon absolument impartiale, en indiquant, pour chaque point important, les sources où il a puisé sa documentation, et en attribuant à chacun, quelle que soit sa nationalité, la part qui lui revient dans les progrès réalisés, — tâche particulièrement malaisée, la priorité d'une même découverte étant souvent revendiquée par plusieurs pays, sans souci des travaux antérieurs qui l'ont préparée, et, en quelque sorte, suscitée.

Le lecteur jugera dans quelle mesure ce but a été atteint; il estimera certainement que la France est assez riche en gloire pour pouvoir, sans se diminuer elle-même, rendre justice, non seulement à ses amis, mais encore aux autres, même à ceux qui, dans des écrits similaires, feignent systématiquement de l'ignorer; on verra qu'en définitive, ce souci d'équité fait ressortir, mieux encore qu'un exposé tendancieux, la part prépondérante qu'ont prise les savants et inventeurs français à l'évolution de la science, dans cette branche spéciale comme dans toutes les autres.

Les chercheurs, ceux dont les regards sont plus volontiers tournés vers l'avenir, pourront puiser au Musée des inspirations; telle idée n'a pas été suivie, telle autre n'a eu qu'une application éphémère, parce qu'elles ne répondaient pas à un besoin de l'époque, ou encore parce que l'état de la science, au moment où elles ont été conçues, ne permettait pas d'en tirer tout ce qu'elles étaient susceptibles de donner; venues trop tôt, elles ont été abandonnées; mais, reprises aujourd'hui, adaptées aux besoins actuels et aux progrès accomplis, elles peuvent devenir fécondes.

Ainsi chacun, suivant ses goûts personnels et sa disposition d'esprit, pourra trouver un enseignement fructueux en étudiant les collections qui viennent d'être rassemblées, et dont les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

objets les plus caractéristiques sont décrits dans cet ouvrage ; et l'auteur de ces lignes, s'il n'a pas la prétention d'échapper à la critique, serait heureux de pouvoir espérer que l'étendue et les difficultés de ce travail d'identification et de classement lui vaudront, tout au moins, l'indulgence pour les lacunes ou les erreurs qui ont pu lui échapper. Ses successeurs reprendront l'œuvre plus tard, la compléteront et la mettront au point.

E. M.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PREMIÈRE PARTIE

TÉLÉGRAPHIE OPTIQUE

I

De toute antiquité, les armées en campagne ont fait usage de signaux, visibles ou audibles, pour transmettre des nouvelles ou des ordres, mais ces communications restèrent généralement *idéographiques*, c'est-à-dire restreintes à un petit nombre de phrases convenues d'avance, et c'est seulement vers le moyen-âge que l'on commença à utiliser des codes de signaux *alphabétiques*, permettant d'échanger à distance des pensées quelconques.

A cette époque, en effet, divers savants ou rêveurs, entre autres le bénédictin Trinthène Kessler et, plus tard, le père Paulian, avaient entrevu la solution de ce problème, mais aucune tentative réellement pratique n'avait été entreprise (1). En 1684, le docteur anglais Robert Hoocke communiquait à la Société Royale de Londres un mémoire sur le même sujet, sans parvenir à retenir l'attention ; Fontenelle mentionne une expérience faite à Paris, en 1690, par Amontons, membre de l'Académie des Sciences, dans le jardin du Luxembourg, en présence du Dauphin et de quelques gentilhommes : « Le secret « consistait à disposer dans plusieurs postes consécutifs des « gens qui, par des lunettes de longue-vue, ayant aperçu cer- « tains signaux du poste précédent, les transmettaient au suivant,

(1) *Annales Télégraphiques*, 1860, p 48.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« et toujours ainsi de suite, et ces différents signaux étaient « autant de lettres d'un alphabet. La plus grande portée des « lunettes faisait la distance des postes, et comme le second « poste faisait des signaux au troisième à mesure qu'il les « voyait faire au premier, la nouvelle se trouvait portée à « Rome en presqu'aussi peu de temps qu'il en fallait pour faire « les signaux à Paris » (1). L'inventeur fut découragé par l'indifférence des assistants et ne poursuivit pas ses recherches.

Au cours du siècle suivant, les projets les plus divers furent élaborés; on peut citer, notamment, celui de Dupuis, qui, imaginé en 1778, fonctionna pendant dix ans entre Ménilmontant et Bagneux; celui de don Gauthey, présenté en 1783, par Condorcet à l'Académie des Sciences; celui de Linguet, élaboré à la Bastille en 1783; celui du capitaine de vaisseau Courréjoles, qui l'avait conçu la même année, pendant qu'il était bloqué, aux îles Ioniennes, par une escadre anglaise; et enfin celui de Claude Chappe en 1790.

Télégraphe aérien, de Chappe (1792). — Claude Chappe tenta tout d'abord, en 1790, d'utiliser l'électricité statique pour l'échange de signaux à distance; ceux-ci étaient différenciés par le moment de leur émission et de leur apparition, à l'aide de chronomètres parfaitement synchronisés, placés aux deux extrémités d'un conducteur : il avait ainsi entrevu ce principe si fécond dont Hughes, puis Baudot ont tiré des merveilles; mais l'état de la science électrique, à cette époque, ne lui permit pas de persévérer dans cette voie. Il essaya successivement l'emploi des corps colorés, puis des sons, toujours en employant la différenciation par le temps, à l'aide d'un pendule; enfin, il conçut et fit construire par Bréguet la célèbre machine qui, d'abord improprement appelée *tachygraphe*, reçut, en 1793, son nom définitif de *télégraphe*.

A l'extrémité supérieure d'un mât est articulé un bras transversal appelé *régulateur*, de 4 m. 60 de longueur sur 0 m. 35 de largeur (fig. 1), aux extrémités duquel peuvent se mouvoir deux autres bras plus petits, les *indicateurs*, de 2 m. × 0 m. 33, équilibrés par un contre-poids. Chacune de ces trois pièces peut prendre, dans un plan vertical, une infinité de positions; mais,

(1) FONTENELLE, *Eloge d'Amontons*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

afin de permettre de les distinguer nettement les unes des autres, on en a retenu seulement quatre pour le régulateur et sept pour les indicateurs : le premier peut être vu verticalement, horizontalement ou à 45° dans un sens ou dans l'autre; les indicateurs se présentent soit verticalement ou à 45° à droite ou à gauche, la pointe vers le ciel, soit dans les positions inverses,



CLAUDE CHAPPE, 1763-1805.

la pointe vers la terre, soit enfin horizontalement vers l'extérieur; on a éliminé la position horizontale vers l'intérieur, dans laquelle l'indicateur serait venu se superposer au régulateur.

En combinant les différentes positions des trois organes, on arrive à $4 \times 7 \times 7 = 196$ signaux distincts : on pouvait ainsi transmettre non seulement les lettres, chiffres et signes divers, mais encore des mots, des locutions et même des phrases entières, à l'aide d'un seul signal. Toutefois, on abandonna bientôt, pour le régulateur, les positions verticale et horizontale; celles-ci furent réservées pour « assurer » les signaux, qui étaient d'abord exécutés avec la position oblique du régulateur,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

puis reportés, et ainsi confirmés, sur la verticale ou sur l'horizontale. Le nombre des signaux se trouva ainsi ramené à 98, dont 92 seulement furent retenus par Chappe.

Le vocabulaire servant à la transmission, utilisé à partir de 1795, comprenait 92 pages de 92 lignes chacune ; deux signaux successifs permettaient de désigner une page et une ligne de celle-ci, et on pouvait ainsi transmettre $92 \times 92 = 8.464$ mots ou phrases.

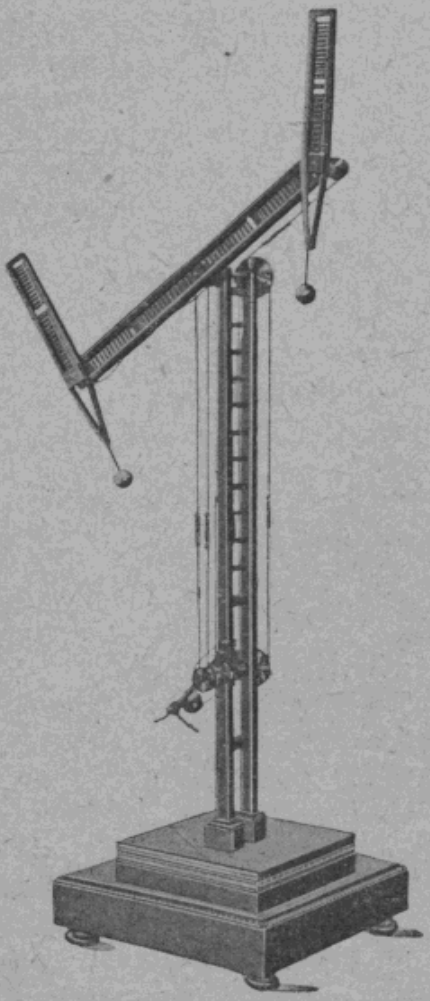


Fig. 1. — Télégraphe de Chappe (1792).

Afin de donner à l'appareil le maximum de visibilité, tout en lui permettant d'offrir au vent le minimum de prise, le régulateur et les indicateurs sont constitués par des persiennes ; les lamelles sont dirigées dans un sens sur le premier et le troisième quart de la longueur, et dans le sens opposé sur le second et le quatrième.

Claude Chappe fut secondé dans ses travaux par ses frères Ignace, Pierre, René et Abraham. La première expérience concluante eut lieu, après mille vicissitudes, le 12 Juillet 1793, entre le parc de Saint-Fargeau, à Ménilmontant, et Saint-Martin-du-Tertre (35 kilomètres), avec un poste intermédiaire à Ecouen ; le 25 du même mois, à la suite d'un rapport présenté par Lakanal à la Convention Nationale, celle-ci décida de mettre à profit la nouvelle invention, qui pouvait rendre de grands services, notamment pour faciliter les communications entre le pouvoir central et les armées opérant dans le nord et l'est de la France ; on entreprit aussitôt l'étude des lignes à construire, et Claude Chappe reçut, par décret de la Convention du 27 Juillet 1793, le titre d'*ingénieur-télégraphe*.

La première ligne fut établie, conformément aux indications

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Carnot, entre le dôme du Louvre, à Paris, et la tour Sainte-Catherine, à Lille ; elle fut achevée vers la fin de ventôse, an II (mars 1794) ; après l'indispensable période d'exercice du personnel, elle fut mise en service le 15 fructidor (1er septembre) de la même année.

La manœuvre était confiée à un agent, ou *stationnaire*, placé au pied du mât, et qui actionnait les bras de l'appareil au moyen d'un système de poulies et de cordes. Afin de permettre de contrôler la transmission ainsi effectuée, un second appareil de dimensions réduites, ou *répétiteur*, était placé dans la cabine même et reproduisait tous les mouvements de la machine extérieure ; les signaux reçus étaient observés à l'aide d'une lunette, par un second stationnaire, et réexpédiés aussitôt sur la section suivante de la ligne.

Le premier télégramme transmis par le système Chappe, le 15 fructidor, fut celui qui annonçait au Comité de Salut Public la reprise de Condé, le matin même, sur les armées coalisées ; la lecture de ce message, faite par Carnot à la Convention, souleva un immense enthousiasme, tant pour l'événement lui-même que pour la rapidité extraordinaire avec laquelle il avait pu être connu, et, à partir de cette date, un service régulier fut établi entre le Comité et les armées du Nord.

Le Comité de Salut Public plaça l'administration du télégraphe sous la direction effective de Claude Chappe, et la soumit au contrôle de la Commission des Travaux Publics. Le 12 vendémiaire, an III (3 octobre 1794) le Comité ordonna par arrêté l'établissement d'une nouvelle ligne de Paris à Landau, dont le tracé passait par Châlons, Metz et Strasbourg. Diverses circonstances, et, entre autres, les embarras financiers au milieu desquels se débattait le Comité, retardèrent l'exécution de cette ligne, qui ne fut achevée, entre Paris et Strasbourg, que vers la fin de l'an VI (1798) ; elle comprenait 48 postes intermédiaires. Puis vinrent : le prolongement de la ligne de Lille jusqu'à Dunkerque, la construction d'une ligne Paris-Brest, ordonnée en germinal an VI et terminée en sept mois, malgré la nécessité d'installer 56 postes de réexpédition, puis une ligne dirigée vers Milan, par Dijon et Lyon, étudiée par le Directoire, en 1799, et réalisée par Napoléon, en 1804, etc. ; le réseau se développa progressivement et, lorsqu'en 1855, le télégraphe Chappe dut céder la place au télégraphe électrique, il fonctionnait sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

19 lignes, représentant un développement de près de 5.000 kilomètres, avec 556 stations.

Lors de la guerre d'Orient, une ligne aérienne fut construite, en 1854, entre Varna et Baltschick, et fonctionna du 15 août au 15 novembre; diverses autres lignes furent établies en Crimée, pour relier au Grand Quartier Général les points stratégiques, les ports d'approvisionnement, etc. ; à la fin de la guerre, plus de 4.500 télégrammes avaient été transmis par ce réseau.

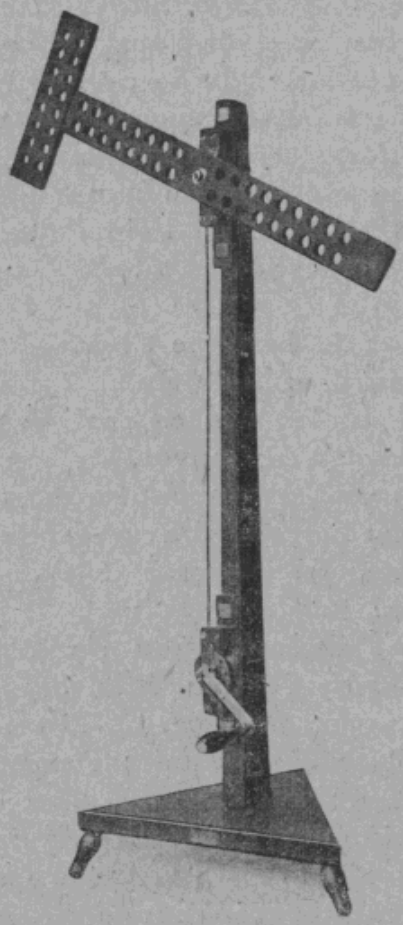


Fig. 2. — Télégraphe de Bréguet et Bétancourt (1797).

Claude Chappe n'eut pas la satisfaction d'assister au complet développement de son œuvre; surmené par les travaux, qu'il dut exécuter dans des conditions particulièrement difficiles, aigri par les luttes qu'il dut soutenir, sa santé s'altéra, et il présenta bientôt tous les symptômes de l'hypocondrie : il se suicida le 23 janvier 1805. Il n'était âgé que de 42 ans.

Télégraphe aérien, de Bréguet et Bétancourt (1797). — Parmi les divers systèmes de télégraphes aériens, qui furent imaginés à cette époque, on peut citer celui de Bréguet et Bétancourt : à la partie supérieure d'un mât est articulée une pièce en forme de T (fig. 2), percée de nombreux trous circulaires, et susceptible de pivoter par le milieu de sa tige; la manœuvre est commandée par une manivelle placée au bas du mât, comme dans le système de Chappe; un plateau circulaire, percé de 8 trous, placé concentriquement à la manivelle, permet d'arrêter celle-ci et, par suite, le T, dans des positions bien définies, à 45° les uns des autres. On obtient ainsi 8 signaux élémentaires seulement; la constitution d'un code complet exigeait donc des répétitions qui ralentissaient sensiblement la transmission; aussi ce système n'a-t-il pu supplanter celui de Chappe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Télégraphe de nuit (1820). — Deux montants métalliques parallèles, entre lesquels sont placées, l'une au-dessus de l'autre, quatre lanternes, dont la partie vitrée est tournée vers l'avant (fig. 3); vers le bas se trouvent quatre manivelles de commande des cordages de transmission, permettant d'obturer ou de démasquer respectivement chacune des lanternes : en laissant briller l'une d'elles ou plusieurs simultanément, on obtient 16 combinaisons distinctes, dont 15 utilisables; la 16e étant celle qui correspond à l'extinction des quatre lanternes.

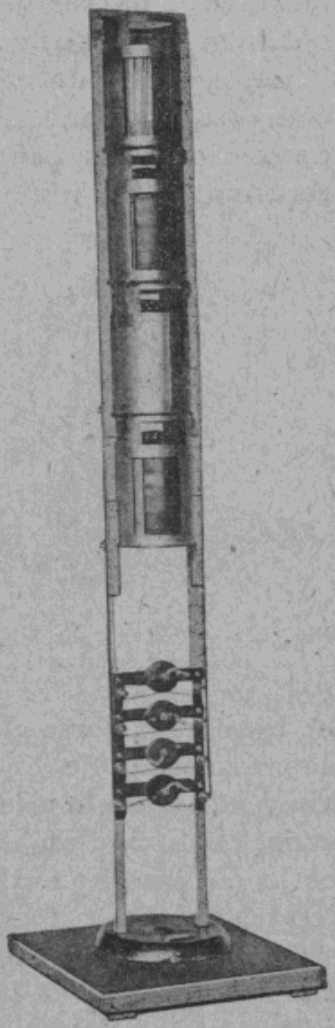


Fig. 3. — Télégraphe de nuit (1820).

Héliographes à miroir, de Leseurre (1855). — Entre temps, de 1844 à 1854, l'Algérie avait été dotée, elle aussi, d'un réseau de télégraphes aériens, sous la direction de César Lair; à cette dernière date, Alger se trouvait en communication avec une vingtaine des villes les plus importantes de la colonie. La machine, simplifiée, ne comportait pas de régulateur, mais seulement deux indicateurs mobiles, soutenus chacun par un poteau; on disposait encore de 64 signaux pour la correspondance, ce qui était très suffisant.

Pendant ce temps, l'Algérie du Sud restait privée de toute communication télégraphique; la nature du sol rendait l'établissement et l'entretien des lignes extrêmement difficiles; à part quelques oasis éloignées, on n'y rencontrait pour ainsi dire ni bois, ni eau, ni pierre, et la construction devenait, de ce fait, très dispendieuse. Pour obvier à tous ces inconvénients, Leseurre eut l'idée d'employer, pour la correspondance télégraphique, les rayons du soleil; il construisit, en 1855, son premier *héliographe*, réalisant ainsi un appareil facilement transportable et qui, mieux encore qu'un télégraphe fixe, s'adaptait aux besoins de cette région, constamment parcourue par des colonnes mobiles, à la poursuite d'un ennemi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

insaisissable. Les rayons solaires étaient reçus dans un miroir et réfléchis dans la direction du poste avec lequel on voulait correspondre; un écran mobile permettait de les intercepter ou de les laisser passer pendant des temps de durée longue ou brève, conformément au code Morse (1).

Le premier de ces appareils, réalisé par Leseurre (fig. 4), comporte un seul miroir, que des vis tangentes, agissant sur deux diamètres perpendiculaires, permettent d'orienter. Pour reconnaître et régler la direction du faisceau lumineux émergent, on faisait usage d'une petite lunette astronomique, dans les conditions qui sont indiquées plus loin.



Fig. 4. — Héliographe à un seul miroir, de Leseurre (1855).

L'obturateur, servant de manipulateur, constitue une persienne métallique, dont les lames, très minces, sont ajustées à tourillons, de façon à pouvoir tourner sur elles-mêmes sous l'action d'une tige de commande. L'obturateur étant placé entre le soleil et le miroir, lorsqu'on presse sur la tige, les lames pivotent et se présentent de champ au soleil, dont les rayons peuvent ainsi atteindre le miroir; dès qu'on abandonne la tige, les lames, sous l'action d'un ressort, reviennent à leur position initiale, celle d'obturation. On peut ainsi produire des éclairs brefs ou longs, points ou traits de l'alphabet Morse.

L'appareil à un seul miroir présente cet inconvénient que, dans les premières heures qui suivent le lever du soleil et dans celles qui précèdent son coucher, le quart de l'horizon opposé à l'astre ne peut recevoir que des éclairs très faibles, car le plan du miroir, qui forme un angle très aigu avec les rayons réfléchis, ne présente qu'une surface apparente presque nulle. L'appareil à deux miroirs échappe à cette critique. L'un de ces miroirs, mobile (fig. 5), réfléchit les rayons solaires sur un second, fixe, qui les renvoie dans la direction voulue. On oriente le bras de l'appareil à l'aide d'une boussole, montée

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, 16 juillet 1856.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

derrière le miroir supérieur, sur un secteur à serrage, qu'un niveau d'eau permet de placer horizontalement; on le dirige dans la direction nord-sud, de façon que les rayons réfléchis prennent cette même direction, c'est-à-dire celle de l'axe autour duquel a lieu le mouvement apparent du soleil : on évite ainsi, la nécessité de régler la position du miroir aux différentes heures de la journée; néanmoins, une vis de déclinaison permet

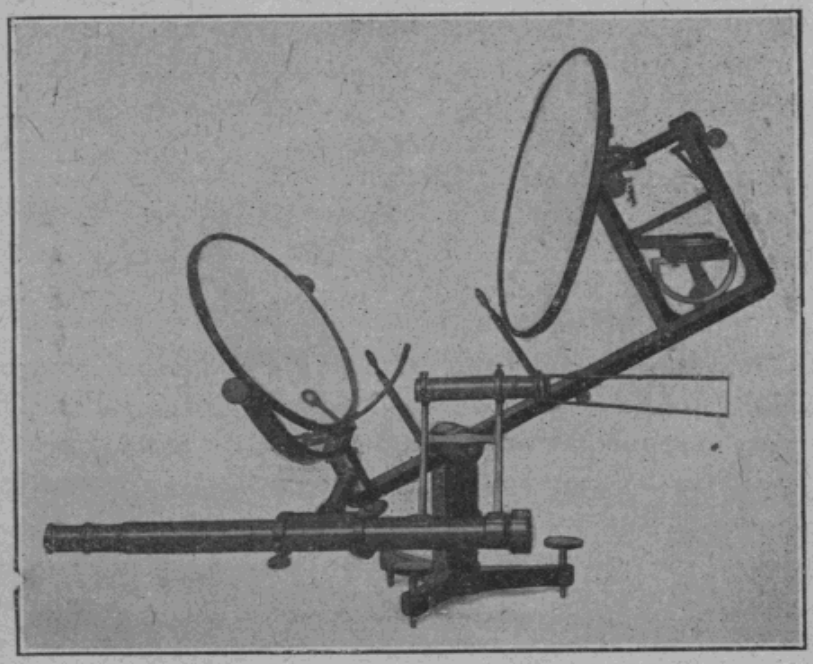


Fig. 5. — Héliographe à deux miroirs, de Leseurre (1856).

ce réglage, en cas de mauvaise orientation. Les rayons peuvent d'ailleurs être renvoyés vers le nord ou vers le sud; on choisit la direction qui fait, avec celle du poste correspondant, l'angle le plus aigu.

La mise au point s'effectue à l'aide d'une lunette, rendue solidaire d'une autre plus forte, à la manière des chercheurs astronomiques; les deux instruments, reliés par un bras au miroir inférieur, ont leurs axes optiques parallèles, mais regardent en sens inverse. On vise tout d'abord, avec la plus grosse, le point avec lequel on veut correspondre : on oriente ainsi, du même coup, le second miroir et la lunette astronomique. Celle-ci est dirigée vers le miroir fixe et son oculaire projette,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur un écran placé en arrière, l'image du soleil et les fils croisés du réticule. On règle l'appareil de manière que les points de croisement soient au centre du disque : cela indique que l'axe optique de la lunette se confond avec l'axe du cône lumineux émergent. C'est là le but à atteindre pour que le point visé par la grosse lunette soit enveloppé par le cône de lumière réfléchi.

La transmission s'effectue, comme avec l'appareil à un seul miroir, à l'aide des signaux Morse; on peut, soit faire usage de l'obturateur décrit ci-dessus, soit agir directement sur le second miroir, qu'on déplace à l'aide d'une tige spéciale, et qu'un ressort ramène à la position de repos.

Appareils militaires optiques (1896). — Plus tard, les services de télégraphie militaire firent usage de télégraphes optiques utilisant, soit les rayons solaires, soit des sources de lumière artificielle; les codes de signaux étaient, ou bien des combinaisons de plusieurs feux simultanés, ou bien l'alphabet Morse, transmis, comme précédemment, à l'aide d'un seul rayon lumineux, visible pendant des temps de durées différentes. Le type de ce genre d'appareil consiste en une boîte en tôle renfermant le dispositif d'émission et une lunette pour la réception. Le premier comprend une lampe à pétrole ou à acétylène, derrière laquelle est placé un réflecteur; le faisceau lumineux qu'elle émet traverse une ouverture circulaire, pratiquée dans un écran, et arrive à une lentille, qui le renvoie parallèlement à l'axe de l'instrument. Un obturateur, porté par un levier et maintenu par un ressort à boudin, vient se placer devant l'ouverture de l'écran et constitue un manipulateur Morse, sur lequel agit l'opérateur pour démasquer le rayon lumineux. Le manipulateur peut être maintenu abaissé, à l'aide d'un verrou, pour donner le « feu fixe », permettant à deux correspondants de se chercher et d'orienter ensuite leurs appareils l'un vers l'autre.

L'instrument est posé sur un pied à trois branches, semblable à ceux des appareils photographiques.

Héliographe de campagne (1909). — Cet appareil se monte sur le pied du précédent, pour le remplacer pendant le jour. Il se compose d'une lunette à réticule, supportant deux miroirs de mêmes dimensions et un obturateur. Les deux miroirs sont articulés de manière que l'un reçoit les rayons solaires et les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réfléchit sur l'autre qui, à son tour, les renvoie suivant l'axe de la lunette. L'obturateur est constitué par un volet rectangulaire, qu'un ressort maintient relevé; une poulie, montée sur l'axe de l'obturateur, porte une petite chaînette, qu'il suffit de tirer pour abaisser l'écran et laisser passer le rayon lumineux.

Pistolet lance-fusées (1915). — Le canon et l'ossature de la crosse sont en bronze; le canon, de 27 millimètres de diamètre intérieur, est à bascule avec un seul verrou; le chien est à percussion centrale, avec cran de sûreté.

Lanterne de signaleur (1915). — Agencée sensiblement comme les lampes électriques de poche : consiste en une boîte oblongue renfermant une pile sèche, avec ressorts pour les prises de contact; sur le devant est une lampe à incandescence placée entre un petit réflecteur et une forte lentille; sur le dessus, un bouton interrupteur sert de manipulateur; un enclanchement permet de l'immobiliser pour donner le « feu fixe ». Un crochet est placé sur la face arrière de la boîte, pour la suspendre au ceinturon.

Projecteur de signaleur (1916). — Une boîte cylindrique supporte une lampe à incandescence, étalonnée à 9 volts, et placée au centre d'un puissant réflecteur parabolique, de 24 centimètres de diamètre; sur la paroi extérieure de la boîte est un tube-viseur, servant à orienter l'appareil.

La lampe est alimentée par 8 petits éléments de pile sèche, renfermés dans deux sacoches suspendues au ceinturon de l'opérateur; une troisième sacoche contient, outre deux lampes de rechange, un interrupteur-manipulateur, qu'on manœuvre de l'extérieur à l'aide d'un bouton. Le manipulateur communique, par l'intermédiaire d'un câble souple, avec la pile et la lampe-signal.

La transmission s'effectue dans les mêmes conditions qu'avec le modèle précédent. L'appareil peut être tenu à la main ou posé sur une perche spéciale.

***

Pour terminer ce rapide exposé, il convient de mentionner les systèmes de télégraphie aérienne, permettant aux navires en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mer d'échanger des signaux, soit entre eux, soit avec les sémaphores installés, depuis l'année 1863, le long des côtes (1). Pendant le jour, on utilise des papillons de formes et de couleurs diverses; la nuit, on fait usage de combinaisons de fanaux blancs ou rouges; enfin, par les temps de brume, on emploie des signaux acoustiques, produits par des trompettes spéciales, sirènes, coups de canon ou éclatement de petites bombes, etc., répétés ou espacés de façons diverses, pour représenter les différents signaux. Un code international donne la traduction exacte de chaque signal dans l'une quelconque des langues employées par les puissances maritimes du monde entier.

(1) *Annales Télégraphiques*, 1864, p. 599.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DEUXIÈME PARTIE

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

II

RÉSUMÉ HISTORIQUE

ÉLECTRICITÉ

Les premières observations de phénomènes électriques semblent remonter à la plus haute antiquité : 600 ans avant Jésus-Christ, Thalès de Milet signale la propriété qu'acquiert l'ambre, lorsqu'il est soumis à un frottement, d'attirer les corps légers. Après lui, d'autres écrivains, Théophraste, Tite-Live, Pline, Dioscoride, Plutarque, mentionnent des observations analogues. Mais il semble qu'elles ne retinrent guère l'attention, car, pendant plus de 2.000 ans, l'électricité resta à peu près ignorée ou, tout au moins, les études auxquelles elle donna lieu se limitèrent à la recherche et à la classification des corps électrisables.

Un regain d'intérêt se manifesta, au XVII[e] siècle, à la suite d'une publication de Guillaume Gilbert (1), médecin particulier de la reine Elisabeth d'Angleterre, qui avait étudié les propriétés de l'ambre, du succin et d'autres corps susceptibles de devenir attractifs à la suite d'une friction, et indiquait la distinction à faire entre ce phénomène et les attractions exercées à l'aide de l'aimant. De nombreux savants de tous les pays entre-

(1) GUILLAUME GILBERT, *De Magnete*, Londres, an 1600.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prirent des expériences, qui aboutirent à la construction, en 1670, d'une machine rudimentaire, imaginée par Otto de Guerike, bourgmestre de Magdebourg, et susceptible de produire, en quantité appréciable, de l'électricité statique ; cette machine consistait essentiellement en une sphère de résine ou de soufre, montée sur un axe, et qu'on faisait tourner à l'aide d'une manivelle, tandis qu'avec la main disponible, on appuyait sur la sphère; le frottement ainsi produit avait pour effet un dégagement d'électricité.

En 1675, Newton signala que l'attraction électrique se produit à travers le verre, et émit cette hypothèse que l'électricité pouvait être le résultat d'une vibration éthérée. En 1708, l'Anglais Wall aperçut une faible étincelle jaillissant entre l'ambre frotté et le doigt tendu, et écrivit que, toutes proportions gardées, la lumière et le crépitement qui en résultent « semblent comparables à l'éclair et au tonnerre ». Du Fay, membre de l'Académie de Paris, tira des étincelles des corps animés, notamment dans l'expérience, restée célèbre, du « baiser électrique ».

En 1712, Hawkesbee, reprenant une expérience faite en 1675, par Picard, montra que du mercure, agité dans un tube vide d'air, devient lumineux, et expliqua ce phénomène par une production d'électricité résultant du frottement du mercure sur la paroi du tube.

Les corps furent classés en bons et mauvais conducteurs, par Grey et Du Fay, en 1730; ce dernier établit, en outre, que tous les corps sont électrisables par frottement, pourvu qu'ils soient bien isolés.

Du Fay, en 1733, découvrit l'existence de deux électricités de natures différentes, et qu'il appela respectivement *résineuse* et *vitrée*, du nom des corps à l'aide desquels il les obtenait par frottement (1).

Les machines électriques furent perfectionnées d'abord, en 1741, par Rose, qui adjoignit à celles-ci des cylindres de fer blanc, suspendus à des cordons de soie, pour recueillir l'électricité produite; puis par Winkler qui, peu de temps après, munit les machines d'un coussin frotteur, pour remplacer la main qui, jusque là, servait de frottoir. Les machines, ainsi améliorées, permirent de produire des étincelles capables de tuer

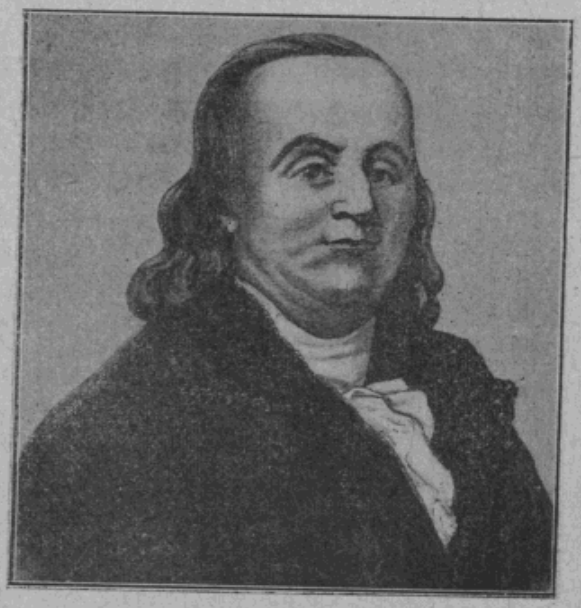
(1) *Histoire de l'Académie des Sciences*, t. LI, 1733, p. 457.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de petits oiseaux ou d'enflammer de l'alcool, de l'éther et différents autres corps combustibles.

Muschenbroek inventa, en 1746, la bouteille de Leyde; cet instrument fut perfectionné, un peu plus tard, par Watson et Bewis et par l'abbé Nollet (1750), qui notamment remplaça l'eau, précédemment employée, par d'autres corps, feuilles d'étain ou de cuivre, grenaille de plomb, etc.

Le premier électromètre fut inventé par Nollet, en 1747 (1) et se composait de deux fils de lin, qui s'écartaient lorsqu'ils avaient été électrisés; Lecat, en 1750; remplaça ce fil par des feuilles d'or.



BENJAMIN FRANKLIN, 1706-1790.

Franklin imagina, en 1750, de réunir respectivement les armatures intérieures et extérieures de plusieurs bouteilles de Leyde pour en former une *batterie*; à l'aide de ce puissant réservoir, il entreprit ses mémorables expériences, qui le conduisirent à établir une similitude complète entre les décharges qu'il obtenait et celles de la foudre : le mouvement en zig-zag des deux phénomènes, le bruit caractéristique, la chaleur développée, qui lui permettait de fondre une plaque de métal mince, etc. Franklin avait remarqué que la foudre frappe le plus souvent des corps élevés et pointus; il vérifia cette particularité à l'aide d'un cerf-volant, dans une expérience célèbre, faite en juin 1752. Ayant établi le *pouvoir des pointes*, il construisit, peu de temps après, le premier paratonnerre.

D'autre part, Franklin, rassemblant toutes les données précédemment acquises, et reprenant l'idée formulée par Watson, énonça la théorie d'un seul fluide et émit l'opinion que l'élec-

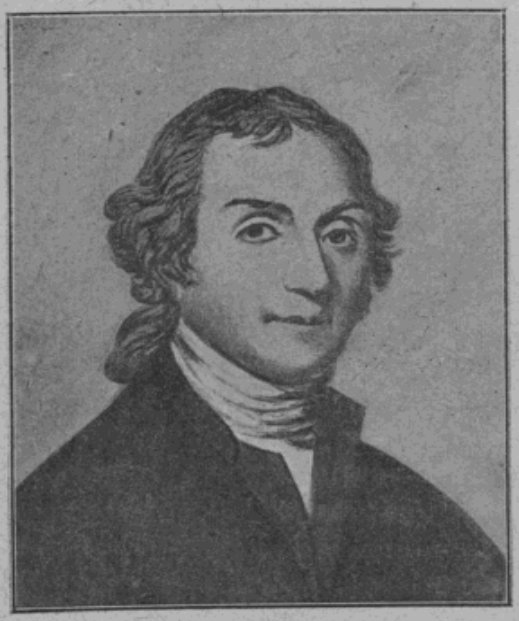
(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1747, p. 130.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tricité *vitrée* était de l'électricité *positive*, c'est-à-dire en surabondance, et l'électricité *résineuse* de l'électricité *négative* ou raréfiée.

Dalibard, en cette même année 1752, à Marly-la-Ville, parvint à charger des bouteilles de Leyde avec de l'électricité soutirée aux nuages orageux (1).

Beccaria indiqua la cause du bruit produit par la foudre, en prouvant que le fluide électrique détermine un déplacement subit de l'air, et que ce mouvement, se transmettant aux couches voisines, y produit un ralentissement proportionnel à sa violence. Enfin, Lemonnier, toujours en 1752, cherchant à déterminer la cause de l'accumulation d'électricité dans les nuages orageux, observa le premier que l'air était presque constamment chargé d'électricité, même lorsque le temps ne présentait aucun symptôme d'orage; il établit, de plus, que cette charge subissait des variations assez régulières toutes les vingt-quatre heures.



JOSEPH FRIESTLEY, 1733-1804.

Beccaria reprit ces expériences (2) et montra que le ciel, lorsqu'il était pur et sans nuage, était chargé d'électricité positive, que celle-ci disparaissait par les grands vents; que, par les temps couverts, l'électricité n'était pas toujours positive, de même que lors des averses et bourrasques de pluie ou de neige.

Priestley, en 1766, étudia la nature de la lumière engendrée par l'étincelle électrique; ayant examiné le spectre produit, pendant que l'on tirait des étincelles électriques, il remarqua « d'aussi belles couleurs prismatiques que puisse en donner l'image du soleil »; il releva et expliqua une erreur commise par les expérimentateurs qui

(1) DALIBARD, *Lettres de Franklin*, t. II, p. 100.
(2) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1752, p. 239.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'avaient précédé, lesquels affirmaient que « la lumière électrique ne contenait pas les couleurs prismatiques (1) ».

Coulomb détermina, en 1785, les lois des attractions et des répulsions électriques (2) et indiqua la répartition de l'électricité à la surface des corps de différentes formes : sphères, cylindres, cônes, etc., ainsi que les lois de la déperdition de l'électricité par le contact de l'air. Une théorie mathématique des phénomènes électriques, établie plus tard par Poisson, confirma de façon complète les résultats que Coulomb avait obtenus expérimentalement.



LOUIS GALVANI, 1737-1798.

On en était toujours, jusque là, à l'électricité statique, lorsqu'une découverte fortuite vint ouvrir un nouveau champ aux recherches des savants : Galvani, disséquant une grenouille, l'avait placée sur une table où se trouvait une machine électrique, et très près du conducteur; un de ses assistants, ayant approché, par hasard, la pointe d'un scalpel des nerfs cruraux de la grenouille, observa une contraction convulsive de tous les muscles de l'animal; un autre assistant remarqua que le phénomène avait lieu seulement lorsqu'on tirait une étincelle du conducteur de la machine. Galvani répéta l'expérience de diverses façons et arriva bientôt à reproduire les contractions par le simple contact de métaux différents sur les muscles et les nerfs.

La découverte de Galvani eut un retentissement considérable; tous les savants entreprirent de la répéter et de l'expliquer; les

(1) J. PRIESTLEY, *Histoire de l'Électricité*, Londres, 1771, t. III, p. 448.
(2) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1785, p. 569.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

théories les plus diverses furent émises de tous côtés. C'est au cours des controverses soulevées à ce sujet que Volta fut amené à construire sa célèbre *pile*, à l'aide de laquelle il voulait démontrer que c'était le contact de deux métaux différents qui produisait le phénomène. Le premier générateur d'électricité dynamique était découvert, et la science électrique allait prendre un essor que n'aurait pu prévoir aucun des savants qui l'avaient étudiée jusque là.



ALEXANDRE VOLTA, 1754-1827.

La pile de Volta fut successivement modifiée, améliorée et rendue constante. Le développement et le perfectionnement des piles font l'objet d'une étude spéciale qu'on trouvera plus loin (V. p. 317).

MAGNÉTISME

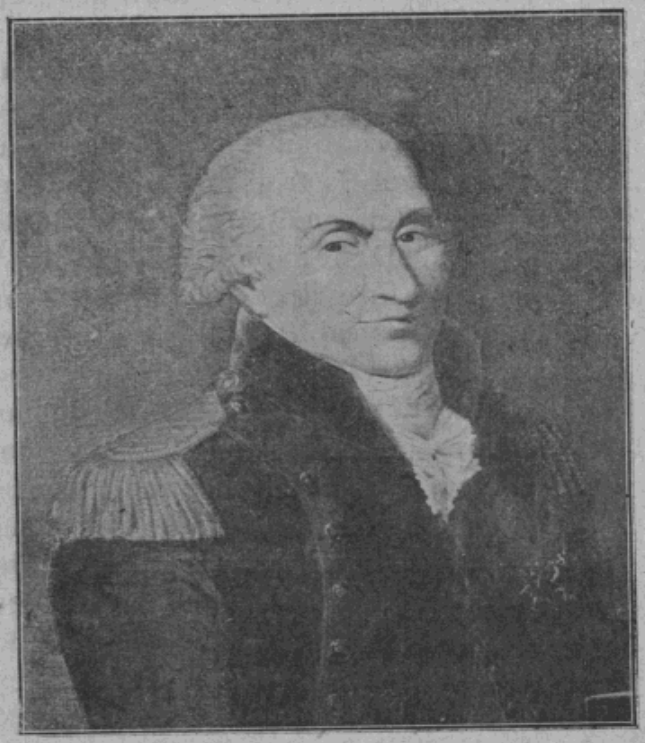
Le pouvoir attractif des aimants était connu des anciens, et divers écrivains, notamment Pline et Claudien, en ont fait mention; mais il semble que c'est seulement vers le règne de Théodose (IVe siècle de l'ère chrétienne) qu'on a observé les polarités de l'aimant et les phénomènes de répulsion. Quant à l'aiguille aimantée, ou boussole, les opinions sont loin de concorder sur l'époque à laquelle elle fut mise en pratique. Certains auteurs croient pouvoir affirmer que les Chinois en faisaient usage plusieurs siècles avant Jésus-Christ; d'autres reportent cette date vers le IIIe siècle de notre ère. En ce qui concerne l'Europe, il semble que l'emploi de la boussole a été connu vers l'an 1100. Le premier document qui mentionne la déclinaison de l'aiguille aimantée remonte à 1269; quant à l'inclinaison, elle ne fut remarquée qu'en 1576, par Robert Normann.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bon nombre de physiciens, entre autres Gilbert, se livrèrent à l'étude des aimants, dont les propriétés générales étaient suffisamment connues au XVII[e] siècle.

Les procédés d'aimantation qui, jusque là, consistaient en simples contacts, furent perfectionnés, en 1745, par Knight, puis, peu après, par Duhamel et Antheaume ; tous trois pratiquèrent la méthode du glissement. Mitchell, vers 1750, employa le premier la méthode de la double touche, perfectionnée, en 1769 par Oepinus.

En 1778, Brugmann rechercha les corps, autres que le fer et l'acier, susceptibles d'être influencés par les aimants, et reconnut que le nickel et le cobalt sont magnétiques comme le fer, tandis que le zinc, le cuivre et le mercure sont attirés, bien que faiblement, par l'aimant ; mais il ne put déterminer la cause de ce dernier phénomène.



CHARLES-AUGUSTIN COULOMB, 1736-1806.

Les plus importantes découvertes faites à cette époque, dans le domaine du magnétisme, sont dues à Coulomb qui, vers 1780, entreprit l'étude mathématique des attractions et des répulsions, et formula bientôt les lois qui les régissent (1) ; ses premières expériences furent faites à l'aide d'une aiguille aimantée suspendue à un fil de cocon, à laquelle il présentait, à des distances variables et dans le méridien, une autre aiguille aimantée : les oscillations de la première lui permettaient de calculer, à l'aide d'une formule analogue à celle du mouvement d'un pendule, la force avec laquelle les deux

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1789, p. 399.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aiguilles réagissaient l'une sur l'autre ; puis il imagina, en 1789, sa *balance de torsion*, instrument d'une grande précision, qui lui permit de vérifier et de mettre au point les résultats primitivement obtenus (1) ; il indiqua que les attractions et les répulsions sont en raison directe des quantités de magnétisme renfermées par les éléments des aiguilles en présence, et en raison inverse du carré de la distance qui les sépare.

Coulomb reprit les expériences de Brugmann, mentionnées plus haut, et calcula l'action exercée par un aimant sur des aiguilles de différentes natures, or, argent, cuivre, etc. ; recherchant la cause de cette action, il établit que ces métaux obéissaient manifestement à l'action magnétique dès qu'ils étaient alliés à 1/180.000 de fer, et il conclut à l'impossibilité d'établir si ces métaux étaient magnétiques par eux-mêmes ou par suite de leur impureté (2).

Enfin, Coulomb employa encore sa balance de torsion pour déterminer, à l'aide de faisceaux d'aiguilles aimantées, la distribution du magnétisme dans les aimants, ainsi que l'influence de la forme, de la trempe, du recuit, etc. ; il indiqua que, pour donner un effet maximum, l'aiguille doit être large, peu épaisse et taillée en flèche ; d'autres savants, tels que Biot, Becquerel, Barlow, etc., reprirent et complétèrent ses travaux. Enfin, en 1824, Poisson établit la théorie mathématique du magnétisme, comme il l'avait déjà fait pour l'électricité (3). Alors que la théorie magnétique d'Ampère était basée sur une analogie avec les courants électriques, Poisson admettait, comme Coulomb, que chaque molécule contenait deux fluides magnétiques distincts qui, à l'état neutre, étaient mêlés mais qui, polarisés, se séparaient de deux côtés opposés. De la Rive (4), pensait que « les molécules sont douées originalement d'une vertu magné-« tique, mais qu'à l'état naturel, elles sont ainsi distribuées « que le magnétisme ne se manifeste pas. L'aimantation aurait « pour résultat de troubler cet état d'équilibre ; la force coerci-« tive serait la résistance qu'éprouvent les molécules à changer « leurs positions relatives ».

En 1861, Wiedermann formula une théorie qui se rapproche

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1789, p. 578.
(2) *Journal de Physique*, 1802, p. 367 et 454.
(3) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXV, 1824, p. 113 et 221.
(4) De la Rive, *Traité d'Electricité*, 1853, t. I, p. 186 et suivantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de celle de Poisson, quant à la cause du magnétisme des molécules, mais qui admet qu'à l'état de polarité « les molécules sont tournées dans une même direction « et qu'à l'état neutre, elles sont dirigées dans tous les sens ».

La théorie de Weber, admise par Maxwell (1), diffère de celle de Poisson en ce qu'elle suppose que « les molécules de fer « sont toujours des aimants, mais que, dans le fer ordinaire, « les axes magnétiques des molécules sont indifféremment « tournés dans n'importe quelle direction, de sorte que, dans « son ensemble, le fer n'accuse aucune propriété magnétique ». L'aimantation consisterait donc à « tourner toutes les molé- « cules de façon que leurs axes soient tous rendus parallèles à « une certaine direction ou, tout au moins, inclinés dans cette « direction ».

Enfin, en 1883, Hughes établit une théorie du magnétisme, entièrement basée sur des résultats expérimentaux : chaque molécule est un aimant séparé et indépendant et peut être tournée dans n'importe quelle direction, sur son axe, par torsion, frottement ou forces physiques, telles que le magnétisme ou l'électricité; quand on constate une neutralité extérieure, les molécules sont distribuées de façon à satisfaire à leur mutuelle attraction; lorsque le magnétisme se manifeste, elles sont toutes tournées symétriquement dans une direction donnée ; enfin, le magnétisme est permanent quand la rigidité moléculaire retient les molécules dans une direction donnée, et il est passager si les molécules tournent avec une liberté relative, comme dans le fer doux (2).

Les actions extérieures, exercées par les aimants, ont donné lieu à diverses théories; l'hypothèse de Maxwell sur les *tourbillons moléculaires*, qui complète celle formulée, en 1869, par William Thomson, est la seule admise aujourd'hui, et s'applique également aux champs électro-statiques et électromagnétiques. Il en sera reparlé plus loin (v. p. 33).

(1) Clerk Maxwell, *Traité d'Electricité et de Magnétisme*, traduction française de Seligmann-Lui, 1887, t. II, p. 7 et suivantes.
(2) *Annales Télégraphiques*, 1883, p. 242 et 385.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



HANS-CHRISTIAN OERSTEDT, 1777-1851.



ANDRÉ-MARIE AMPÈRE, 1775-1836.

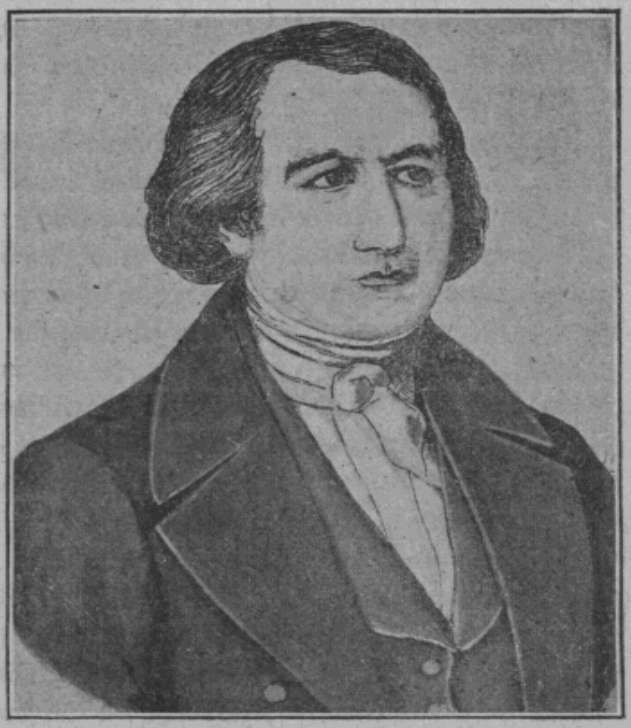
ÉLECTRO-MAGNÉTISME

Vers la fin de 1819, Oerstedt observa qu'une aiguille aimantée, placée à proximité d'un conducteur, déviait chaque fois qu'un courant parcourait celle-ci (1) : c'était le premier pas vers l'électro-magnétisme. Toutefois, Oerstedt ne persévéra pas davantage dans la voie qu'il venait d'ouvrir. Ampère, dès qu'il eut connaissance du phénomène, se livra à une série d'expériences dont il communiqua les résultats, par des mémoires successifs adressés à l'Académie des Sciences. Dans le premier de ces mémoires, lu à la séance du 18 Septembre 1820, il établit que la force électro-dynamique se retrouve dans toutes les parties d'un circuit, y compris la pile; puis il formula la loi suivant laquelle le sens de la déviation dépend de la direction du courant (2).

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XIV, 1820, p. 417.
(2) *Idem*, t. XV, 1820, p. 59 et 170.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Laplace reprenant les travaux de Biot et Savart (1), trouva, par le calcul, que l'action du courant sur l'aiguille aimantée est inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare (2). Ampère, poursuivant ses recherches, parvint, à l'aide de solénoïdes parcourus par des courants, à reproduire tous les phénomènes d'attraction et de répulsion qu'on observe avec des aimants, en faisant réagir ces solénoïdes, soit entre eux, soit sur des aimants ; enfin, il démontra que la terre exerce, sur un circuit parcouru par un courant, une action directrice qui tend à le placer perpendiculairement à l'aiguille d'inclinaison ; cette étude fut reprise un peu plus tard et complétée par De la Rive, comme on le verra plus loin.



DOMINIQUE-FRANÇOIS ARAGO, 1786-1853.

Peu de temps après, Arago remarqua qu'un conducteur de cuivre, parcouru par un courant, est susceptible d'attirer de la limaille de fer placée à proximité, et que la limaille s'oriente suivant des cercles concentriques, puis retombe dès qu'on interrompt le courant (3) ; un peu plus tard, il réussit à aimanter des morceaux d'acier en les soumettant à l'action d'un courant, il obtint des résultats identiques quelle que soit la source électrique employée ; pile, machine électrostatique ou bouteille de Leyde.

Humphry Davy, répétant cette expérience, réussit à aimanter des aiguilles d'acier en les frottant transversalement sur un fil conducteur parcouru par un courant.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XV, 1820, p. 222.
(2) *Journal des Savants*, avril 1821.
(3) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XV, 1820, p. 93.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Arago, enroulant autour d'un barreau d'acier un fil conducteur formant une suite d'hélices, alternativement dextrorsum et sinistrorsum, et y fermant le circuit d'une pile, constata la présence de pôles conséquents à chaque inversion des spires; enfin, il remarqua que, si l'aimantation subsistait dans l'acier, elle disparaissait en même temps que le courant quand il agissait sur du fer doux. De concert avec Ampère, il construisit le premier *électro-aimant* et fournit ainsi au monde l'instrument d'où sont sorties tant de merveilles. Puis ces deux savants entreprirent, concurremment avec Lenz, Jacobi, Joule, etc., de déterminer les lois auxquelles ce phénomène est soumis; Glossener résuma les connaissances acquises dans deux mémoires datés de 1822 et 1823.

Pendant ce temps, Schweigger imaginait, en 1820, de rendre plus tangible l'action du courant sur l'aiguille aimantée, en plaçant celle-ci à l'intérieur d'un cadre, sur lequel le fil conducteur était enroulé; il obtint ainsi des déviations pour des intensités très faibles (1). Cet arrangement, appelé tout d'abord *condensateur électro-magnétique*, reçut un peu plus tard le nom de *multiplicateur*, puis enfin celui de *galvanoscope*, qu'il a conservé.

En 1850, Muller précisa le maximum d'aimantation que ne peut dépasser un barreau donné, maximum proportionnel au carré de son diamètre. Du Moncel, vers 1856, s'occupa de la distribution du magnétisme dans les noyaux d'électro-aimants et détermina expérimentalement les effets produits sur des armatures placées à des distances diverses; il rechercha les conditions les plus favorables à la construction des électro-aimants, suivant la résistance des circuits. Raynaud établit, en 1877, les formules relatives à la construction des bobines d'électro-aimants et des cadres galvanométriques (2). Enfin, la même année, Preece publia les résultats de ses études sur le « maximum et le minimum d'effet des électro-aimants » (3).

INDUCTION

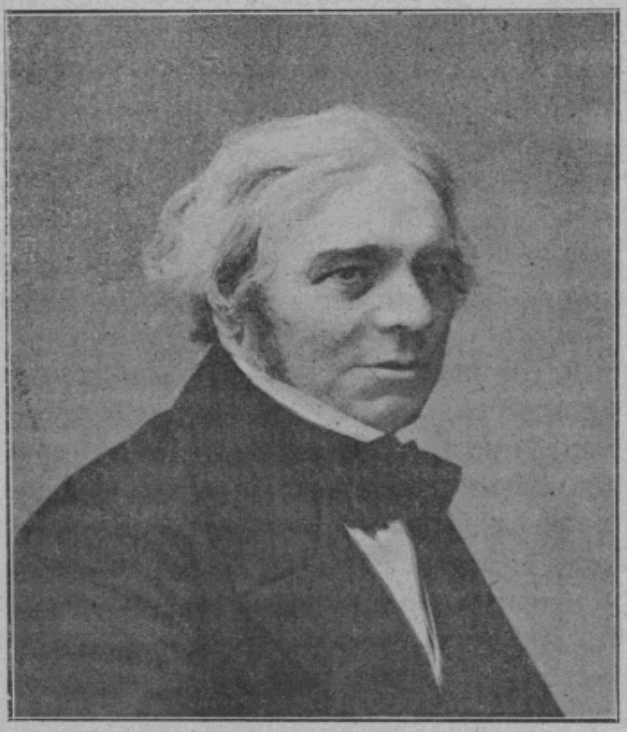
Les phénomènes d'induction électro-statique furent observés pour la première fois, semble-t-il, par Canton, qui publia, en

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXII, 1821, p. 358.
(2) *Annales Télégraphiques*, 1877, p. 200 et 585.
(3) *Journal of the Society of Telegraph Engineers*, London, 24 février 1877.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1753, les résultats de ses expériences à ce sujet; ces phénomènes furent étudiés ensuite par OEpinus, puis par Volta, qui construisit, pour les vérifier, son *électrophore* à gâteau de résine, dont il fit, peu après, un *électroscope-condensateur*, d'après le principe indiqué, en 1759, par OEpinus. En 1779, lord Mahon expliqua par l'induction électrostatique le phénomène appelé *choc en retour*, par suite duquel, lors d'une décharge atmosphérique, un homme, relativement éloigné du lieu où elle se produit, peut néanmoins être foudroyé (1).

Faraday étudia, en 1838, les effets d'induction électrostatique à travers différents isolants solides ou liquides, et trouva que chaque corps possède un *pouvoir inducteur* propre; en ce qui concerne les gaz, il établit que leur pouvoir inducteur est indépendant de la pression. Riess confirma peu après ces observations et en déduisit une théorie des condensateurs. Ces travaux furent complétés, en 1862, par Gaugain (v. p. 43).



MICHAEL FARADAY, 1791-1867.

La découverte de l'induction électro-dynamique suivit de près celle de l'électro-magnétisme: Ampère avait entrevu, dès 1822, l'influence exercée par un courant sur un circuit fermé, placé à proximité (2), mais ne poussa pas ses recherches plus avant dans ce sens; de son côté, Arago observa, en 1824, que, si l'on approche d'une aiguille aimantée, oscillant librement, un corps métallique non magnétique, l'amplitude des oscillations se trouve bientôt diminuée, bien que ce corps soit sans action apparente sur l'aiguille

(1) MAHON, *Principles of Electricity*, 1779, chap. VIII.
(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 septembre 1822.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au repos (1). Il réussit cependant à obtenir cette action en faisant tourner un disque de cuivre concentriquement à une aiguille aimantée : celle-ci déviait de plus en plus, au fur et à mesure qu'on augmentait la vitesse du disque, et arrivait même à suivre le mouvement lorsque cette vitesse devenait assez grande (2).

Ampère se livra ensuite à une expérience analogue, mais en remplaçant l'aiguille aimantée par un solénoïde parcouru par un courant; il obtint ainsi des résultats identiques.

Différents savants, Nobili, Herschel, Seebeck, reproduisirent et complétèrent ces recherches, mais se bornèrent à enregistrer les faits, sans parvenir à en dégager la loi générale. Ce fut seulement en 1831 que Faraday précisa la nature des phénomènes d'induction électro-dynamique (3); reprenant à l'inverse les expériences d'Oerstedt, d'Ampère et d'Arago, il parvint à démontrer la possibilité de produire de l'électricité par l'influence des courants, et donna le nom d'*induction voltaïque* à ce phénomène ; il formula ce principe que, chaque fois qu'on établit ou qu'on interrompt un courant dans un circuit, ou encore chaque fois qu'on en fait varier l'intensité, on engendre dans tout circuit voisin, fermé et à l'état neutre, des courants instantanés d'induction; à cause de leur peu de durée, il assimila ces courants à ceux qu'on produit à l'aide de la bouteille de Leyde et détermina leur direction par rapport au courant inducteur : inverse au moment de la fermeture du circuit principal, directe lors de la rupture.

Etendant ses recherches à l'influence des aimants sur les circuits fermés, il constata la production de courants induits chaque fois qu'il en approchait ou qu'il en éloignait un barreau aimanté; il crut, tout d'abord, devoir donner à ce phénomène un nom différent du précédent, et l'appela *induction magnétique*. Enfin, ayant créé une solution de continuité dans le circuit induit, à l'aide de deux crayons de charbon taillés en pointe, et qu'il pouvait éloigner ou rapprocher à son gré, il vit une étincelle jaillir entre les deux pointes au moment où se produisaient les courants d'induction.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVII, 1824, p. 363.
(2) *Idem*, t. XXVIII, 1825, p. 325.
(3) *Annales de Chimie et de Physique*, t. L, 1832, p. 5 et 113; *Idem*, t. LI, 1832, p. 404.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces différents phénomènes furent étudiés aussitôt par Lenz, Weber, Jenkin, De la Rive, Henry, etc.; Lenz énonça, en 1834, la loi qui les régit (1).

Pixii, constructeur français, réalisa, en 1832, la première machine magnéto-électrique, en faisant tourner un aimant devant un électro-aimant fixe; dans celle de Saxton, produite en 1833, l'aimant était fixe et la bobine mobile; cette dernière machine fut perfectionnée par Stöhrer, en Allemagne, et Clarke, en Angleterre; ce dernier lui donna la forme encore actuellement usitée dans les expériences de laboratoire; dans celle de Page, construite en 1838, l'aimant et la bobine sont fixes; une armature de fer doux est mise en mouvement devant les branches de l'aimant et produit les variations du champ, qui donnent lieu aux courants induits. Enfin Werner Siemens construisit, en 1856, une machine dans laquelle l'induit mobile avait la forme de *tambour*, encore usitée aujourd'hui.



LÉON FOUCAULT, 1819-1868.

En 1855, Foucault montra que, si l'on fait tourner un disque métallique devant les pôles d'un aimant, les courants induits, qui se trouvent développés dans ce disque, déterminent une élévation de sa température (2).

En 1834, Masson, en France, et Jenkin, en Angleterre, remarquèrent les premiers l'existence d'extra-courants à la fermeture et à la rupture du circuit primaire. Faraday reprit l'étude et expliqua le phénomène, auquel il donna le nom de *self-induction*. Dove indiqua la direction de ces derniers par rapport à celui

(1) *Poggendorff Annalen*, t. XXXI, 1834, p. 483.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLV, 1855, p. 316.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui les engendre; Henry qui, dès 1832, avait remarqué une étincelle au point de rupture du circuit, entreprit l'étude du phénomène de *quasi-inertie* et des extra-courants, concurremment avec Masson, en 1837 (1).

Masson et Bréguet construisirent, en 1842, la première bobine d'induction; elle était munie d'un interrupteur à roue, qu'on manœuvrait à l'aide d'une manivelle; Ruhmkorff perfectionna l'instrument, en 1850, notamment en adjoignant à la bobine l'interrupteur-trembleur imaginé, en 1847, par Froment (2). Un peu plus tard, Du Moncel analysa, un des premiers, les effets des courants induits à haute tension, directs et inverses. Gaugain étudia, en 1854, les lois de l'intensité des courants induits (3). En 1880, Mascart établit la théorie des courants d'induction électro-dynamiques; il donna le nom de *flux de force* au « produit de la surface d'un élément d'un corps magnétique, « agissant sur l'unité de masse, par la composante normale de « la force ».

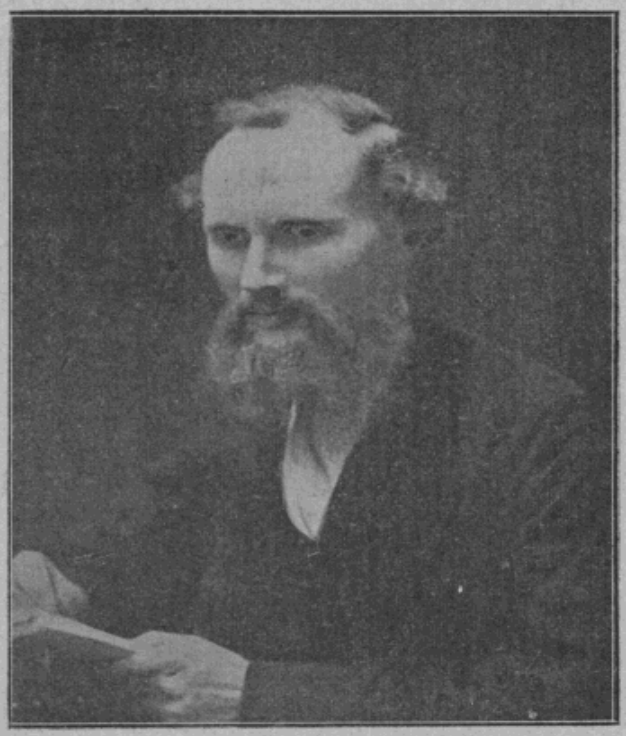
L'influence exercée à distance par les corps électrisés ou aimantés fut attribuée, tout d'abord, à une propriété spéciale de la matière, et l'on ne vit, dans cette hypothèse, qu'une analogie avec celle sur laquelle avait été édifié l'admirable système de la mécanique céleste. Puis, pour expliquer certains faits, on imagina la théorie des deux fluides, admise par Coulomb et Poisson dans leurs théories magnétiques (v. p. 24).

Cependant Faraday rejetait l'idée d'une action à distance, s'exerçant sans l'intervention d'un milieu intermédiaire, et cherchait à l'expliquer par l'émission de lignes de force et par la création d'un état d'équilibre spécial du milieu, caractérisé par une tension suivant ces lignes et une pression égale suivant les directions transversales (4). Et l'on arriva bientôt à entrevoir que le fluide hypothétique, dont l'existence rendait explicable la transmission de la lumière à travers les espaces interplanétaires, pouvait servir également à expliquer l'action à distance des corps électriques ou magnétiques : on se rapprochait ainsi de cette unité d'origine des phénomènes naturels qui, depuis, s'est affirmée de plus en plus.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXVI, 1837, p. 1.
(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 22 mars, 29 mars et 5 avril 1847.
(3) *Idem*, 20 novembre 1854.
(4) Faraday, *Experimental researches*, § 69.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le premier pas dans cette voie fut fait par William Thomson qui, en 1845, donna un développement mathématique de la conception de Faraday, concernant la nécessité d'un milieu intermédiaire dans les actions à distance, conception qui avait amené Faraday à la détermination de cette propriété spéciale des diélectriques, qu'il avait appelée *capacité inductive spécifique* (v. p. 29); enfin, Thomson émit l'hypothèse de l'*éther gyrostatique* et publia, en 1869, un mémoire sur le *mouvement tourbillonnaire*. Cette splendide hypothèse fut reprise et développée magistralement par Maxwell, qui admit qu'un champ se trouve rempli de *tourbillons moléculaires*, formés de petits corps sphériques, ou cellules, tournant tous dans le même sens, et que cette rotation engendre, d'une part, une contraction suivant la direction de leurs axes, d'où une tension suivant les lignes de force, et, d'autre part, une dilatation de leur plan équatorial, d'où une pression suivant ce plan. La transmission du mouvement d'un tourbillon moléculaire à l'autre s'opèrerait, sans inversion du sens, par l'intermédiaire de particules sphériques, extrêmement petites, placées entre les cellules, et qui rouleraient sans glisser sur leurs surfaces. Le cadre restreint de cette étude en permet pas de s'étendre davantage sur cette théorie, qu'on trouvera exposée et développée dans le Traité, déjà cité, de Maxwell (1).



WILLIAM THOMSON, 1824-1907.

(1) CLERK MAXWELL, *Traité d'Electricité et de Magnétisme*, traduction française de Seligmann-Lui, 1887.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LOIS GÉNÉRALES DES COURANTS. — PROPAGATION, etc.

En 1730, Grey et Du Fay entreprirent l'étude comparative du pouvoir conducteur des différents corps ; leurs travaux furent repris, quelques années plus tard, par divers physiciens, puis par Priestley, qui classa les métaux par ordre de conductibilité ; ses indications n'étaient d'ailleurs qu'approximatives, vu l'imperfection des moyens dont il disposait. En 1821, Davy fit usage, pour le même objet, des courants voltaïques (1) enfin, Becquerel, en 1825, obtint des résultats plus précis en utilisant, pour ses expériences, son galvanomètre différentiel, qui offrait, entre autres avantages, celui d'échapper aux erreurs résultant du manque de constance des piles employées à cette époque (2). Becquerel formula également la loi générale d'après laquelle « le pouvoir conducteur d'un fil est proportionnel à sa section « et inversement proportionnel à sa longueur ».

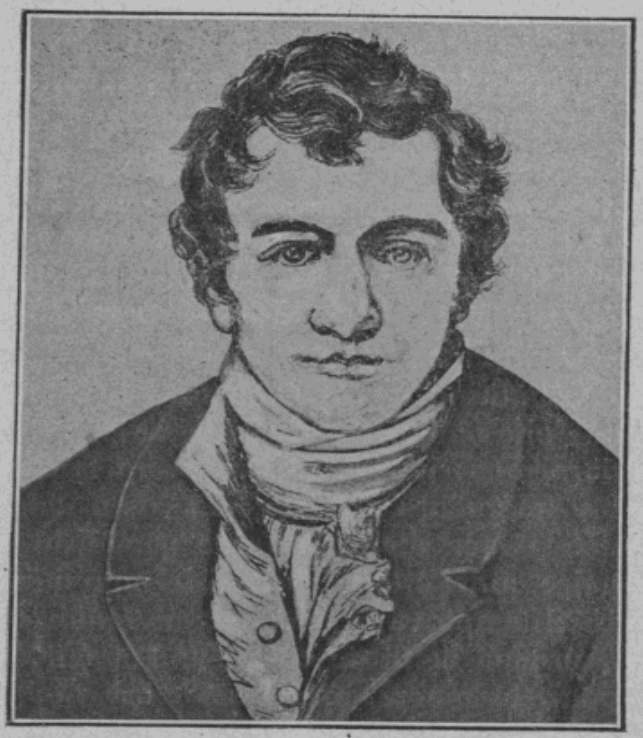
Ohm énonça, en 1827, que « l'intensité d'un courant est en « raison directe de la force électro-motrice et en raison inverse « de la résistance du circuit, y compris celle de la pile » Dans le même temps, Pouillet, qui ignorait les travaux d'Ohm, non encore publiés en France, avait déterminé expérimentalement la même loi ; il établit également, en 1830, celle relative aux courants dérivés, d'après laquelle un courant, trouvant devant lui deux chemins, « se partage en raison inversement proportion- « nelle à la résistance de chacun d'eux » (3). Fechner, ayant repris cette étude, en 1831, arriva aux mêmes résultats. Enfin Barlow indiqua que l'intensité est la même en tous les points d'un circuit.

La question de la chaleur et de la lumière développées par les courants donna également lieu à des études de la part de divers savants ; Biot, en 1805, avait expliqué la production de l'étincelle à travers l'air par la compression de celui-ci et l'échauffement qui en résulte (4). Davy entreprit de vérifier ce point et établit qu'un tube de verre contenant du mercure, et dans lequel on a fait le vide, devient lumineux au passage d'une

(1) *Philosophical Transactions*, t. II, 1821, p. 433.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXII, 1826, p. 420.
(3) BECQUEREL, *Traité d'Electricité*, t. V, première partie, p. 255.
(4) *Annales de Chimie*, t. LIII, 1806, p. 351.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

décharge électrique, et que l'éclat augmente avec la température (1). En 1813, il disposa une batterie de 2.000 couples de Volta, dont les pôles étaient reliés à deux crayons taillés en pointe, placés dans un tube vide d'air; une lumière éclatante jaillit entre les pointes de charbon; la chaleur développée était telle que toutes les substances qu'il plaça dans l'arc entrèrent instantanément en fusion (2). Wollaston, en 1817, arriva à fondre un fil de platine avec un seul élément voltaïque.



HUMPHRY DAVY, 1778-1829.

Ces expériences furent reprises d'une foule de manières, notamment par Ohm, Fechner et Vorsselmann, qui énoncèrent que la chaleur, développée dans un conducteur, est directement proportionnelle à la résistance du circuit et au carré de l'intensité (3); cette loi fut vérifiée, en 1843, par E. Becquerel, qui l'étendit aux liquides et obtint des résultats concordants (4); enfin, Lenz, à l'aide d'un calorimètre, spécialement construit à cet effet, et d'un dispositif destiné à assurer une constance parfaite du courant, confirma, en 1844, les conclusions de Joule et de Becquerel (5).

En 1845, Kirchhoff, complétant l'étude des courants dérivés, formula les deux lois qui portent son nom, et qui se rapportent aux intensités et aux forces électro-motrices (6).

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XX, 1822, p. 168.
(2) *Philosophical Transactions*, t. II, 1821, p. 487.
(3) *Philosophical Magazine*. t. XIX, octobre 1841, p. 260.
(4) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. IX, 1843, p. 21.
(5) *Poggendorff Annalen*, t. LXI, 1844, p. 18.
(6) *Idem.*, t. LXIV, 1845, p. 513.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Les lois relatives à la résistance des différents métaux furent déterminées par Pouillet, en 1837, puis par Jacobi et Poggendorff (1841) et par Wheatstone qui, en 1843, construisit à cet effet le premier *rhéostat* pratique (1). En 1846, Becquerel montra que la résistance des métaux présente des variations très sensibles suivant la température et l'écrouissage; il proposa d'employer, pour la construction des étalons, l'argent pur recuit ou le mercure; ce dernier, toutefois, présentait le grave inconvénient d'être environ cinquante fois moins conducteur que l'argent et, par suite, de mal s'adapter aux comparaisons lorsqu'il s'agissait d'opérer sur des métaux ordinaires. Becquerel étudia également la conductibilité des liquides, sur laquelle l'action de la chaleur s'exerce à l'inverse de celle qu'il avait observée sur les métaux; il détermina, en 1846 également, le pouvoir conducteur des dissolutions salines (2).

La notion des résistances se précisant de plus en plus, on chercha bientôt à créer un étalon permettant facilement les comparaisons; jusque là, on s'était borné à ramener, par le calcul, les longueurs hétérogènes d'un conducteur à une longueur déterminée d'une certaine partie de celui-ci; le circuit imaginaire, ainsi établi, prenait le nom de *longueur réduite*. Lenz, en 1838, employa le premier un étalon représentant la résistance d'un pied de fil de cuivre n° 11; en 1843, Wheatstone proposa, pour le même objet, un pied de fil de cuivre du poids de 100 grains (6 gr. 47); Pouillet, à la même époque, employait comme étalon la résistance d'une colonne de mercure de 1 mètre de hauteur et de 1 millimètre carré de section.

En 1848, Jacobi chercha à faire adopter un étalon formé d'un fil de cuivre de 1 mètre de longueur et de 1 millimètre de diamètre; on n'avait là qu'une mesure approximative, en raison des variations résultant, non seulement de la température, mais aussi des diverses qualités du cuivre; l'*étalon Jacobi* resta délaissé et comme, d'autre part, la télégraphie par conducteurs aériens, souterrains et sous-marins, commençait à prendre de l'extension, les différents pays adoptèrent, vers 1850, comme

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. X, 1844, p. 257.
(2) *Idem.*, 3e série, t. XVII, 1846, p. 242.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

termes de comparaison, des unités de longueur de fils télégraphiques ; c'est ainsi qu'on prit comme unité, en Angleterre, le mille de fil de cuivre de 1/16 de pouce de diamètre et, en France, en Belgique et en Suisse, le fil de fer de 4 millimètres. Toutefois, outre la discordance qui existait d'un pays à un autre, les étalons, construits d'après ce genre d'unité, étaient loin d'avoir des valeurs égales, les fils de même nature, mais de provenances diverses, possédant par eux-mêmes des pouvoirs conducteurs très différents.

En 1860, Werner Siemens, reprenant l'étalon proposé par Pouillet, en 1843, en réalisa un dont la résistance était celle d'une colonne de mercure de 1 mètre de hauteur et de 1 millimètre carré de section, à la température de 0 degré centigrade (1). La même année, l'« Association Britannique pour l'avancement des Sciences » réunit une Commission, sous la présidence de sir William Thomson, en vue d'établir un étalon définitif. Après avoir essayé de différents types, la Commission s'arrêta, en 1865, à un alliage de platine et d'argent, à la température de 15° centigrades, et dont les variations de résistance sont à peu près négligeables sous un échauffement de 0 à 100°. Sur la proposition de Latimer Clark et de Charles Bright, cette unité reçut le nom d'*ohm* et, à la suite des congrès de 1881, 1882 et 1883, devint bientôt l'*étalon international*. Cet étalon subit d'ailleurs, à cette occasion, une détermination nouvelle, destinée à définir sa valeur absolue et à assurer sa permanence. Le reste du système des mesures électriques découlait de cette adoption et se trouvait fixé par là même.

L'ohm correspond à 1,063 unité Siemens ou, si l'on préfère, celle-ci vaut 0,9407 ohm.

* * *

Peu de temps après la découverte de la bouteille de Leyde, différents savants français et anglais avaient cherché à déterminer la vitesse de propagation de l'électricité, en provoquant des décharges dans des conducteurs bouclés, atteignant plusieurs kilomètres de longueur; mais ils n'avaient jamais pu constater un intervalle appréciable entre le moment où la bou-

(1) *Poggendorff Annalen*, t. CX, 1860, p. 1.

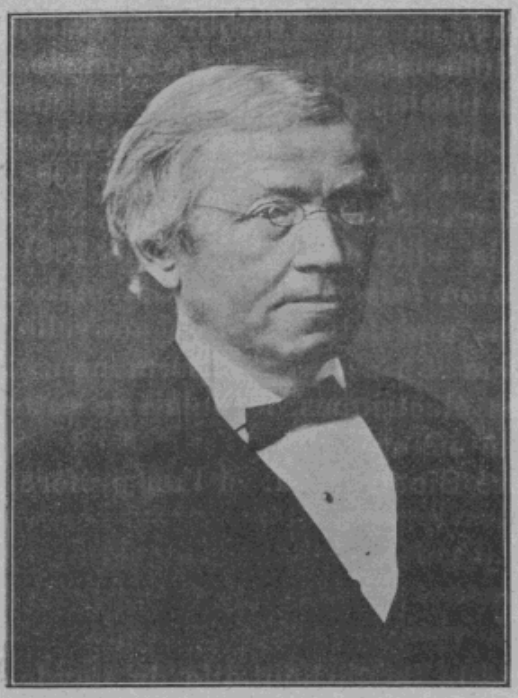
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teille était mise en communication avec le fil et celui où l'étincelle éclatait à l'autre bout.

Ohm avait assimilé la propagation de l'électricité dans un circuit à celle de la chaleur dans un conducteur métallique, chauffé par l'un de ses bouts, et les équations différentielles, sur lesquelles il s'appuyait, étaient celles que Fourier et Poisson avaient données pour la chaleur; il en avait conclu que la propagation des courants devait comporter deux périodes distinctes, l'une variable, au début, et l'autre, ensuite, permanente.

Cette thèse avait été reprise, en 1842, par William Thomson qui publia une étude sur *la propagation de la chaleur dans les corps solides homogènes et son analogie avec la théorie mathématique de l'électricité* (1).

La théorie d'Ohm n'étant pas appuyée par une vérification expérimentale, un assez grand nombre de physiciens la rejetèrent *a priori*, estimant que l'électricité devait plutôt avoir une analogie avec la lumière, et, de ce fait, posséder une vitesse propre de propagation.



CHARLES WHEATSTONE, 1802-1875.

C'est dans cet ordre d'idées que Wheatstone entreprit, en 1854, une expérience, en vue de mesurer cette vitesse (2); il opéra à l'aide des décharges d'une bouteille de Leyde éclatant entre deux ou plusieurs conducteurs, après réflexion des étincelles dans un miroir, tournant à 600 ou 800 tours par seconde; l'image des étincelles obtenues à l'extrémité des conducteurs était également réfléchie, et l'angle décrit mesurait le retard, en fonction de la vitesse de rotation du miroir : Wheatstone trouva ainsi que la propagation de l'électri-

(1) *Mathematical Journal*, Cambridge, 1842.
(2) *Philosophical Transactions*, t. II, 1854. p. 583; *Annales Télégraphiques*, 1858, p. 239.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cité était comparable à celle de la lumière et atteignait 460.000 kilomètres par seconde; en 1849, Walker reprit cette étude sur les lignes télégraphiques américaines, et trouva seulement 25.000 kilomètres; la même année, Mitchel arriva à 45.000 et Gould à 30.000 kilomètres par seconde. En 1850, Fizeau et Gounelle utilisèrent, pour des expériences analogues, les lignes récemment construites entre Paris et Rouen; les appareils dont ils firent usage, et qui sont décrits plus loin (v. p. 425), étaient dérivés de celui que Fizeau avait inventé, pour mesurer la vitesse de la lumière; les chiffres qu'ils trouvèrent oscillaient entre 100.000 et 180.000 kilomètres (1); enfin, Guillemin et Burnouf, en 1854, atteignirent 178.000 kilomètres (2) tandis qu'en Angleterre on avait trouvé seulement 12.000 kilomètres entre Greenwich et Edimbourg et 4.300 sur le fil Londres-Bruxelles, dont une partie était en câble sous-marin.

La discordance des résultats ainsi obtenus déconcerta quelque peu les physiciens, qui se livrèrent, à cet égard, à une foule d'hypothèses et de théories contradictoires; on entrevit cependant que les actions d'induction électro-statique, signalées en 1854 par Faraday, devaient entrer pour un certain coefficient dans le temps de propagation des courants; Faraday, en effet, avait montré qu'un fil télégraphique se comporte comme un condensateur et que, lorsqu'on le met en communication avec une pile, il se produit une accumulation d'électricité sur les conducteurs voisins, s'il s'agit d'une ligne aérienne, dans le sol ou dans l'eau si la ligne est souterraine ou immergée (3). Mais on n'eut le mot de l'énigme qu'en 1858, lorsque Gaugain publia les résultats de ses travaux (4). Ce savant s'était, en effet, livré à une étude expérimentale des lois de la propagation; plusieurs de ses conclusions sont conformes aux déductions mathématiques d'Ohm, tandis que d'autres en diffèrent complètement (5); l'hypothèse admise par Ohm, vraie d'une manière générale, ne pouvait tenir compte des réactions secondaires, qui se manifestent dans les recherches expérimentales et qui en modifient certaines déductions. Quoi qu'il en soit, Gaugain démontra que

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XXX, 1850, p. 139.
(2) *Idem*, t. XXXIX, 1854, p. 330.
(3) *Annales Télégraphiques*, 1858, p. 248.
(4) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 8 et 29 novembre 1858, 11 avril et 23 mai 1859.
(5) *Idem*, 26 décembre 1859.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'électricité, comme la chaleur, passe d'abord par une *période variable*, pendant laquelle chaque point du conducteur change constamment de tension électrique, jusqu'à ce que le *régime permanent* soit atteint; il trouva que « la durée de cette période « variable est en raison inverse de la conductibilité, s'accroît « comme le carré de la longueur et le coefficient de charge, et « est indépendante de la tension de la source »(1). Il étudia également l'influence des causes perturbatrices extérieures, action de l'air, dérivations, etc. (2).



JEAN-MOTHÉE GAUGAIN, 1811-1880.

L'étude des lignes télégraphiques, jusque là quelque peu négligée, présentait d'ailleurs, à partir de cette époque, un intérêt de plus en plus pressant, au fur et à mesure que se perfectionnaient les appareils. Si l'on songe que l'on commençait à faire usage de lignes souterraines et sous-marines et que, d'autre part, on voyait apparaître des appareils de plus en plus rapides, fonctionnant pendant la période variable des courants, on devine les mille embûches qui guettaient, à chaque pas, les inventeurs : on se heurta, en effet, à une foule de phénomènes, qui avaient pu passer inaperçus avec les premiers systèmes, phénomènes encore insuffisamment étudiés, tels que ceux qui sont dûs à la capacité des lignes et à la self-induction des récepteurs; ces facteurs, à peine définis, n'avaient jamais été mesurés; aucune unité n'existait encore, qui permît de les évaluer avec assez d'exactitude et de se prémunir contre leurs effets

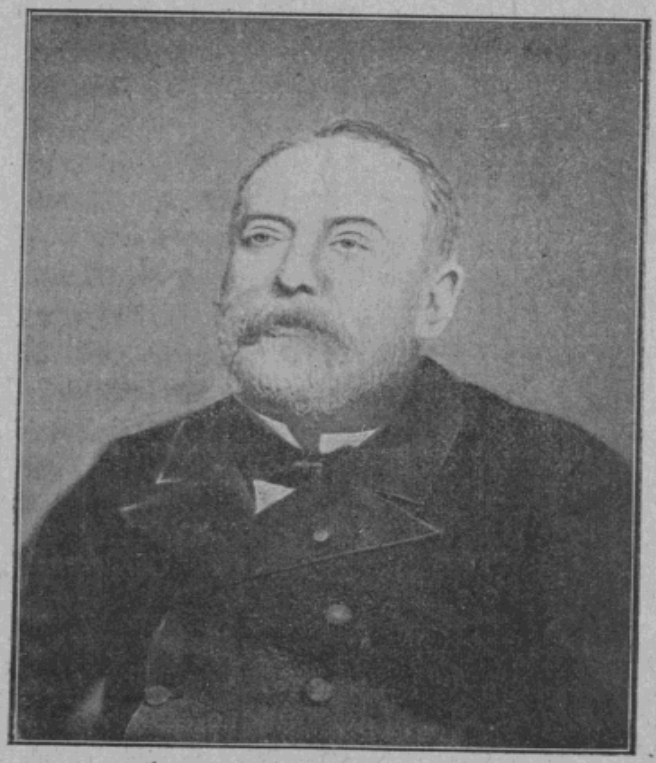
(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 février 1860.
(2) *Idem*, 10 décembre 1860.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

perturbateurs. On voit dans quel chaos inextricable les télégraphistes d'alors eurent à se débattre et à quelle somme énorme de recherches, de calculs et d'expériences ils durent se livrer pour arriver à étendre, puis à coordonner les connaissances qui ont conduit à l'état actuel.

Les savants de tous les pays entreprirent de débrouiller ce chaos et se livrèrent à une suite de travaux qui assurèrent l'essor de la télégraphie. C'est ainsi que William Thomson étudia tout spécialement la propagation des courants sur les câbles sous-marins ; ses expériences sur celui de la Hague, en 1854, l'amenèrent à formuler la loi suivant laquelle les émissions subissent un retard proportionnel au carré de la longueur du câble. Dans le même ouvrage, il donna des diagrammes montrant la forme théorique de la *courbe d'arrivée* d'une émission de courant à l'extrémité d'un long câble, et indiqua les conditions à remplir, au point de vue électrique, pour assurer le succès de l'exploitation des câbles de l'Atlantique (1).

En 1856, Fizeau et Gounelle étudièrent expérimentalement la propagation sur des lignes de différentes natures, aériennes ou souterraines ; ils firent usage d'un appareil enregistreur électro-chimique, qui sera décrit plus loin (v. p. 427) et qui montrait graphiquement les périodes de charge et de décharge encadrant le régime stable.



ÉDOUARD BLAVIER, 1826-1887.

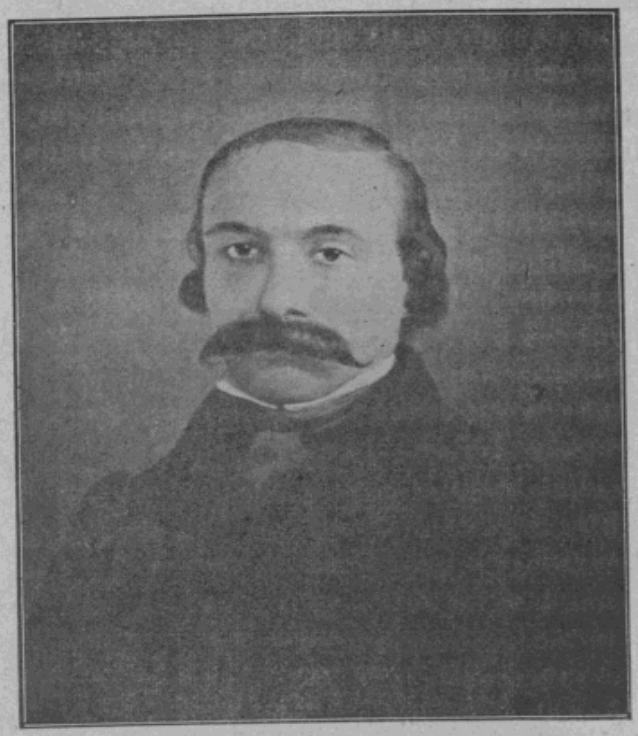
Blavier, dans son *Traité d'Electricité*, publié en 1857, résume l'état des connaissances électriques à cette date et donne une foule

(1) *The Telegraphic Journal and Electrical Review*, London, t. V, 1877, p. 2.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de points de vue personnels sur les théories alors admises. On trouve, dans le même ouvrage, des formules relatives à la recherche des dérangements, et, notamment, celle qui permet de localiser une perte à la terre par des essais faits uniquement à l'un des bouts de la ligne; cette formule fut précieuse, en particulier, dans la recherche des défauts sur les lignes sous-marines.

Dans une étude analytique, publiée en 1858, sur « les dérivations du courant le long des lignes télégraphiques » (1), Blavier donne les formules permettant de calculer l'isolement d'une ligne par unité de longueur; il indique l'intérêt pratique que présente la détermination de cet isolement pour les différents modes de suspension des fils et les divers états de l'atmosphère.



GOUNELLE, 1821-1864.

Dans leur *Théorie de la propagation de l'électricité* (2) Blavier et Gounelle, en 1859, entreprennent de rassembler et de compléter les travaux indiqués ci-dessus de Ohm (v. p. 34), ceux de Thomson (3), de Kirchhoff (4), de Siemens (5), etc.; ils étudient successivement la propagation linéaire, la propagation dans le plan, en donnant les équations des courbes d'égale tension et des courbes de flux dans une plaque illimitée, dans une plaque limitée par une courbe et enfin dans une plaque circulaire; la dernière partie traite de la propagation dans l'espace.

Guillemin se livra, de son côté, à de nouvelles recherches sur

(1) *Annales Télégraphiques*, 1858, p. 220.
(2) *Idem*, 1859, p. 218 et 381. — *Idem*, 1860, p. 26 et 133.
(3) *Philosophical Magazine*, 1853, p. 393.
(4) *Poggendorff Annalen*, t. C., 1857, p. 193. — *Idem*, t. CII, 1857, p. 529.
(5) *Idem*, t. CII, 1857, p. 66.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la propagation, et en publia les résultats en 1859 (1); il étudia, notamment, les conditions de la transmission des signaux sur les câbles sous-marins et l'influence de la nature et de l'épaisseur de l'isolant sur la condensation; il établit le rapport entre la charge que prend un conducteur de câble et celle qu'on observe sur un fil identique, nu dans l'air; enfin il constata que la charge électrique pénètre dans l'isolant et que, si l'on met ensuite le conducteur à la terre, on observe tout d'abord « une « décharge rapide, due à l'électricité restée à la surface du fil « et dans les couches immédiates de la gutta-percha; mais ce « torrent électrique est suivi d'une décharge très lente, prove- « nant de l'électricité qui a pénétré plus profondément dans l'en- « veloppe isolante ».

Gaugain, complétant les travaux mentionnés plus haut, fit, en 1860, d'intéressantes observations sur les condensateurs; sa conclusion est que « l'électricité se propage à travers les dié- « lectriques solides en suivant les mêmes lois que celles qui « régissent la transmission des courants à travers les corps con- « ducteurs ». Opérant sur les trois formes de condensateurs absolus, plans, sphériques et cylindriques, et, en particulier, sur ces derniers, il constata que « le pouvoir inductif suit la « même loi que la conductibilité, c'est-à-dire qu'en déplaçant « les cylindres, la charge varie en raison de la résistance com- « prise entre eux » (2). Ses conclusions confirmèrent celles précédemment formulées, en 1853, par William Thomson et, en 1855, par Werner Siemens, qui ont servi de base à la télégraphie sous-marine.

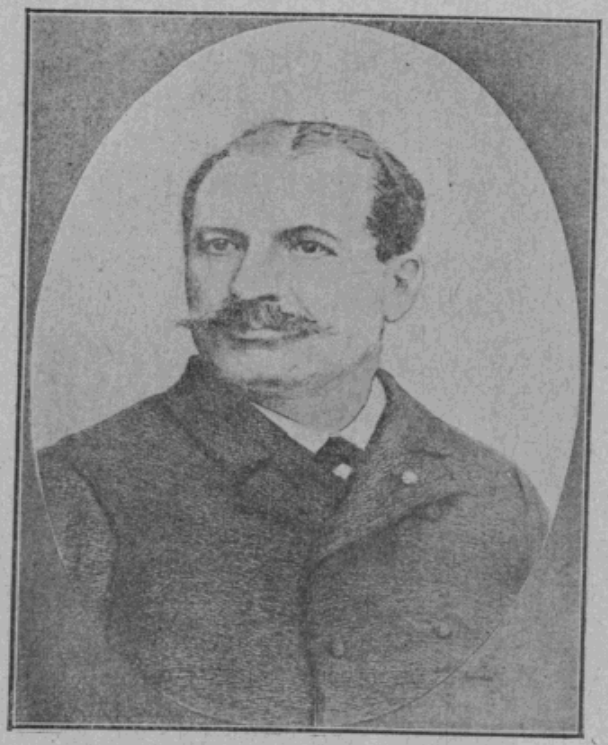
Gaugain produisit, en 1862, ses études sur la conductibilité électrique et la capacité inductive des corps isolants (3); il publia, en 1864, une théorie des condensateurs considérés dans l'état permanent et dans l'état variable des tensions (4); enfin, en 1866, il établit les lois de la décharge disruptive (5).

Blavier commença, en 1874, une remarquable série d'articles sur *Les grandeurs électriques et leur mesure en unités abso-*

(1) *Annales Télégraphiques*, 1863, p. 113.
(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 22 octobre et 10 décembre 1860, 28 janvier, 18 février, 29 avril, 17 juin et 30 septembre 1861.
(3) *Idem*, 19 mai et 8 septembre 1862, 20 avril et 1er juin 1863, 2 mai 1864.
(4) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 18 juillet, 31 octobre et 26 décembre 1864. — *Annales Télégraphiques*, 1865, p. 408 et 481.
(5) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 17 juillet et 4 novembre 1865, 29 janvier 1866. — *Annales de Chimie et de Physique*, mai et juin 1866.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lues (1). Vers 1883, il entreprit l'étude des courants telluriques et rédigea un mémoire résumant ses observations sur des fils souterrains du réseau français (2); ces observations portaient, soit sur des fils de longueurs semblables mais diversement dirigés, soit sur des artères de longueur différente et de parcours parallèle; il établit, par une suite de superpositions de courbes, la relation étroite qui existe entre les courants telluriques et les variations du magnétisme terrestre. Enfin, en 1885, il indiqua des méthodes pour mesurer la capacité de deux fils parallèles et celle d'un seul conducteur par rapport au sol.



FRANÇOIS-JULES RAYNAUD, 1843-1888.

On doit mentionner encore :

Les travaux de Raynaud, qui produisit, en 1874, des études sur les dérivations du courant le long des lignes électriques (3) et sur la relation entre la capacité électro-statique et la résistance d'isolement (4), sur l'énergie des systèmes électrisés et la théorie générale d'un système de conducteurs, telle qu'il la professait à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes (5). Une main criminelle l'arracha prématurément à la science (1888), alors qu'il venait de terminer une remarquable étude sur la propagation des courants et de donner les premières formules de la période variable.

Les recherches de Vaschy sur les galvanomètres, en 1879 (6);

(1) *Annales Télégraphiques*, 1874 à 1879 inclus.
(2) *Idem*, 1883, p. 625. — *Idem*, 1884, p. 155.
(3) *Idem*, 1874, p. 225. — *Idem*, 1875, p. 274.
(4) *Idem*, 1877. p. 33.
(5) *Idem*, 1880, p. 297.
(6) *Idem*, 1879, p. 122.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur l'influence de la résistance et de la capacité des lignes; ainsi que celles des phénomènes d'induction dans les transmissions télégraphiques et téléphoniques, en 1884 (1); sur la propagation des courants sur une ligne électrique (1887) où il complète la théorie de W. Thomson en faisant entrer dans ses calculs le facteur « self-induction » (2); toutes ces études successives sont reproduites et développées dans son *Traité d'électricité et de magnétisme* (1890). Puis sur les effets de la capacité et de la self-induction dans un circuit parcouru par des courants alternatifs, en 1891 (3); sur la capacité électrostatique des circuits télégraphiques et téléphoniques, en 1891 (4); sur la théorie des phénomènes électrostatiques et sur les propriétés électriques des conducteurs et diélectriques, en 1893 (5), etc., etc. C'est au cours de ces travaux que Vaschy a, le premier, indiqué l'amélioration qu'apporterait, dans les transmissions téléphoniques, l'augmentation de la self-induction des conducteurs; dès 1887, il enseignait cette théorie à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes (6); en collaboration avec M. Barbarat, il se livra à une série d'études et établit des formules fondamentales à l'appui de cette théorie (7). Les travaux d'Oliver Heaviside,



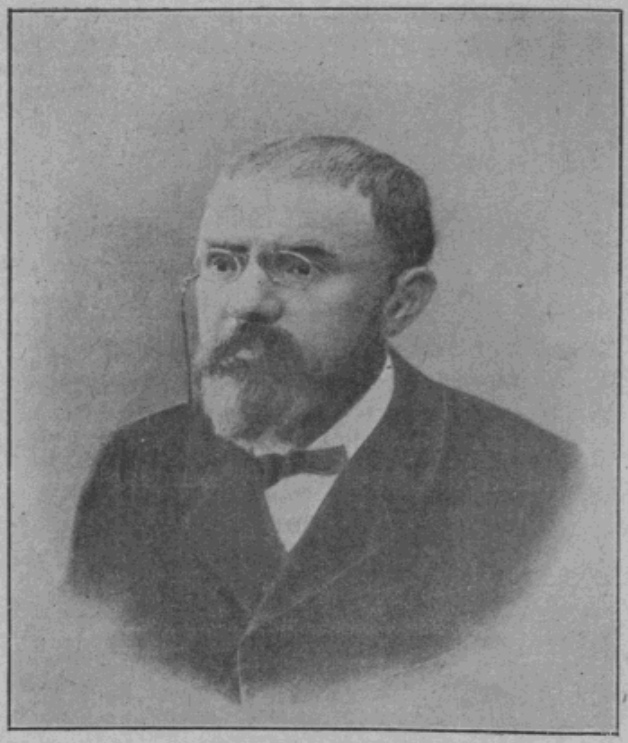
AIMÉ VASCHY, 1857-1899.

(1) *Annales Télégraphiques*, 1884, p. 24, 185 et 463.
(2) *Idem*, 1888, p. 481.
(3) *Idem*, 1891, p. 395.
(4) *Idem*, 1891, p. 522. — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 24 déc. 1894.
(5) *Annales Télégraphiques*, 1893, p. 205 et 285.
(6) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, 1916, p. 427.
(7) *Idem*, 1917, p. 165.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entrepris, dans le même temps, en Angleterre, avaient abouti aux mêmes résultats (1) ; l'auteur les a rassemblés et coordonnés dans un ouvrage publié plus tard (2). Les résultats pratiques obtenus dans cette voie, en 1899, par Pupin (3) et, en 1902, par Krarup (4) ont pleinement confirmé ces prévisions.

Enfin l'illustre mathématicien Henri Poincaré, dans de remarquables conférences faites à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, a retracé ceux de ses travaux qui se rapportent au sujet traité ici (5);



JULES-HENRI POINCARÉ, 1854-1912.

Etude de la propagation du courant en période variable sur une ligne munie d'un récepteur (1904). Partant des équations générales du champ électro-magnétique, il y examine, en particulier, les limites de validité de l'équation des télégraphistes ;

Leçons sur la théorie mathématique des appareils téléphoniques (1906) : on y trouve une formule qui donne la distribution des courants de Foucault dans un noyau cylindrique, et une étude de la distribution du champ magnétique à l'intérieur de la plaque ;

Conférences sur la télégraphie sans fil (1908), comprenant une étude de la diffraction des ondes le long de la courbure de la terre, la théorie de la syntonie et celle des oscillations entretenues (arc chantant) ;

(1) *The Electrician*, London, t. XIX, 1887, p. 80.
(2) O. HEAVISIDE, *Electromagnetic theory*, London, 1894.
(3) *Electrical World*, 1901, t. XXXVII, p. 440, t. XXXVIII, p. 587.
(4) *Journal Télégraphique*, Berne, 1905, p. 189.
(5) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, 1912, p. 89.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conférences sur diverses questions relatives à la télégraphie sans fil (1910) ; il emploie la méthode de Fredholm et donne une solution théorique complète du problème, très compliqué, qui consiste dans la détermination, *a priori*, de la longueur d'onde et de l'amortissement d'un excitateur de forme donnée ;

Dynamique de l'électron et principe de relativité (1912) (1).

***

Les travaux qui viennent d'être brièvement rappelés ont été continués sans relâche jusqu'à ce jour ; ce serait allonger démesurément cette notice, et soulever sans doute de délicates questions d'antériorité, que d'entreprendre l'analyse, même sommaire, des études de tous les savants français et étrangers qui y ont participé dans ces dernières années, notamment en ce qui concerne la propagation des courants sur les lignes télégraphiques et téléphoniques. Parmi ceux-ci, on peut citer, dans l'ordre alphabétique : Blondel, Breisig (F.), Cahen (L.), Campbell, Carty (J.J.), Devaux-Charbonnel), Fleming (J.A.), Gati (Béla), Heaviside (Oliver), Kennelly (A.E.), Kingsbury (J.E.), Larsen, Petritsch (E.F:), Pleijel (A.), Steinmetz (Ch.), Thompson (Silvanus), etc., etc. ; cette liste, quoique très incomplète, suffit pour donner une idée de la somme énorme de travail, qui, dans cette branche spéciale de la science, a marqué la fin du siècle dernier et le commencement de celui-ci. Tous ces travaux ont abouti à l'établissement de méthodes et de formules permettant, non seulement de mesurer avec exactitude les différentes caractéristiques des conducteurs, mais encore de localiser, avec rapidité et précision, les défauts dont ils peuvent être atteints, pertes, mélanges, etc. ; des dispositifs anti-telluriques garantissent l'exploitation télégraphique contre des perturbations restées longtemps incoercibles ; en un mot, une connaissance complète de tous les phénomènes, permanents ou accidentels, dont les lignes sont le siège, a permis l'adaptation des appareils les plus rapides, et même l'emploi de l'appareil Baudot sur les câbles sous-marins (v. p. 291).

D'autre part, on a établi de façon précise les lois de la propagation des courants téléphoniques, celles de l'*affaiblissement*,

(1) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, mars 1913, supplément au n° 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la *déformation* et des *pertes par réflexion* dans les lignes hétérogènes ; on a multiplié l'emploi de *systèmes amplificateurs* de plus en plus perfectionnés; on est parvenu, grâce à toutes ces connaissances acquises, à réaliser des réseaux souterrains à grande distance, avec circuits combinés, et l'on entrevoit déjà le jour où les câbles téléphoniques sous-marins entreront, à leur tour, dans le domaine de la pratique courante.

Tel est le splendide bilan d'un siècle d'études, de recherches et de patientes expériences.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SYSTÈMES TÉLÉGRAPHIQUES

Les premières tentatives de télégraphie électrique semblent remonter à l'année 1750. Les systèmes successivement essayés utilisaient les quelques manifestations de l'électricité statique, attractions, répulsions, etc.; on peut citer celui de Lesage qui, en 1774, installa à Genève une communication télégraphique à l'aide de 24 fils, isolés dans des tubes de verre et enfouis en terre; chaque fil aboutissait à un électroscope marqué d'une lettre, et la transmission consistait à provoquer une décharge dans celui des conducteurs correspondant à la lettre à désigner. Les résultats de cette entreprise, comme ceux obtenus précédemment par Lomond, en 1737, puis par Chappe, vers 1790 (v. p. 6), par Reiser, en 1794, par Bétancourt, en 1798, étaient médiocres, et c'est seulement après l'invention de la pile (1800) qu'on a pu envisager l'utilisation pratique de l'électricité pour la télégraphie. On doit toutefois mentionner le système de Francis Ronalds (1816), qui, comme les précédents, faisait usage de l'électricité statique, mais utilisait, comme Chappe en 1790, la division du temps, ce qui lui permettait de n'employer qu'un seul conducteur : grâce à un synchronisme établi, à l'aide de chronomètres, entre le transmetteur et le récepteur, l'un et l'autre montraient les diverses lettres à intervalles réguliers, dans une fenêtre agencée à cet effet; on lançait la décharge au moment du passage de celle qu'on voulait transmettre et l'apparition, à l'arrivée de cette même lettre, au moment où se produisait le signal, donnait la traduction de celui-ci.

Aussitôt après la découverte de la pile, on chercha à mettre à profit les propriétés alors connues des courants et, en premier lieu, l'électrolyse, comme dans les systèmes de Coxe (1810) et de Soemmering (1811) : l'appareil de ce dernier comprenait un clavier de 27 touches et un nombre égal de circuits aboutissant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à autant de voltamètres, chacun de ceux-ci affecté, comme les touches du clavier, à une lettre de l'alphabet. Les bulles de gaz, qui se dégageaient dans l'un ou dans l'autre, désignaient les signaux transmis (1).

Schweigger, en 1815, proposa de simplifier ce système en utilisant seulement deux circuits et deux voltamètres, et en faisant varier la durée des émissions, le nombre de secondes indiquant le numéro de la lettre transmise dans chacune des moitiés de l'alphabet; un peu plus tard, il employa le même mode de différenciation avec un seul voltamètre, en inversant le courant, de manière à faire sortir les bulles d'hydrogène par l'une ou l'autre des deux électrodes.

On peut encore mentionner, à titre de curiosité, le *télégraphe physiologique* de Vorsselmann, expérimenté à Deventer, en 1839 : il se composait d'un clavier de 10 paires de touches métalliques, à l'aide desquelles on pouvait envoyer des courants, séparément ou simultanément, sur 10 conducteurs reliant les deux postes. A l'arrivée, le télégraphiste posait ses doigts nus sur les touches, et ressentait une légère commotion au moment où arrivait un courant; suivant que cette impression était perçue dans un doigt de la main droite, ou dans un de la main gauche, ou encore dans deux doigts de la même main, on avait des signaux différents, qui permettaient de transmettre les 25 lettres, les 10 chiffres et 10 signes divers (2).

On employa ensuite, au fur et à mesure des découvertes :

Les télégraphes à aiguilles aimantées ;
Les télégraphes à cadran ;
Les télégraphes du genre Morse ;
Les télégraphes à transmission automatique ;
Les télégraphes imprimeurs ;
Les télégraphes autographiques ;
Les télégraphes multiples.

* * *

Les premières lignes télégraphiques, sur lesquelles on put effectuer un service normal, furent posées en Angleterre à partir de 1837; puis vinrent successivement :

(1) Abbé Moigno, *Traité de télégraphie électrique*, Paris, 1852, p. 63.
(2) *Idem*, p. 90.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Prusse rhénane, en 1843, avec une petite ligne près d'Aix-la-Chapelle,

La France qui, en 1844, envisageant la disparition du télégraphe aérien de Chappe, entreprit la construction d'une ligne électrique entre Paris et Rouen.

La Russie, en 1844, entre Saint-Pétersbourg et Tzarskoié-Sélo.

L'Autriche, en 1846, entre Wien et Brunn,
La Prusse, en 1846, entre Berlin et Potsdam,
La Bavière, en 1846, entre Munich et Naunhofen,
Le Wurtemberg, en 1846, près de Stuttgart,
La Belgique, en 1846, entre Bruxelles et Anvers,
La Hollande et la Toscane, en 1847,
Le Duché de Bade, en 1847, entre Karlsruhe et Durlach,
La Saxe, en 1850, entre Dresde et Leipzig,
La Sardaigne, en 1851, entre Turin et Gênes,
Le royaume de Naples et la Suisse, en 1852,
La Suède, en 1853,
L'Espagne, en 1854,
La Norvège et les Etats Pontificaux, en 1855,
Le Portugal, en 1857.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

III

APPAREILS A AIGUILLES AIMANTÉES

Dès l'année 1820, Ampère, dans un mémoire résumant ses premiers travaux (v. p. 26) indiquait la possibilité de faire mouvoir, à grande distance, des aiguilles aimantées, et d'en faire la base d'un système télégraphique (1). Mais la France disposait, à ce moment, d'un réseau déjà étendu, exploité à l'aide des appareils de Claude Chappe, et Ampère ne donna pas corps à son idée. D'autres la reprirent et employèrent, tout d'abord, autant de circuits et d'aiguilles qu'ils voulaient transmettre de signaux, soit, pour l'alphabet de 25 lettres, 50 fils de ligne; plus tard, on réduisit ce nombre à 26, en n'employant qu'un seul conducteur pour le retour à la pile.

Ce nombre était encore beaucoup trop élevé pour que la télégraphie électrique pût sortir du domaine du laboratoire; les savants s'efforcèrent de le réduire en employant des codes formés par la combinaison de signaux, émis simultanément ou successivement, et c'est ainsi qu'on arriva progressivement à réaliser des communications unifilaires.

En 1832, Schilling imagina un système à 6 aiguilles, placées horizontalement, suspendues chacune par un fil de cuivre et munies d'un amortisseur; chaque fil de suspension portait un petit disque de papier, blanc d'un côté et noir sur la face opposée : l'une ou l'autre couleur apparaissait suivant le sens de la déviation; on obtenait ainsi des combinaisons en nombre suffisant pour l'échange de correspondances. Huit fils étaient nécessaires, six pour les aiguilles indicatrices, un pour l'appel et un pour le retour; ces conducteurs étaient rattachés chacun à deux touches d'un clavier, permettant d'envoyer le courant dans un sens ou dans l'autre.

En 1837, Cooke et Wheatstone réalisèrent un appareil à

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XV, 1820, p. 72.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5 aiguilles, utilisant 6 fils, dont un pour le retour; l'essai, couronné de succès, eut lieu le 12 juillet, sur une ligne de deux kilomètres, entre Euston et Camden.

Le nombre des aiguilles fut réduit à 4, en 1838, puis à 3, par les frères Highton ; ensuite à 2, en 1842, par Cooke et Wheatstone, et enfin à une seule, par Bain, en 1843. Ce dernier système, relativement peu employé en Angleterre, fut introduit en Autriche, en 1846 ; divers inventeurs le perfectionnèrent, notamment Ekling, qui imagina de rendre audibles les signaux reçus, en faisant frapper l'aiguille sur l'un ou l'autre de deux timbres, rendant des sons différents. D'autres systèmes à une seule aiguille furent produits par Cooke et Wheatstone (1846). Holmes (1848), Clarke (1851), Samuel Varley (1866), etc.

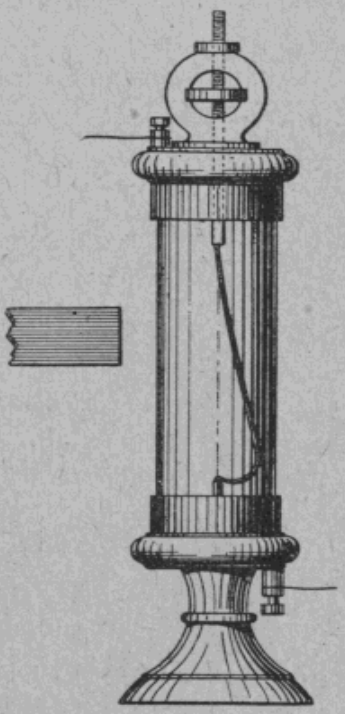


Fig. 6. — Récepteur de Highton 1846.

Entre temps, en 1837, Steinheil, répétant des expériences faites, en 1834, par Gauss et Weber, construisit un télégraphe à un seul circuit, agissant sur deux barreaux aimantés : à l'extrémité de ceux-ci se trouvait une plume chargée d'encre ; lorsqu'un courant d'un certain sens traversait le cadre, l'un des barreaux était dévié et laissait la trace du signal sur une bande de papier entraînée par un mouvement d'horlogerie.

Enfin Steinheil ayant découvert, en 1838, la possibilité de remplacer le *fil de retour* par la terre, les communications télégraphiques purent, à partir de cette époque, s'échanger à l'aide d'un seul conducteur.

Pour terminer ce rapide exposé, il convient de mentionner un système imaginé par Henry Highton, en 1846, et qui, bien que n'étant pas à aiguille aimantée, utilisait le même genre de signaux que le télégraphe à une seule aiguille ; il était basé sur l'action réciproque d'un courant et d'un aimant. Il se composait d'un tube de verre (fig. 6), fermé à ses deux extrémités par des capsules métalliques, munies chacune d'une borne ; à l'intérieur du tube, les capsules étaient réunies par une feuille d'or, un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peu plus longue que l'intervalle entre ses deux points d'attache; l'écartement de ceux-ci pouvait d'ailleurs être réglé à l'aide d'une vis placée à la partie supérieure. Un aimant permanent présentait l'un de ses pôles vis-à-vis de la partie médiane du tube. L'instrument étant inséré dans le circuit d'une ligne, lorsqu'arrivait un courant, l'action de l'aimant sur le champ, créé autour de la feuille d'or, faisait infléchir celle-ci dans un sens ou dans l'autre, suivant la direction de ce courant. On avait ainsi des signaux équivalents aux déviations d'une aiguille aimantée.

Appareil à deux aiguilles aimantées, de Cooke et Wheatstone (1842). — Les aiguilles indicatrices, placées verticalement sur le devant de l'appareil (fig. 7) sont commandées par des barreaux aimantés, mobiles à l'intérieur de cadres galvanométriques placés à l'intérieur de la boîte ; à la

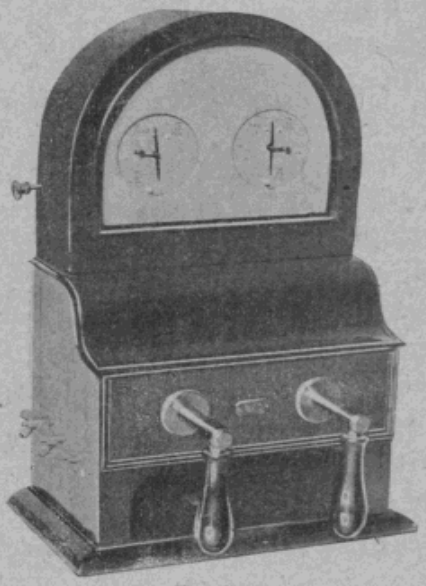


Fig. 7.

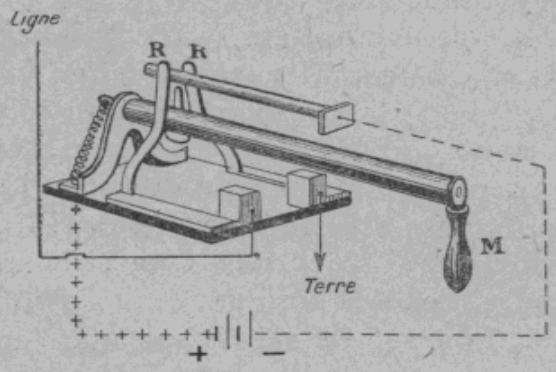


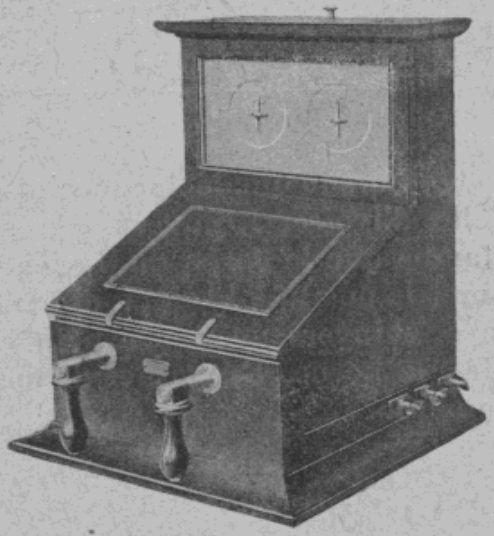
Fig. 8.

partie inférieure se trouvent les deux poignées actionnant les manipulateurs. Chacun de ceux-ci se compose d'un axe, qu'on déplace à l'aide de la poignée ou manette, M (fig. 8), mobile entre deux ressorts, R; l'un de ces ressorts est relié à la ligne et l'autre à la terre; à l'état de repos, ils s'appuient tous deux sur une butée communiquant avec le pôle négatif de la pile; le pôle positif, amené à l'axe, est isolé : on est dans la position de réception. Lorsqu'on déplace la poignée à droite, par exemple, une goupille, portée par l'axe, vient écarter le ressort de gauche et met le pôle positif à la ligne; dans la position inverse, ce dernier pôle est relié à la terre et le négatif à la ligne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareil à deux aiguilles aimantées, de Bréguet (1846). Les cadres galvanométriques du précédent sont ici remplacés par de forts électro-aimants. Les manipulateurs sont montés de même en inverseurs et, dans la position de repos, relient les lignes aux récepteurs.

Appareil à deux aiguilles aimantées, de Pering (1850) (fig. 9). — Comme dans celui de Bréguet, les aiguilles sont commandées par des électro-aimants. Chaque inverseur se compose de deux ressorts, reliés respectivement à la ligne et au récepteur; à l'état de repos, ils sont réunis par une barre métallique; l'axe de la poignée est traversé par une tige terminée, à sa partie



BIBLIOTHÈQUE DES ARTS ET MÉTIERS CONSERVATOIRE

Fig. 9.

inférieure, par un galet en ivoire; l'axe et la tige communiquent électriquement entre eux. Lorsqu'on déplace la poignée, si l'on amène, par exemple, la tige sur sa butée de gauche, le galet en ivoire écarte le ressort de droite: on transmet alors le positif et inversement.

Appareil à aiguille aimantée, d'après Bain (1851). — Destiné à fonctionner avec un seul fil. Le récepteur se compose de deux petits électro-aimants se faisant face et montés en série; entre les noyaux pivote une aiguille aimantée. Le manipulateur consiste en un levier, L (fig. 10), et quatre plots; sur les deux d'avant, *l* et *t*, s'appuient les ressorts, R, communiquant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec l'entrée et la sortie des bobines; ces plots sont en relation, respectivement, avec la ligne et la terre. Deux autres plots, placés à l'arrière, à droite et à gauche des ressorts, sont réunis entre eux et au pôle négatif de la pile; enfin, le pôle positif est

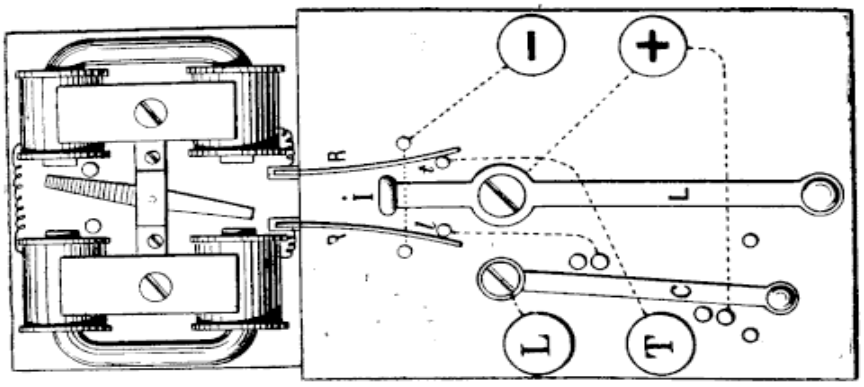


Fig. 10.

amené au levier, L. Lorsqu'on déplace celui-ci à droite, par exemple, la rondelle d'ivoire, I, pousse le ressort de gauche contre sa butée, tandis que le corps du levier vient s'appuyer sur le plot *l*; on met le positif à la ligne et le négatif à la terre à travers les bobines, et inversement. Un petit commutateur, C, dont l'axe est relié à la borne, L, permet de mettre la ligne sur appareil ou sur sonnerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

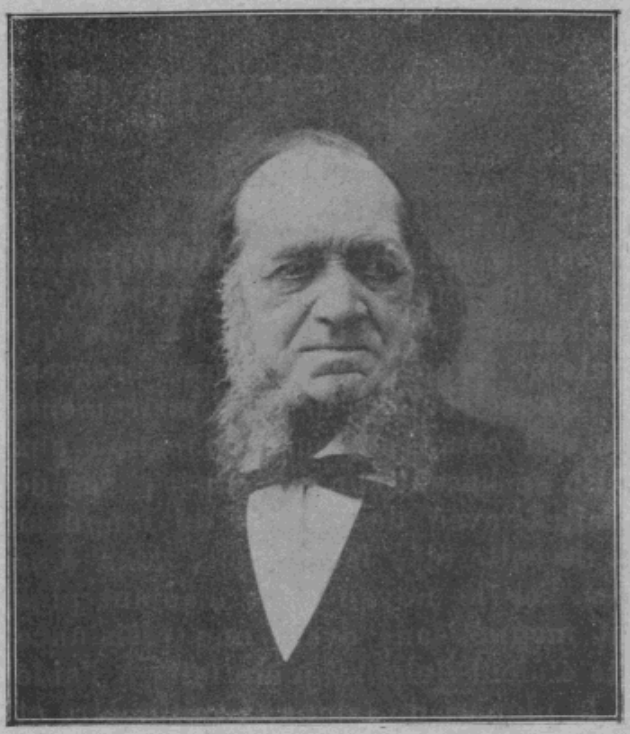
IV

TÉLÉGRAPHES ÉLECTRIQUES A SIGNAUX CHAPPE DITS APPAREILS FRANÇAIS

Arago découvrit, en 1820, le principe de l'électro-aimant (v. p. 28). La voie nouvelle, ainsi ouverte à la télégraphie, ne fut cependant pas immédiatement suivie : en effet, les lois qui régissent les électro-aimants ne furent étudiées que progressivement, et, au début, la construction de ces instruments laissa fort à désirer, en ce qui concerne leur application aux appareils télégraphiques. En se basant sur des expériences de laboratoire, c'est-à-dire faites avec des lignes de longueur négligeable, on était parti de cette idée fausse que, *dans tous les cas*, l'action des spires sur le noyau était d'autant plus énergique que le circuit magnétisant avait une résistance moindre : les enroulements étaient donc toujours faits à l'aide de gros fil, qui dépassait, la plupart du temps, 1 millimètre et demi et, par suite, avec un nombre restreint de spires; il s'ensuivait qu'au bout de lignes assez longues, généralement mal isolées, les actions obtenues étaient faibles. On en avait conclu que « *l'électro-aimant n'était pas susceptible de fonctionner à de grandes distances de la pile* ». C'est ce qui explique que, bien après la découverte d'Arago, on ne trouve, dans l'outillage télégraphique, que des appareils à aiguilles aimantées ou électro-chimiques, et aussi que, pendant assez longtemps encore, les systèmes à électro-aimant ne fonctionnèrent que par l'intermédiaire d'un relais (v. p. 388). C'est seulement en 1837 que l'on vit les premières applications de l'électro-aimant; en 1840, Wheatstone brevetait son appareil à cadran alphabétique, dans lequel les mouvements de l'aiguille indicatrice étaient commandés par un électro-aimant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jusqu'à cette époque, la France avait fait un usage exclusif du télégraphe de Claude Chappe (v. p. 6) ; cependant, M. Foy, Directeur de l'Administration Française, ayant entrepris le voyage d'Angleterre, pour étudier l'organisation de la télégraphie dans ce pays, fut frappé des résultats obtenus par divers inventeurs et, notamment, par Wheatstone; il rentra en France avec la conviction que l'avenir était à la télégraphie électrique et entreprit sans tarder de la substituer progressivement à l'ancien système. Toutefois, afin de ménager la transition et de permettre l'utilisation du personnel existant, il imagina, en collaboration avec Bréguet, un appareil enregistrant des signaux du code Chappe. Ce système, dit « français », avait le double inconvénient d'être relativement lent et de nécessiter deux fils de ligne pour une seule transmission; il ne fonctionna que pendant quelques années, et céda bientôt définitivement le pas au cadran alphabétique, puis à l'appareil Morse.



LOUIS BRÉGUET, 1803-1883.

Appareil français à deux indicateurs, de Foy et Bréguet (1844). — Les signaux Chappe sont enregistrés à l'aide de deux aiguilles mobiles, correspondant aux deux indicateurs du télégraphe aérien (fig. 11); le régulateur est supprimé, ce qui réduit le nombre des signaux à $8 \times 8 = 64$, nombre largement suffisant pour transmettre les lettres de l'alphabet, les chiffres, signes de ponctuation, etc...

Chacune des deux aiguilles est montée sur l'axe d'une roue d'échappement, faisant partie d'un mouvement d'horlogerie qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lui est spécial; cette roue est immobilisée par une ancre, solidaire de l'armature d'un électro-aimant : dès que celle-ci est attirée, l'échappement se produit et la roue avance de 1/8 de

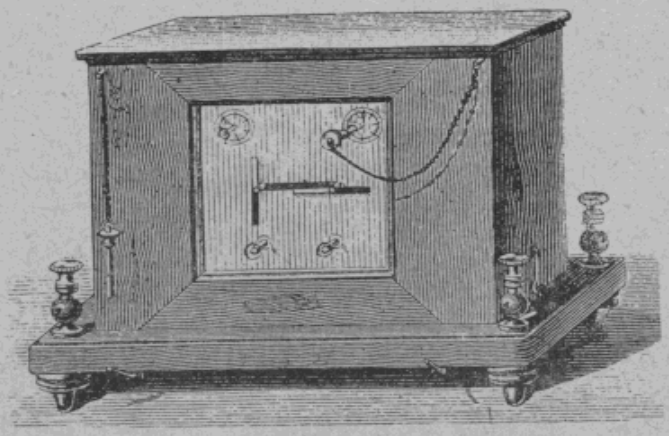


Fig. 11.

tour ; l'indicateur tourne ainsi de 45° ; lorsque l'armature revient au repos, un nouvel échappement se produit, et ainsi de suite, de telle sorte qu'après 4 émissions, séparées par un nombre égal d'interruptions, l'aiguille a accompli une révolution complète.

L'appareil renferme donc deux mouvements d'horlogerie indépendants et deux électro-aimants, reliés chacun à un fil de ligne, avec retour par la terre.

Le manipulateur comprend une manivelle qu'on peut placer dans l'une quelconque de huit encoches, pratiquées sur le pourtour du cylindre qui la supporte, et situées à 45° les unes des autres (fig. 12). La base postérieure du cylindre est entaillée d'une raînure quadrangulaire, dont les angles sont arrondis; dans cette raînure peut glisser un galet, solidaire du levier de transmission. Lorsque le galet est arrêté sur un sommet, ce levier, relié à la ligne, s'appuie sur la butée de pile ; dans la position intermédiaire, c'est-à-dire, quand la manivelle est horizontale ou verticale, il revient sur sa butée de repos, qui communique avec

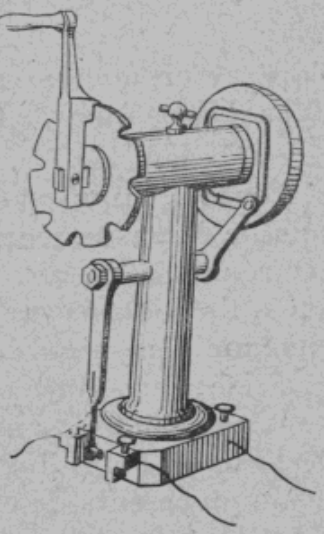


Fig. 12.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le récepteur : un tour de manivelle donne donc lieu à quatre émissions de courant, séparées par quatre intervalles; il en résulte, au poste correspondant, huit impulsions données à l'indicateur, qui effectue ainsi une révolution complète. La figure 13 montre un poste complet, composé de deux manipulateurs et d'un récepteur, semblables à ceux qui viennent d'être décrits;

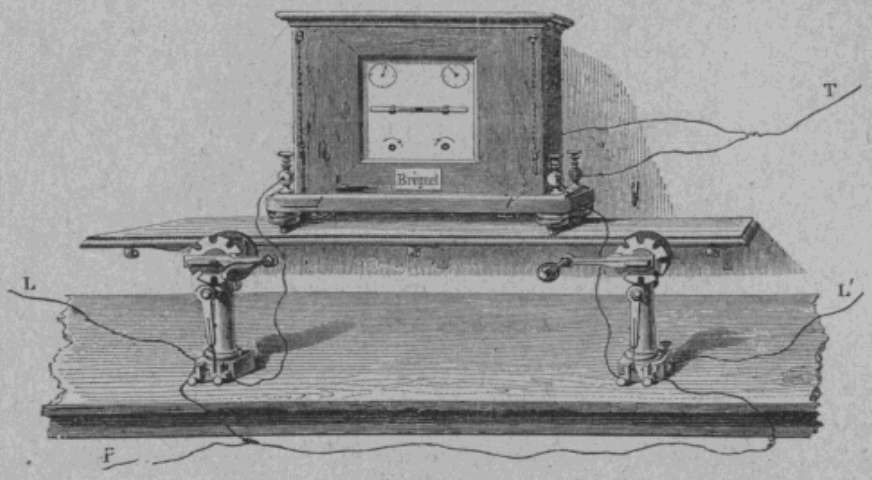


Fig. 13. — Poste français (1844).

l'opérateur, manœuvrait simultanément les deux poignées, comme dans le système de Chappe.

Poste français, de Pouget-Maisonneuve (1850). — L'ensemble du poste, récepteur, manipulateurs et organes accessoires, est réuni en un petit meuble portatif (fig. 14). Le récepteur, à deux fils de ligne, ne comporte pas de mouvement d'horlogerie; chacune des aiguilles est commandée par un électro-aimant polarisé; l'armature est munie d'une goupille en acier, engagée dans une raînure sinueuse, pratiquée dans un manchon solidaire de l'axe de l'aiguille correspondante : la goupille, suivant tous les mouvements de l'armature, fait tourner le manchon en glissant dans la raînure, et l'indicateur tourne, à chaque fois, de 45°. Les courants des lignes sont reçus dans des relais, qui actionnent chacun un électro-aimant.

Les deux manipulateurs sont placés à droite et à gauche du meuble; chaque manivelle actionne un inverseur de pile, constitué par un disque quadrangulaire, en ivoire (fig. 15), aux angles arrondis, qui commande deux leviers; ceux-ci, pendant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

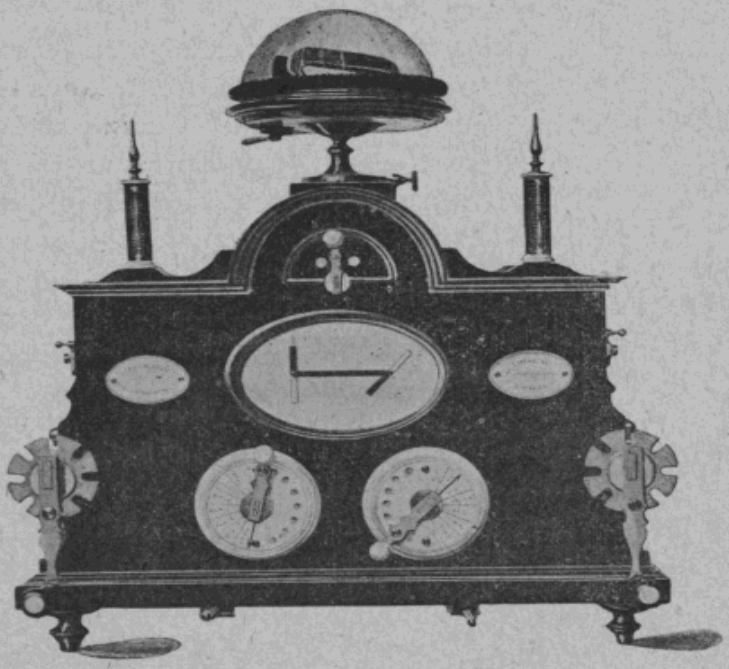


Fig. 14. — Poste français complet (1850).

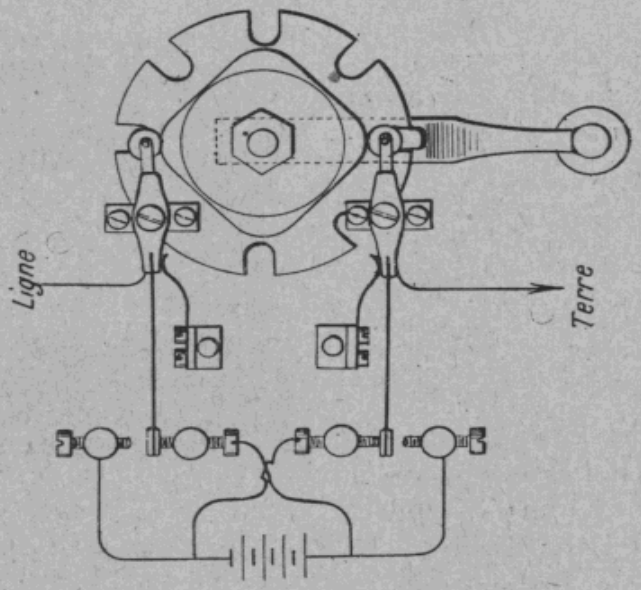


Fig. 15.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le mouvement, relient alternativement la ligne, la pile et la terre, en positif ou en négatif.

L'installation est complétée par : deux paratonnerres à peigne et à fil préservateur fusible, placés de chaque côté ; — un galvanoscope horizontal, à la partie supérieure ; — un commutateur à trois directions, destiné à intercaler le galvanoscope dans l'un ou l'autre des circuits ou encore à le laisser isolé ; — un second commutateur, pour donner éventuellement la communication directe à un autre poste ; — enfin un troisième commutateur à cinq directions, permettant d'intervertir les lignes, de les boucler, de les mettre à la terre, d'intercaler ou d'éliminer les paratonnerres.

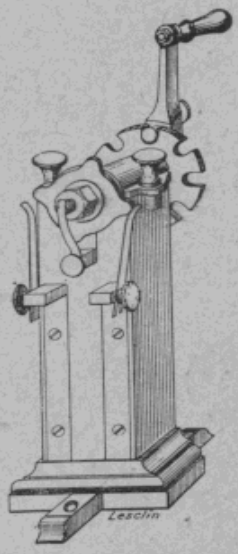
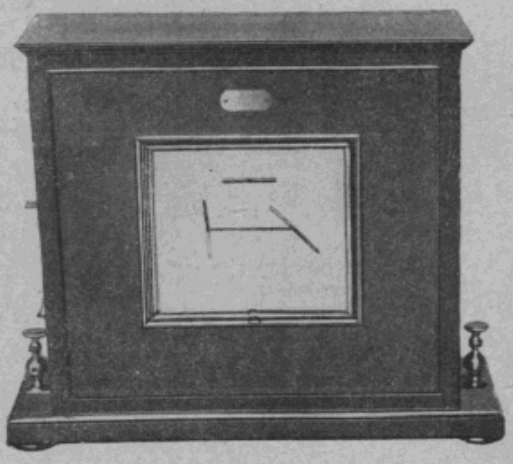


Fig. 16.

Lorsque la transmission a lieu à simple courant, la manivelle entraîne un disque en acier, placé sur la face opposée et armé de quatre cames (fig. 16) ; ce disque tourne ainsi en face de deux ressorts communiquant, l'un avec la pile, l'autre avec le récepteur, tandis que le disque est relié à la ligne. Les cames, rencontrant les ressorts, les font fléchir alternativement, de sorte que, lorsque l'on fait exécuter à la manivelle un tour entier, on obtient, comme avec celui de Bréguet, quatre émissions séparées par autant d'intervalles.


Fig. 17.

Appareil français à trois indicateurs et un seul fil de ligne (1850). — La troisième aiguille correspond au régulateur du code Chappe (fig. 17) : l'appareil permet donc d'échanger 196 signaux comme avec ce dernier système ; il comprend un seul mouvement d'horlogerie, avec deux électro-aimants et un seul fil de ligne. Le premier électro-aimant, non polarisé, commande l'indicateur de droite, dans les mêmes conditions que les précédents ; celui-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ci, lorsqu'il accomplit une révolution complète enclanche l'indicateur de gauche et le déplace de 45° : un tour entier de ce dernier correspond donc à huit du premier.

Le second électro-aimant, polarisé, commande le « régulateur » et suivant le sens du courant reçu, le fait dévier à droite ou à gauche. Ce système offrait sur les précédents l'avantage de ne nécessiter qu'un seul fil de ligne, mais la transmission était assez lente.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

V

APPAREILS A CADRAN ALPHABÉTIQUE

Le principe de l'appareil à cadran fut indiqué, en 1836, par Cooke, dont le système consistait essentiellement en un mécanisme d'horlogerie, régularisé par un échappement à balancier; à chaque demi-oscillation de ce dernier, une aiguille indicatrice, montée sur la roue d'échappement, se déplaçait par bonds successifs sur un cadran, dont le pourtour portait les différentes lettres de l'alphabet. L'axe, autour duquel pivotait l'ancre d'échappement, portait un bras de levier, à chaque extrémité duquel était fixée une armature en fer doux, qui venait périodiquement se placer devant les noyaux d'un électro-aimant; les deux paires de bobines étant montées en série, lorsqu'on les faisait parcourir par un courant, on déterminait le collage de celle des deux armatures qui se trouvait le plus près de son électro-aimant, et on immobilisait le balancier. Les deux appareils étant partis en même temps d'un point de repère déterminé, on laissait osciller librement les deux balanciers, réglés convenablement pour obtenir un synchronisme relatif, puis on envoyait un courant d'une certaine durée au moment où les aiguilles des deux postes arrivaient sur la division renfermant la lettre à transmettre; celle-ci se trouvait ainsi désignée; l'interruption du courant libérait les balanciers et les aiguilles se remettaient à tourner jusqu'à nouvel arrêt.

Le système de Cooke était peu pratique, notamment à cause de la lenteur de la transmission. Wheatstone entreprit de le perfectionner et construisit, en 1839, un appareil comprenant un mouvement d'horlogerie, commandé par un échappement, mais sans balancier; l'ancre était munie, comme précédemment, de deux armatures de fer doux, mobiles devant deux électro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aimants; on envoyait alternativement un courant dans chacun de ceux-ci et l'ancre se déplaçait avec une vitesse égale à celle qu'on donnait à la succession des courants; comme dans l'appareil de Cooke, une aiguille tournait sur un cadran; trois fils, dont un pour le retour, étaient nécessaires pour une communication effectuée à l'aide de ce système.

L'année suivante (1840), Wheatstone simplifia son appareil en n'employant plus que deux fils avec un seul électro-aimant : celui-ci était agencé de telle sorte que l'aiguille avançait d'une division lors de l'attraction de l'armature et d'une autre quand cette dernière revenait au repos. La même année, Wheatstone et Cooke imaginèrent un nouveau type d'appareil à cadran, dans lequel tout mouvement d'horlogerie était supprimé, les déplacements de l'aiguille étant commandés directement par les mouvements de l'armature de l'électro-aimant; toutefois, deux fils de ligne étaient nécessaires, le retour par la terre n'étant pas encore employé à cette époque.

Une foule d'inventeurs entreprirent de modifier ou de perfectionner le système de Wheatstone et Cooke; dans tous les types successivement mis au jour, on retrouve invariablement un disque ou cadran, sur le pourtour duquel sont marqués les signaux (lettres, chiffres, signes de ponctuation, etc.); au centre de ce cadran se trouve une aiguille indicatrice, susceptible de se mouvoir sous l'action d'un électro-aimant agissant, soit directement, soit sur l'échappement d'un mouvement d'horlogerie. A l'état de repos, l'aiguille est amenée sur une division marquée généralement d'une croix, et qui sert de point de repère. Pour transmettre un signal, il suffit d'envoyer sur la ligne un nombre d'émissions de courant en rapport avec la position de ce signal sur le cadran, en partant de la division de repère : l'aiguille avance par bonds successifs, puis s'arrête sur la division choisie, désignant ainsi la lettre ou le signe transmis par le poste émetteur.

Le manipulateur, dans la plupart des cas, consiste en un plateau horizontal, divisé de façon identique au cadran récepteur, et au centre duquel est placée une manette; celle-ci occupe, au repos, tout comme l'aiguille indicatrice, la position de repère (division marquée d'une croix). On fait tourner cette manette, puis on l'arrête sur la division choisie : il en résulte l'envoi sur la ligne d'un nombre d'émissions qui dépend de l'angle décrit;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'aiguille réceptrice parcourt le même angle, puis s'arrête, comme il vient d'être dit.

Si, au cours d'une transmission, un désaccord vient à se produire entre le manipulateur et le récepteur, on ramène les deux instruments à la croix, pour reprendre ensuite la correspondance; à cet effet, les récepteurs sont munis d'un dispositif appelé *rappel à la croix*, qui permet de déplacer l'aiguille sans le concours du manipulateur et de l'amener sur la division de repère.

Parmi les systèmes pratiquement utilisés après celui de Cooke et Wheatstone, on peut citer celui de Fardely, qui en diffère d'ailleurs peu, mais qui semble être le premier dans lequel la terre ait été utilisée comme conducteur du retour à la pile; il fut employé, en 1844, sur la ligne de chemin de fer du Taunus.

Vers la fin de 1844, Bréguet construisit un appareil à cadran, dans lequel l'armature actionnait un échappement analogue à celui qu'il avait précédemment adopté pour ses appareils dits « français » (v. p. 58).

Dans le but de régulariser la transmission, Froment remplaça, en 1845, le manipulateur de Bréguet par un clavier qui transmettait automatiquement les émissions (v. p. 68).

Tous ces systèmes fonctionnaient à l'aide de piles. En 1846, Stohrer construisit le premier appareil à transmetteur électromagnétique : un mouvement d'horlogerie, mu par un poids, faisant tourner, devant les pôles d'un aimant permanent, deux grosses bobines reliées à la ligne; les courants d'induction, ainsi engendrés, traversaient, dans les deux postes, un électro-aimant polarisé, et les mouvements de va-et-vient qu'ils imprimaient à l'armature déterminaient la rotation de l'aiguille sur le cadran. Lorsqu'on voulait transmettre une lettre, on plaçait, dans la division correspondante, un index monté librement sur l'axe de l'aiguille; dès que celle-ci venait à le rencontrer, elle poussait un ressort qui rompait le circuit : les aiguilles des deux postes se trouvaient arrêtées et ne reprenaient leur marche que lorsqu'on retirait l'index pour l'amener dans une autre division.

La même année, Siemens imagina un premier système dans lequel les mouvements de l'aiguille étaient provoqués par des courants rendus intermittents à l'aide d'une sorte de trembleur; cet appareil est décrit plus loin (v. p. 69).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Puis vinrent une foule d'autres systèmes, parmi lesquels les appareils électro-magnétiques de Siemens en 1857 (v. p. 73) et de Wheatstone en 1858 (v. p. 74).

Les appareils à cadran furent peu à peu supplantés par celui de Morse, puis par les systèmes imprimeurs ; on n'en retrouve plus guère, actuellement, que sur les lignes secondaires de chemins de fer : la simplicité de leur manœuvre constitue là un avantage appréciable, en ce qu'ils peuvent être desservis par un personnel quelconque, pour ainsi dire sans initiation préalable.

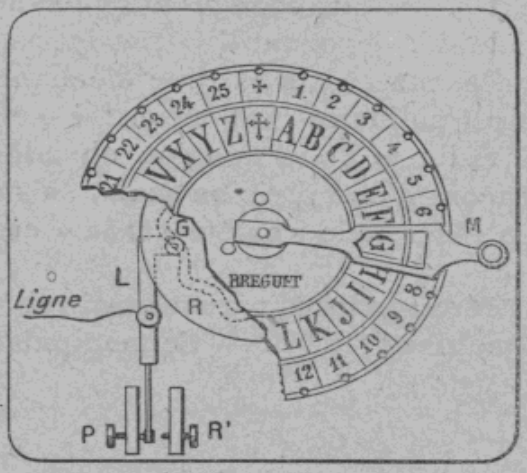


Fig. 18.

∴

Appareil à cadran, de Bréguet (1844). — Le disque manipulateur au centre duquel est articulée la manivelle, M (fig. 18) est divisé en 26 parties, repérées chacune par un trou, dans lequel peut venir s'engager une goupille portée par la manivelle 25 de ces divisions portent gravés deux signes, une lettre et un chiffre ; la 26e est celle la « croix », dont il est question plus haut (v. p. 65). La manivelle entraîne une roue sinueuse, R, présentant 13 sommets et 13 creux, et dans la raînure de laquelle glisse un galet, G, solidaire du levier de transmission, L, relié à la ligne : un tour complet de la manivelle imprime donc à ce levier un mouvement alternatif, qui l'amène 13 fois sur le butoir de pile, P, et 13 fois sur celui, R, qui communique avec le récepteur.

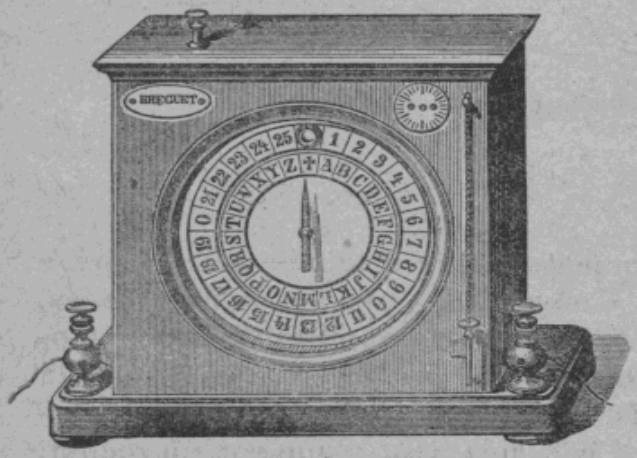


Fig 19.

Le cadran récepteur est identique au disque du manipulateur :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la manivelle est remplacée par une aiguille (fig. 19), montée sur l'axe d'une roue d'échappement à ancre, semblable à celle des appareils « français » de Bréguet (v. p. 58) à cela près du nombre de dents, puisque le nombre des divisions à parcourir dans un tour entier est ici de 26 au lieu de 8. Le « rappel à la croix » (v. p. 66) s'opère à l'aide d'un bouton extérieur, qui dégage complètement le système d'échappement ; celui-ci, devenant libre, se met à tourner jusqu'à ce qu'une goupille, placée sur la roue d'échappement, vienne buter contre un arrêt solidaire du bouton : à ce moment, l'aiguille est sur la division « Z » ; lorsqu'on abandonne le bouton, la roue avance encore d'une division mais, saisie aussitôt par l'ancre revenue en place, elle s'arrête sur la « croix ».

Manipulateur automatique pour appareil à cadran, de Froment (1845). — Ce manipulateur avait pour but de remédier

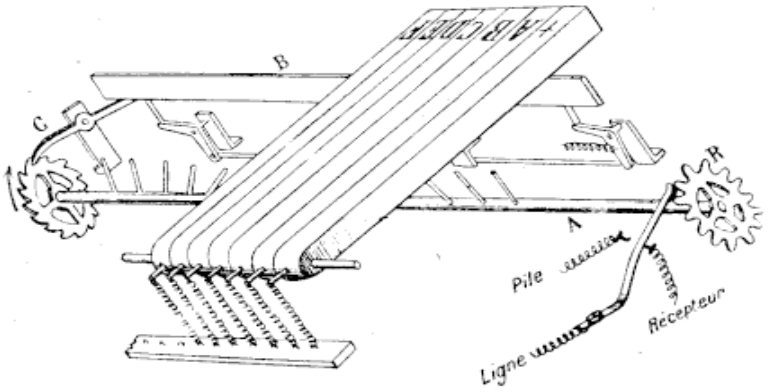


Fig. 20.

aux défauts de fonctionnement résultant d'une transmission manuelle irrégulière. Il se compose d'un clavier de 28 touches, placées au-dessus d'un axe, A, portant 28 goupilles (fig. 20) disposées suivant une hélice. Un mouvement d'horlogerie tend à faire tourner cet axe, mais, à l'état de repos, il est immobilisé par un cliquet, C, qui cale une dent d'une roue à rochet. Lorsqu'on presse sur une touche, on entraîne la barre, B, qui libère le mouvement d'horlogerie en dégageant le cliquet, C : l'axe se met à tourner jusqu'à ce que l'une des 28 goupilles vienne rencontrer une butée placée sous la touche abaissée. Dans ce mouvement, une roue dentée, R, fait exécuter au levier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de transmission, sur l'un et l'autre de ses butoirs, une série de déplacements, dont le nombre dépend de la position de la touche abaissée, c'est-à-dire de l'angle qu'a parcouru l'axe entre son point de départ et sa rencontre avec la butée. Lorsqu'on abandonne la touche, la barre, B, remonte et le cliquet, C, immobilise de nouveau le mouvement d'horlogerie.

Au-dessus du clavier est monté un récepteur semblable à ceux de Bréguet, sauf que le cadran est divisé en 28 parties.

Les appels sont reçus dans un électro-aimant spécial dont l'armature, à chaque attraction, pousse une dent d'une roue à rochet ; sur l'axe de celle-ci se trouve un excentrique en colimaçon, commandant le marteau de la sonnerie. Comme les émissions envoyées par le manipulateur automatiquesont très rapides et que chacune d'elles ne pourrait pas déterminer une attraction complète de l'armature, cette dernière peut s'avancer en plusieurs fois, grâce à un petit secteur qu'elle entraîne avec elle et qui, lorsqu'elle est à fond de course, rompt le circuit de l'électro-aimant et donne à l'armature le temps de revenir en arrière. Dans ce mouvement, elle entraîne encore le petit secteur, qui rétablit bientôt la communication avec la ligne, permettant ainsi une nouvelle attraction de l'armature.

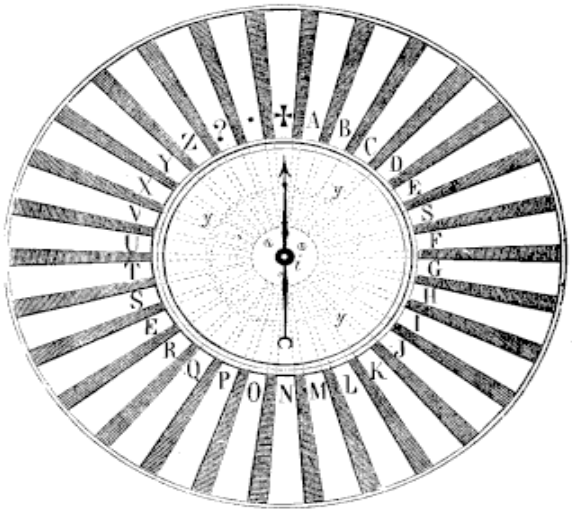


Fig. 21.

Poste à cadran, de Siemens (1846). — Le transmetteur et le récepteur sont réunis dans une même boîte quadrangulaire. Sur le dessus de cette boîte se trouve un clavier circulaire de 30 touches (fig. 21). Concentriquement au clavier est placé le cadran récepteur, sur lequel peut se mouvoir l'aiguille indicatrice, *i*. Chaque touche commande un petit piston, *p* (fig. 22) qu'un ressort-lame, *r*, maintient soulevé, et qui, s'enfonçant lorsqu'on abaisse la touche, vient se placer sur le passage d'un bras, *b*, solidaire de l'axe de l'aiguille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'axe qui supporte celle-ci est monté au centre d'une roue à rochet à 30 dents, R (fig. 23) sur laquelle peut agir un cliquet, c, porté par un bras de levier, L, pivotant en O; un second cliquet, c', sert à la retenue de la roue. Sur l'axe, O, du levier, L, est fixée l'armature, A, de l'électro-aimant, EE', susceptible

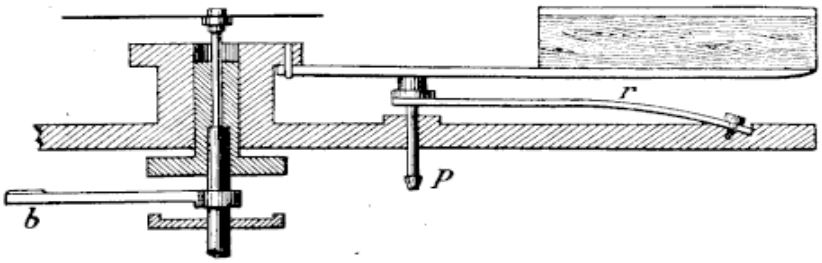


Fig. 22.

de pivoter entre les pièces polaires, p et h', qui coiffent les noyaux de l'électro-aimant; un ressort à boudin, R', la maintient, ainsi que le levier, L, dans la position indiquée sur la figure.

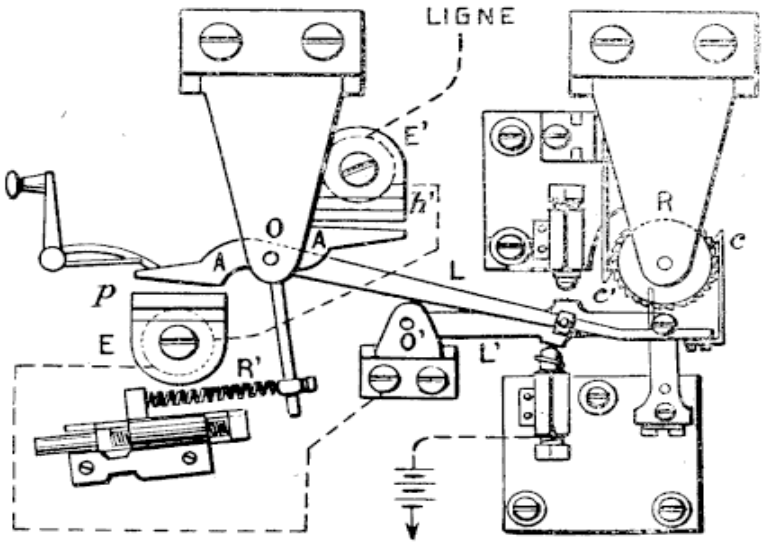


Fig. 23.

Le levier, L, lorsqu'il se déplace, en entraîne un second, L', mobile autour du point O' et portant une pièce de contact en platine, qui peut venir s'appuyer sur l'un ou l'autre de deux butoirs. Cette disposition est celle d'un trembleur : lorsqu'on place le commutateur de l'appareil dans la position de transmission, le courant de la pile arrive au butoir inférieur, au pivot

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

O′, traverse les deux bobines, E et E′, de l'électro-aimant, et se rend sur la ligne; l'armature, A, est déplacée et, avec elle, le levier, L : le cliquet, *c*, vient saisir une dent de la roue, R; mais aussitôt la pièce de contact quitte sa butée de repos et arrive sur la vis supérieure; le circuit se trouve interrompu et l'armature, A, revient au repos sous l'action de son ressort, R′; le levier, L, suit ce mouvement et le cliquet entraîne d'une division la roue,

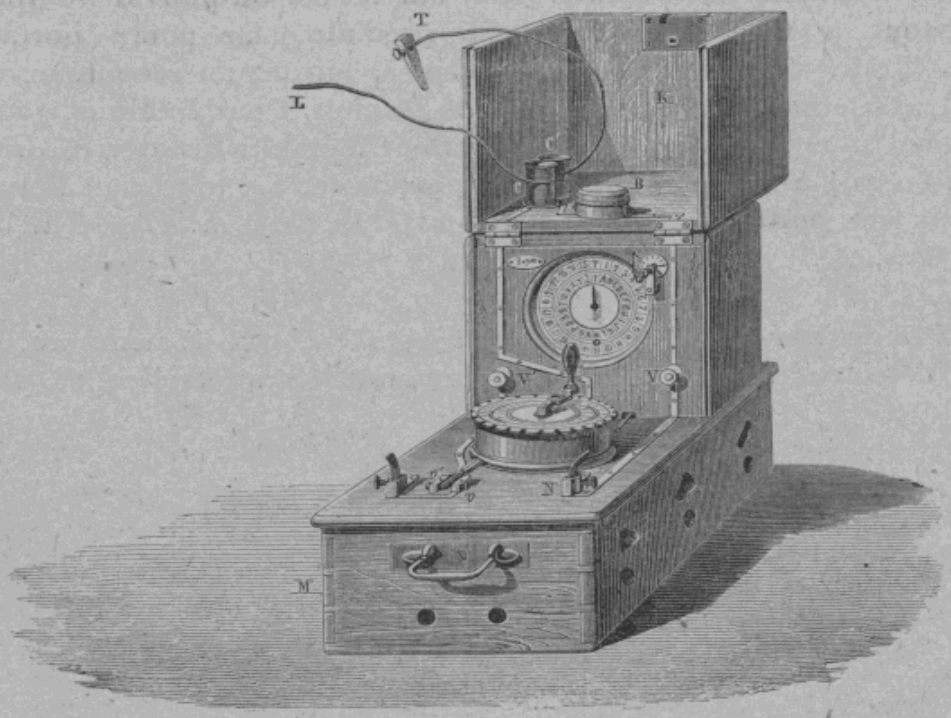


Fig. 24.

R, et l'aiguille indicatrice; en même temps, le circuit est rétabli, une nouvelle attraction a lieu, et ainsi de suite. Ce trembleur fait avancer la roue, R, jusqu'à ce que le bras, *b*, solidaire de son axe (v. fig. 22) vienne rencontrer le piston, *p*, d'une touche abaissée : le mouvement est alors arrêté pendant que L′ se trouve sur sa butée supérieure : le courant est interrompu et l'aiguille de l'appareil correspondant, qui a avancé dans les mêmes conditions, désigne la lettre qui correspond à la touche abaissée. Dès qu'on abandonne celle-ci, le levier, L, revient au repos, ferme le circuit, et le mouvement reprend jusqu'à nouvelle rencontre avec un piston déplacé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Poste portatif, à cadran, modèle des chemins de fer, de Bréguet (1848). — Etait placé dans le fourgon du chef de train, pour lui permettre, en cas d'accident ou en toute circonstance urgente, d'entrer en communication avec une gare ou un poste quelconque, pour demander du secours. A cet effet, les lignes télégraphiques comprenaient, à la partie inférieure de la nappe, un fil supplémentaire, coupé au milieu de la distance comprise entre deux gares consécutives, et sur lequel on pouvait prendre contact à l'aide d'une perche spéciale. Le poste portatif (fig. 24) comprend un manipulateur à cadran, un récepteur, un galvanoscope et 18 petits éléments Daniell. Deux bobines, constituant une réserve de fil, permettent d'établir une terre, prise sur le rail à l'aide d'une griffe appropriée. Le tout est enfermé dans une boîte, facilement transportable, de 0 m. 47 × 0 m. 37 × 0 m. 27.

Récepteur à cadran, de Bréguet (1849). — L'armature, A, de l'électro-aimant (fig. 25), commande un appendice, T, ter-

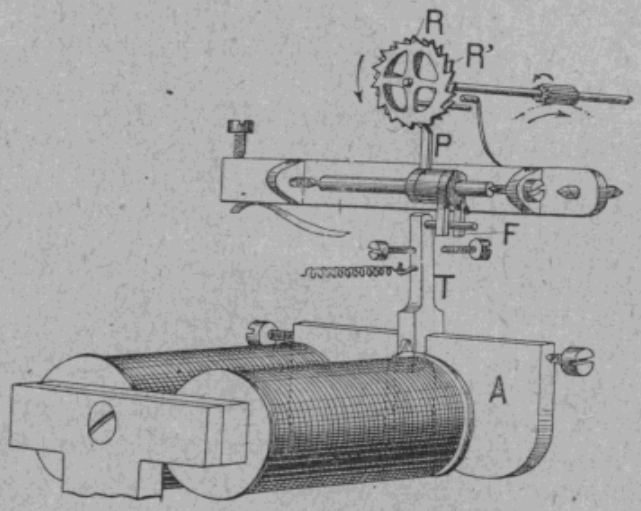


Fig. 25.

miné par une goupille horizontale; celle-ci est engagée entre les deux branches d'une fourchette, F, qu'elle déplace autour de son axe monté sur pointes; un doigt, P, solidaire de l'axe, agit sur l'échappement. portant deux roues à rochet, R et R', de 13 dents chacune, et accolées de manière que les saillies de l'une correspondent aux creux de l'autre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareil électro-magnétique, à cadran, de Siemens (1857). — Le transmetteur fonctionne sous l'action de courants d'induction ; le générateur est constitué par 10 aimants permanents en fer à cheval, réunis en un faisceau, entre les branches duquel tourne une bobine à noyaux épanouis (fig. 26) ; le sens des courants d'induction, développés dans la bobine, change à chaque demi-révolution, et l'on envoie sur la ligne une suite d'émissions

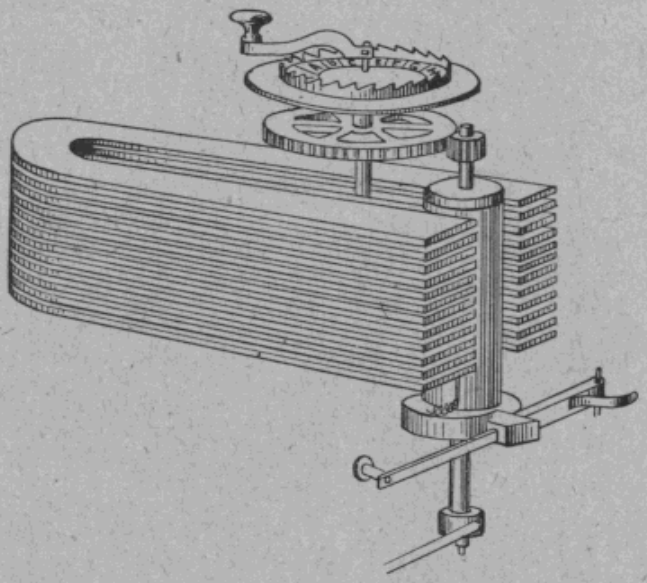


Fig. 26.

alternativement positives et négatives. La bobine est mise en mouvement à l'aide de la manivelle même du cadran transmetteur, et par l'intermédiaire d'un jeu d'engrenages ; cette manivelle se déplace au-dessus d'un disque portant, sur son pourtour 26 encoches (fig. 27). Le rapport des axes est tel qu'un déplacement angulaire de 1/26 de la manivelle correspond à un demi-tour de la bobine : la ligne reçoit donc un nombre d'émissions alternées égal à celui des divisions parcourues par la manivelle ; chacune de ces émissions, reçue au poste correspondant, faisant avancer l'aiguille d'une division, les deux mobiles parcourent toujours en même temps des angles égaux.

Le récepteur, placé à la partie supérieure et arrière de la boîte, comprend un cadran de 26 divisions ; à l'intérieur se trouvent l'électro-aimant et le mécanisme de déplacement de l'aiguille (fig. 28). L'électro-aimant se compose d'une seule

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bobine, dont le noyau peut se déplacer autour de deux pivots; à chacune de ses extrémités est montée une lamelle verticale en fer doux, *l*, placée entre les deux extrémités de deux forts

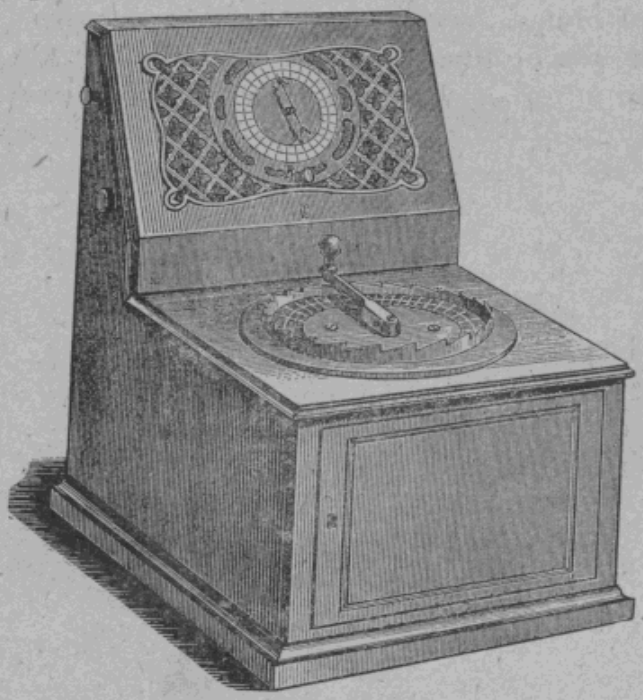


Fig. 27.

aimants en fer à cheval, opposés par leurs pôles de noms contraires, N, S.-A chaque émission reçue, les lamelles, *l*, sont le siège de polarités qui dépendent de la direction du courant reçu : si, donc, on fait passer dans la bobine une suite de courants positifs et négatifs, les lamelles se déplacent alternativement à droite et à gauche. Une fourche, F, solidaire du noyau, porte deux ressorts-cliquets, *c* et *c'*, en prise avec les dents d'un rochet monté sur l'axe de l'aiguille; la fourche suivant tous les déplacements du noyau, chacune des oscillations fait avancer le rochet et l'aiguille d'une division.

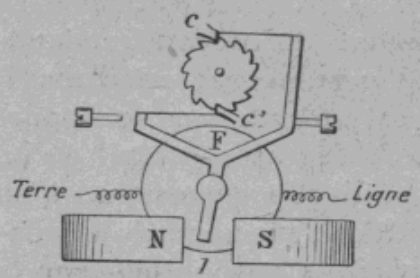


Fig. 28.

Appareil électro-magnétique à cadran, de Wheatstone (1858). — Le cadran est divisé en 30 parties; l'électro-aimant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

récepteur se compose de deux bobines, indépendantes au point de vue magnétique; les extrémités épanouies des noyaux agissent sur une armature formée de deux barreaux aimantés, N S, (fig. 29) recourbés en arc de cercle et accolés sur un axe monté entre pointes. Lorsqu'un courant parcourt les bobines, l'armature, par un bras, b, monté sur son axe, déplace à droite ou à gauche le rochet, r, dont une dent vient buter contre le cliquet, x, par exemple, et tourne ainsi d'un angle de 1/30 de cir-

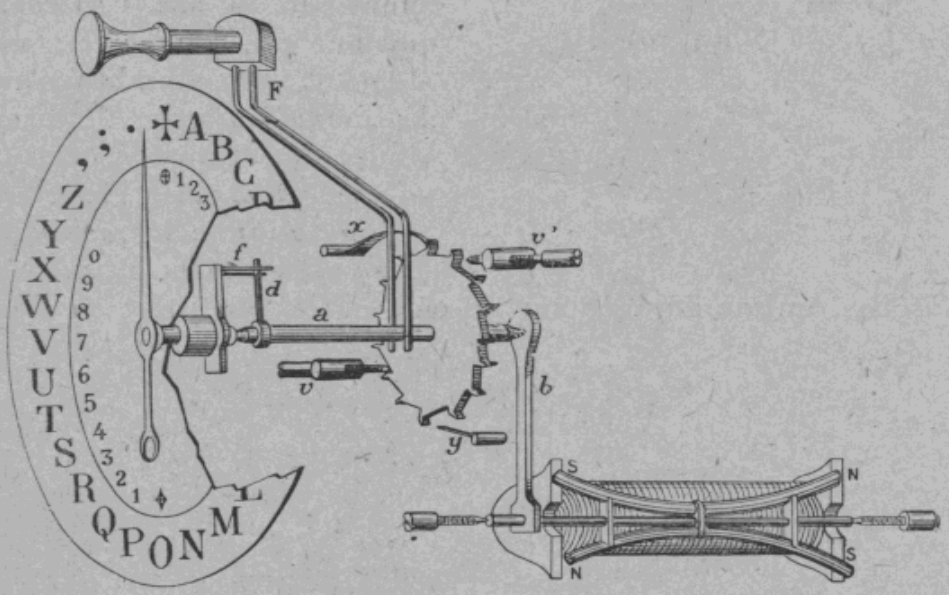


Fig. 29.

conférence; si le mouvement a lieu du côté opposé, c'est le cliquet, y, qui fait avancer la roue; deux vis de butée, v et v', limitent les déplacements de part et d'autre. Le mouvement ainsi imprimé au rochet est transmis à l'aiguille par un doigt, d, qui entraîne une fourchette, f, montée sur l'axe de la dite aiguille.

Ce récepteur fonctionne sous l'action de courants inversés. Le rappel à la croix a lieu par la manœuvre d'une fourche, F, qui fait exécuter au rochet les mêmes mouvements que l'armature de l'électro-aimant.

Le mécanisme est renfermé dans un boîtier, dont la forme rappelle assez celle d'un tonneau (fig. 30); ce boîtier est monté sur deux pivots supportés par des colonnettes, ce qui permet de lui donner l'inclinaison qui convient le mieux pour la lecture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le transmetteur comprend un aimant permanent qui porte, sur chacun de ses pôles, deux électro-aimants, devant lesquels on fait tourner une armature (fig. 31). L'axe de la manivelle entraîne également, à l'aide d'une roue d'angle, un manchon, M, monté librement sur un axe vertical, et portant un rochet, R, à 15 dents. L'axe est embrayé avec le manchon par l'intermédiaire d'un cliquet, *c*, porté par le levier, *b*, fixé sur l'axe: lorsqu'on actionne la manivelle, l'axe est entraîné et, avec lui, l'aiguille, qui se déplace sur un cadran de contrôle; en même

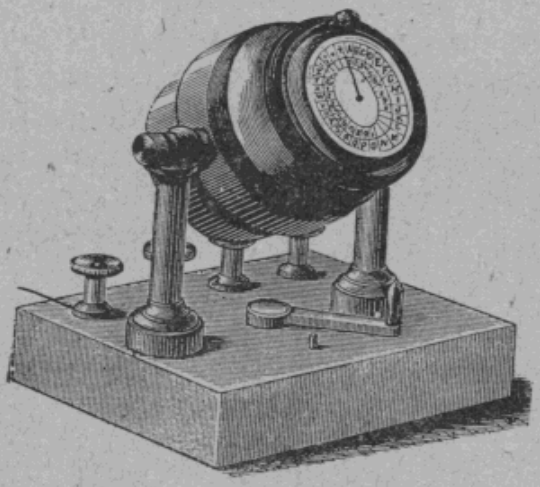


Fig. 30.

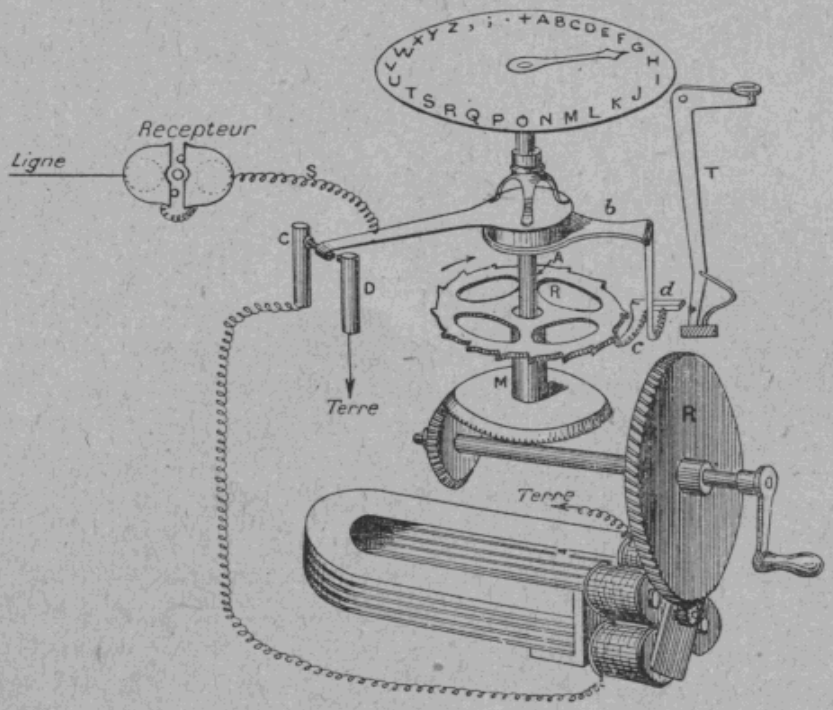


Fig. 31.

temps, un bras, relié à la ligne et monté à frottement sur l'axe à l'aide d'un ressort, vient s'appuyer sur son butoir, qui com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

munique avec les bobines du générateur : les courants d'induction se rendent ainsi sur la ligne.

Si l'on place, sur le passage du cliquet, un obstacle quelconque, le bec, *c*, quitte la dent du rochet et l'axe est désembrayé; en outre, le grand bras, n'étant plus sollicité à s'appuyer en C, revient, sous l'action de son ressort, sur le butoir, D, relié à la terre : on est alors dans la position de réception. Ce désembrayage est effectué de la façon suivante : tout autour du

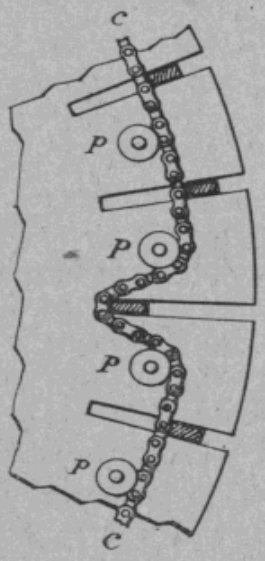


Fig. 32.

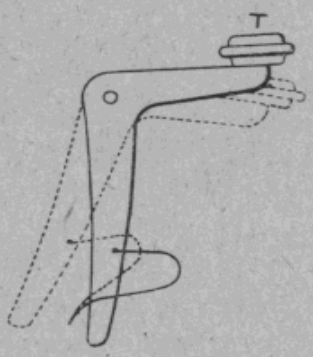


Fig. 33.

cadran sont rangés 30 leviers à bouton, T (fig. 33) ; lorsqu'on presse sur l'un d'eux, sa partie inférieure vient se placer sur le passage du cliquet. On doit ne pouvoir abaisser qu'un seul levier à la fois et la manœuvre de l'un doit provoquer le relèvement de l'autre; à cet effet, la branche inférieure des leviers entoure une petite chaîne sans fin, *c* (fig. 32) guidée par des poulies, *p*, et à laquelle on a donné juste le mou nécessaire au déplacement d'un seul levier; celui qui correspond à la croix étant abaissé (ce qui est la position normale d'attente), si l'on vient à presser sur le bouton « T », par exemple, le premier se relève ; le cliquet retombe sur le rochet et, dès qu'on actionne la manivelle, l'axe et l'aiguille se trouvent entraînés ; l'index vient s'appuyer sur le butoir C, et les courants d'induction se rendent sur la ligne, jusqu'à ce que le cliquet rencontre le levier « T »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

abaissé; à ce moment, le désembrayage s'opère et l'index revient à la position de réception. Une révolution de l'armature du générateur donne lieu à quatre courants alternés : comme dans le système de Siemens, le rapport entre les axes est calculé pour que le nombre d'émissions soit rigoureusement égal à celui des divisions parcourues par le transmetteur.

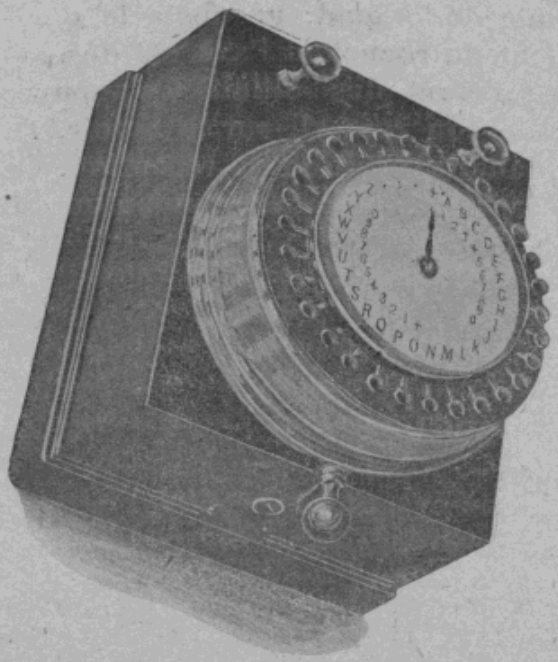


Fig. 34.

Appareil à double courant, d'Abel Guyot. — Le manipulateur comporte, comme celui de Bréguet, une roue sinueuse, G (fig. 35) servant à guider un galet qui, à son tour, fait mouvoir deux leviers, constituant un inverseur de pile, I : la ligne reçoit un courant

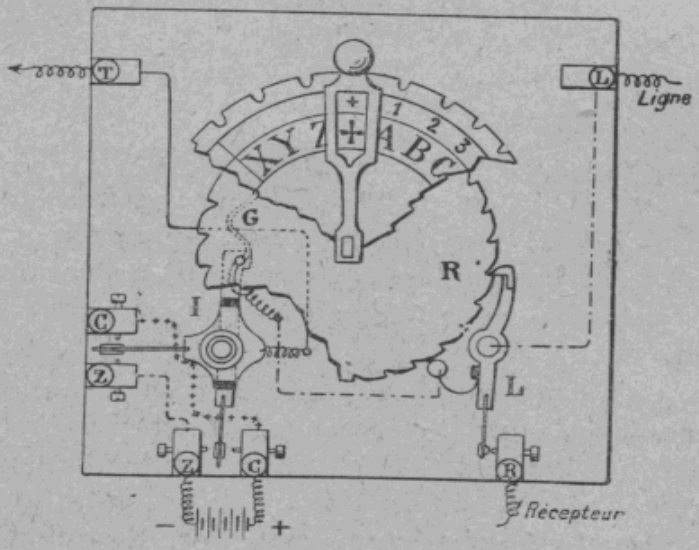


Fig. 35.

positif lorsque le galet se trouve sur un sommet et un négatif quand il descend dans un creux. Un troisième levier, L, relié

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la ligne, peut venir s'appuyer sur une butée qui communique avec le récepteur ; il est commandé par une roue dentée, R, solidaire de la manivelle. Le jeu de ces trois leviers est réglé de manière que ce dernier donne la position de réception lors-

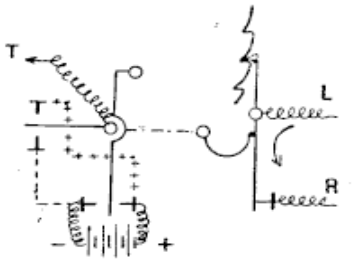


Fig. 36.

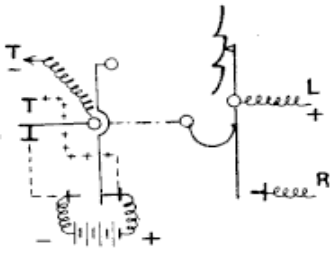


Fig. 37.

que la manivelle passe devant une encoche, les deux autres se trouvant, au même moment, à mi-chemin entre leurs deux butoirs (fig. 36) : les émissions, positives (fig. 37) et négatives

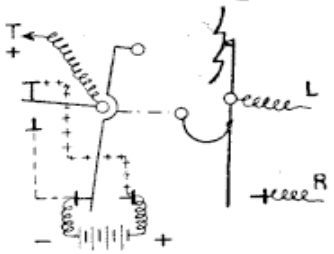


Fig. 38.

(fig. 38) ne sont envoyées sur la ligne que lorsque la manivelle passe entre deux divisions consécutives. Le poste réceptionnaire peut ainsi « couper » la transmission, comme dans les systèmes à un seul sens de courant.

Le récepteur comporte un électro-aimant polarisé, dont l'armature, portée alternativement à droite et à gauche par les courants inversés, agit sur une roue d'échappement, de façon analogue à celle des systèmes précédents.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VI

APPAREILS MORSE ET SIMILAIRES

Les systèmes à signaux fugitifs offraient de multiples inconvénients, au point de vue de la sécurité de la traduction des signaux reçus; aussi chercha-t-on bientôt à obtenir une trace durable de l'arrivée des courants, et cette préoccupation donna naissance aux appareils écrivants.

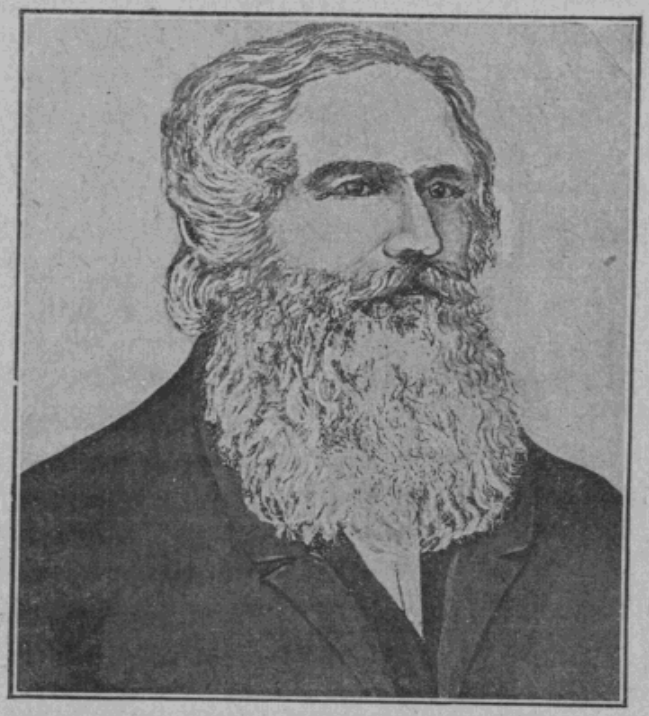
Il sérait très délicat, et sans doute imprudent, de vouloir trancher, au bénéfice de tel ou tel inventeur, la question de priorité, qui donna lieu, en son temps, à des controverses passionnées. Le fait qui semble acquis est que, dès 1832, Morse et Jackson se livrèrent à des expériences dans ce sens : une bande de papier, déroulée à l'aide d'un mouvement d'horlogerie, était imprégnée d'une substance chimique incolore; le courant, amené par un style métallique, décomposait cette substance, laissant une trace visible de son action. Les mêmes inventeurs employèrent également du papier sec, que le courant brûlait. Ces systèmes n'entrèrent jamais, semble-t-il, dans le domaine de la pratique.

En 1837, Steinheil réalisa un appareil écrivant, à deux aiguilles aimantées (v. p. 53) commandant chacune une plume chargée d'encre, qui s'appuyait sur une bande de papier; en 1838, Morse prit un brevet pour un système à peu près identique, à cela près que les signaux étaient enregistrés par un électro-aimant. Après divers essais, il produisit un appareil dans lequel l'armature commandait un crayon posé en permanence sur une bande; le crayon laissait sur celle-ci une ligne brisée, donnant la trace des mouvements d'attraction et de relèvement de l'armature.

C'est seulement en 1844 que Morse présenta le premier dispo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sitif inscrivant des points et des traits. Tout d'abord, il fit usage, comme précédemment, d'un crayon qui, commandé par l'armature de l'électro-aimant, venait s'appliquer sur la bande pendant tout le temps du passage du courant, laissant une trace brève ou longue suivant cette durée; il substitua bientôt à ce crayon un pinceau imbibé d'encre, mais la difficulté d'entretenir l'encrage le conduisit, peu après, à recourir à une pointe sèche, en acier, qui gaufrait la bande lorsqu'elle venait à son contact.



SAMUEL MORSE, 1791-1827.

Le récepteur qui servit aux expériences avait des dimensions énormes; l'électro-aimant, à lui seul, ne mesurait pas moins de 0 m. 60 de hauteur; le mouvement d'horlogerie était commandé par un poids, qu'on remontait à l'aide d'un treuil; mais, si cet appareil fonctionnait convenablement en local, il n'en fut pas de même en ligne, pour les raisons exposées précédemment (v. p. 57) : d'une part, la grande inertie résultant d'une masse magnétique considérable; d'autre part, le nombre relativement faible des spires du fil, par suite de la grosse section de celui-ci, plaçaient l'électro-aimant dans des conditions défavorables. Morse, s'inspirant des travaux de Henry sur la self-induction, fit alors usage de fil plus fin, et obtint une certaine amélioration, insuffisante cependant pour que le gaufrage de la bande fût bien assuré.

Il mit alors à profit les découvertes de Wheatstone et Davy et, en 1845, munit son appareil d'un relais qui, fermant sur le récepteur le circuit d'une pile locale suffisamment énergique, lui permit d'obtenir un gaufrage satisfaisant.

Le système fonctionna tout d'abord aux Etats-Unis, en 1845,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur une ligne reliant Washington à Baltimore; il s'étendit progressivement dans l'Amérique du Nord, fut introduit en Europe en 1846, et, à partir de 1854, fut exclusivement employé dans les relations internationales.

Pendant ce temps, des essais dans le même sens avaient lieu en France : c'est ainsi que Dujardin, constructeur à Lille, produisit, en 1847, un système écrivant dans lequel les signaux étaient représentés par des émissions d'égale durée (v. p. 85); Pouillet réalisa, en 1848, un appareil employant le même alphabet, et donnant l'écriture en ligne brisée ou « en zig-zag » (v. p. 86). Ces systèmes durent s'effacer devant celui de Morse qui, ainsi qu'il vient d'être dit, était universellement adopté.

Nombre de constructeurs modifièrent et perfectionnèrent les différentes parties de l'appareil Morse; c'est ainsi que ses dimensions furent considérablement réduites, que la mise en mouvement fut obtenue par un ressort au lieu d'un poids, etc.; toutefois, la lecture des signaux gaufrés devenait difficile et fatigante, lorsque l'éclairage ne se trouvait pas dans une direction absolument favorable; on chercha à éluder cette difficulté par l'emploi de récepteurs électro-chimiques qui, en outre, présentaient l'avantage de simplifier l'appareil en supprimant l'électro-aimant. Le principe de ce système avait d'ailleurs été indiqué par Morse lui-même, lors de ses premières expériences, ainsi qu'il a été dit plus haut (v. p. 80); cette idée fut reprise par Bain, en 1846 (v. p. 195), puis par Pouget-Maisonneuve, en 1852 (v. p. 89) et quelques autres.

Divers inventeurs, pendant ce temps, avaient poursuivi la solution du problème de l'encrage : après les systèmes de Cacheleux, en 1855 (v. p. 91) et de Thomas John, on vit apparaître, en 1857, celui de Digney (v. p. 95) qui, progressivement amélioré, est encore en usage aujourd'hui. De son côté, Siemens, en 1861, réalisa son système d'encrage par une molette tournant dans un encrier (v. p. 98), qui a été conservé dans les récepteurs allemands.

Avec tous ces systèmes, le travail demandé à l'armature se trouvait considérablement réduit et comme, d'autre part, la construction des électro-aimants avait fait de sérieux progrès, on put supprimer les relais locaux et utiliser directement, dans les récepteurs, les courants venus de la ligne.

Le premier manipulateur construit par Morse était à compo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sition préalable : les signaux, représentés par des creux et des reliefs, dans des blocs métalliques, étaient déposés dans une cannelure en hélice, creusée dans un cylindre en laiton ; celui-ci était monté sur un arbre fileté et présentait, en tournant, chacun des signaux à un levier transmetteur, auquel les reliefs et les creux imprimaient des mouvements de soulèvement et d'abaissement : le circuit était ainsi fermé ou interrompu et les signaux se trouvaient transmis automatiquement sur la ligne.

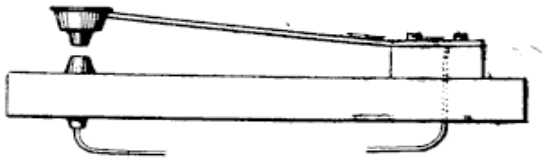


Fig. 39.

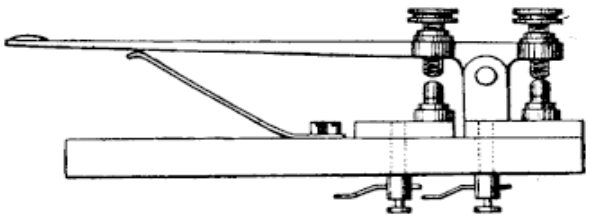


Fig. 40.

Morse réalisa ensuite un transmetteur manuel, d'abord à l'aide d'un simple ressort (fig. 39), puis au moyen d'un levier articulé (fig. 40). A l'inverse de ce qui est maintenant la règle, le récepteur était intercalé entre le manipulateur et la ligne, de sorte qu'on obtenait, au départ, le contrôle de la transmission. En outré, dans la position de réception, le levier devait être en communication avec la pile : celle-ci restait donc en circuit pendant tous les intervalles entre les transmissions successives; enfin, il était impossible de « couper » le poste transmetteur, puisque la butée de repos du manipulateur était isolée.

Pour obvier à ces inconvénients, on modifia, en 1845, le jeu des communications, et on réalisa le montage indiqué par la figure 41, dans lequel la ligne arrive directement à l'un des pôles de la pile et à l'entrée du récepteur, R ; le jeu du manipulateur donnait la terre, soit au second pôle de la pile, soit à la sortie du récepteur : de cette manière, la pile ne débitait que pendant la transmission et, dans les intervalles, la ligne se trouvait dans la position de réception ; enfin, un peu plus tard, on adopta le dispositif actuel : la ligne est au pivot du manipulateur, la pile et le récepteur respectivement aux butées de travail et de repos.

Le manipulateur Morse a été aussi agencé en inverseur, pour les transmissions à courant de repos ; des dispositifs de décharge

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et de compensation lui ont été adjoints, en vue de son utilisation sur les lignes souterraines ou sous-marines ; enfin on a construit des manipulateurs magnéto-électriques, destinés à la transmission par courants d'induction et à permettre ainsi la suppression des piles.

Divers appareils écrivants ont été réalisés pour l'exploitation des câbles sous-marins : on peut citer l'*enregistreur à siphon*, dit *siphon recorder*, de Thomson (1867) et l'appareil du même

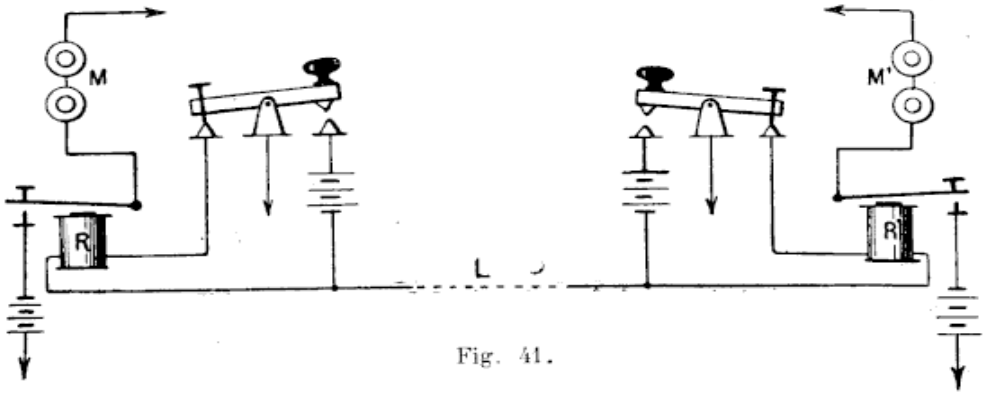


Fig. 41.

genre construit, en 1875, par Carpentier (v. p. 103), ceux de Murray, Sullivan, Muirhead etc.

Le récepteur Morse fut aussi utilisé en *parleur* ; doué d'une certaine sonorité, cet instrument permet de lire les signaux d'après le bruit que produit l'armature en heurtant ses butoirs de travail et de repos. Les premiers parleurs furent employés en Amérique, pour le service courant, en 1855 (1) ; ceux utilisés en France servaient tout d'abord à percevoir les signaux d'appel ; plus tard, pour la lecture auditive des télégrammes, on fit usage de récepteurs plus sonores ; enfin, pour les installations portatives militaires, un nombre considérable de modèles furent mis au jour ; ils ne différaient souvent entre eux que par des détails de dimensions ou d'agencement.

Dans le but d'augmenter le rendement du Morse, tout en conservant la transmission manuelle directe, divers inventeurs ont réalisé des appareils dans lesquels l'impression d'un trait se fait dans le même temps que celle d'un point. Le premier système de ce genre fut produit, en 1872, par Herring : les points étaient

(1) *Annales Télégraphiques*, 1860, p. 73.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

envoyés, par exemple, à l'aide du courant positif; les traits avaient une durée égale à celle des points, mais étaient produits par des émissions négatives. Tous ces courants étaient reçus dans un électro-aimant polarisé, muni de deux armatures obéissant, l'une au positif, l'autre au négatif; la première, lorsqu'elle était déplacée, imprimait un point, l'autre un trait. Les signaux se présentaient parallèlement les uns aux autres, perpendiculairement à la longueur de la bande et différaient seulement par la hauteur. Ce système, s'il augmentait sensiblement le rendement des lignes présentait certains inconvénients mécaniques qui le firent abandonner. L'idée fut reprise par d'autres, notamment par Estienne et Hérodote (v p. 113 et suiv.).

Transmetteur à style, de Dujardin (1847). — Avec l'appareil écrivant imaginé par Dujardin, les signaux étaient représentés par des séries de points. Les voyelles, prises dans l'ordre :

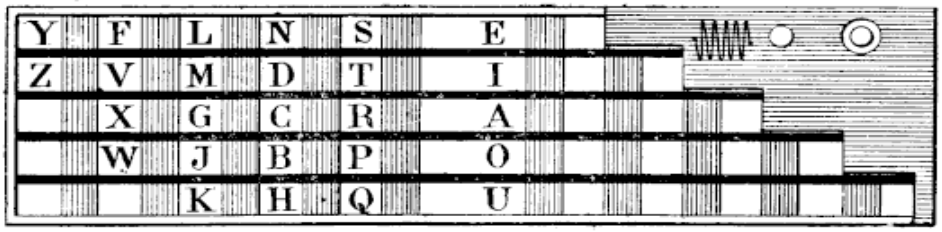


Fig. 42.

E, I, A, O, U se faisaient, respectivement, par 1, 2, 3, 4, 5 points consécutifs; les autres lettres étaient représentées chacune par deux séries de 1 à 5 points séparées par un petit espace.

Le transmetteur à style se compose d'une planchette rectangulaire, en bois, dans laquelle sont encastrés des plots de cuivre, formant à gauche cinq colonnes verticales et, à droite, cinq autres décroissantes (fig. 42). A la gauche de ces colonnes sont inscrites les différentes lettres. Les plots communiquent tous avec la pile : si l'on promène sur une rangée un balai relié à la ligne, on envoie autant de points qu'on rencontre de plots. Pour transmettre un X, par exemple, on frotte, à partir du 3e plot de la 2e colonne, d'abord de haut en bas, puis de gauche à droite jusqu'à l'espace central; on émet ainsi, d'abord trois points, puis quatre. Pour les voyelles, la friction est faite seulement dans le sens de gauche à droite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareil écrivant, de Pouillet (1848). — Cet appareil, construit et perfectionné par Froment, emploie un alphabet exclusivement formé de points, du genre de celui de Dujardin ; le manipulateur est constitué par un disque, mobile autour de son centre et entaillé, près de sa périphérie, de 10 ouvertures circulaires, laissant apparaître les chiffres de 0 à 9, gravés dans la plaque fixe située au-dessous (fig. 43); en introduisant l'extrémité du doigt dans l'une des ouvertures, on peut faire tourner le disque de l'angle qu'on désire, en se servant, pour apprécier cet angle, du numérotage précité. Dans ce mouvement, le

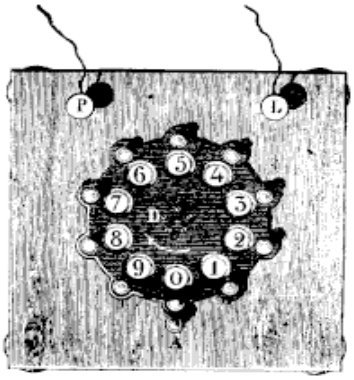


Fig. 43.

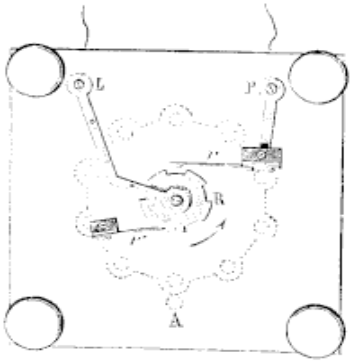


Fig. 44.

disque entraîne avec lui une roue à 5 cames, R (fig. 44), qui tourne, au-dessous de deux leviers à bec; l'un de ceux-ci, r, communique avec la batterie de ligne, P, l'autre, r', avec une batterie locale. Le premier, dans un tour complet du disque, envoie sur la ligne, L, cinq émissions séparées par autant d'intervalles; le second ressort envoie les siennes dans l'électro-aimant local, qui donne le contrôle de la transmission. On peut, suivant l'angle de déplacement, envoyer le nombre d'émissions qu'on désire et transmettre l'alphabet conventionnel indiqué, ci-dessus (1).

Le récepteur est du type dit « à zig-zag », c'est-à-dire que le crayon, qui enregistre les signaux, ne quitte pas le papier; celui-ci est enroulé sur un cylindre métallique dont l'axe, entaillé d'une gorge en hélice, se déplace longitudinalement vers la

(1) La plupart des systèmes de téléphones automatiques *actuels* emploient un dispositif semblable pour transmettre les différents chiffres composant le numéro de l'abonné appelé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gauche, dès qu'il est mis en rotation par le mouvement d'horlogerie (fig. 45). Le crayon est monté au bout d'un levier, solidaire de l'armature de l'électro-aimant, et trace ainsi une ligne droite, tant que la dite armature est au repos; dès qu'elle est attirée, le crayon se déplace et donne une ligne brisée : les sommets des triangles ainsi tracés correspondent aux émissions

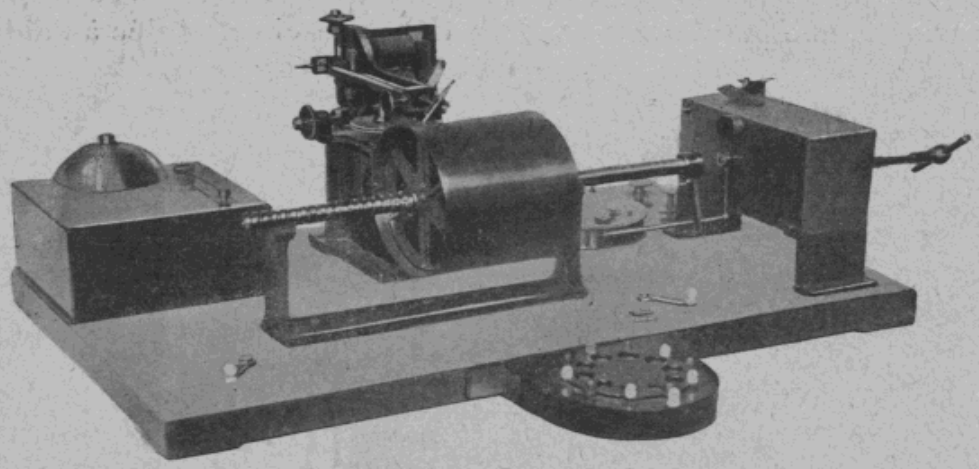


Fig. 45.

reçues. Une disposition ingénieuse évite l'inconvénient qui résulterait de l'usure à plat du crayon : celui-ci est incliné par rapport au papier; en outre, il est monté sur une tige portant une petite roue à rochet, à proximité de laquelle se trouve un cliquet; à chaque déplacement du levier, le rochet vient rencontrer ce cliquet, et tourne d'une petite quantité: le crayon s'use ainsi en pointe.

Le même récepteur est susceptible d'enregistrer des signaux Morse; dans ce cas, l'aspect de ceux-ci rappelle ceux de l'ondulateur (v. p. 215); c'est ainsi que le mot *Paris* s'incrirait comme ci-dessous :

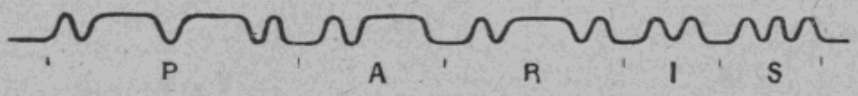


Fig. 46.

L'installation est complétée par un shunt réglable, placé dans le circuit local, pour que l'électro-aimant obéisse dans les mêmes conditions aux courants de la ligne et à ceux du contrôle;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un commutateur permet de mettre la ligne sur appareil ou sur sonnerie : cette dernière est à mouvement d'horlogerie.

Récepteur Morse à pointe sèche, de Bréguet (1848). — L'armature cylindrique commande deux appendices, situés à gauche de son axe ; l'un, vertical et dirigé vers le bas, et qui s'appuie sur un butoir à vis ; l'autre, horizontal, qui porte, à sa partie terminale, une pointe en acier (fig. 47) ; celle-ci est réglée à l'aide

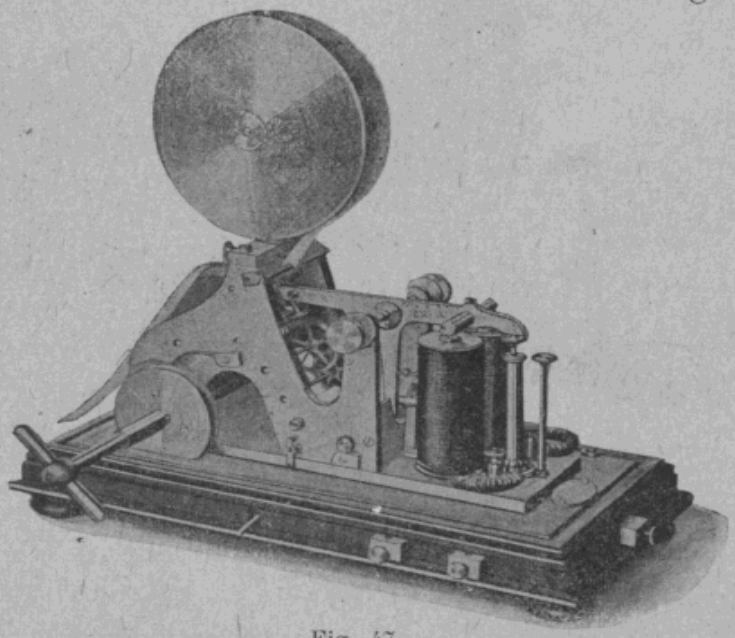


Fig. 47.

d'un bouton moleté, de manière que, lorsque l'armature est attirée, la pointe vient presser contre la bande et gaufrer le papier ; le cylindre d'entraînement est entaillé à cet effet d'une rainure circulaire. Le mouvement d'horlogerie est commandé par un poids ; le modérateur de vitesse consiste en une aillette rectangulaire.

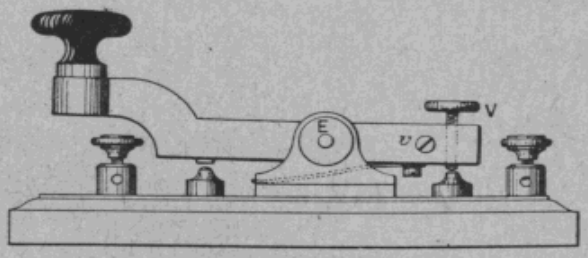


Fig. 48.

Manipulateur Morse, de Bréguet (1848). — Levier rectiligne, arqué à l'avant, monté dans une chape-guide, sur la portée d'un bouton fixé par un écrou moleté, E ; un res-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sort-lame le maintient relevé ; la butée de repos est constituée par une vis à bouton, V, immobilisée par une contre-vis, v (fig. 48).

Manipulateur Morse, de Laurenz-Bob (1858). — Levier en col de cygne, monté entre pointes (fig. 49), celles-ci consti-

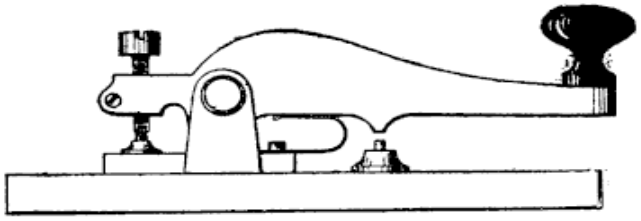


Fig. 49.

tuées par des tiges de vis à contre-écrous ; les communications sont prises par en-dessous, à l'aide de broches traversant la table.

Récepteur électro-chimique, de Pouget-Maisonneuve (1852). — Récepteur Morse dans lequel l'électro-aimant

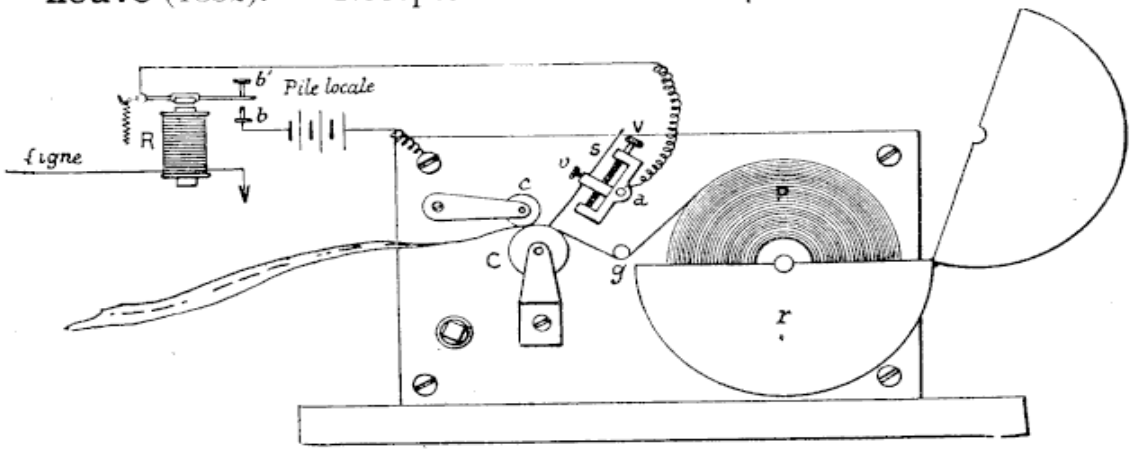


Fig. 50.

est supprimé. La bande de papier est imprégnée de la dissolution suivante :

Eau	100
Azotate d'ammoniaque cristallisé	150
Cyanure jaune de potassium et de fer	5

Un style en acier, S (fig. 50) communiquant avec l'armature du relais, R, peut venir s'appuyer sur la bande ; le cylindre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entraîneur, C, est relié au retour de la pile locale. A chaque émission de courant, la dissolution est décomposée et une trace bleue est laissée sur la bande.

Le récepteur est complété par un galvanoscope, un relais, deux paratonnerres, l'un à peigne, l'autre à fil fusible, un commutateur à manette, qui permet d'intercaler ou de mettre hors

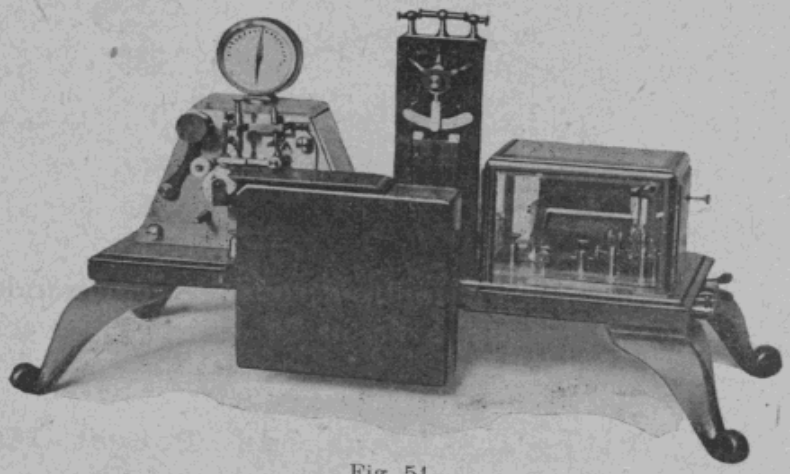


Fig. 51.

circuit ce dernier paratonnerre (fig. 51). Enfin, le relais peut, soit fermer le circuit local sur le récepteur, soit servir de translateur.

Poste Morse portatif, de Hipp (1854). — Une boîte de 0 m. 28 × 0 m. 13 et 0 m. 11 de hauteur, renferme tout le poste, y compris la pile, de 20 éléments; la mise en marche et l'arrêt du mouvement d'horlogerie sont commandés par une tige verticale, servant en même temps de commutateur pour mettre en circuit l'électro-aimant récepteur pendant la marche, et, dans les périodes d'arrêt, un autre électro-aimant, dont l'armature commande le marteau d'un timbre d'appel. La trace des signaux sur la bande est donnée par une petite pointe, très aiguë, reliée à l'armature par l'intermédiaire d'un petit secteur denté qui, lors de l'attraction, s'approche d'une roue, à denture également très fine, entraînée par le mouvement d'horlogerie; le secteur est d'abord déplacé vers la droite, ce qui amène la pointe au contact de la bande de papier; ensuite la dernière dent du secteur, sautant sur celles de la roue, communique à la pointe un mouvement vibratoire rapide, et il en résulte une suite de piqûres très rapprochées les unes des autres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un bouton en ivoire, monté au bout d'une tige verticale, et tenu soulevé par un ressort à boudin, constitue le manipulateur.

Récepteur à tire-ligne, de Cacheleux (1855). — L'impression est obtenue à l'aide d'un tire-ligne, recourbé en arc de cercle, plongeant dans un récipient rempli d'encre (fig. 52) et solidaire de l'armature de l'électro-aimant

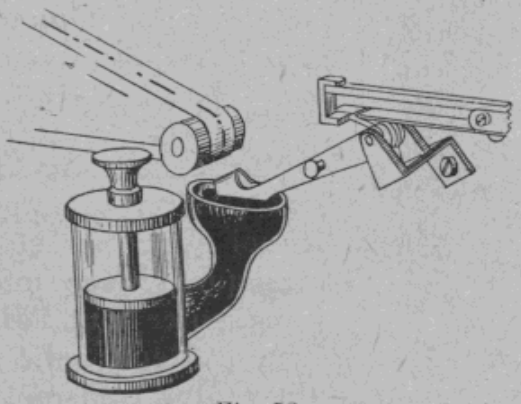


Fig. 52.

L'appareil comprend également un timbre avertisseur (fig. 53), dont le marteau est actionné par chaque abaissement de l'armature de l'électro-aimant, lorsque la manette est dans la position d'attente. Au premier signal reçu,

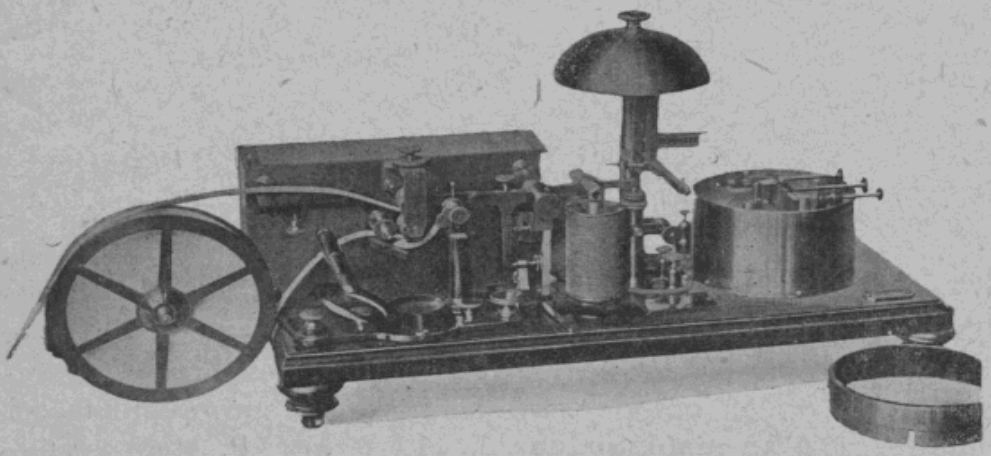


Fig. 53.

un voyant articulé, portant le mot *répondez*, est dégagé et tombe horizontalement. L'électro-aimant est commandé par un relais.

Manipulateur Morse, de Pouget-Maisonneuve (1855). — Analogue aux manipulateurs pour appareils français (v. p. 59). Sur un cylindre métallique (fig. 54), dont l'axe communique avec la ligne, se trouvent trois saillies ; celle de gauche pousse, à l'état

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de repos, un ressort relié au récepteur; deux autres saillies, à droite, l'une courte, l'autre plus longue, peuvent, lorsqu'on déplace la manivelle, se mettre en contact avec un second ressort, communiquant avec la pile; si l'on incline la manivelle à gauche, la petite saillie envoie un point; en déplaçant à droite, la grande saillie émet un trait.

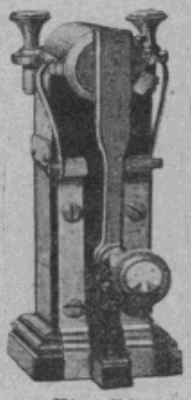


Fig. 54.

Transmetteur à frotteur, attribué à Lambrigot (1855). — Comprend un plateau (fig. 55) dans lequel sont incrustés des plots métalliques, communiquant avec une pile et rangés de manière à représenter tout l'alphabet Morse; l'opérateur tenait à la main un frotteur, relié à la ligne, et le promenait sur les signaux qu'il voulait transmettre.

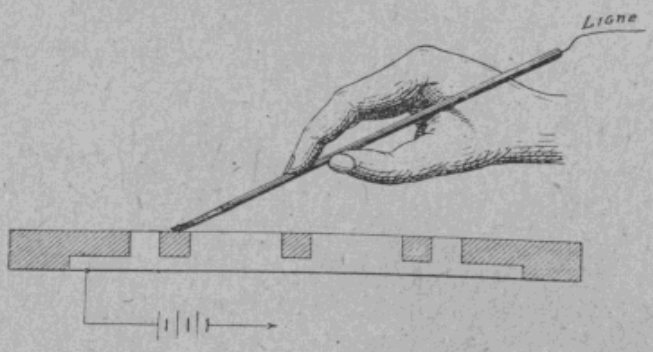


Fig. 55.

Bobine d'induction, de Siemens (1855). — Servait à la transmission Morse par courants d'induction. Deux grosses bobines, B et B′ (fig. 56) comportent chacune deux enroulements, un primaire, relié au manipulateur, M, et à la pile, P, et un secondaire rattaché, d'une part à la ligne, L, et, de l'autre, à la terre, T. A la partie centrale de ces bobines est engagé un noyau mobile, constitué par un tube de fer rempli d'un très grand nombre de petits fils de même métal. L'entrée et la sortie des circuits primaire et secondaire de chaque bobine sont amenées à des plots, placés sur le devant du socle et peuvent être groupées à volonté.

Récepteur à déclanchement automatique, de Guyot (1859). — L'un des axes du mouvement d'horlogerie porte, à l'ex-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

térieur et contre la platine d'avant, une roue A (fig. 57), présentant sur son pourtour une encoche ; cette roue est folle sur l'axe, auquel elle est seulement reliée par un ressort spiral, C. A l'état de

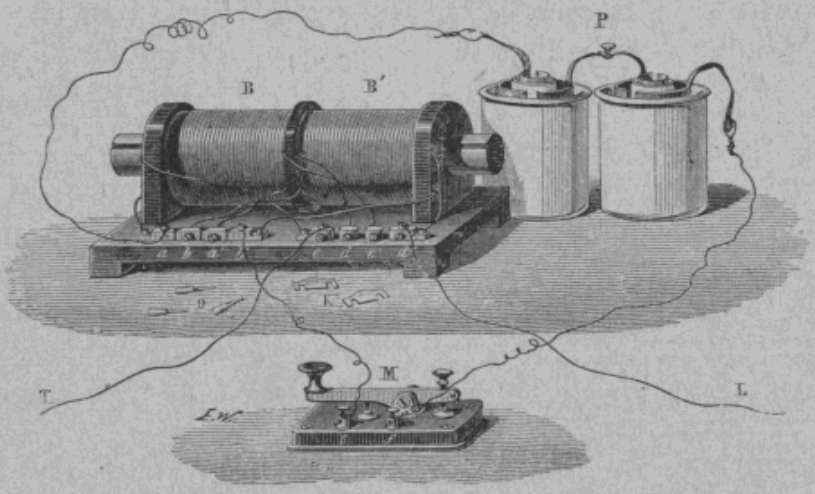


Fig. 56.

repos, une dent, A, bute contre un cliquet, H, porté par un levier articulé, EF. A la première émission reçue, l'appendice vertical de l'armature vient rencontrer l'extrémité de la vis de réglage du levier, EF, éloigne le cliquet, H, qui dégage la roue, A ; l'appareil se met à tourner. Lorsque cesse la transmission, le mouvement continue jusqu'à ce que la dent, A, vienne, de nouveau, buter contre le cliquet, H, et, en plus, jusqu'à ce que le spiral, C, soit suffisamment tendu pour équilibrer la force qui fait tourner l'axe ; un doigt d'arrêt, G, vient caler la roue, A, et l'empêche de revenir en arrière, au moment où elle rencontre le cliquet.

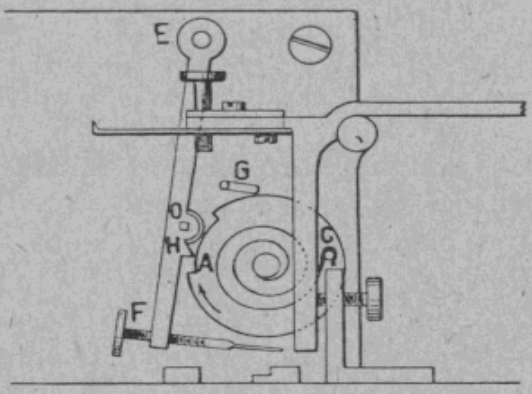


Fig 57.

Ce système ne gêne pas les mouvements du levier imprimeur, d'une part parce que le cliquet est monté sur un levier indépendant, d'autre part parce que ce dernier est tenu éloigné du levier imprimeur par un galet, roulant autour du point O, sur le pourtour de la roue, A. Enfin, grâce au mouvement com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plémentaire permis par le spiral, C, l'appareil ne peut s'arrêter pendant la transmission.

Récepteur Morse à déclanchement automatique, d'Anfonso (1859). — Sur l'axe de la roue qui commande le modérateur est monté un manchon, M (fig. 58), entraîné par un ressort à boudin, R. Tant que le levier d'armature, LL', est au repos, un doigt, B, porté par le manchon, vient se caler contre une tige, T, fixée sur le dit levier; dès que l'armature est attirée, le levier, LL', pivotant autour du point O, la partie L s'élève et la tige, T, se dérobe : le mouvement d'horlogerie est libéré. Lorsque l'armature revient au repos, l'appareil tourne d'abord jusqu'à ce que le doigt, B, rencontre de nouveau la tige, T, puis continue encore de la quantité permise par l'élasticité du ressort à boudin, R.

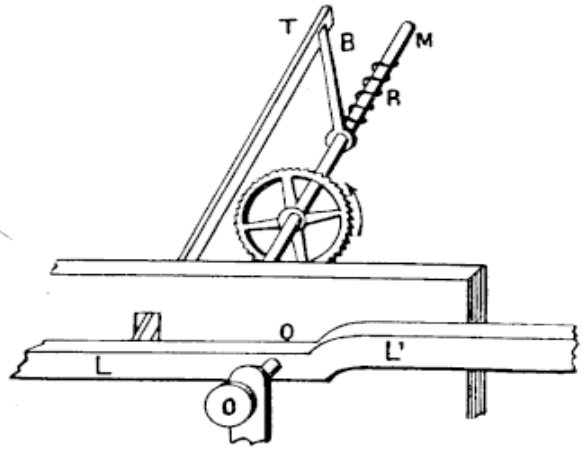


Fig. 58.

Manipulateur Morse à courant de repos, de Siemens (1859). — Destiné à la transmission sur les câbles sous-marins; la chape C (fig. 59), qui supporte le levier, L, est mobile horizontalement autour d'un axe et, sous l'action d'un fort ressort, le levier prend au repos une position légèrement oblique : la chape s'appuie contre une butée, B, reliée au récepteur. Lorsqu'on veut transmettre, on tire le levier mobile vers la gauche; un ressort, *r*, relié à la butée de repos du levier, est alors poussé, par l'embase de la chape, contre une vis, V, communiquant avec la pile négative. Dès qu'on abandonne le levier, cette

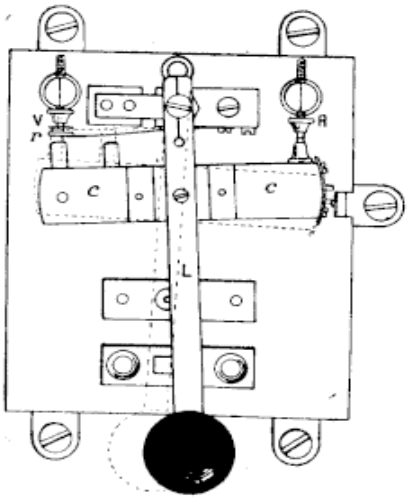


Fig. 59.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dernière communication est rompue et l'embase, pivotant, vient d'elle-même remettre la ligne en communication avec le récepteur.

Le maintien du levier, très massif, étant incommode et fatigant, ce manipulateur était seulement associé aux installations automatiques pour les échanges de communications de service, un second modèle est agencé comme le précédent, mais une manette permet de déplacer l'embase du manipulateur pour l'amener dans la position de transmission ou dans celle de réception; ce manipulateur pouvait ainsi être utilisé en service courant.

Récepteur, de Dini (1859). — Ce récepteur se caractérise principalement par le réglage de l'entrefer, qui s'obtient en faisant pivoter l'électro-aimant dans le plan horizontal, c'est-à-dire en présentant les noyaux plus ou moins directement à l'armature. Ce résultat est obtenu grâce au montage des bobines sur une plate-forme articulée, qu'on déplace à l'aide d'une manette.

Récepteur, de Digney (1859). — Dans les systèmes précédents, la molette restait invariablement en contact avec la même tranche du tampon, dont l'encre se trouvait rapidement absorbée, tandis que le reste était encore inutilement imbibé. Pour remédier à cet inconvénient, la chape qui supporte le tampon est munie d'un canon taraudé, mobile sur un manchon fileté (fig. 60) celui-ci est enfilé sur son axe. En tournant le bouton qui termine le manchon, on déplace la chape longitudinalement et on peut ainsi présenter successivement à la molette toutes les génératrices du tampon.

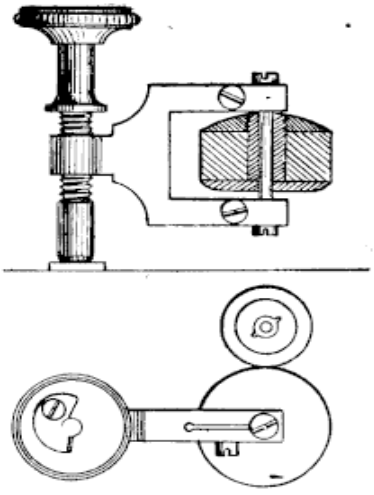


Fig. 60.

Récepteur Morse à déclanchement automatique, de Cuche (1859). — L'axe M (fig. 61) qui commande la vis sans fin du modérateur, est entaillé d'un pas de vis, V; un second axe, A, parallèle au précédent, porte un couteau, C, engagé dans le pas de vis,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de sorte que, lorsque la roue de vis sans fin se met à tourner, le second axe, entraîné par le couteau, se déplace longitudinalement sur ses pivots en comprimant son ressort, R ; dans ce mouvement, un petit levier, L, vient bientôt se mettre en prise avec une butée, B, fixée sur l'axe du volant, et arrête l'appareil. Lorsque l'armature est actionnée, son levier, L1, dégage le couteau par l'intermédiaire d'une bascule, *b* ; l'axe est alors ramené, par le ressort à boudin, au commencement du pas de vis, et le mouvement d'horlogerie se met en marche. Le couteau étant ainsi libéré à chaque mouvement de l'armature, l'arrêt n'a lieu que lorsque la réception est terminée.

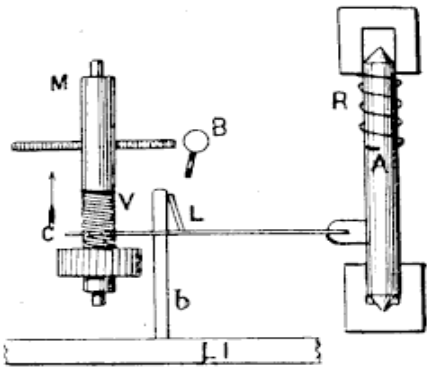


Fig. 61.

Récepteur à déclanchement automatique, de Siemens (1859). — L'électro-aimant polarisé, agencé comme celui du relais de Siemens (v. p. 393) est couché horizontalement à l'intérieur de la cage, un bouton extérieur permet de déplacer le prolongement polaire du noyau supérieur, pour le réglage de l'entrefer.

Le récepteur sert en même temps de relais ; à cet effet, l'armature porte, du côté opposé au couteau, un appendice qui oscille entre deux butoirs ; il est muni d'un ressort-lame, à la partie qui s'appuie sur le butoir de travail, afin d'assurer, tout à la fois, un bon contact électrique et un appui convenable du papier contre la molette.

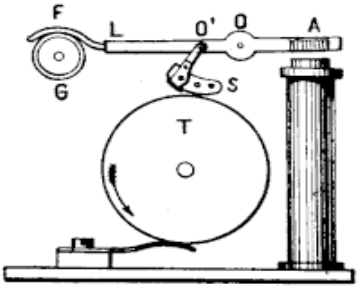


Fig. 62.

Le dispositif de déclanchement automatique du mouvement d'horlogerie est commandé par un électro-aimant, en série sur la ligne avec celui du récepteur. L'armature A (fig. 62), de cet électro supplémentaire, est placée au bout d'un levier, L, mobile en O, et dont l'extrémité opposée est terminée par une pièce arrondie, F ; sous l'action d'un contre-poids, cette dernière vient faire frein sur un galet en ivoire, G, monté sur l'axe du modé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rateur, et maintient le système d'horlogerie au repos. Dès qu'un courant arrive de la ligne, l'armature, A, est attirée, et le frein, F, libère les rouages, qui se mettent à tourner. L'armature du frein reproduit ainsi tous les mouvements de celle du récepteur. Afin que l'arrêt ne puisse se produire entre les signaux, le levier, L, porte, en outre, un sabot, S, articulé en O', qui, à l'état de repos, s'appuie sur un tambour, T, monté sur l'axe du barillet; le mouvement du tambour tend à chasser le sabot vers la gauche et retarde la descente du levier, L, lorsque l'armature, A, cesse d'être attirée. Un petit levier extérieur, non visible sur la figure et porté par le même axe, O, permet de déplacer à volonté le levier, L.

Crayon-manipulateur, d'Ailhaud (1860). — Ne dépasse guère les dimensions d'un porte-plume ordinaire; consiste en un tube de cuivre, recouvert d'une enveloppe isolante, I (fig. 63)



Fig. 63.

à la partie médiane, destinée à être tenue dans la main. A l'extrémité inférieure se trouve un petit manchon porte-crayon, M, solidaire d'un piston, P, traversant le tube dans toute sa longueur. Vers l'autre bout, le piston commande un levier basculant, qui porte le ressort-manipulateur, R, mobile entre deux butoirs; des fils souples amènent les communications de pile et de récepteur aux-dits butoirs et la ligne au levier. Chaque fois qu'on trace un point ou un trait avec le crayon, le piston est repoussé, le levier basculant amène le ressort-manipulateur sur son butoir de pile et le signal est expédié sur la ligne; dès que cesse la pression sur le crayon, un ressort à boudin, *r*, ramène le piston à la position de repos, et, avec lui, le ressort-manipulateur.

Manipulateur inverseur, pour lignes sous-marines, de Thomson (1860). — Les deux touches, R et R' (fig. 64), sont reliées respectivement à la ligne, L, et à la terre, T; le pôle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

négatif de la batterie est amené au pontet servant de butée commune de repos; le positif est relié aux enclumes de travail. Dans la position d'attente, le pôle négatif et le câble sont à la

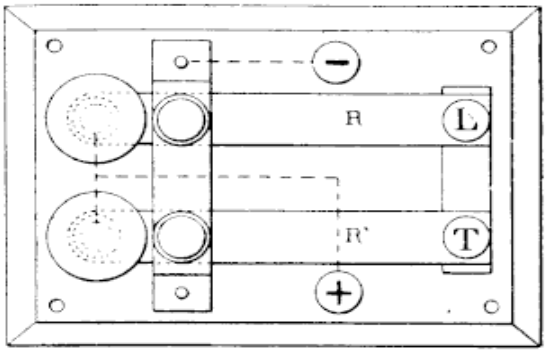


Fig. 64.

terre; l'abaissement de la touche R détermine l'envoi d'un courant positif et celui de R', l'envoi d'un négatif.

Récepteur, de Siemens (1861). — La molette, M, baigne dans un récipient rempli d'encre (fig. 65); elle est articulée de

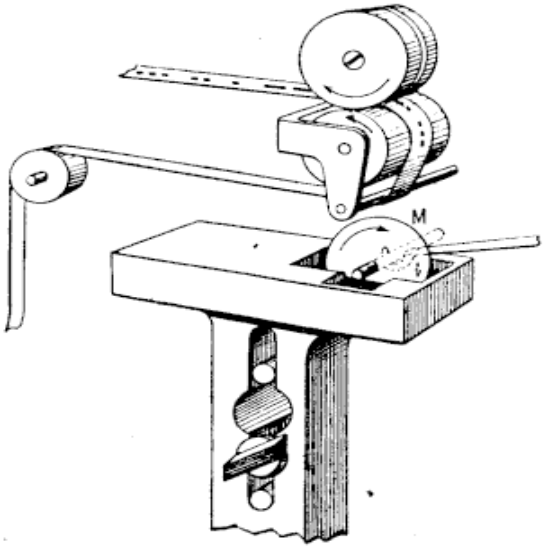


Fig. 65.

manière à pouvoir être soulevée par un bec solidaire de l'armature, qui l'amène au contact de la bande.

Manipulateur pour courant continu (1861). — Le levier est divisé en deux parties (fig. 66); celle d'avant, L^2, est articulée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur l'autre, L^1, et, sous l'action d'un ressort, R, vient s'appuyer sur une butée, V, reliée à la pile : celle-ci se trouve ainsi en permanence sur la ligne. Pour transmettre, on redresse la partie antérieure en la tirant vers la gauche et le contact est rompu. Ce manipulateur, employé en télégraphie militaire, permet à

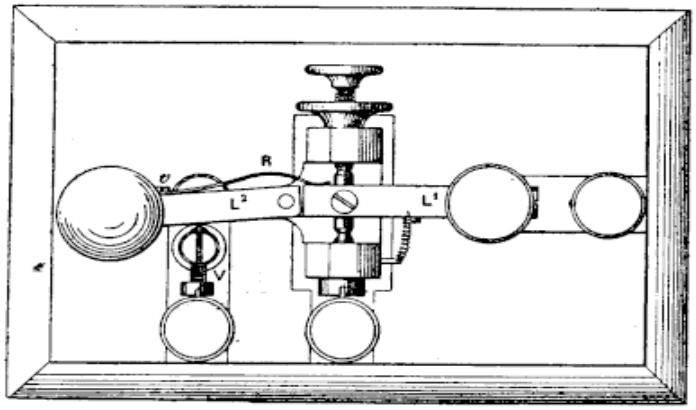


Fig. 66.

deux correspondants de grouper en tension leurs piles respectives (fig. 67).

L'expression « courant continu » n'est pas absolument exacte,

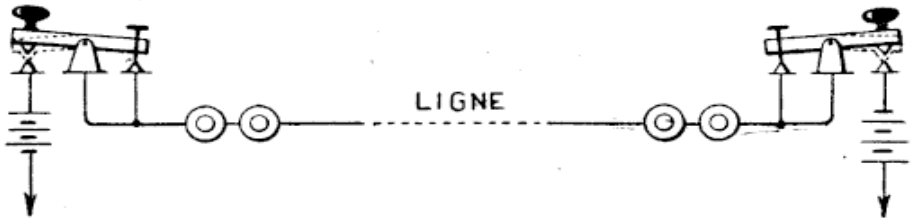


Fig. 67.

car les transmissions ont lieu à la façon ordinaire et le courant n'est permanent que dans les intervalles de repos.

Récepteur électro-chimique de Gintl (1863). — Avec les systèmes précédents (v. p. 89) le papier séchait assez rapidement et les signaux pouvaient manquer de netteté. Dans le récepteur de Gintl (fig. 68), il est préparé juste au moment de son utilisation, en passant sur une petite éponge, plongeant dans la dissolution chimique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Manipulateur à courant de repos, de Siemens (1864). — Construit pour la transmission sur les câbles sous-marins ; ce

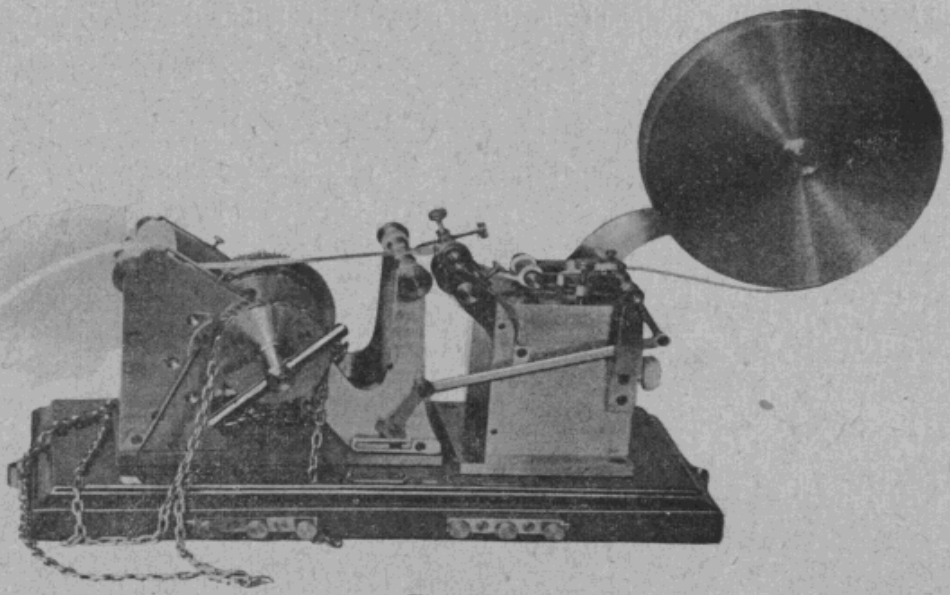


Fig. 68.

manipulateur se compose de deux leviers, placés l'un au-dessus de l'autre, et dont les points de pivotage sont indépendants

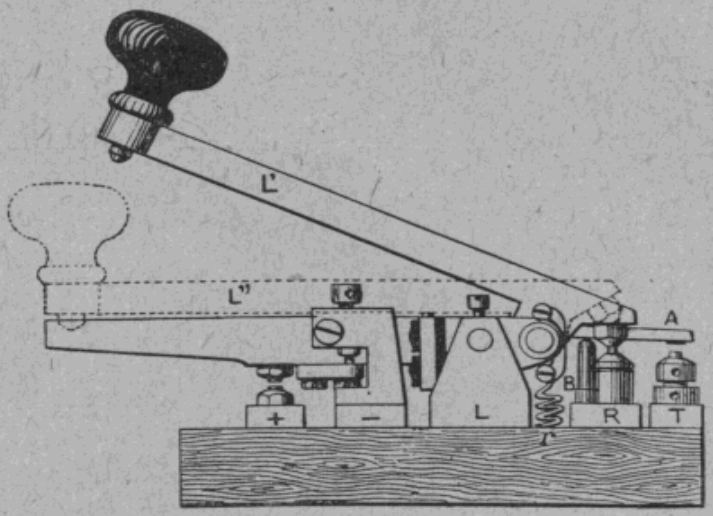


Fig. 69.

électriquement. L'axe du levier supérieur, L' (fig. 69) est en communication avec la ligne, L, sa butée de repos, R, avec le récepteur; un ressort à boudin, *r*, le maintient relevé. L'axe du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

second levier est isolé; sa butée de repos est reliée à une pile négative, —, et celle de travail à une pile positive, +. Pour transmettre, on abaisse le levier supérieur qui, arrivant au contact dans la position L″, lui donne la ligne et on émet des courants alternés; dès qu'on abandonne le bouton, le levier, L′, se redresse et revient dans la position de réception; pendant ce trajet, un appendice articulé, A, maintenu par un ressort à boudin, rencontre, pendant un temps court, une butée, T, reliée à la terre, et la ligne se décharge; puis l'appendice rencontre un petit bloc cylindrique, B, qui le tient éloigné de la butée de terre.

Récepteur Morse allemand (1870). — Semblable, dans ses grandes lignes, à celui décrit plus haut (v. p. 98). Toutefois, le

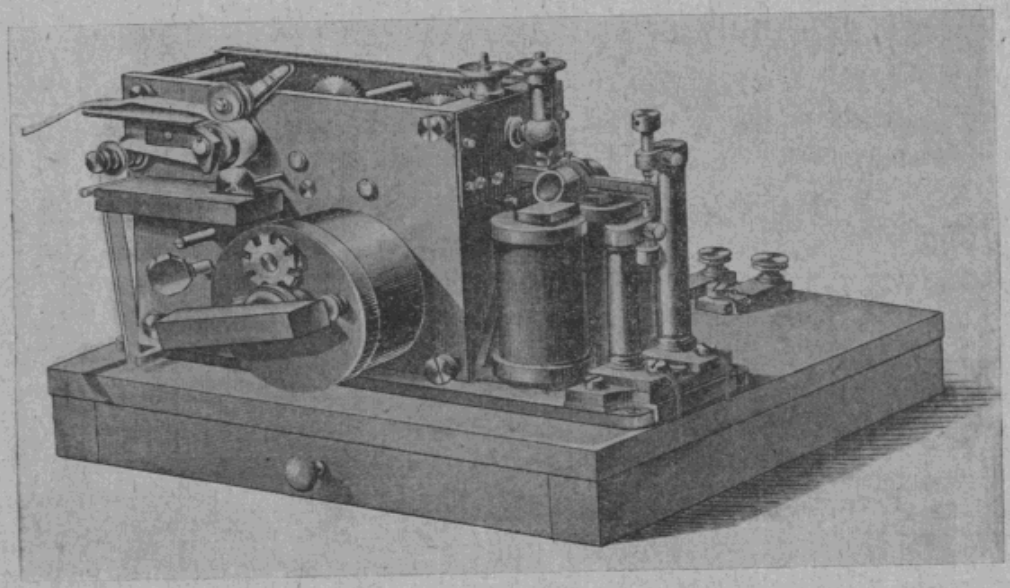


Fig. 70.

tambour contenant le ressort moteur est placé complètement à l'extérieur de la cage, dans une boîte cylindrique portant, à l'avant, la croix de Malte; la poignée de remontage est constituée par une barre en ébonite (fig. 70).

L'entrée et la sortie de chacune des bobines sont reliées à quatre plots, situés à l'arrière et constituant une sorte de commutateur. Dans la position normale, la sortie de la première bobine est reliée à l'entrée de la seconde; mais, on peut, à l'aide d'une fiche, mettre en court-circuit l'une ou l'autre des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux bobines, et harmoniser ainsi la résistance du récepteur avec celle de la ligne.

Manipulateur pour transmission duplex, de Vaes (1873). — A l'état de repos, l'extrémité postérieure du levier manipulateur, M (fig. 71) se trouve un peu au-dessous d'une vis de contact, portée par un petit bras de levier, *l*; celui-ci est articulé

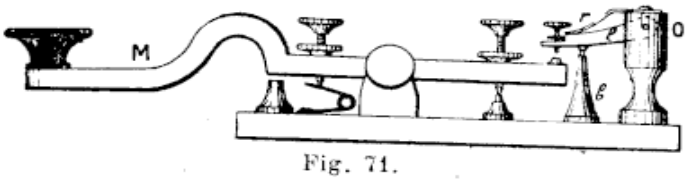


Fig. 71.

en O et s'appuie sur une butée médiane, *b*, sous l'action d'un ressort, *r*. Le pivot du levier, *l*, est relié au pont du différentiel, qui reçoit la terre par la butée, *b*, à travers un rhéostat; lorsqu'on actionne le manipulateur, le pont n'est isolé à aucun moment et le court-circuit momentané de la pile, reliée à la butée antérieure du levier, est atténué par la présence du rhéostat.

Manipulateur magnéto-électrique, de Bréguet (1871). — Ce manipulateur se compose d'un faisceau d'aimants en fer à cheval (fig. 72), sur chacun des pôles duquel est montée une bobine; sur les noyaux est collée une armature en fer doux, solidaire d'un levier articulé, qui constitue le manipulateur proprement dit, et se termine par un bouton. Lorsqu'on le manœuvre, on engendre, dans les bobines et sur la ligne, des courants d'induction, dont le sens s'inverse, suivant que l'armature s'éloigne des noyaux ou revient au contact; ce manipulateur était surtout employé pour actionner à distance des exploseurs.

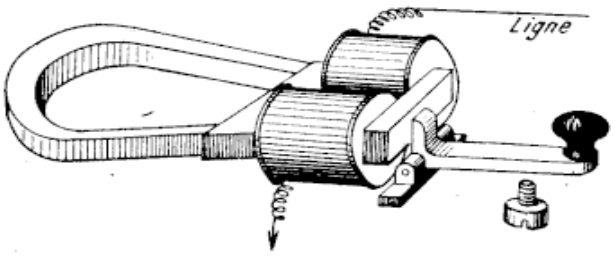


Fig. 72.

Manipulateur magnéto-électrique, de Dujardin (1872). — Un fort faisceau d'aimants, dont les extrémités polaires cons-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tituent les noyaux de deux bobines (fig. 73); l'armature peut tourner devant ces noyaux; son axe porte un collecteur pour recueillir les courants d'induction, et un pignon denté pour l'entraînement de l'axe; ce pignon est mis en mouvement par

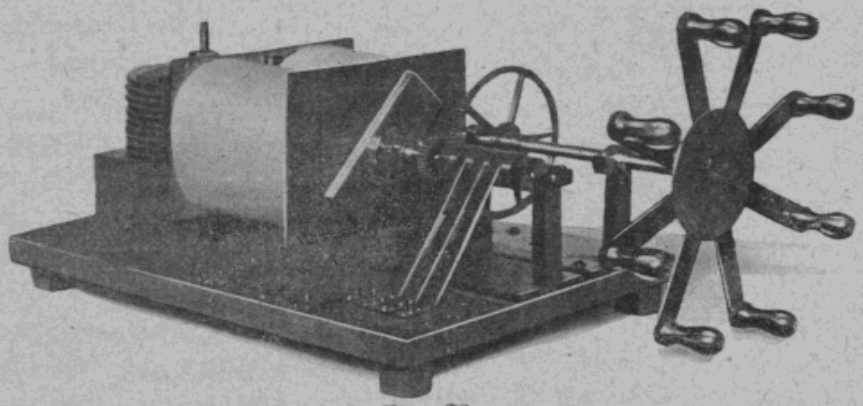


Fig. 73.

une grande roue d'engrenage, sur l'axe de laquelle agit l'opérateur, à l'aide d'une sorte de cabestan. Servait aux mêmes usages que le précédent.

Récepteur, de Charrière (1873). — Le réglage de la position des noyaux et des butoirs de l'armature est indépendant de celui du couteau; à cet effet, les deux butoirs et l'armature, A, sont montés sur une sorte de bâti, B, susceptible de pivoter en *p* (fig. 74) concentriquement à la molette, M; les déplacements sont obtenus au moyen d'une vis à bouton, *b*, prise en collet.

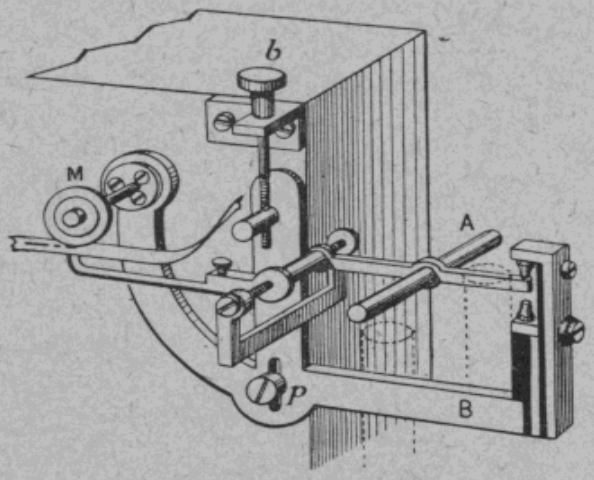


Fig. 74.

Siphon enregistreur, dit recorder, de Carpentier (1875). — Sir William Thomson imagina, en 1867, pour la réception sur les câbles sous-marins, un appareil enregistreur à siphon dit « Siphon Recorder »; cet appareil, simplifié par Carpentier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 75), comporte une bobine réceptrice, formée d'un fil de cuivre recouvert de soie, et dont les spires, collées à la gomme laque, forment un cadre rigide, comprenant deux circuits, de 250 ohms chacun ; ce cadre, suspendu par un double fil de cocon, *f*, est placé dans un champ magnétique puissant, constitué par un fort aimant permanent. Le cadre de la bobine, D, entoure un cylindre creux en fer doux, C, qui concentre les lignes de force et augmente ainsi l'intensité du champ dans lequel se déplace la bobine; celle-ci oscille dans un sens ou dans l'autre, suivant la direction du courant reçu. Le cadre porte un petit index en aluminium, *e*, percé de trous et terminé à l'avant par une sorte de fourche : on introduit dans l'un des trous la branche verticale d'un siphon, constitué par un tube capillaire en verre, de 10 centimètres de longueur, qui vient plonger dans un encrier, K, monté sur une glissière, *c*, et contenant une dissolution de bleu d'aniline; la partie horizontale du siphon est engagée dans la fourche de l'appendice et fixée par un peu de cire vierge; la partie oblique vient affleurer la bande, entraînée par un mouvement d'horlogerie indépendant et pressée par deux ressorts-lames sur une tablette métallique ; le siphon, suivant tous les mouvements de la bobine, trace sur la bande une ligne ondulée, les sommets cor-

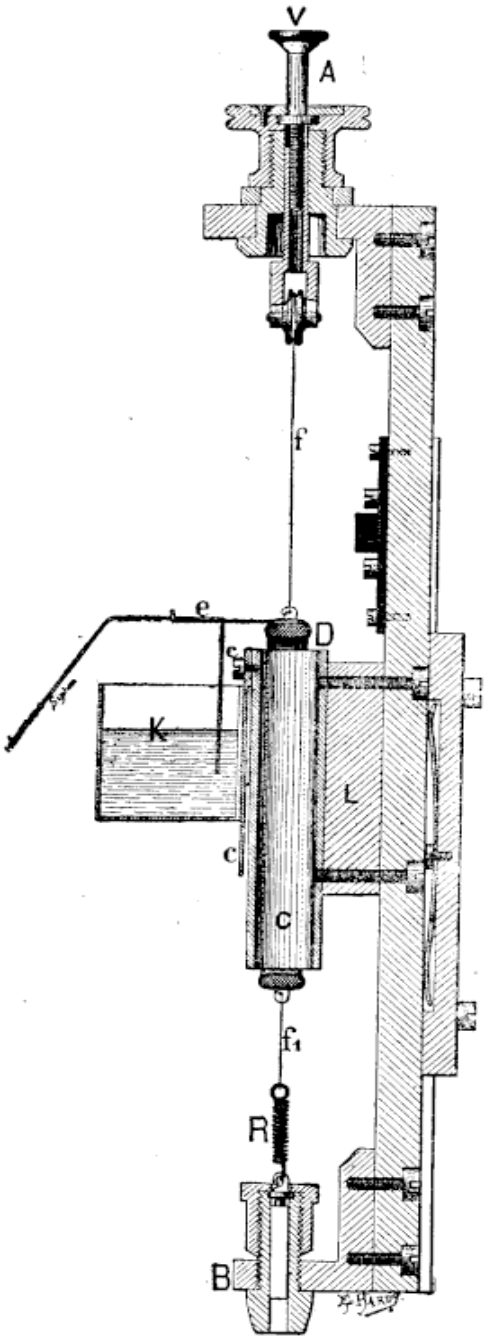


Fig. 75.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

respondant aux points ou aux traits de l'alphabet Morse, suivant qu'ils se trouvent au-dessus ou au-dessous de la médiane.

Afin de réduire au minimum l'appui du siphon sur la bande, la tablette métallique est montée sur une sorte de potence qu'on peut, à l'aide d'une vis à bouton moleté, faire pivoter autour d'un axe, ce qui permet de régler le parallélisme entre le plan de la bande et celui dans lequel se déplace l'extrémité du siphon; en outre, cette potence est montée sur une sorte de chariot, que deux autres vis à bouton sont susceptibles de déplacer, l'une verticalement, l'autre horizontalement ; lorsqu'on a eu à changer le tube de verre, on peut ainsi présenter la tablette dans les meilleures conditions, suivant la longueur et la courbure du nouveau siphon.

Le fil de cocon, qui soutient le cadre, est accroché à celui-ci par ses deux extrémités ; il passe sur une petite molette, soutenue elle-même par une tige filetée, V, qu'on peut monter ou descendre à volonté ; deux fils transversaux, s'enroulant autour de deux vis, permettent d'écarter les fils de suspension ; un autre fil de cocon, f_1 est accroché à la partie inférieure du cadre, et peut être tendu par un ressort, R, fixé d'autre part à un bouton à vis; on règle ainsi, tout à la fois, la position de la bobine par rapport aux branches de l'aimant, sa période d'oscillations et aussi l'azimut dans lequel la bobine doit revenir après chaque déplacement.

Manipulateur Morse, modèle des Ateliers (1876). — Le levier est mobile entre pointes (fig. 76) ; l'une des vis-pivots est

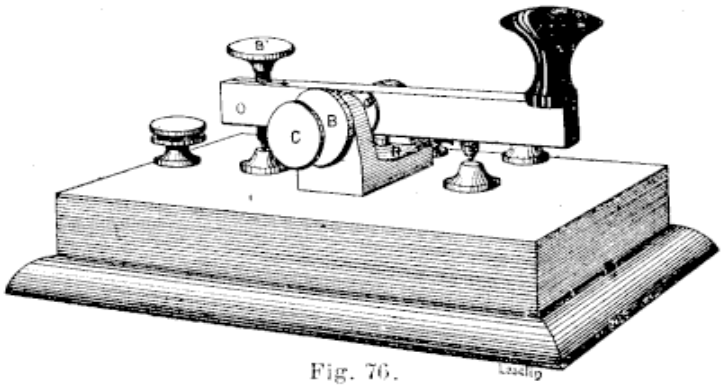


Fig. 76.

bloquée une fois pour toutes ; l'autre est terminée par un bouton moleté, C, et réglable à l'aide d'un contre-écrou, B. La butée de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

repos est également réglable à l'aide d'une vis à bouton moleté, B′, immobilisée ensuite par une contre-vis. Le ressort antagoniste, R, est constituée par une petite lame d'acier, fixée sur la chape.

Récepteur électro-chimique pour câbles sous-marins, de Ailhaud (1878). — Quatre bobines, formant deux électro-aimants distincts (fig. 77). Un fil de cocon, *f*, accroché à la tige filetée, B, soutient l'équipage, qui consiste en un fil d'aluminium, *f′* portant deux petits aimants, *a* et *b*, orientés en sens inverse, et une tige, *l*, en aluminium, dont l'extrémité recourbée vient se placer un peu au-dessus de la bande, imprégnée d'une solution amidonnée d'iodure de potassium. L'extrémité inférieure du fil support plonge dans un godet, G, rempli de mercure, relié au secondaire d'une bobine d'induction, I, communiquant, d'autre part, avec le cylindre métallique sur lequel doit avoir lieu l'impression. Dès qu'on excite le primaire de la bobine, on obtient une série ininterrompue d'étincelles entre le papier et la tige, *l* qui suit, en les amplifiant, toutes les oscillations des aimants, *a* et *b* ; il en résulte une trace bleue, analogue à celle que laisse le siphon enregistreur (v. p. 104). La potence en ébonite porte également un aimant directeur, N-S, qui ramène les petits aimants dans l'azimut convenable, dans les intervalles entre les signaux.

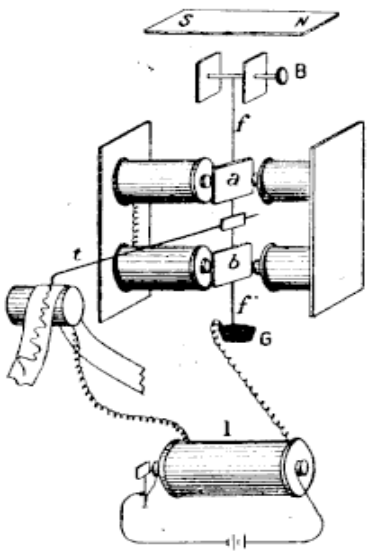


Fig. 77.

L'appareil est porté sur un socle, avec vis calantes et niveau d'eau circulaire.

Manipulateur Morse à décharge, de Leydier (1878). — Une petite équerre, fixée sous la partie antérieure du manipulateur, est isolée de celui-ci et reliée à la terre ; sur le socle est fixée une barre métallique, qui porte, à chaque bout, un ressort-lame. A l'état de repos, le ressort d'avant s'appuie sur l'équerre ; celui d'arrière se trouve à une petite distance d'une autre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

équerre fixée, comme la première, sous le levier. Quand on abaisse celui-ci, il se trouve un moment où l'équerre d'arrière vient rencontrer son ressort avant que celle d'avant ait quitté le sien : la ligne se trouve momentanément à la terre. Pendant le retour au repos, le mouvement inverse s'opère, et la ligne est mise à la terre pendant un temps court, suffisant pour la décharge.

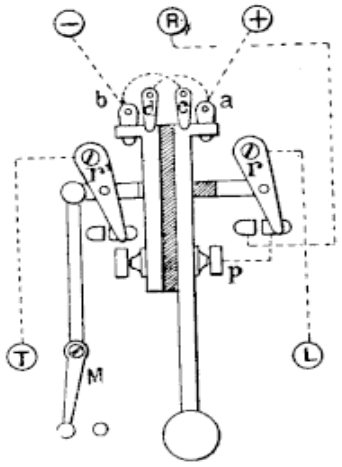


Fig. 78.

Manipulateur Morse inverseur, de Varley (1880). — Une manette M (fig. 78) permet de déplacer 2 ressorts, r, r', isolés l'un de l'autre; le premier sert à renvoyer la ligne, soit à l'entrée, R, du récepteur, soit au pivot, p, du levier-manipulateur; celui-ci porte un second levier, isolé du premier par de l'ébonite et relié à la terre par le ressort, r', lorsque la manette est dans la position de transmission. A l'état de repos, les deux leviers s'appuient chacun sur un ressort, a et b, communiquant respectivement avec le pôle positif et le pôle négatif de la batterie : on envoie alors le courant positif; dans la position de travail, deux autres butées flexibles, c et d, mettent le négatif à la ligne et le positif à la terre.

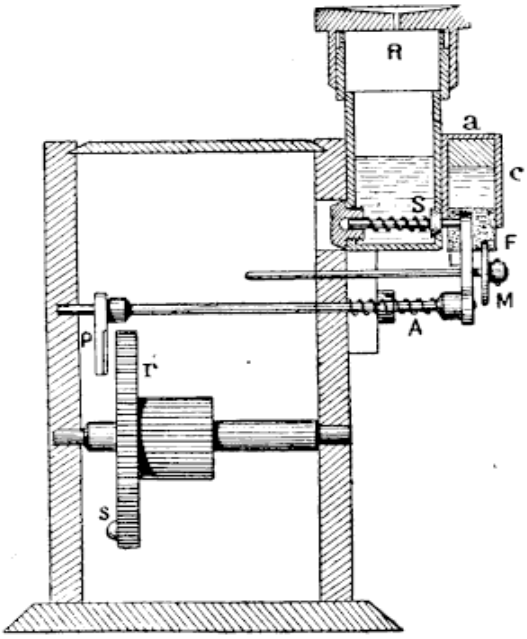


Fig. 79.

Récepteur Morse, de Rault et Chassan (1881). — L'encre est contenue dans un réservoir, R (fig. 79) fermé à sa partie inférieure par une soupape, S, maintenue elle-même par un ressort à boudin. Un axe, A, porte, à son extrémité antérieure, un bras de levier, L, et, à l'autre, un plan incliné, P; la roue, r, du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouvement d'horlogerie, porte une saillie, *s*, qui, à chaque révolution, vient pousser le plan incliné, P, vers la gauche; dans ce mouvement, l'axe, A, est entraîné; le levier, L, poussant la soupape, permet l'admission d'une goutte d'encre, qui vient imbiber le feutre, F, sur lequel frotte la molette, M. L'axe, A, revient aussitôt au repos, sous l'action d'un ressort à boudin, et la soupape se referme.

Manipulateur Morse inverseur, d'Arnauné (1883). — Les butées d'avant et d'arrière comportent chacune deux prises de contact, l'une à ressort, l'autre rigide (fig. 80); le manipu-

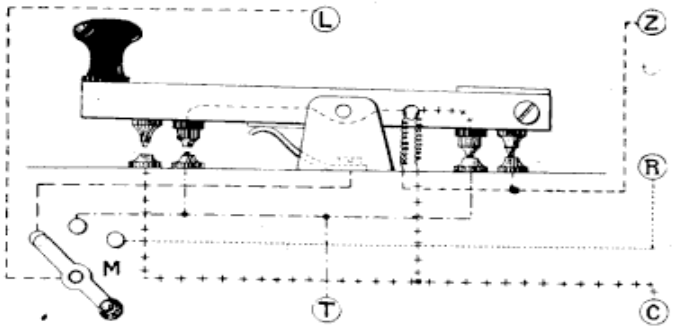


Fig. 80.

lateur est muni, à ses extrémités, de deux marteaux, dont l'un est isolé du levier; enfin une manette, M, à trois positions, sert à mettre la ligne sur transmission ou sur réception; la position intermédiaire est une prise de terre. Lorsque le manipulateur

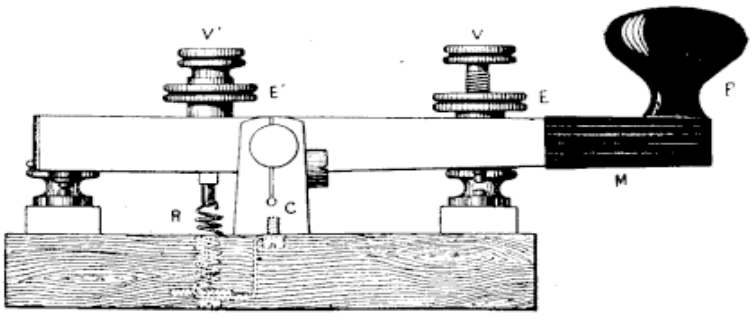


Fig. 81.

est au repos et sur transmission, le zinc de la pile se trouve à la ligne et le cuivre à la terre.

Manipulateur Morse allemand (1885). — Le levier pivote entre deux vis, dont l'une seule est réglable (fig. 81); le jeu du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

levier est limité par une vis, V, munie d'un contre-écrou, E, et dont l'extrémité platinée sert à la prise de pile. Le ressort à boudin, R, est fixé, par son extrémité inférieure, à une plaque de laiton, solidaire de la chape, C; sa tension est réglée par la manœuvre d'une vis, V', immobilisée par un contre-écrou, E'. Les butées, reliées à la pile et au récepteur, sont constituées par de forts ressorts-lames, qui fléchissent légèrement et rendent le manipulateur à peu près silencieux. La partie antérieure du levier, au-dessous du bouton, B, est enveloppée d'un manchon d'ébonite, M, qui évite que l'opérateur puisse se trouver en contact avec la pile.

Manipulateur Morse à décharge, de Schaeffer (1886). — Le levier-manipulateur (fig. 82) est terminé par une sorte de fourche formée de deux ressorts-lames, R; ceux-ci embrassent une borne en ivoire, I, portant un disque métallique relié à la terre,

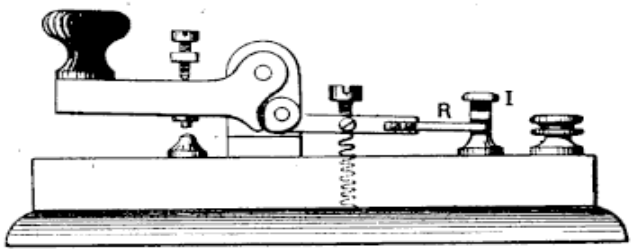


Fig. 82.

et, comme ils communiquent avec la ligne, la décharge a lieu avant et après chaque émission.

Dans un second modèle, la borne en ivoire porte deux dis-

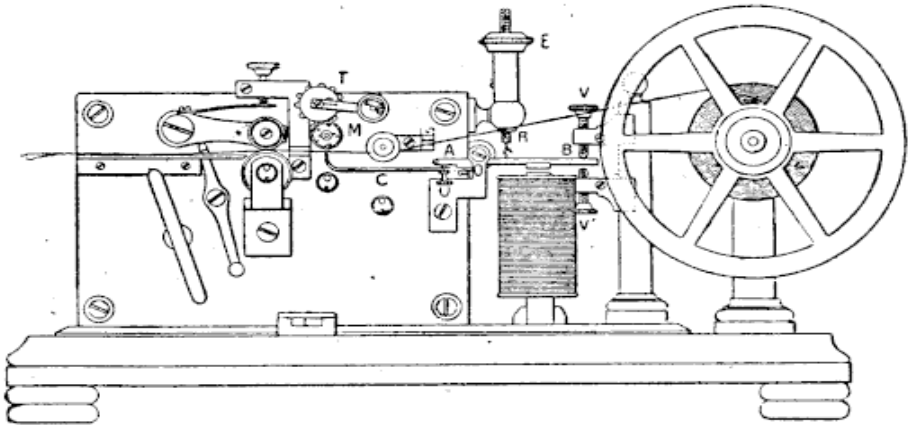


Fig. 83.

ques, reliés, l'un à la terre, l'autre à une pile négative, avec lesquelles la ligne se trouve mise successivement en relation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Récepteur Morse, modèle de 1889. — C'est le dernier type, encore en usage à l'heure actuelle (fig. 83) ; les bobines ont chacune 250 ohms de résistance ; l'armature, plate, est réglable au moyen du tendeur, E, agissant sur le ressort, R ; son axe pivote entre pointes, son levier, A, porte le couteau réglable, C ; la molette, M, et le tampon déplaçable, T, sont du modèle de Digney, modifié de la façon suivante (fig. 84) : le tampon porte, sur sa face arrière une série de dents arrondies ; la molette est munie de goupilles, plantées parallèlement à son axe, et formant une sorte d'engrenage à lanterne, qui entraîne les dents du tampon et l'obligent à tourner ; on évite ainsi que l'encre oléique, qui a pu se déposer sur son axe, s'oppose au mouvement, et on obtient un encrage plus régulier.

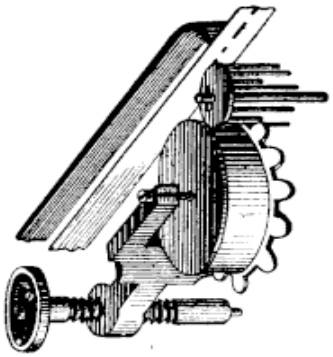


Fig. 84.

Manipulateur Morse à simple décharge, de Farjou (1890). — Sur le côté gauche du socle (fig. 85), parallèlement au manipulateur, est une rigole, dans laquelle est enfermée une bille en agate, B ; à l'état de repos, cette bille s'appuie sur l'extrémité d'un ressort, R, relié à l'entrée des bobines du récepteur, et l'éloigne de sa butée, T, qui communique avec la terre. Lorsqu'on abaisse le manipulateur, un appendice, A, vient frapper sur un levier à bascule, L, et chasse la bille, qui remonte la pente de la rigole : le ressort vient alors au contact de sa butée et l'entrée du récepteur est mise à la terre ; le levier, L, s'oppose à ce que la bille, redescendue, appuie de nouveau sur le ressort. A la fin du signal, le manipulateur est revenu sur repos avant que la bille ait repris sa place, et la ligne se trouve un instant à la terre.

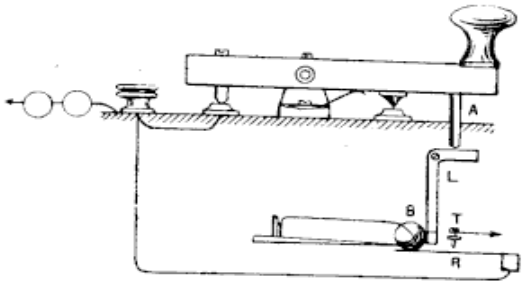


Fig. 85.

Manipulateur Morse à double décharge, de Farjou (1892). — En outre de la décharge à bille, le manipulateur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte, à l'avant, un appendice, *a* (fig. 86) engagé entre les branches d'une fourchette, F, susceptible de pivoter en son point milieu, et dont le bras opposé est calé par un ressort à encoche, *r*, relié à une pile négative, P. L'encoche est placée de telle sorte qu'à l'état de repos, l'appendice, *a*, et la fourchette, F, ne se touchent que par la partie en ivoire qui garnit la face inférieure de l'appendice; lors de l'abaissement du manipulateur,

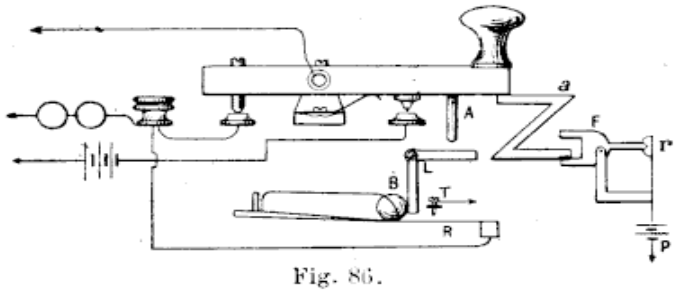


Fig. 86.

la fourchette est entraînée, son bras libre vient se caler sur le sommet de l'encoche et ne peut redescendre de lui-même. Dès qu'on relève le manipulateur, l'appendice, *a*, rencontre la fourchette par sa branche supérieure platinée : la ligne se trouve momentanément reliée à la pile négative ; puis la fourchette reprend sa position initiale et, à ce moment, la décharge à la terre s'opère par le dispositif à bille.

Manipulateur Morse à double décharge et à compensation, de Farjou (1893). — Comporte en plus de l'agencement

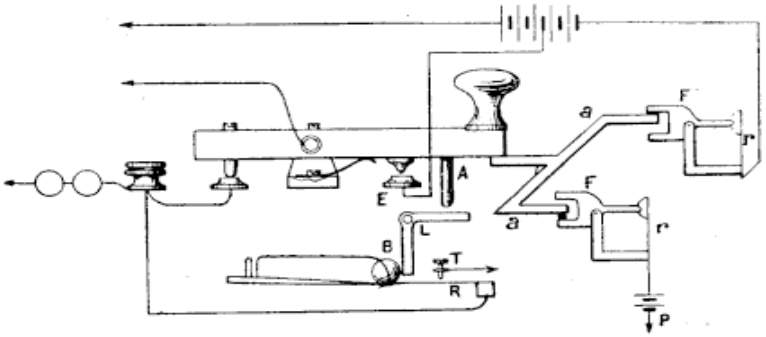


Fig. 87.

précédent, un dispositif de « compensation » : le manipulateur porte une seconde fourchette, F' (fig. 87) agencée comme la première, et reliée à la batterie positive de voltage maximum,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tandis que l'enclume de travail, E, reçoit un voltage réduit. Le premier se trouve relié à la ligne lorsqu'on commence à abaisser le manipulateur; mais, dès que celui-ci arrive sur son enclume de travail, la fourchette est venue se caler sur le sommet de l'encoche, et c'est la batterie réduite qui continue l'émission. Lors du retour au repos, la décharge s'opère par la pile négative, puis par le dispositif à bille; la seconde fourchette, F', est ramenée dans son encoche par la partie garnie d'ivoire de l'appendice, *a*, du manipulateur.

Manipulateur Morse, de Baudot (1893). — L'axe, A (fig. 88) du levier, L, est traversé par une vis à portée qui, passant librement dans la branche de gauche de la chape, C, taraude

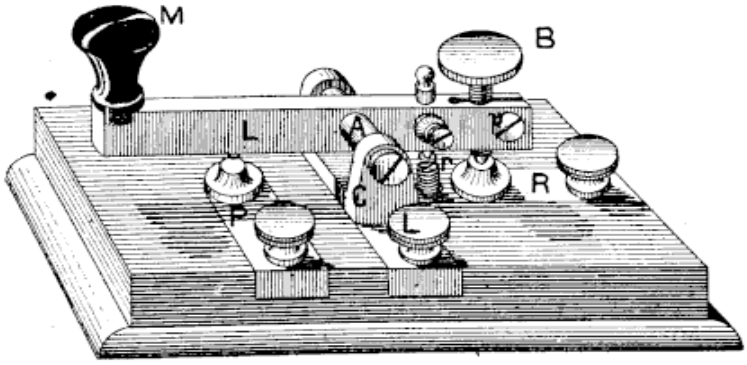


Fig. 88.

dans celle de droite; le ressort à boudin, *r*, est accroché, d'une part à une pièce solidaire de la chape, d'autre part à un crochet terminant une petite tige, qu'on immobilise à l'aide d'une contre-vis; la vis de butée de repos, B, est à bouton moleté avec contre-vis.

Manipulateur Morse allemand (1894). — Plus petit et

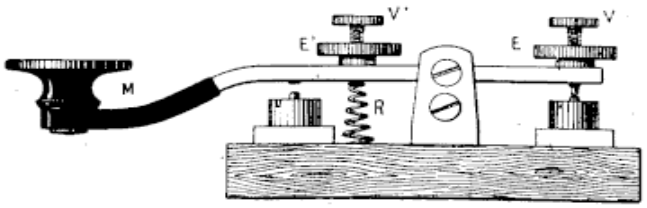


Fig. 89.

plus léger que le modèle de 1885 (v. p. 108), il sert spécialement pour correspondre avec les postes munis de parleurs, pour les-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quels la rapidité de la transmission est sensiblement plus grande. La butée d'arrière est réglable à l'aide d'une vis, V (fig. 89) et d'un contre-écrou, E ; le même réglage s'applique au ressort, R, par la vis, V' et le contre-écrou, E' ; le ressort présente cette particularité qu'il est conique et agit par compression, étant placé entre l'axe et la butée de travail. La partie antérieure du levier est, comme dans le modèle précédent, protégée par un manchon d'ébonite, M.

APPAREILS MORSE A DEUX STYLES

Les appareils à deux styles ont pour objet, comme il a été dit plus haut (v. p. 84), d'augmenter le rendement du Morse, en permettant de transmettre les traits dans le même temps que les points.

Appareil à deux styles, d'Estienne (1882). — L'armature de l'électro-aimant récepteur est polarisée par le voisinage d'un aimant permanent, qu'on peut déplacer de manière qu'à l'état de repos, l'armature se tienne en équilibre, à égale distance de ses deux butoirs. Deux plumes, l'une courte, P (fig. 90) pour les points, l'autre longue, T, pour les traits, plongent dans l'encre oléique, et sont susceptibles de pivoter autour de leurs axes, O et O' ; chacune d'elles s'appuie, à l'état de repos, sur la fourchette, F, solidaire de l'axe, BB', de l'armature de l'électro-aimant. Si on reçoit un courant positif, par exemple, celle-ci se déplace vers la droite : la plume, P, est soulevée par la fourchette et vient au contact du papier, sur lequel elle trace une petite barre, perpendiculaire à la longueur de la bande : pendant ce temps, la plume, T, abandonnée par la fourchette, s'abaisse. Aussitôt l'émission terminée, l'armature revient à sa position initiale et les deux plumes

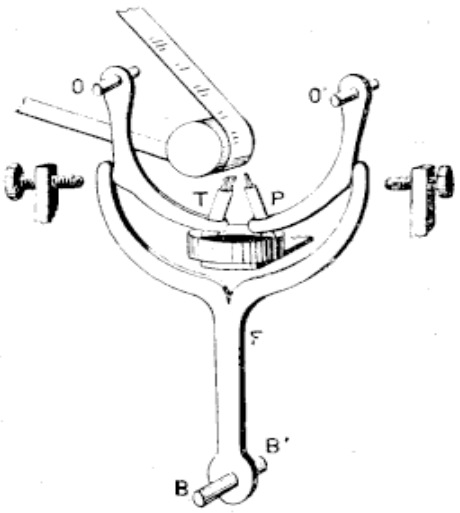


Fig. 90.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

également. Un courant négatif produit l'effet inverse: c'est la plume, T, qui s'élève et imprime un trait.

Le manipulateur (fig. 91) se compose de deux touches : l'une pour transmettre les points, l'autre pour les traits; toutes deux sont en relation avec la ligne et reliées, quand elles sont au repos, à l'entrée du récepteur par un ressort, R, et sa butée. Ce ressort porte, à sa partie arrière, une pièce métallique traversée

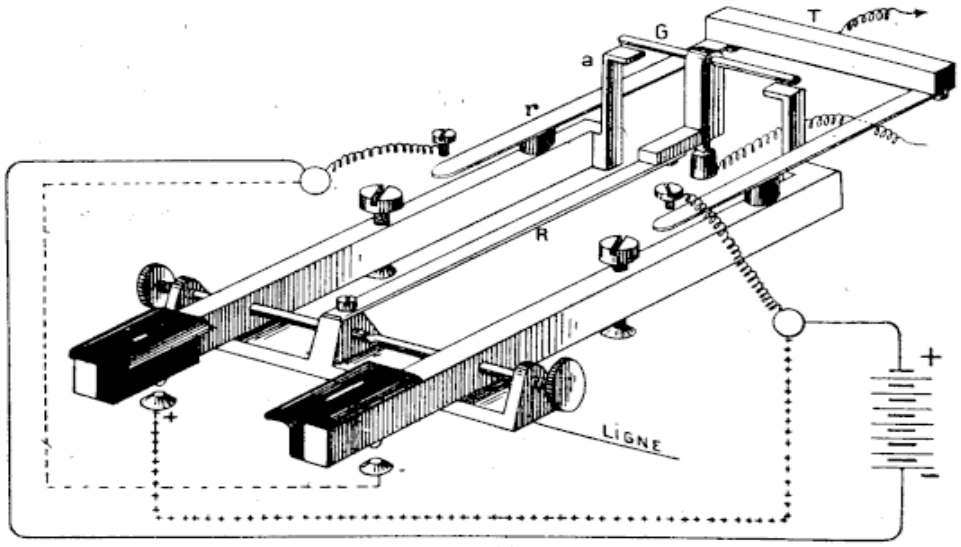


Fig. 91.

par une goupille, G, qui émerge de chaque côté. Quand on abaisse la touche des points, par exemple, l'appendice, *a*, vient soulever la goupille, G, et isole le récepteur; la partie antérieure arrivant au contact de l'enclume de travail, le pôle positif de la batterie est mis à la ligne; en même temps, la partie arrière, munie à cet effet d'une rondelle d'ébonite, soulève un ressort, *r*, et l'amène au contact d'une butée reliée au pôle négatif; celui-ci se trouve mis à la terre. Lorsqu'on abaisse la touche des traits, c'est le négatif qui va à la ligne et le positif à la terre.

Appareils à deux styles, d'Hérodote (1889). — Ce système comporte deux électro-aimants, l'un ordinaire, E (fig. 92), l'autre polarisé, E', orienté pour fonctionner seulement sous l'action du courant négatif; quatre molettes encrées, *m*, tournent au-dessus de la bande. Lorsqu'on reçoit un courant positif, l'électro-aimant ordinaire, E, est seul actionné; son couteau, *l*, applique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le papier sur la première des quatre molettes; un petit ressort,

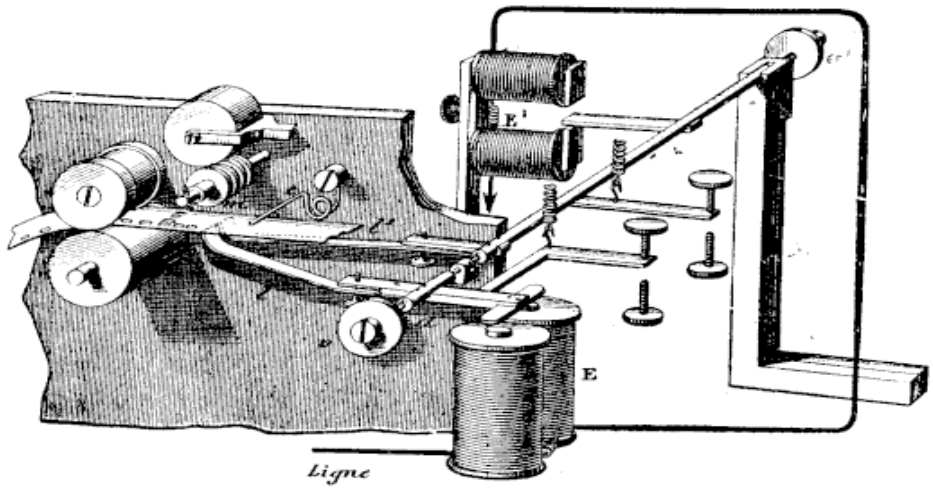


Fig. 92.

t, maintient la bande du côté arrière, et l'empêche de toucher les trois autres molettes : on imprime alors un point. Si, au contraire, on reçoit un courant négatif, les deux électro-aimants fonctionnent simultanément; les deux couteaux, l et l', soulèvent la bande, et l'on obtient quatre points juxtaposés, qui représentent un trait.

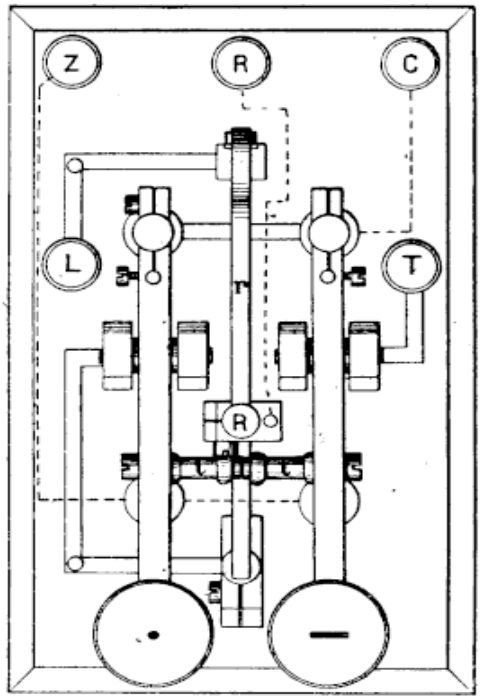


Fig. 93.

Le manipulateur comporte deux touches comme celui d'Estienne; les deux butées de repos sont au positif de la batterie, celles de travail au négatif. La ligne arrive à un ressort, r (fig. 93) placé entre les deux touches, et qui, à l'état de repos, s'appuie sur une butée, R, reliée au récepteur; enfin, chaque touche porte un doigt en ivoire, i, qui, lorsqu'elle est abaissée, entraîne le ressort de ligne et l'amène au contact d'une enclume reliée à l'axe de la touche de gauche;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celui de la touche de droite est à la terre. Si l'on abaisse la touche de gauche, elle prend le positif à son enclume et l'envoie sur la ligne par le ressort qui vient sur sa butée; le négatif reste à la terre par la touche de droite. Si l'on abaisse, au contraire, cette dernière, on met le négatif à la ligne et la touche de droite, venant au contact de son enclume, relie le positif à la terre.

PARLEURS, APPAREILS MILITAIRES ET DIVERS

Parleur-relais à résistance variable, de Bradley (1860). — Fut tout d'abord employé, aux Etats-Unis, par l'*American Company*, comme simple relais, pour actionner les récepteurs Morse. L'électro-aimant ne comporte qu'une bobine (fig. 94); le noyau est prolongé, à chacune de ses extrémités, par une pièce de fer doux, F, recourbée à angle droit, qui revient verticalement le long de la bobine. Entre ces deux pièces polaires est placée l'armature, A, portée en son milieu par un petit ressort-lame très flexible, *r*; ses mouvements sont limités par deux butoirs, B. Lorsqu'on fait passer un courant dans la bobine, l'armature pivote et vient s'appuyer sur le butoir de travail; elle est rappelée au repos par l'action de deux ressorts à boudin, R, R', agissant par différence de tensions.

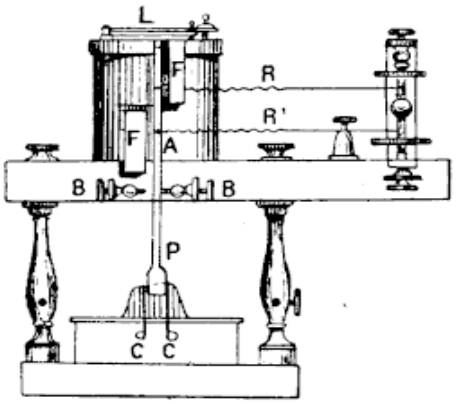


Fig. 94.

Pour faire de cet instrument un parleur, on a muni son armature d'un appendice, P, qui se meut entre deux petites cordes métalliques, C, tendues sur un chevalet, au-dessus d'une boîte sonore; ces cordes vibrent sous le choc de l'appendice, mais leur tension est réglée pour donner des tons nettement différents : on peut ainsi lire « au son » les signaux enregistrés par l'armature.

La bobine est faite en fil nu; les spires d'une même couche sont isolées à la gomme-laque et les différentes couches sont séparées par des feuilles de papier; l'inventeur admettait que, dans le cas de courant trop intense, la gomme-laque chauffée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deviendrait moins isolante et que les dérivations qui en résulteraient, diminuant la résistance, empêcheraient l'échauffement exagéré de la bobine.

La joue supérieure de cette dernière porte quatre plots, auxquels aboutissent respectivement la fin d'une couche de fil et le commencement de la suivante; deux petits bras métalliques, L, pivotant autour d'un point commun, permettent de réunir deux quelconques de ces plots et de mettre en court-circuit les couches correspondantes; on peut ainsi proportionner le nombre des spires actives à l'intensité du courant reçu.

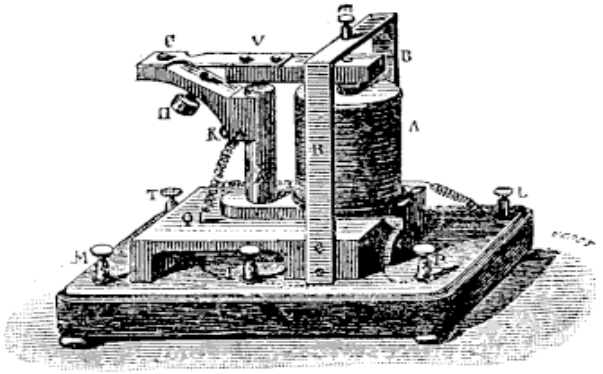


Fig. 95.

Parleur-relais, de Bréguet (1861). — Comporte deux noyaux en fer doux, réunis par une culasse, mais une seule bobine; l'armature est montée sur un ressort réglable, C, (fig. 95) qui la maintient sur le butoir, *m*; lorsqu'elle est attirée, elle vient frapper sur une goutte de platine, qui coiffe la partie supérieure du noyau de la bobine; le tout est monté sur une boîte sonore, en bois, reposant, elle-même, sur un socle. Ce parleur peut servir de relais; un manchon d'ébonite isole, en effet, le support de l'armature du second noyau, sur lequel il est monté.

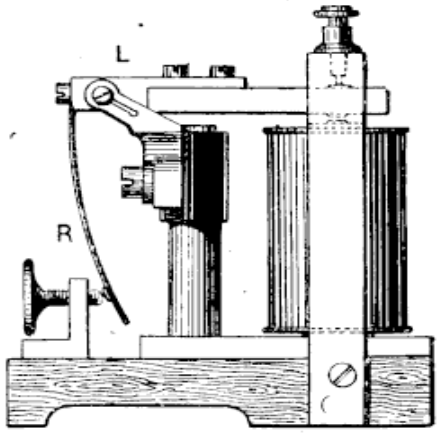


Fig. 96.

Parleur-relais modifié, de Bréguet (1863). — Semblable au précédent, sauf en ce qui concerne le montage de l'armature (fig. 96); celle-ci est fixée à une pièce en laiton, L, qui pivote entre les pointes de deux vis, traversant les branches d'une chape de même métal; le ressort-lame, R, la maintient au repos; il est réglable à l'aide d'un bouton moleté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parleur-relais à indice, de Bréguet (1865). — L'armature est entaillée d'un bec qui, à l'aide de repos, retient un voyant métallique, V (fig. 97), articulé à sa base et placé en équilibre instable; dès que l'armature est attirée, elle laisse échapper le voyant, qui tombe sous l'action de son propre poids; le voyant est ramené à la main à sa position initiale.

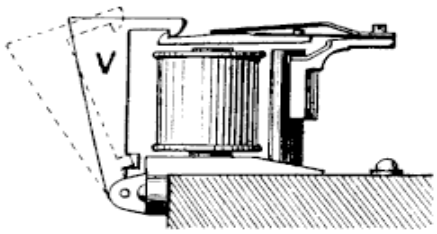


Fig. 97.

On groupe un certain nombre de relais semblables reliés chacun à une ligne; la boîte qui les renferme est entaillée de fentes permettant aux indices d'émerger lorsqu'ils sont libérés.

Parleur-indicateur, de Sambourg (1866). — Sert pour la réception des appels, au poste principal, sur les lignes bifurquées, où les deux postes secondaires font usage, l'un du positif, l'autre du négatif. Il consiste en un parleur de Bréguet devant la bobine duquel est monté un barreau aimanté, I, (fig. 98), pouvant pivoter sur une chape, *e*, soutenue par la boîte, C, du parleur; à l'état de repos, cet aimant est horizontal et, par suite, parallèle aux spires de la bobine; dès qu'un courant parcourt cette dernière, il pivote et prend la position verticale, mais le sens de la déviation dépend de la direction du courant reçu. Sur la face extérieure de l'aimant est montée une plaquette en ivoire, portant à ses extrémités les signes + et —, et la vitre, qui ferme la boîte à l'avant, porte une couche de vernis noir, qui masque cette plaque lorsqu'elle est horizontale, mais laisse apercevoir son extrémité supérieure quand elle est verticale : le signe qui apparaît alors indique le pôle reçu. Pour ramener l'indice à sa position de repos, on agit sur un piston, *p*, terminé, à sa partie supérieure, par un bouton,

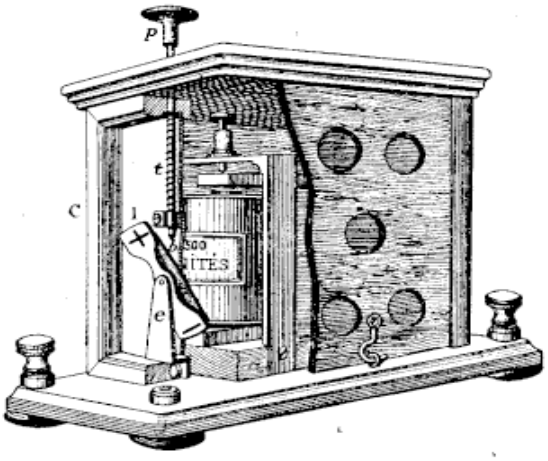


Fig. 98.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui émerge en dehors du couvercle, et qu'un ressort, enroulé autour de la tige, *t*, ramène ensuite à sa position de repos.

Parleur anglais (1867). — Comprend deux bobines, de 250 ohms chacune ; l'armature est montée sur un levier en laiton, très massif, pivotant entre deux vis à pointe avec contre-écrous, (fig. 99) ; le levier porte, à sa partie arrière, un appendice auquel est accroché le ressort antagoniste, dont on règle la tension par un bouton moleté ; le butoir de travail est constitué par une enclume sur laquelle peut venir frapper l'extrémité d'une vis à contre-écrou, taraudant dans le levier ; enfin l'enclume porte une équerre, dont la branche supérieure reçoit une autre vis à contre-écrou, formant butoir de repos.

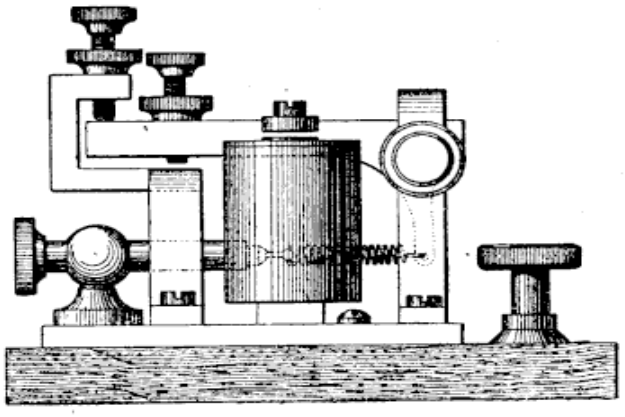


Fig. 99.

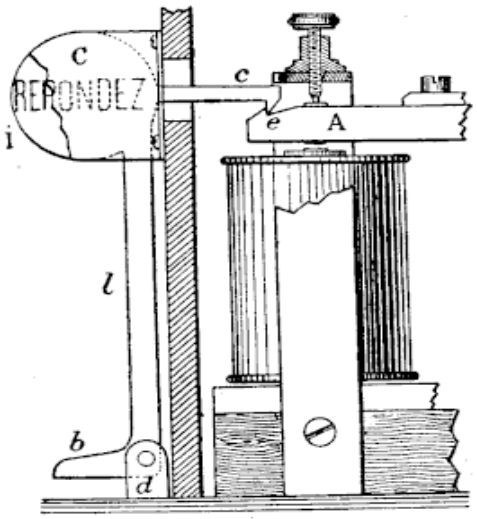


Fig. 100.

Parleur à indice, de Geoffroy (1882). — L'indice consiste en une tige de cuivre, *l* (fig. 100) pivotant en *d*, et terminée, à sa partie supérieure, par un appendice à bec, *c*, qui vient s'accrocher dans l'encoche, *e*, de l'armature, A. Un bouton extérieur permet d'abaisser cette dernière, et de vérifier ainsi la mobilité de l'indice.

Parleur à indice, des Ateliers (1882). — Le parleur comporte un axe, monté sur pointes, qui supporte un petit disque en ivoire, I (fig. 101) ; un ressort à boudin, *r*, enroulé sur l'axe,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tend à soulever le disque, I, et à le faire sortir de la boîte. A l'état de repos, un talon, *b*, fixé sur l'axe, vient buter contre l'armature, A. Dès que celle-ci est attirée, l'axe se trouve libéré et le disque émerge de la boîte. On ramène le tout à la position initiale en appuyant sur le disque, I.

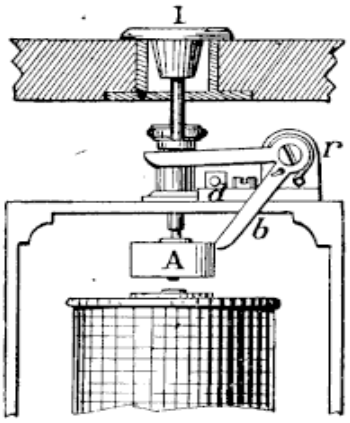
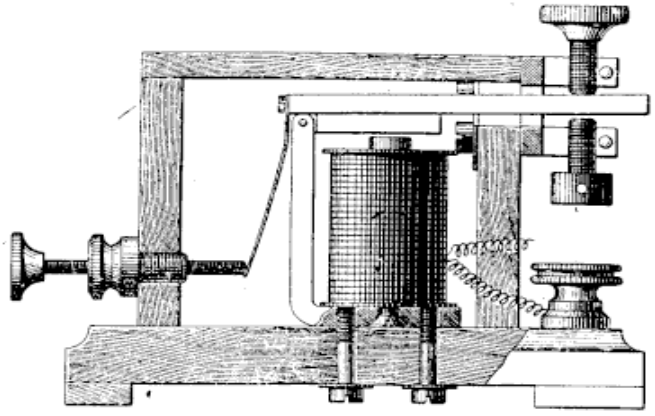


Fig. 101.

Parleur, de Baudot (1890). — Utilisé dans les installations de translation ; se compose d'un électro-aimant boiteux, dont l'armature porte un petit appendice en laiton (fig. 102). Lorsque l'électro-aimant est recouvert de sa boîte, le dit appendice vient s'engager dans une ouverture pratiquée dans la paroi ; les butées de repos et de travail sont constituées par de petits blocs en laiton, encastrés dans le bois.


Fig. 102.

Parleur polarisé allemand (1894). — Deux bobines méplates ont leurs noyaux polarisés par un aimant permanent, dont le pôle libre, N (fig. 103) surplombe, à une petite distance, l'armature, A ; celle-ci est montée, à la façon d'un fléau de balance, sur un axe soutenu par deux vis pivots, E ; le ressort antagoniste, réglé à l'aide du tendeur, T, maintient l'appendice, A, contre la vis, V ; lors du passage d'un courant, la vis, V', vient buter contre l'enclume placée au-dessous.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parleur militaire, de Trouvé (1872). — Les noyaux de l'électro-aimant portent deux petites colonnes en cuivre, sur lesquelles

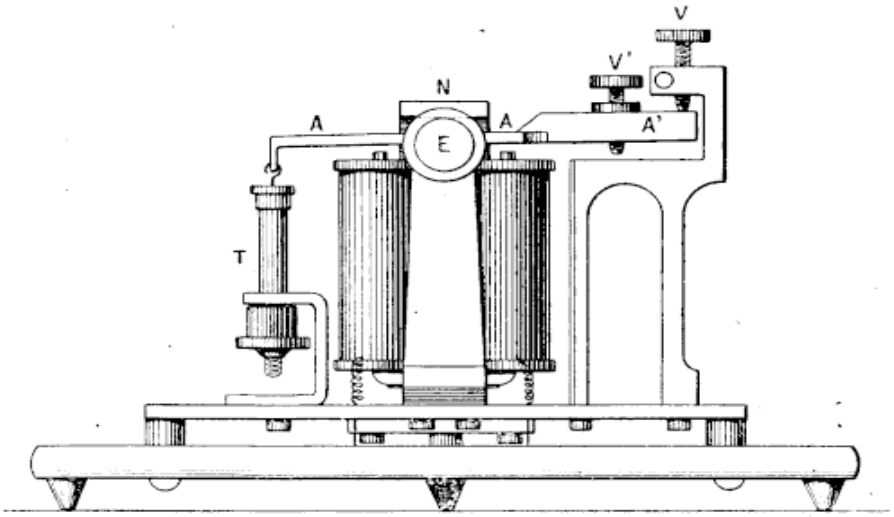


Fig. 103.

l'armature prend son pivotage (fig. 104); le tout est renfermé dans un boîtier métallique, analogue à celui d'une montre; sur le dessus de ce boîtier, se trouve un petit manipulateur, M, qui épouse la forme circulaire de celui-ci.

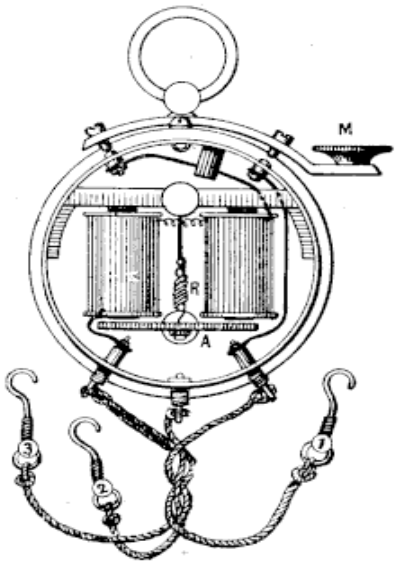


Fig. 104.

Parleur à noyau mobile, de Charles (1875).— Une bobine d'électro-aimant, dont le noyau est divisé en deux parties; l'une, fixe, N (fig. 105) est prolongée, à sa partie centrale, par une tige de cuivre, C, qui sert de guide à la seconde, N'; un petit ressort à boudin, R, enroulé autour de la tige de cuivre, tend à éloigner la seconde partie du noyau, enfilée à frottement très doux sur la tige. Lorsqu'un courant passe dans la bobine, la partie mobile, N', du noyau est attirée et vient frapper sur la partie fixe; dès que le courant cesse, elle remonte, sous l'action du ressort, R, et un choc est donné sur le bouchon métallique, B, qui ferme la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

joue supérieure; ce bouchon, monté à vis, sert en même temps à régler l'enfoncement de la partie mobile et la tension du ressort.

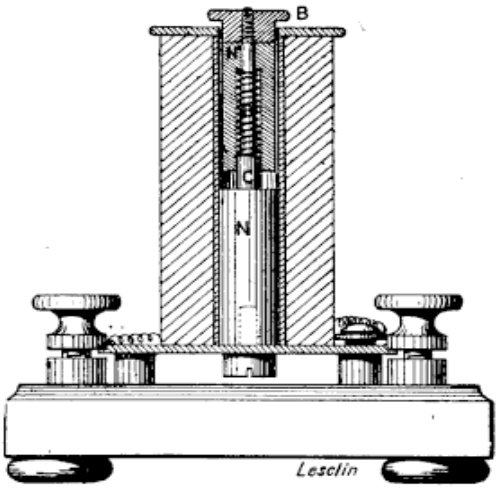


Fig. 105.

Parleur militaire, de Vinay (1876). — Electro-aimant horizontal; armature très légère, à ressort antagoniste plat; petit

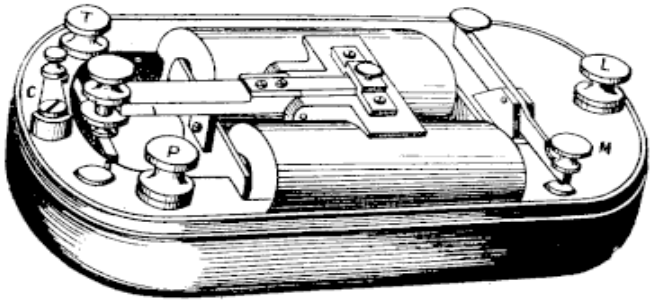


Fig. 106.

manipulateur, M (fig. 106); un commutateur à manette, C, permet de travailler, soit à la façon ordinaire, soit en courant continu. Le tout est renfermé dans une boîte en forme de tabatière, dont le couvercle porte le schéma des différentes communications.

Parleur militaire, de La Presle (1879). — Parleur semblable à celui de Bréguet (v. p. 117); la butée de l'armature est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réglable, de l'extérieur, à l'aide d'un bouton, B (fig. 107); le ressort antagoniste est commandé par une came hélicoïdale, solidaire d'un bouton de manœuvre; deux commutateurs à manette, dont un à deux positions et l'autre à une seule, permettent de correspondre à courant ordinaire ou à courant continu; le levier du manipulateur est articulé comme celui décrit plus haut (v. p. 98).

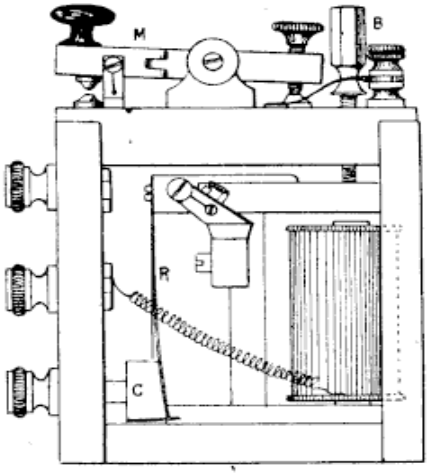


Fig. 107.

POSTES MORSE MILITAIRES.

Poste Morse militaire, de Rault et Chassan (1878). — Le récepteur comporte un encrage d'un système spécial : un réservoir à encre, R (fig. 108) est fermé à l'avant par une molette, M; celle-ci, en tournant, entraîne l'encre, qui se dépose sur son pourtour; le manipulateur est du modèle ordinaire, mais de dimensions réduites.

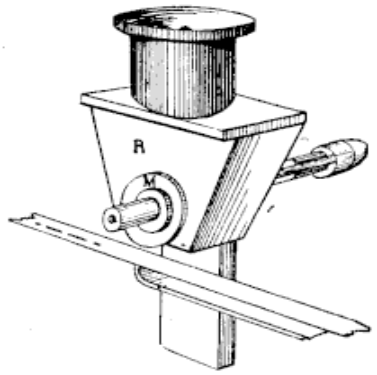


Fig. 108.

Le poste est monté pour deux directions et comporte : commutateur à cheville, paratonnerre à bobine, galvanoscope vertical, encriers, etc.

Poste Morse électro-magnétique, de Digney (1879). — Le récepteur est polarisé et occupe la partie supérieure de la boîte (fig. 109). Le transmetteur se compose d'un faisceau de barreaux aimantés, réunis par une culasse; entre les branches de cet aimant est montée une forte bobine, pouvant se déplacer d'un certain angle, par l'intermédiaire d'un levier formant manipulateur. Les courants induits, engendrés dans la bobine sont recueillis sur l'axe, coupé en deux parties isolées l'une de l'autre.

Le poste est complété par les divers accessoires ordinaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

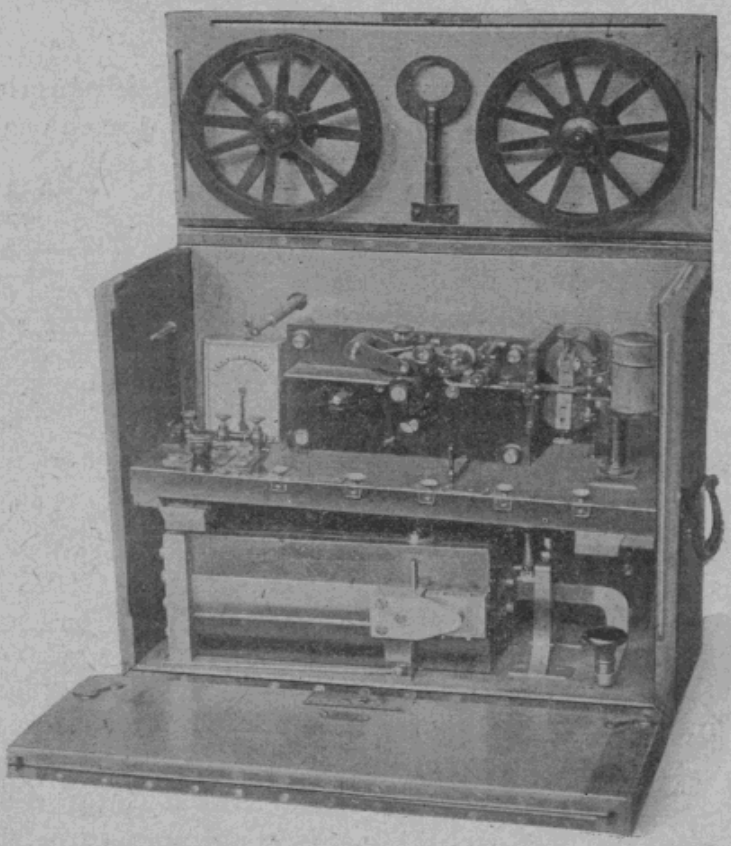


Fig. 109.

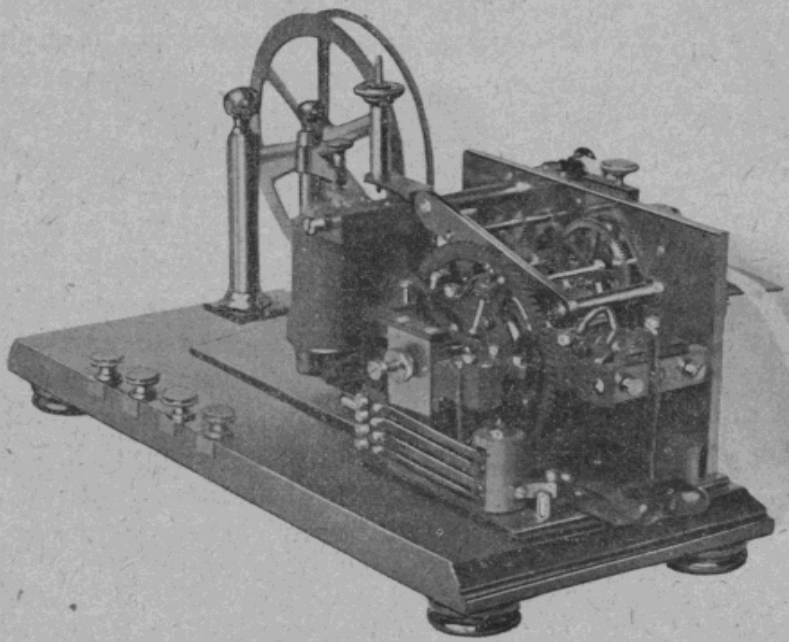


Fig. 110.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Récepteur Morse électro-moteur, de Bardez (1889).— Le mouvement est donné à l'appareil par un petit moteur électrique, analogue au « moulinet » de Froment, et actionné par une pile locale (fig. 110). Sur l'axe de ce moteur est montée une grande roue à rochet, qui sert pour le démarrage; à cet effet, le levier d'arrêt, en même temps qu'il commande l'interrupteur de courant du moteur, arme un fort ressort et vient s'accrocher en face du rochet : lorsqu'on déplace le levier de mise en marche, on provoque le décrochage du levier d'arrêt qui, sous l'action de son ressort, pousse le rochet; en même temps, le circuit de la pile locale se trouve fermé sur le moteur.

Le réglage de la vitesse est obtenu par le fonctionnement d'un interrupteur du courant moteur; cet interrupteur agit sous l'action de la force centrifuge développée sur deux masses entraînées par l'axe du moteur.

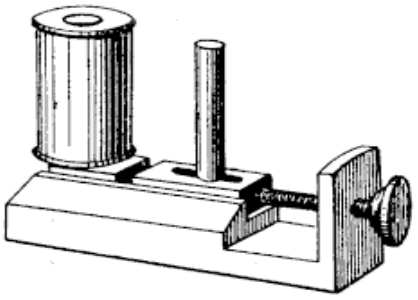


Fig. 111.

ELECTRO-AIMANTS

Electro-aimant, de Héquet (1875). — Afin de diminuer le magnétisme rémanent, la culasse est divisée en deux parties, l'une est fixe et l'autre peut se déplacer dans une glissière; une vis permet de régler à volonté la distance entre les deux demi-culasses (fig. 111).

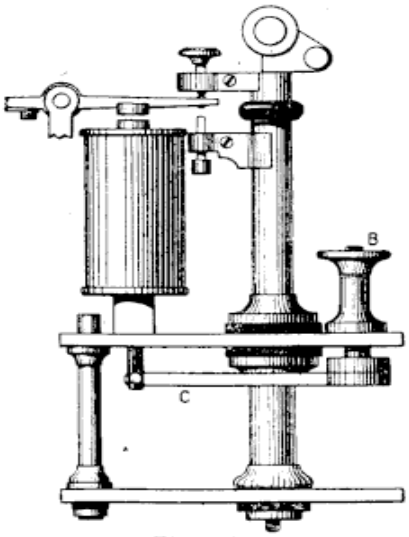


Fig. 112.

Electro-aimant à noyaux mobiles, de Rault et Chassan (1878). — Construit spécialement pour les installations Morse de campagne. Les deux noyaux sont montés sur un cadre, C (fig. 112), solidaire d'un canon, qu'on peut soulever ou abaisser, par l'intermédiaire d'un bouton, B, placé devant la colonne des butoirs. Le guide-papier est monté à la partie supérieure de la dite colonne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MODÉRATEURS POUR APPAREIL MORSE

Modérateur, de Mouilleron (1851). — Une barrette, montée à frottement doux sur l'axe du modérateur, supporte le système; un ressort à boudin, R (fig. 113) pousse cette barrette contre une assiette, *a*, solidaire de l'axe, et assure ainsi l'entraînement du modérateur. Aux deux extrémités de la barrette sont articulées deux ailettes carrées, AA′, qu'un petit ressort à boudin, *r*, tend à maintenir contre l'axe; elles ne peuvent, par suite, s'écarter que lorsque la force centrifuge a acquis une certaine valeur, correspondant à une vitesse donnée du déroulement de la bande; la résistance de l'air s'oppose alors à l'accélération. La vitesse est ainsi réglée une fois pour toutes par la raideur donnée aux ressorts, *r*.

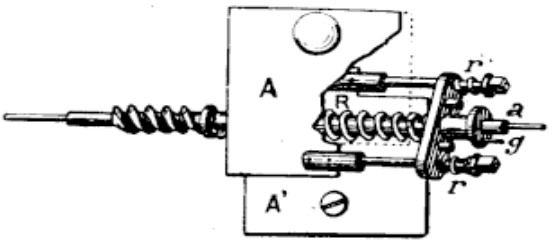


Fig. 113.

Modérateur, de Digney (1857). — Les ailettes, A (fig. 114) sont articulées sur la barrette, *b*, fixée sur l'axe; cette barrette porte, en outre, deux petits ressorts-lames en acier, *r*, qui s'appuient chacun sur une goupille, *g*, portée par les ailettes, tendant ainsi à maintenir celle-ci dans la position verticale. Comme dans les précédents, la vitesse obtenue dépend de l'énergie des ressorts et n'est pas susceptible de réglage au cours du travail.

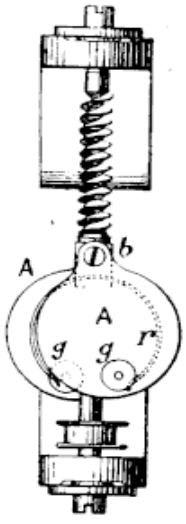


Fig. 114.

Modérateur, de Porentru (1860). — Les ailettes, M (fig. 115) et les ressorts antagonistes, S, sont montés comme dans le modérateur de Digney, mais la barrette, T, qui les supporte, est enfilée à frottement doux sur l'axe, et maintenue par un ressort à boudin, R. En outre, deux vis, I, permettent de tendre plus ou moins les ressorts, S, et de modifier à volonté la vitesse de l'appareil. Le levier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'arrêt, lorsqu'on le manœuvre, vient placer une butée sur le passage de la goupille, *g*, plantée à la partie inférieure de l'axe.

Modérateur, de Decamp (1872). — Diffère du précédent par le mode de réglage; sur l'axe vertical d'une vis sans fin

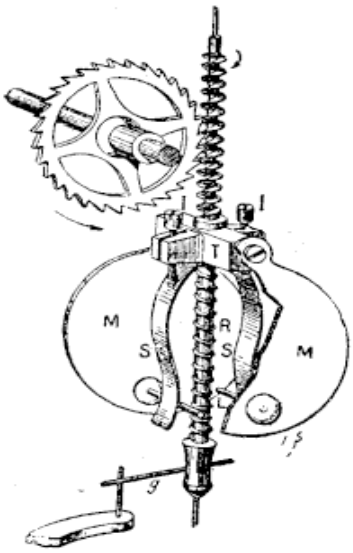


Fig. 115.

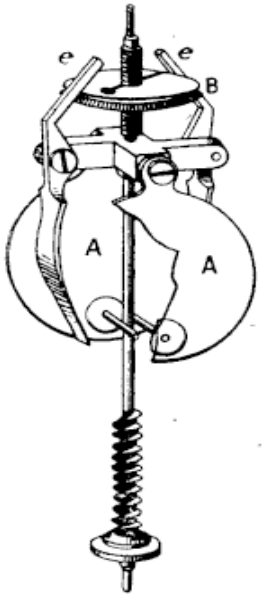


Fig. 116.

taraude un bouton, B (fig. 116) formant écrou. Deux bascules en équerre, *e*, terminées par des ressorts-lames, sont montées sur le support des ailettes; les ressorts, à l'état de repos, viennent se placer devant les goupilles des ailettes; en montant plus ou moins l'écrou, on manœuvre les bascules et on tend plus ou moins les ressorts, ce qui permet de modifier la vitesse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VII

APPAREILS IMPRIMEURS

APPAREILS IMPRIMEURS A ECHAPPEMENT

L'idée de traduire les signaux télégraphiques en caractères typographiques s'était fait jour dès le début de la télégraphie électrique. La priorité de cette idée fut revendiquée par Alfred Vail, collaborateur de Morse, qui, dans un ouvrage publié à New-York, en 1845, et traduit en français en 1848 (1), affirme avoir réalisé, dès 1837, un appareil imprimeur dont il donne la description. Le principe de cet appareil est indiqué plus loin (v. p. 140). En ce qui concerne tout au moins l'Europe, le premier système imprimeur est dû à Wheatstone qui, en 1840, l'installa sur diverses lignes de chemins de fer anglais. Deux fils de ligne étaient nécessaires, l'un pour commander les déplacements de la roue des types, l'autre pour produire l'impression. Le mécanisme était en tout semblable à celui de l'appareil à cadran du même inventeur (v. p. 64), l'aiguille était remplacée par un disque mince, entaillé suivant des rayons, de manière à former autant de secteurs qu'on avait de signaux à transmettre, chacune des lames ainsi obtenues était flexible, et portait gravée, à son extrémité, l'une des lettres de l'alphabet ; une partie évidée correspondait à la « croix » ou, si l'on préfère, à l'espacement des mots. La *roue des types* ainsi constituée pouvait se déplacer d'une division, à chaque impulsion donnée par le manipulateur de départ, identique à celui de l'appareil à cadran, et chaque lettre venait, à tour de rôle, se présenter à un cylindre sur lequel était tendue une feuille de papier blanc. Ce cylindre était monté sur un axe en hélice et

(1) *Télégraphe électro-magnétique américain.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

commandé par un second mouvement d'horlogerie, qui le déplaçait d'un angle déterminé au moment de chaque impression, de manière à toujours présenter une partie vierge à la roue des types. Lorsque la lettre choisie était arrivée devant le cylindre, on envoyait un courant par le second fil, à l'aide d'une clé analogue à celle de Morse ; l'armature d'un électro-aimant libérait le cylindre pour lui permettre d'avancer d'une division, puis actionnait un marteau, qui venait frapper sur la lame flexible et le caractère était projeté contre le cylindre. Sur la feuille de papier blanc, on avait placé une feuille de papier plombaginé, de sorte que la lettre laissait son empreinte sur la première (1).

L'année suivante, Wheatstone perfectionna son appareil, en réalisant la commande des deux mécanismes par un seul fil de ligne. Le premier courant reçu mettait en mouvement une roue portant une came ; cette roue tournait pendant que les courants successifs amenaient le caractère en face du cylindre ; à la fin de sa révolution, la came soulevait le marteau et l'impression avait lieu. Dans tous les cas, quelle que soit la position du caractère, il fallait attendre l'accomplissement de cette rotation complète avant de commencer l'expédition du signal suivant. Le système permettait l'envoi de 30 lettres environ par minute.

Le premier appareil imprimeur réellement pratique fut imaginé par John Brett, en 1846. Le transmetteur est identique à celui du cadran de Froment (v. p. 68) : il se compose d'un clavier de 28 touches, dont l'abaissement détermine la mise en marche d'un mouvement d'horlogerie ; au-dessous du clavier se trouve un axe portant 28 goupilles placées en hélice, chacune en regard d'une touche ; le mouvement s'arrête lorsque l'une de ces goupilles vient rencontrer une petite équerre placée sous la touche abaissée ; un certain nombre d'émissions se trouvent ainsi envoyées sur la ligne et, à l'autre poste, la roue des types avance d'un angle égal à celui dont a tourné, au départ, l'axe porte-goupilles.

L'échappement du système imprimeur est constitué par une roue munie de chevilles, entre lesquelles un cliquet tend à s'enfoncer ; mais le mouvement du cliquet est rendu paresseux par le dispositif suivant : une tige, solidaire du cliquet, se ter-

(1) Abbé Moigno, *Traité de Télégraphie électrique*, 1852, p. 103.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mine par un piston, engagé dans une sorte de corps de pompe ; grâce à une valve portée par le piston, les mouvements de bas en haut s'effectuent avec facilité tandis que ceux de haut en bas rencontrent une certaine résistance. Il en résulte que, pendant que la roue des types se déplace, la roue d'échappement tourne trop vite pour que le cliquet ait le temps de s'enfoncer entre deux goupilles ; ce mouvement n'a lieu, que lorsque, la roue des types étant amenée dans la position désirée, les rouages reviennent au repos.

En 1847, House réalisa un appareil qui présente une grande analogie avec celui de Brett ; successivement perfectionné, il fut employé, à partir de 1857, par les Compagnies américaines qui, pendant assez longtemps, le préférèrent à l'appareil Hughes.

Une disposition assez curieuse fut adoptée, en 1848, par Mouilleron et Gaussin : dans le but d'accélérer la transmission en réduisant le nombre d'émissions nécessaires pour une lettre donnée, les vingt-cinq caractères sont répartis sur cinq roues des types ; celles-ci sont susceptibles de se déplacer longitudinalement sur leur axe commun, de manière que chacune d'elles peut être amenée à volonté devant la bande. A cet effet, deux électro-aimants polarisés sont en série sur la ligne ; l'un, qui obéit au courant positif, commande les déplacements des roues des types, l'autre, sous l'action du négatif, agit sur l'échappement, qui fait progresser celles-ci jusqu'à ce que le caractère désiré soit amené devant le papier. Pour transmettre une lettre donnée, on envoie d'abord des émissions positives, cinq au plus, pour choisir la roue qui convient, puis de une à cinq émissions négatives pour faire tourner l'axe de l'angle convenable : l'arrivée de ces dernières a pour effet de mettre hors circuit le premier électro-aimant, qui déclanche le système imprimeur.

En 1850, Siemens transforma en imprimeur son appareil à cadran, décrit plus haut (v. p. 69) ; l'armature de l'électro-aimant, formant trembleur, entraîne la roue des types dans les mêmes conditions que l'aiguille du cadran précité ; la roue des types est identique à celle de l'appareil imprimeur de Wheatstone, mentionné ci-dessus, c'est-à-dire qu'elle est formée de la réunion de lames flexibles, au bout de chacune desquelles se trouve un caractère. Le marteau, destiné à pousser celle-ci contre le papier, est solidaire de l'armature d'un second électro-aimant traversé, comme le premier, par tous les courants envoyés sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ligne; mais il est réglé en sorte que ces émissions brèves sont impuissantes à déplacer son armature ; lorsque le bras, solidaire de l'axe, est immobilisé, le courant émis se trouve prolongé suffisamment pour que l'armature de l'électro-aimant imprimeur soit actionnée : le marteau vient alors frapper sur le caractère placé en face du papier et l'impression a lieu.

On pourrait mentionner encore une foule d'autres systèmes à échappement; tous se rapprochent plus ou moins des types indiqués, ci-dessus, et qui peuvent se résumer ainsi :

1° On emploie deux fils de ligne, l'un pour l'échappement de la roue des types, l'autre pour l'impression; en dehors du premier système de Wheatstone (v. p. 128) ce mode de transmission a été encore employé dans les communications urbaines d'intérêt privé; l'appareil de Higgins (1877), décrit plus loin (v. p. 139), rentre dans cette catégorie.

2° On utilise l'inertie mécanique d'une pièce sollicitée à tomber, et qui doit actionner le système imprimeur; pendant la progression de la roue des types, les mouvements de l'échappement sont trop rapides pour permettre la chute, et celle-ci n'a lieu que lorsque la roue s'arrête; dans ce groupe se rangent les systèmes de Brett (1845) et House (1846), décrits ci-dessus, et aussi celui que construisit Joly, en 1867 (v. p. 136).

3° L'électro-aimant imprimeur est parcouru par toutes les émissions envoyées dans celui de progression, mais son réglage paresseux ne lui permet d'obéir qu'à un courant assez prolongé, qui n'a lieu que lorsque le déplacement est terminé; cette inertie magnétique a été employée dans les appareils de Siemens, en 1850, et de d'Arlincourt, en 1861 (v. p. 133).

4° L'impression est obtenue par le renversement du sens du courant, comme dans l'appareil de Digney (1851).

5° On emploie les deux sens du courant pour la progression de la roue des types, et c'est la cessation du courant qui provoque la fermeture d'un circuit local, agissant sur le système imprimeur; tels sont, par exemple, les dispositifs employés par Baillehache et Hayet en 1861 (v. p. 132) et par Dujardin, en 1867 (v. p. 138).

Appareil imprimeur, de Wheatstone (1860). — Un petit meuble en bois renferme deux mouvements d'horlogerie, dont l'un actionne la roue des types et l'autre le mécanisme d'impres-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sion. La ligne aboutit à un électro-aimant à longues bobines et armature polarisée, en X, qui commande l'échappement de la roue des types dans les mêmes conditions que l'aiguille des appareils à cadran (v. p. 74). Le mécanisme imprimeur comprend un marteau qui, sous l'action d'un jeu de leviers et de ressorts, tend à tomber entre les dents d'une roue faisant partie du premier système de rouages; aussi longtemps que cette roue est en mouvement, le marteau est constamment chassé par les dents qui se présentent successivement à lui, et la chute ne peut avoir lieu que lorsque la roue s'arrête; à ce moment, une came vient projeter la bande contre la roue des types, puis, lors du mouvement de retour, le papier avance d'une division.

La roue des types est encrée par un tampon de drap enroulé autour d'un disque mobile sur un axe; ce tampon est lui-même imbibé par une petite palette qui tourne d'un mouvement assez lent, dans une cuvette contenant de l'encre cléique.

Appareil imprimeur à cadran, de Baillehache et Hayet (1861). — La transmission est effectuée à l'aide d'un manipulateur à manivelle, dont la mise en mouvement détermine l'envoi sur la ligne de courants alternativement positifs et négatifs; lorsqu'on arrête la manivelle, la ligne se trouve reliée à l'électro-aimant récepteur. Celui-ci est muni de deux armatures dont l'une, polarisée, subit, sous l'action des courants alternatifs, une série d'attractions et de répulsions; elle commande un échappement à fourche qui, à chaque mouvement, laisse avancer d'une division l'aiguille du cadran et la roue des types, montées sur le même axe; cette dernière comporte deux disques parallèles : sur l'un sont gravées les lettres et sur l'autre les chiffres et signes de ponctuation. La seconde armature, non polarisée, reste collée aux noyaux quel que soit le sens des courants reçus; lorsqu'elle est attirée, elle dégage le premier doigt d'arrêt d'un échappement à détente, sollicité par le second mouvement d'horlogerie, mais le second doigt est aussitôt calé par l'appendice de l'armature non polarisée, et reste en attente; dès que se produit l'interruption du courant, cette seconde armature revient au repos, son appendice se dérobe à son tour à l'appui du doigt d'arrêt et l'axe de détente accomplit une révolution : l'impression et la progression du papier s'opèrent, puis le système revient à la position de repos.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une petite manette, à manche d'ivoire, placée sur le dessus de la boîte, sert à abaisser le loqueteau qui assure la fermeture postérieure de la boîte, lorsqu'on veut ouvrir celle-ci pour atteindre le mécanisme ou changer le papier; deux boutons sont placés près de cette manette; celui d'arrière permet de dégager un cylindre appuyant au repos sur le guide-papier, pour l'introduction de la bande; le bouton d'avant sert pour le rappel à la croix.

Appareil imprimeur à cadran, d'Arlincourt (1861). — Le transmetteur et le récepteur sont réunis en un seul appareil

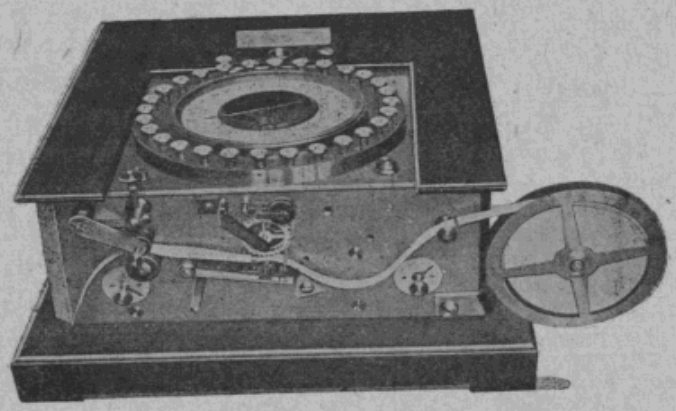


Fig. 117.

(fig. 117) : à la partie supérieure se trouvent 28 boutons, rangés concentriquement à un cadran semblable à ceux précédemment décrits (v. p. 66 et suiv.); à l'intérieur se trouvent deux mouvements d'horlogerie.

Lorsqu'on appuie sur une touche, on déplace un disque commun à l'ensemble et qui, agissant à son tour sur un levier basculant, L (fig. 118) détermine la fermeture de deux circuits, l'un sur la ligne, l'autre sur l'électro-aimant de progression, E; l'aiguille du cadran et la roue des types, R, avancent d'une division; mais, aussitôt, les deux piles sont mises en court-circuit par deux leviers articulés, commandés chacun par une roue dentée, R', solidaire de l'axe de l'aiguille; l'interruption ainsi produite permet à l'armature, A, de revenir en arrière, et détermine un nouveau bond de l'aiguille et de la roue des types; dans ce second mouvement, le court-circuit est supprimé, d'où résulte une nouvelle attraction, et ainsi de suite. Un petit bras,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

monté sur l'axe de l'aiguille, vient bientôt rencontrer la touche abaissée et le mouvement s'arrête : l'aiguille et la roue des types ont parcouru un nombre de divisions égal à celui qui sépare la touche actionnée de celle du « blanc » ; l'aiguille montre la lettre transmise et la roue des types la présente à la bande.

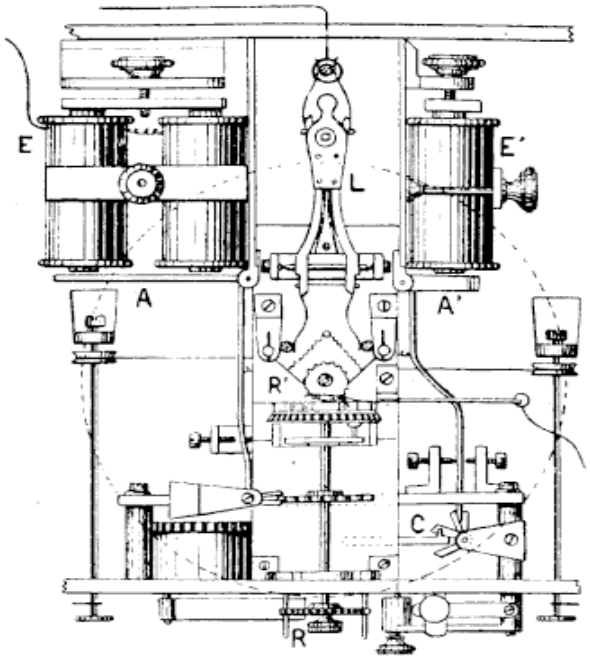


Fig. 118.

Pendant tout le temps du mouvement de la roue des types, l'électro-aimant, E, jouant le rôle de relais, a envoyé des émissions dans l'électro-aimant imprimeur, E', mais celles-ci, trop brèves, n'ont pu l'actionner; au contraire, dès que se produit l'arrêt, il fonctionne et son armature, A', déclanche une roue à trois cames, C, qui provoque la projection de la bande contre la roue des types, puis la progression du papier.

Deux boutons supplémentaires sont placés en dehors du clavier; l'un actionne l'échappement pour le « rappel à la croix », le second sert à « couper » la transmission du correspondant : il libère le mouvement comme le ferait une touche abaissée, et les émissions ainsi provoquées se mêlent à celles du poste transmetteur.

Appareil imprimeur à cadran, d'Arlincourt (1867). — D'aspect extérieur semblable au précédent; deux boutons sont destinés à produire les « blancs », l'un pour les lettres, l'autre, diamétralement opposé, pour les chiffres; la roue des types est double et peut se déplacer longitudinalement; ce mouvement a lieu lorsqu'on provoque un déclanchement dans une division « blanc » : l'une et l'autre série de caractères se présentent ainsi alternativement à la bande.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'agencement électrique diffère du précédent en ce que le relais de ligne, L, ne commande pas directement l'électro-aimant de déclanchement, D (fig. 119) : on a placé entre eux deux électro-aimants boiteux, B et B′, dont les entrées communiquent respectivement aux butoirs de travail et de repos du relais, L, et dont les sorties aboutissent au pôle négatif de la pile locale. Lorsque l'armature de L est au repos, c'est B′ qui se trouve en circuit, et inversement. Dans le premier cas, un

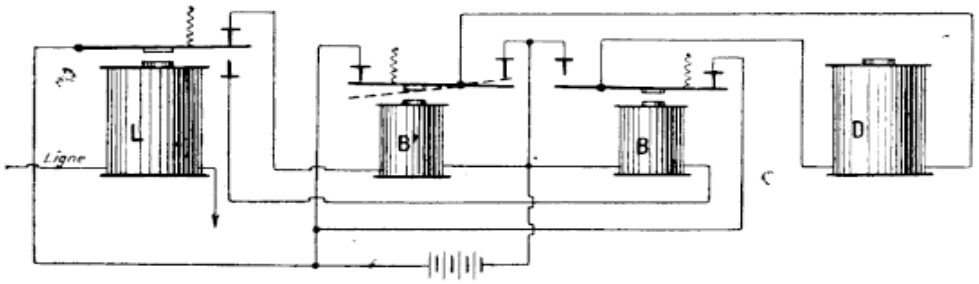


Fig. 119.

courant local passe par le butoir de repos et l'armature de B, entre dans l'électro-aimant de déclanchement, D (par la gauche), et regagne le pôle négatif par l'armature et le butoir de travail de B′. Dès que l'armature de L vient sur travail, le courant reçu par D entre par la droite. On a ainsi des émissions constamment inversées, ce qui facilite le réglage « paresseux » de l'électro-aimant de déclanchement, D ; et comme, d'autre part, on peut aussi rendre paresseux les deux électro-aimants, B et B′, on obtient un fonctionnement sensiblement mieux assuré qu'avec le premier dispositif.

Appareil imprimeur à cadran, d'Arlincourt (1874). — Semblable au précédent au point de vue mécanique, y compris la double roue des types ; la partie électrique seule est modifiée, dans le but d'éviter de laisser la pile locale constamment en circuit. L'électro-aimant de ligne est un relais d'Arlincourt (v. p. 398), dont les pôles supérieurs sont utilisés pour faire mouvoir une seconde armature, A (fig. 120) soumise, comme la première, à l'influence de l'aimant permanent, mais par le pôle opposé. Cette armature supplémentaire agit sur l'échappement de la roue des types, tandis que l'autre, A′, commande l'électro-aimant d'impression. Le transmetteur envoie des courants

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alternativement positifs et négatifs, et l'enroulement du relais est tel que si un positif, par exemple, amène l'armature A sur son butoir V^1, A′ se met sur V^3 : inversement, un négatif déplace A vers V^2 et A′ vers V^4. Dans un cas comme dans l'autre, le circuit local reste ouvert; mais si, lorsque la roue des types a tourné de l'angle voulu, on interrompt tout courant, l'armature, A, reste sur le butoir où l'a placée la dernière émission, V^1, par exemple; par contre, du côté de A′, l'interversion subite

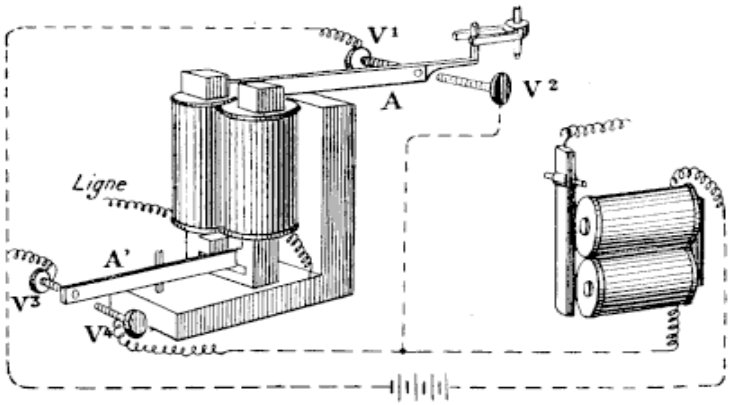


Fig. 120.

des polarités des saillies détermine le phénomène du « coup de fouet » (v. p. 399) et, pendant un temps court, A′ vient sur le butoir V^4 : le circuit local se trouve fermé et l'électro-aimant imprimeur fonctionne. Cette action a lieu par les butoirs V^2 et V^3, lorsque le dernier courant reçu est négatif.

Appareil imprimeur à cadran, de Joly (1867). — L'aiguille indicatrice et la roue des types sont placées sur le même axe, la première à l'arrière et la seconde à l'avant; l'agencement mécanique est, en principe, le même que dans les systèmes précédents : l'excitation de l'électro-aimant imprimeur a lieu par l'intermédiaire d'un interrupteur constitué par deux ressorts, dont l'un, A (fig. 121), est fixe, tandis que l'autre, B, mobile, est recourbé en forme de bec et tend à venir s'appuyer entre les dents d'une roue à rochet, R, calée sur l'axe de la roue des types : tant que celui-ci tourne, le ressort courbe est chassé par les dents de la roue à rochet, et le circuit reste ouvert; dès que le mouvement cesse, l'extrémité du ressort, B, en pénétrant dans une encoche du rochet, vient rencontrer le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ressort A, et le circuit de l'électro-aimant imprimeur est fermé. Afin que le courant ne circule pas en permanence pendant que l'appareil est au repos, un autre interrupteur est placé dans le manipulateur sous l'encoche de la « croix » : la manivelle, pressant sur un ressort, interrompt le circuit; quand on veut recevoir, on relève légèrement la dite manivelle, qui laisse alors le ressort libre.

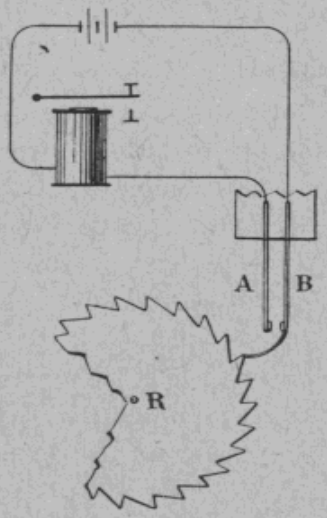
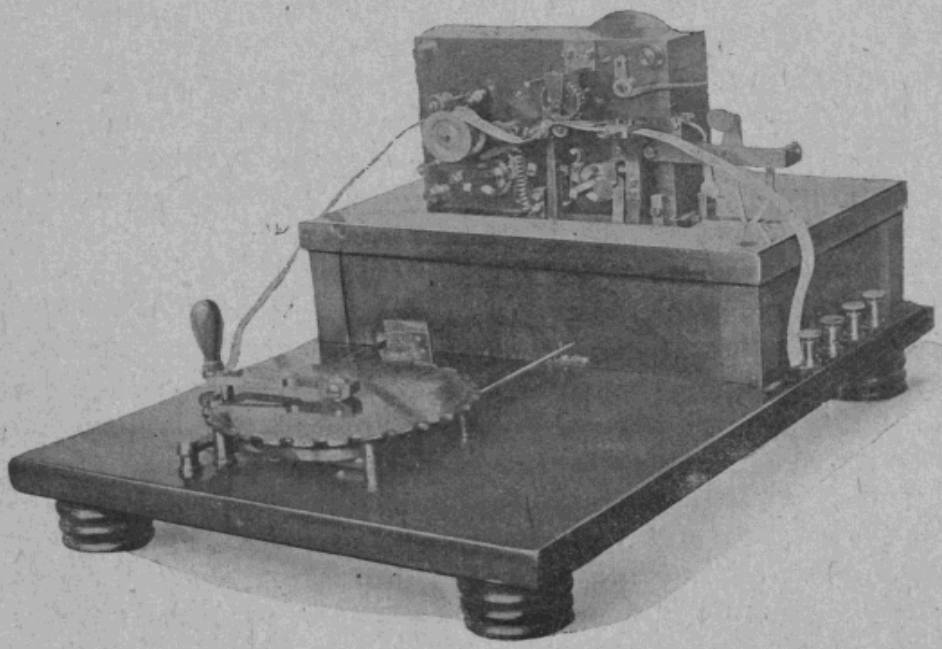


Fig. 121.

La roue des types est formée de deux couronnes juxtaposées dont l'une porte les lettres et l'autre les chiffres et signes divers; elle est goupillée sur son axe et c'est la bande qui se déplace pour venir se présenter à l'une ou à l'autre des couronnes; ce déplacement est produit par une inversion du courant de ligne; en face de l'électro-aimant récepteur se trouve une petite armature aimantée, en forme d'Y, qui peut


Fig. 122.

s'appuyer, par ses branches supérieures, sur l'un ou l'autre des noyaux. Lorsqu'on veut passer des lettres aux chiffres, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inverse la pile de transmission : l'armature en Y se trouve déplacée et ferme le circuit d'un électro-aimant spécial, qui détermine le décalage du papier.

Le contrôle de la transmission est obtenu à l'aide d'un jeu de leviers, qui agissent sur les échappements comme le font les armatures des électro-aimants (fig. 122).

La manivelle du manipulateur commande un inverseur; quand on l'abaisse dans une encoche, on coupe la communication de pile et on met la ligne en relation avec le récepteur; lorsqu'on cesse de transmettre, on cale la manivelle à l'aide d'un petit levier articulé, pour la maintenir dans la position de réception.

Appareil imprimeur à cadran, de Dujardin (1867). — L'électro-aimant est muni de deux armatures dont l'une, polarisée, commande l'échappement de la roue des types; l'autre, neutre, sert de relais pour l'excitation de l'électro-aimant imprimeur. A cet effet, elle est réglée pour rester constamment attirée sous l'influence des courants, alternativement positifs et négatifs, qui agissent sur l'armature polarisée; dès que ceux-ci cessent, elle revient sur son butoir de repos et ferme le circuit du second électro-aimant, ce qui a pour effet de libérer le levier d'impression.

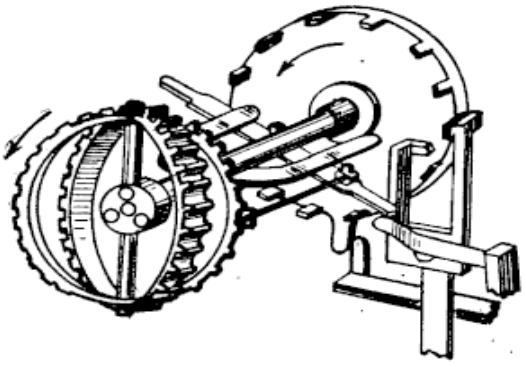


Fig. 123.

Les caractères sont gravés sur deux disques, placés dans des plans se coupant suivant un diamètre commun et faisant entre eux un angle d'environ 30° (fig. 123); l'un d'eux porte les lettres, l'autre les chiffres et les signes de ponctuation; leurs deux points communs sont dépourvus de types. Le manipulateur comprend également deux divisions pour les « blancs », diamétralement opposés. Lorsqu'on arrête la manivelle sur celle, par exemple, qui correspond au « blanc des chiffres », le levier d'impression rencontre une goupille portée par les disques, et les fait pivoter autour de leur diamètre commun; c'est la seconde roue qui se présente perpendiculairement à l'axe : on imprime

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alors des chiffres, jusqu'à ce qu'un déclanchement, se produisant dans le « blanc des lettres », fasse exécuter aux disques le mouvement inverse.

Appareil imprimeur, de Higgins (1877). — Construit pour permettre à des particuliers de recevoir à domicile les cours de Bourse, transmis simultanément par une agence à un nombre quelconque d'abonnés; il nécessite l'emploi de deux fils de ligne pour chaque appareil, ce qui n'est qu'un inconvénient minime, étant donné leur peu de longueur.

Le manipulateur consiste en une roue qui, en tournant, envoie sur la première ligne une succession d'émissions alternées. Concentriquement à cette roue, se trouve un clavier de 30 touches; lorsqu'on abaisse l'une de celles-ci, un appendice vient se placer sur le passage de la roue, qui, lors de la rencontre, se trouve arrêtée; en même temps, un courant est envoyé sur la seconde ligne; dès qu'on abandonne la touche, la roue, libérée, se remet en marche.

Le récepteur comprend deux électro-aimants, reliés chacun à l'une des lignes; l'un commande un échappement à ancre qui, à chaque mouvement de l'armature, agit sur un rochet et fait tourner un axe sur lequel sont montées deux roues des types. L'une de ces roues porte les lettres, l'autre les chiffres, signes de ponctuation et un certain nombre de fractions, 1/2, 1/3, 1/4, etc.; elles sont calées sur un manchon commun, simplement claveté sur l'axe, ce qui lui permet de se déplacer longitudinalement pour permettre l'inversion. Lorsque le premier électro-aimant a amené en face de la bande le caractère à imprimer, un courant est reçu par la seconde ligne dans l'électro-aimant imprimeur; l'impression et la progression sont effectuées. Lorsque le déclanchement a lieu dans les divisions correspondant au « blanc des lettres » ou au « blanc des chiffres », un doigt, porté par le levier d'impression, vient rencontrer une came, solidaire du manchon des roues des types, et les déplace longitudinalement : la roue qui servait jusque-là à l'impression est rejetée sur le côté et l'autre vient se placer en face de la bande.

Afin de maintenir l'accord avec le transmetteur, le récepteur est arrêté automatiquement lorsqu'il a fait plusieurs tours consécutifs sans travailler. A cet effet, l'axe des roues des types porte,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à son extrémité gauche, une gorge en hélice dans laquelle s'appuie le bec d'un levier articulé; celui-ci, par suite du mouvement de rotation, se trouve déplacé vers la droite, mais, à chaque impression, il est soulevé et, obéissant à un ressort, revient à l'origine de l'hélice; toutefois, si, après quatre révolutions, aucune impression ne s'est produite, le levier, de plus en plus poussé vers la droite, vient se placer sur le passage d'un doigt porté par l'axe de la roue des types, qui se trouve ainsi calé : la roue des lettres présente, à ce moment, le « blanc » à la bande; l'opérateur de l'agence lorsqu'il reprend le travail, commence par ce même signal, et tous les appareils récepteurs partent d'accord avec le transmetteur.

APPAREILS IMPRIMEURS A MOUVEMENT SYNCHRONIQUE

Les appareils à échappement ne donnèrent pas, dans la pratique, tous les résultats qu'on en attendait : leur complexité assez grande les rendait sujets à de fréquents dérangements; en outre, leur rendement était faible, vu le nombre d'émissions nécessaires pour amener dans la position convenable le caractère à imprimer. La voie définitive fut trouvée avec les appareils à mouvement synchronique, dans lesquels les roues des types correspondantes, tournant librement mais à la même vitesse, se trouvent toujours dans des positions identiques l'une par rapport à l'autre. Toutefois, dans les premiers appareils de l'espèce, le mouvement n'étant pas continu, les roues des types tournaient seulement d'un certain angle, pour présenter le caractère à la bande; puis elles s'arrêtaient pendant que l'impression s'effectuait.

L'appareil de Vail, mentionné plus haut (v. p. 128) qui, d'après son auteur, daterait de 1837, serait le premier de tous les appareils imprimeurs; il est, en tout cas, le premier de ceux à mouvement synchronique : la roue des types est entraînée par une sorte d'horloge, dont le balancier, à chaque demi-oscillation, la laisse avancer d'une division; le balancier porte une semelle en fer doux, qui se meut entre deux électro-aimants; lorsqu'un courant est envoyé dans l'un de ceux-ci, la semelle vient se coller au noyau de celui qu'elle rencontre le premier, et le mouvement d'horlogerie est immobilisé. On peut ainsi repérer les appareils

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'un par rapport à l'autre, et, si l'on interrompt ensuite le courant, les deux balanciers se mettent à osciller. La transmission consiste à envoyer un courant lorsque passe devant la bande la lettre qu'on veut imprimer; ce courant traverse un troisième électro-aimant, dont l'armature détermine le déplacement d'une tige à piston, au bout de laquelle est gravé un caractère, et l'amène au contact de la bande. Aussitôt après, on supprime le courant et les roues des types reprennent leur marche jusqu'à la réception d'une nouvelle émission.

En 1843, Bain produisit un appareil dans lequel le papier est placé, comme dans le système imprimeur de Wheatstone, sur un cylindre mobile; un tissu garni de noir de fumée est interposé entre le papier et la roue des types. Le transmetteur comprend un cadran présentant, sur son pourtour, les différentes lettres; au centre est placée une aiguille, montée sur l'un des axes d'un mouvement d'horlogerie; en face de chaque division, on a percé un trou dans lequel on peut introduire une cheville. A l'état de repos, celle-ci est placée dans le trou correspondant à la croix; dans ces conditions, la cheville communiquant avec la pile, un courant continu circule sur la ligne reliée à l'aiguille. Ce courant, dans les deux postes, traverse un cadre galvanométrique, dont le barreau aimanté vient caler le mouvement d'horlogerie. Si l'on retire la cheville du trou de repos pour la placer dans l'un quelconque des autres, le courant est interrompu et les deux mouvements d'horlogerie se mettent à tourner synchroniquement, grâce à un régulateur à deux boules, dans le genre de celui de Watt ; l'aiguille du poste transmetteur vient bientôt rencontrer de nouveau la cheville; à ce moment, le caractère correspondant au trou obstrué se trouve, dans les deux postes, en face du papier : le courant de repos est rétabli et le mécanisme immobilisé; les boules du régulateur, en retombant, agissent sur une dent, qui, à son tour, détermine la projection du caractère contre le cylindre imprimeur. Pour transmettre un mot, on place la cheville successivement dans les trous correspondant aux lettres qui le composent, et on attend que les mouvements angulaires et l'impression se soient produits.

L'appareil imprimeur de Theiler (1854) constitue sur les précédents un progrès sensible, et contient en germe tous les éléments qui ont permis de résoudre la question du mouvement synchronique. Le transmetteur et le récepteur sont immo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bilisés à l'état de repos et ne se mettent en marche que pour une révolution. Le clavier-manipulateur se compose de 28 touches, rangées circulairement, avec un intervalle de 9/40 entre la première et la dernière. Au centre se trouve un châssis, ou *chariot*, solidaire du mouvement d'horlogerie ; lorsqu'on abaisse une touche, le chariot, en se mettant en marche, bascule sous l'action d'une came et envoie un premier courant, qui fait également démarrer la roue des types du poste correspondant ; la touche abaissée reste encliquetée, et elle maintient ainsi un petit doigt en acier, ou *goujon*, qui se place sur le passage du chariot lorsqu'a lieu la rencontre, le cadre du chariot, relié à la pile, bascule pour passer par-dessus le goujon, et vient en contact avec un ressort rattaché à la ligne : un second courant se trouve envoyé ; et comme, dans l'intervalle qui s'est écoulé entre la mise en marche et cette rencontre, la roue des types du poste correspondant a avancé d'un angle égal à celui que vient de parcourir le chariot, la lettre qui correspond à la touche abaissée se présente à la bande.

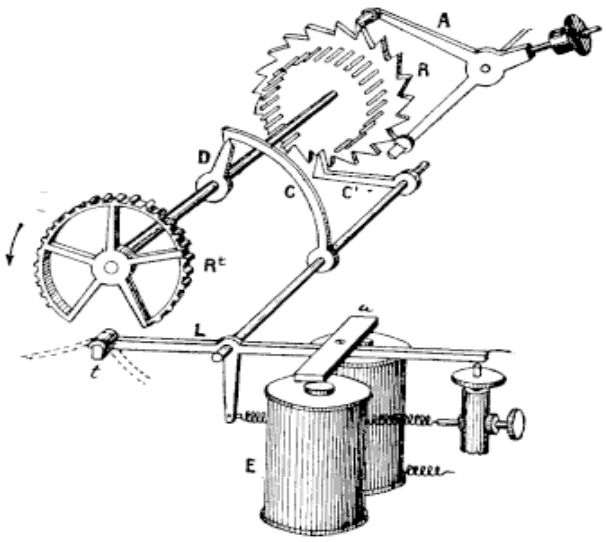


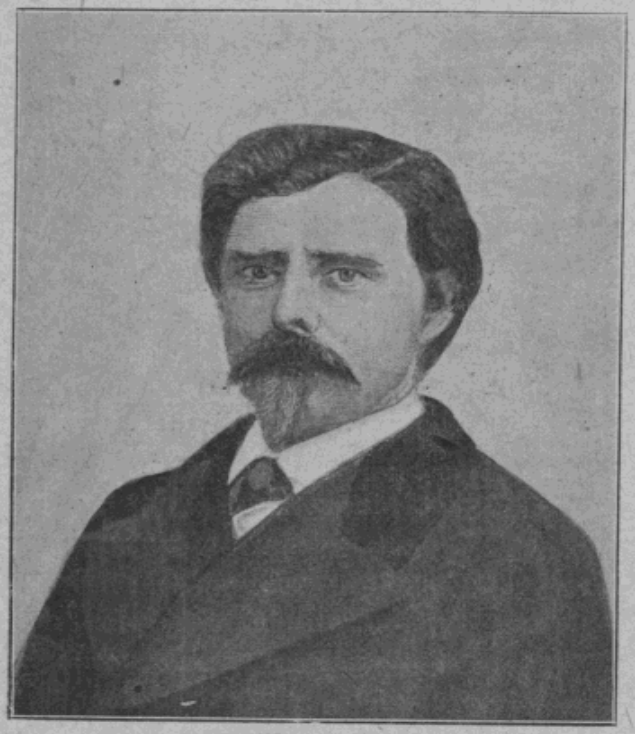
Fig. 124.

A l'état de repos, l'axe de la roue des types, Rt (fig. 124) est immobilisé par l'emprise d'un doigt, D, et d'un bec de cliquet, C, dont l'axe est solidaire de l'armature, *a*, de l'électro-aimant, E. Au moment où arrive le premier courant, l'armature est déplacée et, le cliquet, C, libère les rouages, qui se mettent en marche ; leur mouvement est régularisé par un échappement à ancre, A, agissant sur une roue à rochet, R ; en même temps, le levier, L, également solidaire de l'armature, *a*, se trouve soulevé, mais, comme la roue des types présente à cet endroit un évidement, il n'en résulte aucune impression ; lorsqu'arrive le second courant provoqué par la rencontre du chariot et du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

goujon soulevé, un bec, *t*, recouvert de flanelle et sur lequel passe la bande, se trouve amené, par le levier, L, contre la roue des types ; le caractère gravé à cet endroit laisse son empreinte sur la bande ; à ce moment, la roue des types se trouve immobilisée par un second cliquet, C', qui vient s'engager entre deux goupilles placées derrière le rochet R ; ce cliquet rectifie éventuellement la position de la roue des types et, joue ici le rôle qui, dans les appareils ultérieurs, a été dévolu à la *came correctrice*.

Appareil imprimeur, de Hughes (1855). — C'est en 1856 que Hughes réalisa son merveilleux appareil imprimeur. Abandonnant hardiment les procédés qui, jusque là, semblaient s'imposer, et qui étaient la cause de la lenteur de la transmission, Hughes entreprit de réaliser l'impression *au vol* : la roue des types, repérée au repos dans une position déterminée, est mise en marche par le premier courant transmis et ne s'arrête ensuite que lorsque la transmission est terminée, *quelle que soit sa durée*.



DAVID HUGHES, 1831-1900.

Le système, depuis son apparition, a subi de nombreuses transformations avant d'arriver à son état actuel ; le croquis, ci-après (fig. 125) montre l'aspect extérieur de l'un des premiers appareils en service (1) ; toutefois le principe est resté le même, et peut se résumer ainsi : 28 goujons en acier sont rangés contre la paroi intérieure d'une boîte cylindrique, B (fig. 126) et sont placés chacun sous la dépendance d'un levier, *l*, com-

(1) *Annales Télégraphiques*, 1861. p, 363.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mandé par l'une des 28 touches, H, du clavier. Au-dessus de la boîte tourne un chariot, C, animé d'un mouvement continu et isochrone. Si on presse sur une touche, le goujon, g, qu'elle

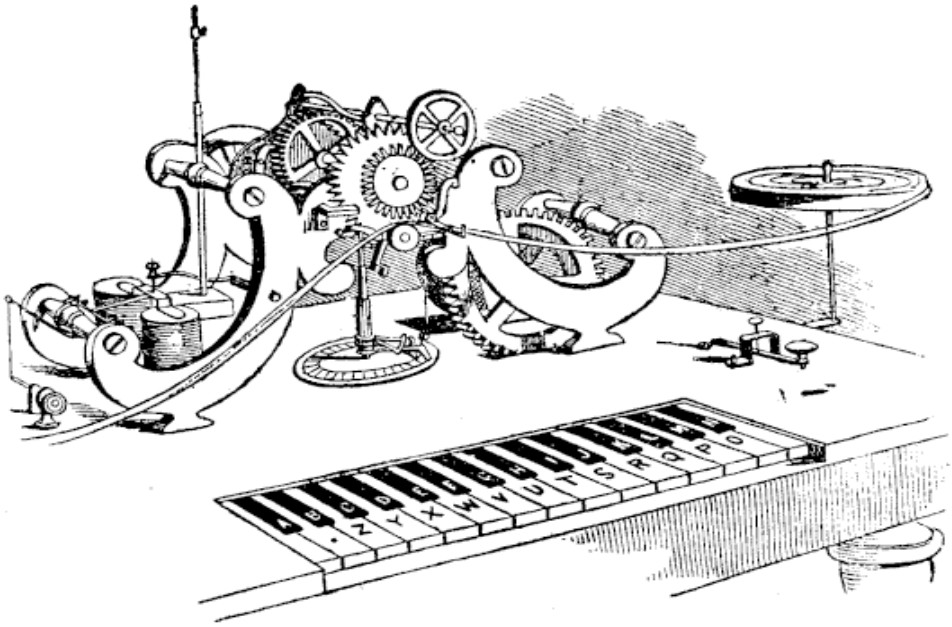


Fig. 125. — Appareil Hughes (1860).

commande, émerge de la boîte et vient se placer sur le passage du chariot, C; lorsque celui-ci le rencontre, il bascule

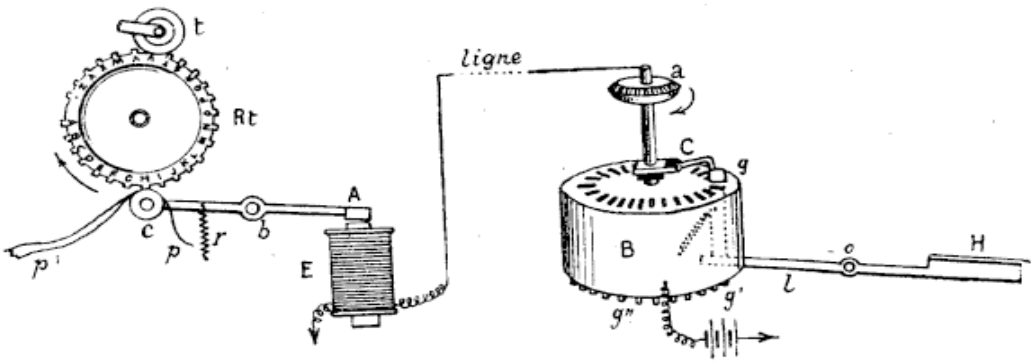


Fig. 126.

par dessus; un courant est envoyé sur la ligne pendant tout le temps que la lèvre du chariot reste en prise avec le goujon relié à la pile. Le *moment* de l'envoi du signal dépend donc de la place occupée, dans la boîte, par le goujon, c'est-à-dire de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

touche abaissée. A l'autre bout de la ligne, une roue des types, Rt, tourne en synchronisme avec le chariot du poste transmetteur ; si, donc, on a actionné la touche H, par exemple, le courant émis arrive à l'appareil récepteur lorsque sa roue des types présente à la bande cette même lettre H : il suffit d'utiliser le mouvement de l'armature, A, de l'électro-aimant, E, pour déterminer la projection de la bande, pp', contre la roue des types, Rt : on imprime alors la lettre H. Toutes les lettres défilant synchroniquement devant la bande en même temps que le chariot de l'autre poste passe au-dessus des divers goujons, la différenciation des signaux a donc pour base le *moment* de l'envoi de chaque signal.

L'identité de position, qui doit exister, à chaque instant, entre le chariot du poste transmetteur et la roue des types du poste récepteur, est obtenue de la façon suivante :

1° Un régulateur donne à chaque appareil, pris isolément, un isochronisme aussi parfait que possible ; lors de l'entrée en contact des deux postes, on s'efforce de donner aux deux régulateurs de vitesses identiques.

2° Un système correcteur rectifie, à chaque impression, la position de la roue des types réceptrice, la pousse en avant si elle est en retard ou l'arrête momentanément si elle est en avance : c'est le rôle de la *roue correctrice*, placée derrière la roue des types, et sur laquelle agit la *came correctrice*.

3° Un dispositif de repérage fait partir les deux appareils simultanément d'un même point, lorsqu'on commence la transmission ; ce point de repère est le « blanc des lettres » : un système de *rappel au blanc* permet d'immobiliser la roue des types dans la position où elle présente à la bande l'évidement destiné à l'espacement des lettres, tandis que tous les autres rouages continuent à tourner ; le premier courant reçu détermine l'embrayage de la roue des types avec son axe ; or, comme ce courant est émis, à l'autre poste, par le soulèvement du goujon « blanc des lettres », l'accord se trouve établi et est ensuite maintenu par l'action de la came correctrice. Toutes ces fonctions sont décrites plus loin.

Après un certain nombre de modifications, l'appareil Hughes a revêtu la forme qu'indique la figure 127. Le clavier comprend 28 touches, dont 14 noires et 14 blanches ; 26 de ces touches portent la double indication d'une lettre et d'un chiffre ou signe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ponctuation, les deux autres servent aux espacements, l'un dit « blanc des lettres », l'autre « blanc des chiffres », comme dans les systèmes précédents.

A l'origine, les courants étaient émis par la rencontre du goujon relié à la pile avec le chariot, qui communiquait avec la ligne; on désignait cette disposition sous le nom d'« électrique ». En 1872, Hughes la modifia de telle sorte que le mouvement de bascule du chariot est communiqué à un « levier de transmis-

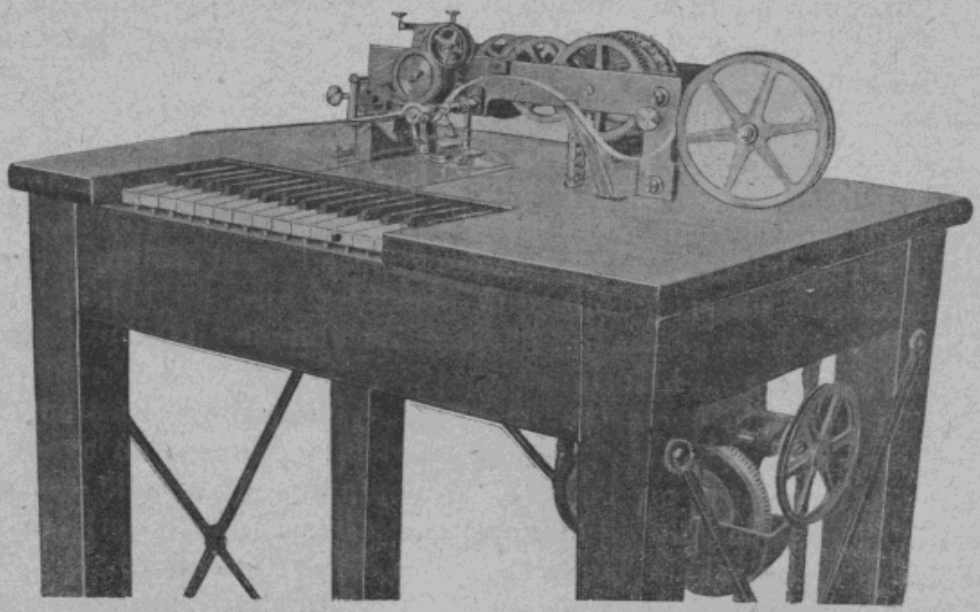


Fig. 127. — Appareil Hughes (1885).

sion », qui peut venir s'appuyer sur l'un ou l'autre de deux butoirs, reliés respectivement à la pile et au récepteur. Le contrôle de la transmission, au départ, était obtenu par l'embrochage de l'électro-aimant. En 1875, Terral et Mandroux imaginèrent le « déclanchement automatique », constitué par une tige réglable, T (v. fig. 131), qui réunit le levier de transmission à celui de détente, JJ' : celui-ci bascule ainsi sans le secours de l'électro-aimant.

L'électro-aimant est constitué de la façon suivante (fig. 128) : quatre aimants permanents sont réunis en un faisceau; sur les équerres qui les assemblent sont montés les noyaux des bobines; à leur partie supérieure et en dehors des joues, les noyaux se terminent par une petite plaque de fer doux (fig. 129), dont l'extrémité libre est dirigée vers l'intérieur. L'armature a la forme d'un T,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont le pied, à l'état de repos, reste collé sur les pièces polaires; elle est montée sur des vis-pivots, engagées dans la grande

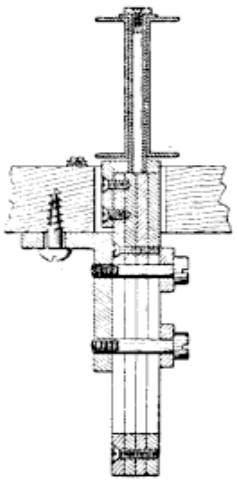


Fig. 128.

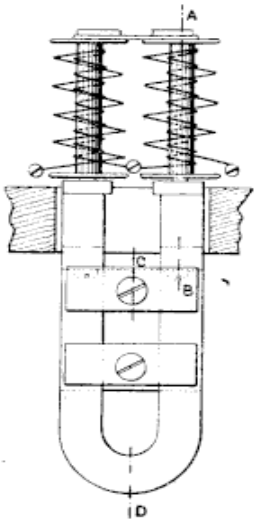


Fig. 129.

branche et supportées par un chevalet (fig. 130); l'armature est sollicitée à se soulever par deux ressorts-lames, qu'on tend à l'aide de vis. Si l'on fait passer dans les bobines un courant dirigé de telle sorte qu'il tende à produire, dans les noyaux, des polarités inverses de celles qu'y engendre l'aimant, la force attractive de ce dernier est affaiblie; l'armature, obéissant à ses ressorts, se soulève et vient frapper sur un levier de détente, qu'elle met en mouvement avec toute l'énergie qu'on a donnée à ces ressorts. Elle doit être ensuite ramenée mécaniquement au contact des noyaux.

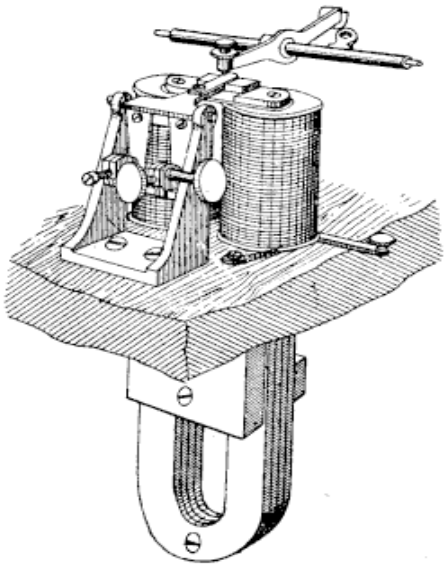


Fig. 130.

Le levier de détente, composé de deux branches, J et J' (fig. 131) est mobile autour d'un axe, A, situé à leur point de rencontre. La branche de droite, J', se termine par une tête appelée « tête du levier de détente » portant une petite saillie ou épaulement, *a*, dont le rôle sera indiqué plus loin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'arbre des cames, A (fig. 132) est placé au-dessous de la tête du levier de détente. Il est situé sur le prolongement de l'axe du volant, H, et est, à l'état normal, immobile, tandis que l'axe du volant tourne d'un mouvement continu; lorsque l'armature soulève le levier de détente, celui-ci doit faire une révolution com-

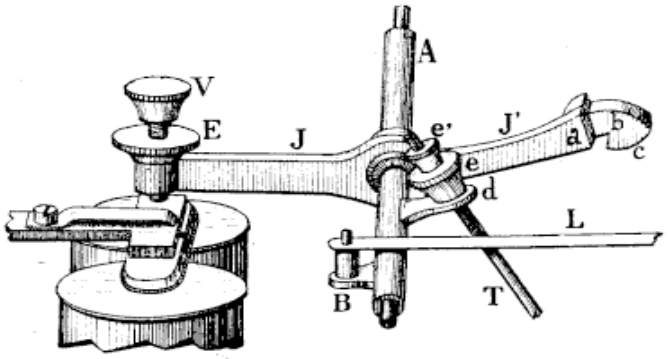


Fig. 131.

plète et revenir ensuite au repos. En avant du coussinet, H, est montée une roue à rochet, R*r*, dont les dents sont tournées du côté du mouvement, lequel est inverse de celui des aiguilles d'une montre.

A la partie postérieure de l'arbre des cames se trouve une

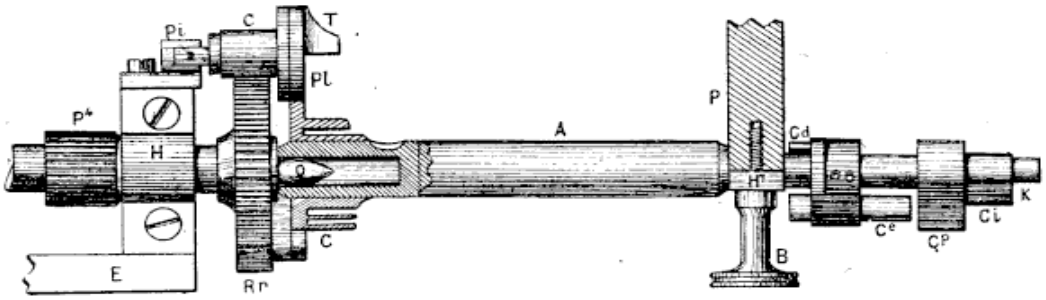


Fig. 132.

pièce à deux branches, P*l*, appelée *plaque d'échappement* ou de détente. La branche supérieure porte une partie en saillie, ou *taquet*, T, et l'axe du cliquet, C, dont les dents sont dirigées en sens inverse de celles du rochet, R*r*; un doigt, D, s'appuie sur la face gauche du plan incliné, P*i*, il ne peut pas glisser à cause du levier de détente, dont l'épaulement, *a* (fig. 131 et 133) arrête le taquet, et immobilise, dans cette position, toute la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plaque d'échappement. Le rochet tourne donc librement, au-dessous du cliquet, sans l'entraîner.

Lorsque l'armature est soulevée elle vient buter contre la vis de réglage, V, du levier de détente et le fait basculer; l'épaulement se dérobant à l'appui du taquet, la plaque d'échappement bascule également et le cliquet tombe sur les dents du rochet : l'arbre des cames est entraîné par l'axe du volant.

En outre, des excentriques qui opèrent l'impression et la progression, l'arbre des cames porte, devant la plaque d'échappement, un excentrique appelé *colimaçon*, F, qui passe sous la

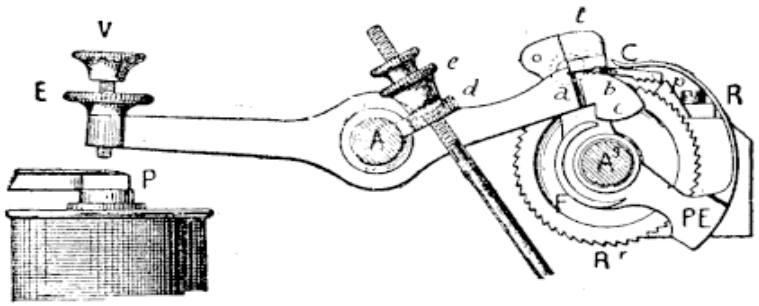


Fig. 133.

tête du levier de détente; la branche de droite est soulevée, celle de gauche abaissée : la vis, V, ramène l'armature contre les noyaux, où elle reste collée.

L'arbre des cames, sa révolution terminée, doit revenir à l'état de repos : le taquet rencontre la partie courbe ascendante de la tête du levier de détente, l'oblige à s'abaisser et vient se caler de nouveau contre l'épaulement; pendant ce temps, le doigt du cliquet a rencontré le plan incliné et en a fait l'ascension, séparant ainsi ses dents de celles du rochet, qui continue à tourner tandis que l'arbre des cames reste au repos.

La roue des types, RT (fig. 134) porte, sur son pourtour, deux séries alternées de caractères, l'une comprenant les lettres, l'autre les chiffres et signes de ponctuation; on peut, à l'aide du système d'inversion, présenter l'une ou l'autre de ces séries à l'impression; la roue des types est encrée par un tampon de drap imbibé d'encre grasse.

La roue correctrice, RC, est placée derrière la roue des types; elle est montée sur un manchon, M, dans lequel est enfilé le manchon, *m*, de la roue des types. Elle porte 28 dents.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La roue de frottement, RF, placée derrière la roue correctrice, est constituée par un rochet à denture très fine, monté à frottement sur son manchon, a, sur lequel elle peut se déplacer au prix d'un certain effort. L'embrayage avec la roue correc-

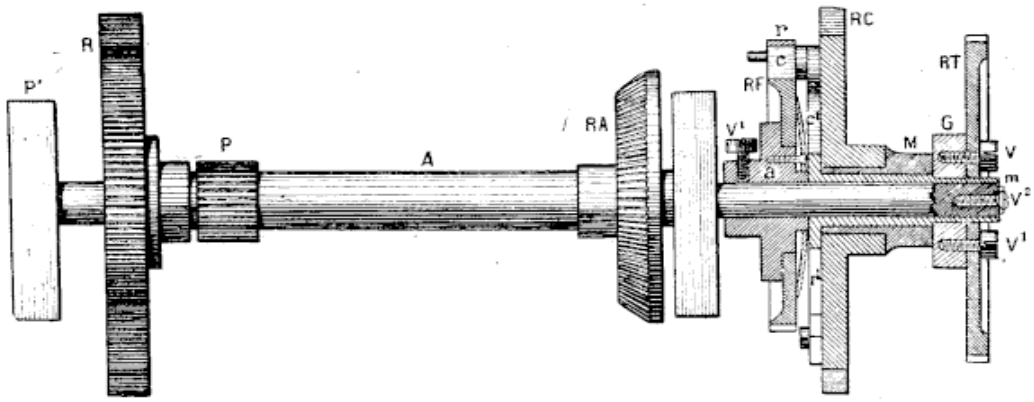


Fig. 134.

trice se fait à l'aide d'un cliquet, k' (fig. 135) placé derrière celle-ci, et dont les dents s'emboîtent dans celles de la roue de frottement.

Au moment de l'impression, la came correctrice s'engage entre deux dents de la roue correctrice et rectifie sa position : elle la pousse si elle est en retard, la retient si elle est en avance; dans le premier cas, les dents du cliquet sautent sur celles de la roue de frottement; dans le second, cette dernière est immobisée et glisse sur son manchon.

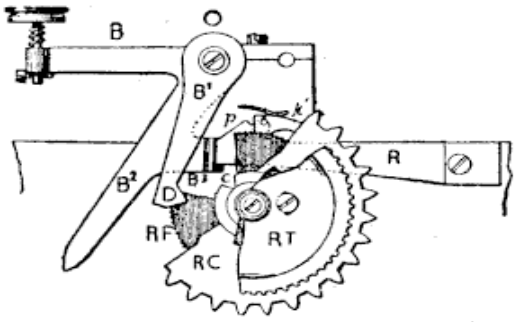


Fig. 135.

Pour opérer le « rappel au blanc », il suffit de désembrayer la roue correctrice qui devient immobile, ainsi que la roue des types, tandis que tout le reste de l'appareil continue à tourner. C'est l'office du levier B (fig. 135). Lorsqu'on appuie sur le bouton, b, la saillie de la branche, B, se glisse derrière le plan incliné, p, et vient le placer sur le passage du doigt du cliquet, k'; celui-ci, comme le cliquet de détente, est obligé de gravir la pente du plan incliné et ses dents se séparent de celles de la roue de frottement; la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

roue correctrice est immobilisée par le bec, D, qui vient se placer dans une encoche, C, portée par le manchon de la roue correctrice, RC.

Le premier déclanchement sera provoqué par le goujon « blanc des lettres »; la came correctrice, rencontrant une dent de la roue de correction, la poussera devant elle et remettra le système en marche : la roue des types partira d'accord avec le chariot du correspondant.

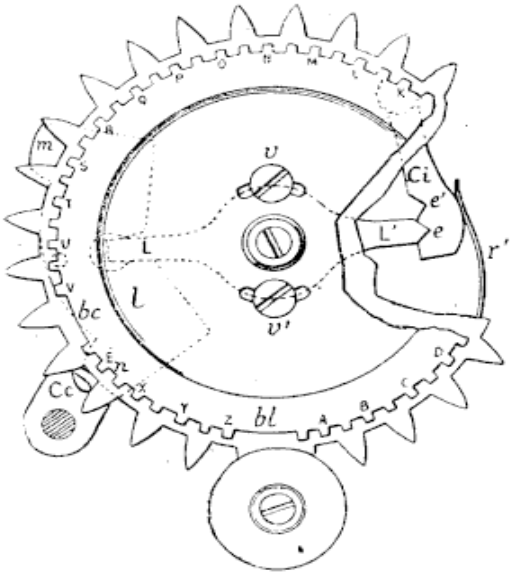


Fig. 136.

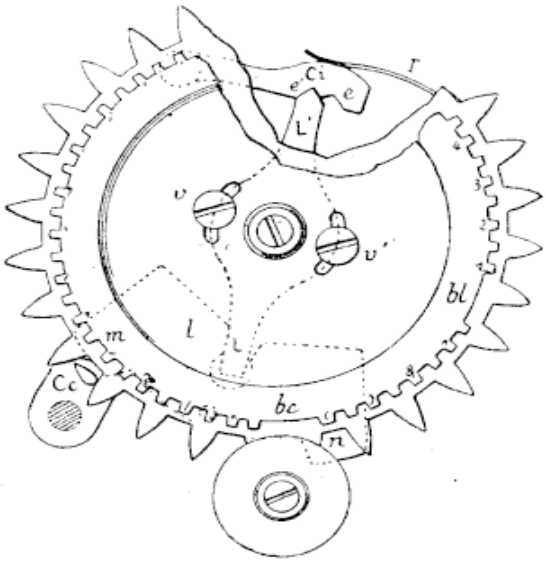


Fig. 137.

La roue des types porte deux séries de caractères, lettres et chiffres, intercalés à 1/56 les uns des autres. Afin qu'on puisse présenter l'une ou l'autre à l'impression, elle est rendue solitaire de la roue correctrice par le système d'inversion : un levier, LL' (fig. 136) solidaire de la roue des types, est maintenu dans l'une ou l'autre de deux encoches, *e* et *e'*; sa branche, L, s'engage dans l'ouverture d'une plaque, *l*, fixée derrière la roue correctrice et dont les saillies peuvent venir obstruer un creux de ladite roue. Si, après avoir imprimé des lettres, on reçoit le signal « blanc des chiffres », la came correctrice, trouvant bouché le creux correspondant, pousse la dent, *m*, ; la plaque pivote et la dent, *n*, vient se placer dans l'intervalle « blanc des lettres ». Le levier d'inversion, pivote également, et la branche, L', quittant l'encoche, *e*, soulève le cliquet, C*i*, pour venir s'engager dans l'autre encoche, *e'*, où elle reste maintenue par le cliquet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La roue des types est ainsi décalée de 1/56 par rapport à la roue de correction. Lorsqu'on recevra le signal « blanc des lettres », la came correctrice agira de même sur la dent, *n* et le mouvement inverse s'accomplira (fig. 137).

La *came d'impression* I (fig. 138) consiste en un petit prisme en acier, dont les deux faces latérales se coupent suivant un angle très aigu ; elle se meut entre les deux branches du *levier d'impression*. Celui-ci s'appuie, à l'état de repos, sur l'arbre des cames ; il porte le *barillet* sur lequel passe la bande. Le *levier de progression*, D, est placé derrière le levier d'impression.

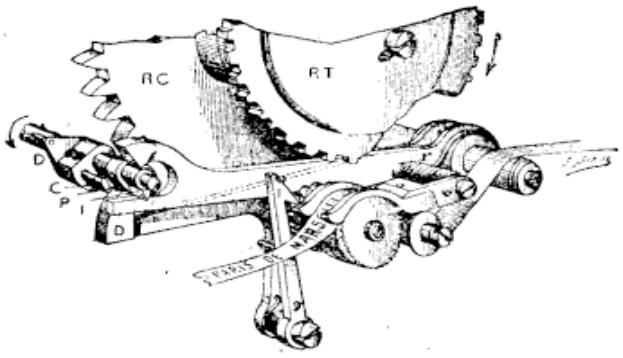


Fig. 138.

Lorsque l'arbre des cames est embrayé, la came correctrice, C. entre la première en jeu : elle rectifie la position de la roue des types ; la came d'impression, I rencontre ensuite le bec du levier d'impression, le soulève et projette le barrillet contre la roue des types ; l'impression a lieu ; la *came de progression*, P, montée également sur l'arbre des cames, refoule le levier de progression, D ; celui-ci, en s'abaissant, entraîne le cliquet, *l*, dont la dent, agissant sur le rochet solidaire du barillet, l'oblige à tourner : le papier avance et la bande présente une partie blanche à l'endroit où aura lieu la prochaine impression.

Le régulateur Hughes est un pendule conique : une tige, en acier trempé, d'un développement de 2m.10, est encastrée, par son extrémité rectiligne d'arrière, dans une forte mâchoire, H, serrée par quatre vis (fig. 139) ; elle est enroulée en une hélice de neuf spires. Sur la partie rectiligne antérieure est enfilée une boule massive, B, en laiton, maintenu par un ressort armé, *bb*, qui s'oppose à tout ballottement, sur cette boule est attachée l'extrémité d'une petite tige en acier, dont l'autre, *t*, est encastrée dans une mâchoire, solidaire d'une crémaillère, *c* ; celle-ci peut être déplacée à l'aide d'un bouton extérieur, D, simplement pointillé sur la figure, et commandant un petit pignon, *p* : on peut ainsi déplacer à volonté la boule sur la tige.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La durée des oscillations de ce pendule dépend de la distance entre le centre de gravité de l'ensemble et le point d'encastrement : on augmente la vitesse en rapprochant la boule de ce dernier point, et inversement.

L'extrémité libre de la tige est entraînée par un frein constitué par un manchon en laiton, fixé sur l'arbre, A, du volant,

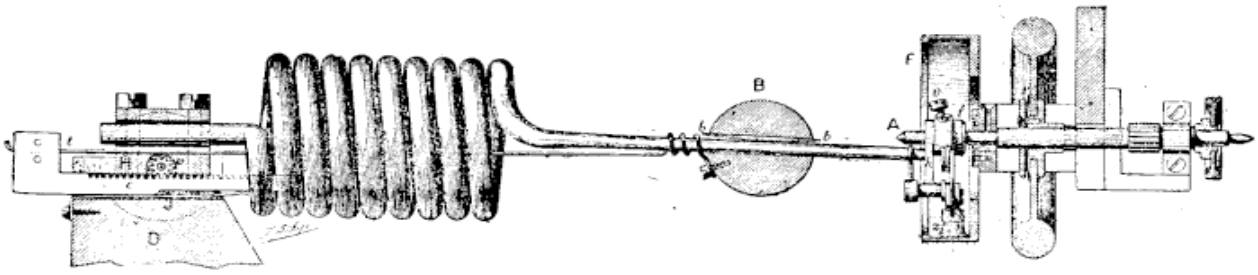


Fig. 139.

à l'aide d'une vis de pression, et portant un bras, *b* (fig. 140) au bout duquel est articulé un disque en acier; sur ce disque est montée une tige en acier, T, terminée par un œilleton, *o*, dans lequel on engage l'extrémité de la tige vibrante. Sur l'axe du disque se trouve un excentrique, *e*, sur lequel s'appuie une tige en acier, *r*, encastrée dans un bras en laiton monté sur le manchon, A, et terminée, à son autre extrémité, par un frotteur en étoupe, *f*. La tige, en vibrant, s'écarte du centre, elle entraîne l'œilleton, *o*, et l'excentrique, *e* ; celui-ci présente un rayon de plus en plus grand à la tige du frotteur, *r*, qui arrive au contact d'un cylindre en acier, ou tambour, à l'intérieur duquel il exerce une friction d'autant plus grande que la tige tend davantage à s'écarter du centre : l'excédent de force est ainsi absorbé, et l'amplitude du pendule se trouve maintenue dans les limites où les oscillations sont isochrones.

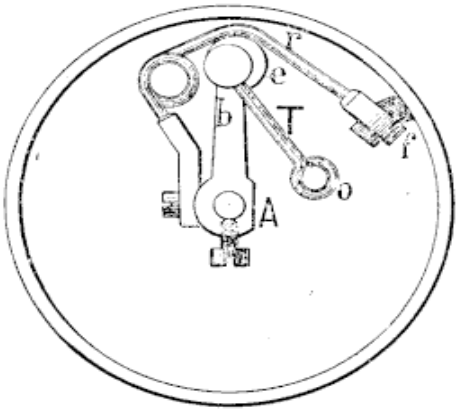


Fig. 140.

Régulateur pour appareil Hughes, de Siemens (1880). — Ce régulateur constitue un double pendule conique, de telle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sorte que les réactions de l'un annulent celles de l'autre, et qu'on échappe ainsi aux trépidations que communique à l'appareil le régulateur Hughes décrit ci-dessus.

L'axe vertical est mobile entre deux tourillons, portés par deux bras latéraux en fonte, B (fig. 141); il reçoit le mouvement de celui du volant par l'intermédiaire d'une roue d'angle. Deux tiges en acier, T, portant chacune une boule pesante, sont articulées sur l'axe et maintenues vers le centre par de forts ressorts, R. Lorsque l'appareil est mis en mouvement, les boules s'écartent malgré l'action des ressorts, R, les frotteurs en cuir, F, portés par les tiges, viennent exercer une friction sur la paroi intérieure d'un tambour disposé à cet effet.

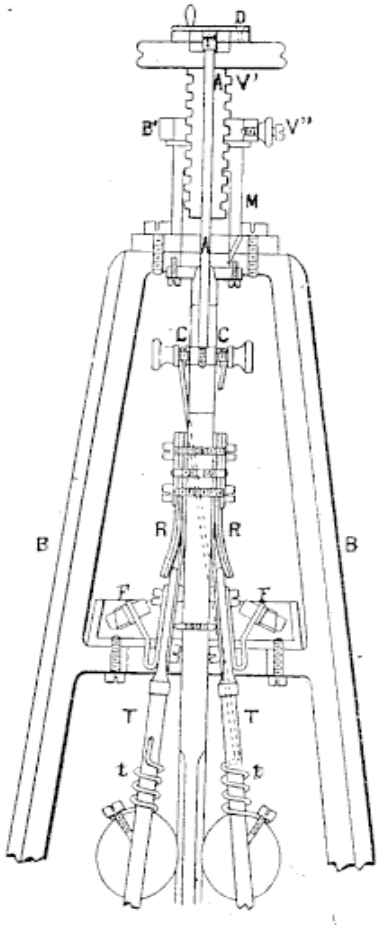


Fig. 141.

On règle la vitesse, comme dans le précédent, par le déplacement d'un curseur, C, auquel sont fixées les tiges en acier, *t*, attachées d'autre part aux boules; ce curseur est commandé, par l'intermédiaire d'une tige, AA, à l'aide d'une vis à bouton, V', taraudant dans un mandrin, M, monté à la partie supérieure du bâti.

Régulateur Daumarie, pour appareil Hughes (1902). — Il est entraîné, comme celui de Siemens, par une roue d'angle. Sur l'axe vertical, A (fig. 142) est fixée une potence, P, dans laquelle sont encastrés deux forts ressorts-lames en acier, R, portant chacun une masse pesante, B, qu'ils tendent à maintenir près de l'axe. Les masses, en s'écartant sous l'action de la force centrifuge, entraînent chacune un levier articulé, T, dont la branche inférieure L, porte un frotteur, *c'*, constitué par un petit cylindre de liège; celui-ci vient exercer son action sur une cuvette horizontale, *c*, placée à la partie inférieure de l'axe.

Les masses étant fixes sur les ressorts, on règle la vitesse en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

modifiant la force de ceux-ci : c'est le rôle d'un curseur, constitué par un cadre rectangulaire, C, qu'on manœuvre à l'aide d'une vis, V, placée à la partie supérieure et agissant sur une tige, *t* (fig. 143) ; les petits côtés de ce cadre portent chacun un galet, *g*, qu'un ressort à boudin très raide, R', oblige à s'appuyer sur le ressort-lame correspondant : la flexion de celui-ci a donc pour point de départ le point de contact avec le galet ; on conçoit qu'on pourra ainsi atteindre la vitesse qu'on désire en montant ou en descendant le curseur, c'est-à-dire en faisant varier la longueur libre des ressorts.

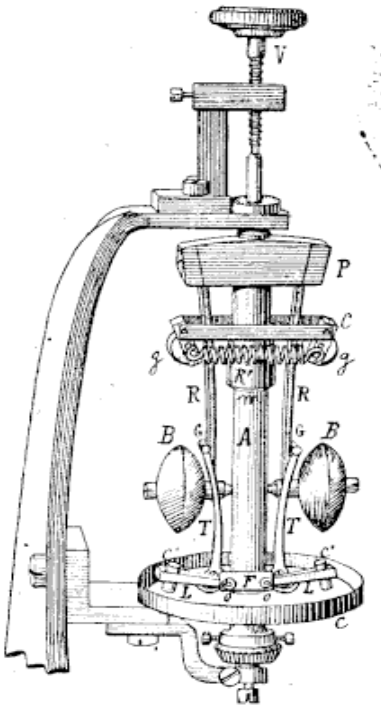


Fig. 142.

BIBLIOTHEQUE

Régulateur de l'Association des Ouvriers Mécaniciens (1903). — Un manchon en bronze, *m* (fig. 144) qu'on fixe sur l'extrémité de l'arbre du volant à l'aide d'une vis de pression, V, porte une barre en acier, *bb*, de section carrée ; deux masses en laiton, *d*, sont enfilées à frottement très doux sur la barre, et sont sollicitées à rester vers le centre par deux ressorts à boudin, R. Le manchon porte, en outre, une sorte de parallélogramme de Watt, dont les grandes branches, *t*, sont entaillées d'une fente longitudinale ; une vis à portée, passant dans cette fente et taraudant dans une des masses, assure la solidarité de chacune de celles-ci avec le parallélogramme : lorsqu'elles s'écartent du centre, le jeu de ce dernier a pour effet de pousser vers l'extérieur une tige, T, enfermée dans un manchon, B, et terminée par un canon en laiton, dans lequel est implanté un petit cylindre de liège, F : celui-ci vient frotter contre une cuvette conique, portée par le boîtier.

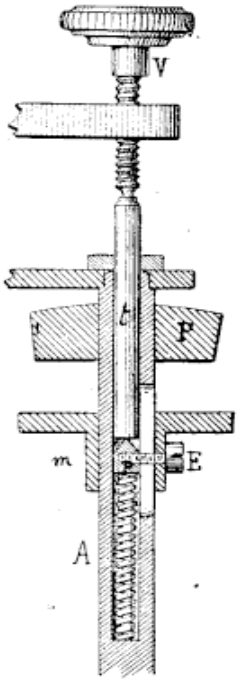


Fig. 143.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les ressorts et les masses étant invariables, on règle la vitesse en déplaçant, à l'aide d'une vis tangente, le cône sur lequel s'exerce la friction, de manière à faire varier le rayon

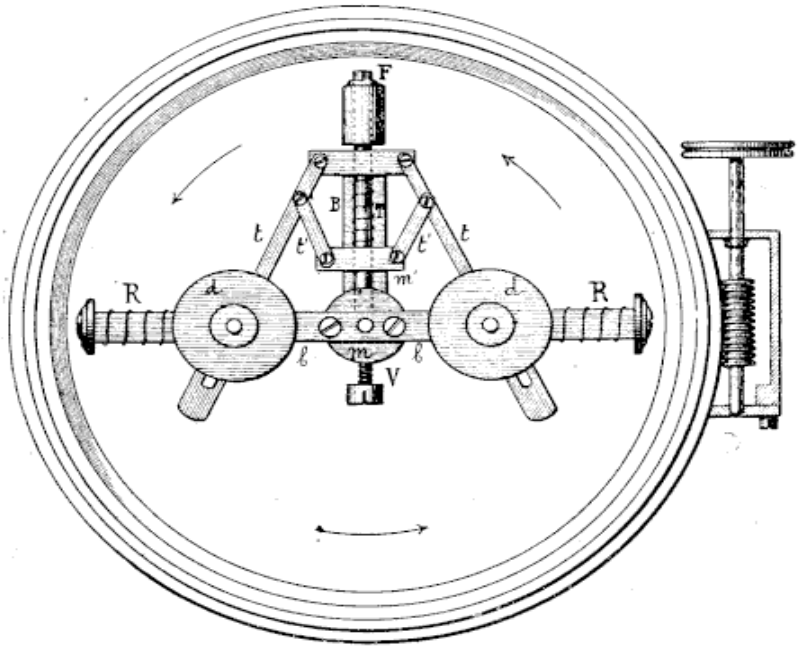


Fig. 144.

offert au déplacement du frotteur : plus ce rayon est grand, plus les masses doivent comprimer les ressorts pour amener le bouchon au contact du cône, et plus on augmente la vitesse de l'appareil ; et inversement.

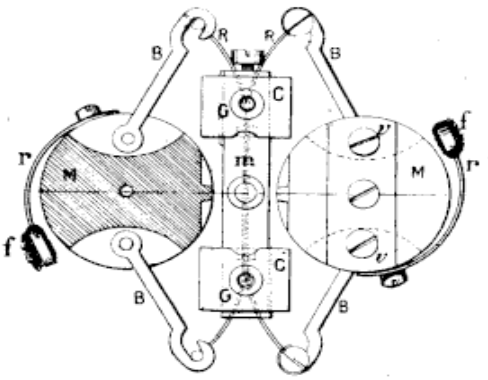


Fig. 145.

Régulateur de vitesse, de Koch (1908). — Il comprend deux ressorts-lames, R (fig. 145) maintenus en leur milieu par un encastrement solidaire du manchon central, *m*, monté sur l'axe du volant de l'appareil ; aux deux extrémités de chacun de ces ressorts, R, sont articulés des biellettes, B, mobiles, d'autre part, autour de vis, *v*, sur les masses, M. Ces dernières peuvent ainsi, sous l'action de la force centrifuge, se déplacer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivant une direction diamétrale; sur les masses est fixé un ressort-lame, *r*, portant un frotteur en étoupe, *f*, qui, lorsque la masse est écartée, se trouve appliqué contre la paroi intérieure d'une cuvette fixée au bâti de l'appareil.

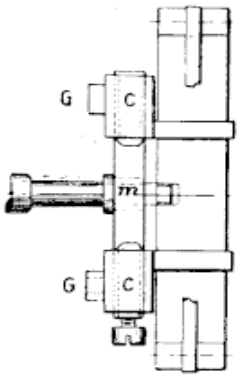


Fig. 146.

La vitesse à partir de laquelle les masses quittent le centre dépend de la rigidité des ressorts; on peut modifier celle-ci à volonté en faisant varier la position des points d'encastrement, de part et d'autre du centre de rotation. A cet effet, ces points d'encastrement sont constitués par deux chapes, C (fig. 145 et 146) maintenant solidement les ressorts accolés l'un à l'autre et formant coulisseaux sur le manchon. Chacune de ces chapes porte, à l'arrière, un galet, G.

Le déplacement des chapes, et, par suite, les modifications de la rigidité des ressorts, s'obtiennent de la façon suivante : la boîte renfermant le régulateur est close, du côté du volant, par une plaque mobile portant une *rainure-came*, formée d'une partie circulaire, X, et d'une partie rectiligne, Y (fig. 147) dans laquelle les galets viennent passer, à chaque révolution. Si l'on manœuvre le bouton, A, de manière à faire, par exemple, descendre la plaque, les galets rencontrent la partie circulaire, X, et s'éloignent du centre, entraînant les chapes, C (fig. 146), il en résulte un raccourcissement de la partie flexible des ressorts, qui deviennent plus rigides, et la vitesse se trouve augmentée. Si l'on tourne le bouton en sens inverse, on remonte la plaque; c'est la partie rectiligne, Y, qui agit sur les galets, et l'on obtient le résultat inverse.

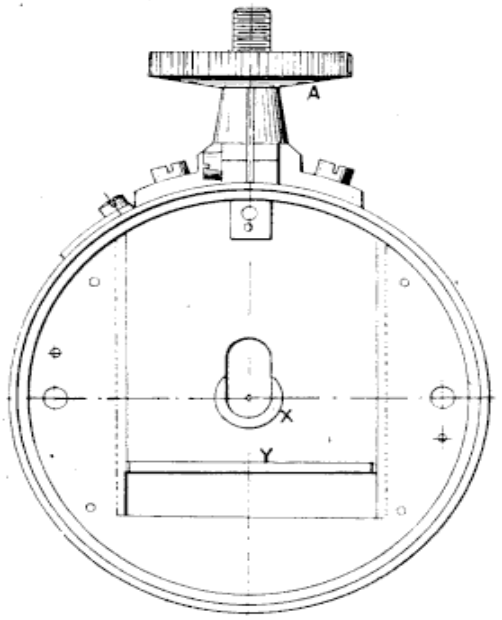


Fig. 147.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareil Hughes en aluminium (1911). — L'entraînement a lieu à l'aide d'un moteur électrique, attelé au volant par l'intermédiaire d'une courroie; on n'a conservé que les trois axes utiles, ceux de la roue des types, du volant et du chariot. Les platines, les piliers, les leviers des touches, etc., sont en aluminium, ce qui le rend très léger et facilement transportable; son poids ne dépasse pas 19 kilogrammes.

Il est muni du régulateur Koch, décrit ci-dessus.

Le rappel au blanc est du système Schils : le levier, L

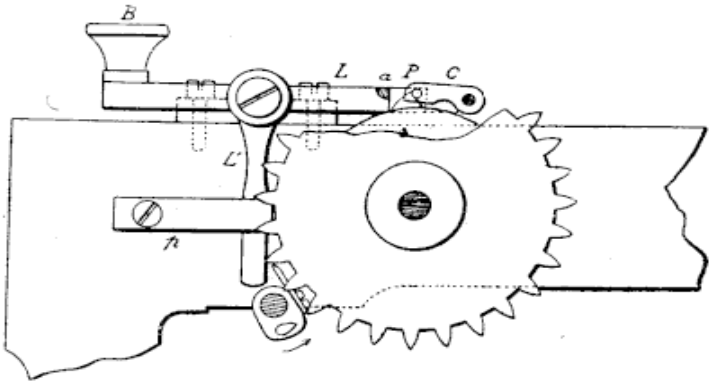


Fig. 148.

(fig. 148) porte un plan incliné triangulaire, P, qui, lorsqu'on agit sur le bouton, s'élève et vient se placer sur le passage du doigt du cliquet, C; au moment où celui-ci a franchi l'arête, une pièce, *a*, montée derrière la roue correctrice, vient rencontrer un épaulement taillé sur le levier, L : les roues des types et de correction sont ainsi calées dans la position qui convient (v. p. 150). Afin que la pression du cliquet sur le plan incliné ne fasse pas redresser le levier, L, un appendice vertical élastique, L', s'engage dans une encoche, *e* (fig. 149) portée par un pontet, *p*. Lors du premier déclanchement, la came de dégagement pousse l'appendice, L', vers l'arrière : la branche, L, bascule et le cliquet tombe sur le rochet de frottement; l'appendice, L', glisse sur la partie inclinée, *b*, qui précède l'encoche, *e*, et revient se placer entre celle-ci et le pontet, *p*.



Fig. 149.

Appareil Hughes pour transmissions duplex, de Terral (1879). — L'appareil (fig. 150) comporte deux roues des types

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

montées sur le même axe, avec un seul régulateur à tige vibrante pour l'ensemble du mouvement d'horlogerie commun. Le contrôle de la transmission est obtenu par une liaison mécanique établie entre le levier de transmission et ceux d'impres-

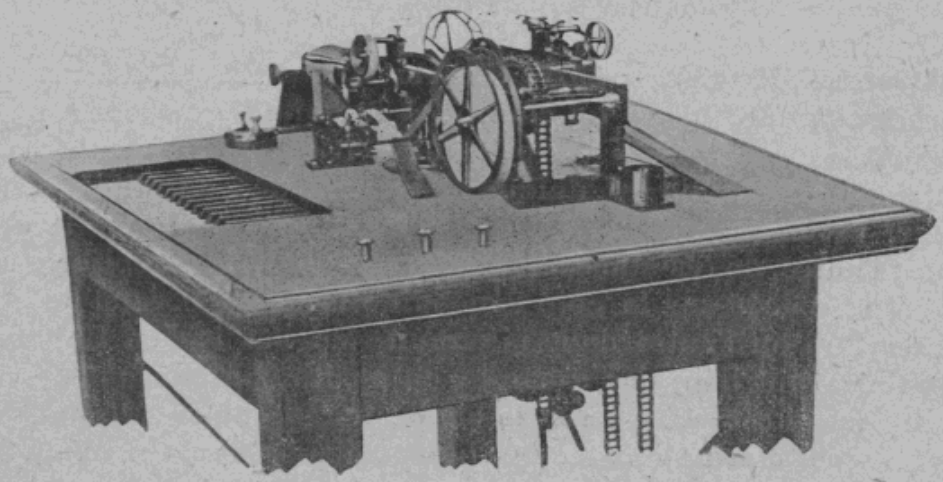


Fig. 150.

sion et de progression, correspondant à la roue des types placée du côté du clavier.

La réception est enregistrée à la façon ordinaire sur l'autre roue des types; l'électro-aimant est formé de deux circuits, l'un en fil très fin, l'autre en fil beaucoup plus gros et de peu de longueur. Le courant, au départ, parcourt ce dernier enroulement, et son action sur les noyaux est insuffisante pour déterminer le soulèvement de l'armature; à l'arrivée, au contraire, il passe dans le fil fin et l'armature est actionnée. Les deux postes ayant des batteries de pôles contraires, lorsqu'ils viennent à transmettre au même moment, les courants, traversant le gros fil, s'ajoutent, et l'intensité ainsi doublée devient suffisante pour amener la désaimantation des noyaux.

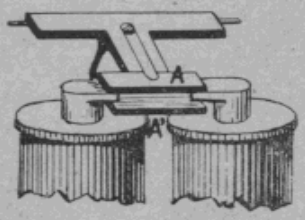


Fig. 151.

Un ingénieux dispositif remplace ici l'interrupteur dit « de la came correctrice »; il consiste en une seconde armature, A', (fig. 151), solidaire de la première, A, et placée au-dessous des plaques polaires de l'électro-aimant, de telle sorte que, lorsque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'une s'approche, l'autre s'éloigne, et réciproquement; si ces deux armatures sont convenablement placées, les courants d'induction engendrés par l'une et par l'autre, étant égaux et de sens contraire, se neutralisent réciproquement et restent ainsi sans effet sur l'aimantation des noyaux.

Appareil Hughes pour câbles sous-marins, d'Ailhaud et Mandroux (1879). — Le chariot et la boîte à goujons sont du type dit « électriques » (v. p. 146); deux électro-aimants commandent une seule et unique détente; l'un, de faible résistance, est embroché dans la ligne, au départ, et donne le contrôle; l'autre, de résistance normale, sert pour la réception; une manette, placée sur le côté gauche de la table, permet de connecter l'un ou l'autre dans le circuit, suivant le cas. Le transmission ayant lieu, par exemple, en positif, un courant négatif de décharge est envoyé sur le câble, après chaque signal, par les ressorts d'armatures et des butées disposées à cet effet.

Appareil Hughes transmetteur pour câbles sous-marins, d'Ailhaud et Mandroux (1882). — L'arbre des cames

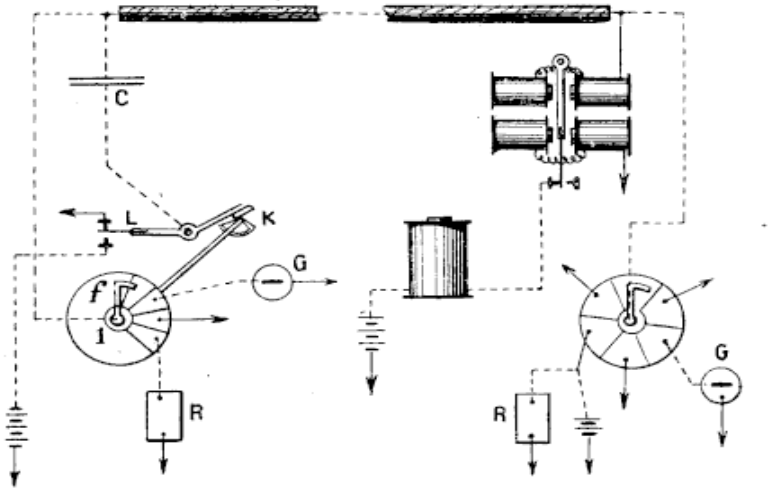


Fig. 152.

porte, à l'avant, un petit distributeur, dont le balai, *f* (fig. 152), est en communication avec le câble; un condensateur, C, est relié, par l'une de ses faces, au câble et, par l'autre, au levier de transmission, L. Lorsque le chariot rencontre un goujon soulevé, un déclanchement a lieu à la façon ordinaire, et l'arbre des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cames se met en mouvement ; le balai du distributeur qui, à l'état de repos, se trouvait sur un secteur en ébonite, passe sur le contact, 1, qui est isolé ; pendant ce temps, une came supplémentaire, K, portée par l'arbre des cames, maintient le levier, L, sur sa butée de pile ; le condensateur se charge et un courant bref est émis sur le câble ; au moment où le balai va quitter le contact, 1, le levier, L, revient sur sa butée de repos : le condensateur se décharge et le câble est parcouru par un courant bref, de sens inverse ; puis, pendant le reste de sa révolution, le balai met le câble à la terre, à travers un rhéostat, R, sur le contact 2, ensuite directement sur le contact 3 et enfin, à travers un galvanomètre à miroir, G, sur le contact 4, avant de revenir à la position de repos, sur le secteur en ébonite. Le galvanomètre, G, a pour objet de permettre la vérification de l'état électrique du câble après chaque signal.

Appareil imprimeur, de Olsen (1875). — Ce système, (fig. 153), inspiré de l'appareil Hughes, en diffère par les points

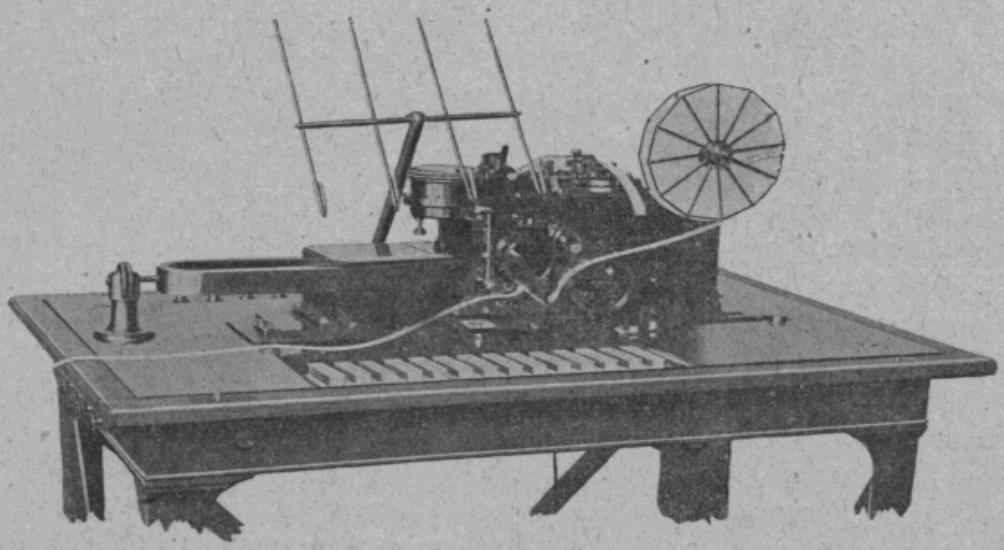


Fig. 153.

suivants : alors que, dans ce dernier, le temps est divisé en 28 moments, correspondant chacun à la transmission possible d'un signal, l'appareil Olsen n'a besoin que de 14 moments, permettant chacun l'expédition de deux signaux, l'un en positif l'autre en négatif ; il en résulte une augmentation du rendement théorique de la ligne, et, pratiquement, la possibilité de donner

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux appareils une vitesse de rotation sensiblement plus grande; dans cet ordre d'idées, il a paru avantageux de faire usage de deux mouvements d'horlogerie distincts, l'un pour entraîner le chariot et la roue des types, l'autre pour la mise en mouvement des organes imprimeurs.

Le clavier est à 28 touches, T (fig. 154), disposées comme celles de l'appareil Hughes, commandant des goujons en acier, G; ceux-ci sont juxtaposés sur une même ligne droite; le chariot est remplacé par un cylindre, C, dont l'axe est parallèle à la ligne des goujons; il est divisé en 15 génératrices, dont 13 portent chacune deux cames, situées sur les circonférences correspondant à deux goujons consécutifs; les deux autres génératrices, affectées aux deux « blancs », ne portent chacune qu'une seule came; l'ensemble, vu en bout, forme une sorte d'étoile ou de rochet, C.

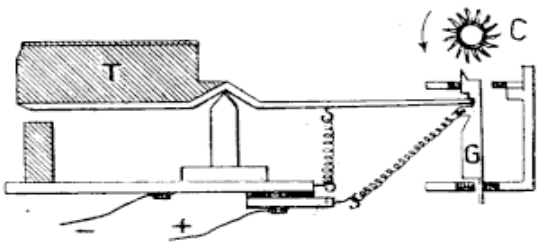


Fig. 154.

Lorsqu'une touche est abaissée, son goujon émerge et vient se placer sur le passage de la came; au moment où a lieu la rencontre, le goujon est poussé et chasse devant lui une petite tigelle; celle-ci communique le mouvement à un bras de levier monté sur un axe dit « axe transmetteur »; cet axe, en pivotant, réunit deux ressorts, dont l'un communique avec une batterie et l'autre avec la ligne. En réalité, les goujons sont divisés en deux groupes, correspondant à deux axes transmetteurs distincts; les goujons impairs émettent ainsi des courants positifs et les goujons pairs des négatifs; chaque axe porte donc 14 bras de levier, placés en face des tigelles de la série de goujons qui leur correspond. Le *moment* de l'émission est ainsi identique pour deux goujons de la même paire, dont les cames se trouvent sur une même génératrice, et le signal ne se trouve différencié, à l'arrivée, que par la polarité de la batterie qui a été mise en circuit.

Les courants de départ traversent l'électro-aimant récepteur et donnent le contrôle de la transmission; cet électro-aimant, à une seule bobine, est muni de deux armatures polarisées, l'une nord, l'autre sud, et qui obéissent respectivement au courant positif et au négatif; toutes deux, au repos, sont collées sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plaque polaire du noyau, et sollicitées à se soulever par de forts ressorts à boudin, r et r' (fig. 155). Au-dessus des armatures se trouve un balancier, BB', perpendiculaire au levier d'échappement, E; si l'une des armatures vient à se soulever, elle entraîne le balancier, et un déclanchement, comparable à celui de l'appareil Hughes, met en marche l'axe imprimeur (v. p. 149); mais le sens dans lequel a tourné le levier définit la série, paire ou impaire, du caractère qui va être imprimé (A ou B, C ou D, etc.); à cet effet, le levier de déclanchement, E, porte un petit bras vertical, auquel est attachée l'une des extrémités d'une tige en acier, C, recourbée

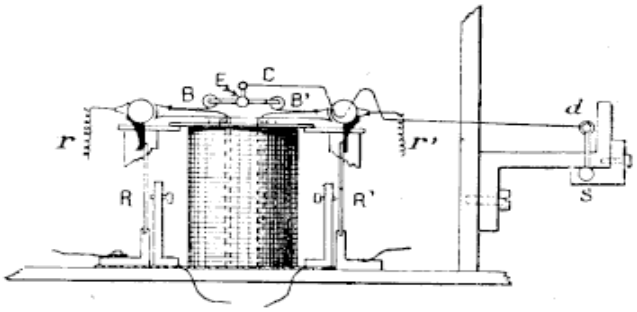


Fig. 155.

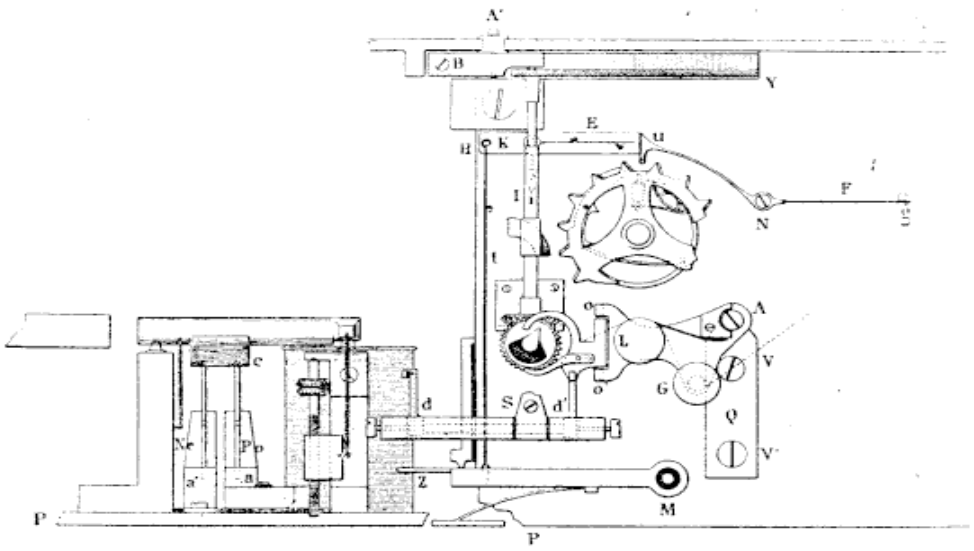


Fig. 156.

en U vers sa partie médiane, pour lui permettre une certaine élasticité. L'autre extrémité de cette sorte de bielle est fixée à une manivelle, d, qui s'incline à droite lors du soulèvement de l'armature de gauche, et inversement. Cette manivelle, d, est portée sur un axe, S (fig. 156), sur lequel est montée une autre pièce semblable, d'; celle-ci est terminée par une fourchette,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entre les branches de laquelle s'engage la partie inférieure de gauche du levier d'impression, L. Cette partie est articulée, en OO', sur celle de droite et se termine par deux branches demi-circulaires, embrassant l'axe imprimeur. Celui-ci porte deux cames d'impression, situées sur deux circonférences et deux génératrices différentes, de telle sorte que, si la première soulève le levier d'impression, elle projette le papier sur une lettre impaire, tandis que la seconde, placée en arrière, agit plus tard et détermine le soulèvement lors du passage de la lettre suivante, comprise dans la série paire : le mouvement donné à la partie articulée du levier, par les manivelles, d et d', permet de placer le bec du levier d'impression sur le passage de l'une ou de l'autre came, suivant que c'est l'une ou l'autre armature qui a été actionnée.

Au moment du soulèvement du papier, la came de correction, i, en forme d'hélice, montée sur l'axe, I, vient s'engager dans un creux de la roue correctrice à 15 dents, placé derrière la roue des types, et solidaire de celle-ci par le système d'inversion. La progression du papier s'opère ensuite.

Transmission automatique. — L'appareil Olsen est susceptible de donner un rendement notablement supérieur à celui de

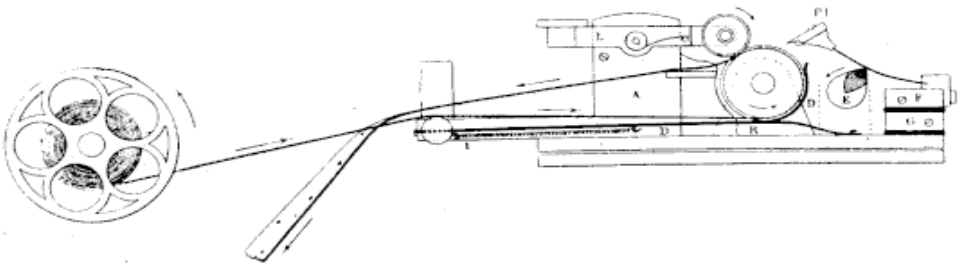


Fig. 157.

Hughes, tant par l'augmentation de la vitesse de rotation que par la fréquence plus grande des combinaisons (on peut, en effet, abaisser les touches de 4 en 4 dans une même révolution, au lieu de 5 en 5). En outre, on a placé, sur le dessus de l'appareil, un dispositif permettant de l'actionner automatiquement à l'aide d'une bande préalablement perforée; des trous sont percés à gauche pour les signaux qui doivent être expédiés en positif, et à droite pour ceux en négatif; ils sont espacés proportionnellement à l'angle qui sépare les cames correspondantes, sur le cylindre-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chariot. La bande est laminée entre deux cylindres T et D fig. 157); deux plumes métalliques (dont une seule, P*l*, soutenue au repos par la came, E, est visible sur la figure), sont montées sur les pièces F et G, et peuvent venir s'appuyer sur la bande. Lorsque l'une d'elles rencontre un trou, elle y pénètre et fait osciller les leviers de transmission : il en résulte donc l'envoi sur la ligne d'un courant, positif ou négatif, suivant le cas.

Perforateur. — Le perforateur, dont les fig. 158 et 159 donnent schématiquement l'ensemble, est muni d'un clavier. L'arbre des

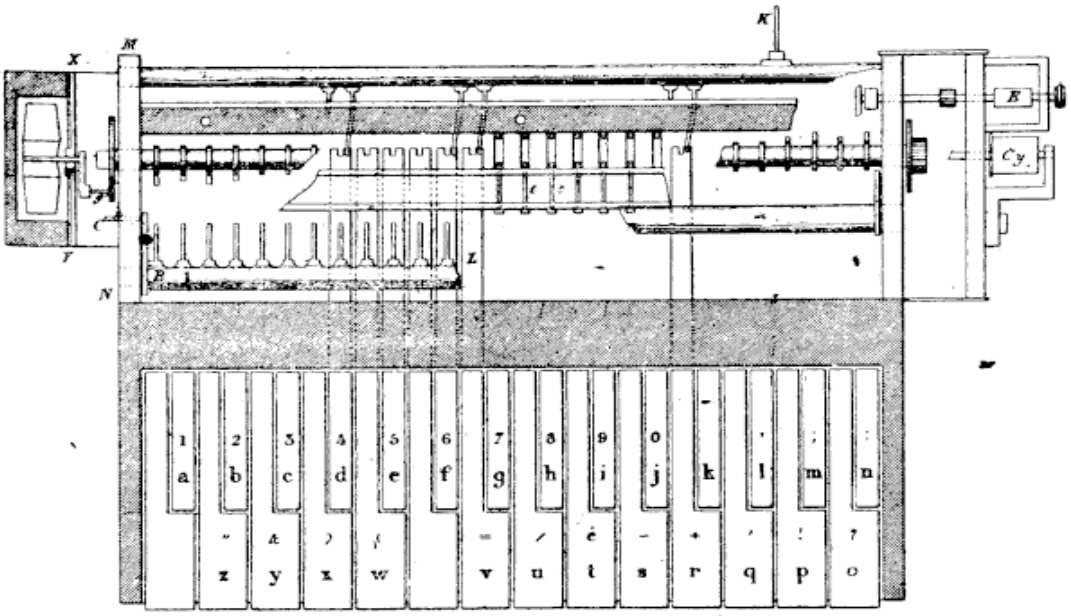


Fig. 158.

cames, semblable à celui du transmetteur, est mû par un système d'horlogerie, entraîne le cylindre C*y*, sur lequel passe la bande

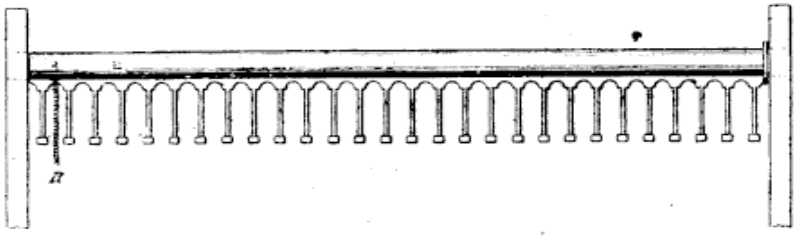


Fig. 159.

à perforer : ce cylindre tourne donc d'un angle égal à celui qui sépare deux cames devant provoquer deux perforations consécu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tives : il a exactement le même diamètre que celui du transmetteur automatique (v. plus haut).

Lorsqu'une touche est abaissée, elle déplace l'un des bras de l'axe, *l* (fig. 158 et 160) qui pivote et libère l'axe des cames, qu'un encliquetage retenait au repos ; ensuite, tout comme dans le manipulateur, lorsqu'un goujon, *g* (fig. 160) est soulevé, la came qui lui correspond le chasse vers l'avant, et il pousse devant lui une tigelle, *l* ; celle-ci, à son tour, rencontre l'une des

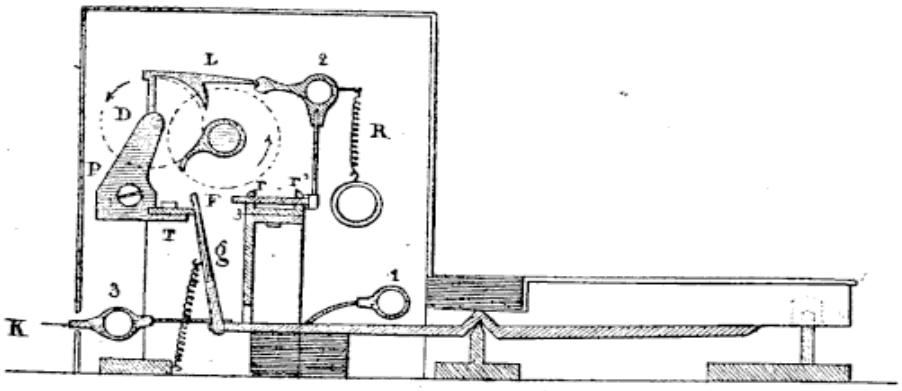


Fig. 160.

branches de l'axe 2, qui bascule ; dans ce mouvement, un bras, porté par l'axe 2, fait pivoter le cliquet, L ; celui-ci libère le doigt, D, de l'axe-perforateur, monté sur le pont, P, et mû par un second jeu de rouages ; cet axe va exécuter une révolution, pendant laquelle il agira sur le système de poinçons, puis reviendra au repos ; pendant ce temps, le goujon, calant la came qui l'a poussé, immobilise l'arbre, et, avec lui, le cylindre entraîneur, de telle sorte que la bande est arrêtée au moment de la perforation ; celle-ci terminée, si la touche n'était pas abandonnée, le doigt, D, viendrait se caler contre la partie courbe du cliquet, L, pour s'immobiliser ensuite sur le bec de ce cliquet.

Les poinçons, P', (fig. 161), au nombre de trois, sont logés dans des glissières ménagées dans la boîte, B ; la bande à perforer, *r*, est introduite dans une fente pratiquée dans cette boîte, et surplombe les poinçons, avant d'arriver au cylindre entraîneur : l'axe-perforateur porte un excentrique, E, qui fait pivoter le levier, L, autour du point O ; le marteau, M, engagé dans la gorge, *g'*, du poinçon, soulève celui-ci et l'oblige à perforer la bande, puis le ramène à sa position de repos.

Les trois poinçons sont placés sur la même ligne perpendicu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laire à la bande, comme l'indique la figure 162 : le mouvement qui vient d'être décrit s'applique au premier, destiné à provoquer les émissions positives; si l'on doit envoyer un négatif, c'est le

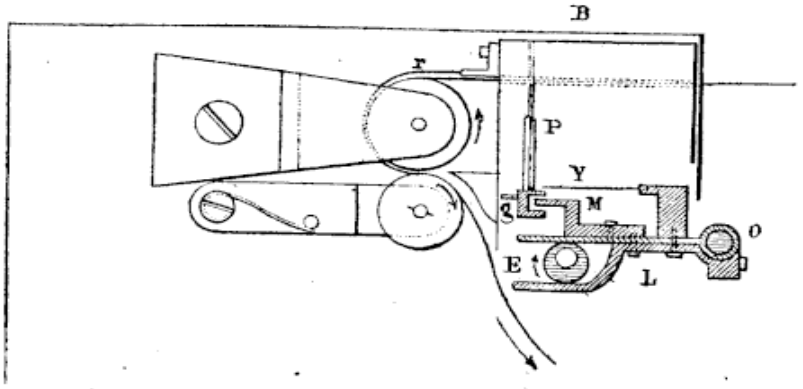


Fig. 161.

second poinçon qui agit : les touches de l'espèce, en même temps qu'elles soulèvent leur goujon, entraînent l'un des 14 bras d'un axe, 3 (fig. 158 et 160), dont la branche, K, en s'abaissant, fait pivoter en C le levie coudé, BD (fig. 162); l'extrémité D déplace, à son tour, par l'intermédiaire de la tige T, le levier perforateur, et le marteau, M, vient se mettre en prise avec le second poinçon.

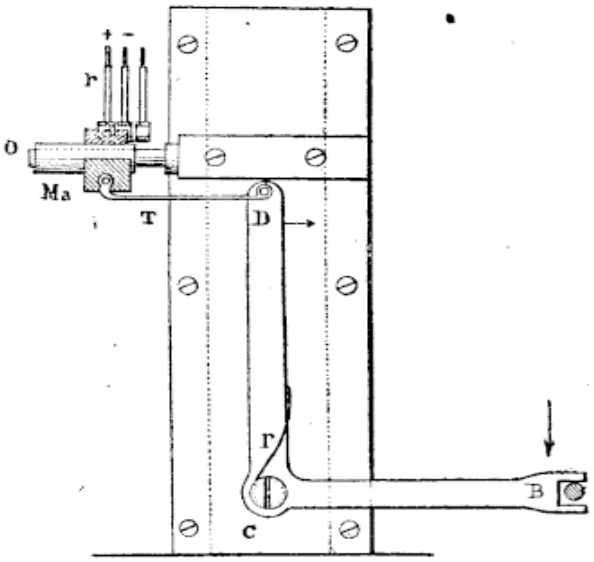


Fig. 162.

Le troisième poinçon n'est pas utilisé pour la transmission proprement dite : il a seulement pour but de repérer les trous qui correspondent au « blanc des lettres »; en effet, dans le cas où le poste transmetteur a été *coupé* par son correspondant, il est nécessaire qu'il puisse reprendre la transmission à partir d'un blanc, afin de démarrer les roues des types, préalablement « rappelées au blanc », comme dans la transmission manuelle. A cet effet, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

touche « blanc des lettres » a une course un peu plus grande que les autres négatives; l'amplitude du mouvement, communiqué à l'axe 3, se trouve suffisamment augmentée pour que le marteau, M, vienne se placer à cheval sur les 2e et 3e poinçons, ce qui donne lieu à la perforation de deux trous juxtaposés.

Appareil imprimeur, de Phelps (1875). — Inspiré par celui de Hughes, cet appareil (fig. 163) constitue une combi-

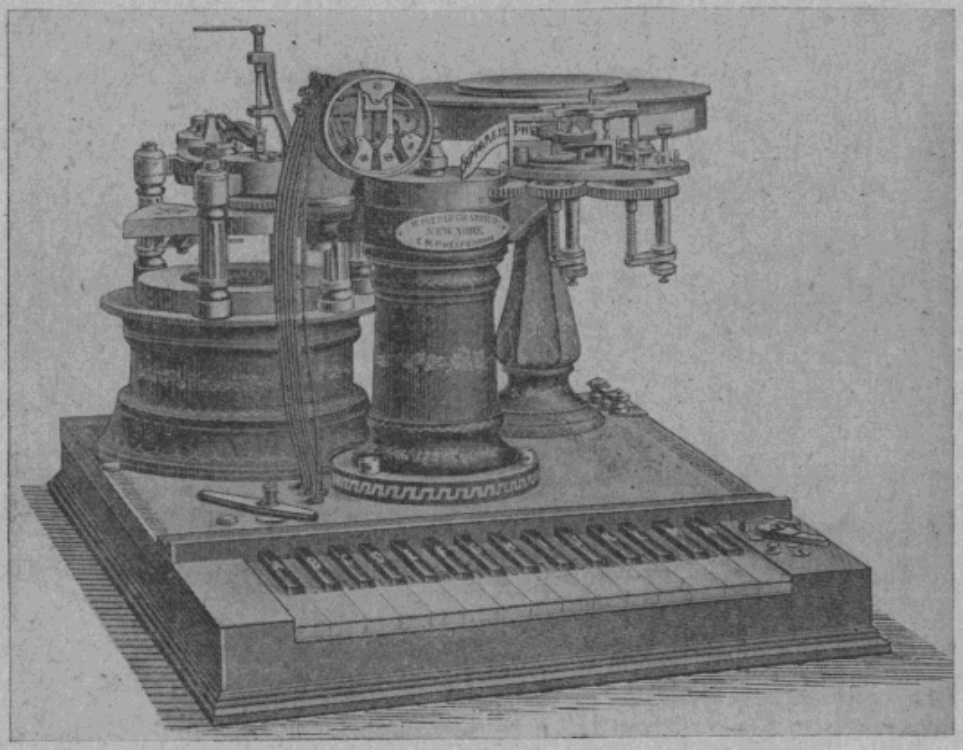


Fig. 163.

naison des systèmes à mouvements synchroniques et de ceux à échappement : en effet, bien que les appareils correspondants tournent en synchronisme, comme dans le Hughes, la roue des types est arrêtée à chaque impression, puis libérée aussitôt après; on y trouve ce double avantage de pouvoir donner à l'appareil une vitesse de rotation notablement supérieure à celle de Hughes et de n'être pas teun à l'espacement minimun de 5 divisions entre deux signaux transmis consécutivement, comme c'est le cas avec ce dernier système : le nombre de caractères

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on peut imprimer, dans une révolution de la roue des types, dépend ainsi, exclusivement, de l'ordre dans lequel ils se présentent.

Chacune des 28 touches du clavier est solidaire d'un levier qui, à son tour, commande un goujon. Les goujons sont constitués par des tiges, g (fig. 164), portant un retours horizontal,

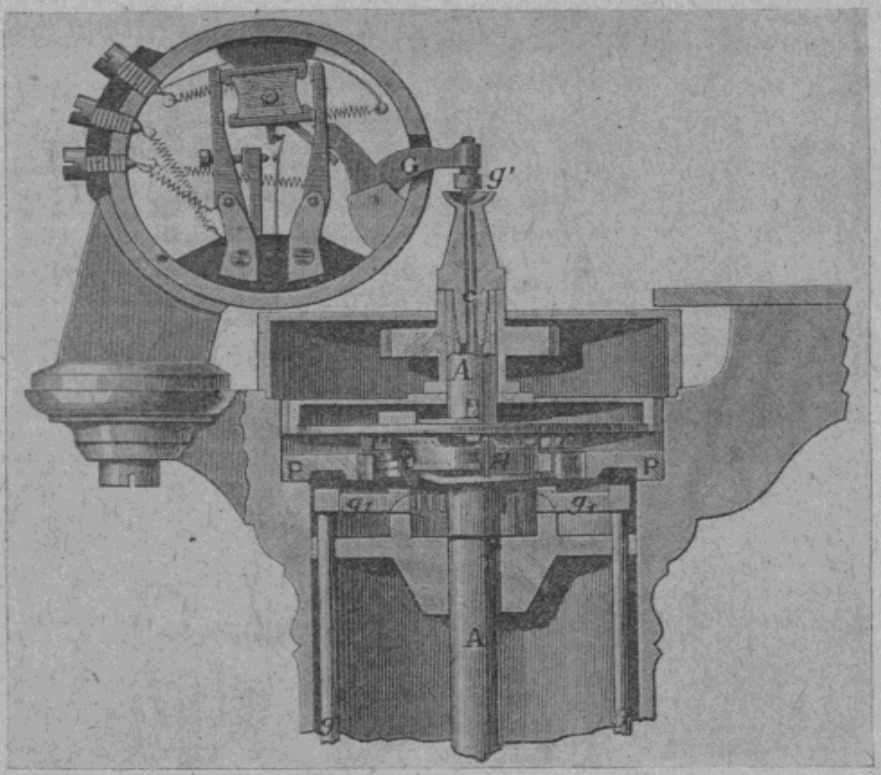


Fig. 164.

g^1, dirigé vers le centre. Dans l'axe de la boîte se trouve un arbre vertical, A, tournant à 240 tours par minute, et sur lequel est monté à frottement doux un collier, H (fig. 164 et 165) qui joue ici le rôle dévolu au chariot dans le Hughes : lorsque ce collier rencontre un goujon soulevé, il subit lui-même un mouvement ascensionnel et son doigt, h^1, s'engage dans l'une des encoches du plateau fixe, P ; le collier se trouve ainsi immobilisé jusqu'à ce qu'une des quatre cames, r, portées par la roue, R, vienne le dégager ; les quatre cames étant calées à 90° l'une de l'autre, l'arrêt du collier dure exactement un quart de tour, c'est-à-dire 1/16 de seconde. Le mouvement de bascule du collier, H, est commu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

niqué, par la tige *c* (fig. 164) au galet, *g'*, qui, agissant sur un levier, G, actionne un inverseur enfermé dans une boîte cylindrique vitrée ; l'inverseur permet d'effectuer la transmission soit à courant de repos, soit avec un seul sens du courant : il suffit d'agencer les connexions en conséquence ; dans tous les cas, un courant de travail est envoyé sur la ligne, après avoir traversé un relais destiné à provoquer l'impression de contrôle de la transmission.

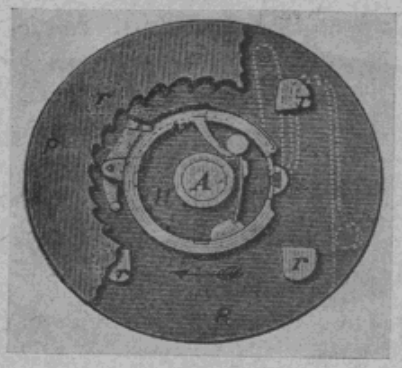


Fig. 165.

Le mécanisme imprimeur (fig. 166) est porté par une plaque circulaire, reposant sur une colonne placée à droite du dispositif transmetteur. La roue des types, non représentée sur la figure, est solidaire d'une *roue d'impression*, T_1, qui porte 28 dents aiguës, séparées

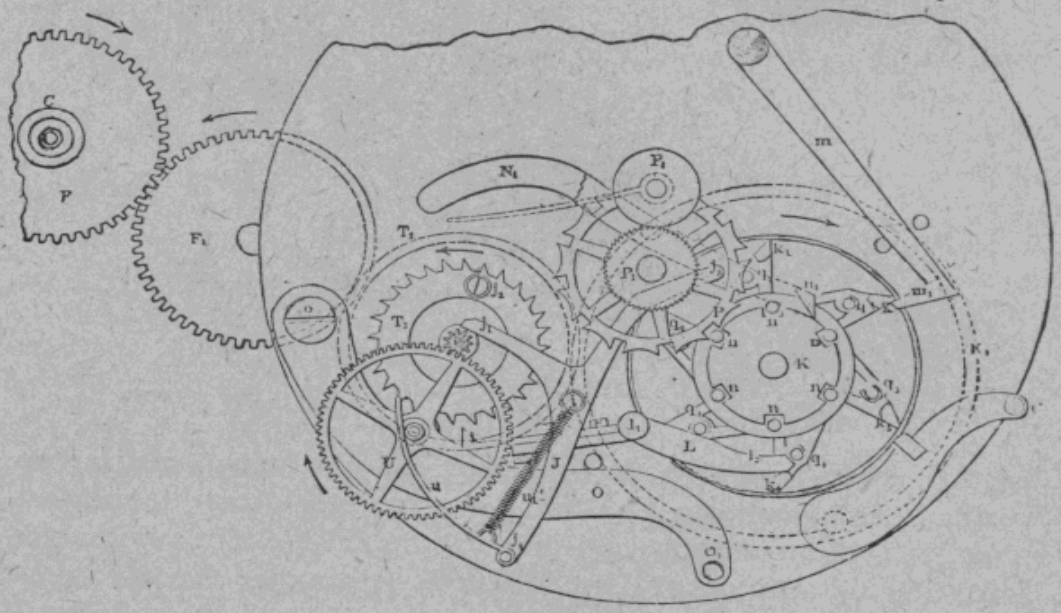


Fig. 166.

par autant de creux ; l'ensemble est monté à frottement sur l'axe de la roue dentée, T_2, qui, par l'intermédiaire des roues F_1 et F, tourne à une vitesse angulaire rigoureusement égale à celle de l'axe du chariot. Les fonctions d'impression et de progression sont assurées par la *roue de déclanchement*, K, placée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à droite et montée à frottement sur l'axe d'une roue dentée, K_1, engrenant avec T_2. A l'état de repos, la roue de déclanchement, K, est maintenue par un bras, m, dont le bec, m^1, accroche l'une des six ailes, k, que porte la roue ; le bras, m, est lui-même commandé par l'armature de l'électro-aimant récepteur. Lorsque ce dernier reçoit un courant du relais, le bec, m_1, abandonnant l'aile, k, la roue, K, se trouve entraînée dans le sens de la flèche ; aussitôt, la goupille, q_4, portée par l'aile k_4, saisit la branche, l_2, du levier L et la pousse vers l'extérieur ; le levier pivotant autour de son axe, l_1, son bec, l, placé à l'extrémité du second bras, vient se placer devant une dent de la roue d'impression, T_1, et l'immobilise. En même temps, l'extrémité, n_1, du *levier d'impression*, N_1, se trouve chassée par la goupille, n, portée par la roue de déclanchement, K ; l'extrémité de gauche du levier, N_1, vient alors appliquer la bande contre la roue des types, puis revient au repos sous l'action d'un ressort antagoniste.

La progression est assurée par l'une des six goupilles, n, de la roue de déclanchement, K, qui s'engage dans un des creux de la roue, P ; celle-ci, taillée comme une croix de Malte, porte un cylindre, P_1, dont la fine denture entraîne la bande de papier, que le cylindre compresseur, P_3, empêche de glisser. Lorsque la roue de déclanchement a tourné de 1/6 de tour, l'aile, k_5 rencontre l'extrémité, l_2, du levier, L, et la ramène vers le centre ; le bec, l, libère la roue d'impression, T_1, qui se remet à tourner ; en même temps, l'armature de l'électro-aimant étant revenue au repos, le bec, m_1, vient se placer sur le passage de l'aile, k_1, qui occupe, à ce moment, la place de k, et la roue de déclanchement est immobilisée de nouveau. Le rapport des axes, K et T_2, est tel que la roue des types a été arrêtée pendant le temps qu'elle met à faire un quart de tour, soit pendant 1/16 de seconde : il y a donc concordance absolue entre cet arrêt et celui que subit le chariot, au moment de l'envoi de l'émission qui provoque le déclanchement.

Le synchronisme est entretenu, tout d'abord, par l'identité de vitesse qu'on donne aux deux appareils, puis par une sorte de *rappel au blanc* automatique, qui fonctionne lorsque l'appareil reste pendant quelques tours sans déclanchement, soit pendant une seconde, environ ; à cet effet, le manchon qui la réunit à la roue d'impression, T_1 (fig. 166) porte une denture, qui entraîne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une grande roue, U; celle-ci est montée sur un axe, fixé au levier horizontal, O ; sur l'axe de la roue, U, presse un levier courbe, u, articulé sur le bras, j_4, du levier, J ; la pression, réglée par le ressort, u_1, tend à déterminer l'entraînement du levier, u, vers la gauche, et le levier, J, pivotant autour de j, amène ainsi son extrémité, j_3, sur le passage d'une goupille, q_2, par exemple, de la roue de déclanchement, K. Lorsque cette dernière est mise en mouvement, la goupille chasse la branche j, et ramène le tout dans la position indiquée par la figure; mais

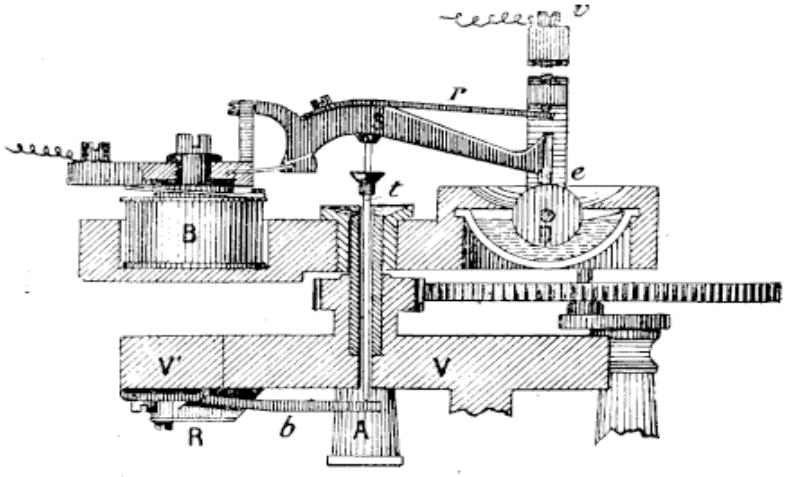


Fig. 167.

si aucun déclanchement ne se produit, le déplacement progressif du levier, J, amène bientôt un doigt d'arrêt, porté par l'appendice, j_1, dans le champ de rotation d'une goupille, j_2, portée par la roue d'impression, T_1 ; la roue des types, solidaire de cette dernière, se trouve ainsi immobilisée jusqu'à ce que la roue de déclanchement, K, soit de nouveau actionnée : le dégagement est opéré par l'une des goupilles, agissant sur la branche, j_3, et la roue des types est remise en mouvement en partant du « blanc des lettres », comme dans l'appareil Hughes.

L'appareil est entraîné par un moteur électrique, placé à gauche et constitué par 8 électro-aimants, disposés en un cercle, à l'intérieur duquel se meut un arbre vertical, portant 5 armatures de fer doux. La vitesse est régularisée par un rhéostat automatique : le courant de la pile arrive au moteur par l'intermédiaire d'une vis, v (fig. 167) à un levier, S, sur lequel presse un ressort plat, r; le levier, S, porte, à son extrémité de droite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un contact en platine, qui vient s'appuyer sur le disque, D, relié au moteur, et plongeant dans un godet rempli d'huile; le disque, entraîné par une vis sans fin, tourne d'un mouvement très lent, destiné seulement à déterminer un frottement qui entretienne la propreté du contact; ce frottement est d'ailleurs réduit au minimum par l'huile qui lubrifie le pourtour dn disque, D. Sur l'axe, A, du moteur est monté un volant, V, dont une partie, V^1, montée sur un ressort, R, et pourvue d'un bras, *b*, tend à s'écarter sous l'action de la force centrifuge. Lorsque cette dernière a acquis une valeur suffisante, le bras, *b*, soulève la tige, *t*, et le levier, S : le contact de *c* sur le disque, D, est rompu; toutefois une bobine, B, forme shunt et, tout en évitant l'étincelle, laisse passer une intensité réduite : le mouvement est ralenti, jusqu'à ce que le contact direct soit rétabli sur le disque, D.

Appareil Hughes modifié, de Parment (1888). — Cet appareil, dont la construction est restée inachevée par suite de la mort de son inventeur, avait pour but d'augmenter le rendement pratique de l'appareil Hughes : en effet, le groupement des lettres dans l'ordre alphabétique, sur le clavier et sur la roue des types, et, d'autre part, l'ordre dans lequel ces mêmes lettres se présentent en transmission courante, font que le Hughes ne donne pratiquement que 1,5 lettre par tour de chariot, alors que son système imprimeur lui permettrait d'en enregistrer 5,5. Le principe essentiel de l'appareil Parment est un groupement des caractères sur deux roues des types, au lieu d'une, et dans un ordre tel que le nombre des combinaisons possibles se trouve notablement augmenté; d'après l'inventeur, le rendement pratique serait de 4,5 lettres par tour du chariot.

Les roues des types portent chacune 48 caractères; l'une comprend les lettres, l'autre les chiffres et autres signes; aucun espace n'est réservé pour les « blancs », qui, comme on le verra, sont produits par un mécanisme particulier; enfin, les lettres qui, dans le langage courant, se reproduisent le plus souvent, figurent plusieurs fois, et à des places différentes; c'est ainsi que la lettre E s'y trouve cinq fois, les autres voyelles trois fois, etc.; il en est de même pour les chiffres.

Une telle capacité de rendement aurait rendu extrêmement difficile la transmission manuelle; aussi l'expédition devait-elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avoir lieu automatiquement, à l'aide d'une bande préalablement perforée. Enfin, le récepteur devait donner simultanément la copie imprimée de chaque télégramme et une bande perforée, identique à celle de départ, utilisable pour la réexpédition éventuelle.

Aux lieu et place de l'arbre des cames de l'appareil Hughes, on trouve trois axes distincts, susceptibles d'être embrayés avec trois autres axes tournant d'un mouvement continu; le premier effectue l'impression et la progression, le second produit les « blancs » entre les groupes de lettres ou de chiffres, le troisième déplace longitudinalement les roues des types, de manière à présenter à l'impression celle qui convient. Ces axes, lorsqu'ils sont embrayés, n'accomplissent qu'un demi-tour avant de revenir au repos; ceux qui les entraînent tournent seulement quatre fois plus vite que l'axe des roues des types (ce rapport est celui de 1 à 7 dans l'appareil Hughes ordinaire).

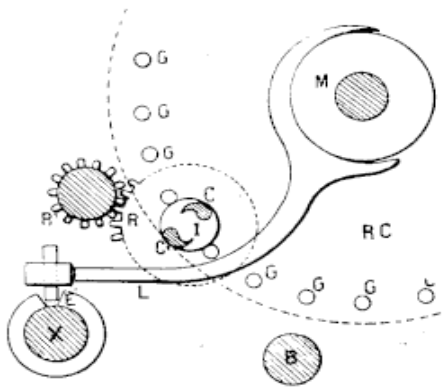


Fig. 168.

La roue correctrice, RC (fig. 168), porte vingt-quatre goupilles, G, plantées perpendiculairement à sa face postérieure; l'arbre d'impression, I, est muni de deux cames correctrices, C et C', diamétralement opposées, et qui, pendant la demi-révolution effectuée par l'arbre, viennent caler les deux goupilles entre lesquelles elles peuvent s'engager. L'arbre, I, porte, à son extrémité antérieure, une roue dentée, R, qui engrène avec une autre roue, R', de diamètre moitié plus petit; l'axe de celle-ci accomplit donc une révolution complète pendant le demi-tour de I, et effectue l'impression et la progression.

Le second axe, B (fig. 169) destiné à produire les « blancs », porte, lui aussi, deux petites cames, c et c' : à chaque demi-révolution exécutée par l'arbre, B, l'une de ces cames vient agir sur un doigt, d, porté par le levier de progression : le barillet se trouve ainsi déplacé d'une division sans que le mécanisme imprimeur ait été mis en action.

Le passage des lettres aux chiffres s'opère par le déplacement longitudinal des roues des types; à cet effet, le troisième axe,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

X (fig. 168) porte une rainure hélicoïdale, H, dans laquelle s'appuie un ergot, E, porté par un levier, L; celui-ci, par son autre extrémité, est solidaire du manchon, M, des roues des types; lorsque l'axe, X, fait un demi-tour, l'ergot, E, est entraîné et, avec lui, le levier, L, qui déplace les roues des types.

L'embrayage des trois axes est commandé par deux électro-aimants Hughes : le premier obéit au courant positif et commande, soit l'arbre d'impression, I, soit sur celui d'inversion, X; le second, qui fonctionne sous l'action du courant négatif, provoque l'embrayage de l'arbre des blancs, B. A l'état normal, l'électro-aimant positif agit sur la détente de l'arbre d'impression, I, mais un manchon mobile peut venir substituer à celle-ci la détente de l'arbre d'inversion, X. A cet effet, l'électro-aimant négatif, lorsqu'il reçoit un courant pour la formation d'un blanc, déplace le manchon, mais d'une quantité insuffisante pour opérer la permutation des deux détentes : si le courant qui suit est positif, le manchon est rappelé à sa position primitive; si, au contraire, le second courant est négatif, l'axe des blancs, B, accomplit une seconde demi-révolution et achève de pousser le manchon; la détente de l'arbre d'inversion est substituée à celle de l'arbre d'impression : le premier courant positif qui suit détermine le déplacement des roues des types, puis le manchon est rappelé comme précédemment, et les autres courants positifs provoquent l'impression, soit de lettres, soit de chiffres, suivant le sens dans lequel a eu lieu le mouvement.

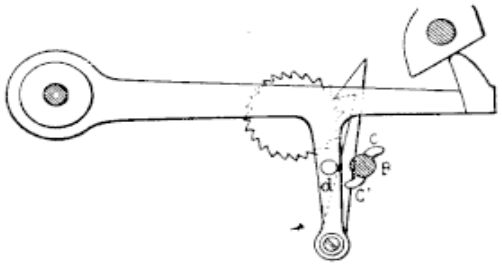


Fig. 169.

Le repérage des roues des types, qui correspond au « rappel au blanc » de l'appareil Hughes, s'effectue également en les immobilisant pendant que le reste de l'appareil continue à tourner. La mise en marche s'opère par l'envoi successif de trois émissions négatives : à cet effet, l'arbre des blancs commande, à chacune de ses demi-révolutions, un axe supplémentaire et lui fait accomplir un quart de tour; après trois bonds successifs, une came, portée par cet axe, vient opérer l'embrayage des roues des types.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VIII

SYSTÈMES AUTOGRAPHIQUES

L'enregistrement électro-chimique des signaux, à l'aide de papier imbibé de ferro-cyanure de potassium, que Bain avait réalisé, en 1846, dans son appareil automatique (v. p. 195), donna l'idée à un autre Anglais, Backwell, de reproduire, par ce moyen, non plus des signaux conventionnels, mais bien l'écriture même de l'expéditeur d'un télégramme. Dans l'appareil qu'il réalisa en 1851, le texte était préalablement écrit, à l'aide d'encre isolante, sur du papier argenté; puis la feuille, ainsi préparée, était tendue sur un cylindre métallique animé d'un mouvement continu de rotation ; un style, monté sur une vis sans fin parallèle à l'axe, pouvait décrire une spirale très serrée sur le cylindre. Ce dernier communiquant avec une pile et le style avec la ligne, un courant était émis tant que le style frottait sur une partie métallique du papier; il se trouvait interrompu dès que le style rencontrait une partie encrée. A l'autre poste, un cylindre semblable, recouvert de papier imbibé de ferro-cyanure de potassium, tournait en synchronisme avec celui du poste transmetteur. Les courants reçus décomposaient la solution et il en résultait une trace bleue ; au contraire, le papier restait blanc lorsque le courant était interrompu. Quand les deux styles avaient parcouru, de la sorte, toute la surface des cylindres, la feuille d'arrivée présentait la reproduction du texte transmis, les lettres se détachant en blanc sur fond bleu.

La découverte de Backwell eut un grand retentissement et, de divers côtés, l'on entreprit de perfectionner le dispositif et de le rendre pratique; on escomptait déjà les mille ressources qu'offrirait un système permettant la reproduction des dessins, plans, portraits, etc., sans parler de l'authenticité incontestable

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'acquerraient, pour le public, les télégrammes ainsi reçus. On allait même jusqu'à entrevoir la possibilité d'introduire la télégraphie dans les pays qui, comme la Chine, n'emploient pas l'écriture alphabétique, mais uniquement des signes idéographiques.

Les tentatives qui suivirent celle de Backwell furent cependant loin de donner les résultats qu'en attendaient leurs auteurs : l'impossibilité de trouver une encre suffisamment conductrice maintenait l'obligation de faire circuler le courant pendant les intervalles entre les signes, et l'écriture en blanc sur bleu était d'une lisibilité défectueuse; en outre, l'isolement de la ligne au départ, pendant les interruptions, donnait lieu à des queues de courant, qui arrivaient à combler les intervalles blancs, si l'écriture était trop serrée, d'où la nécessité d'écrire en très gros caractères et l'impossibilité de transmettre des dessins autres que des croquis présentant de larges espaces; enfin si l'on ajoute à cela que le synchronisme laissait parfois à désirer, on voit que les reproductions n'étaient pas toujours d'une fidélité suffisante.

Appareil autographique, de Caselli (1861). — Dès 1855, Caselli entreprit des expériences de télégraphie autographique,

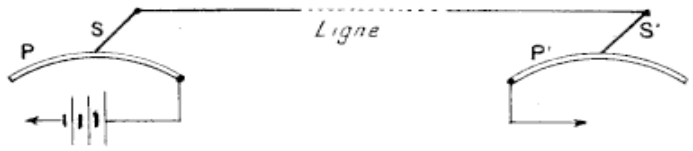


Fig. 170.

mais c'est seulement vers 1861 qu'il atteignit enfin le résultat cherché. La minute du télégramme est rédigée, à l'aide d'une encre isolante, sur une feuille d'étain ; celle-ci est placée sur un plateau, P (fig. 170) communiquant avec la pile, et parcouru, d'un mouvement alternatif longitudinal, par un style S, relié à la ligne. Celle-ci, à l'autre poste, aboutit également à un style, S', parcourant un plateau semblable, P', en relation avec la terre et recouvert d'une feuille de papier imprégnée de ferrocyanure de potassium. Le style du poste du départ, passant sur les parties métalliques à nu, ferme le circuit, qui est, au contraire, interrompu, lors du passage sur celles recouvertes d'encre : il en résulte, au poste de réception, un trait bleu dans le premier cas et un espace blanc dans le second. Si, donc, les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux styles sont animés de mouvements rigoureusement synchroniques, et si les deux plateaux se déplacent, à chaque demi-oscillation, d'une valeur égale à l'épaisseur d'un trait, on

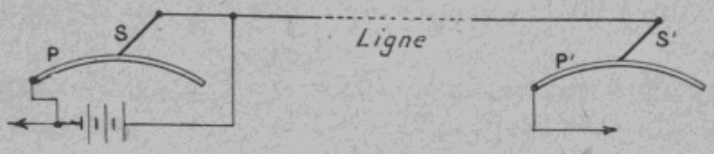


Fig. 171.

obtient, à l'arrivée, la reproduction du texte de départ, en lettres blanches sur fond bleu, comme avec le système de Backwell.

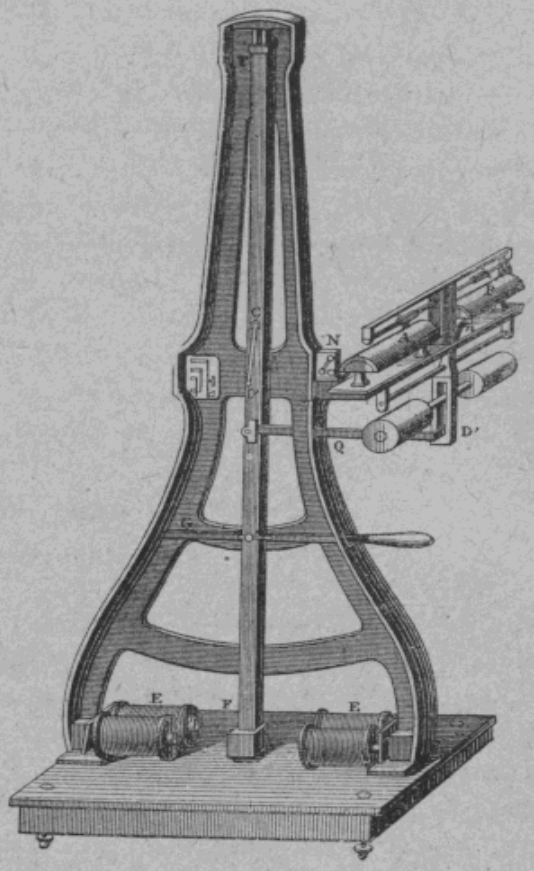


Fig. 172.

La copie ainsi obtenue manquait parfois de netteté comme il est dit plus haut. Caselli obtint l'impression bleue sur fond blanc en reliant le plateau de départ à la terre, tandis que le style communique à la fois avec la ligne et la pile (fig. 171) ; celle-ci se trouve en court-circuit lorsque le style frotte directement sur le métal et le courant n'est envoyé sur la ligne qu'au passage du style sur les parties encrées.

Le mouvement alternatif est donné par une pendule, F (fig. 172), très massif, long de deux mètres et pesant 8 kilogrammes ; une bielle, Q, transmet ce mouvement à un levier, D', articulé en son point milieu, et qui porte deux styles, pouvant frotter sur les plateaux A et B. Les styles sont montés chacun sur un chariot, posé sur une vis sans fin ; sur l'axe de celle-ci est fixé un rochet, qui se trouve poussé, à chaque demi-oscillation du balancier : la vis tourne et les styles avancent d'une très petite quantité. Chacun des styles ne peut frotter sur son plateau que pendant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une demi-oscillation et est soulevé pendant l'autre; ce mouvement a lieu alternativement pour chacun d'eux, de sorte que l'un travaille pendant que l'autre revient à la position de départ : grâce à cette double transmission, la ligne se trouve constamment utilisée. Les plateaux sont reliés en permanence à la terre, tandis que les styles communiquent avec la ligne; un commutateur, N, permet d'amener la pile aux styles, lorsqu'on veut transmettre, ou de la retirer pour recevoir.

Le maintien du synchronisme a été confié à un chronomètre-régulateur indépendant : le grand pendule est muni, à sa partie inférieure, d'une masse de fer doux qui, à chaque demi-oscillation, peut venir au contact du noyau d'un électro-aimant, E. Le balancier du régulateur ferme, à chacune de ses périodes, le circuit d'une pile locale sur l'un ou l'autre de ces deux électro-aimants : il suffit qu'une oscillation complète du balancier-régulateur ait une durée très légèrement supérieure à celle d'une demi-oscillation du grand pendule : dans ces conditions, ce dernier, lorsqu'il arrive au point extrême de sa course, est attiré par l'électro-aimant et reste retenu jusqu'à ce que le balancier du régulateur coupe le circuit local.

Pour régler le synchronisme, l'un des postes transmet une ligne droite, tracée perpendiculairement à la trajectoire du style : si le synchronisme était réalisé on recevrait, à l'autre poste, une ligne de direction identique; si celle qu'on obtient est oblique, on en déduit, d'après l'angle et la direction, la valeur et le sens de l'écart entre les vitesses, et l'on agit en conséquence sur le régulateur.

Le système Caselli fut adopté, en 1863, par l'Administration française et installé sur la ligne Paris-Lyon.

Un peu plus tard, Lambrigot apporta quelques perfectionnements au système, notamment par un dispositif permettant, dans les postes de transit, d'utiliser la copie d'arrivée pour la réexpédition : sur la feuille imprégnée de ferro-cyanure de potassium, il plaçait une feuille d'étain; l'hydrogène, dégagé lors de la décomposition électro-chimique, réduisait la légère couche d'oxyde existant à la surface de l'étain et laissait le métal à nu, dans les endroits qui correspondaient aux traits; lorsque le télégramme était entièrement reçu, on plongeait la feuille d'étain dans une décoction de noix de galle étendue d'acide nitrique: il en résultait un dépôt assez adhérent de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gallo-tannate d'étain sur les parties décapées par l'hydrogène, et l'on obtenait ainsi une reproduction du texte reçu ; le dépôt était suffisamment isolant pour que la feuille d'étain pût servir à une nouvelle transmission.

Appareil autographique, de Lenoir (1864). — La réception par décomposition électro-chimique demandait des manipulations relativement délicates ; aussi chercha-t-on à obtenir

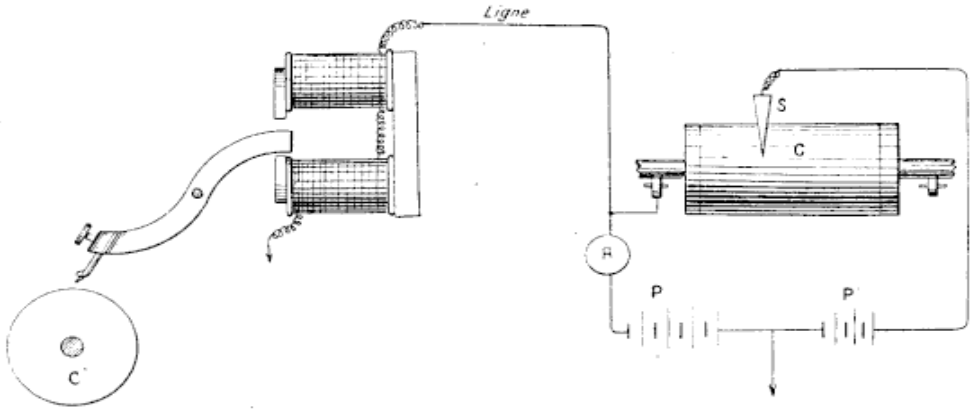


Fig. 173.

les reproductions par des moyens électro-magnétiques. En 1859, De Lucy présenta un système de ce genre, dans lequel une pointe traçante était actionnée par un électro-aimant ; d'autres suivirent, utilisant, soit un tire-lignes, soit un siphon communiquant avec un réservoir d'encre ; mais la difficulté d'obtenir une fluidité suffisante de celle-ci rendait les résultats peu avantageux, et c'est seulement après l'apparition des encres à la glycérine que ce genre d'enregistrement put entrer dans la pratique.

Dans l'appareil de Lenoir (1864) un mouvement d'horlogerie à poids entraîne un cylindre, C (fig. 173) qui peut servir indifféremment pour la transmission ou pour la réception. Dans le premier cas, on place, sur ce cylindre, une feuille de papier argenté, sur laquelle le message est écrit ou dessiné à l'encre gommée ; pendant que le cylindre tourne, un style métallique, S, monté sur un chariot, frotte sur le papier ; le chariot est entraîné par une vis sans fin qui, en tournant, le déplace longitudinalement : le tracé du style devient donc une hélice, du même pas que la vis sans fin. Lorsque le style passe sur une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie encrée, un fort courant positif est envoyé sur la ligne par la pile, P ; mais, dès qu'il atteint directement le papier argenté, un court-circuit s'établit entre les piles P et P', à travers le rhéostat, R, dont la résistance est égale au quart de celle de la ligne : un courant négatif, moins intense que le précédent, est envoyé au poste correspondant.

A l'arrivée, ces courants sont reçus dans un électro-aimant dont l'armature, polarisée, porte une plume métallique chargée d'encre, qui vient au contact du papier sous l'influence d'un

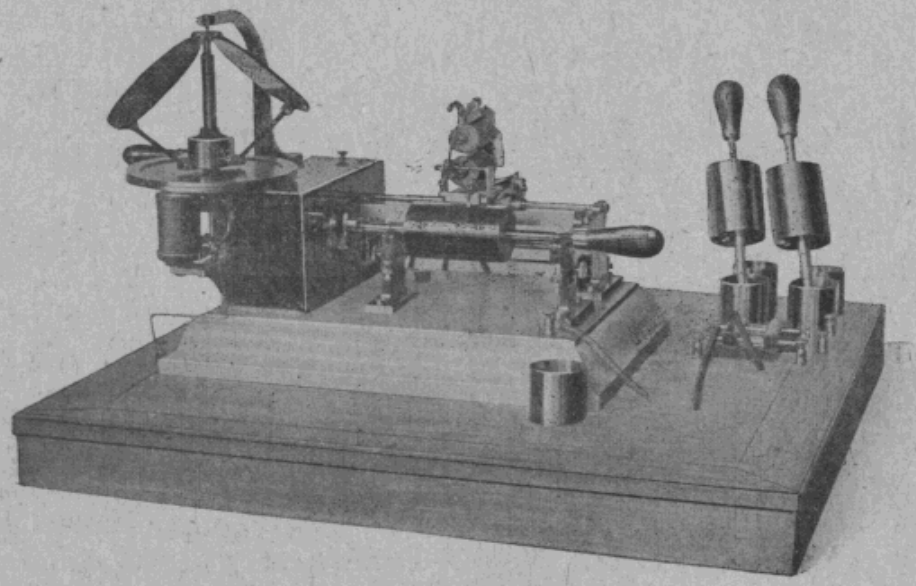


Fig. 174.

courant positif, et s'en éloigne dès qu'arrive un négatif ; ce papier est porté par un cylindre, *c'*, semblable à celui du poste transmetteur ; on obtient ainsi, grâce au synchronisme établi entre les deux postes, la reproduction, en traits hachurés, du texte ou du dessin transmis.

Le mouvement d'horlogerie est régularisé par un modérateur actionnant un frein électrique ; ce modérateur consiste en une sorte de parallélogramme de Watt (fig. 174) dont les deux côtés supérieurs, constitués par des masses métalliques assez lourdes, s'écartent sous l'action de la force centrifuge, malgré l'opposition d'un contre-poids ; un plateau, solidaire de l'axe, porte une couronne de fer doux, qui tourne au-dessus des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

noyaux d'un électro-aimant; les bobines de ce dernier sont placées aux extrémités d'un même diamètre. Lorsque l'amplitude des masses a acquis une certaine valeur, le canon du parallélogramme entraîne un levier de contact, qui ferme le circuit de l'électro-aimant : l'attraction, exercée sur la couronne de fer doux, fait frein et s'oppose à l'accélération du mouvement.

Appareil autographique, de Meyer (1866). — Le dispositif de transmission est analogue à celui des systèmes précédents : le télégramme, écrit à l'encre isolante sur du papier métal-

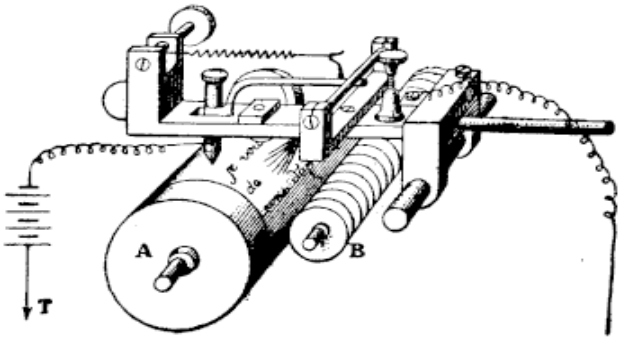


Fig. 175.

lique, est placé sur un cylindre, A (fig. 175) parcouru par un style. La copie d'arrivée est tracée à l'encre d'imprimerie, sur une bande de papier, large de 15 centimètres, à l'aide d'une molette hélicoïdale, portée par un cylindre animé d'un mouvement continu de rotation; le pas de cette hélice est égal à la largeur de la bande et à la hauteur du cylindre. Le châssis qui supporte la bande est susceptible de pivoter entre deux pointes, sous l'action de l'électro-aimant récepteur; après chaque tour de la molette, le papier avance d'une quantité égale à celle dont progresse le style transmetteur, de telle sorte que la réception s'obtient par la juxtaposition de petites lignes très serrées.

Le mouvement d'horlogerie est régularisé par un pendule conique (fig. 176) portant deux boules pesantes, de dimensions assez différentes; la plus petite est mobile et permet de régler le synchronisme; à cet effet, elle peut être montée ou descendue pendant la marche, à l'aide d'une tige à bouton moleté, sur laquelle s'enroule le petit câble en acier auquel elle est sus-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendue. Ce système nécessitait des réglages assez fréquents ; aussi l'inventeur y a-t-il adjoint, par la suite, un dispositif correcteur analogue à celui de son système multiple (v. p. 240).

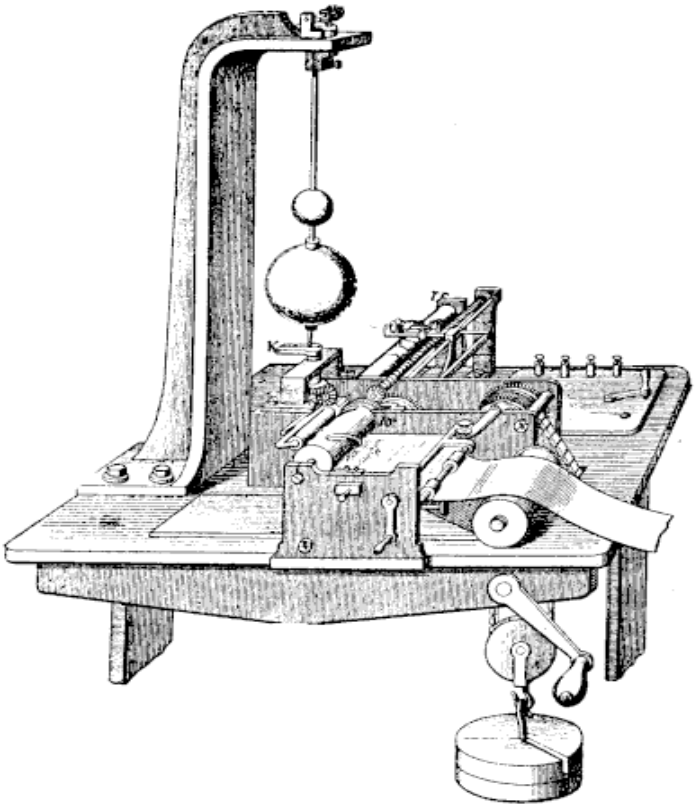


Fig. 176.

Appareil autographique, d'Arlincourt (1872). — La transmission et la réception s'opèrent sensiblement comme dans les systèmes précédents ; le récepteur est électro-chimique ; le mouvement d'horlogerie est régularisé par la réunion de deux tiges vibrantes hélicoïdales (fig. 177) analogues à celles de l'appareil Hughes (v. p. 152).

Le synchronisme est réalisé avec une précision remarquable : on donne au transmetteur une vitesse légèrement supérieure à celle du récepteur, et on l'arrête, à chaque tour, dans une position déterminée, où il attend le récepteur ; dès que celui-ci est parvenu dans la position correspondante, il envoie au premier un courant correcteur, qui le remet en marche pour une nouvelle révolution, et ainsi de suite. L'appareil comporte deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouvements d'horlogerie, qu'on engrène alternativement avec l'axe du régulateur, suivant qu'on veut transmettre ou recevoir; le rapport d'axes est établi de manière à donner au cylindre, dans l'un et l'autre cas, la différence de vitesse mentionnée plus haut; en outre, le cylindre transmetteur est entraîné par l'intermédiaire d'un rochet et d'un cliquet flexible; à chaque révolution, le doigt du cliquet vient rencontrer une butée soli-

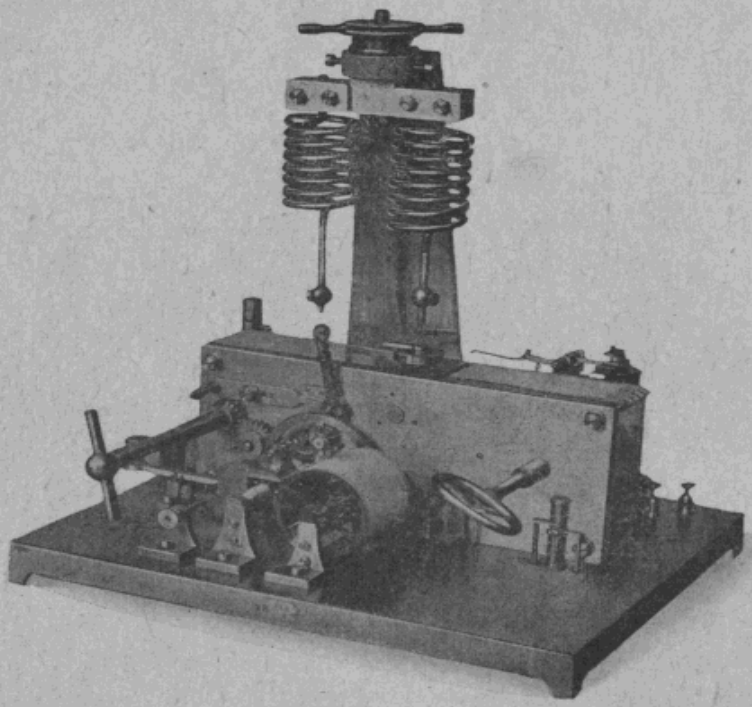


Fig. 177.

daire de l'armature de l'électro-aimant récepteur; ainsi calé, le cliquet glisse sur les dents du rochet, et le cylindre reste immobile. Dès qu'arrive le courant correcteur, envoyé par l'autre poste, l'armature est actionnée, la butée se dérobe et l'entraînement s'opère de nouveau. L'une des tiges hélicoïdales est attelée au système de rouages et constitue le régulateur proprement dit; la seconde vibre librement à côté de celle-ci; elle a pour objet de conserver à cette dernière la régularité de ses vibrations, malgré le ralentissement que tend à produire le frottement du cliquet sur le rochet, pendant l'arrêt du cylindre; il est à remarquer, d'ailleurs, que cet arrêt est extrêmement court.

Les courants de ligne sont reçus dans un relais d'Arlin-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

court (v. p. 398), qui, à son tour, ferme sur le style récepteur, *s*, un circuit local (fig. 178). Le cylindre, C, sur lequel frotte le style, est relié à la terre. Afin d'éviter les déformations résultant de la décharge du conducteur, de la rémanence, etc., on a chaussé, sur les pôles libres du relais, deux bobines d'électro-aimant, placées en dérivation sur le circuit local, à travers une résistance, R; l'enroulement de ces bobines est tel que le courant qui les parcourt tend à développer des polarités inverses

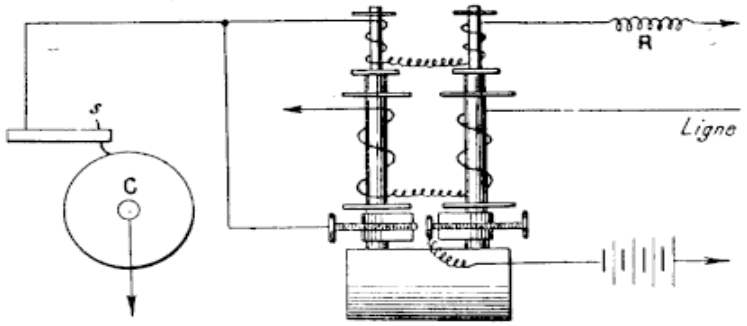


Fig. 178.

de celles qui résultent du courant de ligne; on règle la résistance, R, de telle sorte que son action reste inférieure à celle de ce dernier courant, mais devienne prépondérante dès que se manifeste le courant de décharge : on accélère ainsi notamment le retour au repos de l'armature et cette circonstance, ajoutée à la précision du synchronisme indiquée plus haut, assure à la réception une fidélité que n'avaient pu atteindre les systèmes précédents.

Appareil télautographique, de Jordery (1878). — Avec les appareils télautographiques, l'expéditeur écrit ou dessine directement, à l'aide d'un crayon, relié à la plume de l'autre poste, et celle-ci reproduit fidèlement le tracé ainsi exécuté.

Dans celui de Jordery, la plume réceptrice, constituée par un tube capillaire, en verre, rempli d'encre, est placée au-dessus d'une bande, dans une articulation formée de deux ressorts, R, R' (fig. 179), montés chacun sur l'armature d'un électro-aimant, E, E; ces deux armatures, encastrées à leur extrémité opposée, constituent les deux composantes, verticale et horizontale, des mouvements imprimés à la plume; on conçoit que, si l'on calcule convenablement les déplacements de l'une et de l'autre, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut obtenir le tracé de toutes les obliques comprises entre les deux lignes perpendiculaires. Les ressorts d'encastrement étant assez raides, les déplacements des armatures dépendent des intensités reçues ; il suffit de graduer convenablement ces intensités pour obtenir, dans la proportion désirée, l'intervention de

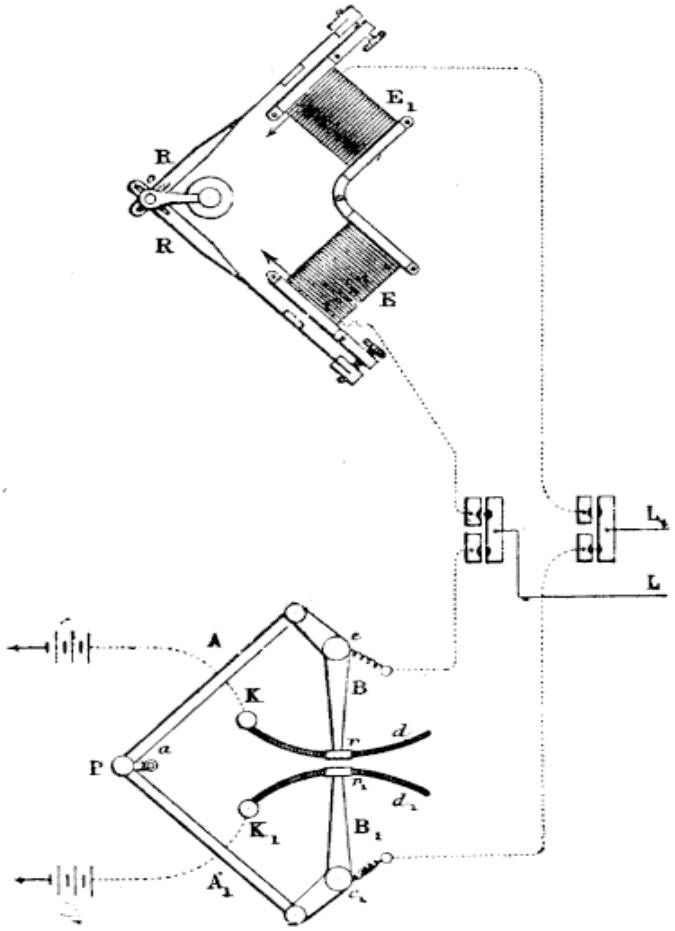


Fig. 179

chacune des composantes et reproduire toutes les courbes de l'écriture manuscrite.

La transmission s'effectue par deux fils de lignes, aboutissant chacun à l'un des électro-aimants (fig. 179) ; l'expéditeur écrit à l'aide d'une plume, *a*, sur une bande de papier qui se déroule d'un mouvement continu ; la poignée, P, qu'il actionne, commande deux bras, A et A', sur lesquels sont articulés deux autres bras ; le parallélogramme ainsi constitué pivote autour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des points c^1 et c^2, reliés respectivement aux deux fils de ligne; deux autres bras, B et B', solidaires du parallélogramme, se terminent chacun par un curseur, mobile sur un rhéostat, K et K', relié à une pile. Les mouvements imprimés à la poignée, P, ayant pour résultat des déplacements des curseurs, l'intensité des courants émis sur les deux lignes varie donc à chaque instant, et ces variations déterminent des mouvements proportionnels des bras, R, du récepteur, ainsi qu'il a été dit plus haut.

Télautographe anglais. — Désigné en Angleterre sous le nom de « Telewriter ». Le mode de transmission est analogue à celui de Jordery, c'est-à-dire que le crayon, manié par l'expéditeur, commande deux rhéostats intercalés entre la pile et chacune des deux lignes; toutefois, le papier est fixe et le crayon est susceptible de se déplacer sur toute la surface d'un rectangle mesurant 12 centimètres de gauche à droite et 5 centimètres de hauteur.

A l'arrivée, la plume est mise en mouvement d'après le même principe que ci-dessus, mais les récepteurs sont constitués chacun par un cadre galvanométrique, placé dans un champ magnétique puissant et entourant un cylindre de fer doux surexcitateur; sur l'axe autour duquel pivote chaque cadre est monté l'un des bras qui commandent la plume; en outre, un ressort spiral ramène le cadre à la position de repos lorsqu'aucun courant ne parcourt les lignes; dans cette position, la plume repose dans un encrier contenant une dissolution d'aniline. Tout comme dans le système Jordery, l'un des cadres donne les composantes verticales des mouvements de la plume, et l'autre les composantes horizontales.

Un artifice intéressant est employé pour soulever la plume, soit entre les mots, soit à la fin de chaque ligne, pour la ramener au commencement de la suivante, ou encore si l'on transmet un dessin : indépendamment des courants continus, d'intensité variable, qui déterminent les mouvements de la plume, les lignes sont parcourues, au repos, par des courants vibrés, émis par le poste de départ, et qui se superposent aux premiers; ces courants, filtrés à l'arrivée par un condensateur, vont actionner un relais vibrateur qui, à son tour, maintient abaissée l'armature d'un électro-aimant : dans cette situation, une lame trans-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

versale se place devant les bras de la plume et l'empêche d'arriver au contact du papier. Au poste de départ, la tablette sur laquelle on écrit est articulée et, dès qu'on appuie avec le crayon, transmet la pression à un interrupteur placé au-dessous, le circuit des courants vibrés est coupé et, à l'autre poste, la lame transversale retombe, laissant la plume reposer sur le papier; si ensuite, au cours de la transmission, on soulève de nouveau le crayon, par exemple entre deux mots, le rétablissement des courants vibrés éloigne momentanément la plume, mais la laisse sous la conduite des deux cadres, et elle continue à obéir aux mouvements du crayon de départ.

Le poste transmetteur commande également l'avance du papier, si la surface qui couvre la tablette ne suffit pas; à cet effet, le papier venant du rouleau passe dans une pince, solidaire de l'armature d'un électro-aimant; un relais, qui commande ce dernier, est maintenu au collage, pendant tout le temps de la transmission, par les courants qui commandent la plume : il suffit de provoquer une interruption pour le ramener au repos, et la pince fait avancer le papier d'une longueur égale au tiers de la hauteur de la tablette. Cette même interruption permet aux ressort spiraux de ramener les cadres à la position de repos et la plume revient se placer momentanément dans l'encrier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

IX

TRANSMISSION AUTOMATIQUE

Les systèmes à transmission automatique firent leur apparition vers 1845. Dans la pensée des différents inventeurs, ils devaient, tout à la fois :

1° Permettre aux opérateurs de collationner leur travail et d'éviter ainsi des erreurs de transmission :

2° Assurer une formation impeccable des signaux et, en facilitant la lecture à l'arrivée, éliminer une autre cause importante d'altérations :

3° Enfin, augmenter le rendement des lignes, en permettant de transmettre à une vitesse notablement supérieure à celle de la main humaine; celle-ci, avec le code Morse, par exemple, ne donnait guère à la ligne que deux courants par seconde, en moyenne, alors que l'expérience déjà acquise permettait d'évaluer à un chiffre considérablement plus élevé le nombre des émissions que la plupart des conducteurs étaient capables de transporter nettement.

Les deux premiers avantages étaient incontestables, avec toutefois, cette circonstance que le rendement individuel des opérateurs se trouvait quelque peu diminué, la composition préalable, puis la vérification, demandant généralement plus de temps que la transmission manuelle directe. Par contre, en ce qui concerne l'utilisation meilleure des lignes, on éprouva tout d'abord de sérieuses désillusions, à cause de l'imperfection des récepteurs, qu'on ne parvenait pas à mettre suffisamment à l'abri des influences extérieures; on envisagea même, un instant, la transmission automatique comme devant être réservée aux câbles sous-marins, c'est-à-dire non plus pour obtenir de la vitesse, mais, au contraire, pour *régulariser la lenteur* nécessaire sur ce genre spécial de conducteurs. Néanmoins, les dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

positifs furent progressivement perfectionnés, au fur et à mesure qu'on pénétrait mieux la nature des phénomènes perturbateurs et les lois qui les régissent; et c'est ainsi que les systèmes à courant de repos et à relais polarisés vinrent plus tard résoudre un problème que d'aucuns considéraient, de prime abord, comme insoluble.

Le premier système suffisamment pratique fut imaginé par Bain, en 1846, et essayé, en 1850, sur la ligne Paris-Tours (1) une bande de papier était placée à proximité d'un poinçon, animé d'un rapide mouvement vibratoire; une clé semblable à celle d'un manipulateur Morse, permettait de la présenter au poinçon et de déterminer des perforations de longueurs variables, correspondant aux points et aux traits de l'alphabet Morse; la bande était ensuite passée dans un transmetteur automatique, entre un cylindre relié à la ligne et un style communiquant avec la pile; un courant était envoyé sur la ligne, chaque fois que la bande présentait au style une partie perforée; le récepteur était électro-chimique. Ces appareils sont décrits ci-après (v. p. 195).

La manœuvre du perforateur de Bain était incommode; une certaine habitude était nécessaire pour arriver à actionner simultanément la pédale, qui mettait le poinçon en mouvement et la clé Morse, qui préparait les signaux; d'autre part, le système avait été loin de donner en ligne tout ce qu'on en attendait, et il fut bientôt abandonné.

En 1855, on vit apparaître un système automatique basé sur une conception toute différente; Marqfoy et Garnier disposaient, sur le pourtour d'un cylindre, de petits blocs de laiton qu'ils assemblaient de manière à former les signaux Morse (2), puis le cylindre était présenté à un levier-manipulateur, qui se trouvait soulevé ou abaissé, suivant qu'il rencontrait un bloc ou un intervalle vide (v. p. 197).

La même année, Digney, revenant à la transmission par bandes perforées, construisit un perforateur dont l'unique touche perforait un trou carré correspondant à un point; deux abaissements consécutifs donnaient deux trous sans intervalle, c'est-à-dire un trait; enfin l'espacement était obtenu par un déplacement moins accentué de la touche, qui actionnait le dispositif

(1) *Annales Télégraphiques*, 1860, p. 129.
(2) Abbé Moigno. *Télégraphie électrique*, 1re édition p. 366.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de progression sans provoquer de perforation (v. p. 199) ; en 1856, Digney munit son perforateur d'une seconde touche, destinée uniquement aux espacements (v. p. 199) ; enfin il construisit peu après un perforateur à trois touches (1), l'une pour les points, une autre pour les traits et la troisième pour les blancs (v. p. 200).

La bande perforée passait entre un cylindre et un style; celui-ci commandait un levier mobile entre deux butées, communiquant respectivement avec la pile et avec le récepteur : la ligne se trouvait ainsi mise à la terre après chaque émission (v. p. 201). Ce système fut perfectionné un peu plus tard par Renoir, qui fit usage, pour la composition préalable, d'un clavier dont chaque touche perforait, par une seule manœuvre, le signal correspondant à une lettre.

L'appareil automatique imaginé par Wheatstone, en 1859, comprenait également un perforateur à trois touches (2); la réception consistait en deux séries de points, tracés sur deux lignes parallèles, et d'égale longueur; le perforateur comprenait trois touches; celles de droite et de gauche perforaient des trous soit près du bord supérieur de la bande, soit près du bord inférieur; en même temps, chacune d'elles perçait un trou, de diamètre plus petit, à la partie médiane, pour assurer la progression de la bande, tant dans le perforateur lui-même que dans le transmetteur automatique; la touche intermédiaire perforait seulement le trou de progression. Le transmetteur, mis en mouvement à l'aide d'une manivelle, comprenait essentiellement trois aiguilles agissant comme celles des métiers de Jacquart, et fut, pour cette raison, surnommé le *jacquart électrique;* ces aiguilles, animées d'un mouvement vertical alternatif, pouvaient s'élever lorsque la bande leur présentait un trou : c'était toujours le cas pour celle du milieu, qui assurait la progression; quant aux deux autres, leur mouvement ascensionnel, lorsqu'il était rendu possible par la perforation des signaux, avait pour résultat l'envoi sur la ligne d'un courant, soit positif, soit négatif, suivant celle qui était actionnée. Le système pouvait fonctionner à l'aide de piles ou par l'intermédiaire d'une machine magnéto-électrique, comme dans le système à cadran du même inventeur (v. p. 74), un rapport d'axes convenable étant alors établi entre la roue d'entraînement de la bande et

(1) *Annales Télégraphiques*, 1860, p. 130.
(2) *Idem*, 1859, p. 174.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les bobines de la magnéto. Le récepteur comprenait deux électro-aimants polarisés, obéissant l'un au positif et l'autre au négatif; les traces laissées sur la bande étaient d'égale longueur, mais correspondaient, par leur position, aux points ou aux traits du code Morse.

En 1860, Allan réalisa un système automatique, dans lequel l'alphabet consistait en séries de points variant en nombre et en espacement; le perforateur comprenait autant de touches qu'il y avait de signaux à préparer, et qui découpaient d'un seul coup les combinaisons représentant les différentes lettres (1).

Le système d'Ailhaud (1860) n'exigeait pas de composition préalable; il consistait en un clavier, d'un nombre variable de touches, commandant chacune un secteur sur lequel était gravé le signal Morse représentant une lettre; l'abaissement de chaque touche déterminait l'envoi automatique du signal (v. p. 201); un système analogue fut réalisé par Payant, en 1863 (v. p. 204).

D'autres dispositifs furent proposés par Joly, en 1861, et par Siemens, en 1862; ce dernier consistait en une sorte de composteur rectiligne, dans lequel on assemblait, les unes à la suite des autres, les différentes lettres, découpées d'avance en creux et en relief : ceux-ci, présentés à un levier manipulateur, déterminaient l'envoi de signaux Morse sur la ligne (2). Ce système ne différait donc de celui de Marqfoy-Garnier, mentionné ci-dessus, que par le mode de composition préalable; toutefois, il fonctionnait à l'aide des courants fournis par une petite machine magnéto-électrique, et le profil des signaux découpés était calculé en conséquence; en effet, si, par exemple, le levier interrupteur était maintenu dans la position de fermeture pendant le temps où la bobine induite faisait trois tours complets, on obtenait l'envoi sur la ligne de six courants, dont trois avaient le sens du travail et trois celui du repos; le récepteur polarisé enregistrait donc trois points, c'est-à-dire la lettre S; et de même pour tous les autres signaux; au contraire, lorsqu'il s'agissait de transmettre un trait, on ménageait un intervalle, c'est-à-dire une rupture du circuit, entre l'envoi du courant qui mettait le relais sur travail et celui qui devait le ramener au repos. Le relais, réglé « à l'indifférence », restait dans la position où l'avait placé le dernier courant reçu, jusqu'à ce qu'un courant

(1) *Mechanics Magazine*, 1860, p. 37.
(2) Zetzsche, *Handbuch der elektrischen Telegraphie*, t. I, p. 520.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de sens opposé vienne lui faire prendre la position contraire.

Un autre genre de composteur fut imaginé, en 1863, par Chauvassaigne et Lambrigot : on déposait, sur un ruban d'étain, de la résine pour représenter les points et les traits, puis on passait cette bande entre un cylindre relié à la ligne et un frotteur communiquant avec la pile ; le récepteur était électro-chimique (v. p. 204).

Entre temps, Wheatstone avait perfectionné son premier système : c'est ainsi qu'en 1860, il modifia son perforateur pour permettre l'envoi de courants d'inégales durées, conformément au code Morse ; en 1867, il disposa son transmetteur de manière à émettre des courants de repos entre ceux de travail ; plus tard, dans son brevet de 1870, il introduisait le système de la « compensation des courants », grâce auquel la ligne n'était pas plus chargée par un trait que par un point, ce qui permettait une décharge plus rapide et une vitesse de transmission plus grande. Les appareils qui sont décrits plus loin en détail (v. p. 205), bien que de construction un peu plus récente, diffèrent peu de ceux qui font l'objet des dits brevets.

Le système imprimeur à transmission automatique de Olsen (1875), offre une certaine analogie avec l'appareil Hughes (1) : il est décrit avec les appareils imprimeurs (v. p. 161) ; ceux de Goodspeed et Foote, 1878 (v. p. 212) et de Meyer, 1884 (v. p. 216) emploient tous deux le code Morse ; ce dernier présente toutefois cette particularité que la bande de réception, en outre des signaux Morse tracés en points et en traits, porte une perforation, qui permet de l'utiliser pour une réexpédition, si le message est reçu en transit.

En 1898, on vit apparaître un perforateur pneumatique, inventé par Creed, et disposé comme une machine à écrire, ce qui donna un rendement individuel supérieur avec une fatigue moindre pour les opérateurs ; ce système fut employé pendant quelques années en Angleterre, et fut remplacé par le perforateur Gell, disposé de façon analogue, mais entièrement électrique ; dans l'un comme dans l'autre système, les leviers des touches, lorsqu'ils sont actionnés, choisissent automatiquement les poinçons qui conviennent pour la perforation du signal correspondant à la lettre marquée sur le bouton. La transmis-

(1) *Annales Télégraphiques*, 1879, p. 417.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sion a lieu à l'aide d'un transmetteur Wheatstone ordinaire.

En 1902, Creed inventa son « récepteur-perforateur » grâce auquel les signaux reçus donnent lieu, non plus au tracé de points et de traits, mais à la perforation d'une bande absolument identique à celle de départ ; celle-ci peut alors servir à une réexpédition, comme celle de Meyer, mentionnée plus haut, ou bien la bande perforée est passée dans un traducteur automatique, construit, en collaboration par Murray et Creed, et on obtient une impression en caractères typographiques, sur une bande, qu'il suffit ensuite de coller, comme dans les systèmes imprimeurs ordinaires.

Le système Buckingham-Barclay (1903) a été employé par la Western Union Telegraph Cy : les bandes sont préparées à l'aide d'un clavier-machine à écrire et suivant un code qui lui est spécial, puis elles sont passées dans un transmetteur automatique Wheatstone ; à l'arrivée, les signaux sont imprimés directement sur des feuilles, qu'on change après chaque message.

Dans le système automatique de Murray (1903), le code employé est celui de Baudot, à cinq éléments de signaux (v. p. 246) mais, pour des raisons qui n'apparaissent pas, l'alphabet est très différent, c'est-à-dire que l'auteur a cru devoir changer l'affectation donnée par Baudot aux diverses combinaisons. Le perforateur est du type machine à écrire ; les signaux sont expédiés à l'aide d'un transmetteur automatique Wheatstone à une seule aiguille. A l'arrivée, le récepteur perfore une bande qui, de même que pour le système Creed, peut servir soit à la réexpédition, soit à la traduction.

La même année, on vit paraître le système Pollak-Virag, dans lequel les courants, expédiés par l'intermédiaire d'une bande perforée, actionnent, à l'arrivée, les membranes de deux téléphones qui, à leur tour, commandent un petit miroir sur lequel vient frapper un rayon lumineux ; ce rayon, convenablement réfléchi, trace, en écriture cursive, les lettres et les mots sur une bande de papier photographique, qu'il suffit ensuite de développer et de fixer à la façon ordinaire. Cet appareil donne, d'après ses inventeurs, 40.000 mots à l'heure ; dans des essais effectués en Allemagne, les résultats officiellement constatés atteignirent le chiffre déjà très élevé de 32.000 mots. La correspondance exige l'emploi de deux fils de ligne ; l'un des récepteurs est inséré dans le circuit comme un téléphone ordinaire,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et fournit les composantes verticales de l'écriture, les courants qui parcourent l'autre récepteur suivent les deux fils en parallèle, grâce à un dispositif semblable à ceux qu'on emploie dans les installations de télégraphie et de téléphonie simultanées ; ils donnent les composantes horizontales.

La transmission automatique fut appliquée au Baudot, en 1903, par Carpentier ; le perforateur et le transmetteur automatique sont décrits ci-après (v. p. 295 et suiv.).

On doit mentionner encore l'automatique de la « Telepost Company » (1903), dont le récepteur est une réminiscence de l'enregistreur électro-chimique de Bain (v. ci-dessous).

Enfin, l'automatique de Siemens (1912), n'est, à proprement parler, autre chose qu'un Baudot à un seul secteur, non pas à cause de son code et de son distributeur, dont les balais tournent en synchronisme avec ceux du poste correspondant, mais encore par l'emploi d'un combinateur identique au premier de l'espèce construit par Baudot en 1887 (v. p. 259). Il est, pour ces raisons, mentionné au chapitre « Systèmes Multiples » (v. p. 299).

Appareil automatique, de Bain (1846). — Le perforateur est représenté par la figure 180 : un poinçon ou emporte-pièce, animé d'un mouvement alternatif vertical très rapide, se déplace au-dessus d'une bande de papier spécial ; celle-ci se déroule d'un mouvement continu ; elle peut être soulevée et amenée à la rencontre du poinçon par la manœuvre d'un levier analogue à un manipulateur Morse ; elle se trouve alors perforée pendant tout le temps qu'on maintient le levier abaissé : les signaux ainsi obtenus sont des points ou des traits, suivant la durée de la perforation. La machine est mise en mouvement à l'aide d'une pédale.

La bande, une fois perforée, est introduite dans le transmetteur : un mécanisme d'horlogerie, semblable à celui d'un récepteur Morse, assure l'entraînement ; elle passe ainsi entre un style, S (fig. 182) et un cylindre, C, reliés l'un à la pile et l'autre à la ligne ; le circuit est fermé chaque fois que la bande, présentant au style une partie évidée, lui permet d'atteindre le cylindre ; il reste isolé pendant les intervalles.

Le récepteur est électro-chimique : il se compose d'un plateau circulaire, P (fig. 181) animé d'un mouvement de rotation, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui actionne, à son tour, une vis sans fin, V, montée sur un bras, L, dirigé suivant un rayon; cette vis sans fin porte un écrou, *c*, muni d'un style relié au massif d'un relais, R, à travers une pile locale. Le style se déplace longitudinalement et décrit une spirale sur le plateau, P, communiquant avec le

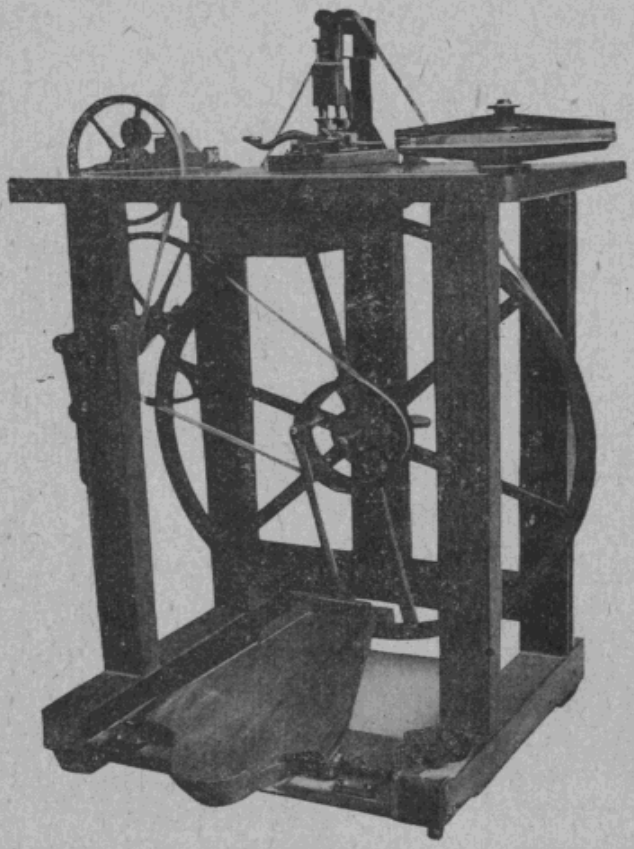


Fig. 180.

butoir de travail, *b'*, du relais, R. On a, au préalable, recouvert le plateau d'une feuille imprégnée d'une solution de ferro-cyanure de potassium; le courant, arrivant de la ligne, actionne le relais, R, le courant local passe du style dans le plateau à travers le papier, décompose la solution chimique et laisse une trace bleue, reproduisant les signaux émis au départ.

Ce dispositif présente, à la transmission, le grave inconvénient de laisser la ligne isolée pendant les intervalles entre les émissions, et de ralentir ainsi la décharge du conducteur : c'est là une circonstance très défavorable pour la rapidité de la trans-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mission, et la vitesse en ligne dut être considérablement diminuée, par rapport à celle qu'on avait obtenue dans les expériences de laboratoire. En outre, l'inventeur avait compté sans les variations de l'intensité à l'arrivée, et les signaux manquaient souvent

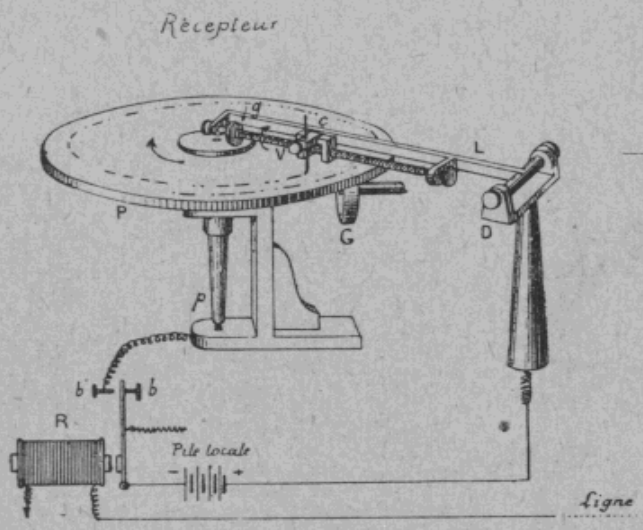


Fig. 181.

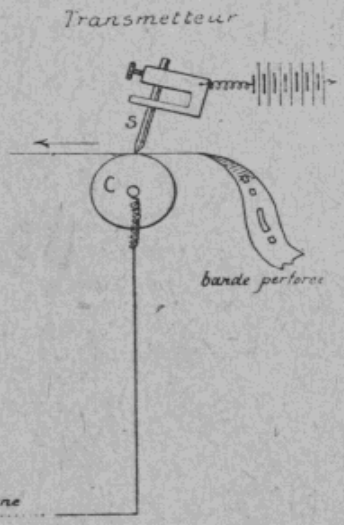


Fig. 182

de netteté; le système, essayé en 1850, sur la ligne Paris-Tours, fut abandonné peu de temps après.

Appareil automatique, de Marqfoy et Garnier (1855). — La composition préalable est effectuée sur le pourtour d'un cylindre en laiton, entaillé d'une raînure en hélice (fig. 183). Dans cette raînure sont rangés de petits cubes en cuivre, susceptibles d'être déplacés dans le sens des génératrices du cylindre. Tous les cubes se trouvant sur une même ligne, vers la droite, si l'on pousse à gauche, par exemple, le premier, le troisième et le quatrième, on représente la lettre « A » du code Morse, le premier cube étant un point, le troisième et le quatrième réunis formant un trait et le deuxième, resté à droite, donnant l'intervalle entre les deux éléments du signal.

Le cylindre est placé en face d'un chariot, qu'une vis sans fin déplace parallèlement à l'axe; cette vis sans fin a le même pas que l'hélice dans laquelle sont composés les signaux. Lorsqu'on fait tourner le cylindre, ceux des cubes qui ont été poussés à gauche viennent se présenter à un levier coudé, L (fig. 184) porté par un chariot et terminé par une dent D : ce levier est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donc soulevé lorsqu'il rencontre un cube, puis retombe dans les intervalles. Un second levier, L', solidaire de L, se termine par une vis, V, reliée à la ligne, qui vient s'appuyer sur un ressort,

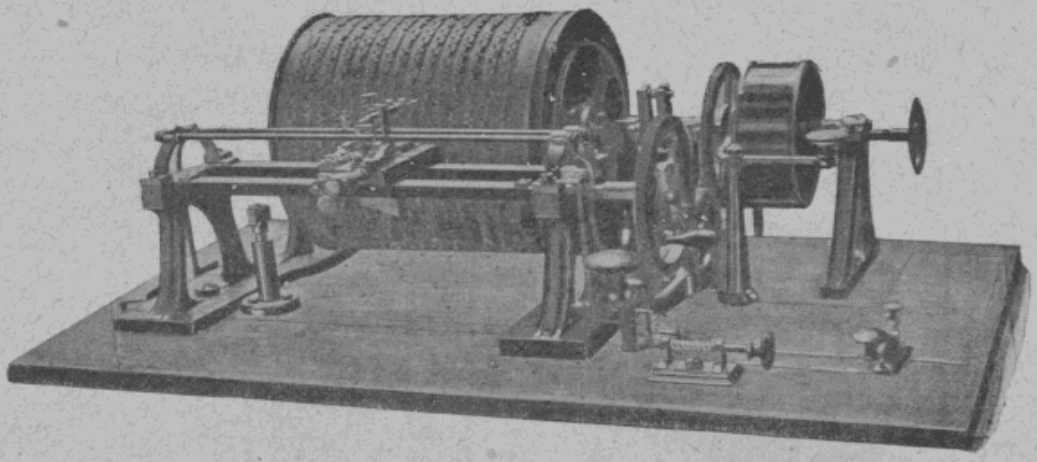


Fig. 183.

R, en communication avec la pile : le passage du bec, D, sur un relief détermine donc l'envoi sur la ligne d'un courant, dont la durée dépend de la longueur (un ou deux cubes) de ce relief.

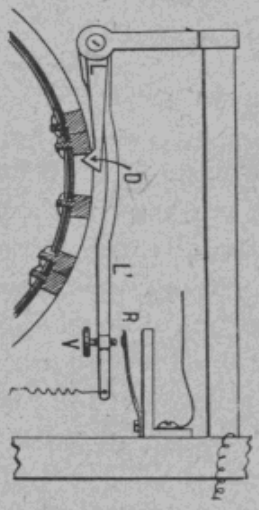


Fig. 184.

Lorsque les messages, portés par un cylindre, sont expédiés, celui-ci est envoyé à la « table à décomposer », qui comporte un chevalet, destiné à soutenir le cylindre, et un chariot, mû à la main; sur ce chariot est monté un segment cylindrique, recouvrant un quart du pourtour du cylindre; la paroi intérieure de ce segment est armée de dents qui, lorsqu'on déplace le chariot vers la droite, ramène à la position de repos tous les cubes qui ont servi à former la composition.

Le système Marqfoy-Garnier a fonctionné, notamment, sur la ligne Paris-Bordeaux, et a donné des résultats remarquables pour l'époque : lorsque l'état de la ligne était favorable, il permettait de transmettre jusqu'à 80 mots par minute. Par contre, il était très encombrant et nécessitait une force motrice appréciable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Perforateurs, de Digney (1855). — Dans le premier modèle (fig. 185) la bande de papier est introduite dans un laminoir constitué par deux cylindres, dont l'un, inférieur, porte, latéralement, une roue à rochet; le cylindre supérieur peut se déplacer verticalement dans deux rainures et est pressé sur le premier par un ressort réglable. Un levier articulé porte un poinçon qui, à l'état de repos, surplombe la partie médiane de la bande; un cliquet, solidaire de ce levier, s'appuie sur les dents

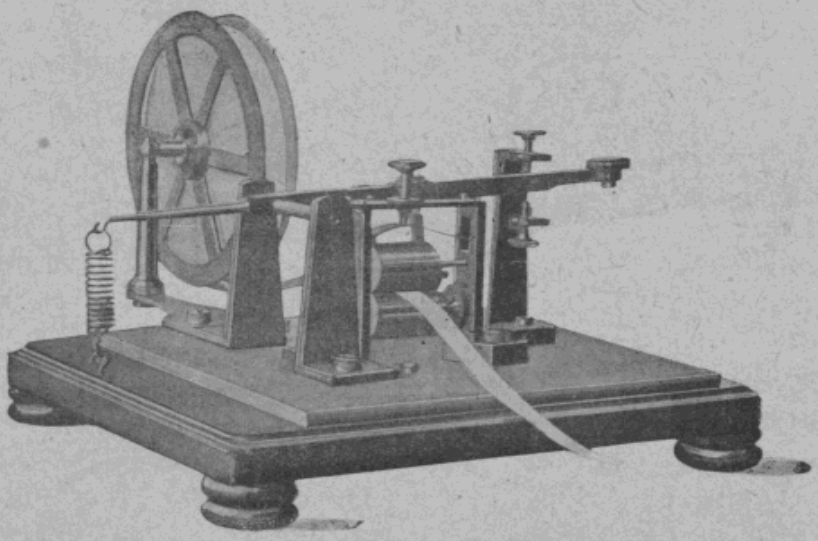


Fig. 185.

du rochet d'entraînement du papier. Lorsqu'on frappe sur le levier, le poinçon découpe dans la bande un petit carré; en même temps, le cliquet glisse sur les dents du rochet; lorsqu'on abandonne le levier, celui-ci, revenant au repos sous l'action de son ressort antagoniste, remonte le poinçon et le cliquet; ce dernier entraîne le rochet et fait avancer la bande d'une longueur égale à celle du carré découpé; on a ainsi produit un point. Pour faire un trait, il suffit de frapper deux fois de suite : la seconde perforation s'ajoute à la première, et l'on obtient un trou d'une longueur double. Pour créer un intervalle entre deux signaux, on appuie plus légèrement sur le levier : le cliquet opère la progression, comme précédemment, mais le poinçon ne pénètre pas dans le papier.

La manœuvre du précédent était incommode; le second modèle (fig. 186) comporte deux touches, l'une pour la perfora-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion, l'autre pour l'espacement; la première, tout comme la touche unique du type initial, sert pour les traits et pour les points.

Enfin, le troisième type comprend trois touches, l'une donne

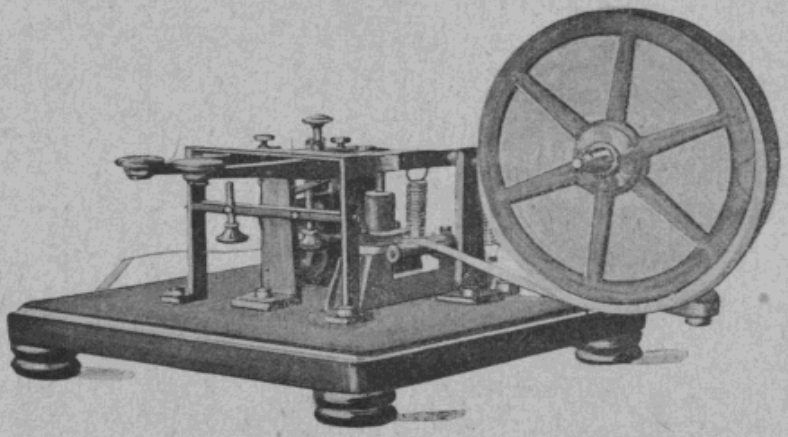


Fig. 186.

les points, la seconde les traits, la troisième les espaces (fig. 187); toutes trois agissent sur le cliquet d'entraînement,

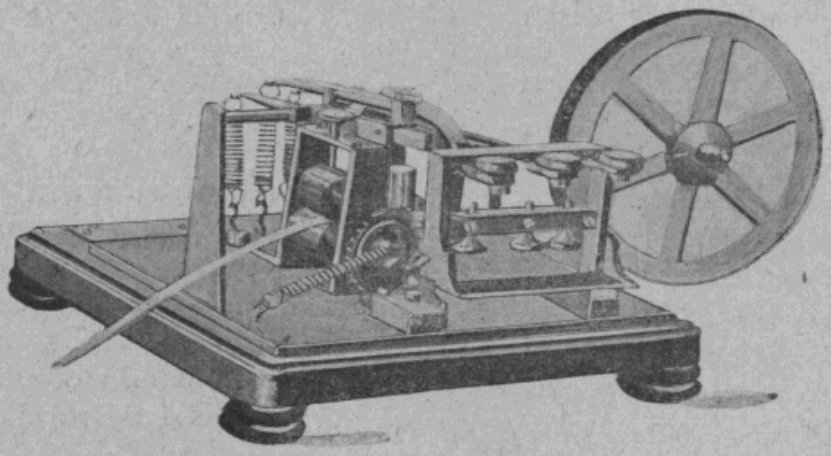


Fig. 187.

mais avec des bras de levier différents, correspondant à la longueur des signaux et de l'espacement.

Transmetteur automatique, de Digney (1857). — Un seul mouvement d'horlogerie entraîne à la fois le transmetteur et le récepteur. Le transmetteur est placé à l'arrière; la bande per-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forée, B (fig. 188) entraînée de la même façon que dans un récepteur Morse, passe entre un cylindre, C, et un style, S; celui-ci est solidaire d'un long ressort-lame, R, relié à la ligne, et dont l'extrémité inférieure peut osciller entre deux butoirs, A et P, reliés respectivement, au récepteur et à la pile; il s'appuie sur le premier lorsque la bande présente au style une partie pleine, et vient sur le second sous l'action du ressort à boudin, *r*, dès que le style s'abaisse, lors du passage d'un trou.

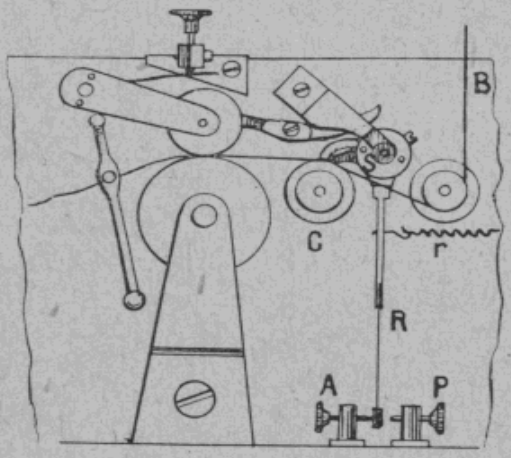
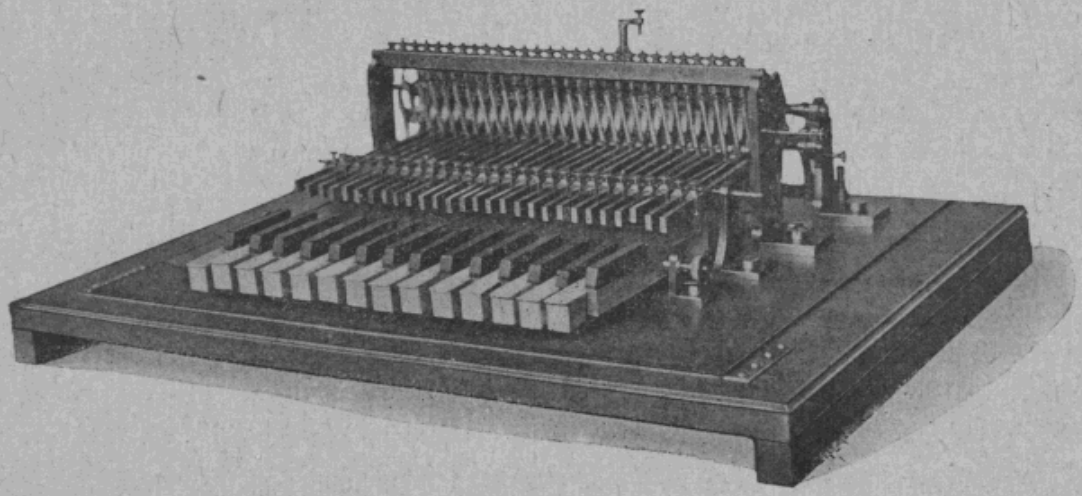


Fig. 188.

Transmetteurs Morse, à clavier, de Ailhaud (1850). — Le clavier comprend 28 touches (fig. 189) commandant chacune un levier, portant à l'arrière un secteur denté, sur lequel est gravé, en creux et en reliefs, le signal Morse correspondant


Fig. 189.

à chacune d'elles; en face de chaque secteur se trouve un petit taquet fixé sur un cadre mobile, commun à l'ensemble, et relié à la ligne; ce cadre porte, à sa partie arrière, un levier de contact, pouvant se déplacer entre deux butoirs, rattachés respectivement à la pile et au récepteur. Lorsqu'on presse sur une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

touche, le secteur vient engrener avec un pignon commun, régnant sur toute la longueur du clavier, ce qui a pour effet de tendre un ressort-spiral; dès qu'on abandonne la touche, ce ressort, en se détendant, fait tourner le grand pignon et les signaux gravés agissent sur le taquet : le cadre mobile est repoussé par chaque saillie, le levier de contact se meut entre ses butoirs et expédie le signal. Le taquet est articulé de manière à laisser passer les saillies lors de l'abaissement de la

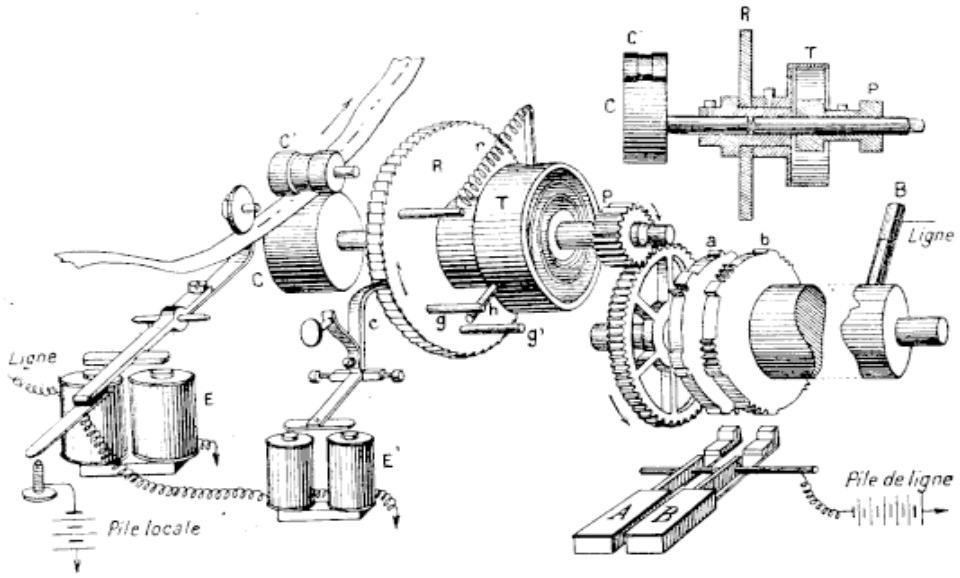


Fig. 190.

touche et à n'entraîner le cadre que dans le mouvement inverse. La vitesse du pignon est régularisée par un mouvement d'horlogerie avec modérateur.

Dans un second modèle (1863), le clavier comprend 20 touches blanches et 19 noires, correspondant à 27 lettres, 10 chiffres, le point et l'espacement entre les mots, représenté, dans l'espèce, par un trait allongé. Chaque touche commande un petit secteur métallique, portant, comme dans le précédent, le signal Morse qui convient; en face de chaque secteur se trouve un frotteur, monté sur un ressort-lame; les 39 ressorts porte-frotteurs sont réunis électriquement à la ligne, tandis que l'axe commun des touches est relié à la pile. Lorsqu'on appuie sur une touche, on soulève le secteur, qui présente successivement au frotteur les points et les traits. Un mouvement d'horlogerie, avec volant modérateur, évite, comme dans le système

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

précédent, qu'un abaissement trop brusque puisse nuire à la transmission correcte des signaux.

Enfin, dans le modèle de 1865, le clavier comprend 42 touches disposées en trois rangées ; un nombre égal de disques, *a*, *b*, etc., (fig. 190) montés sur un axe commun, portent les signaux Morse ; sur chaque disque, le même signal est répété six fois ; l'axe des disques tourne d'un mouvement continu, sous l'action d'un jeu d'engrenages, placé à droite et mû par un poids ; par son extrémité de gauche, il engrène avec les rouages du récepteur. En plus des 42 disques transmetteurs, l'axe porte encore un manchon lisse, sur lequel frotte un balai métallique, B, relié à la ligne, et enfin deux disques à cames, non représentés sur la figure ; ces disques commandent chacun une barre occupant toute la longueur du clavier ; l'une s'oppose à l'abaissement des touches, tant que les disques ne présentent pas l'intervalle entre deux signaux ; l'autre empêche que plusieurs touches puissent venir simultanément au contact de leurs disques respectifs. Enfin, toutes les touches, en s'abaissant, entraînent une barre, placée sous le clavier, qui rompt la communication de la ligne avec le récepteur.

Récepteur. — Comporte un électro-aimant, E, agencé comme celui d'un récepteur Morse ordinaire ; le mécanisme d'entraînement du papier assure l'espacement régulier des signaux, quel que soit l'intervalle qui sépare leur arrivée. L'axe du pignon, P, qui reçoit le mouvement de l'arbre des disques, est situé sur le prolongement de celui du cylindre d'entraînement du papier, C ; l'embrayage de ces deux axes est obtenu de la façon suivante : l'axe du pignon, P, porte un ressort spiral, enfermé dans le tambour, T, solidaire de l'axe du cylindre d'entraînement, C ; le ressort n'est pas accroché au tambour et agit seulement par friction sur la paroi intérieure. Un rochet, R, fou sur l'axe du cylindre, peut être immobilisé par un cliquet, *c*, commandé par l'armature d'un électro-aimant, E'. Dans ces conditions, la goupille, *h*, du tambour, vient se caler contre celle, *g*, du rochet : le ressort spiral glisse à l'intérieur du tambour et le cylindre, C, reste immobile. Dès qu'un courant arrive de la ligne dans l'électro-aimant, E, l'armature, en même temps qu'elle amène le papier contre la molette, ferme le circuit du second électro-aimant, E' ; le rochet est dégagé et se met à tourner sous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'action du petit ressort à boudin, r, accroché au tambour; celui-ci, libéré à son tour, obéit à la friction du ressort spiral, et le papier est entraîné. A la fin du signal, l'armature de E' vient, de nouveau, immobiliser le rochet, R, mais la goupille, h, s'appuie alors sur g', et le tambour peut encore tourner de l'angle qui sépare g et g', avant de venir se caler sur g. De cette façon, le papier n'est arrêté qu'après le dernier signal de chaque lettre reçue et le mouvement complémentaire du tambour assure l'espacement convenable de la suivante.

L'intervalle entre les mots est produit par une touche spéciale, donnant lieu à l'impression d'un trait allongé, qu'on ne peut confondre avec un signal Morse.

Transmetteur Morse, à clavier, de Payant (1863). — Se compose, comme ceux d'Ailhaud, d'une série de touches portant, à leur extrémité postérieure, des arcs métalliques verticaux, sur lesquels les signaux Morse sont gravés en creux et en relief; en face de ces arcs se trouvent des galets en laiton, montés sur des ressorts et reliés à la pile; les touches communiquant avec la ligne, la fermeture du circuit s'opère au moment du relèvement.

Le clavier comprend 29 touches, dont 26 pour les lettres, une pour l'espacement; les deux autres émettent respectivement un point et un trait; elles sont destinées à transmettre manuellement les chiffres et signes de ponctuation, qui n'ont pas de touche spéciale.

Poste automatique, de Chauvassaigne et Lambrigot (1863). — La bande de transmission est préparée à l'aide d'un appareil en tout semblable à un récepteur Morse ordinaire, sauf que le tampon encreur est remplacé par un récipient contenant de la résine, qu'une petite lampe à alcool maintient à l'état de pâte suffisamment fluide; cette pâte vient se déposer dans une rainure, de 5 millimètres environ, pratiquée dans la molette; la bande est constituée par un ruban d'étain; lorsqu'elle est appliquée sur la molette, l'étain se trouve recouvert de résine pendant tout le temps que dure le contact. La bande, ainsi préparée, présente donc une succession de parties alternativement conductrices et isolantes, et peut servir à effectuer une transmission automatique. Le composteur est actionné

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

électriquement, à l'aide d'un manipulateur Morse ordinaire.

Un mouvement d'horlogerie à poids, régularisé par un modérateur de vitesse à ailettes, sert à l'entraînement du récepteur et du transmetteur, réunis dans une même cage.

La bande réceptrice, B (fig. 191), venant du rouet est imprégnée d'iodure de potassium au moment de son utilisation. Comme dans les récepteurs Morse précédemment décrits (v. p. 89), elle passe sous le style, S, relié à la ligne; la tablette sur laquelle a lieu l'impression, communique avec la terre; le

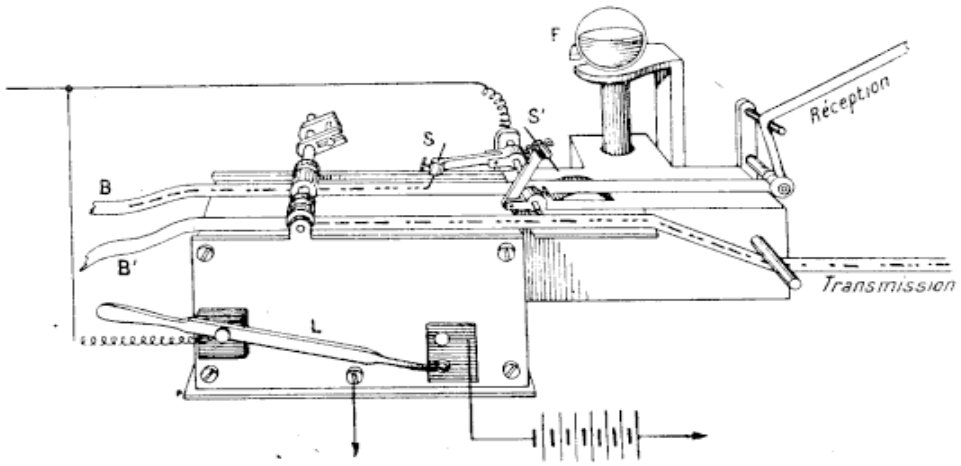


Fig. 191.

réservoir est alimenté par un flacon renversé, F, contenant une provision de dissolution chimique.

La transmission a lieu à l'aide d'une bande d'étain, préparée par le composteur ci-dessus; le style du récepteur, S, et celui du transmetteur, S′, sont montés sur le même axe, isolé du massif; lorsqu'on a fini de recevoir, on écarte le premier et l'on met l'autre au contact de la bande à transmettre, B′; en outre, la manœuvre d'un levier, L, a pour effet d'amener au style, S′, en plus de la ligne, la pile de transmission : les communications sont, en effet, agencées comme dans le Caselli (v. p. 178), c'est-à-dire que, lorsque le style frotte sur l'étain à nu, la pile est mise directement à la terre par la tablette; au contraire, quand il rencontre une partie isolante, le court-circuit est supprimé et le courant de la pile se rend sur la ligne.

Système automatique, de Wheatstone (1873). — La bande perforée (fig. 192) présente trois séries de trous, l'une à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie médiane, pour la progression du papier, les deux autres, vers les bords et de diamètre plus grand, pour la transmission des signaux. Les points sont représentés par deux trous placés sur la même transversale, les traits par deux trous perforés obliquement l'un par rapport à l'autre.

Le perforateur (fig, 193) comprend trois touches, sur lesquelles on frappe à l'aide de petits marteaux, dont l'extrémité

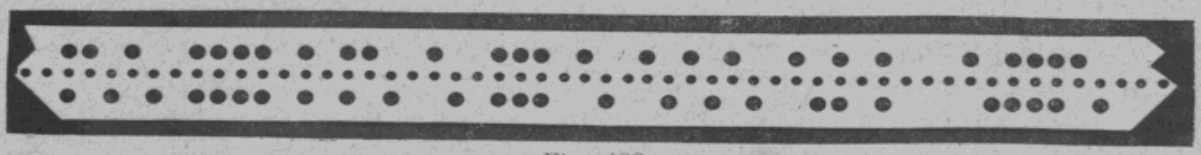


Fig. 192.

est garnie d'un cylindre de caoutchouc; la première à gauche fait les points, celle de droite les traits et celle du milieu les intervalles; les poinçons sont ou nombre de cinq, dont deux de petit diamètre pour la perforation des trous de progression.

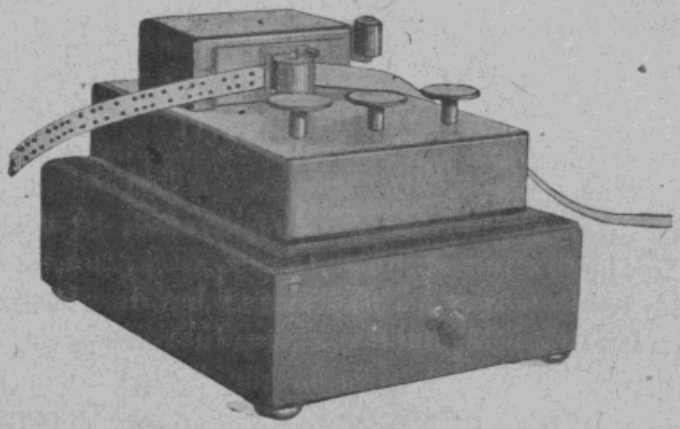


Fig. 193.

Si l'on frappe sur la touche de gauche, 2 (fig. 194), on actionne le premier poinçon des intervalles, en même temps que les deux gros poinçons placés sur la même transversale : on prépare ainsi un point. Avec la touche de droite, 3, on pousse les mêmes poinçons, supérieur et médian, et, en plus, sur la transversale suivante, un poinçon de progression et le second de la rangée inférieure : l'on obtient un trait avec les deux trous de progression. Enfin, avec la touche du milieu, 1, on agit seulement sur le poinçon de progression, et l'on obtient l'espace-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment pour séparer deux lettres; l'intervalle entre deux mots se fait en frappant trois fois de suite sur la touche du milieu.

La progression de la bande, après chaque perforation, est obtenue à l'aide d'une petite roue, R (fig. 195) dont les goupilles pénètrent dans les trous d'entraînement : chaque touche,

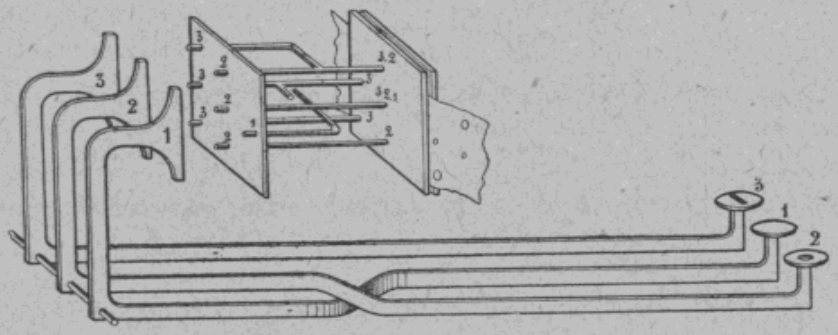


Fig. 194.

en s'abaissant, déplace vers la gauche un levier, T, portant un cliquet, C ; lors du retour du levier, le cliquet fait tourner la petite roue; un levier, A, limite la course de ce cliquet lors de la perforation d'un point ou d'un espace, mais il se trouve dégagé dès qu'on abaisse la touche des traits; la bande avance alors de deux divisions.

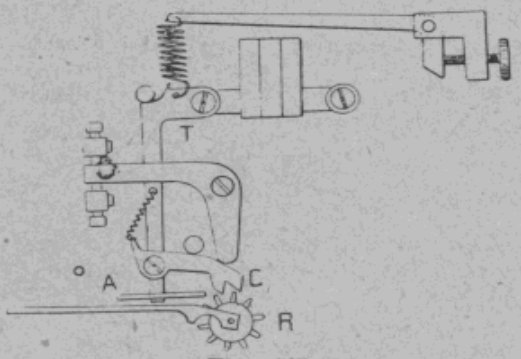


Fig. 195.

Afin de diminuer la fatigue résultant de la perforation à l'aide des marteaux, on peut utiliser le perforateur pneumatique. Trois touches, T (fig. 196) entraînent chacune un piston, P, qui, à l'état de epos, ferme la communication entre la source d'air comprimé et un cylindre, dans lequel se trouve le piston, P′; si on appuie sur une touche T, l'admission d'air a lieu, et le piston, P', vient frapper sur le bouton du perforateur; dès qu'on abandonne T, le piston, P, remonte, l'échappement d'air a lieu et un ressort à boudin ramène l'autre piston, P′, à sa position de repos.

La bande perforée est ensuite introduite dans le transmetteur, et, passant sur la tablette, F (fig. 197) est entraînée par une petite roue à 10 dents cylindriques (non visible sur la figure)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mue par un mouvement d'horlogerie; les dents de cette roue s'engagent, à cet effet, dans les petits trous de la partie médiane; au-dessous se trouve un balancier, K, animé d'un mouvement alternatif très rapide, et qui porte deux goupilles, *a* et *b*, contre lesquelles deux leviers, A et B, sont amenés par les ressorts, *h* et *h'*; deux aiguilles verticales, V et V', montées sur A et B, sont ainsi sollicitées à pénétrer dans les trous de la bande, mais sont arrêtées dans leur mouvement ascensionnel lorsque cette dernière leur présente une partie non perforée. A l'extrémité opposée des leviers, A et B, sont articulées deux autres tiges, D et E, qui com-

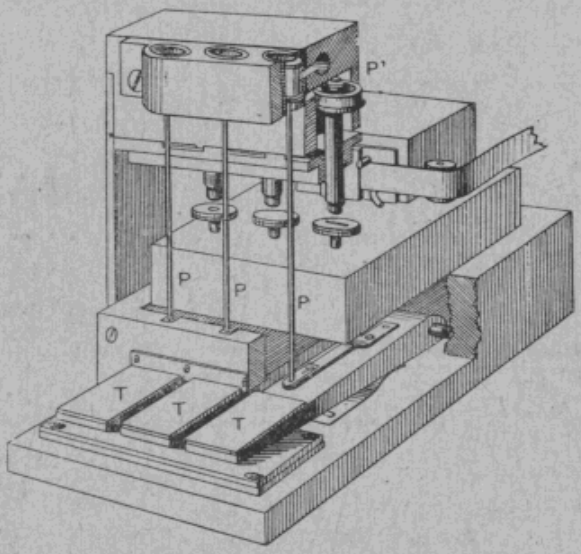


Fig. 196.

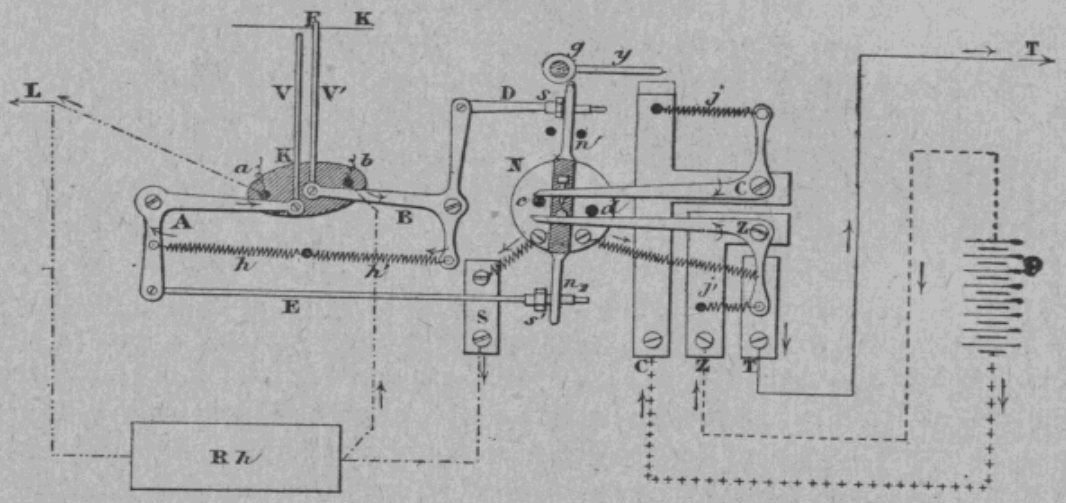


Fig. 197.

mandent l'inverseur, N; celui-ci, divisé électriquement en deux parties, isolées l'une de l'autre, porte deux goupilles, *c* et *d*, reliées respectivement à la ligne et à la terre, sur lesquelles deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leviers, C et Z, en relation avec les pôles de la batterie, tendent à s'appuyer ; la dite batterie est donc montée en positif lorsque l'inverseur met la goupille, *c*, sur C et *d* sur Z, et inversement. Afin d'éviter un court-circuit, qui se produirait dans la position intermédiaire, le levier, C, est muni, vers son extrémité, d'une vis qui, à ce moment, vient s'appuyer sur une lamelle en ébonite, portée par le second levier.

Supposons que la bande présente la perforation d'un point : l'aiguille, V', pénètre dans le trou supérieur et s'élève, tandis que l'autre, V, s'abaisse, sous l'action de la goupille, *a* ; le levier, B, suivant ce mouvement, sa branche, D, pousse vers la droite le bras, *n'*, de l'inverseur, et un courant positif est envoyé sur la la ligne, comme l'indiquent les flèches, par la goupille, *c*, le plot, S, la goupille, *b*, le levier, B, les ressorts, *h* et *h'*, le levier, A, et la goupille, *a* ; aussitôt après, le balancier, K, oscille en sens inverse : c'est l'aiguille, V, qui pénètre dans le trou inférieur, l'inverseur se trouve déplacé du côté opposé, et il en résulte l'émission d'un courant négatif.

Si la perforation est celle d'un trait, le dispositif de compensation intervient, l'aiguille, V', pénètre dans le trou supérieur et envoie un positif, comme dans le cas précédent ; mais, à l'oscillation suivante, l'aiguille, V, rencontre une partie non perforée et ne peut s'élever ; la goupille, *a*, abandonne le levier, A, tandis que l'autre goupille, *b*, continue à abaisser le levier, B ; dans ces conditions, l'inverseur reste dans la même position, mais la batterie n'est plus reliée à la ligne que par l'intermédiaire du rhéostat, R*h* ; à l'oscillation suivante, c'est l'aiguille, V', qui rencontre une partie pleine, le courant positif passe encore par le rhéostat ; enfin, à la quatrième oscillation, V rencontre le trou de la rangée inférieure, l'inverseur bascule comme il a été dit pour le point, et le rhéostat se trouve mis hors circuit : un courant négatif est envoyé sur la ligne.

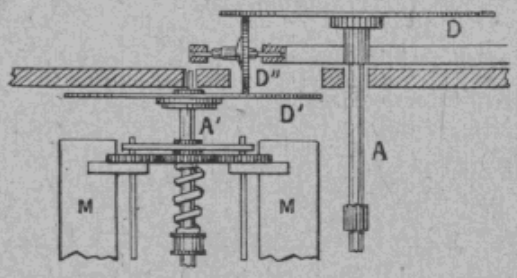


Fig. 198.

La vitesse du déroulement de la bande est régularisée par un modérateur à ailettes, M (fig. 198) ; le régime est réglé à l'aide d'un levier placé à l'arrière de l'appareil ; à cet effet, l'axe du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dernier mobile, A, et celui du modérateur, A′, portent chacun un disque, D, D′; le premier entraîne le second par frottement, à l'aide d'un disque intermédiaire, D″, qui roule entre eux et est solidaire du levier de réglage de la vitesse; on peut ainsi déplacer ce disque intermédiaire, de manière à le faire frotter plus ou moins près de la périphérie de ceux qu'il relie, et établir, entre ces derniers, le rapport qu'on désire.

Récepteur, de Wheatstone (1873). — L'axe, B (fig. 199) autour duquel pivotent les deux armatures, *s* et *n*, de l'électro-aimant, porte, à sa partie supérieure, un bras commandant l'axe de la molette, M, solidaire du mouvement d'horlogerie; celui-ci fait tourner également, en sens inverse de la molette, un disque plus grand, entaillé d'une petite gorge, et qui plonge en partie dans un godet, rempli d'encre. Lorsque l'armature est au repos, la molette se trouve presque au contact du disque et entraîne, sur son propre pourtour, l'encre amenée par ce dernier; le jeu de la molette, limité par les butoirs, R et T, est très petit, elle peut venir au contact de la bande sans quitter la couche d'encre qui remplit la gorge du disque et forme, sur le pourtour, comme une sorte de petit bourrelet.

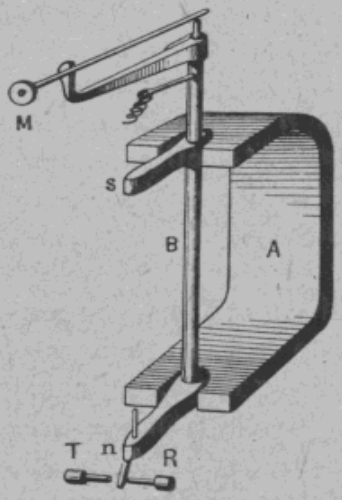


Fig. 199.

Le mouvement d'horlogerie est actionné par un ressort enfermé dans un barillet; un dispositif, en tout semblable à celui du transmetteur, permet de régler à volonté le régime de la vitesse.

Manipulateur-inverseur, de Wheatstone (1873). — Le pôle positif de la pile est amené à une pièce, I (fig, 200) portant deux goupilles-butées, g^1 et g^2, et le pôle négatif à une autre pièce, J, munie d'une seule goupille, *g*, placée entre les deux précédentes; deux ressorts lames, r^1 et r^2, montés sur une plaque en ébonite, *e*, s'appuient, à l'état de repos, sur les deux goupilles de gauche, g^1 et *g*; dans cette position, g^1 met le positif à la terre, tandis que *g*, en communication avec la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ligne par r^2, R, H et la manette, N, envoie un courant négatif

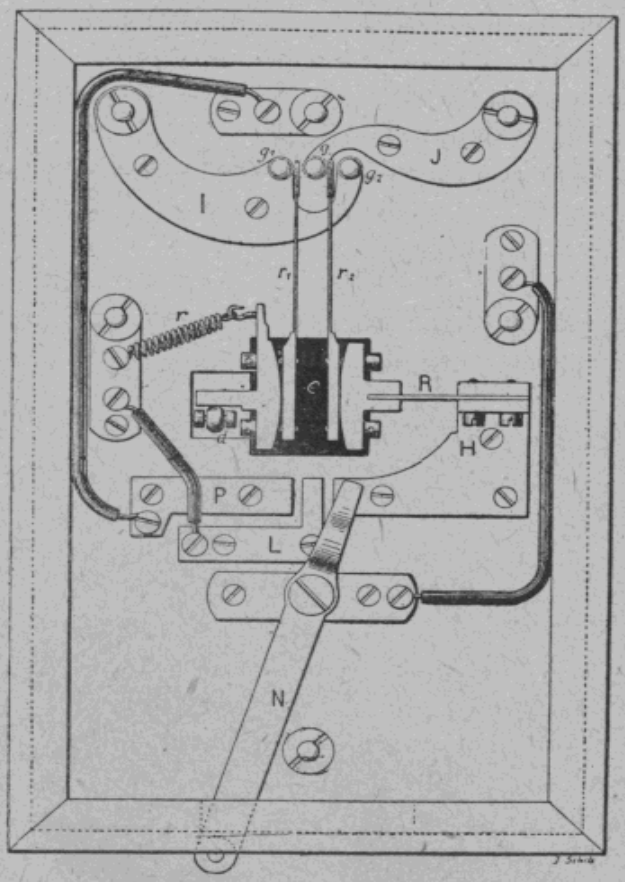


Fig. 200.

de repos. Pour émettre un courant positif, on appuie sur le

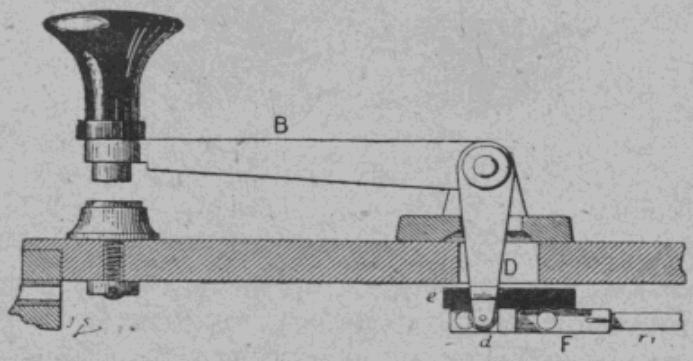


Fig. 201.

levier-manipulateur, B (fig. 201) la fourchette, *d*, pousse devant elle la pièce F (fig. 200 et 201) et la plaque en ébonite,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

e, bascule en faisant fléchir le ressort, R. Les deux ressorts de l'inverseur viennent alors s'appuyer sur les goupilles de droite, *g* et g^2 : le négatif est à la terre et le positif à la ligne. Dès qu'on abandonne le manipulateur, les ressorts, R et *r*, ramènent le tout à la position de repos.

La manette, N, reliée à la ligne, peut venir s'appuyer sur l'un des trois plots : H qui communique avec l'inverseur, L avec la terre et P avec le récepteur.

Perforateur à levier, de Goodspeed et Foot (1878). — Le perforateur à levier était, dans la pensée de ses inventeurs,

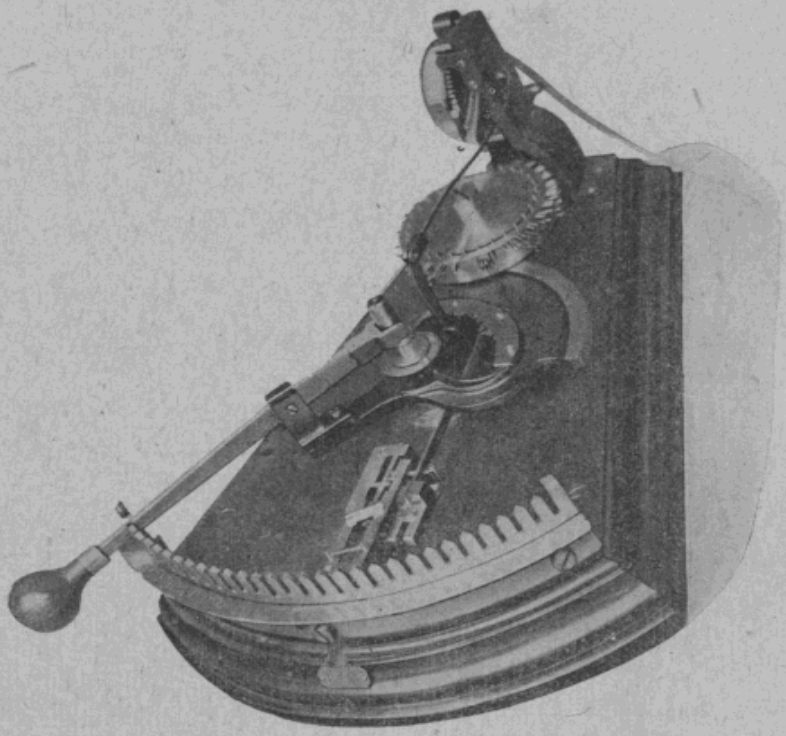


Fig. 202.

destiné à être mis entre les mains du public, qui aurait ainsi préparé lui-même les bandes perforées. A l'avant se trouve une sorte de peigne portant 30 encoches, en face de chacune desquelles est gravé un signe ou une lettre (fig. 202); un levier, terminé par une poignée et mobile autour d'un axe, peut être amené dans l'une quelconque de ces encoches. Ce levier, en se déplaçant, fait tourner un secteur denté qui, à son tour, entraîne,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par l'intermédiaire d'un pignon, un plateau en bronze. Sur la tranche de ce plateau sont plantées des goupilles en acier, groupées de façon à représenter, sur chacune des 30 génératrices, les signaux correspondant aux lettres et signes à perforer. Enfin, tout à fait à l'arrière, se trouvent les poinçons, placés en regard de la glissière dans laquelle passe la bande.

Lorsqu'après avoir tourné la poignée, on l'enfonce dans une encoche, ce mouvement a pour effet de déplacer la pièce qui supporte, à la fois, les poinçons et la glissière de la bande. Ceux des poinçons qui rencontrent une goupille du plateau se trouvent calés et dans l'impossibilité de suivre le mouvement : ils perforent la bande, tandis que les autres, trouvant devant eux les intervalles séparant les goupilles, ne peuvent pénétrer dans le papier. Lorsque l'enfoncement du levier de manipulation est terminé, le tout revient en arrière et la progression du papier a lieu; à cet effet, la bande passe entre deux cylindres, dont l'un est solidaire d'un rochet; un cliquet est susceptible d'agir sur les dents du rochet et de faire tourner le cylindre. Le jeu de ce cliquet est limité par la profondeur des encoches dans lesquelles s'engage le levier de transmission : cette profondeur est proportionnée au nombre de signaux que comporte la lettre correspondante; pour celles dans lesquelles ce nombre est particulièrement élevé, le mouvement du cliquet est encore amplifié par une seconde série d'encoches pratiquées dans une pièce circulaire, solidaire du secteur denté; dans tous les cas, l'angle dont est déplacé le rochet correspond exactement à la longueur du signal, augmentée de l'intervalle qui doit le séparer du suivant.

Perforateur à clavier, de Goodspeed et Foot (1878). — Ce second type est celui que les inventeurs destinaient à l'usage du personnel télégraphiste : le clavier (fig. 203) comprend 16 touches noires et 17 blanches, commandant chacune un levier, dont l'extrémité postérieure se trouve, à l'état de repos, au-dessous de 16 barres transversales juxtaposées; chacune de ces barres porte une série de dents disposées de telle sorte que l'ensemble présente à chaque levier un signal Morse. Lorsqu'on abaisse une touche, son levier soulève celles des barres qui lui présentent une dent et laisse les autres au repos ; les barres ainsi soulevées viennent se placer en regard de leurs poinçons respectifs. En

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même temps, un déclanchement fait déplacer, comme dans le système précédent, les poinçons et la bande, et ceux des premiers qui rencontrent une barre soulevée se trouvent calés et, ne pouvant suivre le mouvement, perforent le papier. Un autre jeu de barres détermine la progression du papier, au prorata du nombre de signaux élémentaires que comporte la lettre qui vient d'être perforée.

La force motrice est fournie par l'opérateur qui, tout en perforant, agit sur une pédale; un volant, monté à friction, est

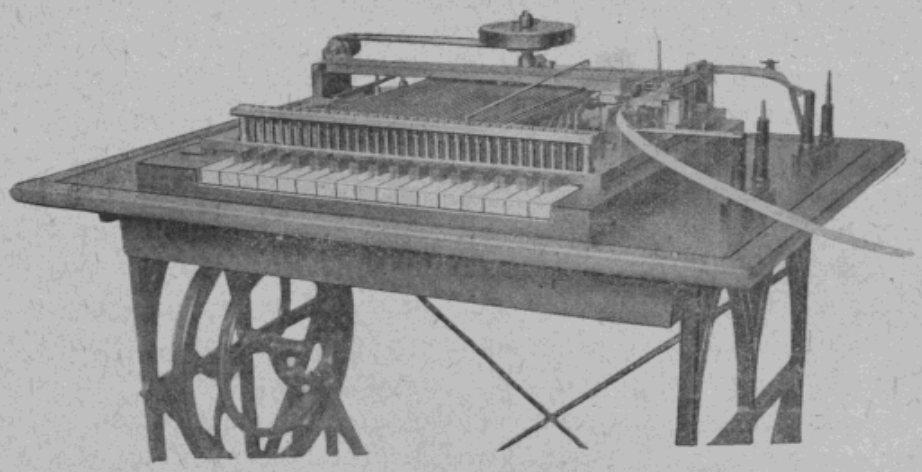


Fig. 203.

réglé de manière à glisser sur son assiette en cas d'exagération de la vitesse donnée par la pédale, et maintient ainsi dans les limites convenables la rapidité de la perforation.

Appareil automatique, de Goospeed et Foot (1878). — La bande perforée passe sur un cylindre métallique relié à la ligne; deux styles communiquant, l'un avec une pile positive, l'autre avec une pile négative, viennent au contact du cylindre lorsque la bande leur présente un trou. L'appareil est mis en mouvement à l'aide d'une manivelle, d'un jeu de poulies et d'un volant à friction, agissant, comme celui du perforateur, pour s'opposer à toute accélération nuisible.

Deux commutateurs permettent de substituer au transmetteur automatique un manipulateur Morse ordinaire et un relais polarisé, pour l'échange des conversations.

A l'arrivée, une bande de papier chimique passe sur un cylindre,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

constitué par deux couronnes métalliques, isolées électriquement l'une de l'autre: la première communique avec la ligne, la seconde avec la terre; deux styles, placés chacun en regard de l'une des couronnes et réunis entre eux, s'appuient sur la bande, qui se déroule d'un mouvement continu; la décomposition chimique s'opère sous l'un ou sous l'autre de ces styles, suivant qu'il arrive par la terre ou par la ligne, c'est-à-dire qu'il est négatif ou positif. Les signaux d'une même lettre sont ainsi enregistrés alternativement dans le haut et dans le bas de la bande; on évite ainsi de laisser la ligne inutilisée pendant le

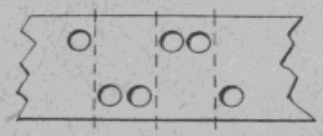


Fig. 204.



Fig. 205.

temps qui, dans les autres systèmes, est nécessaire pour l'espacement des signaux. Le croquis ci-dessus montre la perforation (fig. 204) et la réception (fig. 205) de la lettre P.

De même que le transmetteur, la poste récepteur est muni d'un manipulateur Morse, pour converser avec l'autre poste, dont les signaux sont reçus, dans le récepteur électro-chimique.

Ondulateur, de Lauritzen (1880). — Plus sensible que le récepteur de Wheatstone, il peut avantageusement lui être substitué sur les longues lignes. L'électro-aimant est du genre Wheatstone, à deux armatures aimantées formant une sorte d'X entre quatre bobines (fig. 206); l'axe, A, qui réunit les deux armatures, porte, à sa partie supérieure, un tube capillaire, T, qui, par l'une de ses extrémités, puise de l'encre dans un récipient et, par l'autre, s'appuie très légèrement sur une bande de papier, entraînée par un mouvement d'horlogerie; les émissions positives font dévier l'équipage vers l'arrière, et inversement; il en résulte, sur le papier, une trace ondulée, composée de sommets de longueurs variables, réunis par des lignes obliques.

L'ensemble de l'électro-aimant et du tube est monté sur un socle articulé à charnières, et qu'on peut soulever plus ou moins à l'aide d'une vis, placée en-dessous, pour régler l'appui du tube sur la bande; dans les intervalles de repos, on relève complètement ce socle, et on le renverse vers la droite : l'encre cesse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alors de couler par le tube. Le levier servant à la mise en marche et à l'arrêt du mouvement d'horlogerie est agencé en commutateur : il met la ligne en communication avec l'électro-aimant récepteur ou avec la sonnerie. Un shunt, de résistance variable, manœuvré à l'aide d'une manette, permet de graduer à volonté l'intensité du courant circulant dans les bobines de l'électro-aimant récepteur.

Le réglage des mouvements du tube s'obtient, soit en agis-

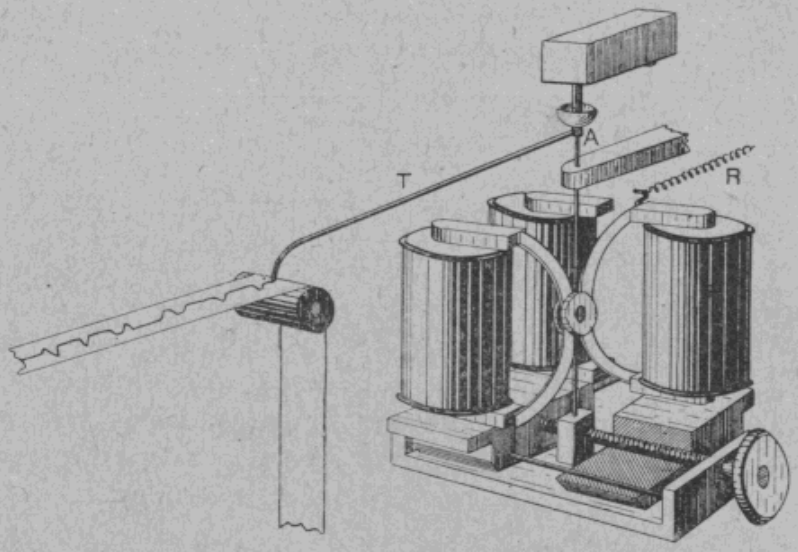


Fig. 206.

sant sur le ressort antagoniste, R, soit en éloignant ou en rapprochant de l'armature les paires de bobines situées de part et d'autre.

Appareil automatique, de Meyer (1884). — Les traits Morse sont transmis par des courants négatifs et les points par des positifs; en outre, le perforateur fournit une impression de contrôle, qui permet à l'opérateur de vérifier son travail; ces signaux sont dirigés dans le sens de la largeur de la bande (fig. 207), les points sont représentés par une barre mince et les traits par une barre d'égale longueur, mais plus grasse; la bande, représentée ci-après (fig. 207), montre le mot *Paris*, préparé par le perforateur.

La bande, introduite dans le perforateur (fig. 208), passe au-dessous d'une large molette, encrée par un tampon; si on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

appuie sur la touche de droite, par exemple, la bande, soulevée, se trouve appliquée contre la molette, et une barre fine est imprimée; en même temps un poinçon, placé vers l'avant, perce un trou circulaire sur le prolongement de cette barre; quand on

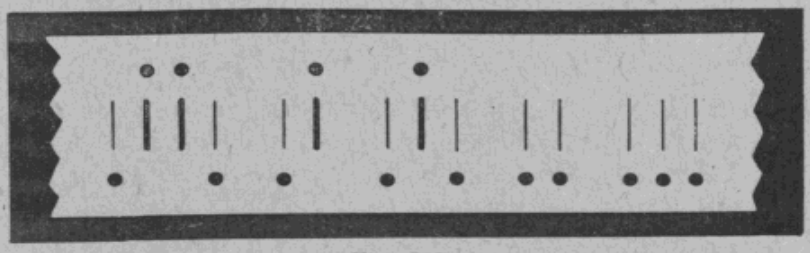


Fig. 207.

abandonne la touche, un jeu de cliquets fait tourner le cylindre d'entraînement du papier, la molette et le tampon encreur. Avec la touche du milieu, le couteau, plus large, donne l'impression

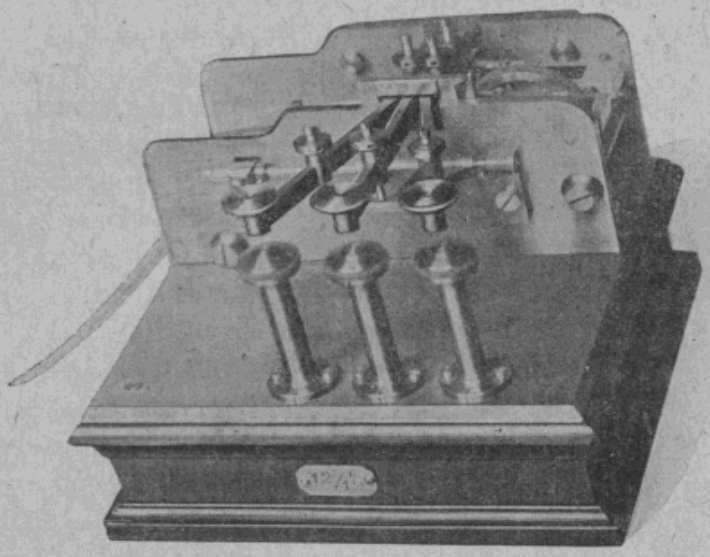


Fig. 208.

d'un trait gras et un trou est perforé par le poinçon d'arrière; la progression se fait comme avec l'autre; enfin, celle de gauche commande seulement les cliquets d'entraînement; on l'actionne une fois entre deux lettres et deux fois pour la séparation des mots.

Le même mouvement d'horlogerie actionne le transmetteur et le récepteur. La bande, P (fig. 209) préparée par le perfora-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teur, laminée entre deux cylindres entraîneurs, C et C′, passe sous deux balais, F, reliés chacun à l'une des batteries, positive pour celui d'arrière et négative pour celui d'avant ; lorsque

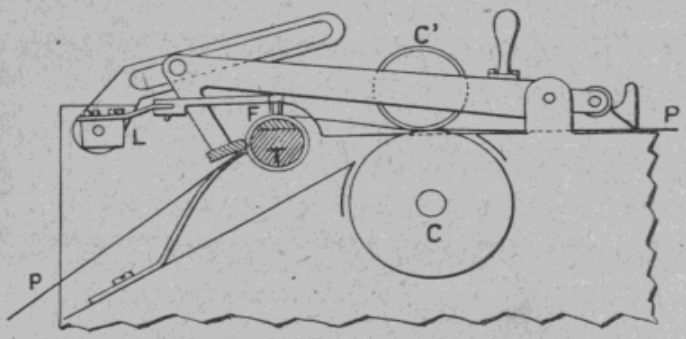


Fig. 209.

la bande présente un trou à l'un des balais, un courant est émis par l'intermédiaire du tambour, T, relié à la ligne.

A l'extrémité opposée de celle-ci, deux relais Baudot, placés en série, enregistrent, l'un les courants positifs, l'autre les négatifs, et commandent chacun un électro-aimant ; l'armature de chacun de ces électro-aimants porte un appendice, A (fig. 210) qui agit de la même façon que les touches du perforateur ci-dessus décrit ; le papier est appliqué contre la molette, M, encrée par le tampon, T ; la barre imprimée est mince ou large suivant l'électro-aimant qui fonctionne, c'est-à-dire suivant que le courant reçu est positif ou négatif ; en outre, un poinçon, P, perce dans la bande un trou circulaire, à droite ou à gauche suivant le signal reçu ; en un mot, la bande d'arrivée est identique à celle de départ ; elle est, suivant le cas, traduite à la main ou portée au poste de réexpédition.

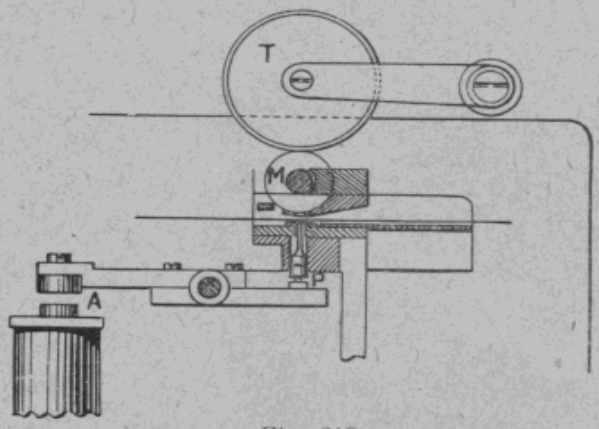


Fig. 210.

Perforateur pour câbles sous-marins, de Belz et Brahic (1884), — Destiné à la transmission automatique sur les câbles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sous-marins, aux lieu et place du manipulateur inverseur de Thomson (v. p. 97). Le perforateur a l'aspect extérieur et la disposition de celui de Wheatstone (v. p. 206), mais, comme les signaux sont seulement différenciés par le sens du courant, trois poinçons suffisent pour exécuter tous les signaux: la touche de droite perce un trou à la rangée supérieure et un sur la médiane pour la progression de la bande : c'est le point du code Morse ; celle de gauche perce un trou à la partie inférieure et un sur la partie médiane, et correspond au trait; enfin, la touche du milieu perfore seulement un trou de progression. La bande ci-dessous

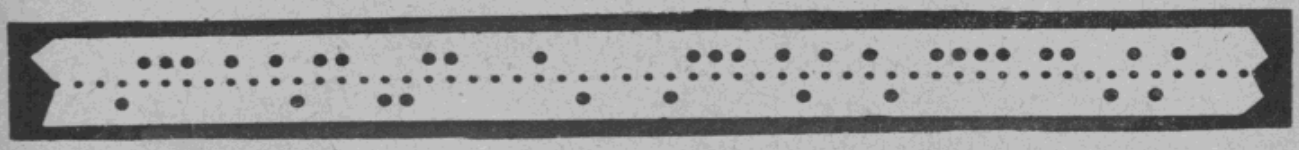


Fig. 211.

(fig. 211) porte les mots « Belz et Brahic ». Le transmetteur est analogue à celui de Wheatstone, mais simplifié et en harmonie avec le genre spécial de signaux qu'il s'agit de transmettre.

Perforateur à clavier, pour appareil Wheatstone, de Terrin (1890). — Un clavier, analogue à celui d'une machine à écrire (fig. 212) permet de perforer d'un seul coup tous les signaux qui correspondent à une lettre, un chiffre, etc. La bande est engagée dans une rainure, percée de trous pour laisser passer les poinçons; chacun de ceux-ci est sous la dépendance d'un marteau placé, à l'état de repos, un peu au-dessous de son extrémité libre. Sous le clavier sont 10 leviers coudés, dont 9 commandent un marteau; le dernier actionne un déclanchement. Les branches métalliques, supportant les boutons des touches, surplombent ces 10 leviers; chacune d'elles porte des entailles et des saillies, disposées suivant le signal à perforer; lorsqu'on actionne une touche, elle entraîne ceux des leviers qui se trouvent en présence de saillies : les marteaux correspondants sont soulevés et viennent se placer devant leurs poinçons respectifs. Toutes les touches actionnent le dixième levier, qui met en marche un déclanchement, en tout semblable à celui d'un appareil Hughes (v. p. 149).

L'arbre, ainsi embrayé, porte deux cames, l'une pour la perforation, l'autre pour la progression; la première agit sur un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

levier qui pousse les marteaux soulevés; ceux-ci, à leur tour, chassent devant eux leurs poinçons respectifs, qui pénètrent dans la raînure et perforent la bande. Les poinçons ont entraîné, par leurs talons, une plaque de rappel : dès que la came est passée, le ressort antagoniste de cette plaque ramène celle-ci en arrière et, avec elle, tous les poinçons actionnés.

La came de progression commande, de même, un levier, qui agit, par un ressort-lame, sur une goupille portée par un secteur denté commandant le cylindre de progression; lorsque la came pousse le levier vers la droite, le ressort actionne le sec-

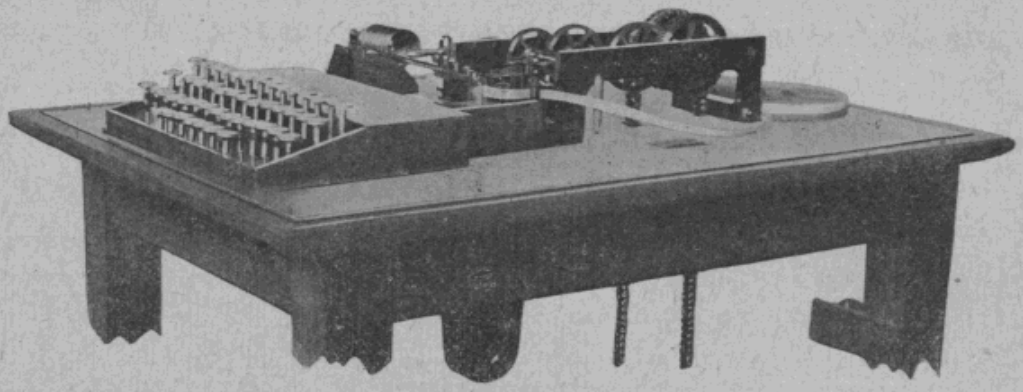


Fig. 212.

teur, mais la course de celui-ci est limitée par un jeu de marteaux analogue à celui des poinçons; cette course se trouve ainsi établie au prorata de la place occupée par le signal qui vient d'être perforé.

Perforateur à clavier, pour câbles sous-marins, de Terrin (1891). — Le clavier, composé de 11 touches, dont 5 noires et 6 blanches, commande 16 poinçons : 5 pour les points, 5 pour les traits, et les 6 du milieu pour les trous d'entraînement. La première touche blanche, à gauche, sert pour les espacements; les 10 autres forment 5 paires, une blanche, M, (fig. 213) et une noire, M′, pivotant autour d'un axe commun, X, et maintenues au repos par un ressort courbe, N. Si l'on appuie sur l'une ou l'autre, on fait basculer le levier, LF, autour de son axe, O; mais, si c'est la touche blanche, M, qui est actionnée, le déplacement est limité par la première butée placée sous la touche, et le mouvement du levier n'a qu'une faible amplitude; avec la touche noire, M′, au contraire, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déplacement se poursuit jusqu'à la seconde butée; dans un cas comme dans l'autre, le goujon, *kg* (fig. 214) est soulevé; son épaulement, *h*, vient, dans le premier cas, se placer devant le poinçon inférieur, *p''*; dans le second cas, devant le poinçon

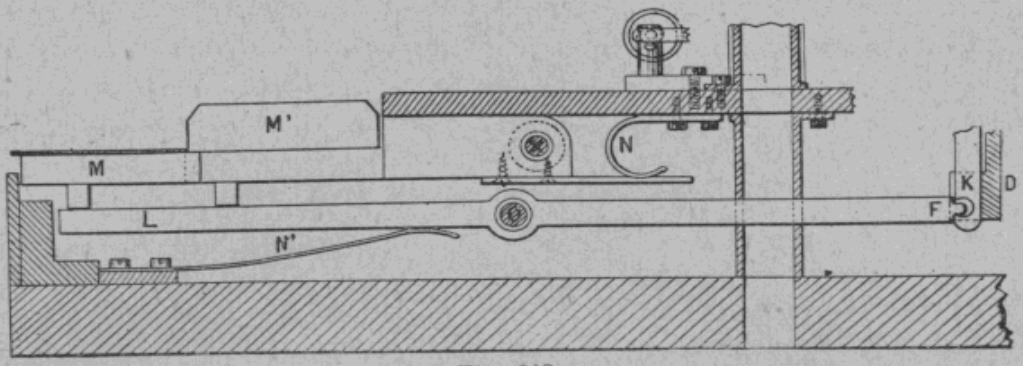


Fig. 213.

supérieur, *p*. Un déclanchement Hughes, semblable à celui du perforateur précédent, détermine le déplacement d'arrière en

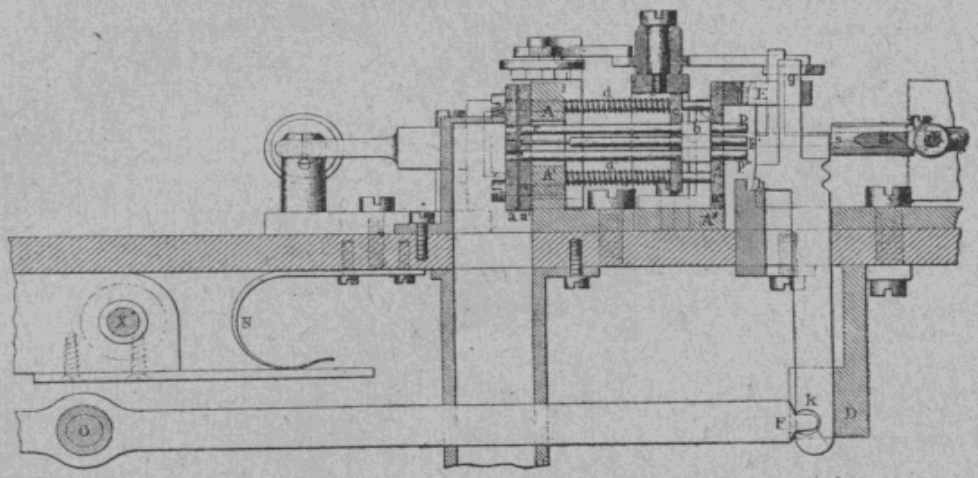


Fig. 214.

avant des goujons soulevés et, par suite, des poinçons devant lesquels se trouve l'épaulement, *h*, des dits goujons ; les poinçons de la rangée intermédiaire sont entraînés dans le mouvement et les trous de progression sont perforés eu même temps. L'avancement de la bande, après chaque perforation, est assuré, dans les mêmes conditions que dans le perforateur alphabétique précité, suivant la longueur occupée sur la bande par chaque signal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

X

TRANSMISSIONS SIMULTANÉES

I. — *Duplex, diplex, quadruplex.*

La transmission automatique avait permis d'augmenter, dans de notables proportions, le rendement des lignes, par rapport à la transmission manuelle; poursuivant le même but dans une voie différente, Gintl, dès l'année 1853. avait jeté les bases du *système duplex* différentiel : les courants de transmission tra-

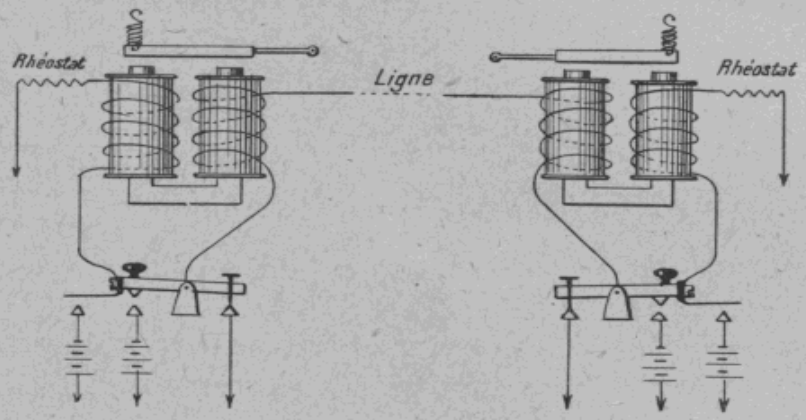


Fig. 215.

versaient l'un des enroulements du récepteur pour se rendre sur la ligne (fig. 215); leur action sur l'armature était neutralisée par celle d'un autre courant, issu d'uue pile locale, parcourant le second enroulement et dont l'intensité était réglée à l'aide d'un rhéostat. L'abaissement du manipulateur correspondant détruisait cet équilibre (1).

(1) Du Moncel. — *Exposé des applications de l'électricité*, 1857, t. III, p. 174.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le manipulateur (fig. 216) portait une pièce de laiton isolée par une plaque en ivoire. Sur chacune de ces deux parties, deux renflements, garnis de platine, formaient prises de contact; sur le socle, quatre butées, dont deux fixes et les deux autres élastiques; enfin le contact antérieur de la pièce isolée était réglable : lors de l'abaissement, on fermait simultanément les deux circuits de ligne réelle et de rhéostat.

Les premiers essais ne parurent pas suffisamment concluants

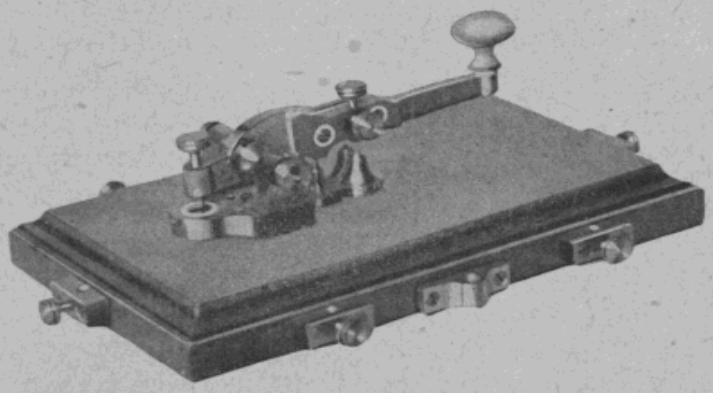


Fig. 216.

et, malgré les perfectionnements apportés par Frischen et Siemens qui, les premiers, en 1864, bifurquèrent les courants de transmission dans une *ligne factice*, de même résistance que la ligne réelle (1), ce merveilleux principe resta délaissé jusqu'aux expériences de Stearns, en 1872. Celui-ci, en effet, pensa à équilibrer, à l'aide de condensateurs, la capacité du conducteur, en même temps que des rhéostats équilibraient sa résistance ohmique, et obtint ainsi, sur les longues lignes, une précision qu'on n'avait pu atteindre jusque là. Le système entra alors dans la pratique et se répandit rapidement dans les différents pays; on le réalisa, soit par la méthode *différentielle*, soit par celle du *pont de Wheatstone* (2).

Entre temps, en 1855, Stark avait imaginé le *système diplex*. permettant l'envoi simultané de deux télégrammes dans le même sens. Le problème fut repris par Siemens, Kramer, Edison, Sieur, etc. Dans le système Edison (1874) qui, à quelques modi-

(1) E. Zetzsche. — *Handbuch der Elektrischen Telegraphie*, Berlin 1877, t. I, p. 555.
(2) E. Montoriol. — *Appareils et installations télégraphiques*, 1821, pp. 177 et suivantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fications près, est encore en usage à l'heure actuelle, le poste récepteur comprend, en série sur la ligne, deux relais (fig. 217) : l'un, RP, est polarisé et n'est mis sur travail que par le courant positif, quelle que soit son intensité ; l'autre, non polarisé, RNP, obéit indistinctement aux deux sens de courant, mais seulement lorsque l'intensité atteint une valeur déterminée.

Au poste transmetteur, le manipulateur inverseur, MI, émet, lorsqu'il travaille seul, une intensité faible, 10 milliampères, par exemple, positive ou négative ; ces courants sont impuissants à déplacer l'armature du relais RNP, dont le ressort antagoniste est tendu en conséquence ; le relais polarisé, RP, fonctionne seul ; l'abaissement du second manipulateur, M, ajoute à la pile, P, un certain nombre d'éléments, P′, de sorte que l'intensité atteint, par exemple, 35 milliampères et devient suffisante pour actionner RNP ; mais, si le manipulateur inverseur, MI, est au repos, le courant émis est négatif et reste sans action sur le relais polarisé, RP. Lorsque les deux manipulateurs sont abaissés en même temps, l'intensité de 35 milliampères est positive et les deux relais sont actionnés.

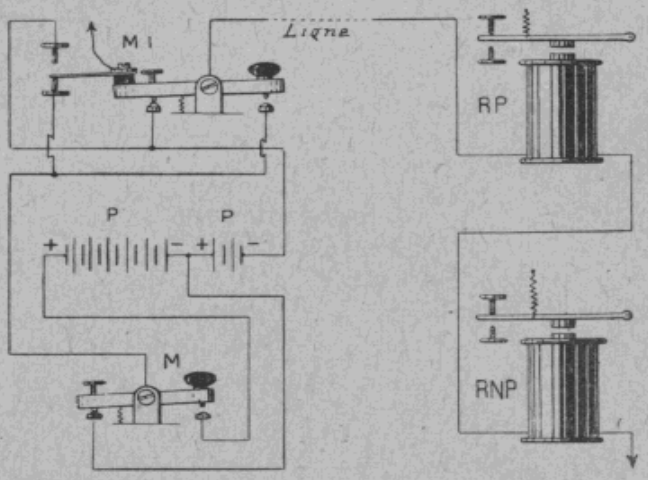


Fig. 217.

Plus tard, on combina les deux systèmes, et, en *duplexant* le *diplex*, on réalisa le *quadruplex*, qui permet quatre transmissions simultanées, deux dans chaque sens.

II. — *Transmissions simultanées par courants ondulatoires.*

Un autre moyen d'effectuer sur les lignes plusieurs transmissions simultanées dérive des expériences faites, en 1860, par l'abbé Laborde (1). Ce savant démontra que des courants vibra-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 2 avril 1860.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toires, envoyés simultanément sur une ligne, se superposent mais ne se confondent pas ; il fit usage, pour produire ces courants, de lames métalliques, construites pour donner des vibrations correspondant à des notes différentes dans l'échelle musicale. A l'autre extrémité de la ligne, il disposa une série d'électro-aimants agissant sur des lames flexibles en fer doux, accordées pour donner chacune, en vibrant, l'une des notes émises au départ. Lorsqu'on mettait en circuit une lame transmettrice, le courant ondulatoire qu'elle envoyait traversait tous les électro-aimants, récepteurs, mais, seule, l'armature accordée avec cette lame entrait en vibration ; si l'on transmettait simultanément plusieurs sons, chaque armature vibrait lorsque sa propre note était comprise dans l'ensemble et s'arrêtait dès qu'elle n'y figurait plus.

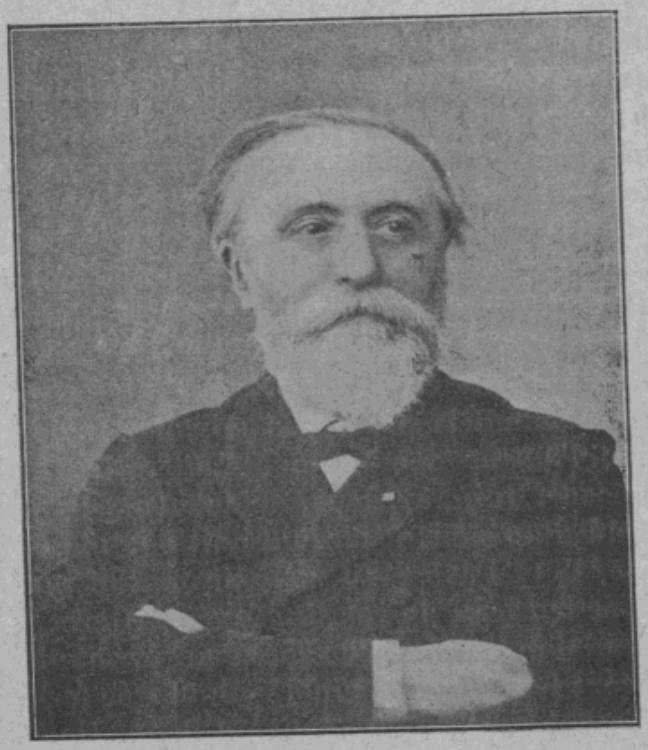
Paul Lacour prit, en 1874, un brevet pour un système, datant de l'année précédente, qui réalisait pratiquement l'idée émise par l'abbé Laborde, c'est-à-dire constituait un système télégraphique, transmettant simultanément et reproduisant à distance des vibrations de périodes différentes. Les vibrations étaient produites par des diapasons, mais, comme le mouvement de ceux-ci n'était pas entretenu, la résistance de l'air ne tardait pas à l'arrêter. En 1876, Paul Lacour prit un second brevet pour un perfectionnement destiné à remédier à ce défaut ; à cet effet, les branches de chaque diapason étaient engagées à l'intérieur de deux bobines, où elles tenaient la place des noyaux, mais pouvaient vibrer librement ; l'entrée des bobines était reliée à une pile et la sortie à un ressort qui, au repos, se trouvait très près de l'une des branches du diapason ; le circuit était complété par un manipulateur Morse, dont l'axe était relié au massif du diapason et qui, au repos, se trouvait en relation avec la terre. Dès qu'on lui donnait l'impulsion initiale, le diapason, formant trembleur, se mettait à vibrer ; les courants ainsi rythmés se fermaient en local ou se rendaient sur la ligne, suivant la position du manipulateur ; dans un cas comme dans l'autre, ils entretenaient le mouvement du diapason.

Dans une addition à son brevet, Paul Lacour fermait le circuit du diapason sur le primaire d'un transformateur, dont le secondaire pouvait être mis en relation avec la ligne. Les récepteurs étaient semblables aux transmetteurs ; ils étaient, de même, en série sur la ligne, mais chacun d'eux ne vibrait que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sous l'action des courants émis par le diapason avec lequel ils étaient à l'unisson.

A la même époque, Elisha Gray s'était livré à une « Etude sur la transmission des sons musicaux par l'électricité » et avait breveté, en 1874, son *télégraphe harmonique*; il publia, quelque temps après, une description détaillée des travaux qui l'avaient amené à réaliser ce système (1). Chaque transmetteur était constitué par une lame, susceptible de vibrer en trembleur entre deux électro-aimants se faisant face. Les récepteurs, auxquels il avait donné le nom d'*analyseurs*, consistaient chacun en un électro-aimant, dont l'armature, était une lame vibrante, qu'on accordait, au moyen d'un contre-poids. avec la lame transmettrice dont elle devait enregistrer les signaux. Toutefois, à l'encontre des systèmes précédents, c'est lorsque les manipulateurs étaient au repos que la ligne recevait des courants vibrés; dès que l'un d'eux était abaissé, il cessait d'envoyer ses vibrations; l'armature accordée avec cette lame s'arrêtait et fermait un circuit local sur un parleur.



ERNEST MERCADIER, 1836-1911.

Système Mercadier. — De son côté, Mercadier, dès 1873, avait étudié l'*électro-diapason*, c'est-à-dire le diapason dont le mouvement est entretenu à l'aide d'électro-aimants convenablement disposés (2); il avait reconnu que ce genre d'entretien n'altère pas sensiblement l'isochronisme des oscillations et que « pourvu qu'on ne dépasse pas une amplitude de 3 ou

(1) *Telegrapher*, 7 et 21 octobre 1876. — *Annales Télégraphiques*, 1877, p. 97.
(2) *Annales Télégraphiques*, 1874, p. 51.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« 4 millimètres et qu'on opère à des températures peu différen-« tes, on est certain d'avoir la même période par seconde à « 0,0001 près » (1). Il utilisa tout d'abord l'électro-diapason, en 1876, pour produire des inversions de courant dans une sorte de diplex, analogue à celui que Sieur avait inventé en 1873, mais dans lequel ces inversions étaient produites mécaniquement (2).

Le modèle adopté, en 1889, pour son système *multiplex*, est construit de la façon suivante : le mouvement vibratoire est entretenu par un électro-aimant, E (fig. 218), placé entre les branches du diapason et communiquant d'un côté avec les pôles d'une *pile d'entretien*, E +, de l'autre avec la masse du dit diapason; la branche de gauche porte un style, S, qui forme trembleur sur une plaque, A, communiquant avec l'autre pôle, E —, de la pile d'entretien. Cette plaque est réglable à l'aide de la vis, V, et du contre-écrou, C.

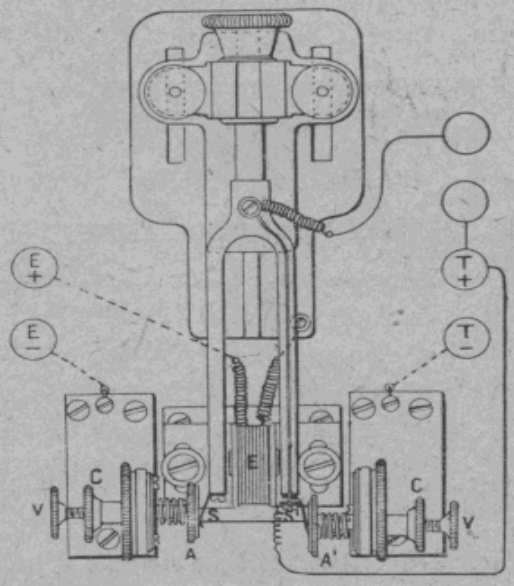


Fig. 218.

La branche de droite du diapason sert pour la transmission : la *pile de travail*, T +, est amenée à un style, S′, isolé du massif, et passe dans la plaque A′, semblable à la première; le circuit est complété par le primaire d'un transformateur; le secondaire de celui-ci est en communication, par l'intermédiaire d'un manipulateur, avec un « circuit commun», auquel se rattachent les organes similaires, dépendant des autres diapasons : lorsqu'on abaisse un manipulateur, on émet ainsi des courants induits, dont la période est rythmée par le diapason correspondant; le « circuit commun » aboutit à un transformateur, qui les reproduit sur la ligne.

En 1886, Mercadier construisit son *résonateur électro-magnétique*, ou *monotéléphone*, décrit ci-après. Cet instrument est agencé comme un récepteur téléphonique, mais le diaphragme,

(1) *Annales Télégraphiques*, 1876, p. 115.
(2) *Idem*, 1878, pp. 9, 220 et 290.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au lieu d'être encastré, comme on le fait ordinairement, est simplement posé sur trois points ; ceux-ci sont pris aux trois sommets d'un triangle équilatéral inscrit dans la circonférence qui constitue une ligne nodale déterminée ; il ne vibre alors, d'une manière appréciable, que sous l'action des courants dont la période est égale à celle du son qui correspond à cette nodale. En réalité, il fait entendre quelques sous-harmoniques du son fondamental correspondant à celle-ci, mais leur intensité est relativement très faible ; de même, il reproduit les vibrations inférieures ou supérieures au son fondamental, dans un intervalle qui, toutefois, n'excède pas généralement un ou deux comas ; en un mot, on doit faire à son égard les mêmes réserves que pour les résonateurs acoustiques.

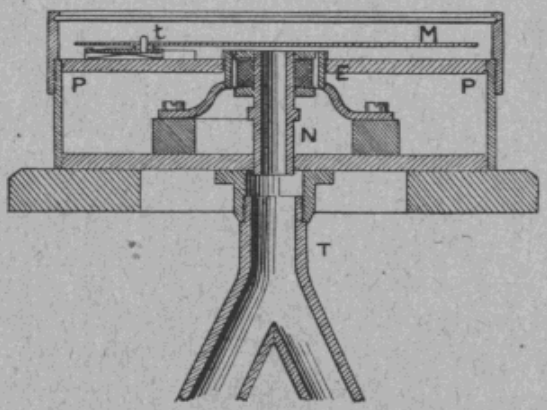


Fig. 219.

Après diverses modifications, Mercadier, en 1895, construisit un type de monotéléphone, constitué par un fort aimant tubulaire, N (fig. 219), formant le noyau d'une bobine, E ; la membrane, M, de 2 millimètres d'épaisseur et de diamètre déterminé, suivant la note qu'elle doit enregistrer, est percée de trois trous équidistants, placés sur la circonférence de la première ligne nodale ; dans ces trous s'engagent de petites tiges en ivoire, *t*, montées sur des glissières graduées, placées suivant trois rayons de la plaque, P, qui supporte le tout ; cette plaque est vissée sur la boîte de l'appareil, ce qui permet de sensibiliser plus ou moins, en éloignant ou en rapprochant de l'aimant la membrane monophonique, M ; on peut aussi adjoindre à l'appareil un petit curseur constitué par une chape, dans laquelle est monté un galet, et qui peut être déplacé sur la plaque suivant un rayon : son poids fait varier plus ou moins la hauteur du son du diaphragme sans empêcher ses vibrations ; à cet effet, le curseur est attaché, d'une part, à un cordon élastique, de l'autre à un second cordon qu'on enroule autour d'un treuil à vis. Les ondes sonores sont recueillies par un tube, T, ajusté au noyau creux, N, et divisé en deux branches ; on le relie aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

oreillles de l'opérateur par l'intermédiaire de tubes en caoutchouc terminés par des écouteurs; ceux-ci sont munis d'un embout en ébonite ou en verre. La boîte est fermée par un couvercle vitré.

Cet appareil fut encore légèrement modifié par la suite, le curseur à galet, notamment, fut supprimé, mais le principe du fonctionnement resta le même.

A l'aide de ces deux instruments, électro-diapason et monotéléphone, Mercadier réalisa divers systèmes télégraphiques, auxquels il donna le nom de *multiplex*, et qui ne diffèrent entre eux que par le mode de transmission, la réception étant, dans tous les cas, assurée par le monotéléphone.

Dans un premier dispositif, il faisait usage d'un transmetteur *téléradiophonique photique*, ou *téléphotophone* (1), issu de ses études sur la radiophonie, dont il est question au chapitre « téléphone » (v. 5e partie). Ce transmetteur se compose essentiellement d'un disque circulaire, animé d'un mouvement de rotation isochrone, et percé d'ouvertures disposées, en nombre variable, suivant sept circonférences concentriques à l'axe; celles-ci sont ainsi susceptibles de produire des intermittences dans un faisceau lumineux rectangulaire, projeté perpendiculairement au disque; enfin, les nombres d'ouvertures, dans les différentes séries, sont entre eux comme les nombres de vibrations des sons d'une gamme diatonique. Les intermittences, résultant du mouvement giratoire du disque, sont destinées à impressionner un radiophone à sélénium, à sulfure d'argent, à sulfure d'étain, etc., mais sept petits écrans s'opposent, à l'état de repos, au passage des rayons lumineux; chacun de ces écrans est solidaire de l'armature d'un électro-aimant, dont les bobines sont placées dans le circuit d'un manipulateur Morse; lorsqu'on abaisse celui-ci, on démasque la série d'ouvertures correspondantes, et le radiophone est frappé par des rayons lumineux intermittents, dont le rythme, pour une vitesse donnée, correspond à l'une des notes de la gamme. Si l'on met en série, avec le radiophone, une pile et un téléphone ordinaire, on entend dans ce dernier la note ainsi émise; si plusieurs manipulateurs sont abaissés simultanément, l'oreille perçoit les différents sons, qui se superposent sans s'altérer mutuellement; mais, si l'on embroche

(1) *Annales Télégraphiques* 1891, p. 194.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le circuit sept monotéléphones, accordés chacun pour l'une des notes de la gamme, la sélection s'opère et les différentes transmissions deviennent indépendantes.

Mercadier obtint le même résultat avec un transmetteur *téléradiophonique thermique* ou *téléthermomicrophone,* c'est-à-dire avec un radiophone sensible aux radiations thermiques.

Mercadier simplifia son système en lui appliquant la transmission *télémicrophonique* (1). Le transmetteur comprend une série d'électro-diapasons, accordés chacun sur une note de la

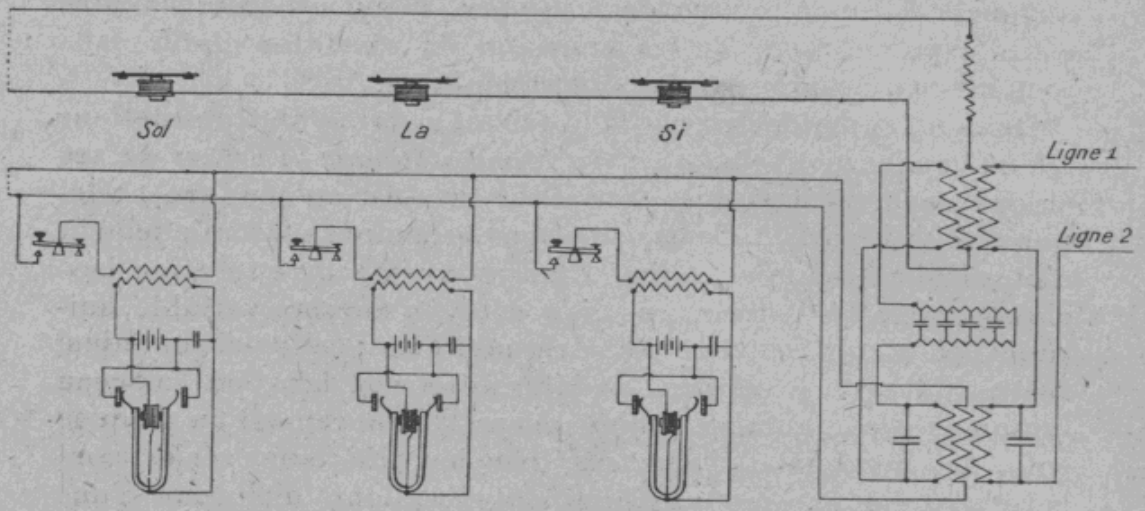


Fig. 220.

gamme; ces diapasons, entretenus en vibration par le dispositif indiqué ci-dessus, reposent chacun sur une boîte sonore, sur la face supérieure de laquelle est monté un microphone à charbons; le circuit microphonique comprend une pile, le primaire d'une bobine d'induction et enfin un manipulateur Morse, qui, à l'état de repos, laisse ce circuit ouvert. Lorsqu'on manipule, le dit circuit se trouve fermé et la note donnée par le diapason est transmise sur la ligne par le secondaire de la bobine.

Enfin, vers 1895, Mercadier perfectionna encore son système; il supprima, notamment, les bruits de *friture* qui se produisaient dans les monotéléphones, et qui étaient dûs aux courants des autres transmissions (2); à cet effet, l'installation comprend un relais télémicrophonique et le circuit des monotéléphones

(1) *Annales Télégraphiques*, 1891, p. 213.
(2) *Idem*, 1898, p. 287.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est complètement séparé de celui des transmetteurs ; les ondulations sont produites directement par les électro-diapasons, dans le primaire d'un transformateur ; le manipulateur est placé dans le secondaire. Le croquis ci-dessus (fig. 220) donne l'agencement définitif du système qui fut, par la suite, appliqué à l'appareil Hughes, à l'aide de monotéléphones spéciaux, connectés comme le relais phonique de Pierre Picard (v. p. 232 et 414).

III — *Courants vibrés et courants continus.*

En 1870, Cromwell Varley, à son tour, établit que les courants vibratoires se superposent sans mélange aux courants continus, et effectua, sur une même ligne, deux transmissions, l'une avec le courant continu ordinaire, l'autre à l'aide de courants vibrés. Ces derniers étaient produits, par l'intermédiaire d'un diapason, dans le primaire d'une bobine d'induction, dont le secondaire était rattaché à l'enclume de travail d'un manipulateur Morse ; le pivot de celui-ci communiquait avec la ligne ; enfin sa butée de repos était reliée à un récepteur spécial, auquel Varley donna le nom de *cymaphen*, et qui ne pouvait fonctionner que sous l'action des courants vibrés. Les émissions produites par le manipulateur à courant continu chargeaient le condensateur, mais avec une graduation telle qu'elles restaient sans action sur le « cymaphen » ; au contraire, les courants vibrés, pour lesquels le récepteur Morse était infranchissable, traversaient le condensateur et allaient actionner le récepteur spécial.

Sieur réalisa, en 1885, une installation dans laquelle étaient superposées, dans une même ligne, une transmission Hughes à courant continu et une à courants ondulatoires (1) ; un peu plus tard, Langdon Davies produisit son *phonopore*, resolvant le même problème d'une façon plus complète : des vibrateurs, accordés par couples et fonctionnant sous l'action de courants induits, étaient embrochés sur une ligne servant, en même temps, à une transmission télégraphique ordinaire (2). Des systèmes analogues furent réalisés, en 1902, par Pierre Picard et par Petit.

(1) *Annales Télégraphiques*, 1885, p. 457.
(2) *Idem*, 1889, p. 506.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Système de Pierre Picard. — Le schéma ci-dessous (fig. 221) donne le principe du système adopté par Pierre Picard ; la transmission à courant continu a lieu à la façon ordinaire, par le manipulateur, M ; les émissions sont seulement graduées par un condensateur, C, et une bobine de self-induction, P ; la transmission par courants vibrés est effectuée par le second manipulateur, à travers le trembleur et le primaire d'une bobine d'induction, dont le secondaire est relié à un condensateur séparateur, K ; les deux extrémités libres de ces circuits sont mises à la terre.

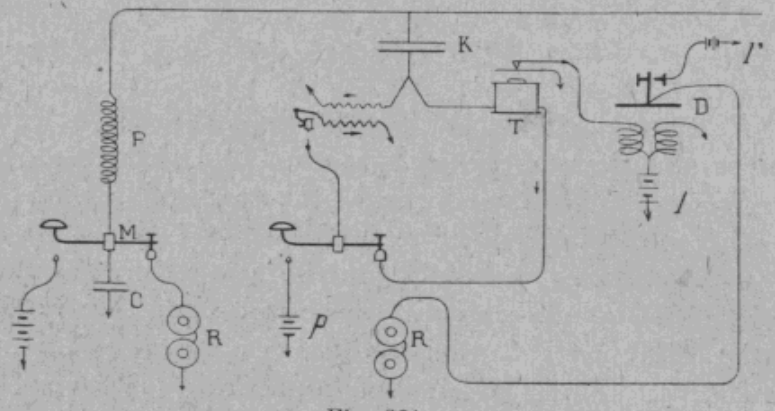


Fig. 221.

A l'arrivée, les courants continus, ne pouvant traverser le séparateur, vont directement dans l'installation Morse, M ; les courants vibrés, au contraire, arrêtés par la self de la bobine, P, traversent le condensateur, K, et se rendent dans un relais phonique, T', décrit plus loin avec les autres relais (v. p. 414) ; le pont du relais Baudot différentiel, D, est rattaché à une pile, *p*, l'un de ses circuits aboutit à la terre ; l'autre circuit prend terre par le marteau et la membrane du relais phonique, T ; l'équilibre du différentiel est établi de telle sorte que, lorsqu'aucun courant n'arrive de la ligne, l'index du relais, D, s'appuie sur son butoir de repos, mais, dès que la membrane du relais phonique se met à vibrer, l'équilibre est troublé, l'index du relais Baudot tombe sur le butoir de travail, relié à une pile, et le récepteur Morse, R, est actionné.

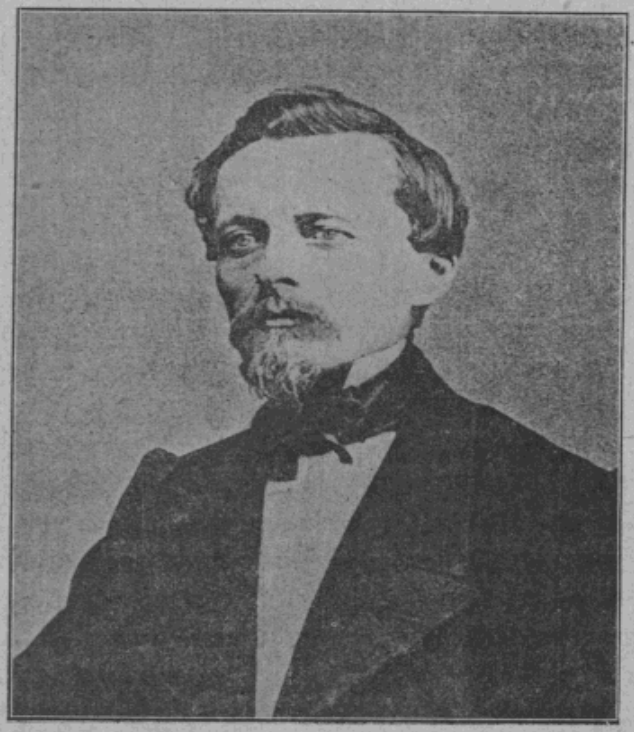
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XI

TRANSMISSIONS MULTIPLES

I. — *Système Rouvier*.

Dans un ordre d'idées tout différent, Rouvier, en 1858, ouvrait une voie nouvelle avec son *système multiple*, grâce auquel on pouvait effectuer simultanément deux ou plusieurs transmissions dans le même sens ou en sens contraire (1). La différence essentielle entre les deux méthodes peut se résumer ainsi : alors que, dans les systèmes duplex, diplex, multiplex, etc, deux signaux distincts peuvent être émis à un moment rigoureusement le même, dans le système multiple, la simultanéité n'est qu'apparente et les différentes transmissions sont, en réalité, effectuées *successivement*. Ce dernier principe repose, en effet, sur la division du temps en fractions très petites, pendant lesquelles la ligne est mise en communication avec un appareil, puis avec le suivant, et



JOSEPH-ANTOINE ROUVIER, 1825-1885.

(1) Du Moncel. — *Exposé des applications de l'électricité*, 1862, t. V, p. 442.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi de suite, de telle sorte que chaque opérateur, après qu'il a transmis un signal, dispose, pour préparer le suivant, de tout le temps pendant lequel ses collaborateurs émettent celui qu'ils viennent de préparer : le temps qui serait nécessairement perdu par chacun d'eux se trouve ainsi récupéré, et la ligne est occupée en permanence.

Le système multiple n'exige donc pas, comme le duplex, un

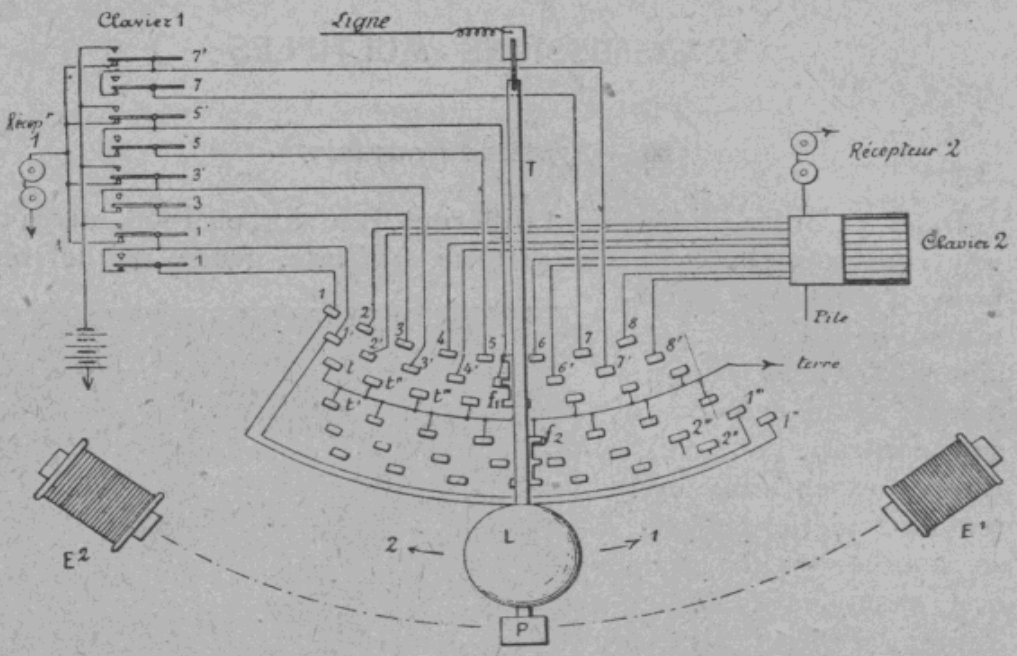


Fig. 222.

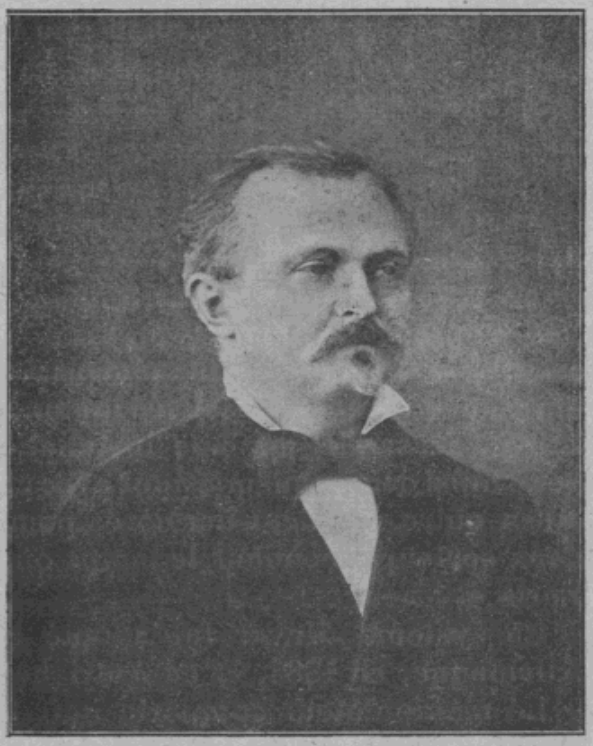
équilibre assez délicat des résistances et des capacités; par contre, un synchronisme rigoureux, entre les deux postes, est indispensable pour que, lorsque la ligne se trouve reliée à un transmetteur donné, elle communique précisément, à l'autre bout de la ligne, avec le récepteur qui doit correspondre avec ce transmetteur.

Dans le dispositif de Rouvier, qui date de 1858 mais dont il avait indiqué le principe dès 1852, la *distribution* de la ligne était opérée par un pendule, oscillant synchroniquement, par rapport à celui du poste correspondant (fig. 222). L'alphabet était inspiré de celui que Steinheil avait appliqué à son appareil à aiguilles (v. p. 53) et dans lequel les lettres étaient formées par la combinaison de signaux positifs et négatifs d'égale durée; mais il était appliqué au code Morse; les positifs représentaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les points, par exemple, et les négatifs les traits ; ces signaux s'imprimaient sur deux lignes parallèles et étaient traduits manuellement. Des frotteurs métalliques, portés par la tige du pendule, passaient sur des plots convenablement disposés à cet effet et opéraient, en temps opportun, la liaison temporaire de chacun des appareils avec la ligne.

Cet appareil ne fut d'ailleurs jamais employé dans le service, mais le principe qu'il mettait au jour était fécond ; d'autres inventeurs vinrent ensuite et le perfectionnèrent, donnant ainsi naissance à des systèmes qui marquent une étape dans l'évolution de la télégraphie et constituent une branche essentiellement française de cette science.



BERNARD MEYER, 1830-1884.

Système Meyer

En 1872, Meyer réalisa sa première installation « quadruple », permettant d'effectuer quatre transmissions simultanées. La distribution de la ligne à chacun des appareils était faite, non plus par un pendule, mais par des frotteurs, tournant d'un mouvement continu sur des plots, disposés concentriquement à l'axe des frotteurs. Cet organe reçut le nom de *distributeur*. Les signaux émis étaient ceux du code Morse, très légèrement modifié pour s'adapter au mode de transmission à l'aide d'un clavier à huit touches décrit ci-dessous ; ils étaient préparés suivant un rythme, ou *cadence*, donné par le distributeur, de sorte qu'à chaque révolution des frotteurs, les quatre appareils étaient susceptibles d'expédier ou de recevoir un signal. Le récepteur était inspiré de celui de l'appareil autographique du même inventeur (v. p. 182).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La première installation de Meyer fonctionna entre Paris et Lyon, en 1872; la vitesse de rotation des frotteurs était, de prime abord, de 75 tours par minute; on obtenait ainsi, dans ce même laps de temps, 300 lettres; en comptant les mots pour 5 lettres, et en y ajoutant un tour pour l'intervalle entre les mots, on obtenait un rendement final de 50 mots par minute, ou 3.000 à l'heure, c'est-à-dire un peu plus que la double de celui que donnait, à cette époque, l'appareil Hughes, à nombre égal d'opérateurs et avec un seul fil. La vitesse fut peu après, portée à 85 tours par minute.

En 1874, Meyer construisit une installation sextuple, puis il

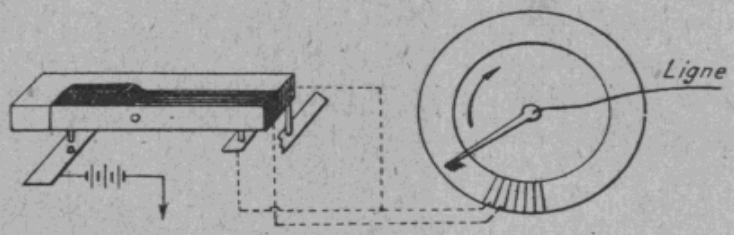


Fig. 223.

entreprit de relier simultanément trois villes à l'aide d'un seul fil : c'est ainsi que fut réalisée la communication Paris-Caen-Cherbourg, desservie par une installation quadruple; Paris échangeait ainsi deux transmissions avec chacune des deux autres villes et, en outre, ces deux dernières communiquaient entre elles, par deux secteurs, pendant le temps où la ligne était employée entre Paris et Caen.

Le système Meyer fut adopté à l'étranger, notamment en Allemagne, en 1884, et en Autriche, en 1886.

Le manipulateur comporte huit touches (quatre noires pour faire les points et quatre blanches pour les traits) montées sur un axe commun, dont elles sont isolées électriquement (fig. 223); chaque touche porte, en dessous, une plaquette métallique, sur l'extrémité postérieure de laquelle s'appuie un ressort-lame recourbé, qui la maintient ou la ramène dans la position de repos et sert, en même temps, de communication électrique. La butée d'avant est reliée à la pile de ligne; pour les touches blanches, la butée d'arrière est commune et communique avec l'entrée des bobines du relais récepteur; les touches noires, au contraire, ont chacune une butée de repos indépendante, rattachée seulement au ressort antagoniste de la touche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blanche qui précède. Chaque ressort est en relation avec un contact du distributeur décrit ci-après, et dont la couronne qui communique avec les touches est parcourue par un balai relié à la ligne : lorsqu'on abaisse une touche noire, on met le contact correspondant en communication avec la pile; si c'est une blanche qui est actionnée, la noire restant au repos, la liaison qui vient d'être indiquée réunit les deux contacts et le courant envoyé sur la ligne par le balai est deux fois plus long : il donne, à la réception, un trait, alors que celui de la touche noire donne un point. Lorsque toutes les touches sont au repos, l'ensemble des contacts auxquels elles sont reliées communique avec l'entrée du relais récepteur.

Installation sextuple, de Meyer (1872). — Cette installation permet d'effectuer simultanément six transmissions, soit dans

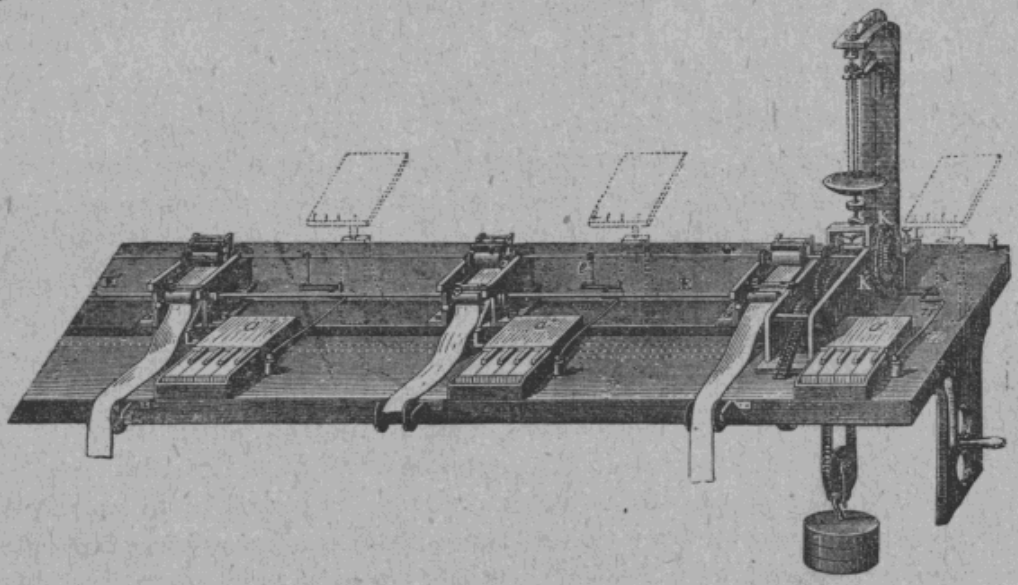


Fig. 224.

le même sens, soit partie dans l'un et partie dans l'autre. Elle comprend : un distributeur, K, six manipulateurs, *a*, et six récepteurs, *r* (fig. 224).

Transmission. — Le distributeur est constitué par un plateau d'ébonite, K, portant deux couronnes métalliques concentriques, parcourues chacune par un frotteur ou balai; l'ensemble est divisé en 7 secteurs, dont 6 égaux, correspondent respectivement aux six

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

postes d'opérateurs; le septième, plus petit, sert à la correction du synchronisme. La couronne extérieure est divisée en 74 contacts isolés les uns des autres, soit 12 par secteur d'appareil et 2 pour celui de la correction. Les 12 contacts de chaque secteur d'appareil se répartissent en quatre groupes de trois (v. fig. 226); dans chaque groupe, le premier contact communique avec une touche noire, le second avec la touche blanche de même numéro, le troisième avec la terre. Le balai de cette couronne étant relié à la ligne et la transmission étant effectuée à l'aide du clavier-manipulateur décrit plus haut, on voit que, si l'on abaisse une touche noire, on transmet un point; si l'on manœuvre la touche blanche, au contraire, le signal a une durée double, et correspond à un trait du code Morse. Le balai, après avoir parcouru ainsi les trois groupes d'un secteur, passe sur le suivant, et ainsi de suite, de telle sorte que chacun des six appareils peut transmettre un signal par révolution des balais.

Afin que l'opérateur puisse préparer en temps opportun les combinaisons qu'il veut transmettre, une sorte de métronome, placé auprès de chaque manipulateur, lui indique le moment où le balai va arriver sur le secteur; cet organe avertisseur consiste en un petit marteau articulé, qu'une came vient soulever, et qui retombe, par son propre poids, sur une enclume en laiton. Les six cames sont calées sur un axe commun, mû par le mécanisme du distributeur, et animé de la même vitesse angulaire que l'arbre des balais. La manipulation consiste donc à suivre le rythme indiqué par le frappeur de cadence, et à abaisser simultanément autant de touches, noires ou blanches, que le signal à transmettre comporte de points ou de traits; cela, en partant de la gauche du clavier pour les lettres et de la droite pour les chiffres; il est nécessaire, en outre, de maintenir les touches assez longtemps pour que le relèvement ait lieu seulement après que le balai a franchi la totalité du secteur.

Réception. — Les récepteurs (fig. 225) sont semblables à ceux du système autographique de Meyer (v. p. 182), à cela près que le papier se déroule d'un mouvement continu et que l'hélice n'occupe que le 1/6 de la circonférence du cylindre; les récepteurs sont groupés par deux, se faisant face, et, dans chacun d'eux, l'hélice est orientée de telle sorte qu'elle se présente au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

papier en même temps que le balai frotte sur le secteur correspondant. Les six cylindres sont, comme les frappeurs de cadence, montés sur un axe commun, qui tourne à la même vitesse que celui des balais. L'attraction de l'armature a pour effet de maintenir le cadre éloigné du papier ; dès que le courant local est interrompu, le cadre se rélève et, si ce mouvement a lieu lorsque l'hélice est en face de la bande, celle-ci enregistre une trace plus ou moins longue, suivant qu'on reçoit un point ou un trait. Les signaux se présentent ainsi à la bande en lignes parallèles, espacées d'environ 3 millimètres les unes des autres; chaque ligne représente une lettre ou un chiffre.

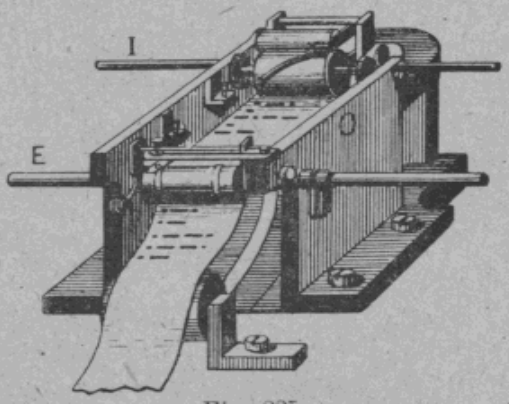


Fig. 225.

La couronne intérieure du distributeur est divisée, de même, en sept secteurs (fig. 226), dont six sont reliés à l'entrée des bobines d'un récepteur, le septième est parcouru par le balai pendant que s'opère la correction du synchronisme; ce balai communique lui-même avec le massif du relais de ligne (v. p. 397). Un courant venant de la ligne arrive au balai, A, de la première couronne, passe dans le contact sur lequel se trouve celui-ci, puis à la touche correspondante, à la butée, *a*, au relais récepteur, R, et à la terre. Le massif du relais récepteur est relié à une pile locale par l'intermédiaire du butoir de repos du relais de contrôle, R', de telle sorte que, lorsque tous deux sont au repos, le courant local est envoyé dans l'électro-aimant récepteur du secteur sur lequel se trouve le balai, A ; dès qu'un courant venu de la ligne a mis le relais, R, sur travail, le courant local est interrompu et le cadre, se relevant, amène la bande au contact de l'hélice : la trace est enregistrée pendant tout le temps que dure l'interruption, comme il a été dit plus haut. Ce relèvement se produit également, il est vrai, lorsque le balai, A, parcourt, les autres secteurs, mais il n'y a là aucun inconvénient, l'hélice ne se trouvant en face de la bande que lorsqu'il est sur le secteur relié à chaque électro-aimant.

Le contrôle de la transmission, au départ, est donné par le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

relais R′, : à cet effet, ses bobines sont embrochées sur la connexion qui relie la pile de ligne aux butées de travail des manipulateurs; il est donc parcouru par tous les courants transmis; le déplacement de son index produit, dans le circuit local, une interruption semblable à celle qui a été indiquée pour la récep-

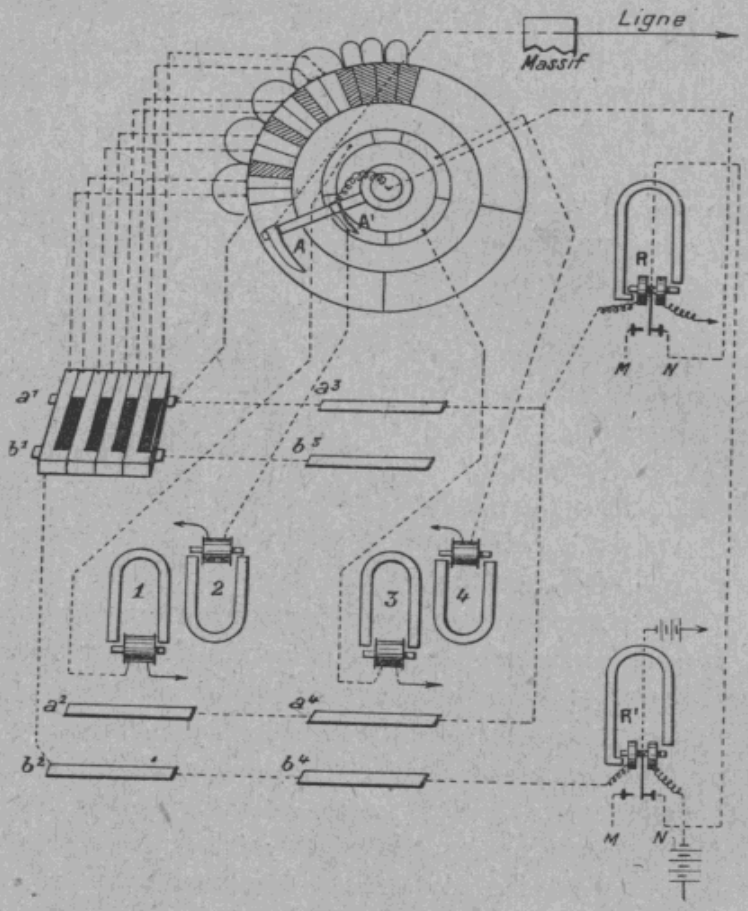


Fig. 226.

tion, et le cadre du récepteur est actionné dans des conditions identiques.

Correction du synchronisme. — Les rouages sont actionnés par un poids; leur mouvement est régularisé par un pendule conique dont la masse est constituée par un cylindre en laiton (fig. 224); une tige, encastrée solidement, à sa partie supérieure, dans une forte mâchoire, sert de guide à cette masse, soutenue par deux chaînettes accrochées elles-mêmes à une suspension à la cardan; enfin cette dernière est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

supportée par un levier pivotant, qui peut être soulevé ou abaissé à l'aide d'une vis à bouton moleté : on peut ainsi monter ou descendre la masse pour augmenter ou diminuer la vitesse de l'appareil. La liaison entre le pendule et le mouvement d'horlogerie est agencée de façon à permettre de rectifier, à chaque révolution des balais, les petits écarts qui ont pu se produire entre les deux distributeurs correspondants; cette rectification consiste en un décalage du pendule par rapport

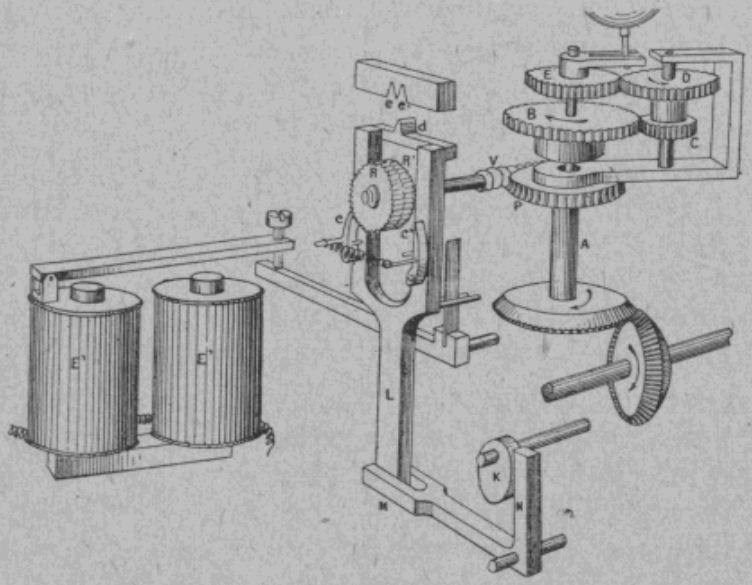


Fig. 227.

aux rouages, dans le sens de l'avance ou dans celui du retard, suivant le cas. A cet effet, la fourchette qui entraîne le pendule est folle sur l'axe, A (fig. 227) ; elle reçoit le mouvement par l'intermédiaire d'une sorte de minuterie, constituée par deux roues satellites dont l'une, D, engrène avec E, solidaire de la fourchette, et l'autre, C, est entraînée par B, montée sur l'axe A. Le pivot commun des roues satellites, C et D, est porté par un plateau denté, P, indépendant de l'axe. Dans les dents de ce plateau engrène une vis sans fin, V, sur l'axe de laquelle sont montés deux rochets, R et R' ; les dents de ces rochets sont taillées en sens inverse, l'une par rapport à l'autre, et deux cliquets, c et c', peuvent alternativement agir sur les rochets; le premier, c, déplace R et la vis sans fin de gauche à droite et retarde le plateau, P ; le second, c', opère le déplacement inverse sur R', c'est-à-dire avance le plateau. Ces cliquets sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

portés par les branches d'un levier, L, monté à charnières sur un autre levier articulé, MN ; une came, K, portée par l'arbre des balais et agissant sur la branche, N, détermine, à chaque révolution, un soulèvement de L : dans la position indiquée par la figure, le cliquet, *c*, poussant de bas en haut le rochet, R, imprime au plateau, P, et aux roues satellites un mouvement de retard. Mais le levier, L, est encore susceptible de basculer de droite à gauche, sous l'action de l'électro-aimant correcteur, E : lorsque ce dernier est excité, c'est le cliquet, *c'*, qui agit sur la roue, R', et le système est avancé. Afin de définir exactement la position de L, dans l'un et l'autre cas, celui-ci porte à sa partie supérieure, une sorte de dent, *d*, qui vient s'engager dans l'une ou l'autre de deux encoches, *e* ou *e'*.

L'un des postes correspondants est, en permanence, correcteur, et l'autre, corrigé. A cet effet, le premier relie une fois pour toutes, son contact de correction à la pile de ligne, et envoie ainsi, automatiquement, un courant à chaque révolution de ses balais ; le poste corrigé rattache, au contraire, ce même contact à l'entrée des bobines du relais, qui commande, à son tour, l'électro-aimant correcteur. La came, K, est calée sur l'axe de manière à soulever le levier, L, au moment même où le balai franchit le contact de correction : si ce balai, au poste corrigé, est en avance, le courant correcteur ne peut exciter l'électro-aimant E ; le levier, L, se soulève alors verticalement, et la correction s'opère dans le sens du retard, — et inversement.

En résumé, on donne aux distributeurs une vitesse aussi identique que possible, puis le poste corrigé est retardé lorsqu'il tend à prendre de l'avance, ou avancé dans le cas contraire. La correction étant indépendante des transmissions, les opérateurs peuvent, à leur gré, interrompre et reprendre la manipulation, tout comme si chacun d'eux disposait à lui seul du fil exploité en commun.

Récepteur pour installation Meyer, de Willot (1879). — Cet appareil a pour but d'effectuer la réception sur une bande ordinaire, c'est-à-dire avec les signaux marqués dans le sens de la longueur ; à cet effet, la progression du papier, au lieu d'être continue comme dans le récepteur Morse ordinaire, est intermittente et n'a lieu que lorsque le balai du distributeur franchit le secteur auquel est relié le récepteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il comprend deux mouvements d'horlogerie, l'un pour faire tourner une molette, encrée et actionnée comme dans le récepteur de Wheatstone (v. p. 210), l'autre pour la progression du papier. La marche intermittente de celui-ci est commandée par un contact spécial, relié à la bobine de gauche d'un électro-aimant E (fig. 228), lorsque le balai, B, relié à une pile locale, arrive sur ce contact, celui de ligne est près d'aborder le secteur relié à l'électro-aimant récepteur, A; l'armature, A', de l'électro-aimant E (fig. 229) commande un cliquet, C, agissant sur un roue à quatre dents, R; cette dernière fait partie du second mouvement d'horlogerie. Dès que l'armature, A', est actionnée, le cliquet, C, se trouve soulevé et cesse de caler la dent de la roue, R, sur laquelle il s'appuyait : le mouvement d'horlogerie est libéré et le papier se met à dérouler; or, la seconde bobine de l'électro-aimant, E, étant en série avec le récepteur, A, les courants de ligne maintiennent l'armature abaissée; dès que le balai de ligne a franchi le secteur, l'armature, A', revient au repos et le cliquet vient se placer sur le passage de la dent suivante; la progression est arrêtée jusqu'à la prochaine révolution des balais.

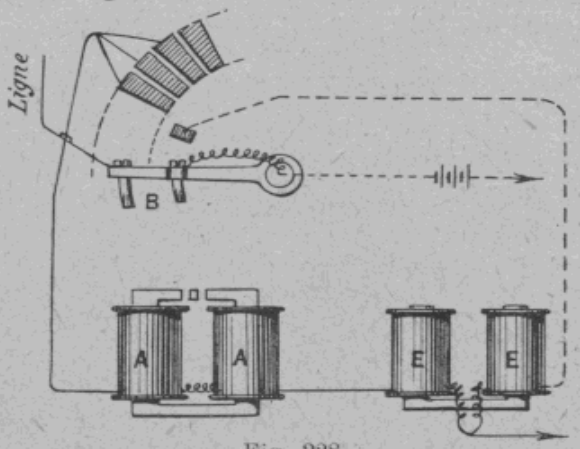


Fig. 228.

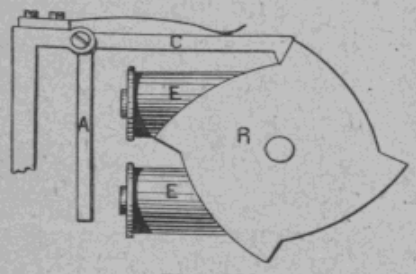


Fig. 229

III. — *Système Baudot.*

L'apparition du multiple de Meyer, suivant de près celle de l'appareil imprimeur de Hughes (v. p. 143), avait révolutionné la télégraphie; dès cet instant, un problème séduisant se posait, qui consistait à rechercher une combinaison des deux inventions, c'est-à-dire à obtenir des transmissions multiples, sur un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seul fil, avec la traduction automatique des signaux en caractères typographiques. Baudot, parmi beaucoup d'autres, entreprit d'en poursuivre la solution (1). L'appareil Hughes pouvait être comparé, quant au principe, à celui que décrivait Ampère en 1820 : de même que ce dernier nécessitait l'emploi de 25 fils pour distinguer à distance les 25 lettres de l'alphabet, de même Hughes utilisait 25 *moments* (ou plus exactement 28) pour obtenir cette différenciation. Or, des simplifications successives avaient permis de réduire jusqu'à l'unité le nombre des fils nécessaires à une seule transmission. Ne pouvait-on réduire, dans des condition analogues, le nombre des moments?



ÉMILE BAUDOT, 1845-1903.

Parmi les alphabets les plus intéressants, Baudot s'arrêta, tout d'abord, sur celui qu'employa Davy, en 1838, et qui, à l'aide de trois fils, sur lesquels on envoyait des courants, soit positifs, soit négatifs, donnait 26 combinaisons distinctes; il examina ensuite celui que Gauss et Weber, en 1834, puis Whitehouse, en 1855, avaient employé, et qui donnait 31 signaux distincts par la combinaison de 5 courants élémentaires, successivement transmis par un seul fil de ligne; enfin, il pouvait encore envisager celui de Whitehouse (1855), qui donnait 63 combinaisons avec six fils et un seul sens de courant.

C'est sur ce dernier que Baudot fixa tout d'abord son choix : le 17 juin 1874, il prit un brevet pour son premier système : les manipulateurs comprenaient six touches et permettaient

(1) E. Montoriol. — Baudot et son œuvre. — *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, décembre 1916, p. 367 et suiv..

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'exécuter les 63 combinaisons de l'alphabet de Whitehouse ; les six touches étaient reliées à six contacts d'un distributeur, analogue à celui de Meyer, et actionnaient à distance six électro-aimants, dans les conditions qui sont indiquées plus loin pour le système définitif. Le fonctionnement de ces derniers déterminait le déplacement d'une roue des types analogue à celle de l'appareil Hughes : le premier la faisait avancer d'une division, le second de deux, le troisième de 4, le quatrième de 8, le cinquième de 16 et le sixième de 32 ; les diverses combinaisons de ces mouvements permettaient d'amener le caractère choisi au-dessus de la bande du papier, et l'impression avait lieu.

Ce système fonctionna convenablement ; toutefois, le dispositif d'inversion, déjà utilisé au Hughes, rendait exagéré le nombre de 63 combinaisons, et Baudot eut à examiner s'il devait adopter l'alphabet de Gauss et Weber, à 5 éléments, ou celui de Davy à trois. Ce dernier semblait le plus avantageux, mais il fallait utiliser les deux sens du courant pour le travail et, entre deux éléments consécutifs, laisser la ligne à l'état neutre, c'est-à-dire exposée à toutes les influences extérieures ; celles-ci, agissant sur un récepteur sensible, auraient été susceptibles d'apporter une perturbation très grande dans l'enregistrement des signaux ; aussi Baudot préféra-t-il l'alphabet à 5 éléments qui, s'il avait l'infériorité au point de vue de l'utilisation de la ligne, permettait l'emploi d'un seul sens de courant pour le travail, réservant l'autre pour le repos, c'est-à-dire pour soustraire le récepteur à l'action des courants parasites, pendant les intervalles entre les signaux.

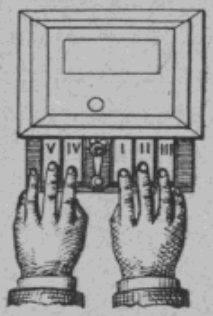
Baudot prit donc, en 1876, un second brevet pour un système semblable au précédent, quant au principe général, mais dans lequel les signaux étaient formés de cinq éléments au lieu de de six.

Avec le clavier à cinq touches, définitivement adopté, on peut exécuter 32 combinaisons, dont 31 utilisables, la 32e étant celle où les touches se trouvent toutes au repos. Le tableau ci-après (fig. 230) indique l'affectation de chacune de ces combinaisons ; la traduction s'opère, comme précédemment, en caractères typographiques, mais à l'aide d'un nouvel organe, auquel Baudot donna le nom de *combinateur*, basé sur un principe tout différent, qui sera exposé plus loin (v. p. 258) ; enfin, un système d'inversion, analogue à celui de l'appareil Hughes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte à 58 le nombre des lettres ou signes susceptibles d'être échangés.

Les touches de chaque manipulateur sont reliées respectivement à cinq contacts d'un distributeur (fig. 231), dont les balais tournent en synchronisme avec ceux d'un second distributeur semblable, placé à l'autre extrémité de la ligne (fig. 232); les contacts de réception de ce dernier sont reliés chacun à un relais polarisé. Si l'on exécute sur le manipulateur du poste de départ l'une des 31 combinaisons, par exemple celle qui comporte l'abaissement des 1er, 3e et 5e touches (lettre T), on relie, de ce fait, les contacts de mêmes numéros du distributeur à la pile de travail, tandis que les 2e et 4e, correspondant à des touches non actionnées, sont en relation avec la pile de repos. Lorsque le balai passe sur le contact numéro 1, un courant de travail est envoyé sur la ligne et reçu, grâce au synchronisme, dans le premier électro-aimant du poste correspondant, dont l'armature se trouve déplacée (fig. 232); un courant de repos est émis ensuite par le second contact et maintient le second relais récepteur sur son butoir de repos; un nouveau courant de travail, au moment du passage des balais sur le troisième contact, déplace la troisième armature, et ainsi de suite. Lorsque les frotteurs ont franchi le secteur, on trouve, au poste de réception, les 1er, 3e et 5e armatures sur travail, tandis que les 2e et 4e sont restées au repos : le groupe des cinq armatures reproduit donc exactement la combinaison exécutée sur le manipulateur de départ. Le *combinateur*, mentionné plus haut, entre alors en jeu,



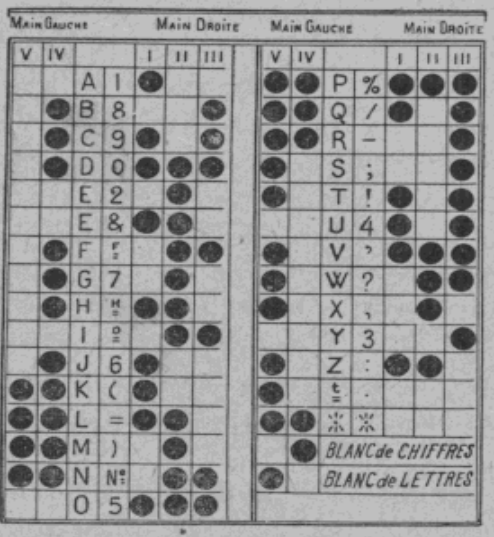


Fig. 230.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour opérer la traduction du signal reçu, pendant que les balais parcourent les autres secteurs. Celui qui fonctionna avec la pre-

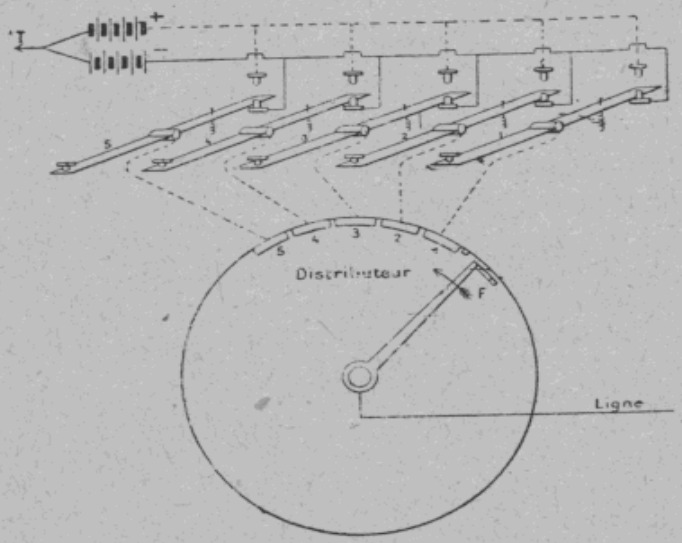


Fig. 231.

mière installation quintuple, en 1877, était purement électrique (v. p. 259); puis vint le combinateur mécanique, à dix voies, en 1879 et enfin le combinateur mécanique à deux voies, en1882, modifié en 1909.

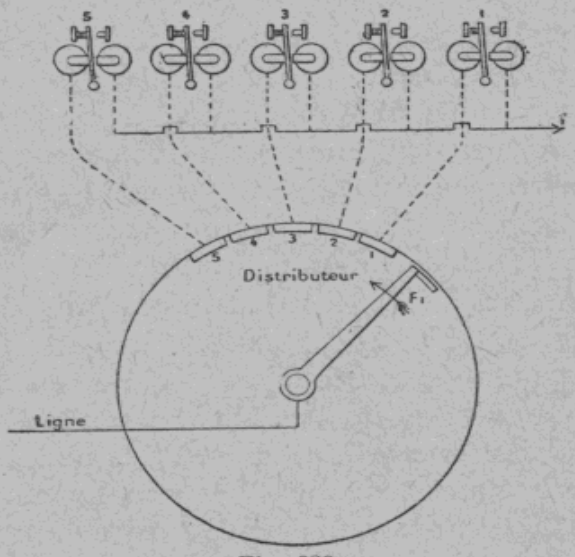


Fig. 232.

Les installations sont dites *doubles*, *triples*, *quadruples* ou *sextuples* suivant que les balais, dans une révolution, parcourent deux, trois, quatre ou six secteurs semblables. Ainsi qu'il a été dit plus haut, la première installation était *quintuple*; Baudot installa sur la ligne Paris-Lyon, en 1879, un quadruple dont le distributeur était formé de deux plateaux, l'un horizontal pour la réception, l'autre vertical pour la transmission, puis en 1882, un quadruple à un seul plateau horizontal; chacun d'eux permettait, soit quatre transmis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sions dans le même sens, soit une dans l'un et trois dans l'autre, soit enfin deux dans chaque sens; le diagramme ci-dessous (fig. 233) montre la position relative des deux distributeurs; on y voit qu'en plus des 20 contacts nécessaires pour les quatre secteurs, deux sont réservés pour la « propagation », c'est-à-dire pour représenter le temps qui s'écoule, dans chaque poste, entre la fin de sa transmission et le commencement de sa réception; enfin les contacts 23 et 24 sont destinés à la correction du synchronisme, qui se trouve ainsi absolument indépendant des transmissions; l'un des postes, dit « correcteur », B, envoie, à

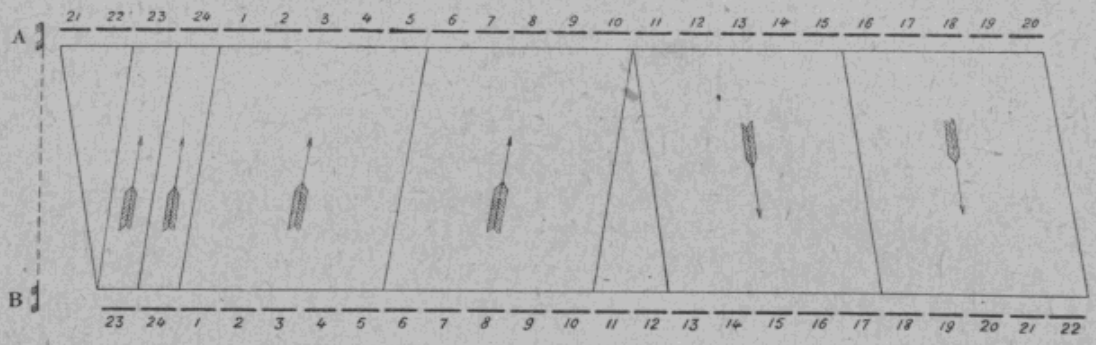


Fig. 233.

chaque révolution de ses balais, deux émissions, l'une de travail, l'autre de repos, par ses contacts 23 et 24; ces courants, reçus au poste « corrigé », A, sur les contacts de mêmes numéros, vont actionner le système correcteur. On donne au poste corrigé une vitesse légèrement supérieure à celle du poste correcteur : de cette façon, l'accord entre les deux distributeurs s'établit de lui-même en peu d'instants, sans le secours d'aucun artifice tel que le « rappel au blanc » de l'appareil Hughes (v. p. 150); il est ensuite maintenu par le fonctionnement du système correcteur, qui retarde les balais du poste corrigé chaque fois qu'ils tendent à prendre sur ceux du correcteur une avance appréciable. Grâce à la perfection du régulateur imaginé par Baudot, en 1888, le synchronisme atteint une grande précision : c'est ainsi qu'au quadruple, par exemple, le système correcteur décale les balais de 1°5 et que, comme le « point de repère » se trouve être sur la bissectrice de cet angle, le flottement en avance ou en retard n'atteint jamais le maximum de 1°.

Dans un but d'unification du matériel, Baudot créa ensuite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des installations, à rendement moins élevé que les précédentes; c'est ainsi qu'il réalisa, en 1883, son appareil *simple*, c'est-à-dire à un seul secteur, qui fut utilisé *en duplex*, jusqu'en 1887, entre Paris et Nantes; puis, en 1885, le double à cinq couronnes, qui avait sur le précédent l'avantage d'éviter les réglages inhérents au duplex, tout en donnant à la ligne le même rendement. Puis vinrent : en 1889, le quadruple à deux plateaux, en 1893, le double à six couronnes, en 1897, le sextuple, agencé électriquement comme le quadruple de 1889, et enfin, en 1900, le quadruple à plateau unique.

De même que le Meyer, le Baudot se prêtait à l'échelonnement de plusieurs postes sur la même ligne : c'est ainsi que fut installée, en 1889, la communication double Paris-Vannes-Lorient : ces deux derniers postes alternaient les transmissions avec Paris, par un seul secteur. Afin de permettre au poste réceptionnaire de « couper » la transmission de son correspondant, le contrôle était donné à l'aide d'un relais différentiel, servant également à la réception; un équilibre approximatif des résistances des deux circuits était troublé, au poste transmetteur, lorsque le correspondant se plaçait dans la position de transmission, et le contrôle devenait irrégulier.

En 1891, Brest, Rennes et Le Havre furent reliés d'une façon analogue, mais, en outre, un secteur fut établi entre Rennes et Le Havre, et utilisé dans le temps où Rennes correspondait avec Brest : les lignes n'étaient ainsi jamais inoccupées. Ce genre d'installations fut multiplié dans toute la France, ce qui rendit disponibles des longueurs considérables de conducteurs. La communication Paris-Grenoble-Vienne, établie en 1910, diffère des précédentes au point de vue de la coupure, qui est effectuée par l'intermédiaire d'un contact supplémentaire du distributeur : celui-ci est relié à une petite sonnerie, que le poste réceptionnaire actionne lorsqu'il veut « couper » son correspondant.

Lors de l'installation de la communication Paris-Rome, au double, en 1887, il fut reconnu nécessaire de placer une translation à Turin. Baudot construisit alors son *distributeur-inverseur automatique*, grâce auquel la ligne Paris-Turin, par exemple, se trouvait rattachée à l'entrée du relais pendant une demi-révolution et au massif pendant l'autre. La translation qui en 1897, assura, à Brégenz, la communication double Paris-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Wien, diffère de la précédente en ce que le dispositif de rectification, appliqué au quadruple à deux plateaux (v. p. 282) sert à redresser les signaux avant leur réexpédition : les courants de Paris, arrivant à Brégenz plus ou moins déformés, sont donc renvoyés corrects vers Wien, où ils parviennent avec les seules déformations subies dans cette seconde partie de la ligne.

C'est dans cette installation que Baudot fit usage, pour la première fois, de son *relais auto-excitateur* : pendant que les balais parcourent l'intervalle entre deux petits contacts, une

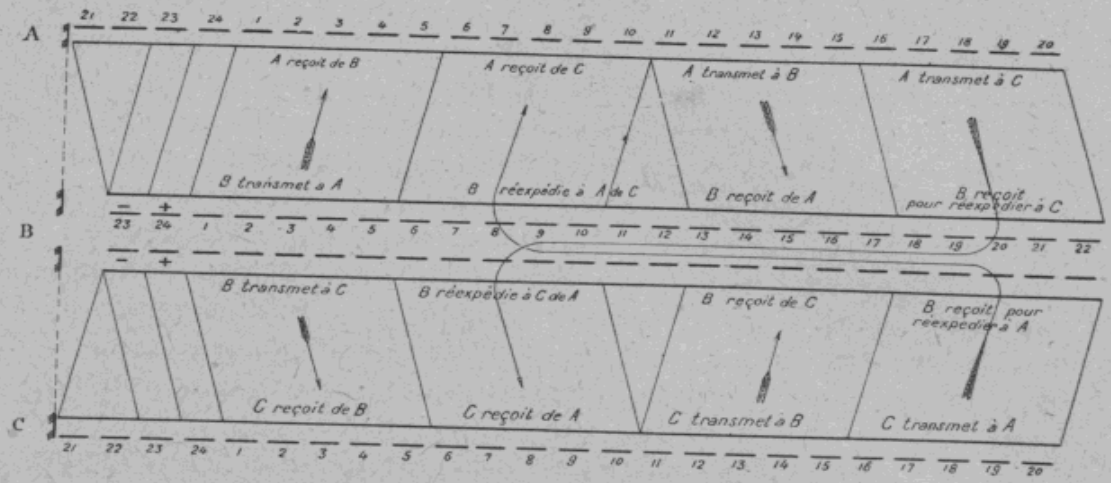


Fig. 234.

partie du courant réexpédié par le relais est dérivée dans ses propres bobines et assure ainsi un appui convenable de l'index sur le butoir.

En 1894, Baudot imagina le *retransmetteur*, susceptible de réexpédier automatiquement sur une ligne les signaux reçus d'une autre (v. p. 269). La première application fut faite sur le quadruple Paris-Milan, et permet de donner simultanément deux transmissions entre Paris-Central et Milan-Central et deux entre Paris-Bourse et Milan-Bourse. Grâce à ce système, l'exploitation du Baudot acquit une souplesse incomparable. Pour relier ainsi deux lignes, il suffit d'établir, entre les balais des deux distributeurs, une concordance convenable; le schéma, ci-dessus (fig. 234), montre la liaison de trois postes, A, B, C, par exemple Lyon-Montpellier-Toulouse, qui, avec un fil, A-C, disposent de 6 transmissions simultanées : 2 A-B, 2 A-C et 2 B-C.

Les retransmetteurs permettent également de bifurquer une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ligne, sur deux autres, simultanément, comme dans l'installation-type Paris $\left\{\begin{matrix}\text{Bayonne}\\\text{Biarritz}\end{matrix}\right.$: les trois fils, Paris-Bordeaux, Bordeaux-Bayonne et Bordeaux-Biarritz, étant desservis individuellement au quadruple, il a suffi de réunir, à Bordeaux, les installations à l'aide de retransmetteurs pour obtenir :

Deux	transmissions	Paris-Bayonne.
Deux	—	Paris-Biarritz.
Deux	—	Bordeaux-Bayonne.
Deux	—	Bordeaux-Biarritz (1).

Il convient de noter que les retransmetteurs n'exigent pas l'identité d'installation sur les lignes qu'ils relient; c'est ainsi qu'un quadruple peut être mis en relation avec un double, un triple, ou un sextuple, aussi bien qu'avec un autre quadruple.



PIERRE PICARD, 1853-1910.

* * *

Dès 1898, Pierre Picard entreprit d'adapter le Baudot sur les câbles franco-algériens. Le principe de son système est indiqué plus loin (v. p. 291). Picard parvint, en 1899, à assurer le service, au double, entre Marseille et Alger, à la vitesse de 140 tours par minute; deux câbles étaient affectés, l'un à la transmission dans le sens Marseille-Alger, l'autre dans celui Alger-Marseille. En 1901, il imagina son *système d'alternat* par un seul câble (v. p. 291).

En 1903, Pierre Picard établit une communication directe

(1) E. Montoriol. — *Appareils et installations télégraphiques*, 1921, p. 374.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Paris-Alger : un quadruple, sur fil aérien Paris-Marseille, fut relié, à l'aide de retransmetteurs, à deux câbles, dont l'un servait à la réexpédition des signaux dans le sens Marseille-Alger, et inversement ; en 1905, il réalisa son dispositif de *correction sans courants spéciaux*, qui lui permit de réduire à 15 le nombre des contacts du distributeur triple ; en 1908, Pierre Picard entreprit la mise en service du type triple sur un câble, avec une vitesse de 150 tours par minute ; à la fin de 1910, tous les câbles Marseille-Alger étaient desservis en triple, à 180 tours.

En 1913, les communications furent établies en *duplex*, d'abord en double, puis en triple, et c'est ainsi que le dernier câble, posé entre Marseille et Alger, put donner six transmissions simultanées. soit :

Deux	transmissions	Paris-Constantine.
Deux	—	Paris-Oran.
Deux	—	Marseille-Tunis.

grâce à des retransmetteurs installés à Marseille et à Alger.

***

La transmission automatique fut appliquée au Baudot, en 1903, par Jules Carpentier ; le perforateur (v. p. 295) a l'aspect d'une machine à écrire ; la bande préparée est introduite dans un transmetteur desservant exclusivement un secteur déterminé, ce qui permet de réunir, tout à la fois, les avantages de la transmission multiple et ceux de la transmission automatique. On atteint ainsi, pratiquement, le rendement théorique du Baudot, c'est-à-dire 180 lettres ou signes par minute et par secteur. Ce régime peut, sans inconvénient, être porté à 200 et même 210 tours par minute.

***

Avant d'entrer dans le détail des transformations successives de ses appareils, il est équitable de signaler que Baudot, dès le début de ses recherches, eut la bonne fortune de rencontrer un collaborateur précieux, Victor Cartier, qui se passionna pour l'œuvre à réaliser et lui suggéra maintes solutions heureuses ; c'est à lui que l'appareil, au point de vue mécanique,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doit les formes, les traits, si l'on peut dire, sous lesquels il a conquis le monde. Baudot rencontra également, en 1878, un constructeur éminent, le regretté Jules Carpentier, qui l'encouragea, le conseilla souvent et consacra à l'édification du système les puissantes ressources de son industrie et de son expérience.

Le système Baudot s'étendit progressivement en France, puis s'imposa bientôt à l'étranger : l'Italie fut la première à l'introduire, en 1887, dans son service intérieur ; puis vinrent successivement, la Hollande en 1885, la Suisse en 1896, l'Autriche et le Brésil en 1897, l'Angleterre en 1898, l'Allemagne en 1900, la Russie en 1904, l'Espagne en 1906, les Indes Britanniques en 1908, la Belgique en 1909, la République Argentine en 1912, la Roumanie en 1913.

***

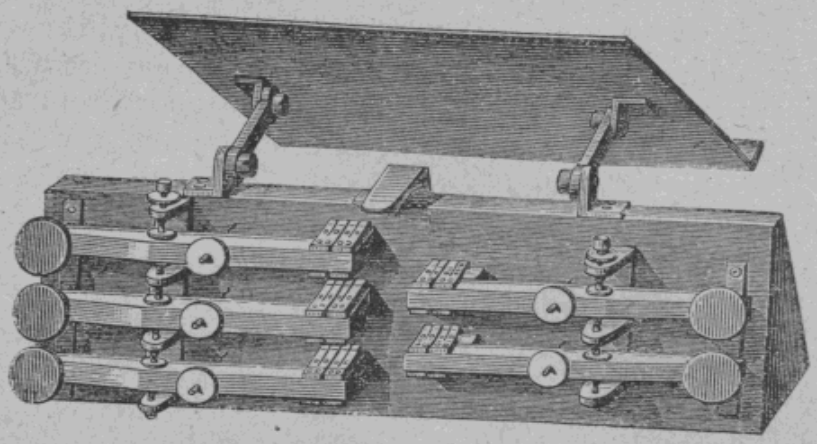
Une installation Baudot comprend, en principe, de deux à six manipulateurs, un nombre égal de traducteurs, un ou plusieurs relais et enfin un distributeur. Chacun de ces organes ayant subi de nombreuses transformations, d'ailleurs non simultanées, il semble préférable de les étudier séparément ; on n'en saisira que mieux les perfectionnements successifs apportés à ce merveilleux système. Toutefois, les relais sont décrits dans le chapitre spécial consacré à tous les appareils similaires (v. p. 405).

MANIPULATEURS

Dans le premier modèle (1877), cinq leviers articulés, munis d'un bouton concave, constituant les touches du manipulateur, sont montés derrière une planchette verticale supportant un pupitre, où sont déposées les copies à transmettre (fig. 235) ; trois de ces leviers sont actionnés par les trois premiers doigts de la main droite de l'opérateur, placé devant le pupitre ; les deux autres leviers se trouvent à portée de l'index et du majeur de la main gauche. Chaque levier porte, à l'extrémité opposée au bouton, 4 petits commutateurs, deux de chaque côté ; un ressort à boudin, réglé à l'aide d'un écrou, le maintient au repos. Les quatre petits commutateurs comprennent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chacun un ressort en acier, R (fig. 236), fixé sur le bois de la touche, et fendu de manière à constituer une fourchette, dont les extrémités sont réglables et recourbées à angle droit; l'une des branches peut venir s'appuyer sur l'un ou l'autre de deux plots, + ou —, suivant que la touche est au repos ou abaissée,



Fih. 235.

et les mettre ainsi en communication, par l'autre branche, avec un plot unique, D. Les deux commutateurs, placés à droite de chaque touche, servent respectivement à la transmission et au contrôle local de celle-ci; à cet effet, leurs grands plots, D, sont reliés chacun à un contact du distributeur (v. fig. 231) le premier, dans la position de repos, est relié, par la fourchette, à une pile négative et, dans celle de travail, à une pile positive; le second communique avec une pile locale, négative au repos et positive au travail. Sur l'autre côté de la touche, les deux commutateurs servent à la « compensation », de manière que, lorsque deux ou plusieurs touches consécutives émettent des courants de même sens, la ligne ne soit pas plus chargée que pour un seul de ces courants; à cet effet, le premier seul est envoyé par la *batterie complète* (— C ou + C), tandis que les suivants le continuent à l aide de la *batterie réduite* (— R ou + R); par exemple, la première touche lorsqu'elle est au repos, renvoie à la seconde — R et + C et, au contraire, — C et + R lorsqu'elle est abaissée; et ainsi de suite. La 5e touche envoie toujours, par un sixième contact, un courant négatif, réduit si elle est au repos,

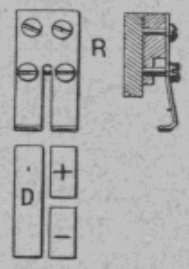


Fig. 236.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

complet si elle se trouve sur travail : pour cette raison, la touche n° 1 de chaque secteur envoie toujours, au repos, un négatif réduit.

Le frappeur de cadence est comparable à celui de Meyer (v. p. 238) ; il est actionné par un arbre de couche, mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie ; le signal est donné de même, pour chaque manipulateur, au moment où le balai du distributeur va arriver sur le secteur qui lui correspond. Dans le second modèle (1882), les cinq touches sont dans un même plan horizontal (fig. 237). Pour conserver à chaque doigt la fonction qui lui incombait dans le précédent, elles se présentent dans l'ordre 5-4-1-2-3 ; entre les deux groupes est placée la manette, servant à mettre le secteur sur transmission ou sur réception. La compensation est supprimée ; chaque touche ne commande plus que deux ressorts, l'un pour la transmission en ligne, l'autre pour le contrôle local (fig. 238) ; ces ressorts, s'appuient, au repos, sur de petites goupilles en argent, portées par des réglettes en laiton ; celles-ci sont crénelées, de manière que l'une, g, sert de butée aux ressorts de ligne, et l'autre, g', aux ressorts de contrôle ; les butées de travail sont agencées de la même façon.

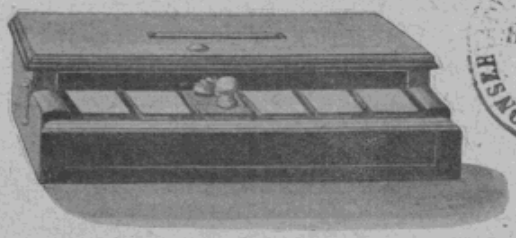


Fig. 237.

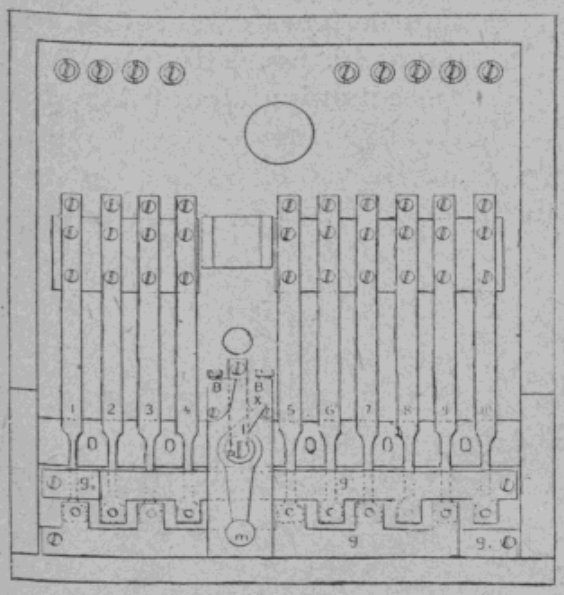


Fig. 238.

Le frappeur de cadence consiste en un électro-aimant dont l'armature porte une tige qui traverse le couvercle ; à chaque attraction, le bouton qui termine cette tige, et qu'on aperçoit (fig. 237) en arrière de la manette, vient frapper sur le couvercle en bois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour remédier à un défaut de manipulation qui consiste à relever les doigts avant que le balai ait fini de franchir le secteur, les 4e et 5e touches sont munies d'un système dit d'*accrochage* : elles sont prolongées par un appendice portant, à son extrémité, une petite pièce de fer doux; lorsque la touche est abaissée, cette pièce vient s'appliquer contre les noyaux d'un électro-aimant polarisé et y reste collée; le courant de cadence, traversant les électro-aimants accrocheurs, les désaimante momentanément et permet aux touches de revenir au repos, sous l'action de leurs ressorts antagonistes (v. fig. 240).

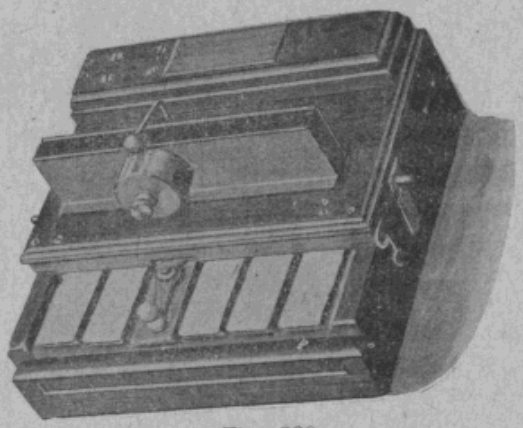


Fig. 239.

Le manipulateur fut modifié en 1885 : chaque touche porte un seul ressort de contact, le contrôle étant obtenu par une dérivation prise à la sortie du poste et envoyée dans l'unique

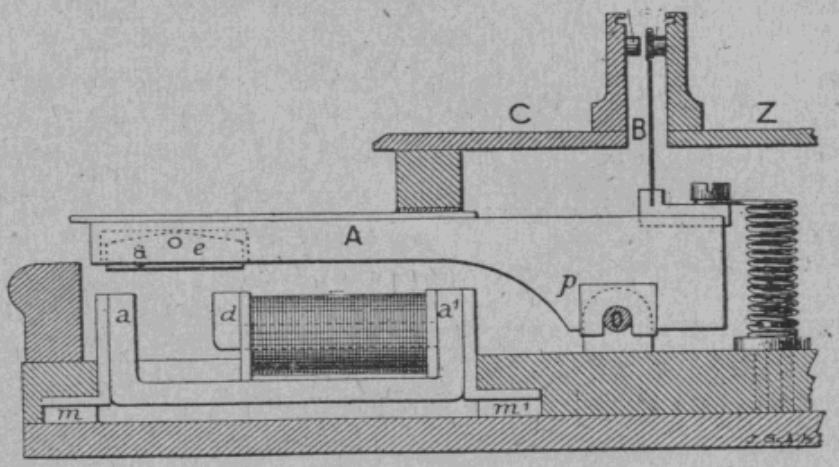


Fig. 240.

relais. Ces ressorts peuvent osciller entre deux platines métalliques, montées sur le couvercle en bois (fig. 239). Le frappeur de cadence, semblable au précédent, agit sur un tambour monté sur la platine antérieure, l'accrochage n'a subi que des modifications de détail.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans un but de simplification, le manipulateur de 1892 fut muni de platines métalliques, C et Z (fig. 240) servant de couvercle et fixées sur la boîte en bois à l'aide de boutons moletés; les prismes de fer doux, *e*, qui servent à l'accrochage, sont placés sous la partie antérieure des 4e et 5e touches, A. Le frappeur de cadence est constitué par un électro-aimant droit, placé derrière la manette; le choc est donné sur un fer à cheval en laiton (fig. 241). La manette, en outre des fonctions définies ci-dessus, porte une griffe, isolée de l'ensemble et pouvant réunir l'une ou l'autre de deux paires de

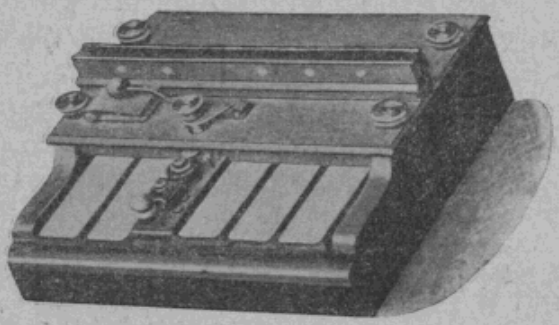


Fig. 241.

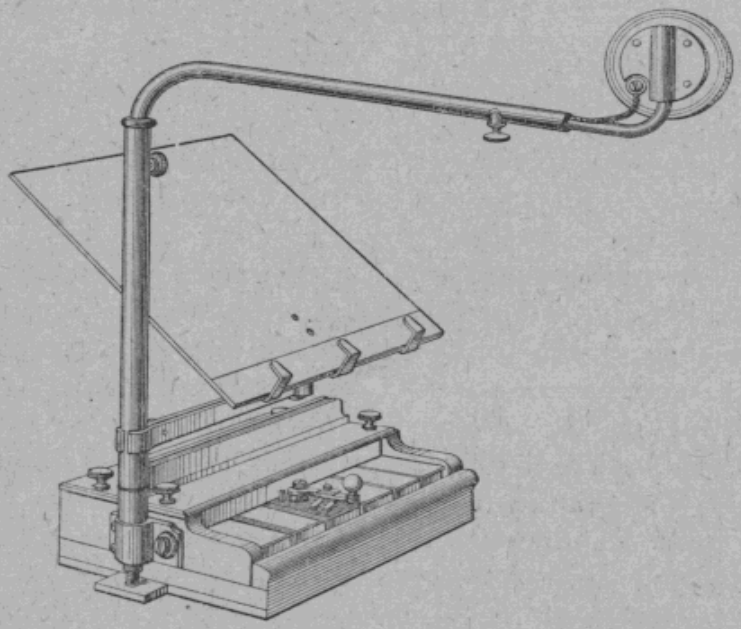


Fig. 242.

gouttes de suif en laiton; ce commutateur supplémentaire sert, notamment, dans les installations quadruples à deux plateaux (v. p. 282).

Le modèle de 1895 (fig. 242) est construit comme le précédent, sauf que la cadence est donnée par un petit récepteur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

téléphonique, dont la membrane produit un claquement caractéristique à chaque passage du courant; une tige coudée, pouvant pivoter autour de sa branche verticale, porte le dit récepteur, qui est, en outre, articulé de manière que l'opérateur puisse toujours le placer dans la position qui lui convient.

Enfin, en 1903, l'accrochage magnétique des touches fut remplacé par un accrochage mécanique : chacune des cinq touches est munie, sous sa partie antérieure, d'une petite lame d'acier, *a* (fig. 243) taillée en biseau, qui, à l'état de repos, se

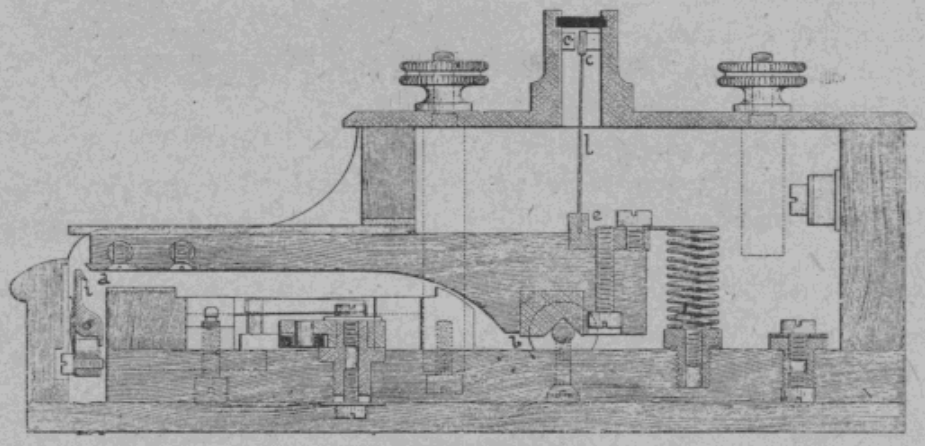


Fig. 243.

trouve un peu au-dessus d'un cliquet articulé, *i*, maintenu par un ressort; les cinq cliquets sont montés sur un axe commun. Lorsqu'on abaisse une touche, le biseau est saisi par le cliquet et elle reste accrochée; après une révolution des balais, l'armature du frappeur de cadence entraîne un bras de levier solidaire de l'axe, celui-ci bascule et tous les cliquets sont rejetés vers l'avant; les touches abaissées sont ainsi libérées et reviennent au repos. La manette est remplacée par un commutateur à cinq ressorts.

TRADUCTEURS ET RETRANSMETTEURS

Il a été dit plus haut (v. p. 245) que les combinaisons reçues de la ligne sont traduites automatiquement, en caractères typographiques, à l'aide d'un organe appelé *combinateur*. Cet organe a subi de nombreuses modifications, avant d'arriver à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sa forme actuelle, mais le principe est resté invariable, et est celui qui va être décrit ci-dessous.

Traducteur à combinateur électrique (1877). — Le premier système de combinateur est constitué par un cylindre en ébonite, portant, sur les trois quarts de son pourtour, 5 rangées de contacts métalliques parcourus chacun par un balai. La figure 244 montre le développement de ce cylindre : 31 génératrices portent chacune une combinaison du code Baudot, les

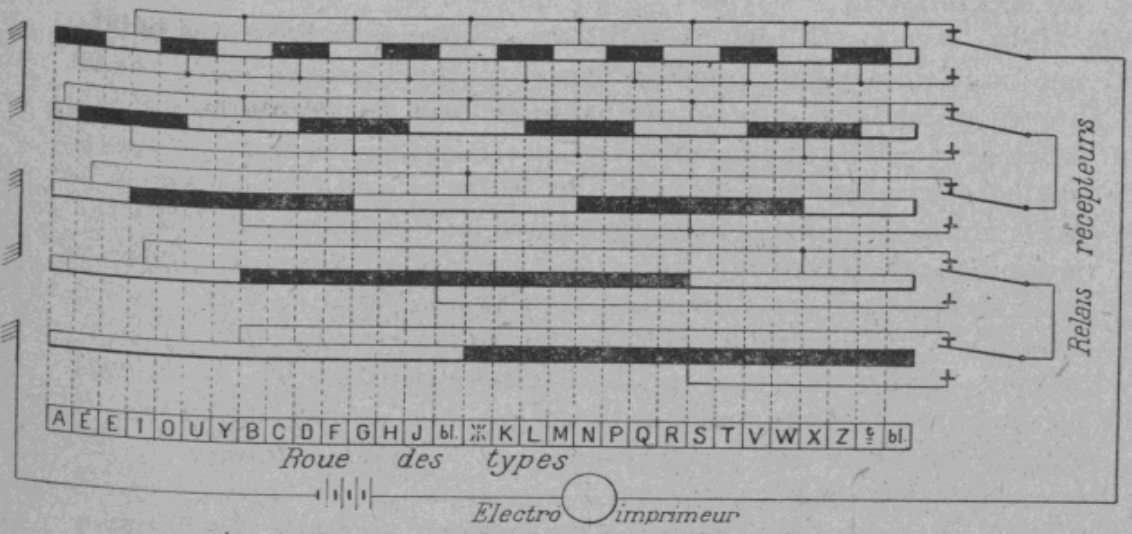


Fig. 244.

touches abaissées étant représentées par des cases noires et celles au repos par des cases blanches. Dans chaque couronne, toutes les cases noires sont réuniès électriquement entre elles et au butoir de travail de l'un des 5 relais récepteurs (v. p. 246); toutes les cases blanches sont également reliées ensemble et au butoir de repos du même relais.

Si l'on fait tourner les balais lorsque les cinq relais sont au repos, on peut voir, en suivant les communications de la figure 244, que le circuit local ne sera fermé en aucun point du cylindre, puisque celui-ci ne présente nulle part cinq cases blanches sur une même génératrice. Mais si, par exemple, comme on l'a supposé plus haut (v. p. 246) on a reçu la combinaison « T », les 1re, 3e et 5e armatures sont sur travail, tandis que les 2e et 4e sont au repos : lorsque les balais atteignent la 25e génératrice, le circuit local se trouve fermé, à travers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'électro-aimant imprimeur, par la 1re armature sur travail, la 25e case noire de la rangée supérieure, les balais 1 et 2, la case blanche, la 2e armature au repos, la 3e sur travail, les balais 3 et 4, la 4e armature au repos, la 5e sur travail, le 5e balai et le pôle négatif de la pile. D'une façon plus générale, une combinaison quelconque étant reçue et enregistrée par les relais, la fermeture du circuit local est toujours obtenue au moment où les balais passent sur la génératrice qui porte cette même combinaison, et à ce moment-là seulement, pour toute la révolution du combinateur.

Dans ces conditions, il suffit de monter, sur l'axe des balais, une roue des types, portant des caractères gravés dans l'ordre où se présentent les combinaisons sur le combinateur, et d'orienter cette roue de manière que, lorsque les balais passent sur une combinaison donnée, la lettre qui lui correspond se présente à la bande : le mouvement de l'armature de l'électro-aimant local détermine la projection de cette bande contre la roue des types; on imprime alors précisément la lettre représentée par la combinaison reçue du poste correspondant (1).

L'axe X (fig. 245) qui reçoit le mouvement par la roue dentée, M, entraîne le bras porte-balais, B, et la roue des types, t; derrière celle-ci est placée une roue à dents aiguës, R, dite *roue d'impression*. Le *bras d'impression*, sur lequel passe la bande, est maintenu au repos par un encliquetage, que l'armature dégage lorsqu'elle est actionnée : le bras obéit alors à l'action d'un ressort, qui le pousse vers la gauche; la *came d'impression* vient s'engager dans un creux de la roue d'impression, qui continue l'entraînement du bras; le papier, à un moment donné, se trouve appliqué contre la roue des types et reçoit l'empreinte du caractère gravé à cet endroit; puis le bras est rejeté tout à fait à gauche. Il est rappelé par un excentrique, qui le repousse vers la droite et le ramène au repos, au moment du passage des parties évidées de la roue des types et de la roue d'impression : c'est aussi le moment où le balai du distributeur passe sur le secteur et où les relais changent de position; à cet endroit, le combinateur est également dépourvu de contacts.

Un système d'inversion, semblable à celui de l'appareil Hughes

(1) Ce combinateur, abandonné bientôt par Baudot, a été repris dans l'appareil « rapide » de Siemens et Halske, vers 1912 (v. *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, 1916, p. 396).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(v. p. 151) permet à la came d'impression de décaler la roue des types, *t*, d'une demi-division par rapport à la roue d'impression, R, et d'affecter à chaque combinaison deux caractères

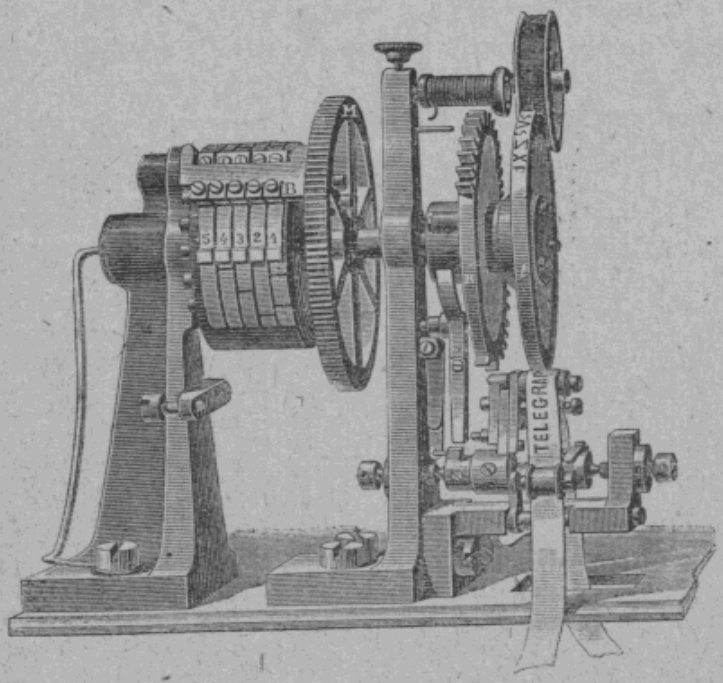


Fig. 245.

pris, l'un dans la série des lettres, l'autre dans la série des chiffres.

Traducteurs mécaniques. — Le combinateur électrique, qui vient d'être décrit, présentait un inconvénient au point de vue de la multiplicité des contacts. Il fut remplacé, en 1879, par un combinateur mécanique, basé sur le même principe : si on représente les 31 combinaisons, non plus par des contacts différemment connectés, mais par des reliefs et des creux, les premiers (cases noires, fig. 246) correspondant aux touches abaissées et les autres (cases blanches) aux touches laissées au repos; si, d'autre part, on promène, sur ce combinateur, un peigne à 5 dents, sollicité par un ressort à s'enfoncer dans les creux, on voit que ce mouvement de bascule ne se produira nulle part, puisqu'en aucun point le combinateur ne présente 5 creux sur la même rangée, et qu'il suffit d'un seul relief pour soutenir le peigne. Par exemple, si, comme précédem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment, on a reçu la combinaison "T", au moment où le combinateur présente au peigne cette même combinaison, il est soutenu par les reliefs 1, 3 et 5, qui portent les numéros des touches abaissées au départ. Pour obtenir la chute désirée, il serait donc nécessaire de pouvoir substituer momentanément à



Fig. 246.

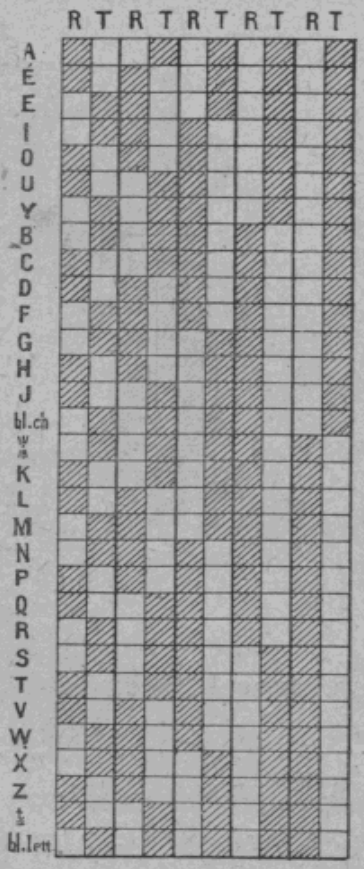


Fig. 247.

ces trois reliefs, trois creux. On atteint un résultat analogue par l'artifice suivant : chacune des 5 colonnes du tableau précédent, est doublée d'une colonne inverse, c'est-à-dire présentant des creux là où l'autre a des reliefs, et réciproquement. La première prend le nom de *voie de repos*, R (fig. 247) ; sa complémentaire devient la *voie de travail*, T ; enfin les 5 électro-aimants récepteurs sont agencés de telle sorte que ceux dont l'armature est actionnée commandent une sorte d'*aiguillage*, qui oblige les dents du peigne, ou *chercheurs*, à passer de la voie de repos dans celle de travail; on voit ainsi que, pour le cas supposé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus haut, les 1er, 3e et 5e chercheurs, ainsi aiguillés, ne s'opposeront plus à la chute, puisqu'ils se trouveront chacun au-dessus d'un creux; on peut également voir que, pour un aiguillage donné, il est un point, et un seul, où les chercheurs, les uns dans la voie de repos, les autres dans celle de travail, rencontrent, au même moment, chacun un creux; et comme c'est à ce moment que la roue des types présente à l'impression la lettre correspondant à la combinaison aiguillée, le mouvement

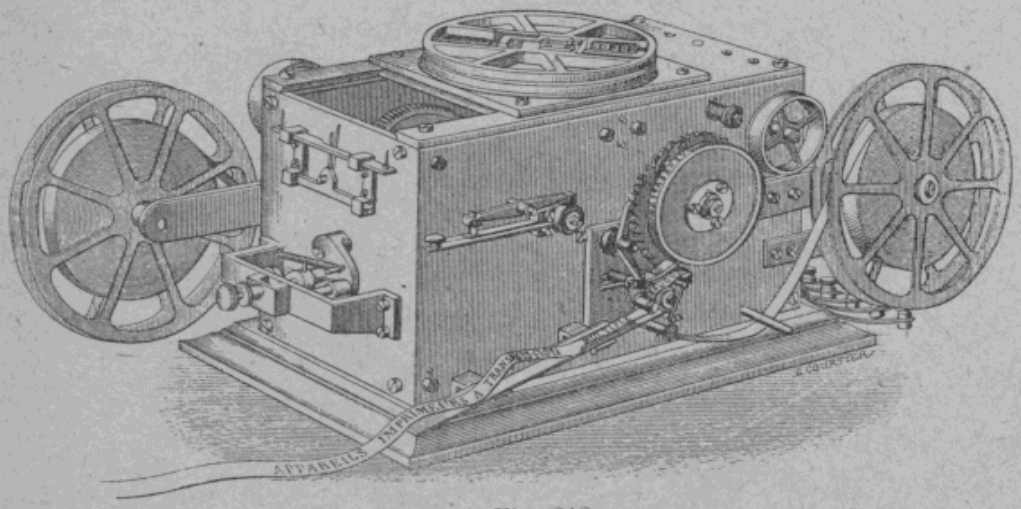


Fig. 248.

de bascule, utilisé pour projeter la bande contre le caractère, permet la traduction automatique du signal reçu.

Le traducteur double (fig. 248) sert, comme son nom l'indique, à l'impression simultanée de deux transmissions effectuées sur deux secteurs différents; les roues des types sont montées sur deux faces opposées de l'appareil, le mouvement d'horlogerie et le groupe d'électro-aimants aiguilleurs sont communs aux deux traductions; deux jeux de chercheurs distincts fonctionnent successivement pour l'une et pour l'autre.

Le combinateur est placé sur le dessus de la boîte; il se compose de 11 couronnes concentriques (fig. 249) dont les 10 centrales forment 5 voies de repos doublées chacune d'une voie de travail; les creux et les reliefs sont groupés comme dans le tableau ci-dessus (v. fig. 247); la couronne extérieure (non représentée sur la figure) offre 31 creux et autant de reliefs égaux; son rôle sera défini plus loin; les 31 combinaisons occupent environ les 5/6 de la circonférence, le reste représente

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un secteur neutre, où se fait l'aiguillage. Au centre, sur un arbre vertical, est montée une roue, sur laquelle sont articulés deux cadres diamétralement opposés (fig. 248) 5 chercheurs sont articulés sur chaque cadre; un 6e levier, fixe, se déplace dans la couronne extérieure dentée; un ressort sollicite le tout à pivoter, lorsque les 5 chercheurs se trouvent au-dessus de creux. La couronne extérieure a pour but de préciser le moment

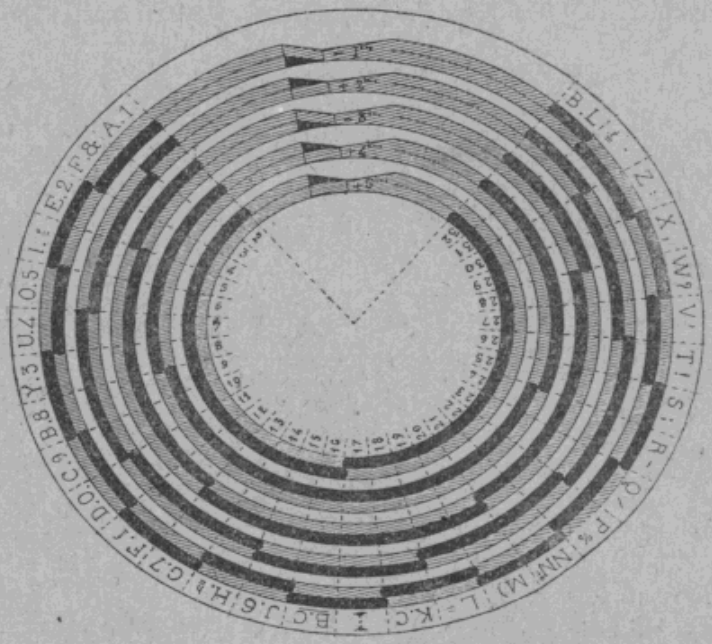


Fig. 249.

de la chute; enfin, pendant le parcours du secteur neutre, le cadre se trouve soutenu par les reliefs de la couronne extérieure, ce qui laisse aux chercheurs toute liberté pour passer facilement dans les aiguillages.

Les 5 électro-aimants aiguilleurs sont placés à l'intérieur de la cage; l'armature de chacun d'eux peut déplacer une aiguille triangulaire, dont la base ferme exactement l'entrée d'une voie, tandis que la pointe vient prolonger la cloison séparant deux voies; un chercheur, rencontrant une aiguille, glisse le long de son arête et passe ainsi d'une voie dans l'autre. Dès que les chercheurs d'un cadre ont franchi le secteur neutre, une came ramène au repos toutes les aiguilles actionnées, et celles-ci sont prêtes à fonctionner de nouveau du passage de l'autre cadre.

Lorsque se produit la chute, le bras du cadre presse sur une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tringle verticale soudée, à sa partie inférieure, à un manchon qui, en s'abaissant, fait basculer le levier d'accrochage du bras d'impression, comme dans le combinateur électrique.

Un second modèle, construit en 1880, ne renferme qu'un seul récepteur. Sur l'axe, T, de la roue des types (fig. 250) sont calées cinq paires de disques en acier, D; dans chaque paire, les disques, séparés par une cloison, présentent des creux et des

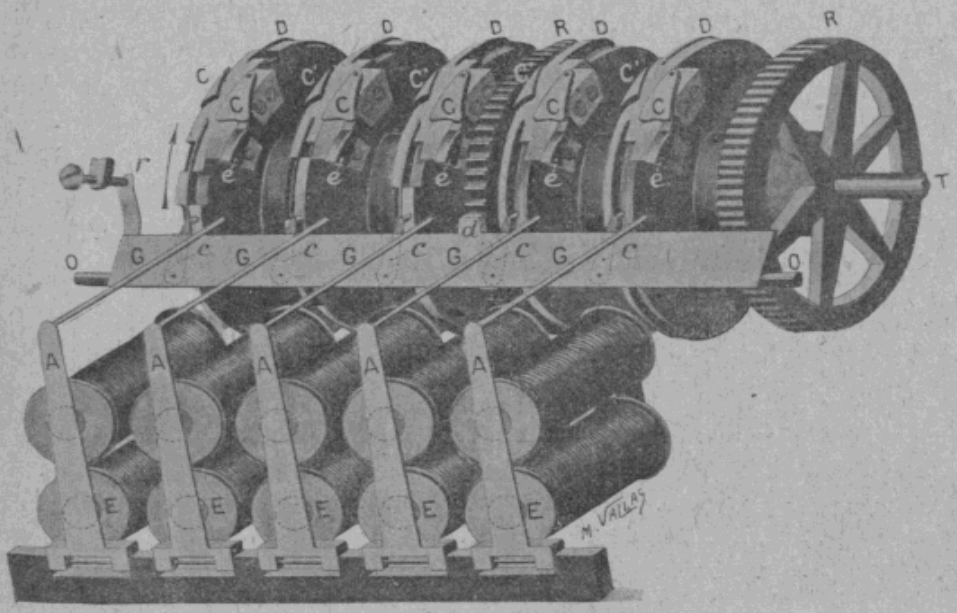


Fig. 250

reliefs disposés conformément au tableau de la figure 247 (p. 262) dans chaque groupe, D, le disque de droite (vers l'avant) est la voie de repos et celui de gauche la voie de travail. Entre les 3e et 4e groupes est une roue, R, dont les dents servent, comme les entailles latérales du combinateur précédent, à préciser le point de chute des chercheurs; une autre roue dentée, R′, reçoit le mouvement du socle moteur.

Les cinq chercheurs, *c*, sont articulés sur un cadre, mobile autour de l'axe 00, et qu'un ressort lame, *r*, monté à chaque extrémité, tend à faire basculer vers le combinateur; ce mouvement est empêché par ceux des chercheurs qui s'appuient sur un relief; le cadre porte, en outre, un doigt fixe, *d*, dont le bec, lors de la chute des chercheurs, vient s'engager entre deux dents de la roue de repère, R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La cloison, qui sépare les deux voies de chaque groupe de disques, présente une solution de continuité dans la partie occupée par la came d'aiguillage, C, et par la came de rappel, C'. La came d'aiguillage est articulée à sa partie d'avant et maintenue par un ressort (non visible sur la figure) ; elle affleure, par son arête de gauche, le bord antérieur du disque de repos : son arête de droite est excentrée.

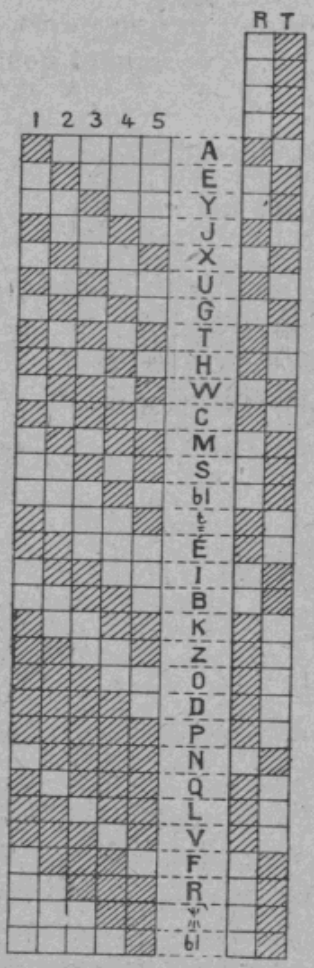


Fig. 251.

Lorsque l'armature, A, de l'un des électro-aimants récepteurs, E, est actionnée, elle pousse une goupille, G; dès que la came d'aiguillage, C, vient à rencontrer cette goupille par sa partie excentrée, elle pivote vers la gauche et se place obliquement en travers du disque de repos; le chercheur, *c*, glisse alors le long de l'arête et se trouve ainsi aiguillé dans la voie de travail; à la fin de la révolution, il rencontre la came de rappel, C', qui le ramène dans la voie de repos. Dans l'intervalle, les cinq chercheurs ont trouvé simultanément chacun un creux, le cadre, guidé par le doigt, *d*, a basculé, et le déclanchement du système imprimeur a eu lieu, comme dans le système précédent.

Aussitôt l'aiguillage effectué, la came, C, revient à sa position initiale, sous l'action de son ressort; la goupille, G, est repoussée vers la gauche par l'excentrique, *e*, placé sur la face antérieure du disque de repos.

Le traducteur de 1882 emploie un combinateur à deux voies, qui est une simplification du précédent; en effet, l'ordre dans lequel se présentent les combinaisons peut être varié à volonté, pourvu que les caractères correspondants soient gravés dans le même ordre sur la roue des types; or, si l'on examine la partie de gauche du tableau ci-dessus (fig. 251) qui pourrait représenter les 5 voies de repos d'un combinateur, on constate que ces 5 voies sont identiques, mais échelonnées à une division d'intervalle : les chercheurs rencontreront donc la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même succession de creux et de reliefs, soit qu'on les place de front, comme dans le premier combinateur, soit qu'on les dispose l'un derrière l'autre dans une seule voie.

Dans ces conditions, la première colonne de ce tableau peut devenir l'unique voie de repos, à la condition de lui ajouter, au commencement, 4 divisions supplémentaires ; une voie de travail inverse complète ce combinateur, réduits ainsi à deux disques. Les chercheurs sont constitués par de petits leviers à deux branches, C (fig. 252) auxquels un axe permet de se déplacer d'arrière en avant, et inversement, pour les changements de voie, sans que leurs têtes cessent d'être solidaires ; celles-ci sont poussées de gauche à droite par un sixième levier, L, dit *levier propulseur*, sur lequel agit un ressort, *r* ; les pieds des chercheurs s'appuient ainsi sur les reliefs du combinateur et basculent lorsque celui-ci leur présente simultanément à chacun un creux.

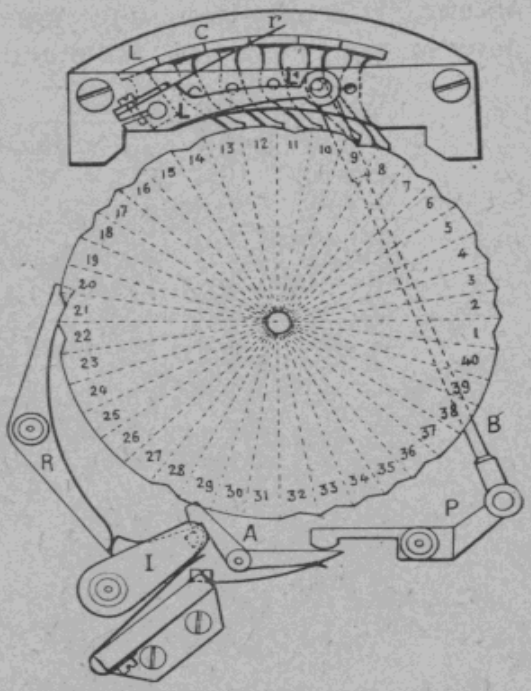


Fig. 252.

L'électro-aimant aiguilleur (fig. 253) est à une seule bobine, E, dont le noyau plat porte, à chacune de ses extrémités, une culasse en fer doux ; sur celle d'arrière est articulée l'armature, *a*, qui forme ainsi le prolongement du noyau et se trouve à proximité de la culasse d'avant ; un ressort en laiton maintient l'armature au repos. Sur le dessus de l'armature est monté un appendice en laiton, A. Lorsque celle-ci est attirée, l'appendice vient frapper sur la branche horizontale d'un *levier aiguilleur*, L, maintenu dans une encoche portée par un ressort, *r* ; le levier aiguilleur est dégagé et sa branche inférieure tombe sur une couronne de butée, B, qui tourne avec le combinateur, C ; une *came-navette*, N, saisit bientôt cette branche et lui imprime d'abord un mouvement d'arrière en avant (de droite à gauche sur la figure), pendant lequel, le levier pousse l'axe du chercheur, C′ dont le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pied passe de la voie de repos dans celle de travail; la camenavette repousse ensuite, d'avant en arrière, le levier aiguilleur, dont la branche supérieure revient se replacer dans l'encoche du ressort, *r*.

Lorsque les chercheurs, ainsi aiguillés, sont restés dans la voie de travail pendant la durée d'une révolution du combinateur, ils rencontrent une *came de rappel*, R, qui les repousse dans la voie de repos. La place réservée à l'aiguillage occupe

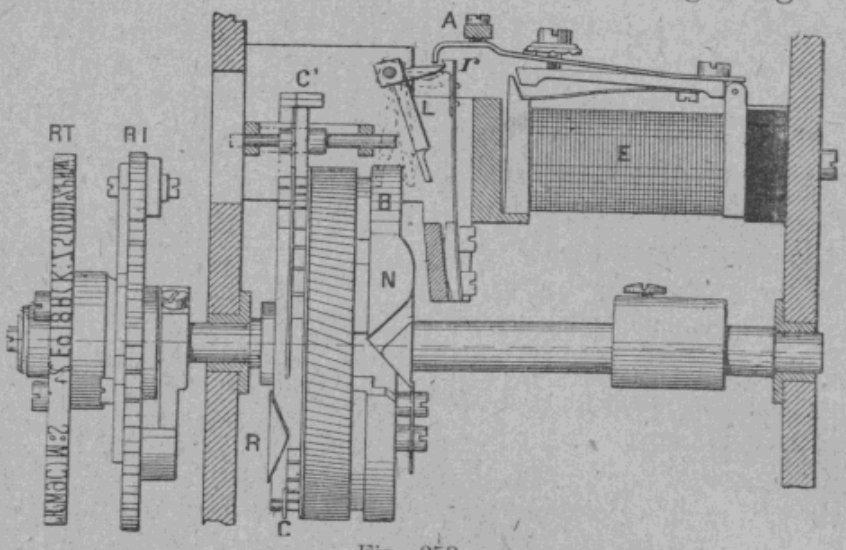


Fig. 253.

5/40 de la circonférence du combinateur; le reste (31 + 4) est garni par les creux et les reliefs. Une bielle, B (v. fig. 252), transmet le mouvement de relèvement des chercheurs à la pédale, P, qui vient buter contre la branche horizontale du levier d'accrochage, A; le bec qui termine la branche de gauche de ce levier abandonne le doigt d'accrochage du bras d'impression, I; celui-ci, sous l'action d'un ressort, qui s'appuie sur sa face de droite, se trouve poussé dans le champ de rotation de la roue d'impression, qui l'entraîne et le rejette complètement vers la gauche; au cours de ce mouvement, la bande se trouve, pendant un instant tangente à la roue des types et le caractère, gravé à l'endroit où a lieu le contact, laisse son empreinte sur le papier. A la fin de la révolution, un galet, placé derrière la la roue d'impression, agit sur le levier de rappel, R, qui ramène le bras d'impression, I, sous la dépendance du levier d'accrochage, A.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le but d'augmenter la rapidité de fonctionnement, l'électro-aiguilleur a été, en 1909, modifié de la façon suivante :

L'appendice, A (fig. 254) est en acier, rigide et taillé en biseau. A l'état de repos, il cale l'extrémité de la branche supérieure du levier aiguilleur, L, maintenu par le ressort, *r*. Lorsque l'armature de l'électro-aiguilleur, E, est attirée, le levier L, tombe sur la couronne de butée, B; le travail mécanique, qui consiste en un glissement, se trouve considérablement diminué,

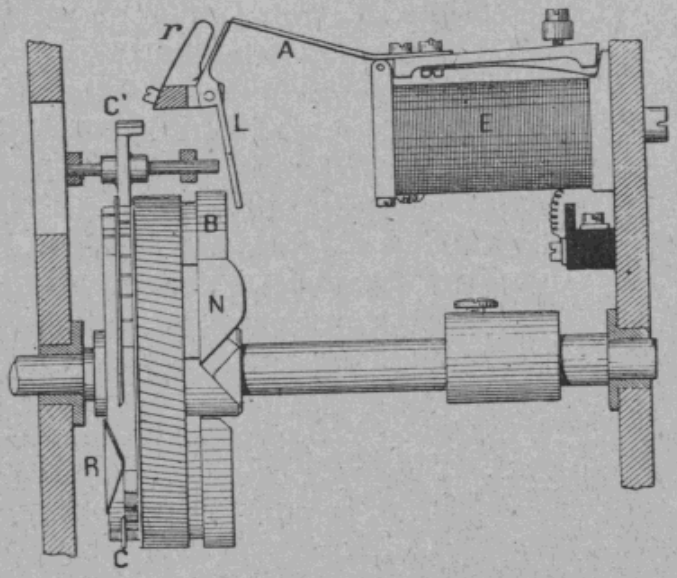


Fig. 254.

et une attraction de très courte durée suffit pour que le déplacement se produise.

Retransmetteurs automatiques. — Le principe de ce genre d'appareils a été indiqué plus haut (v. p. 250). Dans le premier modèle, imaginé en 1894, l'axe des chercheurs d'un traducteur ordinaire porte une petite goupille, *g* (fig. 255), destinée à servir de guide à la fourchette qui termine, à la partie inférieure, un levier, F, articulé en son point milieu. L'extrémité supérieure de ce levier est taillée en biseau, et vient s'appuyer sous l'une des faces d'un *support-basculant*, S, susceptible également de pivoter autour de son point médian; enfin, dans la partie supérieure de ce support est encastré uu ressort de contact, *r*. A l'état de repos, ce ressort s'appuie sur une butée, R, reliée à une pile de repos; dès que se produit l'aiguillage, le levier, F,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est entraîné, fait basculer le support, S, et le ressort de contact, *r*, vient s'appuyer sur la platine, T, communiquant avec la pile de travail. La combinaison reçue par le traducteur est donc reproduite par les cinq ressorts du retransmetteur; ceux-ci étant en communication, comme ceux d'un manipulateur ordinaire, avec cinq contacts d'un second distributeur, les signaux sont réexpédiés automatiquement sur la seconde ligne.

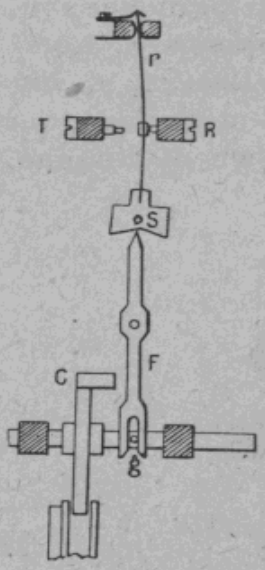


Fig. 255.

Le second modèle (1901) n'est pas rotatif; il constitue, en réalité, un petit manipulateur dont les touches, I (fig. 256) sont placées comme les leviers aiguilleurs d'un traducteur, au-dessous des appendices de cinq électro-aimants, semblables à des électro-aiguilleurs ; un galet, monté à l'extrémité d'un ressort, P, assure, par sa pression sur la touche, I, un bon appui du ressort de contact, *r*, sur sa butée de repos ; lorsque l'appendice frappe sur la touche, celle-ci s'abaisse et passe au-dessous du galet, où elle se trouve de nouveau maintenue: le ressort de contact, *r*, vient sur la butée de travail. Dès que la

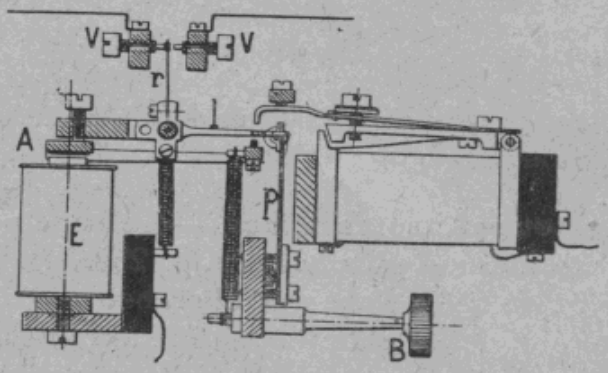


Fig. 256.

retransmission a eu lieu, un courant est envoyé, par le distributeur, dans un électro-aimant de rappel, E, dont l'armature, A, entraîne une barre transversale, qui soulève les touches abaissées et les ramène au repos.

Enfin, un troisième modèle a été construit, en 1909, avec le dispositif adopté pour le traducteur rapide (fig. 257); en outre,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les touches sont disposées, comme dans les manipulateurs ordinaires, dans l'ordre 5-4-1-2-3, ce qui permet d'utiliser le retrans-

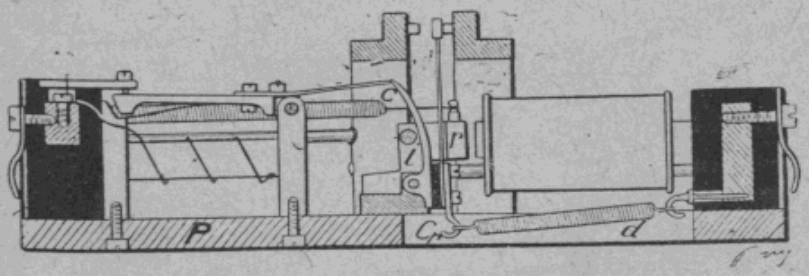


Fig. 257.

metteur pour la transmission manuelle, lorsque le poste intermédiaire converse avec un extrême.

INSTALLATIONS BAUDOT

Installation quintuple (1877).— L'installation (fig. 258) comprend : un distributeur, mû par un système d'horlogerie, à poids, et régularisé par une tige vibrante analogue à celle de l'appareil Hughes (v. p. 152); 5 claviers-manipulateurs à compensation (v. p. 254); 5 boîtes contenant chacune 5 relais : 5 combinateurs électriques commandant chacun un système imprimeur (v. p. 259).

Le distributeur se compose de deux cylindres en ébonite, juxtaposés (fig. 259); l'un, vers la gauche, de diamètre plus petit que l'autre, porte deux couronnes métalliques, divisées en 6 parties; sur l'autre sont inscrustées trois couronnes, divisées chacune en 33 contacts égaux, formant 5 groupes de 6 et un de 3. Les balais sont fixés à la jante d'une roue, *n*, qui reçoit le mouvement d'un moteur à poids.

Auprès de chaque manipulateur se trouve une manette, communiquant avec la ligne (fig. 260) et qui peut venir s'appuyer sur l'un ou l'autre de deux plots, marqués respectivement « transmission » et « réception », reliés à un secteur de la première ou de la seconde couronne (petit diamètre). Le balai de la première couronne est conjugué électriquement à celui de la 4e, dont les contacts communiquent avec les relais récepteurs ; le balai de la 2e avec celui de la 3e, qui est en relation avec le grand plot du premier commutateur de chaque touche (v. p. 254); enfin, une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

troisième paire de balais réunit la 4e et la 5e couronnes; les contacts de cette dernière sont reliés aux seconds commuta-

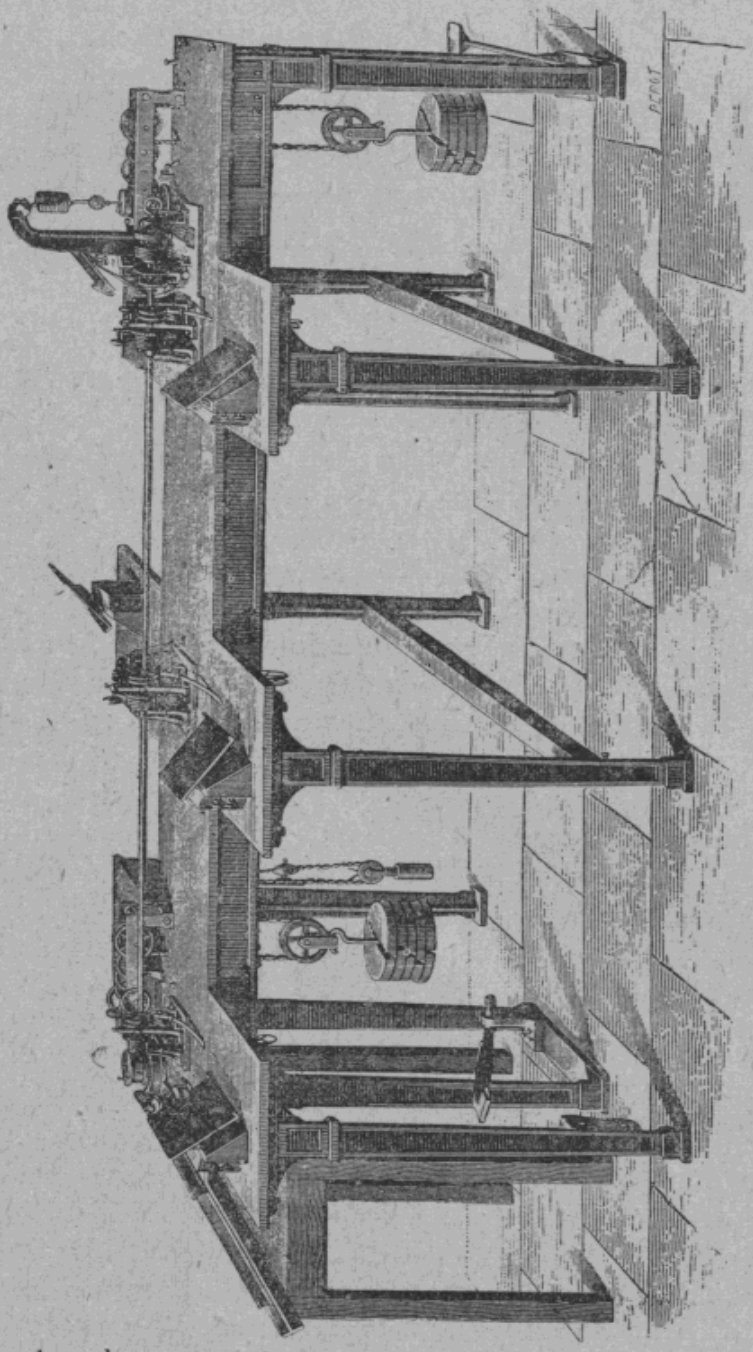


Fig. 258.

teurs des touches, pour le contrôle local. Lorsque la manette est sur transmission, les courants émis par les touches passent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donc de la 3e couronne au secteur correspondant de la 2e, et se rendant sur la ligne; le contrôle est donné par la pile locale (2e commutateur des touches du manipulateur), par les 5e et 4e couronnes, les relais et la terre. Lorsque la manette est sur réception, les émissions arrivent, par la manette, dans le secteur de la première couronne et, par les balais, dans les contacts de la 4e; ils actionnent les relais; ceux-ci restent dans la position qui correspond aux courants reçus jusqu'à ce que les

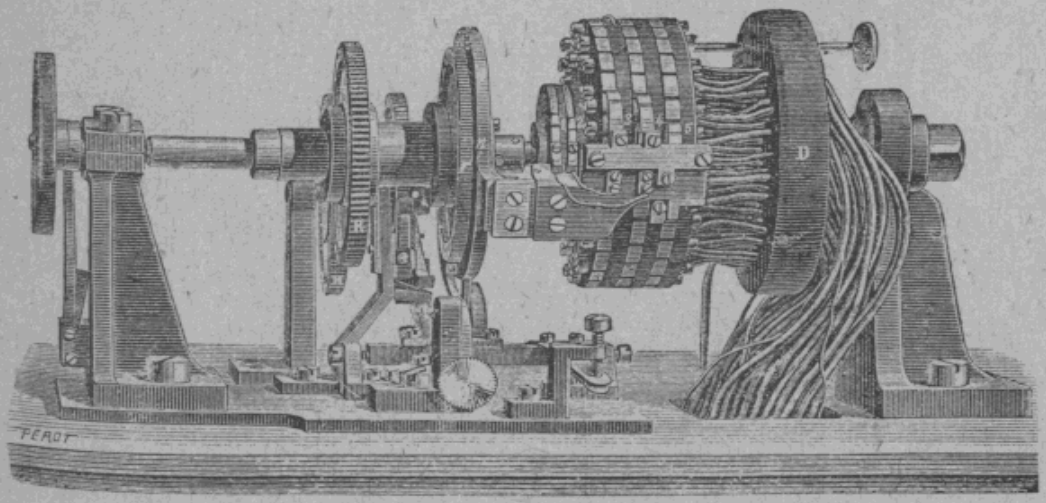


Fig. 259.

balais aient terminé leur révolution : à ce moment, ceux qui se trouvent sur travail sont rappelés par le courant négatif local, émis par les différentes touches (celles-ci sont évidemment au repos, puisque le secteur est affecté à la réception); la combinaison précédemment reçue, et qui a été traduite dans l'intervalle, est donc effacée, et le groupe de relais est prêt à en enregistrer une nouvelle.

Correction. — Le mouvement est transmis aux balais de la façon suivante : la roue dentée, R, (fig. 259) qui engrène avec le dernier mobile du système de rouages, est folle sur l'axe de gauche; la roue, *n*, qui supporte le bras porte-balais, est fixée, au contraire, sur cet axe : l'entraînement est assuré par un cliquet qui, monté sur la roue, *n*, emboîte ses dents dans celles du rochet, *r*. A chaque révolution, au moment où les balais arrivent sur le contact de correction, le cliquet est soulevé par un excentrique placé à cet effet : les balais sont désembrayés,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendant que le reste des rouages continue à tourner librement. La liaison est rétablie par l'armature d'un électro-aimant

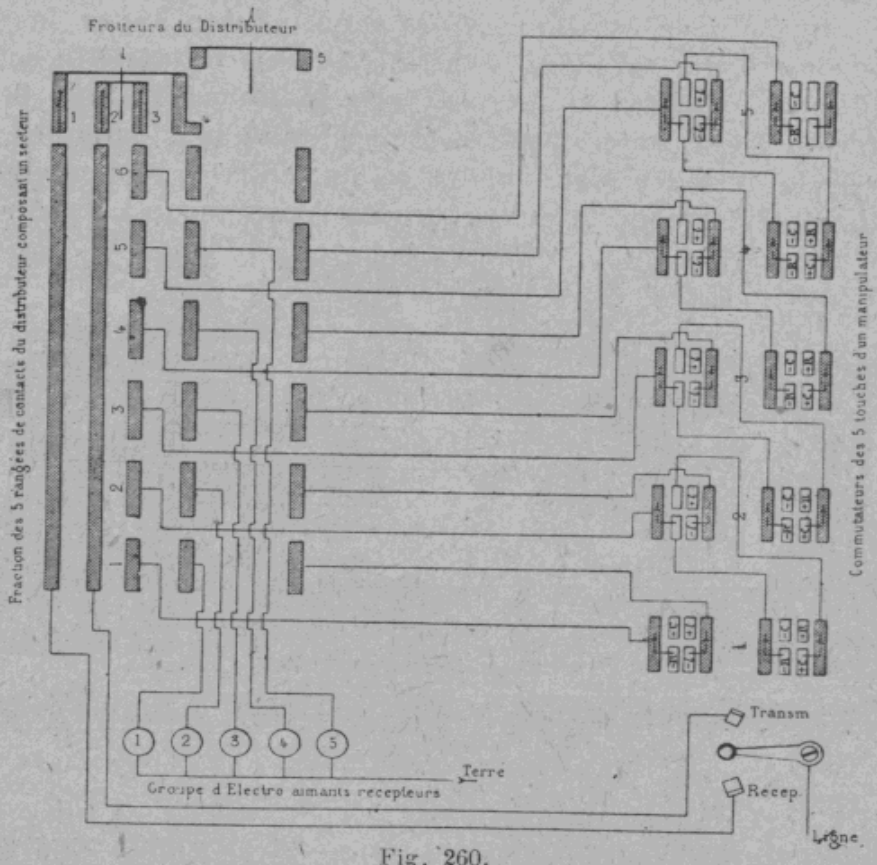


Fig. 260.

Hughes, qui se soulève sous l'action du courant de correction : les balais du poste corrigé sont donc repérés, à chaque tour, par rapport à ceux du poste correcteur.

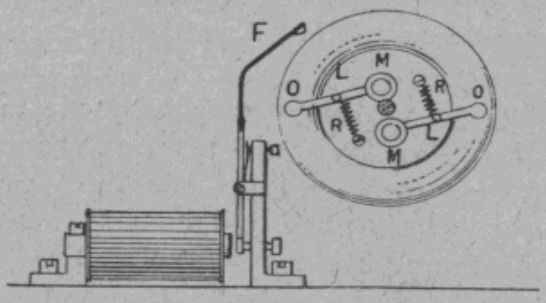


Fig. 261.

Les combinateurs, de même que les frappeurs de cadence, sont actionnés par un second mouvement d'horlogerie, placé à l'autre extrémité de la table (fig. 258) et synchronisé par celui du distributeur, de la façon suivante : le mouvement, fourni par le poids, est transmis à l'arbre de couche, qui commande, à son tour, un axe sur lequel est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fixé un volant (fig. 261); sur ce dernier est monté un modérateur de vitesse, constitué par deux leviers, L, mobiles en O, et terminés par une masse, M, portant un frotteur en liège. Lorsque le volant tourne, la force centrifuge écarte les masses, malgré l'opposition de leurs ressorts, R, et les frotteurs viennent au contact d'une cuvette concave : la friction qui en résulte s'oppose à l'accélération du mouvement. On règle la vitesse de l'arbre de couche de manière qu'elle soit un peu supérieure à celle du distributeur; puis, un *électro-frein*, F, exerçant périodiquement une friction sur le pourtour du volant, lui fait perdre l'avance qu'il a pu prendre.

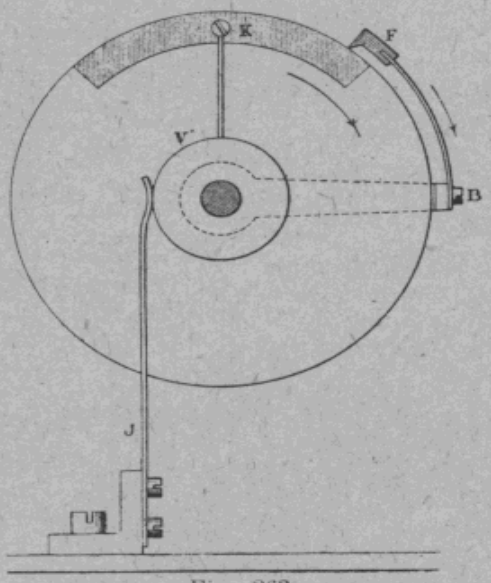


Fig. 262.

L'action du frein est proportionnelle à l'avance qu'il s'agit de rectifier : l'arbre de couche est placé sur le prolongement de l'axe du distributeur : ce dernier porte, à son extrémité, un disque en ébonite (v. fig. 258) sur lequel se trouve un contact métallique, K (fig. 262) occupant, environ, 1/6 de la circonférence, et relié à la sortie de l'électro-frein par la bague, V', et le ressort-frotteur, J; l'entrée de l'électro-frein communique avec la pile locale : enfin, sur l'arbre de couche est monté un bras, B, portant un frotteur métallique, F, relié à la terre par le massif de l'appareil. Lorsqu'on met les deux systèmes en marche, si les vitesses étaient identiques, le frotteur s'appuierait toujours sur le même point du disque ; mais, comme l'arbre de couche tourne un peu plus vite que le distributeur, il arrive un moment où le frotteur atteint le contact, K ; le circuit de l'électro-frein est alors fermé, et la friction exercée sur le volant (fig. 261) détermine un ralentissement, qui rejette le frotteur en deçà du contact ; cette action se répète dès qu'une nouvelle avance s'est produite ; le synchronisme ainsi obtenu, tout en n'étant qu'approximatif, est suffisant pour l'objet qu'on se propose.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Installation quadruple à plateau horizontal (1882). — Neuf couronnes métalliques concentriques, dont les quatre premières à partir de l'extérieur, sont divisées chacune en 24 contacts (fig. 263). Le manipulateur employé avec cette ins-

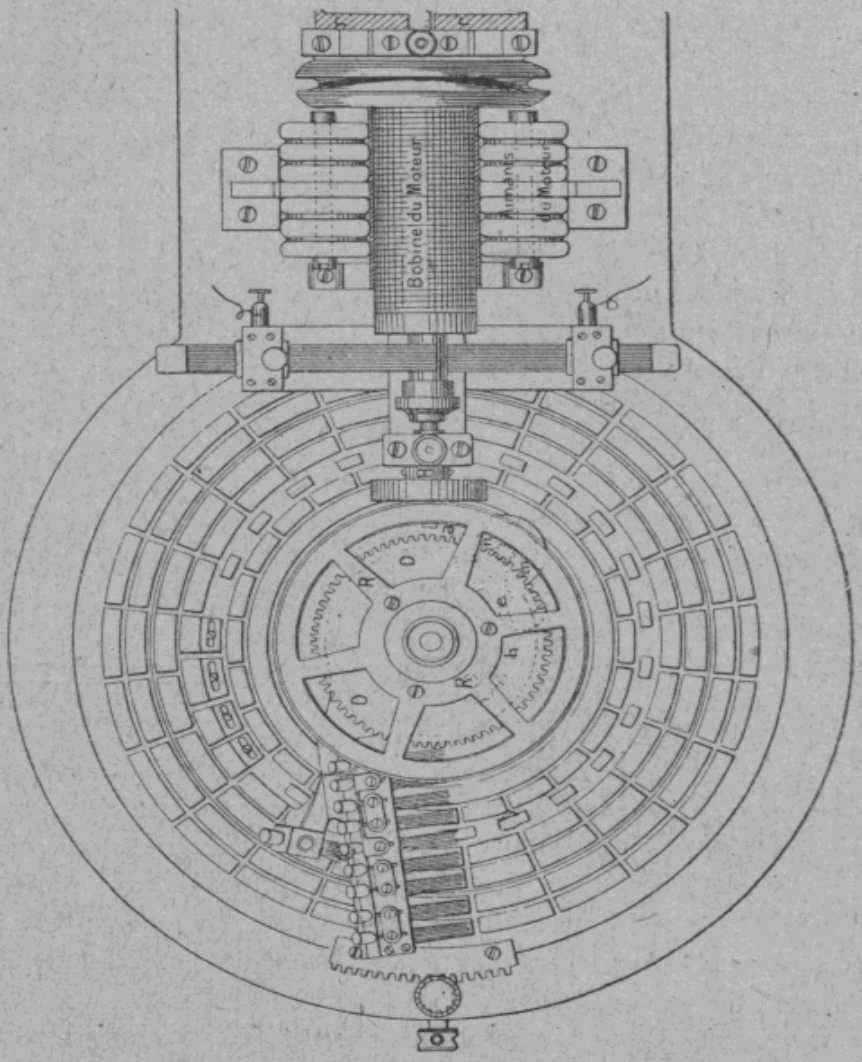


Fig. 263.

tallation est du modèle de 1882 (v. p. 255) ; quand on abaisse une touche, le ressort de gauche met la pile de travail en relation avec un contact de la 2e couronne (fig. 264) et, lors du passage du balai, un courant positif passe sur la ligne par le contact de la première couronne et la manette ; en même temps, le ressort de droite de la touche relie la pile locale au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contact de même numéro de la troisième couronne ; un courant local est envoyé dans un relais récepteur qui, peu de temps, après, comme on le verra plus loin, actionne un électro-aimant du traducteur et donne le contrôle de la transmission.

La manette étant dans la position de réception, les courants, venant de la ligne, arrivent dans la butée de repos des ressorts de droite du manipulateur, puis, par les balais, dans les relais récepteurs, dont les butoirs de travail sont reliés chacun à l'entrée d'un électro-aimant traducteur. La pile du relais est amenée aux armatures, un peu après qu'elles ont fonctionné, par l'intermédiaire de la 7e couronne et d'un contact de la 6e.

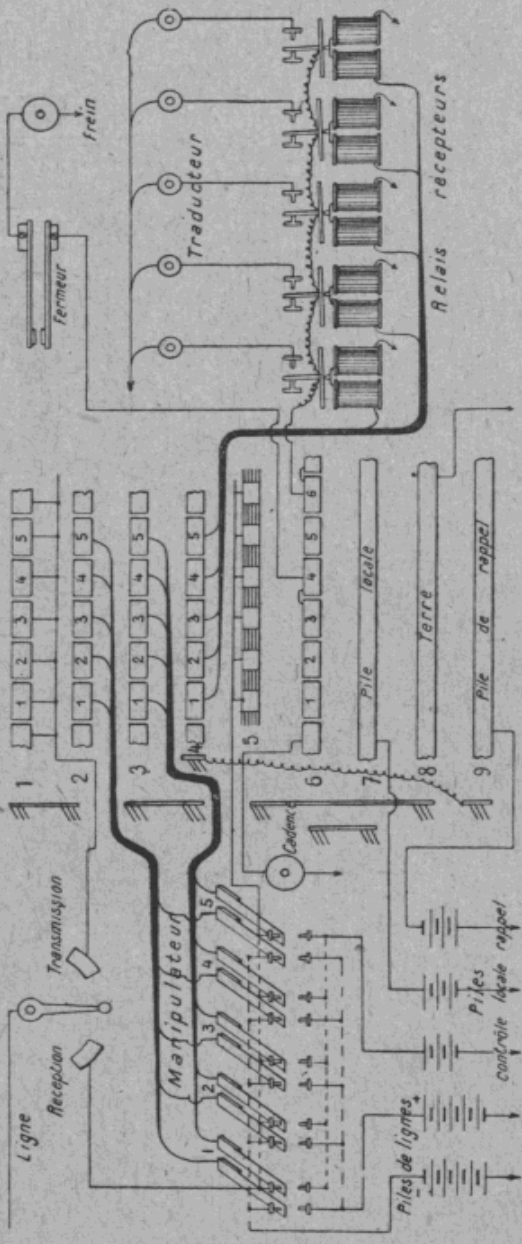


Fig. 264.

Afin d'éviter qu'un courant destiné à un certain relais puisse être reçu en partie sur le suivant ou sur le précédent, la ligne est mise à la terre tant que le balai parcourt le premier et le dernier quart des contacts de réception ; cette dérivation est établie par les petits contacts de la 5e couronne, dont le balai est conjugué avec celui de la 8e. Les relais récepteurs sont rappelés au repos, comme dans le système quintuple, par un courant négatif de la 9e couronne et un balai qui, parcourant la 4e couronne, est en avance de 1 contact 1/2 sur celui de la ligne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les freins des traducteurs et les cadences des manipulateurs sont reliés à des contacts de la 6e couronne, et reçoivent les courants de la pile locale, amenée à la 7e.

Correction. — Le mouvement est donné aux balais par un moteur magnéto-électrique, régularisé par une tige vibrante analogue à celle de Hughes; celle-ci est équilibrée par une masse additionnelle, portée par le frein, ce qui atténue sensiblement les trépidations inhérentes à ce genre de régulateur. Le bras porte-balais, B (fig. 265), est relié au moteur de manière à pouvoir être décalé pour la correction du synchronisme : la roue dentée, D, qui reçoit le mouvement, pivote à frottement doux sur un manchon, B, solidaire du bras porte-balais. Sur ce manchon sont montés deux axes, dont l'un porte un pignon, g, et la roue dentée, r; celle-ci commande le deuxième axe par la roue, r', qui entraîne l'étoile à 9 dents, y; le pignon satellite, g, engrène avec la roue, D, de telle sorte que, si le système était libre, cette dernière ferait tourner r, r', et l'étoile, y, sans entraîner le porte-balais, B : mais un galet, e, porté par un ressort, h, vient s'appuyer entre deux dents de l'étoile, et l'immobilise : le pignon, g, se trouve ainsi calé sur la roue, D, et l'entraînement a lieu.

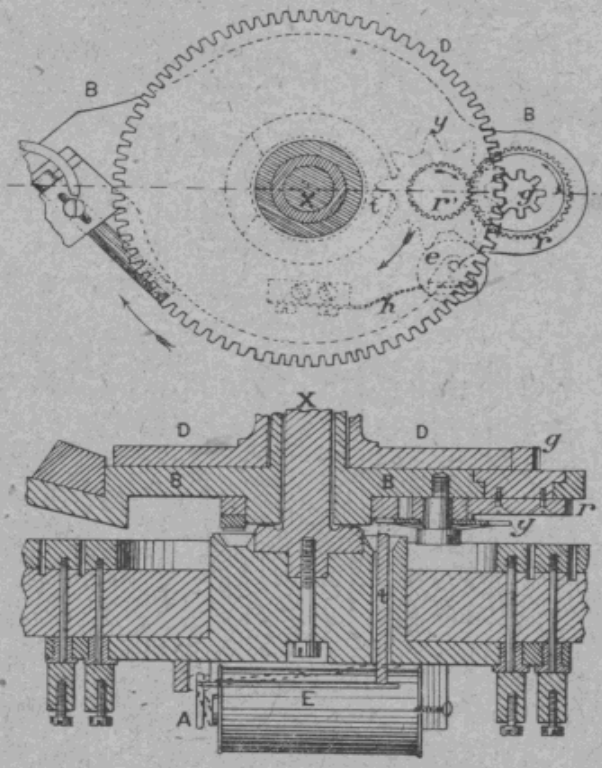


Fig. 265.

Comme dans l'installation précédente, la vitesse du poste corrigé est un peu supérieure à celle du poste correcteur; le courant de travail de correction est reçu dans un relais spécial, qui actionne, à son tour, l'électro-aimant correcteur, E, situé sous l'axe du distributeur ; le contact, par l'intermédiaire duquel

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a lieu cette commande, fait partie de la 4e couronne et est mobile; il est placé de telle sorte que, lorsque les balais du poste corrigé sont d'accord avec ceux du correcteur, *la fin* du courant de travail, reçue dans l'électro-aimant, E, est *insuffisante* pour le faire fonctionner; mais, si les balais sont en avance, cette fin de courant est reçue pendant un temps plus long, l'armature est attirée et chasse, de bas en haut, la goupille, t, qui vient se placer sur le passage de l'étoile, y; un peu après, une dent de celle-ci rencontre la goupille; sous cette pression, le galet, e, est chassé du creux dans lequel il reposait, laisse l'étoile tourner et retombe dans le creux qui vient ainsi se présenter à lui; ce mouvement de rotation est transmis, par la roue, r, à la roue r', et enfin au pignon, g, qui rétrograde sur la roue, D; une came portée par le manchon, B, renvoie ensuite la goupille à sa position de repos.

Installation double à cinq couronnes (1885). — Un plateau d'ébonite, portant les couronnes, est placé verticalement, sur la face antérieure d'une cage renfermant le mécanisme d'horlogerie. La première couronne, à l'extérieur (fig. 266) se compose de deux secteurs de cinq contacts, reliés chacun à l'un des électro-aiguilleurs des traducteurs; ces contacts sont écourtés de moitié, c'est-à-dire occupent un angle égal à 1/26 de la circonférence, de sorte qu'ils ne reçoivent que la partie médiane des émissions qui leur sont destinées; chaque secteur est mobile dans une glissière, qui permet d'orienter convenablement les contacts. Un onzième contact, M, isolément mobile, est relié à l'électro-aimant de correction du poste corrigé; il reste inutilisé au poste correcteur.

La seconde couronne est divisée en 13 contacts, reliés entre eux et au butoir de travail du relais. La troisième correspond aux touches des manipulateurs, ainsi qu'à l'envoi ou la réception des courants correcteurs; la quatrième couronne est affectée aux fonctions locales, freins des traducteurs et cadences des manipulateurs. A cet effet, le balai qui la parcourt est relié électriquement à un anneau métallique, placé autour de l'axe des balais, isolé du massif et relié à la pile locale.

Lorsqu'on exécute une combinaison sur le manipulateur, les courants, émis successivement par les contacts de la 3e couronne, passent, par les balais, dans la 5e et se rendent sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ligne; à la sortie de l'installation, une partie de ces courants est dérivée, à travers un rhéostat, dans le relais qui, lorsqu'il est mis sur travail, renvoie un courant local dans la 2e couronne, puis, par les balais, dans la 1re couronne : les électro-aimants aiguilleurs sont actionnés, et l'on obtient le contrôle de la transmission.

A l'autre poste, les courants arrivent dans la 5e, puis dans la 3e couronne, dans les touches du manipulateur, la butée de

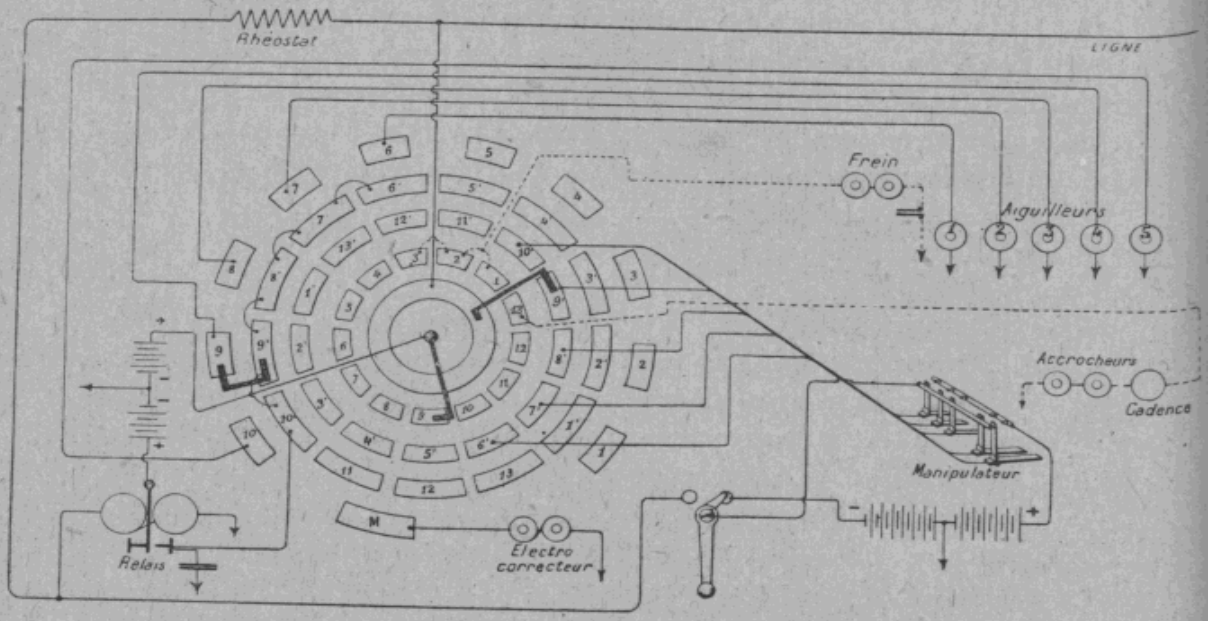


Fig. 266.

repos, l'axe de la manette; celle-ci étant dans la position de réception, les courants vont au relais, qui actionne les électro-aiguilleurs dans les conditions qui viennent d'être indiquées.

Installation double à six couronnes (1893). — La table du distributeur supporte le socle moteur à poids, sur lequel est posée la cage supportant le plateau distributeur et contenant le mécanisme d'entraînement des balais; un régulateur assure l'isochronisme, que complète le système correcteur adjoint au mouvement d'horlogerie.

Le distributeur comprend six couronnes, divisées virtuellement chacune en 13 contacts; la première comporte deux secteurs de 5, reliés aux électro-aiguilleurs et un contact séparé, communiquant avec l'électro-aimant correcteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les contacts de la première couronne sont écourtés de moitié, comme ceux du double à 5 couronnes. La 2e couronne communique avec les touches des manipulateurs; la 3e avec les

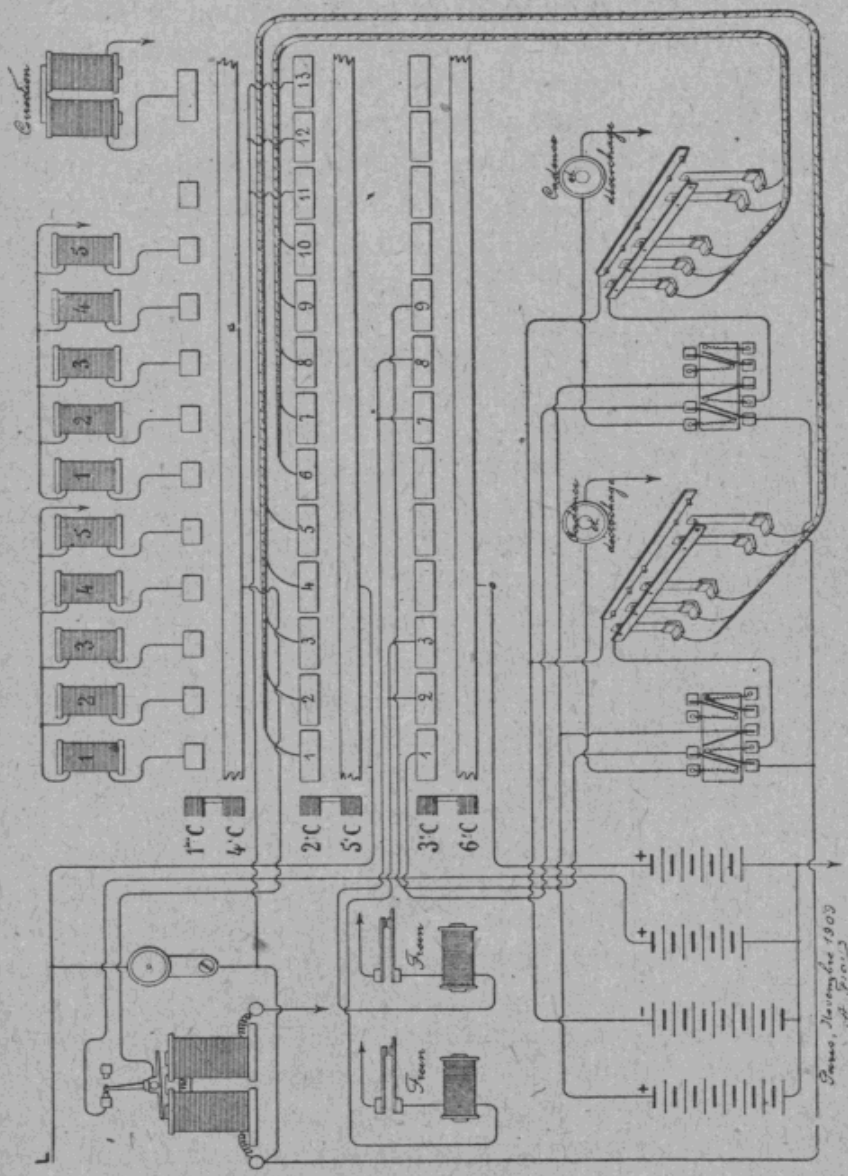


Fig. 267.

freins des traducteurs et les cadences des manipulateurs; puis viennent les trois couronnes centrales, qui sont pleines et communiquent : la 4e avec le massif du relais, la 5e avec la ligne et la 6e avec une pile locale.

Les balais sont conjugués dans l'ordre 1-4, 2-5 et 3-6. La

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

figure 267 montre les communications des divers organes, qui sont les mêmes que pour l'installation précédente.

Installation quadruple à deux plateaux (1889). — L'installation quadruple à deux plateaux nécessite trois relais : deux pour la ligne et un pour le contrôle.

Les deux plateaux sont montés respectivement sur les faces antérieure et postérieure d'une cage de distributeur, semblable à celle de l'installation double ci-dessus ; les porte-balais sont entraînés par un axe commun, mis lui-même en mouvement par un socle moteur à poids ou électrique, régularisé par un régulateur.

Le plateau postérieur sert pour la transmission ; il est agencé, en principe, comme le double à six couronnes, sauf que la première, divisée en 24 contacts, sert exclusivement pour le contrôle au départ ; la quatrième est divisée en 4 secteurs de 5/24 et un de 4/24 ; les premiers peuvent communiquer avec le massif du relais de contrôle, par l'intermédiaire de la griffe portée par la manette des manipulateurs, lorsque cette dernière est dans la position de transmission.

Le plateau antérieur, appelé aussi plateau mobile ou de réception, comprend quatre couronnes ; il est conçu de manière à rectifier les signaux reçus, c'est-à-dire à envoyer dans les traducteurs des émissions, correctes, d'une durée égale à 1/24, quelles que soient les perturbations apportées par la ligne dans le moment de l'arrivée et de la cessation des courants. Ceux-ci, arrivant du poste transmetteur, passent dans les 5e et 2e couronnes, du plateau postérieur (fig. 268) dans les touches des manipulateurs et, par la manette, placée dans la position de réception, se rendent dans le relais récepteur, RR. Les deux butoirs de ce relais sont munis d'une pile, positive pour le travail et négative pour le repos ; son massif est relié à la première couronne du plateau antérieur, constituée par 20 petits contacts (plus un contact mobile, pour la correction du synchronisme) ; les courants du relais récepteur passent, par les balais, d'un petit contact dans le secteur de 20/24 de la 4e couronne, et, de là, dans le second relais, RA, dit « relais aiguilleur » ; celui-ci a son butoir de travail relié à la « pile d'aiguillage » ; lorsqu'une manette de manipulateur est dans la position de réception, le massif du relais aiguilleur se trouve relié,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par la griffe de cette manette, au secteur correspondant de 5/24 de la 5e couronne et actionne les électro-aimants aiguilleurs, par l'intermédiaire des balais et de la 2e couronne. On voit ainsi que

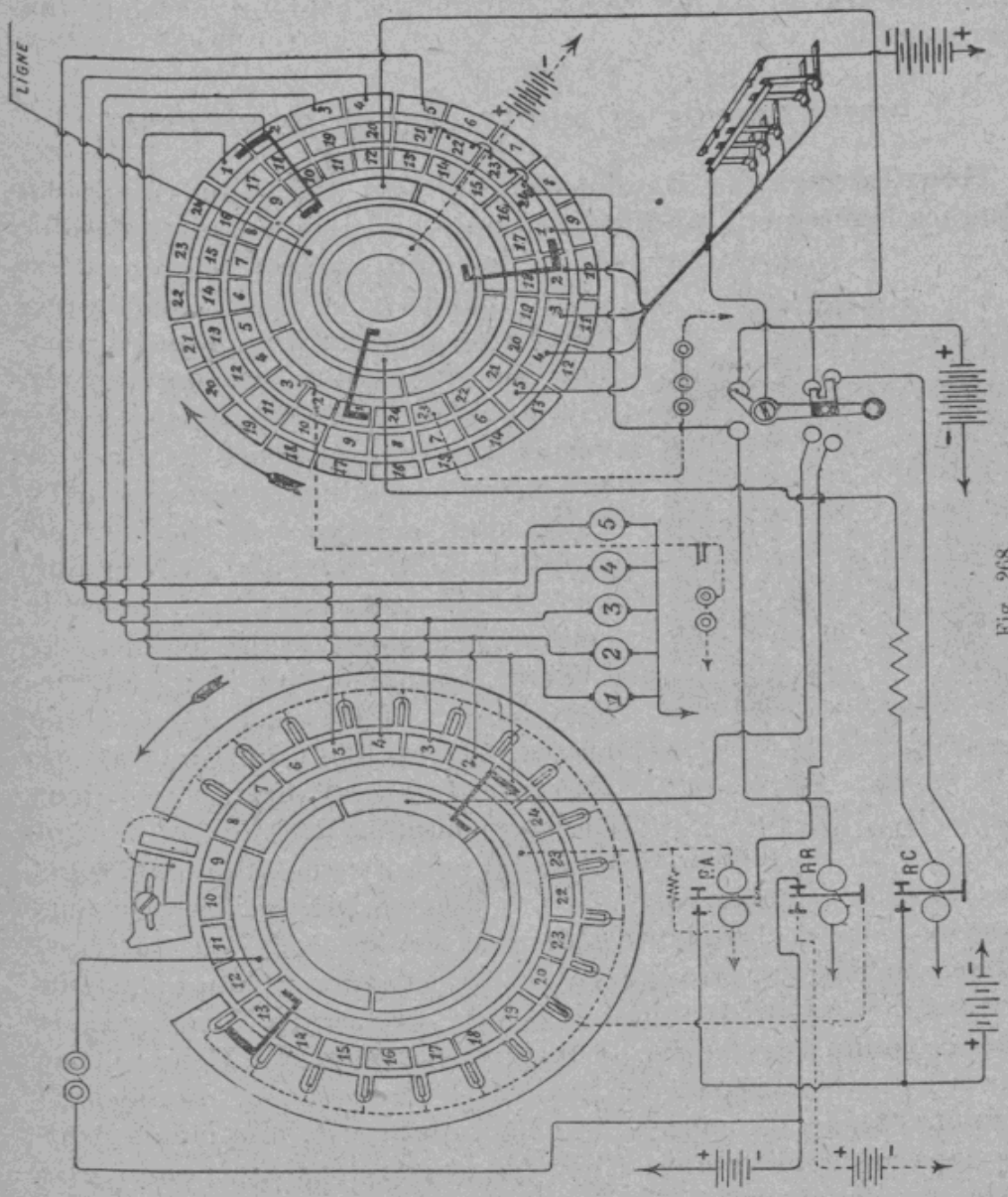


Fig. 268.

le relais aiguilleur ne peut être commandé qu'au moment où le balai de la première couronne passe sur un petit contact : ses mouvements sont donc rigoureusement rythmés à des intervalles égaux à 1/24; d'autre part, le plateau antérieur est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

orienté de manière que chaque petit contact corresponde exactement au milieu *théorique* des émission reçues; de cette façon, les influences extérieures de la ligne, qui peuvent affecter la mise sur travail ou sur repos du relais-récepteur, passent inaperçues.

RÉGULATEURS ET MODÉRATEURS DE VITESSE

Régulateurs. — Baudot fit usage en 1879, du régulateur Hughes légèrement modifié : la boule, au lieu d'être déplaçable à l'aide d'un curseur à crémaillère (v. p. 152) est vissée sur la partie rectiligne de la tige; lorsqu'on l'a amenée dans la position qui convient, on l'immobilise à l'aide d'un contre-écrou. Les changements minimes de la vitesse s'effectuent, en marche, à l'aide d'un curseur additionnel, formé d'un petit anneau de laiton qui, par ses déplacements, fait varier le centre de gravité de l'ensemble.

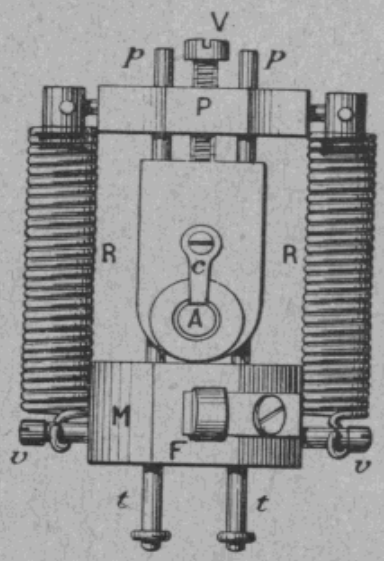


Fig. 269.

Le régulateur à deux frotteurs, réalisé ensuite (1881) se compose d'une masse, M (fig. 269) qui, maintenue vers le centre de rotation, A, par deux ressorts à boudin, R, tend à s'en écarter sous l'action de la force centrifuge. Les ressorts sont accrochés à une potence, P, guidée par deux tiges en acier, *p*, implantées dans le massif en laiton du régulateur; une vis, V, taraudant dans la potence et s'appuyant sur le massif, permet de monter ou de descendre à volonté la potence, pour faire varier la tension des ressorts. Ceux-ci, par leur autre extrémité, sont accrochés à deux vis, *v*, montées de chaque côté de la masse, M; cette masse est, elle-même, guidée dans ses déplacements, par deux tiges en acier, *t*; enfin, elle porte, sur ses deux faces, un petit ressort en acier, terminé par un frotteur en étoupe, F.

L'axe, A, sur lequel on monte le régulateur, est entaillé d'une fente longitudinale, dans laquelle on engage la clavette, *c*; concentriquement à l'axe est montée une boîte métallique, B

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 270) fermée à sa partie antérieure par un couvercle vissé, C, qu'on immobilise ensuite à l'aide d'un anneau taraudé, S; lorsque la force centrifuge acquiert une valeur suffisante pour écarter la masse, malgré l'opposition des ressorts, les deux frotteurs, F, viennent exercer une friction sur les parois, B et C, de la boîte et, comme le régulateur, simplement entraîné par

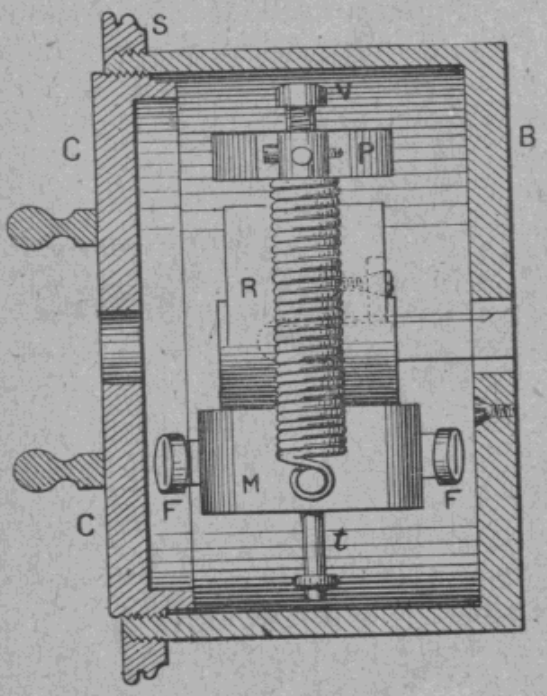


Fig. 270.

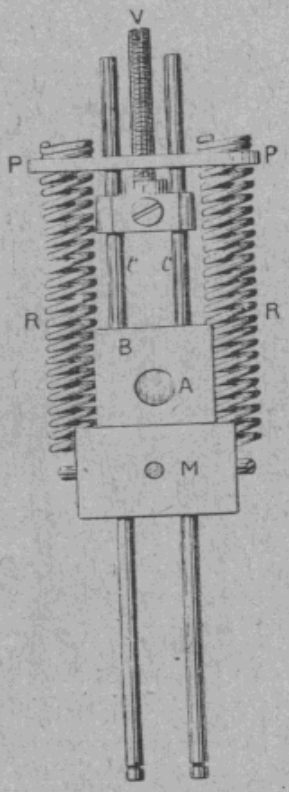


Fig. 271

la clavette, *c*, est absolument libre dans le sens longitudinal, le frottement se répartit également sur les deux platines, et dépend du degré d'enfoncement de la partie mobile, C, qu'on manœuvre, à cet effet, à l'aide de deux boutons.

Dans le modèle suivant (1883), les frotteurs sont supprimés et le freinage est obtenu de la façon suivante : la masse, M, (fig. 271) en s'écartant du centre sous l'action de la force centrifuge, exerce sur la potence, P, une traction qui se transmet au massif du régulateur par les tiges, *t*, et, finalement, à l'axe de rotation, A, qui fléchit; il en résulte, sur le palier qui supporte l'axe, une friction d'autant plus grande. Si la vitesse tend

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à augmenter, la force centrifuge augmente, la masse s'écarte davantage et le frottement au palier devient plus grand ; et inversement.

Les deux tiges, *t*, qui se prolongent au-dessus du massif, B, servent également à guider la potence, P, qu'on déplace à l'aide de la vis, V, pour tendre plus ou moins les ressorts et obtenir ainsi la vitesse qu'on désire atteindre.

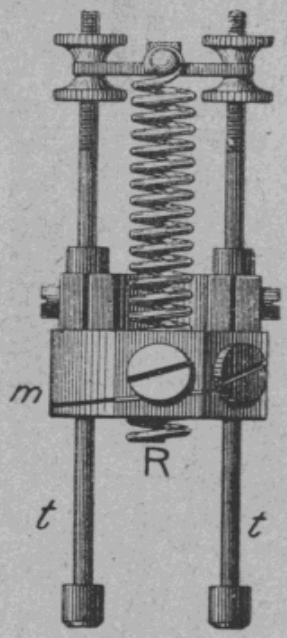


Fig. 272.

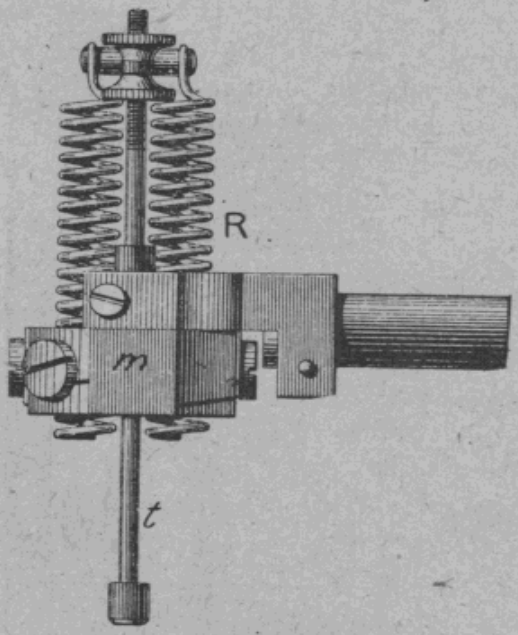


Fig. 273.

Les deux modèles précédents, à proprement parler, constituaient plutôt des *modérateurs* que des *régulateurs* de vitesse ; le dernier type, réalisé en 1885, réunit toutes les conditions exigibles d'un instrument de ce genre. Il diffère peu de celui qui vient d'être décrit ; une fourchette en laiton porte, sur chacune de ses branches, une tige en acier, *t* (fig. 272) ; les tiges, filetées à leur partie supérieure, reçoivent deux écrous, entre lesquels est serrée la potence. La masse, *m*, consiste en un bloc octogonal en laiton, d'environ 32 grammes, percé de quatre trous ; deux de ceux-ci servent à l'enfiler sur les tiges, *t* ; les ressorts à boudin, R, en acier trempé, traversent les deux autres trous, plus grands et coniques ; les ressorts sont réunis à la masse à l'aide de deux équerres en acier. A leur extrémité opposée, ils se terminent par un œilleton et sont accrochés à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

potence. Dans ces conditions, la masse est retenue contre la fourchette avec une force qui dépend du nombre de spires qu'on a laissées libres, entre la potence et la masse. Dès que la force centrifuge, développée sur la masse, acquiert une valeur telle qu'elle puisse faire échec à la tension des deux ressorts, la masse s'écarte du centre, et, comme dans le modèle précédent, détermine une flexion de l'axe : la vitesse se trouve maintenue à un régime constant, aussi longtemps, tout au moins, que les conditions d'équilibre entre le travail moteur et le travail résistant ne se trouvent pas changées; dès que l'un de ces facteurs vient à varier, la masse se trouve éloignée ou rapprochée du centre, suivant le cas, et il en résulte une augmentation ou une diminution de la friction de l'axe sur son palier; la vitesse est ainsi ramenée à son régime précédent.

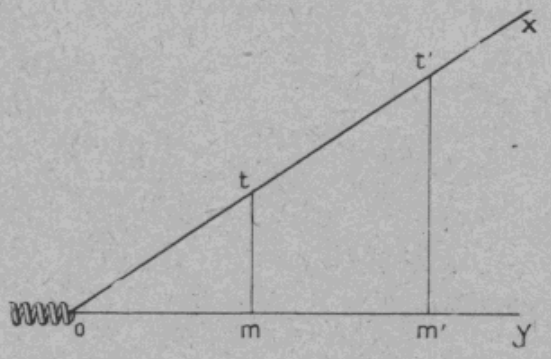


Fig. 274.

La possibilité de faire varier la position de la potence a pour but d'obtenir, à toutes les amplitudes de la masse, une vitesse identique. Les ressorts sont sans *tension initiale* c'est-à-dire que leurs spires, très près les unes des autres, ne se compriment pas réciproquement; dans ces conditions, et *dans les limites où on les fait travailler*, les allongements imposés à ces ressorts sont proportionnels aux efforts qu'on leur fait subir; en d'autres termes, si l'on porte ces efforts en ordonnées et les allongements en abscisses, la droite, *ox* (fig. 274) devient la *courbe d'accroissement de la tension des ressorts*.

Considérons maintenant la force centrifuge : pour une masse, m, et une vitesse angulaire invariable, ω, elle est proportionnelle au rayon décrit ($m\ \omega^2\ r$) : la *courbe d'accroissement de la force centrifuge*, pour une vitesse donnée, est donc également une droite. Si, dans ces conditions, la masse peut se tenir en équilibre en m, puis en m', c'est que les ordonnées mt et $m'\ t'$ représentent, à la fois, la tension des ressorts pour des allongements om et om', et les forces centrifuges qui maintiennent la masse en ces points m et m'; en d'autres termes, les points t et t' sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des points de la courbe d'accroissement de la force centrifuge et, par suite, celle-ci se confond avec celle des tensions. Cette condition est réalisée, dans la pratique, en plaçant la potence de manière que le *zéro de tension des ressorts coïncide avec le zéro de force centrifuge*.

C'est à cette seule condition que le régulateur donnera l'isochronisme. Supposons, en effet, que les deux points zéro ne se superposent pas et se trouvent respectivement en o et o' (fig. 275), la courbe des tensions des ressorts étant ox, si la masse tourne en équilibre en m, le point t, sommet de l'ordonnée mt, est, comme il a été dit plus haut, un point de la courbe des forces centrifuges : celle-ci peut donc être obtenue par la jonction des points t et o', et l'on a la droite $o'x'$; si maintenant la masse quitte le point m, pour venir s'équilibrer en m', l'ordonnée, $m'\,t'$, représente la tension des ressorts et aussi, comme précédemment, la force centrifuge ; mais cette dernière qui, pour la vitesse correspondant à $o'\,x'$, aurait dû être égale seulement à $m'\,t''$, se trouve augmentée de la quantité $t''\,t'$, c'est-à-dire qu'on a une autre vitesse, dont la courbe de forces centrifuges est $o'\,x''$: dans ce cas, une *augmentation*, mm', de l'amplitude a eu pour résultat une *augmentation*, $t''t'$, de la vitesse.

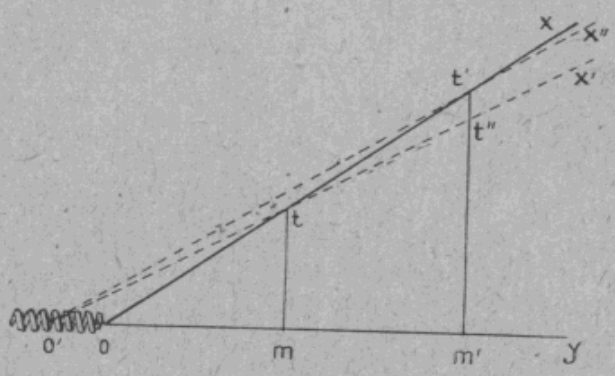


Fig. 275.

On démontrerait de même que, si le point o, se trouvait à gauche de o', une *augmentation* de l'amplitude entraînerait une *diminution* de la vitesse. Le régulateur est donc rendu parfaitement isochrone si l'on place la potence de manière à faire coïncider exactement les deux zéros, tension des ressorts et force centrifuge. On observe, par exemple, la fréquence du fonctionnement du système correcteur, pour une certaine amplitude, puis, en agissant sur la force motrice ou sur les résistances mécaniques, on augmente ou on diminue l'amplitude : si la vitesse se trouve modifiée dans le même sens, ce qui est le cas démontré ci-dessus, on éloigne la potence du centre de rotation en agissant sur les écrous qui la soutiennent ; et inversement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le régime étant réglé, comme il a été dit plus haut, par le nombre de spires de ressorts mises en jeu, on peut encore le modifier légèrement à l'aide de petites masses additionnelles, pesant 1/2 gramme environ, qu'on serre sous des têtes de vis implantées dans la masse principale, ou qu'on en retire, suivant qu'on veut, respectivement, diminuer ou augmenter la vitesse.

Modérateurs de vitesse. — Les modérateurs servent à donner un isochronisme approximatif au traducteur. Celui dit *à masse pendulaire* (1882) se compose d'un bloc de bronze, B (fig. 276) portant un manchon, M, qu'on enfile sur l'axe du volant; cet axe est entaillé d'une raînure longitudinale, dans laquelle s'engage un ergot, E, placé à l'intérieur du manchon, ce qui empêche le modérateur de tourner sur l'axe. A l'autre extrémité du manchon se trouve un second ergot, qui peut venir s'engager dans l'un des crans d'une vis, taraudant dans le bout de l'axe du volant, et dont l'enfoncement règle la position du modérateur.

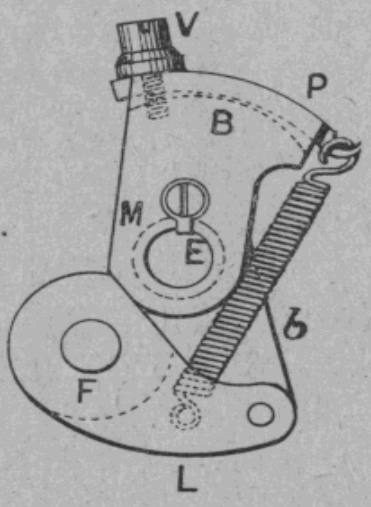


Fig. 276.

Le bloc, B, porte encore un bras oblique, *b*, au bout duquel est articulé un levier, L, terminé par une partie renflée, dans laquelle est vissé un petit cylindre en liège, F. Le levier, L, est maintenu par un ressort à boudin, dont l'autre extrémité est accrochée à une pièce, P, montée sur un dos d'âne; en manœuvrant la vis à crans, V, on fait basculer la pièce, P, et on tend plus ou moins le ressort.

Le modérateur est placé devant une cuvette concave, concentrique à l'axe; on enfonce la vis de bout d'axe de manière qu'à l'état de repos le frotteur, F, se trouve à une petite distance de la cuvette. Lorsqu'on met l'appareil en marche, la force centrifuge écarte la masse, et le frotteur, arrivant au contact de la cuvette, s'oppose à l'accélération. La vitesse alors obtenue dépend de la tension du ressort.

Le modérateur de 1885 est monté sur l'axe du volant du traducteur, de la même façon que le précédent; sa construction est presque identique à celle du régulateur de 1881 (v. p. 284) à cela

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

près qu'il ne comporte qu'un seul frotteur : les tiges en acier, *t*, servent à guider les déplacements de la masse, M, qui porte deux vis, *v*, auxquelles sont accrochés les deux ressorts à boudin en laiton, R; le frotteur, F, est monté sur la face arrière de la masse, vis-à-vis de la cuvette. Les ressorts sont accrochés, par leur autre extrémité, à la potence, P, guidée par des pieds en acier, *p*, et traversée par la tige filetée, V, que l'on manœuvre

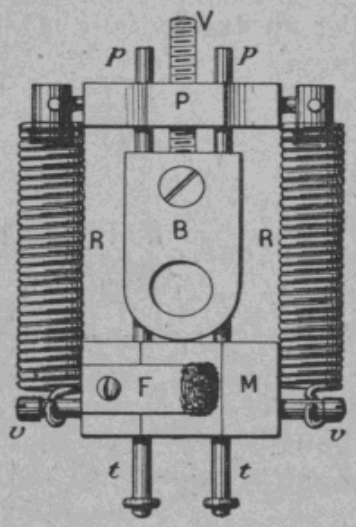


Fig. 277.

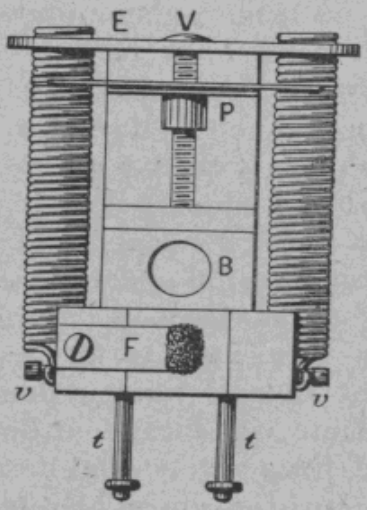


Fig. 278.

pour monter ou descendre la potence et, par suite, tendre ou détendre les ressorts.

Le dernier modèle (1892) est basé sur le même principe que le régulateur de 1885 (v. p. 286); il est construit de façon analogue au précédent, mais les ressorts, en acier trempé, passent librement dans le retour d'équerre, E; la potence proprement dite, P, est constituée par une lame d'acier, s'engageant entre deux spires de chacun des ressorts, et supportée par un canon, monté lui-même sur une vis, V. Le pied de cette vis taraude dans le bloc, B, et sa tête vient se placer dans une fraisure, pratiquée dans la barre, E. Le réglage s'opère de la même manière que pour le régulateur : on met tout d'abord en jeu, entre la potence et la masse, le nombre de spires qui correspond à la vitesse désirée, puis on amène la potence contre le retour d'équerre, E. Dans cette position, les *diminutions* d'amplitude donnent toujours des *augmentations* de vitesse (v. p. 288); on rapproche alors

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

progressivement la potence du centre de rotation, en dévissant la vis, V : dès que la vis est sortie du trou taraudé, la potence descend. On revisse lorsqu'on juge le mouvement suffisant.

INSTALLATIONS BAUDOT-PICARD

Installations pour câbles sous-marins. — Le dispositif installé, en 1901, par Pierre Picard, sur les câbles Marseille-Alger, est très différent de ceux qui avaient été essayés avant lui : en effet, au lieu de s'efforcer de ramener le câble à l'état neutre après chaque émission (v. p. 160), Picard chercha à maintenir dans le conducteur une charge constante ; à cet effet, il employa des émissions brèves, d'égale durée et alternativement positives et négatives ; de plus, au départ, le câble reste toujours isolé entre deux signaux consécutifs, et, à l'arrivée, il est bloqué par un condensateur. De cette façon, une émission positive, par exemple, trouve toujours dans le câble une charge négative déterminée, et réciproquement.

Afin de multiplier les alternances, principalement dans les périodes d'arrêt de la transmission, où le câble serait chargé exclusivement par la seule pile de repos, Picard modifia légèrement le manipulateur : les platines de repos et de travail des touches sont coupées en cinq parties ; celle de repos, par exemple, a ses divisions impaires reliées entre elles et à la pile négative, et les divisions paires à la pile positive ; la disposition inverse est prise pour la platine de travail. De cette façon, lorsqu'on suspend la transmission, le câble reçoit des émissions alternativement positives et négatives. Le code des signaux se trouve ainsi modifié, mais pour la ligne seulement, car, à l'arrivée, les communications du distributeur sont agencées de manière à opérer le redressement, et la réception s'effectue à l'aide de traducteurs ordinaires.

En raison de l'extrême lenteur de la propagation sur les câbles sous-marins, on ne pouvait songer à alterner les transmissions à chaque révolution des balais ; chaque poste transmet simultanément par les deux secteurs, pendant un temps donné, puis le sens est inversé pour une période égale, et ainsi de suite. La transmission et la réception ont lieu par l'intermédiaire de plateaux différents, placés sur l'une et l'autre face

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une même cage de distributeur. Les couronnes sont virtuellement divisées en 12 contacts, comprenant deux secteurs de 5 chacun et deux contacts pour l'envoi ou la réception des courants correcteurs.

Le schéma ci-dessous (fig. 279) donne l'agencement du plateau de transmission : les courants, venant des manipulateurs, vont à la 1re couronne puis, par les balais, dans la 4e; de là ils se

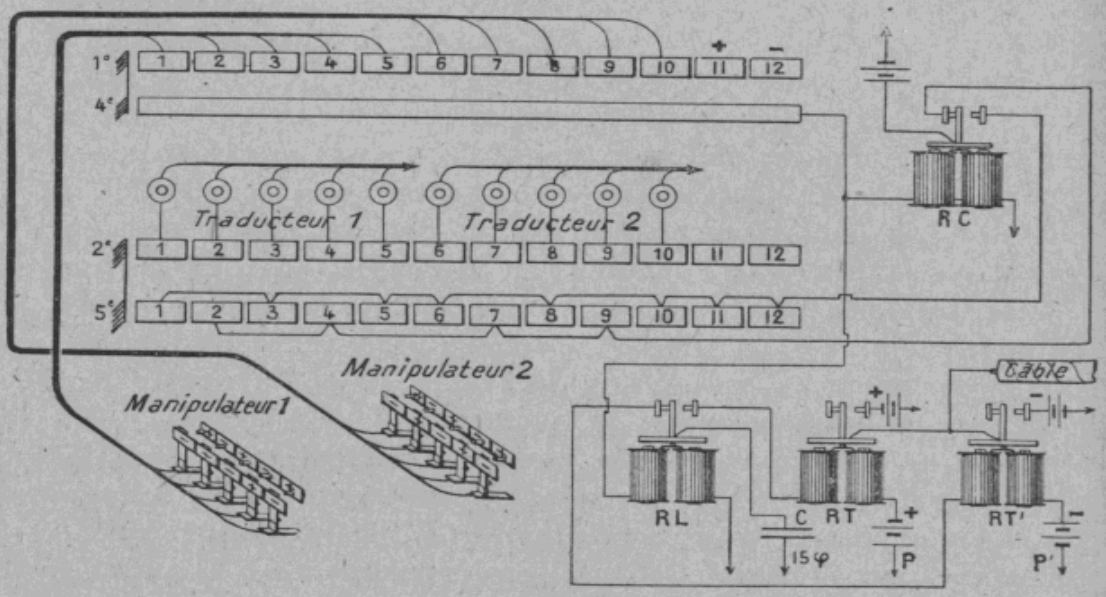


Fig. 279.

bifurquent dans le relais de contrôle, RC, et dans le relais de ligne, RL. Ce dernier a son massif relié à un condensateur, C, et ses deux butoirs, respectivement, à l'entrée des bobines de deux relais transmetteurs, RT et RT'; l'autre borne de ceux-ci est rattachée à une pile, positive pour le premier et négative pour le second. Le butoir de repos des deux relais transmetteurs est isolé; leur butoir de travail communique avec une pile de même polarité que celle à laquelle leurs bobines sont reliées; enfin, les deux massifs sont rattachés au conducteur du câble.

Le relais de ligne est réglé « à l'indifférence »; les deux autres, au contraire, reviennent d'eux-mêmes au repos dès que cesse le courant qui les a amenés sur travail. Si le courant émis par le première touche du manipulateur n° 1, par exemple, est négatif, l'index du relais de ligne, RL, est amené sur son butoir de gauche; aussitôt, un courant négatif, partant de la pile, P,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traverse le relais, RT', et va charger le condensateur, C : l'index de RT' tombe sur son butoir de travail, pendant le temps que dure la charge, et envoie dans le câble un courant instantané négatif, puis il revient au repos et le câble est de nouveau isolé. Si le courant émis par la touche est positif, l'index de RL est amené sur le butoir de droite et c'est RT qui est parcouru par un courant instantané de sa pile positive : le déplacement de

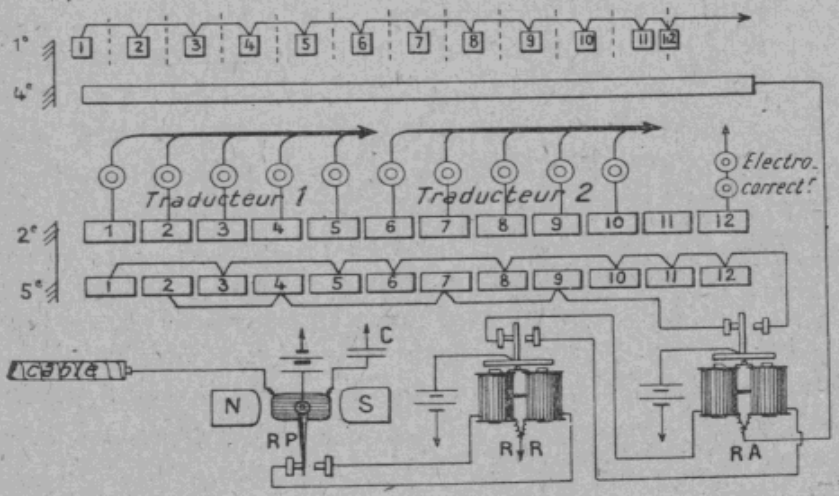


Fig. 280.

l'index a pour résultat l'envoi dans le câble d'un courant positif également instantané.

Le contrôle de la transmission est donné par le relais, RC, par l'intermédiaire des 2e et 5e couronnes et dans les mêmes conditions que la réception, ainsi qu'il va être indiqué plus loin. La 3e et la 6e couronnes servent aux fonctions locales, comme dans les installations ordinaires.

Le plateau de réception diffère de celui de transmission par la 1re couronne, qui comprend 12 petits contacts. Les courants, arrivant par le câble, se rendent directement au relais Picard, RP (fig. 280) dont la sortie est bloquée par un condensateur, C ; ce relais est décrit avec les appareils similaires (v. p. 413) ; son massif est relié à une pile et ses deux butoirs, respectivement, aux deux enroulements d'un relais Baudot différentiel, ou relais récepteur, RR, dont le pont est à la terre ; celui-ci, réglé à l'indifférence, reproduit tous les mouvements du relais de câble, RP : il est agencé comme ce dernier, et ses deux butoirs communiquent avec les deux enroulements d'un second relais différentiel,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou relais aiguilleur, RA ; toutefois, le pont de ce relais, RA, n'a pas la terre directe ; il est relié à la 4e couronne et, par les balais, à la 1re, dont les petits contacts sont réunis ensemble et à la terre : il ne peut obéir au relais récepteur, RR, que lorsque le balais de la 1re couronne se trouve sur un petit contact, les signaux sont donc rectifiés, comme au quadruple à deux plateaux (v. p. 282).

La division des platines de repos et de travail des manipulateurs, dont il est question plus haut, a pour résultat que si, par exemple, les deux manipulateurs sont au repos, les relais, à l'arrivée, reçoivent des courants négatifs lorsque les balais passent sur les contacts 1, 3, 5, 6, 8, et 10, et des positifs sur les autres. Or, toutes ces émissions alternatives doivent laisser les traducteurs au repos ; pour obtenir ce résultat, le relais aiguilleur, RA, a son massif rélié à la pile d'aiguillage, son butoir de gauche, qui correspond au négatif, communique avec les contacts 1, 3, 5, 6, 8, 10 de la 5e couronne, celui de droite avec les contacts 2, 4, 7, 9. De cette façon, dans l'hypothèse du repos sur les deux secteurs, lorsque le balai de la 5e couronne est sur les contacts de la première série (1, 3, etc.) l'index du relais aiguilleur est sur le butoir de gauche ; il vient, par contre, sur le butoir de droite lorsque le balai parcourt les contacts de la seconde série, de sorte que les électro-aiguilleurs ne reçoivent aucun courant. Par contre, si la 3e touche, par exemple, a été abaissée, le courant négatif, reçu sur le 3e contact, met, le relais aiguilleur sur le butoir de droite et le 3e électro-aiguilleur est actionné.

Les courants de correction sont reçus dans les mêmes conditions : le positif met le relais récepteur sur le butoir de droite, puis, de même, le relais aiguilleur, lorsque le balai de la 1re couronne passe sur le 11e petit contact. Le 12e est mobile, et placé de manière que son point milieu coïncide avec le point de l'espace où doit se trouver le balai, quand il n'y a pas lieu à correction : au moment où le relais récepteur revient sur son butoir de gauche, sous l'influence du courant négatif de correction, et si les balais des deux postes sont d'accord, celui de la 1re couronne a encore la moitié du petit contact mobile à parcourir, et cette quantité suffit pour que l'index du relais aiguilleur soit également rappelé à gauche : lorsque le balai de la 2e couronne passe sur le contact 12, relié à l'électro-correcteur, ce-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lui-ci ne reçoit aucun courant. Au contraire, si le balai du poste corrigé est en avance, il se trouve avoir franchi une fraction, trop grande du contact mobile, au moment où le relais récepteur, RR, revient sur son butoir de gauche : le relais aiguilleur n'a pas le temps d'exécuter le même mouvement, son index reste à droite lorsque le balai de la 2e couronne parcourt le contact 12; l'électro-correcteur est actionné et les balais sont retardés.

L'évolution du système Picard a été indiquée plus haut (v. p. 251) : il fonctionne actuellement en triple-duplex et permet, grâce aux retransmetteurs, de multiples combinaisons.

TRANSMISSION AUTOMATIQUE AU BAUDOT

La transmission automatique au Baudot fut adaptée par Carpentier, en 1903 ; elle a lieu, comme au Weatstone (v. p. 205) à

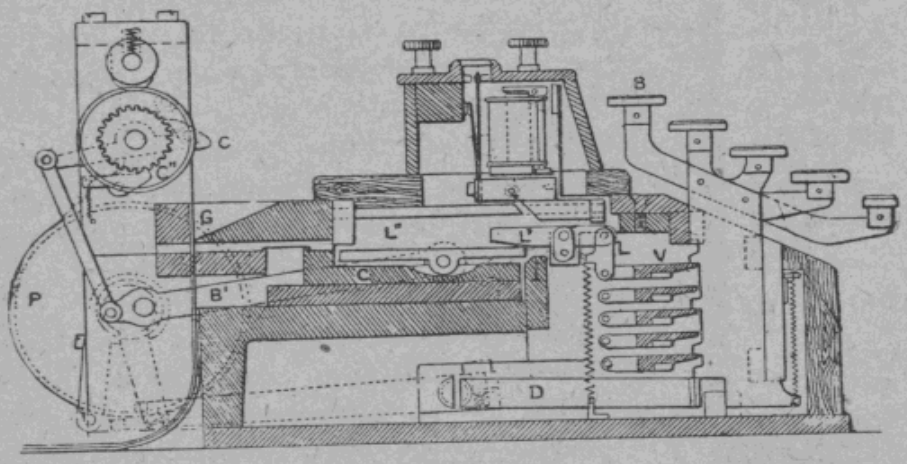


Fig. 281.

l'aide de bandes préalablement perforées, qui sont introduites dans un transmetteur automatique. Le perforateur est disposé comme une machine à écrire ; chaque bouton, B (fig. 281) est prolongé par une lame, dont les saillies et les creux figurent la combinaison qui correspond à la lettre ou au signe marqué sur le dit bouton. Lors de l'abaissement, les reliefs entraînent des volets horizontaux, V, au nombre de cinq ; chacun de ceux-ci porte, articulée sur son extrémité postérieure, une bielle, L, qui le rend solidaire d'un levier, L', lequel fait pivoter, à son

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tour, un levier basculant, L″, dont l'extrémité postérieure vient se placer devant un poinçon.

Les cinq leviers basculants sont montés sur un chariot mobile, C : il suffit donc de communiquer au chariot un mouvement d'avant en arrière pour que les poinçons, poussés par les leviers soulevés, viennent perforer la bande, qui passe dans la gouttière, G. La figure 282 montre une bande ainsi préparée, portant les mots « perforateur J. Carpentier » : les trous sont disposés dans le même ordre que les touches d'un manipulateur, ce qui permet à l'opérateur de contrôler aisément son travail. Dès que le signal est perforé, le chariot revient en arrière et les leviers, L″, rencontrant un plan incliné, I, reprennent leur position de repos.

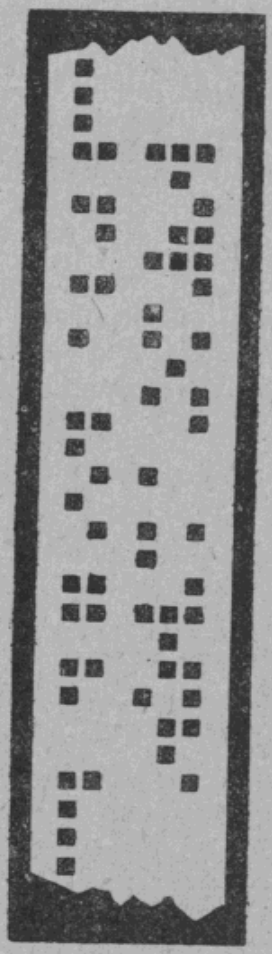


Fig. 282.

Le mouvement est donné au chariot par l'intermédiaire d'une bielle, B′, et d'une poulie, P ; celle-ci, folle sur son axe, tourne sous l'action d'un moteur électrique ; un frein à corde permet de l'embrayer, pour une révolution seulement, par l'intermédiaire du levier, D, qui, entraîné par tous les boutons, quels qu'ils soient, libère l'embrayage au moment du relèvement.

Le transmetteur automatique, dans lequel la bande est engagée au sortir du perforateur, comprend un fort électro-aimant dans lequel le distributeur envoie un courant à chaque tour des balais ; son armature, A (fig. 283) par l'intermédiaire d'un levier, L, imprime un mouvement longitudinal de va-et-vient à cinq cliquets, D, guidés par un peigne fixe, au-dessus duquel passe la bande perforée.

Lorsque l'armature, A, de l'électro-aimant est attirée, les cinq cliquets sont déplacés vers la droite ; sous l'action de leur ressort, r, ceux d'entre eux auxquels la bande présente un trou, y pénètrent par leur bec, D ; dès que l'armature est ramenée par son ressort antagoniste, r', la bande est entraînée vers la gauche par ceux des cliquets qui ont ainsi pénétré dans un trou. En outre, chacun de ces cliquets rencontre la branche coudée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un levier, B, sur lequel est monté un ressort de transmission, *t* : celui-ci, quittant la butée supérieure, R, à laquelle est rattachée la pile de repos, vient au contact de l'autre butée, T, reliée à la pile de travail : les leviers, B, qui remplacent ici les touches d'un manipulateur, communiquent avec des contacts du

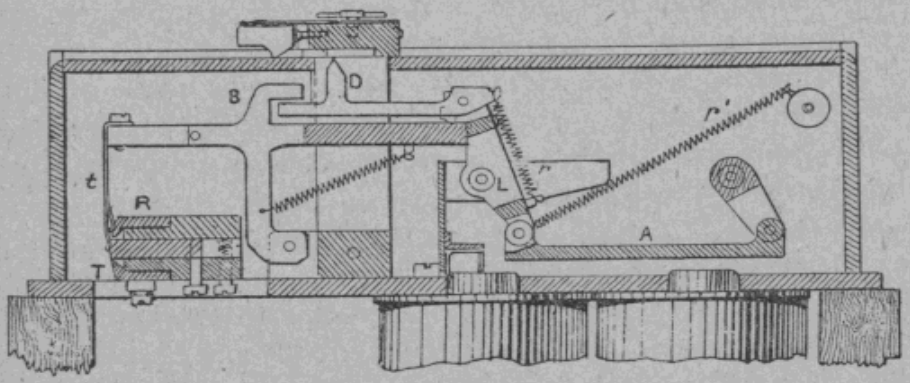


Fig. 283.

distributeur, et le signal est expédié dans les mêmes conditions qu'avec la transmission manuelle.

IV. — *SYSTÈMES DÉRIVÉS DU BAUDOT*

Divers systèmes dérivés du Baudot furent successivement imaginés : le premier en date est l'appareil Dubreuil (1903). Utilisant les mêmes distributeurs et relais que le Baudot, il vise seulement à augmenter le rendement individuel des opérateurs. A cet effet, le manipulateur est formé de huit touches (v. p. 299) ce qui permet de transmettre 255 combinaisons et donne un rendement évalué aux 5/3 de celui d'un secteur Baudot. Le traducteur est également une modification de celui de Baudot.

Le « multiplex » de Murray, installé en 1911, emploie le code Baudot, mais avec l'alphabet différent, signalé à l'occasion de l'automatique du même inventeur (v. p. 194). Le distributeur comporte seulement 20 contacts pour un quadruple, les contacts dits « de propagation » sont supprimés, ce qui exclut la possibilité d'alterner les transmissions à chaque révolution des balais : il est donc destiné à fonctionner exclusivement en duplex; c'est là, sans aucun doute, le point faible du système, les longues lignes aériennes manquant généralement de la stabi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lité nécessaire à ce mode de montage, notamment dans les pays à climat variable, comme la France; en outre, les contacts « de correction » sont également supprimés et le synchronisme est maintenu *sans courants spéciaux*, suivant un dispositif inspiré de celui de Pierre Picard (v. p. 252). La transmission est exclusivement automatique et a lieu à l'aide de bandes préalablement perforées; le perforateur et le transmetteur automatique sont comparables à ceux de Carpentier. Le traducteur, dont le combinateur est basé sur le même principe que celui de Baudot, imprime, non plus sur une bande, mais sur une feuille, qu'on coupe après la réception de chaque message.

La Western-Union Telegraph Cy acquit, en 1912, le droit d'exploitation des brevets Murray en Amérique; cette Compagnie mit bientôt en service des postes multiples munis de récepteurs construits par la Western Electric Cy; puis cette dernière établit, à son tour, des installations complètes, dont la ressemblance avec celles de Murray est d'ailleurs frappante; les différents appareils, perforateur, transmetteur automatique et traducteur sont décrits ci-après (v. p. 301); ce dernier organe est très volumineux et extrêmement compliqué; en outre des pièces mécaniques, il ne comprend pas moins de 26 relais ou électro-aimants, une quarantaine de contacts électriques, des shunts, parc-étincelles, une bobine de self, etc. alors que le traducteur Baudot comprend, en tout et pour tout, 5 électro-aimants récepteurs, plus un électro-frein monté sur le socle.

Les systèmes américains emploient le code à 5 signaux, mais avec l'alphabet de Murray; cette dualité d'alphabet présente des inconvénients d'exploitation; aussi Murray a-t-il imaginé un « redresseur », permettant aux appareils utilisant son alphabet spécial de recevoir les signaux de l'alphabet Baudot, et inversement.

L'appareil « rapide » de Siemens, construit vers 1912, est, en réalité, un Baudot simple, c'est-à-dire à un seul secteur, sur lequel on transmet automatiquement à l'aide d'une bande perforée. Il se classe donc plutôt dans la catégorie des *systèmes automatiques* : toutefois, il doit être mentionné ici, car, en outre de son mode de transmission, la traduction, à l'arrivée, est assurée par un combinateur *identique* à celui dont Baudot fit usage, en 1877, sur sa première installation quintuple (v. fig. 244, p. 259).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le système Siemens ne saurait prétendre au rendement du Baudot, car c'est uniquement le fonctionnement du mécanisme imprimeur, et non l'état électrique de la ligne, qui lui assigne une limite de vitesse; celle-ci est atteinte vers : 700 tours par minute, ce qui représente 700 signaux possibles, alors qu'un sextuple Baudot, sur une ligne moyenne, peut donner $180 \times 6 = 1.080$ signaux dans le même temps.

Système Baudot-Dubreuil (1903). — Ainsi qu'il est dit plus haut, le système Baudot-Dubreuil a pour but d'augmenter le ren-

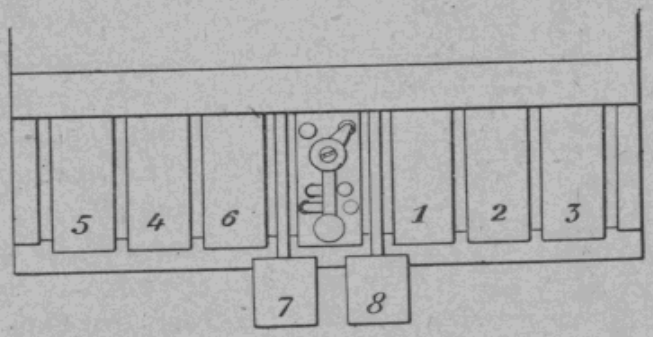


Fig. 284.

dement individuel des agents par rapport au Baudot ordinaire; à cet effet, on devait nécessairement songer à utiliser, pour la préparation des combinaisons, un nombre plus grand de doigts qu'avec le Baudot. Le nombre des combinaisons, égal à $2^n - 1$, serait considérablement accru. Toutefois, sans prétendre au rendement maximum, par l'utilisation intégrale des 10 doigts, on s'en est tenu à un clavier de huit touches, qui fournit le chiffre de 255 combinaisons. Les 8 touches (fig. 284) sont divisées virtuellement en deux groupes, l'un de 5, qui sert à former les 31 combinaisons de l'alphabet Baudot ordinaire, le second de 3 touches, à l'aide duquel on peut exécuter 7 combinaisons supplémentaires. Ces trois touches, numérotées 6, 7 et 8 sur la figure 284, constituent simplement la répétition des trois premières du Baudot; elles permettent de transmettre 6 voyelles et un blanc de séparation, celui-ci utilisable indistinctement pour les lettres et pour les chiffres, c'est-à-dire n'agissant pas sur le dispositif d'inversion.

La réunion de ces deux groupes permet la transmission simultanée, dans un seul tour des balais, de deux voyelles,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une consonne ou d'un blanc suivi d'une voyelle, d'une voyelle ou d'une consonne suivie d'un blanc.

L'agencement général du manipulateur ne diffère pas sensiblement de celui du Baudot (v. p. 258); les touches sont munies d'un accrochage mécanique; le relèvement qui, dans le clavier Baudot, est provoqué par l'électro-frappeur de cadence, échoit ici à un électro-aimant spécial, actionné par le contact qui précède celui de cadence. Les communications électriques sont identiques, à cela près du nombre des touches, à celles du Baudot.

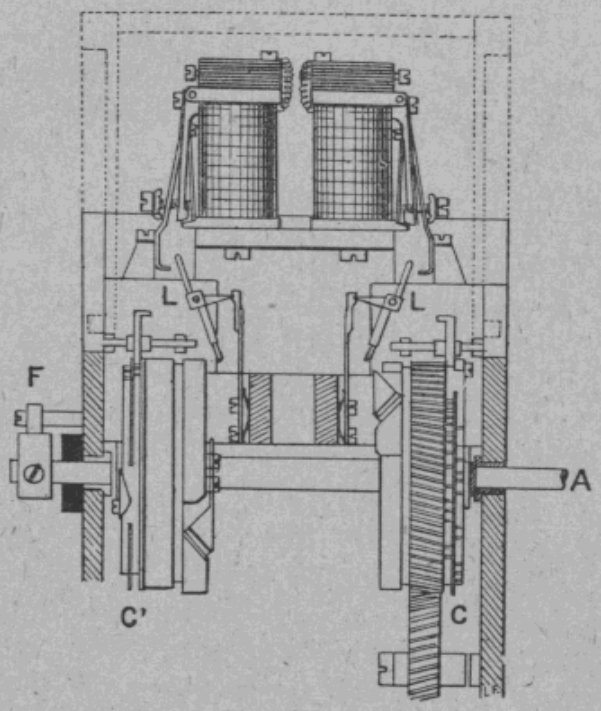


Fig. 285.

Le traducteur a exactement les mêmes dimensions que celui de Baudot et peut se placer sur les mêmes socles-moteurs; seul, l'agencement mécanique a été modifié (fig. 285). Sur l'axe, A, de la roue des types, sont calés deux combinateurs, l'un, *C*, correspondant au groupe de 5 électro-aiguilleurs du code Baudot et placé à l'avant, l'autre, *C'*, qui se trouve à l'arrière, à la place occupée d'ordinaire par le fermeur et sa came; ceux-ci ont été reportés à l'extérieur, en F. Les deux groupes d'électro-aiguilleurs sont placés verticalement, et les leviers aiguilleurs, L, modifiés en conséquence.

Les combinateurs, de même que les roues d'impression et des types, sont divisés en 50 parties, au lieu de 40, correspondant aux 31 combinaisons du groupe de 5, aux 7 combinaisons du groupe de 3 et à deux intervalles, de chacun 6/50, permettant le rappel du bras d'impression après un déclanchement possible dans chaque groupe. Le calage des deux combinateurs, l'un par rapport à l'autre, est indiqué sur la figure 286, qui montre, en même temps, la relation entre ceux-ci et les roues

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'impression et des types : les deux groupes de leviers chercheurs soutiennent un levier propulseur commun, et l'un d'eux entre en fonction au moment où l'autre, ayant terminé son travail d'exploration, tombe dans une partie évidée et laisse le champ libre au premier.

Le pourtour de la roue d'impression porte deux séries d'enco-

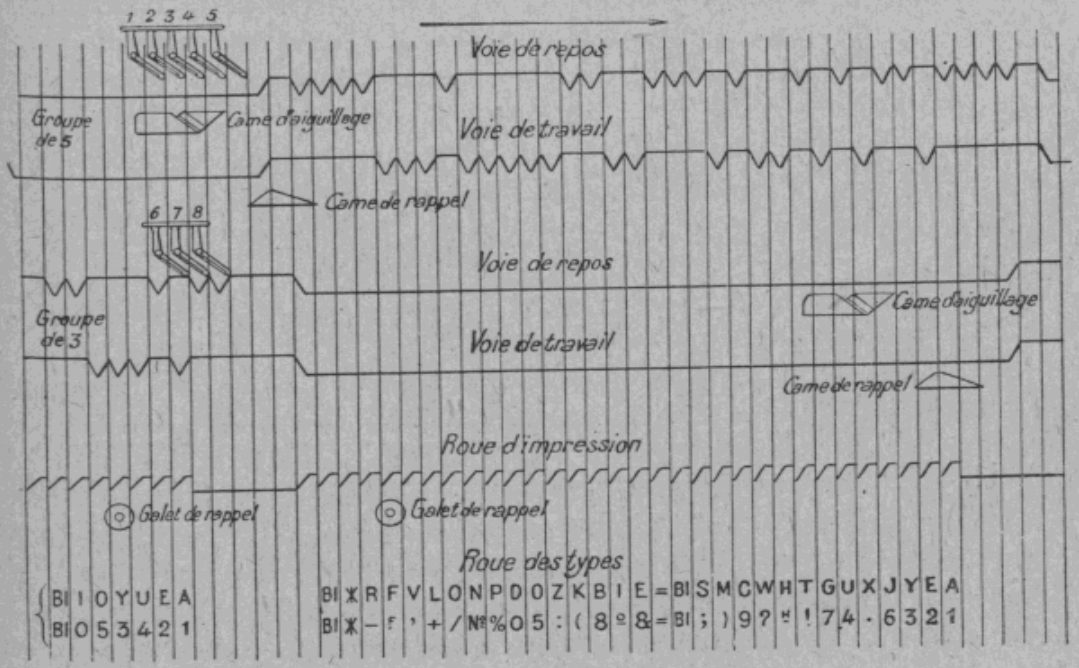


Fig. 286.

ches, l'une de 31 et l'autre de 7, séparées l'une de l'autre par des intervalles de 6/50; les deux galets de rappel occupent les places convenables, à l'arrière de la roue.

Le distributeur double-Dubreuil ne diffère en rien d'un distributeur triple-Baudot à 20 contacts.

Système de la Western Electric Cy (1913). — Le principe de ce système a été indiqué plus haut (v. p. 298). Les 32 leviers du clavier perforateur sont disposés sensiblement comme ceux du perforateur Carpentier (v. p. 295); l'un de ces leviers, L, est vu en coupe sur la figure 287 ci-après.

Sur leur tranche inférieure, les leviers présentent des encoches et des saillies disposées, comme dans le précédent, de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manière à représenter les différentes combinaisons du code Baudot (alphabet Murray); lorsqu'une touche est abaissée, les encoches transmettent le mouvement à un ou plusieurs leviers transversaux, L', terminés, à chacune de leurs extrémités, par des encoches obliques, dans lesquelles s'engagent des axes fixes; la pression exercée par la touche, L, détermine donc un mouvement de gauche à droite des leviers, L' : une articulation à rotule et un bras, B, le communiquent à cinq leviers sélecteurs, S, qui se déplacent vers la gauche jusque sous les poin-

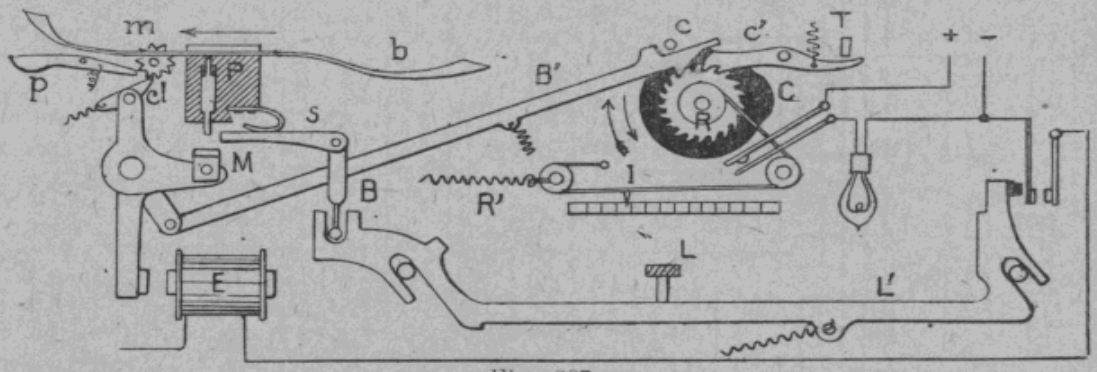


Fig. 287.

çons, P. Ceux-ci sont au nombre de six, dont cinq destinés à percer les trous de transmission; le sixième, de diamètre plus petit et actionné indifféremment par toutes les touches, sert à la perforation de progression comme dans le système Wheatstone (v. p. 206). Le levier, qui commande ce sixième poinçon, ferme alors le circuit de l'électro-aimant, E, dont l'armature projette de bas en haut le marteau, M; mais sa course est limitée de telle sorte qu'il ne peut atteindre directement que le poinçon de progression, plus long que ceux de transmission. Quant à ces derniers, ils ne sont poussés que par l'intermédiaire de leur levier sélecteur, S, s'il a été déplacé.

La perforation une fois opérée, la bande, *b*, est entraînée d'une division par la molette, *m*, sur laquelle agit un cliquet, *cl*, solidaire de l'armature de l'électro-aimant.

La réception ayant lieu en page, il est nécessaire que l'opérateur soit averti du moment où il doit donner les signaux de rappel du chariot et d'alinéa. A cet effet, à chaque perforation, un long bras, B' (fig. 287) commandé par l'armature de l'électro-aimant, déplace, par son cliquet, *c*, un rochet, R, sur l'axe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duquel est monté un tambour : une ficelle, attachée sur ce tambour, s'enroule ainsi, malgré l'opposition d'un ressort à boudin, R', et entraîne avec elle l'index, I, sur une règle graduée ; lorsque le rochet a progressé d'un nombre de divisions correspondant à une ligne presqu'entière du récepteur, une came, C, solidaire du rochet, vient pousser un ressort de contact : le circuit d'uue lampe électrique, à verre rouge, est fermé, et l'opérateur est averti qu'il ne dispose plus que de quelques divisions pour terminer la syllabe en cours de perforation.

Le levier de la touche « retour du chariot » porte un taquet, T, qui, lorsqu'on émet ce signal, vient appuyer sur la branche de droite du cliquet de retenue, *c'*, lequel soulève, à son tour, le cliquet d'entraînement, *c* : le rochet et, avec lui, l'index, I, reviennent à la position initiale.

Afin de permettre l'effacement des erreurs de perforation une pédale, *p*, placée à gauche du clavier, permet de faire rétrograder la bande, en agissant sur la molette d'entraînement, *m* ; puis l'opérateur abaisse, autant de fois qu'il est nécessaire, la touche « lettres », susceptible de percer cinq trous, c'est-à-dire qui complète uniformément à cinq le nombre de trous déjà perforés ; cette combinaison ne donnant lieu à aucun déclanchement dans le récepteur, le passage ainsi effacé passe inaperçu et n'occasionne qu'une perte de temps pour la ligne.

Le transmetteur automatique comprend cinq goujons, G (fig. 288) terminés, à leur partie supérieure, par une sorte d'aiguille cylindrique ; chaque goujon est posé sur un levier, L, qu'un ressort à boudin tend à soulever, de sorte que, lorsque la bande présente à l'aiguille un trou, celle-ci y pénètre ; le goujon, en s'élevant, entraîne un levier, L', muni d'un ressort-lame, connecté à un contact de la couronne de transmission du distributeur : ce ressort, quittant la butée de droite, reliée à la pile de repos, vient s'appuyer sur celle de gauche, tout comme une touche de manipulateur manuel. Lorsque les balais ont fini de parcourir le secteur auquel est relié le transmetteur, un courant local est envoyé dans l'électro-aimant, E, dont l'armature ramène le goujon, G, au repos ; le levier, L', suit le mouvement, sous l'action de son ressort antagoniste ; un jeu de cliquets fait avancer d'une division la bande, qui présente ainsi aux goujons une nouvelle combinaison, et ainsi de suite.

Si celle-ci n'est pas amenée en quantité suffisante pour ali-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

menter le transmetteur, elle se tend et soulève un levier, B : un courant continu est envoyé dans l'électro-aimant, E, ce qui a pour effet de maintenir tous les goujons abaissés et d'arrêter ainsi la transmission automatique. Dès que la perforation a rendu assez de bande, le levier, B, retombe, la transmission automatique reprend exactement au point où elle a été interrompue.

Le traducteur diffère de celui de Baudot en ce qu'il imprime

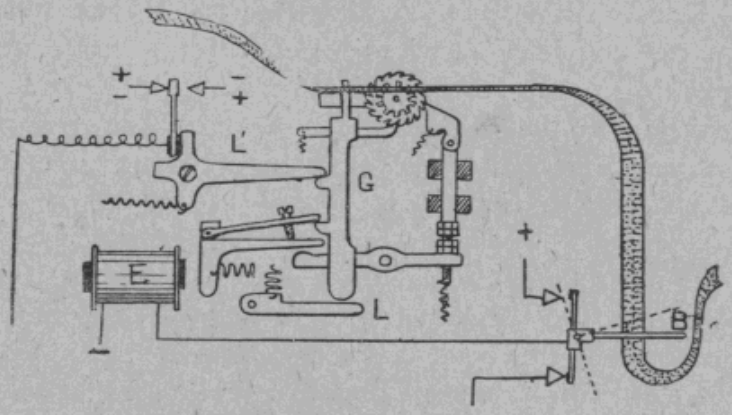


Fig. 288.

sur feuilles et non sur bande; en outre, il n'est pas rotatif, et toutes les fonctions y sont commandées électriquement : il est, de ce fait, beaucoup plus compliqué et ne comporte pas moins de 26 relais ou électro-aimants. Le papier, large de 21 centimètres, peut recevoir une soixantaine de caractères par lignes; il est placé sur un chariot, analogue à celui d'une machine à écrire, et qui, après chaque impression, se déplace d'une division. A la fin de chaque ligne, il est ramené à son point de départ, et, en outre, tourne de l'angle convenable pour assurer l'espacement des lignes.

Le combinateur, basé sur le même principe que celui de Baudot (v. p. 261) se compose de cinq disques présentant des creux et des reliefs ; le cylindre C (fig. 289), formé par la réunion de ces disques, est entouré par 31 leviers sélecteurs, S, sollicités par un ressort à tomber dans les creux du combinateur; chaque disque est placé sous la dépendance d'un électro-aimant, E, qui lorsqu'il est actionné, fait tourner le disque de quelques degrés; le déplacement d'un ou de plusieurs disques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a pour effet d'amener, sur l'une des génératrices, cinq creux, qui permettent la chute du levier sélecteur placé en face.

L'axe de la roue des types, RT, passe à la partie centrale du cylindre, C; un fort ressort à boudin, R, enroulé autour de la partie inférieure, et armé par l'effort d'un moteur électrique, M, tend à faire tourner l'axe ; ce mouvement est empêché par un

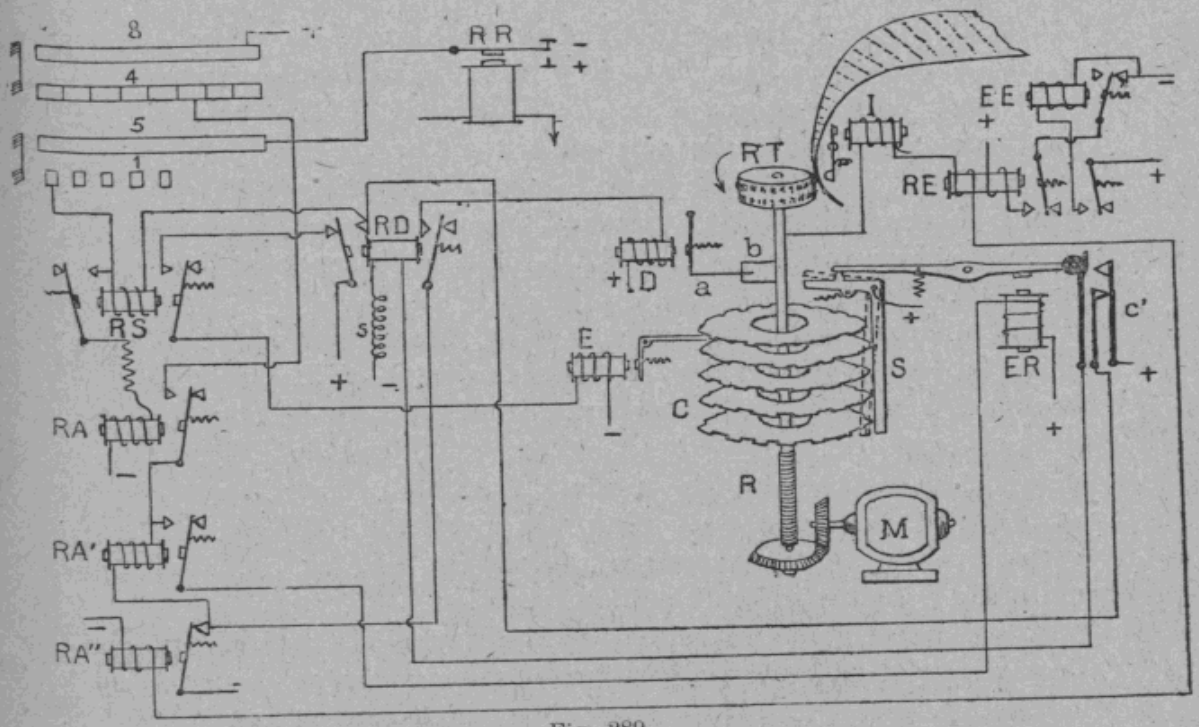


Fig. 289.

appendice, *a*, porté par l'armature de l'électro-aimant *démarreur*, D, et qui cale un bras, *b*, solidaire de l'axe.

Si l'on reçoit de la ligne un courant de travail, l'armature du relais *récepteur*, RR, est amenée sur le butoir de travail ; un courant local, venant du pôle négatif de la batterie, est envoyé, par l'intermédiaire des balais et d'un petit contact, dans le relais *sélecteur*, RS, et va se fermer au pôle positif, relié au conjoncteur, C'. Les deux armatures du relais sélecteur, RS, étant déplacées, celle de gauche donne issue au circuit aboutissant au conjoncteur, C', à travers ses propres bobines et celles du relais *auxiliaire*, RA ; le relai sélecteur se trouve ainsi maintenu en excitation après que le balai a quitté le petit contact ; l'armature de droite ferme le circuit de l'*électro-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aimant combinateur, E, et le premier disque est déplacé : si la combinaison reçue comprend d'autres courants de travail, ceux-ci agissent de même dans des circuits semblables.

Dès que les balais ont franchi le secteur, la couronne locale du distributeur envoie un courant qui, par l'intermédiaire du butoir de travail et de l'armature de RA, parcourt les bobines de RA′ et va se fermer sur le butoir de repos et l'armature de RA″. L'armature de RA′ ferme le circuit de deux électro-aimants *relaxeurs*, placés aux deux extrémités d'un même diamètre du combinateur, C, et dont un seul, ER, est visible sur la figure ; RA′ est maintenu sur travail, ainsi que ER, par un courant partant du pôle positif de la batterie, relié à l'entrée des bobines de ER, et passant par l'armature, le butoir de travail et l'enroulement de RA′, le butoir de repos et l'armature de RA″.

Les électro-aimants relaxeurs, ER, étant excités, leurs armatures libèrent tous les leviers sélecteurs, S, et l'un d'entre eux, trouvant cinq creux devant lui, pivote autour de son axe ; en même temps, la partie de droite de l'armature de ER amène le ressort de gauche du conjoncteur, C′, au contact du ressort de droite, et isole celui du milieu : le circuit de RS et de RA se trouve rompu, les armatures reviennent sur repos, ainsi que celle de l'électro-aimant sélecteur, E.

Les deux ressorts extrêmes de C′ ferment le circuit du *relais démarreur*, RD, qui, rendu paresseux par une self, *s*, ne fonctionne qu'après le retour au repos du relais sélecteur, RS ; l'armature de gauche de RD relie cependant l'enroulement de RS au pôle positif de la batterie, afin qu'il puisse fonctionner, si une nouvelle émission négative est envoyée par le relais récepteur, RR, avant le retour au repos.

L'armature de droite de RD ferme, à son tour, le circuit de l'*électro-aimant démarreur*, D, dont l'appendice, *a*, libère l'axe de la roue des types ; celle-ci se met à tourner jusqu'à ce que le bras, *b*, vienne buter contre le levier sélecteur soulevé, S, et ferme le circuit de l'*électro-aimant imprimeur*, I, à travers l'un des enroulements du *relais espaceur*, RE, et le *relais auxiliaire*, RA″ : le papier est projeté contre la roue des types.

En même temps, RE attire ses deux armatures : la première ferme le deuxième enroulement de ses propres bobines, mais cette auto-excitation est rompue dès que l'électro-aimant espa-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ceur, EE, est lui-même actionné, par suite du déplacement de la seconde armature de RE ; l'armature de EE, en se déplaçant, libère l'enclanchement du chariot, et le papier avance d'une division ; enfin, le relais RA, qui a été excité en même temps que RE, provoque la rupture du circuit de RA' et de l'électro-aimant relaxeur, ER, ainsi que ceux de RD et de D.

L'armature de ER ramène au repos le levier sélecteur, ce qui permet aux disques du combinateur de revenir également à leur position initiale ; la roue des types n'étant plus calée par le levier sélecteur, S, achève sa révolution ; enfin, le retour en arrière de ce même levier rompt le circuit de l'électro-imprimeur, I, de RE et de RA''.

Un certain nombre de leviers sélecteurs correspondent à des combinaisons spéciales, destinées à la commande du chariot, à l'inversion, etc. ; ils sont agencés pour fermer des circuits convenables, non représentés sur la figure 289.

L'impression en feuilles entraîne une perte de rendement d'environ 15 p. 100, par suite de la nécessité de signaux spéciaux pour la commande des mouvements du chariot porte-papier, et aussi pour les signaux d'alinéa, qu'on doit répéter plusieurs fois, après chaque télégramme, pour faire sortir la feuille d'une longueur suffisante avant de la couper. Le traducteur américain est également beaucoup plus compliqué que celui de Baudot, ainsi qu'il a été dit au début.

Le distributeur est agencé suivant le principe de Picard (v. p. 252), c'est-à-dire qu'il ne comprend ni contacts de propagation, ni contacts de correction : il doit être nécessairement monté en duplex, si l'on veut obtenir l'alternat des transmissions. Il se compose de 8 couronnes, dont 4 pleines, à la partie centrale, et 4 divisées, vers l'extérieur.

La 1re couronne comprend 40 contacts, dont 20, de deux en deux sont reliés aux relais sélecteurs des traducteurs, les 20 autres restent isolés, ce qui équivaut à l'écourtement des contacts dans les distributeurs Baudot. Le balai est conjugué avec celui de la 5e couronne, reliée au massif du relais de ligne.

La 2e couronne, également divisée en 40 contacts, est destinée à la correction du synchronisme qui a lieu sans courants spéciaux, comme dans le système Picard ; au poste corrigé; ces contacts sont répartis en deux séries dont l'une est isolée,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les contacts de la série paire sont reliés ensemble et à l'électro-correcteur ; le balai de la 5e couronne, conjugué avec celui de la 2e, est en relation avec le massif du relais de correction ; tout comme dans le système Picard, c'est seulement lorsque les balais du poste corrigé sont en avance sur ceux du correcteur, que le relais de correction peut envoyer son courant dans un contact de la série paire et faire fonctionner l'électro-correcteur. Le mécanisme de décalage est analogue à celui de Baudot; toutefois, il est susceptible de fonctionner plusieurs fois par tour des balais.

La 3e couronne sert à la transmission : ses 20 contacts sont reliés aux quatre transmetteurs automatiques ; son balai est conjugué avec celui de la 6e couronne, qui communique avec le pont du relais différentiel.

Les 4e et 8e couronnes assurent les fonctions locales, comme au Baudot.

Les balais sont entraînés par un moteur à « roue phonique », dérivé de celui de Paul Lacour et mis en action par les impulsions électriques données par un diapason, entretenu électriquement (v. p. 227) ; vers les extrémités des branches sont montées deux masses mobiles, à l'aide desquelles on peut modifier, dans d'assez larges limites, la fréquence des vibrations du diapason et, par suite, la vitesse de rotation de la roue phonique et des balais ; afin de parfaire le réglage, deux autres masses, montées du côté de la ligne neutre, peuvent être déplacées à l'aide d'une vis, et rendent possibles des modifications de vitesse extrêmement minimes. Enfin, sur l'axe de la roue phonique est monté un volant, lesté de mercure, qui concourt à la régularité du mouvement.

V. — *SYSTÈMES DIVERS*

Parmi les systèmes multiples employant d'autres codes que celui de Baudot, il convient de citer celui de Delany (1882), qui permet d'échanger simultanément quatre ou six transmissions Morse indépendantes : à cet effet, le plateau distributeur porte un nombre de contacts multiple de 4 ou de 6, suivant qu'il s'agit d'un quadruple ou d'un sextuple. Dans le cas d'un quadruple, on a réuni électriquement les contacts de 4 en 4,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c'est-à-dire 1, 5, 9, 13, etc... 2, 6, 10, 14... 3, 7, 11, 15... 4, 8, 12, 16... : chacun des appareils desservis par le distributeur est rattaché à un groupe et se trouve ainsi en relation avec la ligne pendant une succession de petits intervalles et dispose de la ligne, librement et sans cadence, tout comme s'il était seul ; les signaux ainsi transmis, bien que hachés, gardent, à l'arrivée, une continuité apparente qui suffit pour qu'ils restent traduisibles. L'isochronisme est assuré par la roue phonique de Paul Lacour ; le synchronisme doit être d'une grande précision, et c'est là le point faible de cet ingénieux dispositif ; aussi, malgré une modification apportée par Pollok, en 1896, fut-il supplanté, à partir de 1898, par le Baudot et quelques-uns de ses dérivés.

Le multiple quadruple de Rowland (1899) emploie un code différent des précédents ; une machine dynamo-électrique émet, sur la ligne, des courants alternatifs, à raison de 5 périodes 1/2 par secteur, soit 11 ondes consécutives alternées (1). La transmission consiste à supprimer, pour chaque signal, deux ondes non consécutives : le code ainsi formé comprend 46 combinaisons, chiffre égal à la somme des 9 premiers nombres (11-2). La transmission est effectuée à l'aide d'un manipulateur à clavier, disposé comme une machine à écrire ; les touches, abaissées suivant une cadence donnée par le distributeur, préparent automatiquement les suppressions d'ondes correspondant aux différents signaux ; la traduction est assurée, dans chaque secteur, par un groupe de 11 relais et un combinateur, qui rappelle celui du premier traducteur de Baudot (v. p. 258). La réception a lieu sur une bande de 15 centimètres de largeur, perforée de distance en distance ; on peut ainsi la détacher en feuilles de dimensions suffisantes pour être remises telles quelles au public. La vitesse de rotation des balais étant de 220 tours par minute, le rendement théorique horaire, par secteur, ressort à 13.200 lettres, ou 2.200 mots de 5 lettres séparés par un blanc ; pratiquement, ce nombre se trouve un peu inférieur à 1.800 mots, les combinaisons destinées à commander les déplacements du chariot représentant, comme dans le système Western (v. p. 307), une perte de temps très appréciable.

Ce système ne permet l'alternat des transmissions que s'il

(1) E. Montoriol. *Appareils et installations télégraphiques*, 1921, p. 444.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est monté en duplex : il est aujourd'hui délaissé pour diverses raisons, parmi lesquelles on doit ranger les troubles qu'il apporte dans les circuits voisins de ceux où on l'emploie.

Système Hughes multiple, de Le Grand (1899). — Chacun des appareils Hughes, constituant l'installation multiple, comporte, en outre des organes ordinaires, un axe supplémentaire, placé au-dessus de celui de la roue des types, qui lui communique le mouvement : cet axe sert à faire mouvoir les balais d'un petit distributeur comprenant quatre couronnes. La première, vers l'extérieur, présente 28 contacts, que nous appellerons respectivement A, B, C, D, E, etc. ; si le balai qui les parcourt est placé convenablement, il y a concordance absolue entre le passage de ce balai sur un contact déterminé et celui de la lèvre du chariot sur le goujon affecté de la même lettre (v. p. 144).

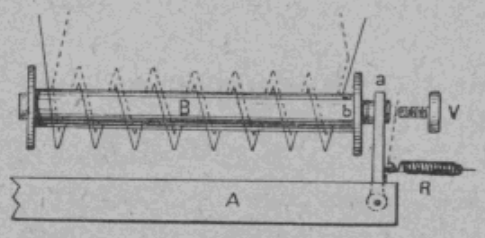


Fig. 290.

Chacun des contacts de la première couronne est relié à un électro-aimant, dit *attendeur*, consistant en un noyau de fer doux, B (fig. 290) sur lequel sont enroulés en parallèle deux circuits distincts ; l'armature, *a*, polarisée par l'influence d'un aimant permanent, A, est collée contre le noyau ; un ressort antagoniste, R, tend à l'arracher, mais un réglage analogue à celui de l'électro-aimant Hughes (v. p. 147) laisse une légère prépondérance à l'attraction magnétique ; dans ces conditions, si l'on fait passer dans l'un des circuits de la bobine un courant de direction telle qu'il tende à produire dans le noyau une polarité de même nom que celle de l'armature, celle-ci obéit à son ressort et vient s'appuyer sur son butoir de travail, V ; elle y reste jusqu'à ce qu'un autre courant, agissant en sens inverse, la ramène au contact du noyau.

Le balai de la première couronne est conjugué avec celui de la troisième, parcourant une couronne pleine, reliée au levier de transmission de Hughes : lorsque le chariot rencontre un goujon soulevé, le courant émis, au lieu d'aller directement sur la ligne, comme dans le système ordinaire, est envoyé dans le contact du petit distributeur qui se trouve, à ce moment, sous le balai, et, de là, dans le premier circuit de l'attendeur rattaché

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à ce contact ; l'armature, décollée, vient sur son butoir de travail ; les combinaisons de signaux sont ainsi *emmagasinées* provisoirement, et ce sont les attendeurs qui, reliés au distributeur général, les expédient sur la ligne.

Un synchronisme approximatif est nécessaire entre l'appareil

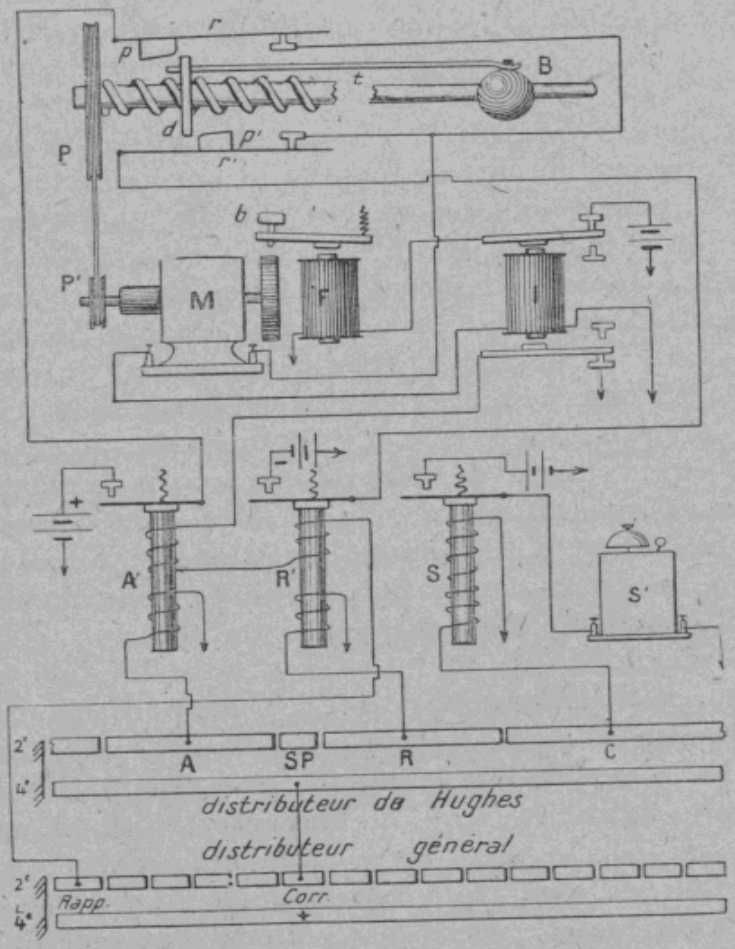


Fig. 291.

Hughes et le distributeur de ligne ; il est obtenu de la façon suivante : la vitesse du Hughes ayant été préalablement réglée de manière à être aussi identique que possible à celle du distributeur (v. p. 153), elle est automatiquement avancée lorsque le Hughes tend à prendre du retard, et inversement ; cela, par un déplacement, dans le sens convenable, de la boule du régulateur à tige vibrante. A cet effet, derrière la console qui supporte cette tige, est placée une vis sans fin, V (fig. 291) dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'hélice de laquelle pénètre un doigt, *d*, auquel est fixée la tige *t*, qui commande la boule, B; la poulie, P, montée sur l'axe de la vis sans fin, est susceptible d'être entraînée par celle, P′, d'un petit moteur électrique : tout mouvement dans ce dernier dans un sens ou dans l'autre, détermine donc un déplacement de la boule, B. Le moteur est ensuite bloqué par un frein, consistant en un électro-aimant, F, dont l'armature porte un bouchon, *b*, qui vient s'appuyer sur un disque solidaire de l'induit.

Le distributeur général, à chaque révolution de ses balais, envoie un courant correcteur dans la 4e couronne du petit distributeur; le balai de cette couronne est conjugué avec celui de la 2e; lorsque le balai du Hughes se trouve sur le contact, SP, au moment où arrive ce courant, on est en état de *synchronisme parfait*; mais, si le balai est en retard, une partie du courant est reçue dans le contact A, relié à un relais, qui envoie un courant positif dans le moteur; celui-ci tourne dans le sens qui convient pour rapprocher la boule, B, du point d'encastrement de la tige, et la vitesse du Hughes se trouve augmentée; si, au contraire, l'appareil est en avance, le courant correcteur est reçu dans le contact R et dans le second relais; le moteur recevant alors à un courant négatif, tourne en sens inverse et le mouvement détermine l'éloignement de la boule.

Ces déplacements sont réduits au strict minimum grâce au dispositif suivant : lorsque le doigt, *d*, a été poussé dans le sens de l'avance, par exemple, il vient rencontrer le plan incliné, *p*, le soulève en faisant fléchir le ressort, *r*, et rompt la communication entre le relais, A′, et le moteur. C'est à ce moment que doit intervenir le frein, afin que le moteur ne continue pas, par inertie, à tourner et à déplacer le doigt, *d* : à cet effet, le moteur prend terre à travers les bobines d'un électro-aimant interrupteur, I, muni de deux armatures, qui sont attirées tant que le moteur reçoit du courant; dès que l'interruption se produit, l'armature de gauche, revenant sur son butoir de repos, ferme le circuit du frein, qui bloque aussitôt l'axe de l'induit. L'autre armature rétablit le circuit de rappel des deux relais, A′ et R′; ceux-ci sont ramenés au repos un peu plus tard.

Afin de signaler la perte éventuelle du synchronisme, le contact, C, est relié à un quatrième relais, S, dont l'armature com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mande une sonnerie, S'; si le courant de correction est reçu sur le contact, C, la sonnerie fonctionne et avertit l'opérateur.

Les attendeurs sont réunis en deux groupes; ceux de rang

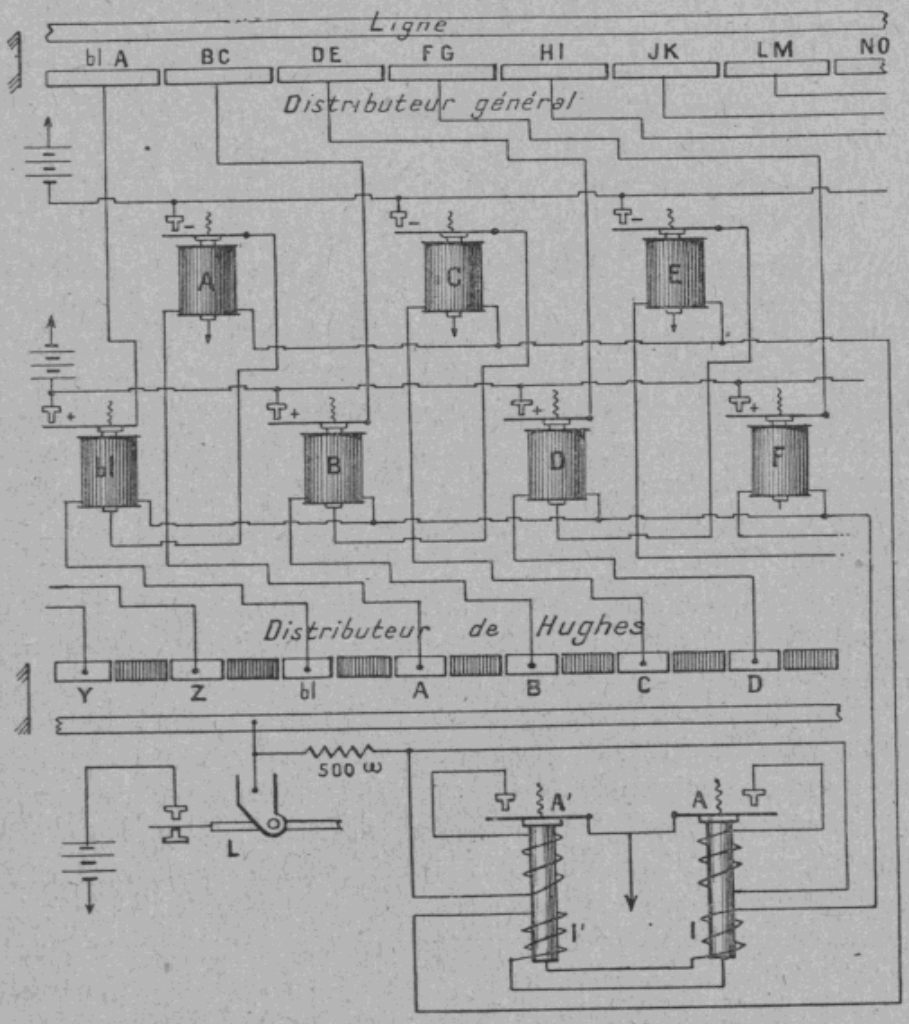


Fig. 292.

impair, Blanc, B, D, F, H, etc., émettent des courants positifs; ceux de rang pair, A, C, E, G, I, etc., ont, au contraire, leur butoir de travail relié à une batterie négative; enfin, chaque contact de la couronne de transmission du distributeur général est relié au massif de deux attendeurs, l'un positif, l'autre négatif : Blanc et A, au premier, B et C au second, D et F,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

G et H, etc. Afin d'éviter la mise en court-circuit des deux batteries, dans le cas où deux attendeurs, reliés au même contact, viendraient accidentellement à se trouver en même temps sur travail, on a réuni, d'une part, les sorties des attendeurs qui émettent le positif, d'autre part, tous les autres, munis de la batterie négative; ces sorties, communes à chaque série, sont amenées à l'un des enroulements de relais dits *interrupteurs de séries*, I, croisés de telle sorte que chacun d'eux prend terre par le noyau et l'armature de l'autre; si un attendeur positif, par exemple, est actionné, le courant qu'il reçoit traverse le relais interrupteur, I, soulève l'armature, A, qui coupe ainsi la terre à toute la série des attendeurs négatifs. Dans ces conditions, lorsqu'un goujon, celui du « blanc des lettres » par exemple, est soulevé, le levier de transmission reste sur sa butée de pile pendant que le balai parcourt le blanc, l'A et 1/4 de B; si l'attendeur A (négatif) est privé de sa terre, il ne fonctionne pas, et l'émission se trouve enregistrée seulement par les attendeurs « blanc » et B, émettant tous deux le positif; leur réunion formera donc, sur la ligne, une émission d'une durée double. La seule difficulté présentée par ce dispositif se rencontrait pour les attendeurs Y et Z, placés à la fin du secteur, et qu'on ne pouvait compléter par les « blanc » et A, situés au commencement de la révolution suivante; on y a remédié, d'une part, en donnant au 14e contact du distributeur général une longueur double de celle des autres, puis en reliant les terres attendeurs « blanc » et A, de manière qu'ils ne puissent fonctionner lorsque les attendeurs Y ou Z sont actionnés.

Les contacts qui n'envoient pas de courant doivent mettre la ligne à la terre, comme dans tous les systèmes. Afin d'éviter que la batterie d'un attendeur, mis sur travail, fût en court-circuit par la terre de celui qui lui est associé, l'armature de l'attendeur positif de chaque paire est seul rattaché directement au contact du distributeur; celle de l'attendeur négatif communique avec le massif du premier; enfin, le noyau de l'attendeur négatif est à la terre : cette dernière communication est renvoyée au contact du distributeur lorsque les deux armatures sont au repos, mais il suffit que l'une d'elles soit soulevée pour que la terre se trouve isolée.

Chaque attendeur, dès qu'il a réexpédié sur la ligne le signal qu'il a emmagasiné, doit être rappelé au repos avant le retour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du chariot sur le goujon qui lui correspond : c'est le rôle d'une couronne dont les contacts sont reliés chacun au second enroulement d'un attendeur : le courant, ainsi envoyé, renforce l'aimantation du noyau ; l'armature est attirée et reste collée dès qu'elle revient au contact.

L'appareil Hughes de réception comporte, comme celui de transmission, une couronne de 28 contacts, reliés chacun au massif d'un attendeur, jouant ainsi le rôle de relais ; sur le distributeur général, chaque contact de réception est relié à l'entrée de deux attendeurs, montés en série et obéissant, l'un au positif, l'autre au négatif : tous deux sont parcourus par les mêmes courants, mais un seul se trouve actionné, suivant le sens de ceux-ci.

Le distributeur général comprend deux plateaux, l'un placé sur la face postérieure de la cage, et affecté à la transmission, l'autre, sur la face antérieure, pour la réception ; chacun d'eux comporte quatre couronnes, parcourues par des balais conjugués deux à deux, le premier avec le troisième, le second avec le quatrième. Lorsque le chariot du Hughes de transmission rencontre un goujon soulevé, un courant est envoyé dans l'attendeur relié au contact parcouru à ce moment par le balai du petit distributeur ; cet attendeur, mis sur travail, renvoie la pile dont il est muni à un contact de la première couronne du distributeur général (plateau postérieur) ; lorsque le balai arrive sur ce contact, un courant est émis sur la ligne, par l'intermédiaire de la troisième couronne. Au poste correspondant, ce courant est reçu dans la troisième couronne du plateau postérieur, passe, par les balais, dans le secteur plein de la 1re, relié à l'entrée des deux relais de ligne, montés en série et orientés pour obéir, l'un au positif, l'autre au négatif : le relais qui se trouve mis sur travail émet un courant de même sens que celui qui l'a actionné ; il l'envoie à la 3e couronne du plateau antérieur et, par les balais, dans le contact de numéro convenable de la première ; ce contact est relié à deux attendeurs, montés de la même façon que les relais de ligne : l'armature de l'un d'eux, déplacée, envoie sa pile à l'un des contacts du petit distributeur de Hughes de réception ; lorsque le balai de ce dernier arrive sur ce contact, un courant parvient dans l'électro-aimant du Hughes et donne lieu à l'impression de la lettre qui convient. Sur l'un comme sur l'autre plateau, les attendeurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont rappelés, par l'intermédiaire des balais de 4e et 2e couronnes, aussitôt après qu'ils ont rempli leur office.

Le synchronisme entre les balais des deux postes correspondants est maintenu par un régulateur Baudot (v. p. 285) et un système correcteur identique à celui qui a été décrit plus haut (v. p. 278).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TROISIÈME PARTIE

APPAREILS ACCESSOIRES

XII

PILES ET ACCUMULATEURS

PILES HYDRO-ÉLECTRIQUES

Le premier générateur d'électricité dynamique fut imaginé, en 1800, par Volta. Ce savant avait engagé une controverse avec Galvani et affirmait que les phénomènes observés par ce dernier (v. p. 22) étaient dus à un dégagement d'électricité provenant du contact de deux métaux. Dans le but de produire une démonstration décisive, il disposa une série de couples formés de deux disques, l'un en zinc, l'autre en cuivre, *empilés* les uns sur les autres, d'où le nom de *pile* donné au dispositif ; il sépara les différents couples, ou *éléments*, par des rondelles de drap, humectées avec une dissolution saline, et qui dans sa pensée, avaient seulement pour but de réunir les différents éléments par une substance conductrice. Volta constata qu'entre le premier cuivre et le dernier zinc il obtenait une tension électrique suffisante pour reproduire les attractions, les répulsions et même les commotions qu'on provoquait avec la bouteille de Leyde ; il remarqua, en outre, que les effets obtenus étaient d'autant plus énergiques que le nombre des couples superposés était plus grand. Mais le dispositif présentait encore cette particularité remarquable qu'il ne se déchargeait pas instantanément, comme la bouteille de Leyde, et qu'au contraire ses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

effets persistaient pendant un certain temps, en réalité aussi longtemps que les rondelles de drap restaient humides.

Cette constatation l'amena bientôt à modifier la forme de l'instrument et, renonçant à la disposition en colonne, il réalisa sa *couronne de tasses*, formée d'un certain nombre de récipients en verre, disposés en cercle et contenant de l'eau saline; les couples métalliques étaient formés de la réunion d'une feuille de zinc et d'une lame de cuivre, qu'on plaçait à cheval sur deux tasses, c'est-à-dire le zinc dans l'une et le cuivre dans la suivante : Volta avait réalisé là le groupement qu'on a appelé plus tard *en tension* ou *en série*.

Peu de temps après, en 1801, Cruikshanks obtint des effets plus énergiques avec une pile formée d'une auge en bois, enduite intérieurement de glu marine et divisée en compartiments à l'aide de cloisons; celles-ci étaient formées chacune de deux plaques métalliques, l'une en zinc et l'autre en cuivre, soudées ensemble et ajustées de telle sorte que les compartiments ainsi formés étaient parfaitement étanches; l'auge était ensuite remplie d'eau acidulée. C'est sous cette forme que fut réalisée la pile dont Napoléon 1er fit don à l'Ecole Polytechnique, et qui servit aux travaux de Gay-Lussac et de Thénard.

La découverte de Volta enthousiasma le monde savant et, de toutes parts, on entreprit des expériences en vue de vérifier les effets physiques, chimiques et même physiologiques du courant voltaïque; Napoléon fonda un prix annuel « consistant en « une médaille d'or de 3.000 francs, pour la meilleure expé- « rience faite, dans le cours de chaque année, sur le fluide élec- « trique »; il désira également « donner en encouragement une « somme de 60.000 francs à celui qui, par ses expériences et « ses découvertes, aura fait faire à l'électricité et au galvanisme « un pas comparable à celui qu'ont fait faire à la science « Franklin et Volta » (1).

La pile de Cruikshanks offrait cependant cet inconvénient que les zincs usés ne pouvaient être remplacés et que la pile entière se trouvait alors hors de service. Wollaston, en 1812, réalisa une pile formés d'un certain nombre d'auges en verre, remplies d'eau acidulée; les lames de zinc et de cuivre étaient fixées à une traverse en bois, qui permettait de les enlever faci-

(1) *Mémoires de l'Institut National*, t. V, p. 223

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lement toutes à la fois, et de procéder sans difficultés au remplacement des zincs usés.

Ces deux derniers systèmes donnaient des courants plus intenses que la pile de Volta, mais, tout comme avec cette dernière, ces courants ne restaient constants que pendant un temps assez court, et le débit baissait ensuite rapidement. La cause de cet affaiblissement ne fut connue qu'après une série d'expériences entreprises, dans des buts d'ailleurs tout différents, par divers savants :

Deux physiciens anglais, Carlisle et Nicholson, recherchant, dès l'année 1800, quels effets le courant galvanique pouvait produire sur l'eau, constatèrent la décomposition de celle-ci en oxygène et en hydrogène; on ne vit là, tout d'abord, que le corollaire de l'expérience de Cavendish, qui avait démontré, en 1781, que ces deux métalloïdes, en se combinant, produisent de l'eau, et Grotthuss, en 1805, exposa la théorie, encore admise aujourd'hui, de l'électrolyse; les lois qui régissent ce phénomène furent établies par Faraday, en 1833.

En 1820 Gautherot, répétant les expériences de Carlisle et Nicholson, avait découvert la *polarisation galvanique*, d'où il résultait que si, après avoir électrolysé de l'eau, on réunissait métalliquement les deux électrodes du voltamètre, on obtenait un « courant de polarisation ». Ce phénomène éclaira la cause de l'affaiblissement des piles employées jusqu'alors, affaiblissement qui provenait de la polarisation de l'électrode positive, par suite du dépôt de bulles d'hydrogène dont elle se recouvrait.

Les efforts des inventeurs tendirent, dès lors à éliminer cet hydrogène, au fur et à mesure de sa production; une foule de moyens, tantôt mécaniques, tantôt chimiques furent préconisés. Enfin, en 1828, Becquerel, obtint des résultats satisfaisants en adjoignant, à la pile de Wollaston, du sulfate de cuivre comme dépolarisant; le vase était divisé en deux compartiments, séparés par un diaphragme de baudruche, soigneusement appliqué sur les parois à l'aide de mastic; dans l'un des compartiments, Becquerel plaçait le zinc et l'eau acidulée, dans l'autre, le cuivre et une solution de sulfate de cuivre : c'est la première des piles cloisonnées, à deux liquides (1), dont les

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série t. XLI, 1829, p. I.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

types sont aujourd'hui variés à l'infini, et grâce auxquelles le courant produit a pu être rendu suffisamment constant.

Becquerel essaya de différentes substances pour constituer le *vase poreux*; après la vessie de porc, il fit usage de toile à voile, de porcelaine dégourdie, de plâtre, de creusets ordinaires, etc., etc.

La pile de Becquerel fut modifiée dans sa forme, en 1836, par Daniell, dont elle a conservé le nom, puis par Callaud (1857), Meidinger (1859), Minotto (1860), etc., qui employèrent les mêmes substances avec des dispositifs différents (v. p. 322).



ANTOINE-CÉSAR BECQUEREL 1788-1878.

C'est dans cette période que se place la fameuse controverse sur la cause même des courants produits par les piles; certains physiciens défendaient la « théorie du contact », d'autres la « théorie chimique ». A la suite de travaux dont il publia successivement les résultats, Becquerel confirma les observations de Lavoisier et Laplace qui, dès 1781, signalaient, dans les actions chimiques, la production d'électricité; il démontra que, si l'on met deux métaux en contact, on n'obtient une production d'électricité qu'autant qu'il y a action chimique, frottement ou différence de température; il établit, de même, que, lorsqu'un corps se combine avec un autre, on trouve de l'électricité positive sur celui qui se comporte comme un acide et de l'électricité négative sur celui qui agit comme base (1); il démontra enfin que les décompositions chimiques

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 19 mai 1823.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produisent des effets inverses de ceux qui se manifestent dans les combinaisons, et énonça le premier les lois générales du développement de l'électricité dans les actions chimiques (1). Il réunit, sous le nom d'*électro-chimie* un ensemble de phénomènes résultant de ses expériences sur les effets chimiques produits par l'action des courants ; décompositions, transport de molécules, cristallisations, etc.

La propriété que possède le zinc amalgamé, de n'être que très faiblement attaqué par l'eau acidulée sulfurique, fut signalée, en 1826, par Humphry Davy, qui, toutefois, se borna à établir que le zinc amalgamé est positif par rapport au zinc pur, mais sans chercher l'application pratique de cette remarque; la même année, Kempt construisit une pile dans laquelle le zinc était amalgamé, et cet exemple se généralisa peu à peu.

En 1839, Grove présenta à l'Académie des Sciences de Paris une pile très énergique, dans laquelle un zinc amalgamé était attaqué par de l'eau acidulée sulfurique; le pôle positif, constitué par une lame de platine, plongeait dans un mélange d'acide nitrique et de potasse, contenu dans un vase poreux en terre de pipe; Grove supprima bientôt la potasse et n'employa, ensuite, comme dépolarisant, que l'acide nitrique (2). En 1843, Bunsen envoya à la savante Compagnie la description d'une pile qui ne différait de celle de Grove qu'en ce que le conducteur de platine était remplacé par une lame de charbon de cornue. Malgré cette similitude, qui semblait devoir laisser à Grove la priorité, ce genre de pile conserva le nom de Bunsen, qui est encore employé aujourd'hui.

Un autre système de pile à dépolarisant acide fut produit, en 1844, par Poggendorff, qui, reprenant des essais faits par Bunsen, en 1841 (3), employait à cet effet le bichromate de potasse; le travail de la pile libérait une certaine proportion d'acide chromique, qui se trouvait ensuite décomposé en présence de l'hydrogène naissant et lui abandonnait son oxygène; la pile de Poggendorff a été perfectionnée par Grenet, en 1855, puis par Fuller, en 1871; sous la forme que lui donna ce dernier (v. p. 326), elle fut employée, pendant de longues années, dans le service télégraphique anglais.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVIII, 1824, p. 16.
(2) *Philosophical Magazine*, t. XIV, p. 129 et t. XXI. p. 417.
(3) *Poggendorff Annalen*, 1841. p. 54 et 420.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il convient de mentionner un troisième genre de piles : celui dans lequel un oxyde est employé comme dépolarisant : en 1856. De la Rive employa à cet effet le peroxyde de plomb, qu'il plaçait dans un vase poreux, autour d'une lame de platine ; à la même époque, il essaya de substituer au peroxyde de plomb le peroxyde de manganèse, mais il trouva que la pile, ainsi réalisée, était inférieure à la première, et ne persévéra pas dans cette voie. Huit ans plus tard, en 1864, Leclanché, après divers essais, revint au peroxyde de manganèse ; il construisit la pile qui porte son nom et qui est encore l'une des plus répandues à l'heure actuelle (v. p. 327). En 1883, De Lalande et Chaperon employèrent, comme dépolarisant, l'oxyde de cuivre et, comme excitateur, la potasse caustique (v. p. 328).

PILE VOLTA ET SES DÉRIVÉES

Pile Wollaston (1810). — Dans une auge oblongue en verre plongent deux lames métalliques, l'une en cuivre, en forme d'U, l'autre en zinc, placée entre les branches de la première ; des entretoises isolantes maintiennent l'écartement convenable ; le vase est rempli d'eau acidulée.

Pile Zamboni (1812). — Dans un tube de verre, on a empilé des rondelles de papier, de trois centimètres environ de diamètre, étamées sur l'une de leurs faces et recouvertes, sur l'autre, d'une couche de peroxyde de manganèse, délayé dans de l'eau contenant de la gomme. Les rondelles sont placées de manière que la partie étamée de l'une soit en contact avec le peroxyde de la suivante. Ce dernier est décomposé et cède de l'oxygène à l'étain, qui s'oxyde. La force électromotrice de cette pile dépend du nombre de paires de rondelles, qui constituent, en réalité, autant d'éléments distincts, dont les actions s'ajoutent ; par contre, sa résistance intérieure est considérable, la conductibilité entre les divers éléments étant assurée seulement par l'humidité qui contient le papier.

PILE DANIELL ET SES DÉRIVÉES

Pile Daniell (1836). — Vase en verre contenant de l'eau acidulée sulfurique, et dans lequel est immergée une couronne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de zinc, à l'intérieur de celle-ci est un vase poreux, rempli d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre; l'électrode positive est constituée par un fil de cuivre rouge enroulé en spirale à sa partie inférieure. E = 1,04. R = 5 ohms, environ.

Dans un modèle ultérieur (1860), une réserve de sulfate de cuivre est contenue dans un ballon de verre rempli d'eau; le col de ce ballon est fermé par un bouchon de liège traversé par un tube de verre qui descend jusqu'au fond du vase poreux et entretient constamment la saturation du liquide dépolarisant.

Pile Callaud (1857). — A la partie inférieure du vase, on place des cristaux de sulfate de cuivre, sur un disque ou un papillon de cuivre, auquel est soudé un fil de cuivre recouvert de gutta-percha; à la partie supérieure est une couronne de zinc, soutenue par des crochets; le vase est ensuite rempli d'eau pure ou légèment acidulée; les deux dissolutions qui se forment, sulfate de cuivre à la partie inférieure et sulfate de zinc à la supérieure, se superposent par leur seule différence de densité; au fur et à mesure du travail de la pile, on élimine périodiquement du sulfate de zinc et on le remplace par de l'eau pure : la densité de cette dernière liqueur reste ainsi toujours inférieure à celle du sulfate de cuivre, qu'on entretient, au contraire, à saturation, par l'addition de cristaux. E = 1,07. R = 6 ω. environ.

Pile Meidinger (1859). — Au fond du vase est un gobelet en verre, contenant une lame de cuivre, à laquelle est attaché le fil de cuivre servant d'électrode; le cylindre de zinc est placé à la partie supérieure du vase en verre; un tube de verre, percé de trous à sa base et contenant des cristaux de sulfate de cuivre, descend jusque dans le gobelet et y entretient la saturation; le sulfate de zinc se tient à la partie supérieure, dans les mêmes conditions que dans la pile Callaud.

Cette pile est parfois munie, en outre, d'un ballon formant réservoir de sulfate de cuivre, et disposé comme celui de la pile Daniell.

Pile à sable, de Cook (1860). — Une cuve en bois laqué est divisée en compartiments : dans chacun de ceux-ci se trouve une lame de zinc amalgamé et une lame de cuivre; on le remplit ensuite de sable pur et fin, humecté d'eau acidulée sulfurique au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1/12. Pendant les intervalles de repos, il se forme un peu de sulfate de cuivre, mais, dès que le circuit est fermé, ce sel est décomposé et le métal revient se déposer sur l'électrode positive.

Pile Marié Davy (1860). — Pile analogue à celle de Daniell, mais dans laquelle le cuivre est remplacé par un prisme de charbon et le sulfate de cuivre dépolarisant par du sulfate d'oxydule de mercure. E = 1 v. 3, R = 6ω.

Pile au bisulfate de mercure, de Gaiffe (1865). — Petite pile du genre Marié-Davy, sans vase poreux, employée pour les appareils à induction voltaïque du même inventeur; elle se compose de deux éléments, réunis dans une même boîte en ébonite à deux compartiments; au fond de chaque compartiment est encastrée une plaque de charbon; trois petites saillies en ébonite sont destinées à supporter une plaque de zinc amalgamé munie d'un bouton à sa partie médiane; de petits fils de platine, saisis dans le moulage des saillies, se trouvent en contact avec le zinc et assurent sa communication avec le charbon de l'élément suivant ou avec la borne extérieure. On verse, dans chaque compartiment, un peu d'eau et de bisulfate de mercure, puis on place les lames de zinc, et la pile ainsi montée peut fonctionner pendant une heure environ; après quoi, il faut renouveler le sulfate.

Pile Minotto (1860). — Au fond du vase est placé un disque de cuivre, auquel on rattache un fil de même métal, constituant l'électrode positive; sur ce disque, on a disposé des cristaux de sulfate de cuivre et enfin une couche de sable de rivière, siliceux et non calcaire; le vase est ensuite rempli d'eau acidulée, dans laquelle on fait plonger la lame de zinc.

Pile portative de Rumkorff (1865). — Un bloc en ébonite, dans lequel sont percés trois trous cylindriques : sur le dessus, formant couvercle, sont montés trois cylindres de charbon et, concentriquement, trois crayons de zinc; le tout plonge dans une solution de bisulfate de mercure. L'étanchéité est obtenue par le serrage du couvercle, sur une plaque de cuir, à l'aide de huit vis à oreilles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pile Daniell étalon (1885). — Elément du type Daniell, présentant seulement une disposition particulière, destinée à ne le mettre en activité que pendant le temps où l'on en fait usage. Le vase est divisé en deux compartiments distincts; celui de gauche contient une solution à moitié saturée de sulfate de zinc; à la partie supérieure, et ne touchant pas le liquide, est une plaque de zinc. Dans le compartiment de droite est un vase poreux renfermant une lame de cuivre et des cristaux de sulfate de cuivre, et plongeant dans une dissolution saturée du même sel. Lorsqu'on veut faire usage de la pile, on transporte le vase poreux dans le compartiment zinc; son immersion a pour effet d'élever le niveau du liquide excitateur, qui vient alors baigner la lame de zinc; dès qu'on a terminé, le vase poreux est replacé dans le compartiment de droite; le peu de sulfate de cuivre qui a pu se mêler au sulfate de zinc, pendant l'emploi de la pile, est réduit, au cours de la période de repos, par un petit bâton de zinc placé à cet effet au fond du vase contenant le liquide excitateur.

Pile Baudot (1895). — Employée pour alimenter, sous le minimum de volume, les installations portatives de Baudot; un vase cylindrique en cuivre, de 15 centimètres de hauteur sur 4 de diamètre, forme le pôle positif d'une pile Daniell, et contient une dissolution saturée, préparée à l'avance, de sulfate de cuivre; à l'intérieur de ce cylindre, un petit vase poreux en toile, fermé par un fond en bois et maintenu par deux réglettes également en bois et vissées l'une sur l'autre, renferme un crayon de zinc de 7 millimètres de diamètre et une dissolution faible de sulfate de zinc.

PILES A ACIDE DÉPOLARISANT

Pile Bunsen (1843). — Un vase de grès vernissé renferme un fort cylindre de charbon, plongeant dans de l'acide nitrique; un vase poreux, placé concentriquement au cylindre de charbon, contient une épaisse lame de zinc, baignant dans de l'eau acidulée sulfurique. E = 1 v. 6; E = 0 ω. 25.

Pile Poggendorff (1844). — Dans un vase en grès est placé un cylindre de zinc amalgamé, plongeant dans de l'eau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

acidulée sulfurique au 1/12; à l'intérieur du cylindre de zinc est un vase poreux dans lequel on a placé un prisme de charbon, formant le pôle positif, et un mélange de 3 parties de bichromate de potasse, 4 d'acide sulfurique et 18 d'eau (ces proportions sont celles indiquées par Poggendorff lui-même; on emploie aussi une composition dans laquelle les proportions sont respectivement 12, 25 et 100).

Le dépolarisant de cette pile est, en réalité, l'acide chromique, mais, comme ce dernier est très difficile à obtenir à l'état libre, on le produit au fur et à mesure du dégagement d'hydrogène résultant du fonctionnement de la pile. E = 2 v. 028; R = 0 ω. 9.

Pile Grenet (1865). — Cette pile est contenue dans un vase en verre, formé d'un ballon surmonté d'un col allongé; celui-ci porte, à son extrémité, une douille métallique, sur laquelle se monte, à baïonnette, un bouchon en ébonite. Sous la face inférieure du bouchon sont fixées deux lames de charbon, raccordées à des bornes extérieures et, entre celles-ci, un canon métallique, dans lequel on peut faire glisser une tige en laiton portant une plaque de zinc; de petites plaques d'ébonite, placées sur les charbons, évitent tout contact avec le zinc. Celui-ci est introduit dans le liquide lorsqu'on veut mettre la pile en activité et relevé aussitôt après; ce liquide est formé, comme celui de l'élément Poggendorff, de bichromate de potasse, d'acide sulfurique et d'eau.

Pile Fuller (1871). — La plaque de zinc, élargie à sa partie inférieure de manière à pouvoir se tenir debout, est soigneusement amalgamée et placée dans un vase poreux, qu'on remplit d'eau acidulée; le fil de cuivre relié à l'embase, qui sert de connexion au zinc, est également amalgamé; enfin, on a versé, au fond du vase poreux, environ 30 grammes de mercure liquide. Le dépolarisant est le bichromate de potasse, comme dans les précédentes; il est contenu dans le vase extérieur en verre, ainsi que trois prismes de charbon, réunis par une couronne de cuivre et formant le pôle positif. E = 2 v.; R = 1 ω.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PILES A OXYDE DÉPOLARISANT

Pile Leclanché à vase poreux, modèle télégraphique (1864). — Un vase carré en verre, de 12 centimètres de hauteur, contenant une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque et un crayon de zinc amalgamé; dans ce récipient, on plonge ensuite un vase poreux, renfermant une plaque de charbon, entourée d'un mélange, par parties à peu près égales, de charbon de cornue et de peroxyde de manganèse; la plaque de charbon porte, à sa partie supérieure, une calotte de plomb, moulée à chaud et emprisonnant l'extrémité d'une lame de cuivre étamé, à laquelle est soudé le zinc de l'élément suivant; le vase poreux est obturé par un couvercle d'arcanson fondu. E = 1 v. 45, R = 5 ou 6 ω.

Pile Gaiffe (1865). — Modification de la pile de Leclanché; le liquide excitateur est une solution de chlorure de zinc; cette substance offre divers avantages, entre autres celui de ne pas attaquer le zinc à circuit ouvert et d'être très bonne conductrice; de plus, l'oxychlorure de zinc, qui résulte du fonctionnement de la pile, est très soluble dans le chlorure de zinc. Le pôle positif est constitué par un cylindre creux de charbon, dans lequel on tasse du peroxyde de manganèse. E = 1,3, R = 1 ohm, maximum.

Pile Leclanché-Barbier à aggloméré (1890). — Le pôle positif consiste en un cylindre creux, obtenu par la compression d'un mélange de 40 parties de peroxyde de manganèse, 55 de charbon et 5 de résine ou de gomme-laque; cette dernière substance n'a pour objet que de former une sorte de ciment, donnant à l'ensemble, toute la cohésion nécessaire. Le crayon de zinc est placé à la partie centrale; il porte, à son extrémité supérieure, un petit bouchon de bois, qui sert, tout à la fois, à le soutenir et à fermer l'orifice du cylindre; le pourtour de celui-ci porte une bande de caoutchouc qui, en s'appuyant sur le col du vase, donne une fermeture suffisamment étanche pour éviter l'évaporation du liquide. La résistance intérieure de cet élément atteint à peine 1 ohm.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pile Leclanché à sac (1895). — Le mélange du peroxyde et de charbon est renfermé dans un sac en toile et convenablement pressé contre la plaque de charbon. Une plaque de zinc forme une fraction de cylindre dans le petit modèle et un cylindre entier dans le grand. La résistance intérieure est très faible, et ne dépasse pas 0 ω 5.

Pile bloc, de Germain (1890). — Pile du type Leclanché, dont le liquide est immobilisé dans de la cellulose extraite de la noix de coco, généralement désignée sous le nom de *coffer-dam*.

L'élément, renfermé dans une boîte en chêne, comprend de bas en haut : une plaque de zinc non amalgamé, une couche de cofferdam imbibée d'une dissolution de chlorure alcalin, une lame de charbon noyée dans une couche de peroxyde de manganèse, une seconde couche de cofferdam et une seconde plaque de zinc, semblables aux précédentes, enfin, un plateau de bois dur, sur lequel appuient deux forts ressorts en acier trempé, fixés au couvercle, et qui assurent la cohésion de l'ensemble.

Cette pile donne 1 v. 35 à circuit fermé; sa durée est de deux ans, environ, sans entretien.

Pile Delafon (1899). — Formée de la réunion de deux éléments distincts groupés en quantité. Le pôle positif de chacun d'eux consiste en un sac de toile, renfermant une plaque de charbon, autour de laquelle on a tassé du peroxyde de manganèse ; ce sac est placé à l'intérieur d'un compartiment formé par une lame de zinc repliée; l'intervalle est comblé par un mélange de chlorhydrate d'ammoniaque et de *gelose*, sorte de gélatine, qui immobilise la substance excitatrice et rend la pile transportable.

Pile de Lalande et Chaperon (1883). — Sur le rebord du vase en verre est suspendu un demi-cylindre de zinc, en face duquel est suspendu de même un sac renfermant de l'oxyde de cuivre en grains ; le liquide excitateur est une dissolution de potasse caustique à 40 p. 100. La force électro-motrice est peu élevée, 0 v. 85 environ, mais la résistance intérieure est très faible, et ne dépasse pas 0 ohm. 3. En outre, le débit est absolument constant, quelle que soit l'intensité fournie.

Le sac contenant le dépolarisant a été remplacé (1895) par une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plaque d'oxyde de cuivre, agglomérée à la presse hydraulique, qui est maintenue par un cadre en cuivre et suspendue au couvercle de l'élément; une plaque de zinc, suspendue de même, est placée parallèlement au cadre, dont elle est tenue à petite distance par des entretoises en ébonite. La résistance intérieure est encore plus faible qu'avec la disposition précédente, et descend à 0 ω 05 environ.

La *pile Edison* est constituée de façon analogue, mais emploie, comme liquide excitateur, une dissolution de soude caustique. Les constantes sont identiques à celles de pile de Lalande et Chaperon.

PILES DIVERSES

Pile d'essai, au chlorure d'argent, de Gaiffe (1867). — L'élément, renfermé dans un petit étui en ébonite, se compose d'une lame de zinc, séparée, par quelques feuilles de papier buvard, d'un sac en gaze, contenant une lame de chlorure d'argent fondu, dans laquelle est noyée une lame d'argent formant électrode; le tout est fixé au couvercle de l'étui. Pour mettre la pile en activité, on la plonge dans une solution de chlorure de zinc; pendant le travail, le chlorure d'argent est réduit en argent spongieux qui, par sa nature même, se laisse facilement pénétrer par le liquide, de sorte que la réduction du chlorure peut être complète. La force électro-motrice est égale à 1 volt; la résistance intérieure est très faible.

Pile à dépolarisation par l'air, de Féry (1917). — Cette pile est dérivée de celle de Leclanché, en ce qu'elle comprend : zinc, solution de sel ammoniac et charbon, mais la dépolarisation est produite exclusivement par l'oxygène de l'air. Une plaque de zinc, à laquelle est soudé un fil de cuivre, est couchée horizontalement au fond du vase; l'électrode positive consiste en un cylindre de charbon, creux et très poreux, reposant sur un croisillon en ébonite, supporté lui-même par la plaque de zinc. Le charbon joue le rôle de catalyseur entre l'oxygène de l'air et l'hydrogène provenant de l'électrolyse; la partie inférieure du charbon, voisine du zinc, se polarise pendant le travail de la pile, tandis que la partie supérieure, en contact avec l'oxygène,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'air, n'est pas polarisée; des courants s'établissent entre les deux extrémités de l'électrode positive, qui fonctionne ainsi comme une sorte de pile à gaz en court-circuit. E = 1, 25 : R = 1 ω. au maximum.

PILES THERMO-ÉLECTRIQUES

Pendant que se poursuivaient les recherches sur les piles hydro-électriques, Peltier, en 1822, mettait en évidence le phénomène auquel il a attaché son nom, à savoir qu'un courant électrique, circulant dans un circuit hétérogène comprenant deux métaux, antimoine et bismuth, par exemple, provoque un dégagement de chaleur à l'une des soudures et une absorption à l'autre, suivant le sens du courant. La constatation de ce phénomène conduisit Seebeck à la première expérience d'où naquirent les piles thermo-électriques, et qui, réciproque de la précédente, consiste à maintenir les deux soudures à des températures différentes pour obtenir une différence de potentiel, c'est-à-dire un courant (1). Les travaux de Seebeck furent poursuivis, la même année, par Oerstedt et Fourier, qui se livrèrent en commun à des expériences sur la thermo-électricité et en publièrent les résultats (2). Becquerel reprit cette étude et montra qu'on obtient de l'électricité lorsqu'on chauffe deux portions dissymétriques d'un circuit métallique homogène (3); en 1826, il classa les principaux métaux dans un ordre déterminé, relativement à la thermo-électricité (4); enfin, il inventa, vers la même époque, son thermomètre électrique.

La première pile thermo-électrique fut construite, en 1823, par Fourier et OErstedt; elle se composait de petits barreaux de bismuth et d'antimoine, soudés alternativement les uns au bout des autres et disposés en cercle; sous les soudures de rang pair, on plaçait de petites lampes, qui portaient leur température à 200° environ, tandis que les soudures impaires étaient maintenues à 0° à l'aide de bains de glace fondante; ils constatèrent que la tension obtenue augmente proportionnellement au

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXII (1823), p. 199.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXII (1823), p. 375.
(3) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIII (1823), p. 135.
(4) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXI (1826), p. 371.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nombre de couples mis en jeu. D'autres systèmes, employant les mêmes métaux, furent réalisés par Becquerel (1826), par Nobili et Melloni (1830) et par Pouillet (1836). En 1840, Poggendorff employa, dans le même but, le fer et le maillechort.

Toutes ces piles thermo-électriques, et d'autres qui suivirent, n'étaient que des instruments de laboratoire; le premier appareil industriel de ce genre fut construit, en 1870, par Clamond : chaque couple se composait de deux barreaux, l'un en fer, l'autre en alliage de zinc et d'antimoine, soudés ensemble; la réunion de dix couples semblables formait une couronne, puis on superposait un certain nombre de ces couronnes, en les séparant par de l'amiante. Une batterie formée de 10 couronnes, soit 100 éléments, donnait une force électro-motrice de 8 volts, avec une résistance intérieure de 3^{ω} environ. La pile de Clamond a été perfectionnée, vers 1880, par Carpentier.

On peut citer encore la pile thermo-électrique de Noé (1875), agencée sensiblement comme la précédente, mais dans laquelle les deux barreaux de chaque couple sont l'un en maillechort, l'autre en alliage de zinc et d'antimoine.

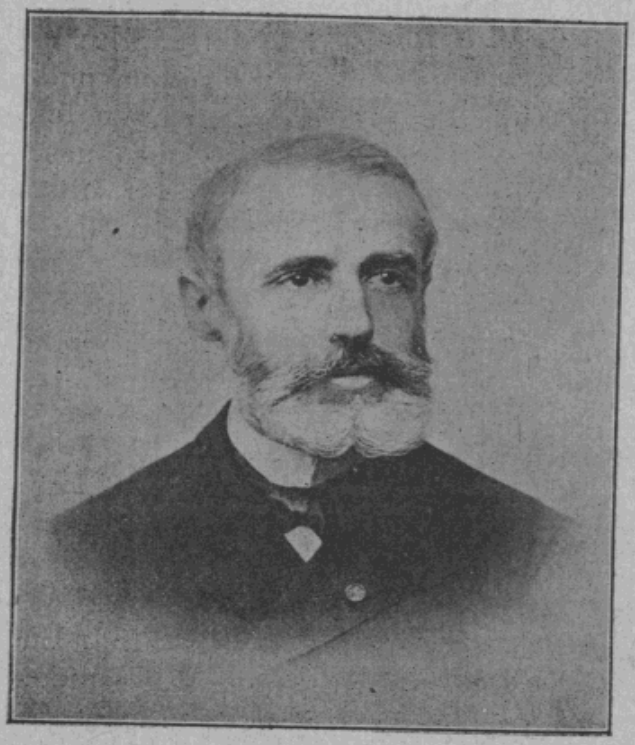
ACCUMULATEURS

La découverte de la *polarisation galvanique*, par Gautherot, en 1820, (v. p. 319) inspira diverses tentatives d'utilisation. En 1839, Grove réalisa sa pile à gaz (1) constituée essentiellement par un récipient contenant de l'eau acidulée, et deux cloches de verre, dans lesquelles pénétraient des électrodes de platine; ces cloches servaient à recueillir l'oxygène et l'hydrogène, provenant de la décomposition de l'électrolyte, ou encore préparés par les moyens chimiques ordinaires et introduits ensuite sous les cloches. Dans un cas comme dans l'autre, lorsqu'on utilisait les deux électrodes comme pôles de la batterie secondaire, on obtenait le courant de polarisation mentionné plus haut, et ce courant durait jusqu'à ce que les deux gaz soient entièrement recombinés. Telle était encore la batterie utilisée par Jacobi, en 1858, et qui comprenait un certain nombre d'éléments, réunis en tension, à la façon des piles primaires.

(1) *Philosophical Magazine*, t. XIV (1839), p. 129.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La première pile secondaire réellement pratique fut réalisée, en 1859, par Gaston Planté (1), qui réussit à *accumuler*, non plus les gaz eux-mêmes, provenant de l'électrolyse, mais le travail chimique qu'ils sont susceptibles de fournir : deux plaques de plomb étaient plongées dans l'électrolyte; lorsqu'on plaçait ces électrodes dans le circuit d'une pile primaire, la plaque reliée au pôle positif de la source se recouvrait d'un dépôt brun rougeâtre de bioxyde de plomb, tandis que l'autre prenait une teinte grise, résultant de la réduction de l'oxyde superficiel de la plaque. Lorsqu'on réunissait ensuite les deux plaques à travers un circuit métallique, le travail inverse s'accomplissait : la plaque, précédemment reliée au pôle positif de la pile primaire (et qui devenait le pôle positif du couple secondaire) se désoxydait, tandis que l'autre se réoxydait; la décharge était terminée lorsque les deux électrodes étaient revenues à leur état primitif. Planté reconnut bientôt qu'après un certain nombre de charges et de décharges successives, l'altération des plaques, d'abord superficielle, gagnait peu à peu les couches sous-jacentes, qui prenaient une structure spongieuse, et la capacité se trouvait progressivement accrue ; c'est ce que Planté appela la *formation* de l'accumulateur.



GASTON PLANTÉ 1834-1889.

Cette opération demandait un certain temps; aussi chercha-t-on à la simplifier en substituant à la *formation électrolytique*, indiquée par Planté, une *formation artificielle*, beaucoup plus

(1) Du Moncel. — *Exposé des applications de l'électricité*, 1862, t. V, p. 94.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapide. En 1880, Faure introduisit les plaques de plomb dans des sacs en feutre remplis de minium pour les électrodes positives, ou de litharge pour les électrodes négatives (1) : les résultats furent médiocres, par suite de l'altération rapide des sacs. Peu après, Sellon perfectionna le système en employant des supports en plomb antimonieux, fondus en forme de grilles, et en remplissant les trous de minium ou de litharge; toutefois, les pastilles de matière active se détachaient parfois et établissaient des courts-circuits entre les plaques; les différents systèmes qui furent successivement essayés se distinguent principalement par les moyens employés pour assurer l'emprisonnement convenable des pastilles et éviter leur désagrégation trop rapide.

Batterie secondaire de Planté (1860). — Chacun des éléments se compose de deux lames de plomb, enroulées l'une sur l'autre, séparées par une grosse toile et plongeant dans l'eau acidulée sulfurique au 1/10.

Accumulateur Laurent-Cely. — Chaque plaque est constituée par une grille en plomb antimonieux, dans les intervalles de laquelle sont encastrées des pastilles de substance active, plomb spongieux pour les négatives, peroxyde de plomb pour les positives.

Accumulateur Blot. — Ce type est à formation électrolytique.

Les plaques sont constituées par une série de navettes portant, enroulés autour de leur âme, des rubans alternés de 1/2 millimètre d'épaisseur, les uns en plomb pur, gaufré et strié, les autres en métal moins oxydable ou en plomb pur gaufré seulement. Les âmes des navettes sont en métal non formable et soudées au cadre, constitué également par du plomb non attaquable. Cette disposition, qui permet une grande surface active avec un faible poids de plomb (1/3 de mètre carré par kilogramme d'électrode), donne une grande porosité conductrice, grâce à l'extrême division de la matière. Les plaques sont libres de se dilater de haut en bas et latéralement; les rubans peu-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 18 avril, 2 mai et 9 mai 1881.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vent foisonner entre eux; ils augmentent d'épaisseur et de longueur, mais le cadre conserve toujours sa forme géométrique.

Accumulateur Tudor. — L'accumulateur Tudor est à formation mixte, c'est-à-dire mi-partie naturelle, mi-partie artificielle : l'électrode est constituée par une forte plaque en plomb dur, présentant une série de gorges ou rainures, disposées horizontalement. Avant de comprimer la pâte d'oxyde dans ces rainures, la plaque est soumise à la formation électrolytique, ce qui offre un double avantage : d'abord l'oxyde, dont les gorges sont ensuite remplies, adhère mieux sur son support; d'autre part, lorsque se produit l'inévitable désagrégation de la matière rapportée, la carcasse, dont la formation s'est continuée lors des charges et décharges successives, constitue, à elle seule, un accumulateur du genre Planté, capable de continuer le service.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XIII

PARATONNERRES

Les dispositifs destinés à protéger les postes contre les décharges d'électricité atmosphériques peuvent se grouper en trois catégories :

Dans la première, les appareils protecteurs sont basés sur l'échauffement produit par le passage d'un courant dans un fil métallique ;

Dans la seconde sont classés ceux qui utilisent le « pouvoir des pointes » ;

Dans la troisième se rangent les appareils permettant la décharge à travers une mince couche isolante d'air ou de tout autre diélectrique, interposée entre le conducteur et la terre, suivant l'expérience que Faraday a appelée la « décharge latérale ».

L'emploi de l'échauffement déterminé par la décharge remonte aux origines mêmes de la télégraphie : dans les premiers appareils à aiguilles, on se bornait à tordre ensemble les fils d'entrée et de sortie des bobines : la soie qui les isolait était brûlée par le courant atmosphérique et l'appareil était préservé. Puis on perfectionna le système en mettant le dispositif à part : deux fils, intercalés l'un entre la ligne et l'entrée de la bobine, l'autre entre la sortie et la terre, étaient de même torsadés ensemble et enfermés dans un tube rempli de paraffine. Un peu plus tard, les deux fils torsadés furent enroulés sur un cylindre de laiton relié à la terre et enfermé lui-même dans un tube métallique également à la terre, de sorte que le courant atmosphérique pouvait passer soit d'un fil à l'autre, soit de celui d'entrée à l'un des cylindres métalliques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lors des premières installations télégraphiques en France, Bréguet les protégeait en remplaçant le fil de ligne, à l'entrée du bureau, par une longueur de 5 à 6 mètres de fil très fin, isolé à la soie; ce fil se trouvait brûlé par les courants d'orage (1); il renonça bientôt à ce système incommode en plaçant dans le circuit, sur la table des appareils, un fil de fer de 6/100 de millimètre et de 10 centimètres de longueur, protégé par un tube de verre ou de caoutchouc,

En 1846, Bréguet, utilisant pour la première fois le pouvoir des pointes (2), réalisa un paratonnerre de poste constitué par deux plaques munies de dents, placées en regard l'une de l'autre et communiquant l'une avec la ligne et l'autre avec la terre (v. p. 339).

La même année, Steinheil avait remarqué que, si l'intervalle entre les bornes d'entrée et de sortie était suffisamment petit, les décharges atmosphériques donnaient lieu à une étincelle jaillissant de l'une à l'autre, et que l'appareil se trouvait protégé. Pensant mettre à profit cette particularité, il plaça sur le toit d'un bureau deux plaques métalliques, soigneusement isolées et séparées par une petite épaisseur de soie; chacune de ces plaques fut reliée à un fil de ligne (3). Toute décharge atmosphérique, se produisant sur l'un des fils devait, dans sa pensée, traverser la soie et aller se perdre sur l'autre conducteur, grâce aux défauts d'isolement des fils de ligne, qui reposaient directement, sans isolateurs, sur les poteaux. Les résultats ne furent pas heureux car, malgré un chapeau métallique placé au-dessus des plaques, l'eau de pluie ne tarda pas à imprégner la soie et, non seulement les appareils n'étaient pas protégés, mais encore des dérivations s'établissaient entre les deux lignes. Le même inconvénient se produisit lorsque Steinheil, renonçant à accoupler de la sorte deux conducteurs, relia l'une des plaques à un fil de ligne et l'autre à la terre.

On pensa également à protéger les lignes elles-mêmes au moyen de pointes placées sur les poteaux et reliées à des fils de terre; ce système fut employé pour la première fois, semble-t-il, en 1846, sur les lignes du Hanovre (4); il est encore en usage à l'heure actuelle, dans différents pays.

(1) Abbé Moigno. — *Traité de télégraphie électrique*, 1852, p. 347.
(2) Bréguet. — *Manuel de télégraphie électrique* 1856, p. 49.
(3) Zetzsche. — *Handbuch der elektrischen telegraphie*, Berlin, 1877, t. I, p. 506.
(4) Karrass. — *Geschichte der Telegraphie*, Braunschweig, 1909, p. 538.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A la même époque, l'américain James Reid avait imaginé un « relais interrupteur », comprenant seulement quelques spires de gros fil et intercalé dans la ligne, à l'entrée du poste (1); les courants télégraphiques étaient impuissants à déplacer l'armature, mais lors d'une décharge atmosphérique, l'attraction avait lieu et l'armature, reliée à la ligne, venait s'appuyer sur une butée en communication avec la terre.

En 1848, Meissner construisit, à Brunswick, un paratonnerre composé de deux plaques de cuivre séparées par un petit intervalle (2); l'une de ces plaques était intercalée entre la ligne et l'entrée de l'appareil, l'autre entre la sortie des bobines et la terre; en outre, les fils d'entrée et de sortie étaient torsadés ensemble entre le paratonnerre et l'appareil : l'électricité atmosphérique passait d'une plaque dans l'autre pour s'écouler à la terre et l'appareil était préservé.

En 1850, Highton intercala, entre la ligne et l'appareil, un fil de fer isolé à la soie, qu'il enferma dans un tube métallique rempli de limaille de fer et relié à la terre (3).

En 1852, on fit usage de deux supports métalliques, connectés l'un à la ligne et l'autre à la terre, traversés par des vis terminées par une pointe très acérée : on pouvait ainsi amener les pointes de l'une des séries à un intervalle extrêmement faible de l'autre support (v. p. 341).

En 1855, on employa, en Hollande, un système basé sur le même principe que celui de Meissner : des barres de laiton, placées les unes à côté des autres, communiquaient chacune, par un bout avec une ligne et par l'autre avec un appareil; sur cet ensemble, on plaçait une feuille de papier, puis une lourde plaque de zinc reliée à la terre.

On fit également usage de paratonnerres à vide : l'expérience avait démontré que, toutes choses égales d'ailleurs, plus l'air était raréfié autour des électrodes, moins la tension devait être grande pour que la décharge pût s'opérer de l'une à l'autre, Le premier paratonnerre de ce genre fut construit, en 1847, par Cromwell Varley; il se composait de deux pointes métalliques. communiquant l'une avec la ligne et l'autre avec la terre, et placées en regard l'une de l'autre; elles étaient enfermées dans

(1) Shaffner. — *Telegraph Manual*, New-York, 1859, p. 567.
(2) Du Moncel. — *Exposé des applications de l'électricité*, t. III (1857), p. 194.
(3) Shaffner. — *Telegraph Manual*, New-York, 1859, p. 566.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un tube de verre, hermétiquement clos après qu'on y avait fait le vide. Le paratonnerre de Bright (1852) ne différait du précédent que par des détails de construction.

Le paratonnerre à vide de Siemens (1852) était formé de deux plaques de charbon, placées à un millimètre l'une de l'autre et enfermées, comme précédemment, dans un tube de verre où l'air était raréfié (1).

Le même principe fut appliqué en Norwège, en 1860, pour la construction d'un *isolateur-paratonnerre*, destiné à la jonction des sections aérienne et souterraine d'un conducteur.

Les expériences de Hertz, les travaux de sir Oliver Lodge (2) et ensuite ceux de M. Voisenat sur les décharges électrostatiques (3) avaient conduit à constater que les décharges atmosphériques comportent bien un courant de conduction, mais aussi des phénomènes oscillatoires, de beaucoup plus importants que le premier. C'est dans ces conditions que fut imaginé, en 1899, le paratonnerre à charbon (v. p. 349) dont le montage, grâce à la self-induction du récepteur, réalise un véritable résonateur de Hertz, en même temps qu'il offre, comme les autres paratonnerres, une dérivation au courant de conduction.

Une foule d'autres systèmes de paratonnerres pourraient encore être mentionnés ; ils se rattachent, soit à l'une des catégories mentionnés ci-dessus, soit à deux simultanément; enfin certains d'entre eux sont rendus « avertisseurs », c'est-à-dire ferment le circuit d'une sonnerie, ou de tout autre signal, dès qu'ils ont fonctionné (v. p. 343).

Le développement croissant des réseaux d'énergie électrique, avoisinant les conducteurs télégraphiques et téléphoniques, amena bientôt la nécessité de protéger ceux-ci contre les contacts accidentels avec les fils à haute tension. Les paratonnerres ordinaires constituent, il est vrai, une protection déjà efficace, mais comme, dans le cas de mélange avec un conducteur industriel, l'action persiste tant que dure le contact; il peut arriver qu'un arc s'amorce entre les pointes et la terre. Ce fut en 1879 que l'on commença à placer, sur l'arrivée des circuits dans les bureaux, des *protecteurs fusibles*, constitués par un fil de plomb, étalonné pour fondre sous l'action de la chaleur

(1) Zetzsche. — *Handbuch der elektrischen Telegraphie*, Berlin, 1877, t. I, p. 512.
(2) *Journal télégraphique*. Berne, 1889, p. 45 et 65.
(3) *Annales télégraphiques*, 1898 p. 5.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

développée par le passage d'un ou de plusieurs ampères, par exemple. En cas de contact avec une source de tension élevée, la ligne se trouve instantanément isolée de l'installation.

Ce mode de protection, efficace contre les grandes intensités, restait sans action sur celles qui, inférieures à un ampère, pouvaient, grâce à une durée suffisante, arriver à endommager les appareils. On a établi, en effet, qu'un courant d'un tiers d'ampère, traversant un récepteur Morse pendant 8 ou 9 minutes, était susceptible de le mettre hors de service. On ne pouvait songer à établir des fusibles pour d'aussi petites intensités : les fils nécessaires auraient été de trop petit diamètre, (un ou deux dixièmes de millimètre, par exemple), peu maniables et très difficiles à étalonner. C'est pour obvier à cet inconvénient qu'en 1892, on construisit des *bobines thermiques* dont le principe est le suivant : on intercale dans le circuit deux pièces métalliques, qu'un ressort tend à séparer mais qu'on a réunies à l'aide d'un point de soudure ; l'alliage employé pour cet objet a un point de fusion convenablement calculé. La soudure est traversée par tous les courants de transmission, mais sans que la chaleur qui en résulte soit susceptible de la mettre en fusion ; au contraire, dès qu'une intensité permanente et anormale vient à se manifester, l'élévation de température est bientôt suffisante pour fondre la soudure : les deux pièces se séparent sous l'action du ressort, et la ligne est interrompue à l'entrée du bureau. La bobine thermique est généralement placée en série avec un coupe-circuit fusible.

M. Voisenat, en 1895, a résolu le même problème par un dispositif différent : un ressort en acier, placé en dérivation sur la ligne, tend, par son élasticité, à venir s'appuyer sur une butée reliée à la terre ; il en est empêché par la partie médiane d'une lame de maillechort, autour de laquelle est enroulé un fil isolé, inséré dans le circuit. Lorsqu'une intensité dangereuse vient à échauffer la lame, elle se dilate et ne s'oppose plus à la chute du ressort sur la butée ; la ligne est mise à la terre. La disparition de la résistance des appareils du poste a pour effet d'augmenter l'intensité anormale, et un coupe-circuit, placé en série avant le dispositif, fonctionne aussitôt et isole la ligne.

Paratonnerre à peignes pour appareil français, de Bréguet (1846). — Cinq plaques de cuivre entaillées de dents

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 293), celles-ci placées les unes en face des autres; les plaques impaires sont reliées à la terre et les plaques paires respectivement à l'une et l'autre ligne. Des paratonnerres analogues existaient pour quatre et six lignes.

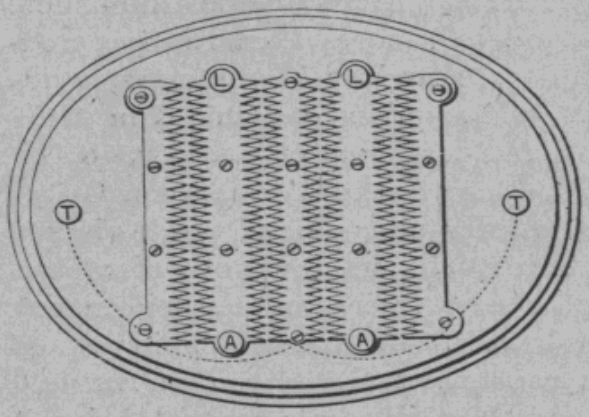


Fig. 293.

Paratonnerre à bobine (1852). — Constitué par une bobine ou cylindre, P (fig. 294), formé de trois parties métalliques, isolées entre elles par de l'ébonite; ce cylindre est entaillé d'une gorge en hélice, dans laquelle on couche un fil de fer très fin, recouvert de soie, dénudé à ses deux extrémités et serré sous deux vis à bouton. La bobine est introduite dans trois supports, reliés respectivement à la ligne, à la terre et à l'appareil; elle est maintenue par des vis de pression; dès qu'une intensité anormale vient à traverser le fil, l'enveloppe est brûlée et le métal repose à nu dans la gorge, établissant ainsi une dérivation à la terre par la partie médiane de la bobine; si le fil est fondu, la ligne se trouve isolée ou à la terre, suivant le point où la rupture a lieu. Un commutateur à manette, M, permet de renvoyer les lignes soit à l'entrée, soit à la sortie du paratonnerre, soit encore directement à la terre.

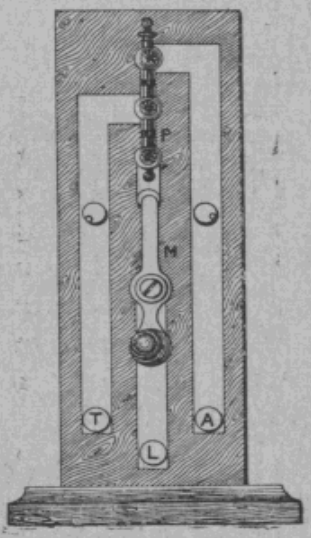


Fig. 294.

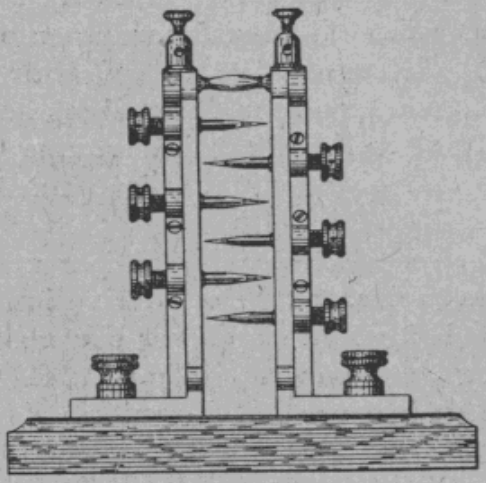


Fig. 295.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Paratonnerre à pointes mobiles (1852). — Deux plaques verticales en laiton, communiquant l'une avec la ligne, l'autre avec la terre, sont montées sur un socle en ébonite et réunies, à leur partie supérieure, par une entretoise de même substance (fig. 295). Elles sont traversées par des vis, terminées par des pointes en platine; on enfonce des vis, de façon que les pointes se trouvent à une très petite distance (l'épaisseur d'une feuille de papier) des plaques en regard desquelles elles se trouvent.

Paratonnerre à alcool, de Masson (1853). — Un récipient cylindrique en laiton, fermé hermétiquement par deux joues en buis et relié à la terre : dans l'axe du cylindre est placée une tige en fer portant 5 disques de même métal, dentés sur leur pourtour, et d'un diamètre un peu inférieur à celui du récipient; cette tige relie les bornes de ligne et d'appareil, le récipient est rempli d'alcool : ce liquide est assez isolant pour rendre négligeable la dérivation des courants télégraphiques, mais sa conductibilité est cependant suffisante pour laisser passer à la terre l'électricité provenant des décharges atmosphériques.

Paratonnerre à cylindre, de Magrini (1854). — Peut desservir deux lignes; deux cylindres en laiton, reliés à la terre, à l'intérieur desquels est engagé un axe, communiquant avec une ligne, et portant un grand nombre d'étoiles à dents pointues; l'axe peut aussi être relié à un peigne rectiligne, placé à l'extérieur, parallèlement à une génératrice du cylindre.

Paratonnerre de Pouget-Maisonneuve (1855). — Les fils extérieurs, ligne, terre et appareil, aboutissent à trois bornes, situées à la partie inférieure de la planchette (fig. 296); sur celle-ci sont montés un petit commutateur à manette, un paratonnerre à peigne et un second paratonnerre à fil préservateur.

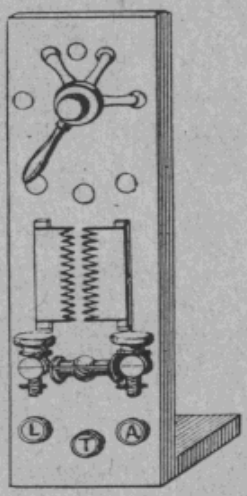


Fig. 296.

Paratonnerre de Mouilleron (1858). — La ligne passe d'abord dans un fil préservateur (fig. 297), puis dans un paratonnerre à peigne circulaire un commutateur à trois directions,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont la manette communique avec la borne T, permet de renvoyer la terre à un troisième paratonnerre, à peigne rectiligne, placé sur la face arrière de la planchette, ou encore de mettre la ligne directement à la terre.

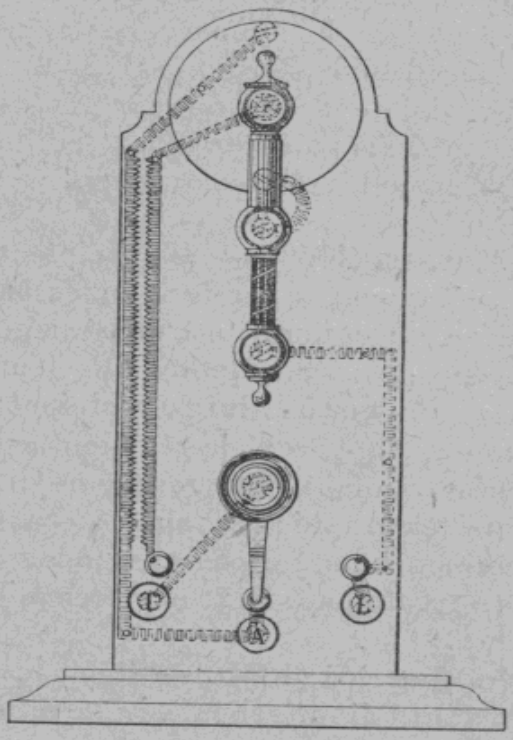


Fig. 297.

Paratonnerre à peigne et à lame isolante (1858). — Deux plaques, l'une à peigne, reliée à la ligne, l'autre lisse, rattachée à la terre ; au-dessus, une autre plaque vissée sur celle de terre et isolée de celle de ligne, séparée de cette dernière par une feuille de papier.

Paratonnerre à stries, de Siemens (1859). — Comprend trois parties en fonte (fig. 298) : l'une, formant socle et reliée à la terre, est entaillée de rainures circulaires concentriques ; les deux autres, entaillées de façon semblable, correspondent chacune à une ligne ; deux bandes d'ébonite, placées sur le

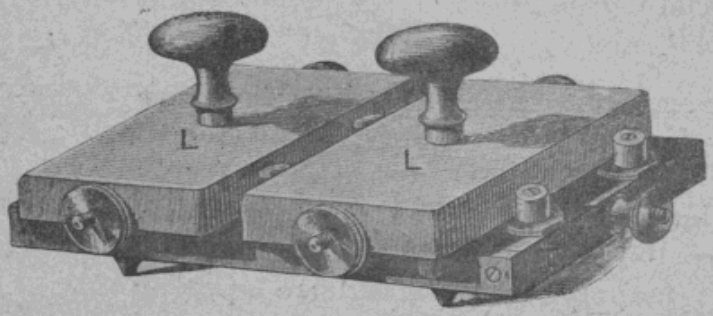


Fig. 298.

socle, permettent de poser les blocs de lignes, tout en réservant un espace d'air entre elles et le dit socle ; elles sont séparées l'une de l'autre par des pieds également garnis d'ébonite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le centre des stries du socle ne coïncidant pas avec celui des blocs, on a ainsi l'équivalent d'un nombre infini de pointes. Dans un autre modèle, les stries sont rectilignes et dirigées de manière que celles du socle soient coupées par celles des blocs.

Paratonnerre américain à cardes (1860). — Sur un socle de marbre sont montées quatre colonnettes en laiton; les deux plus petites supportent une plaque, reliée à la terre et armée d'une infinité de pointes en fil d'acier (10.000 environ, par décimètre carré), les deux grandes colonnettes portant une plaque, semblablement armée, placée parallèlement à la première et reliée à la ligne.

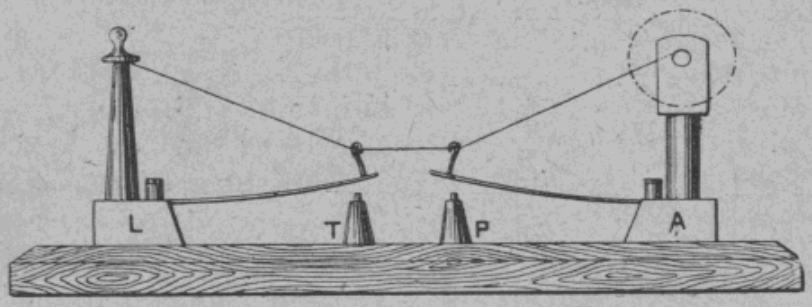


Fig. 299.

Paratonnerre avertisseur, de Radou (1863). — Deux ressorts-lames, reliés, l'un à la ligne, L (fig. 299), l'autre à l'appareil, A; ils sont écartés de leurs butées par un fil métallique ; dès que ce fil vient à fondre, le ressort de ligne tombe sur une butée de terre, T, et celui d'appareil ferme le circuit d'une pile locale, P, sur la sonnerie.

Paratonnerre à bobine, de Sarrazy (1864). — Un paratonnerre à bobine, et quatre plots, susceptibles d'être réunis à l'aide de fiches (fig. 300); on peut correspondre sans paratonnerre (une cheville en A), ou avec paratonnerre (une fiche en B et en C), ou encore mettre la ligne à la terre en intro-

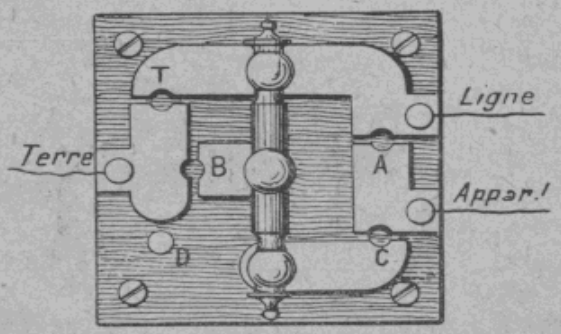


Fig. 300.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duisant, en T, une fiche placée en réserve en D, et c'est seulement ensuite qu'on retire celle de C; l'auteur, se conformant à la théorie en cours à l'époque, voulait ainsi éviter de laisser la ligne isolée pendant le temps, pourtant très court, du transport de la fiche de C en T.

Paratonnerre de Bertsch (1864). — Formé de deux plaques métalliques, p^1 (fig. 301) reliée à la ligne et p^2 à la terre, portant chacune environ 300 pointes en acier se faisant vis-à-vis; le tout est enfermé dans une boîte métallique, vitrée sur les faces

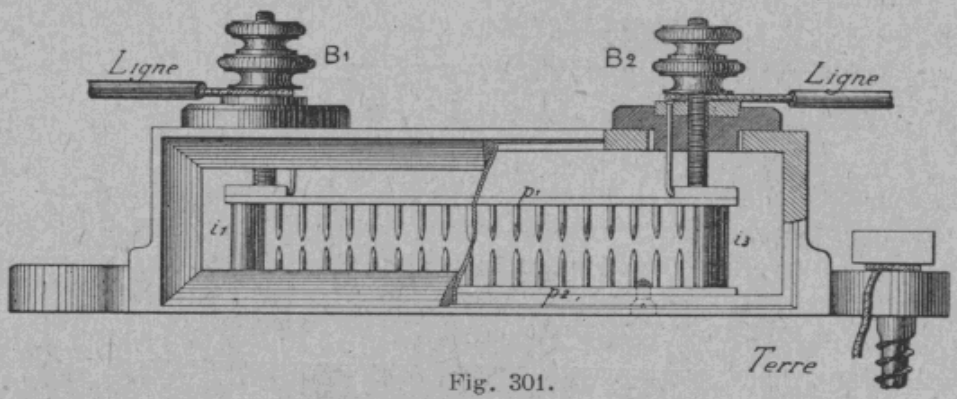


Fig. 301.

latérales. Ce modèle est construit pour être placé dans un endroit sec, aussi ses bornes sont laissées à nu. Lorsque le paratonnerre est destiné à séjourner dans des endroits humides; chacune de ses bornes est recouverte d'un chapeau en ébonite, vissé sur le dessus de la boîte.

Un modèle spécial porte une tige, destinée à recevoir un isolateur; il est alors mis en dérivation sur une ligne.

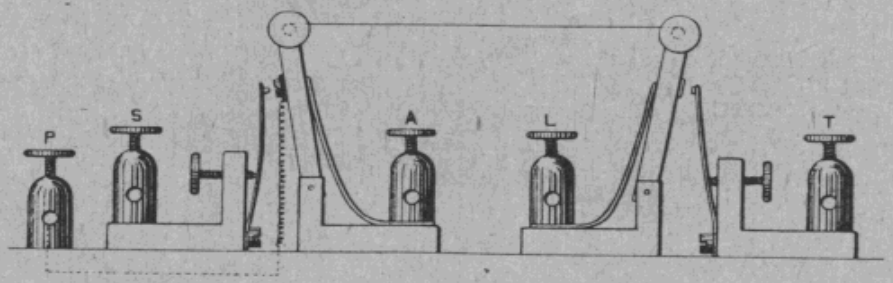


Fig. 302.

Paratonnerre avertisseur (1865). — Deux équerres en laiton communiquent respectivement avec la ligne, L, et l'appareil, A;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 302) sur chacune de ces équerres est articulé un bras, sollicité par un ressort-lame à s'écarter de la médiane; les deux

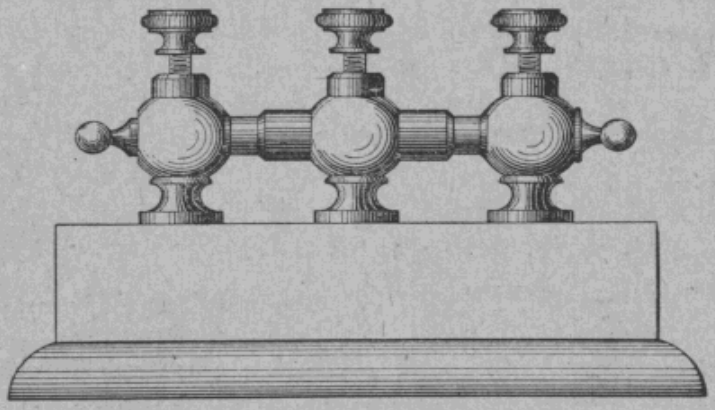


Fig. 303.

bras, maintenus par le fil préservateur, tombent sur leurs butées dès que celui-ci vient à se rompre; l'un d'eux met la ligne à la terre, T, tandis que l'autre ferme le circuit d'une pile, P, sur une sonnerie, S.

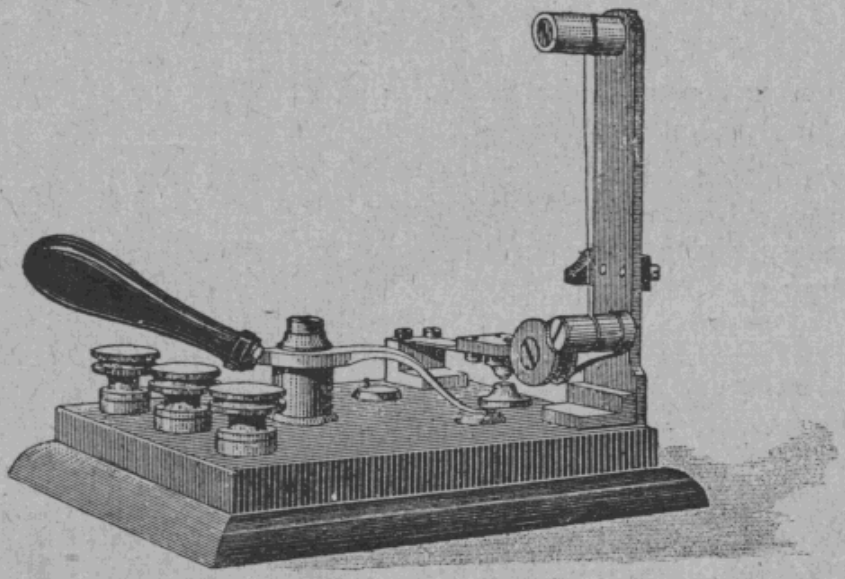


Fig. 304.

Paratonnerre à bobine (1868). — Les trois supports (fig. 303 sont montés sur des plots qui, avec une barre reliée à la ligne, forment un commutateur bavarois : on peut ainsi intercaler ou retirer à volonté le paratonnerre ou mettre la ligne à la terre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Paratonnerre à fil préservateur de Montagnol (1869). — La ligne aboutit à la manette d'un commutateur, puis est renvoyée au pivot d'un levier horizontal, sur lequel se trouve une petite bobine servant de magasin au fil préservateur; ce dernier est engagé dans une sorte de pince, supportée par une potence et reliée à l'appareil; le levier se trouve soutenu par le fil, mais, si celui-ci vient à fondre, le levier, sous l'action de son ressort, retombe sur sa butée en relation avec la terre.

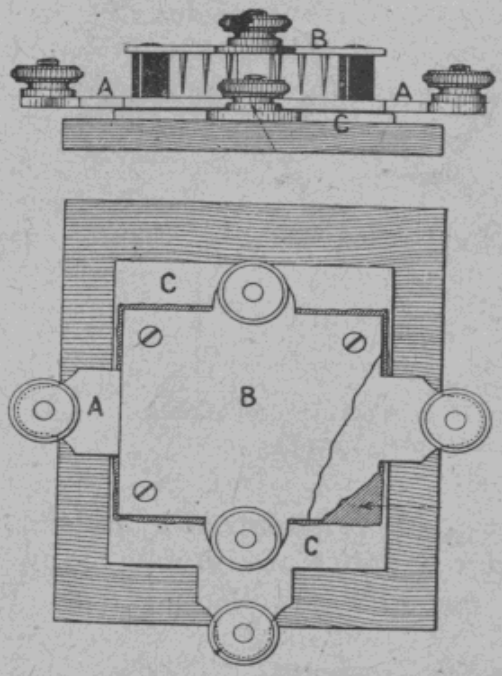
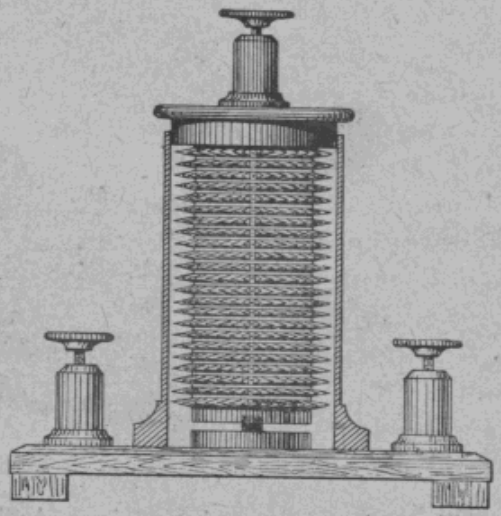


Fig. 305.

Paratonnerre à pointes et à lame isolante (1870). — Combinaison du paratonnerre à pointes et de celui à lame isolante: la ligne et l'appareil aboutissent à la plaque médiane, A (fig. 305) terminée, de chaque côté, par une borne, et séparée du socle par la lame isolante, C; au-dessus se trouve la plaque, B, armée de pointes, qui communique avec la terre, de même que le socle.

Paratonnerre à pointes, de Lemasson (1874). — La terre est reliée à un tube en laiton, à l'intérieur duquel on place un cylindre de cuivre hérissé d'une infinité de dents pointues (fig. 306); ce cylindre est muni d'un couvercle à bouton, garni d'une rondelle d'ébonite, qui l'isole du tube; il est guidé, à la partie inférieure, par un disque de laiton, qui lui donne en même temps la communication de ligne.


Fig. 306.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Paratonnerre militaire, pour deux lignes (1875). — Se compose de deux socles métalliques, indépendants, rattachés chacun à l'une des lignes; au-dessus, se trouvent deux plaques, montées dans une glissière en ébonite et reliées à la terre. En cas d'orage, on pousse à fond les plaques supérieures, qui viennent buter contre une colonnette portée par les socles, et les lignes sont mises à la terre.

Paratonnerre automatique, de Bertsch (1876). — Un cylindre en laiton, relié à la ligne, est monté sur un axe et et sollicité à tourner par un ressort spiral, R (fig. 307). A

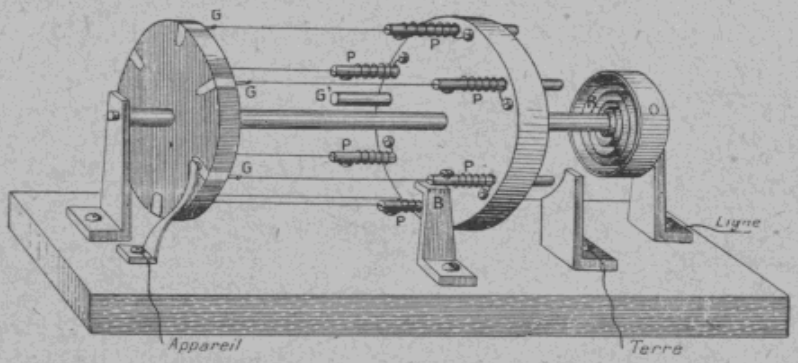


Fig. 307.

l'extrémité de droite se trouve une large joue, dans laquelle sont encastrés six pistons, P, sollicités à s'éloigner vers l'extérieur par un ressort à boudin. A l'autre extrémité du cylindre est une joue en ébonite, dans laquelle sont encastrés six plots, G; si on fait tourner le cylindre, chacun de ces plots peut venir au contact d'un ressort-lame, relié à l'appareil. Les fils préservateurs sont tendus entre les pistons et les goupilles implantées dans les plots, G, ce qui a pour effet de tirer les pistons vers la partie médiane. Le mouvement de rotation du cylindre est empêché par l'appui de l'un des pistons sur une butée, B; mais, si le fil vient à fondre, le piston qu'il retenait, poussé vers l'extérieur par son ressort, se dérobe à l'appui de la butée : le cylindre tourne alors jusqu'à ce que le piston suivant vienne rencontrer la butée, B, et caler de nouveau le système; la communication est rétablie automatiquement à travers un nouveau fusible. En cas d'orage violent, si tous les fils sont successivement fondus, l'arrêt du cylindre est produit par l'appui, sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

butée, d'un goujon, G', fixé sur le cylindre; la ligne est alors à la terre.

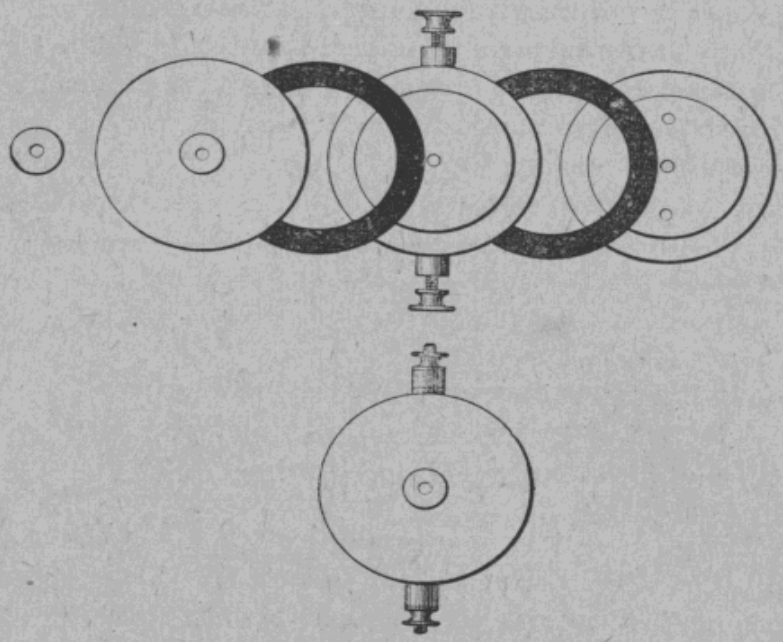


Fig. 308.

Paratonnerre à air, de Voisenat (1890). — Trois disques, séparés par des rondelles d'ébonite (fig. 308); celle du milieu

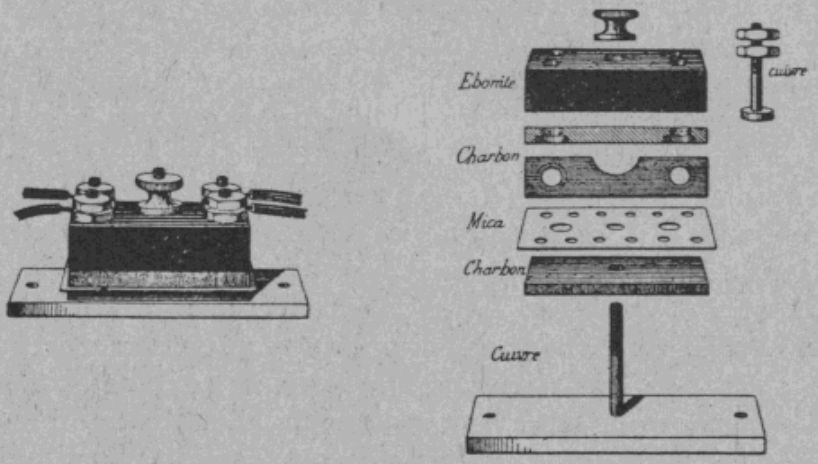


Fig. 309.

porte deux bornes, qui permettent de l'insérer dans le circuit entre la ligne et l'appareil; les deux autres disques sont reliés à la terre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Paratonnerre à charbons (1899). — A la partie médiane d'une plaque de cuivre est montée une tige filetée (fig. 309), sur laquelle on enfile une plaque de charbon, puis une feuille de mica percée de trous; on place ensuite deux demi-plaques de charbon, évidées de manière à ne pas toucher la tige et fixées à l'aide de quatre écrous en cuivre, sous un bloc en ébonite; le tout est serré, à la partie supérieure, par un écrou central. Lorsque ce paratonnerre est employé pour un circuit téléphonique, les deux demi-plaques de charbon sont insérées respectivement dans les branches du circuit; dans le cas d'un fil télégraphique, celui-ci est amené à l'une des demi-plaques, l'autre reçoit la sortie du récepteur et la terre. Les courants atmosphériques, trouvent une dérivation, à travers la feuille de mica, sur le charbon inférieur; en outre, la disposition adoptée forme une sorte de résonateur de Hertz (fig. 310), grâce à la self-induction du récepteur; celui-ci se trouve ainsi protégé efficacement contre la décharge oscillante, qui accompagne le courant de conduction, et qui se produit entre les deux demi-plaques de charbon, L et T.

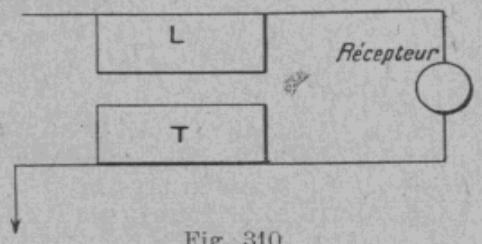


Fig. 310.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XIV

COMMUTATEURS

Commutateur rond (1850). — Au centre d'un socle circulaire, en bois, pivote une manette, R (fig. 311) dont la partie recourbée peut venir s'appuyer sur l'un des plots, *a*, *b*, *c*, etc., encastrés dans le bois et disposés vers la partie extérieure; ce commutateur permet ainsi de renvoyer la connexion, reliée à la manette, sur deux, trois appareils différents.

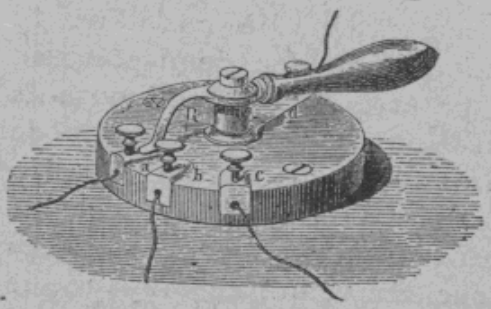


Fig. 311.

Commutateurs suisses (1853). — Ce genre de commutateur est destiné à relier 5, 10, 20, 30 lignes à un nombre égal d'appareils. Les lignes sont amenées à des barres métalliques, placées parallèlement dans un même plan (fig. 312); les appareils communiquent, de même, avec d'autres barres, placées dans un plan parallèle au premier, mais leur direction est perpendiculaire à celle des barres de lignes. Pour renvoyer l'une de celles-ci sur un appareil, il suffit d'établir une liaison entre les barres correspondantes. A cet effet, les deux catégories de barres sont

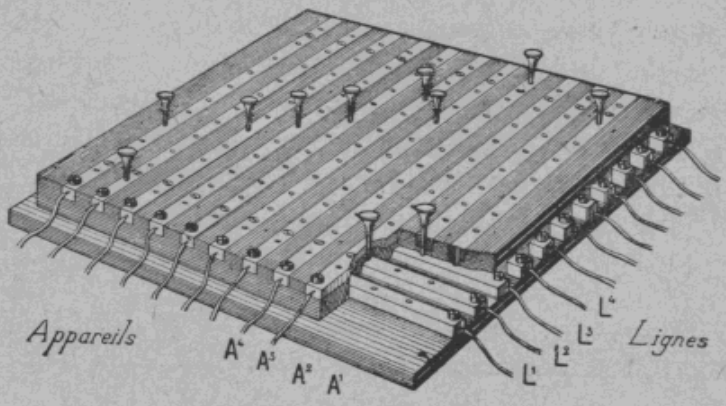


Fig. 312.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

percées d'un trou circulaire à chaque point d'intersection et la jonction se fait par l'introduction d'une fiche métallique. Afin d'assurer une bonne communication, la fiche est fendue à son extrémité, de manière à faire ressort dans la barre d'appareil, tout en coinçant sur celle de ligne.

Dans un modèle ultérieur (1855) les barres, reliées aux appa-

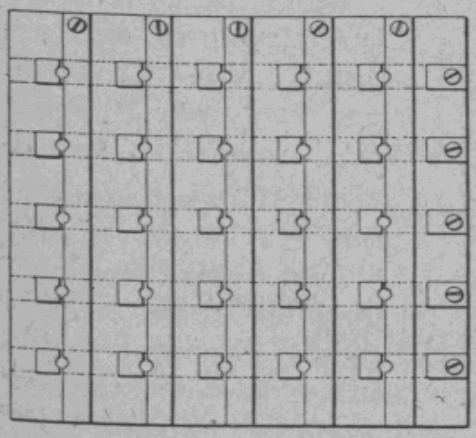


Fig. 313.

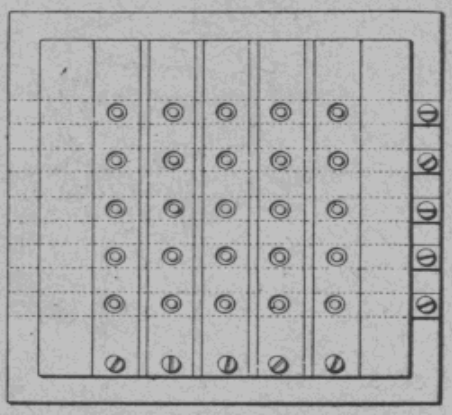


Fig. 314.

reils, sont surmontées de plots, qui arrivent au niveau des barres de lignes (fig. 313); celles-ci, de même que les plots, sont entaillées d'encoches; la liaison des lignes et des appareils s'opère à l'aide de chevilles, qu'on introduit entre une barre et un plot.

Dans un autre système (1860), les barres de lignes sont percées de trous, dans lesquels passent de fortes goupilles, montées sur des barres d'appareils (fig. 314); les fiches sont creuses, de manière à laisser pénétrer les goupilles; elles sont fendues longitudinalement, afin de faire ressort sur les goupilles et d'assurer ainsi une bonne communication.

Enfin, on doit mentionner encore le système à glissière (1860)

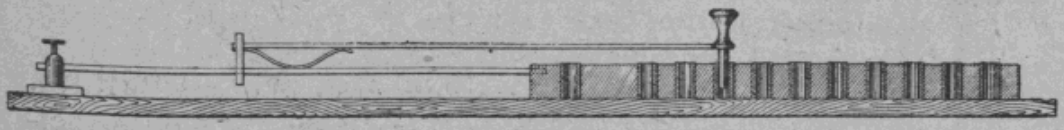


Fig. 315.

que représente la figure 315 : les lignes aboutissent à des tiges en laiton, sur chacune desquelles coulisse une tringle, portant une fiche à son extrémité; on peut ainsi amener chaque fiche dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'un quelconque des dix trous d'appareils, qui se trouvent sur son prolongement; une barre supplémentaire, reliée à la terre, peut également recevoir les fiches de lignes, en cas d'orage, par exemple.

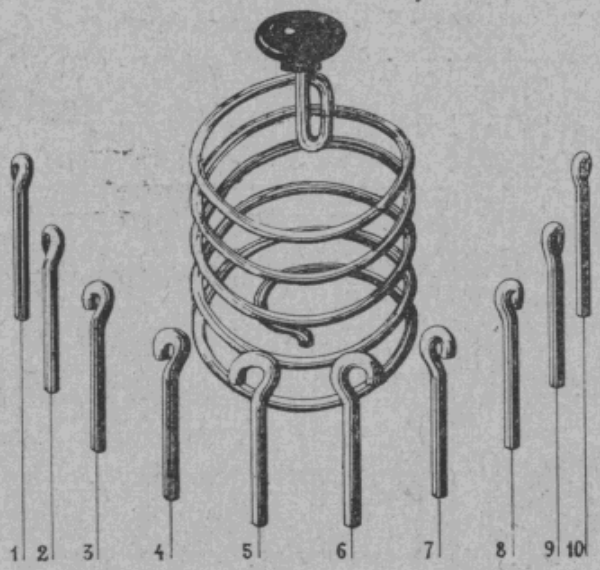
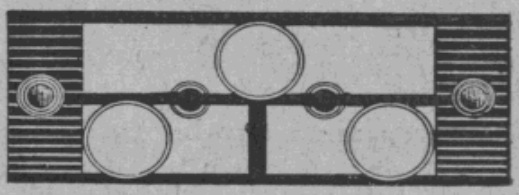


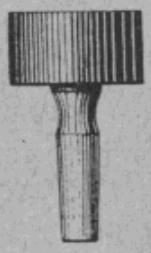
Fig. 316.

Commutateur d'entrée de poste, de Bernon (1860). — Construit pour desservir 10 lignes et 10 appareils. Les lignes arrivent à une première série de 10 crochets, rangés en demi-cercle (fig. 316) et sont multiplées sur neuf autres séries semblables.

Au centre de chaque demi-cercle est amenée une communication d'appareil : elle aboutit à un ressort à boudin à larges spires, terminé par un bouton. Pour relier un appareil à une ligne, on fait fléchir le ressort à boudin de manière à venir engager son extrémité sous le crochet de la ligne choisie.

Commutateurs bavarois (1860). — Sur un socle en ébonite sont fixés trois blocs en laiton (fig. 317); des évidements en arc de cercle, pratiqués entre le grand plot et les deux plus petits, permettent d'établir des jonctions temporaires, à l'aide d'une fiche conique, en laiton, terminée à sa partie supérieure, par une petite poignée en ébonite (fig. 318).


Fig. 317.


Fig. 318.

Dans le modèle à quatre directions, le bloc principal se trouve, au milieu; de chaque côté, sont deux blocs secondaires (fig. 319). Les échancrures circulaires permettent de réunir ces derniers, soit avec celui du milieu, soit entre eux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Commutateur de piles (1860). — Perpendiculairement à une barre métallique se trouvent les plots secondaires (fig. 320). Une ou plusieurs fiches permettent d'opérer les liaisons. Ce commutateur est également employé dans les installations duplex pour grouper des condensateurs.

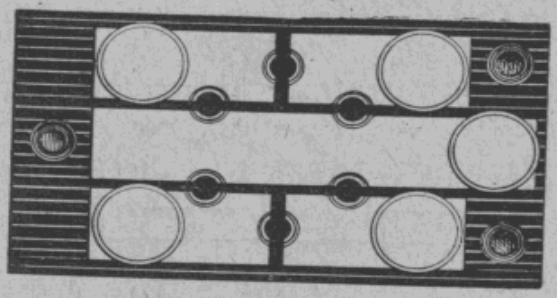


Fig. 319.

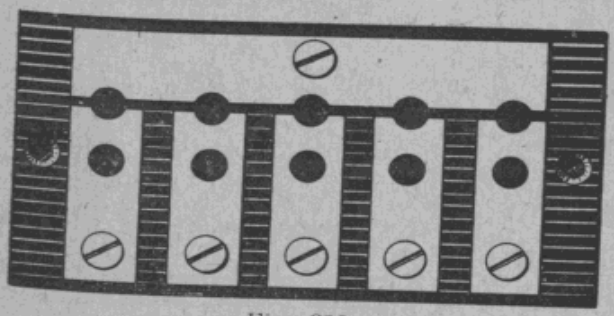


Fig. 320.

Commutateur inverseur à deux manettes (1863). — Les deux manettes, rendues solidaires par une entretoise en ébonite (fig. 321), communiquent respectivement avec les pôles de la pile ; trois plots en gouttes de suif peuvent leur servir de points d'appui ; celui du milieu est relié à la terre et les deux plots extrêmes à la ligne : on transmet ainsi le positif lorsque les manettes sont sur les deux plots de gauche, et le négatif lorsqu'elles sont à droite.

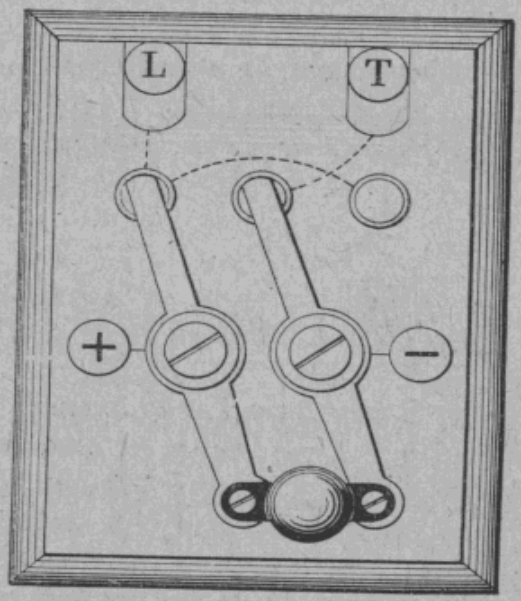


Fig. 321.

Commutateur à manette, de Siemens (1865). — La manette peut se mettre en prise, par sa partie antérieure, avec l'une ou l'autre de deux butées à loquet, R et T (fig. 322), maintenues par des ressorts à boudin. Lorsque la manette est poussée à gauche, sa partie postérieure vient, en outre, au contact d'un levier articulé, maintenu également par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un ressort à boudin ; ce levier est évidé à droite, et la manette ne l'atteint plus lorsqu'elle est poussée de ce côté.

Commutateur à paratonnerre, pour entrée de poste (1875). — Le socle porte, à l'arrière, un paratonnerre à fil préservateur, agencé comme les précédents (fig. 323) ; une

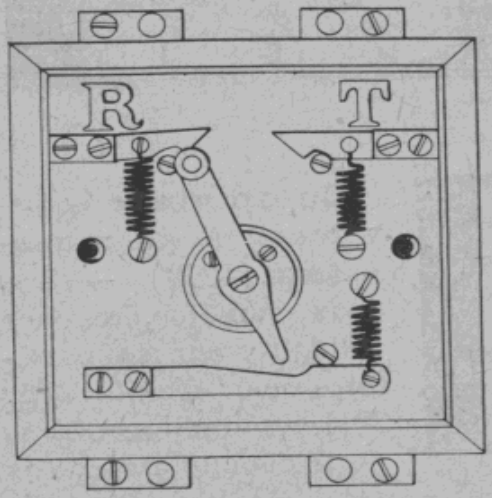


Fig. 322.

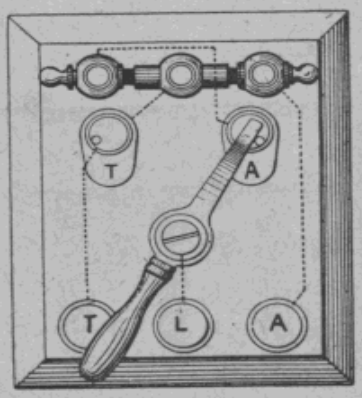


Fig. 323.

manette, communiquant avec la ligne, peut venir se mettre en contact avec l'un ou l'autre de deux plots, T et A, reliés respectivement à la terre et à l'entrée du paratonnerre, dont la sortie communique avec les appareils. En cas d'orage violent, on met la manette sur le plot T, et la ligne se trouve directement à la terre.

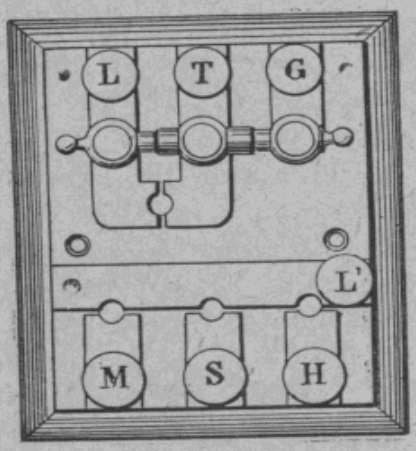


Fig. 324.

Commutateur à paratonnerre, de Delâtre (1875). — A l'arrière, un paratonnerre à bobine ; à l'avant, un commutateur du genre bavarois, constitué par une barre en laiton, L', qu'on peut, à l'aide d'une fiche, relier à l'un quelconque de trois plots, M, S, H (respectivement Morse, Sonnerie, Hughes) (fig. 324). Le paratonnerre communique avec le commutateur par l'intermédiaire d'un galvanomètre placé à côté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rosace d'entrée de poste (1875). — Consiste en un panneau en bois portant des bornes à contre-écrou, rangées suivant une circonférence et reliées chacune à une ligne (fig. 325). Les amorces venant des appareils passent par une ouverture centrale et se terminent par une agrafe en laiton, portant le numéro de l'installation à laquelle chacune d'elles correspond ; cette agrafe est serrée sous la borne de ligne qui convient. Pour assurer la clarté de l'ensemble, l'ouverture centrale porte des rainures, dans lesquelles on range les brins des amorces.

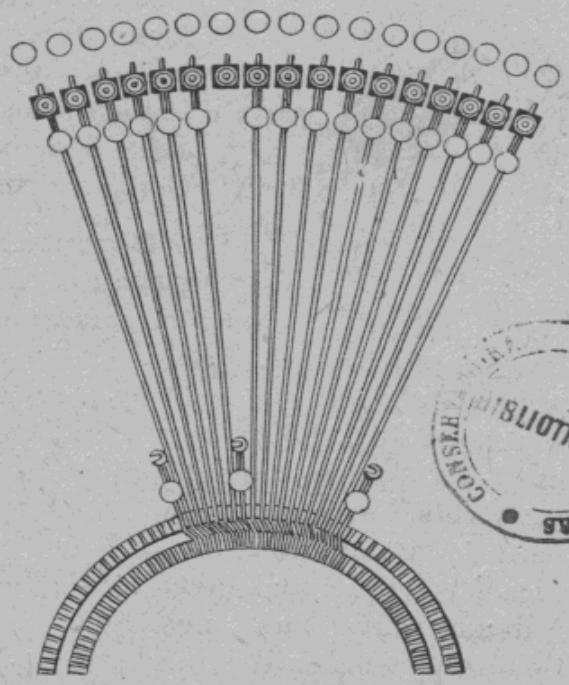


Fig. 325.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHEQUE

Commutateur inverseur à fiche, de Bourseul (1878). — Une plaque carrée, en laiton, coupée suivant ses diagonales et évidée à sa partie intérieure ; les quatre blocs, ainsi constitués, sont réunis deux à deux à l'aide d'une fiche en ébonite, portant deux petites équerres en laiton, qui viennent se coincer dans les fentes.

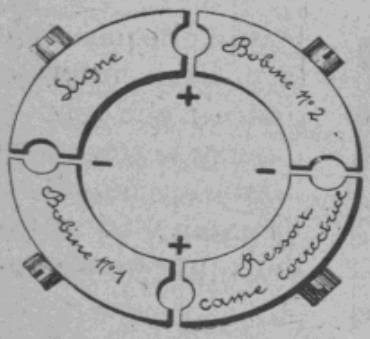


Fig. 326.

Commutateur inverseur pour appareil Hughes (1881). — Ce commutateur est constitué par un disque en laiton, posé sur un socle en ébonite, et divisé en quatre quadrants (fig. 326) ; ceux-ci peuvent être réunis par des fiches en laiton, filetées, qu'on visse soit sur un diamètre, soit sur l'autre (fig. 327).



Fig. 327.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Commutateur inverseur des Ateliers (1882). — La manette (fig. 328) actionnée à l'aide d'une béquille, porte deux lames de cuivre en forme de fourche (fig. 329); isolées l'une de l'autre et susceptibles de réunir deux à deux les blocs L, C, T, Z, portés par le socle.

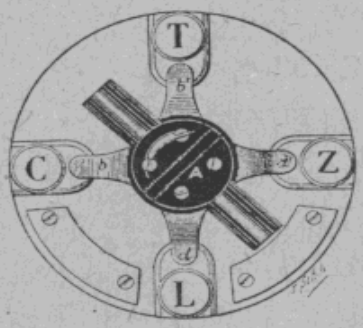


Fig. 328.

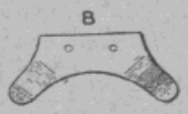


Fig. 329.

Commutateur inverseur à manette, de Bourseul (1883). — Les quatre communications aboutissent à quatre blocs métalliques, qui portent chacun un ressort-lame (fig. 330); ces ressort s'appuient sur quatre dents, solidaires de l'axe de la manette et réunies électriquement deux à deux; dans l'une des positions, on réunit, d'une part, L et C et, d'autre part, T et Z; en faisant tourner la manette de 90°, on relie L et Z, T et C; un ressort à boudin agit sur la manette, de manière qu'il se trouve tendu lorsqu'elle passe par la position intermédiaire : elle ne peut donc y rester et retombe forcément sur l'une ou l'autre des deux précédentes.

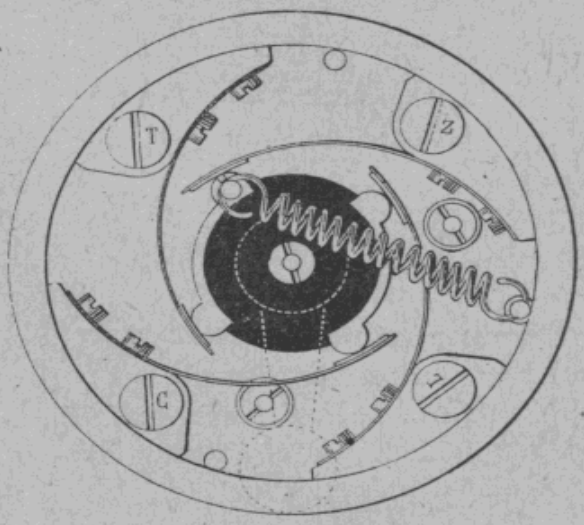
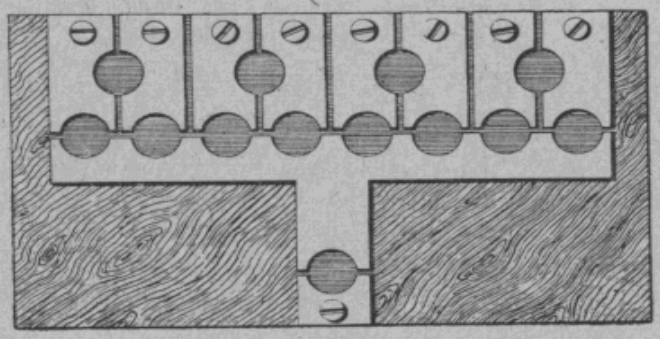


Fig. 330.


Fig. 331.

Commutateur-concentrateur, pour poste d'écluse, de Bardez et Mercier (1888). — Construit pour desservir quatre lignes avec un seul appareil (fig. 331); comporte quatre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

paires de plots communiquant, celui de gauche avec une ligne et celui de droite avec une sonnerie ou un parleur; les plots de ligne peuvent être réunis, à l'aide d'une fiche, soit à leur plot respectif de sonnerie, soit à la barre commune de « communication directe »; une autre fiche peut relier cette dernière au plot d'appareil.

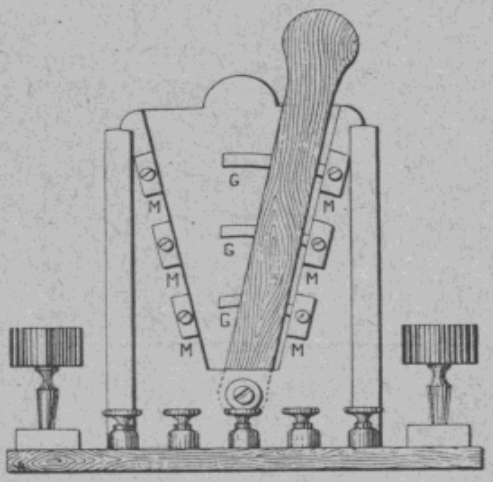


Fig. 332.

Commutateur multiple, de Wicart (1888). — Un levier en ébonite est traversé par trois goujons fendus, formant ressorts, G (fig. 332); sur chaque côté de la boîte se trouvent trois mâchoires, M, constituées chacune par deux blocs isolés l'un de l'autre et susceptibles d'être réunis par les goujons ci-dessus, qu'on y amène en déplaçant le levier à droite ou à gauche. Onze bornes et deux petits commutateurs à cheville servent pour réaliser toutes sortes de combinaisons.

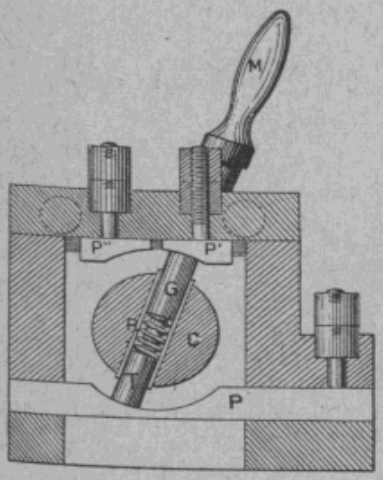


Fig. 333.

Commutateur multiple, de Baudot (1888). — Permet d'effectuer par une seule manœuvre 5, 7, 10 ou 15 permutations. A l'intérieur d'une boîte est monté un cylindre de buis, C, commandé par une manettre extérieure, M ; ce cylindre est percé de trous diamétraux dans chacun desquels s'engage une broche. Celle-ci se compose d'un tube en laiton, T, fermé à son extrémité inférieure, et dans lequel est engagé un goujon plein, terminant une pièce cylindrique, G ; un ressort à boudin, R, placé à l'intérieur du tube, tend à chasser le goujon. L'extrémité du tube frotte sur une pièce circulaire, P, légèrement élastique et communiquant avec la connexion fixe ; le goujon, suivant la position qu'on donne au cylindre, peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

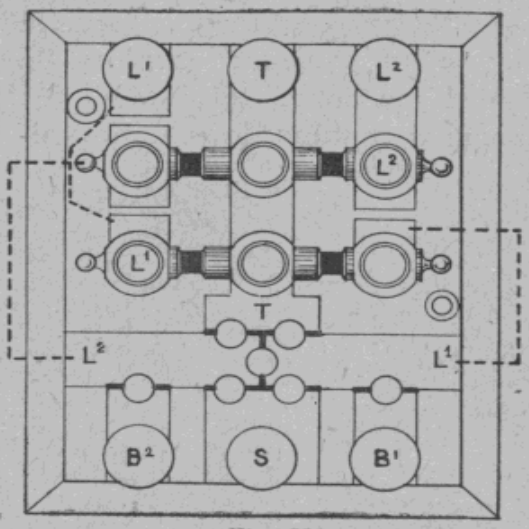


Fig. 334.

(fig. 334); le commutateur bavarois est divisé en deux parties, permettant de renvoyer chaque ligne sur appareil ou sur sonnerie, ou encore de les mettre en direct ou à la terre.

Tableau-commutateur pour lignes simples, de Mandroux (1892). — Monté pour desservir 12 lignes à l'aide de 5 appareils; il comprend 5 fiches, F (fig. 335) qui communiquent chacune avec un appareil, et 12 conjoncteurs reliés chacun à une ligne; venir s'appuyer sur l'un ou l'autre de deux plots, P′ et P″, auxquels sont rattachées les communications à permuter.

Commutateur pour deux lignes, de Baudot (1892). — Dérivé de celui de Delâtre (v. p. 354) et construit spécialement pour les installations Baudot portatives, dans lesquelles deux distributeurs quadruples sont montés sur une même cage. Comporte deux paratonnerres à bobine

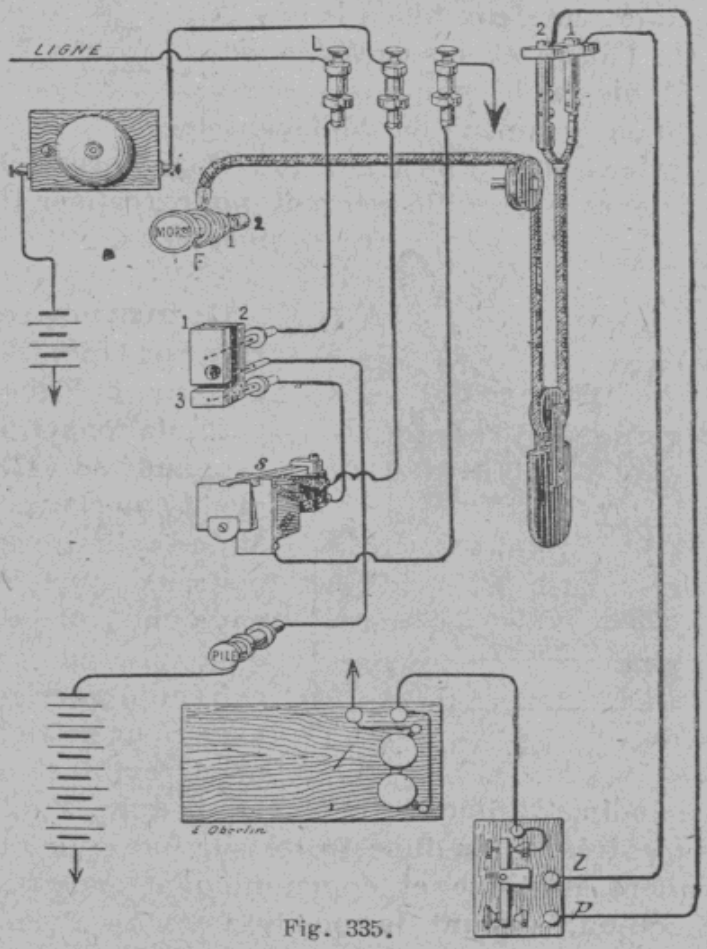


Fig. 335.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quand on introduit une fiche dans l'un deux, on met la ligne en communication avec un appareil, et on renvoie, en même temps, la pile qui convient à celle-ci ; dès qu'on retire la fiche, la ligne se trouve reliée à un annonciateur, *s*, dont l'armature, lorsqu'elle est attirée, laisse échapper un volet; l'annonciateur peut, soit rester muet, soit actionner une sonnerie commune à tout le tableau.

Chaque conjoncteur se compose de trois blocs en laiton, deux à la partie antérieure et dans le même plan, le troisième placé derrière les deux premiers et isolé d'eux par une plaque ébonite, E (fig. 336); ces trois blocs communiquent : A avec la ligne, B avec l'annonciateur et C avec une pile. Le bloc A est percé d'une ouverture, *t*, qui se prolonge à travers l'ébonite jusque dans le bloc, C, de sorte que la tête de la fiche prend la pile, tandis que le corps se met en communication avec la ligne.

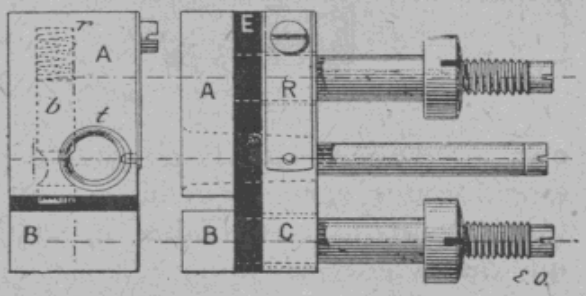


Fig. 336.

Dans la position d'attente, la ligne est renvoyée à l'annonciateur grâce à une tige, *b*, noyée dans le bloc A, et qui, sous l'action d'un ressort, *r*, vient s'appuyer sur le bloc B; cette tige porte une échancrure circulaire, de même rayon que l'ouverture, mais placée, à l'état de repos, un peu plus bas que celle-ci; la fiche (fig. 337), lors de son introduction, soulève ainsi la tige, *b*, jusqu'à ce que son échancrure coïncide avec la paroi antérieure du trou; la tige est ainsi éloignée du bloc B, et l'annonciateur est isolé.

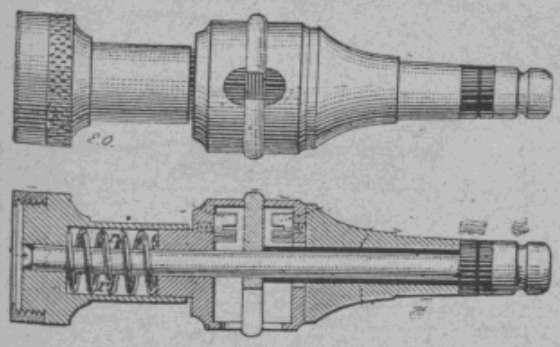

Fig. 337.

Tableau-commutateur pour lignes bifurquées, de Mandroux (1892). — Agencé comme le précédent, mais la pile renvoyée à l'appareil est positive ou négative, suivant le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poste avec lequel on veut correspondre. Le conjoncteur est modifié de la façon suivante (fig. 338) : le bloc de ligne, A, porte deux trous, *l* et *l'*, dont l'un est marqué + et l'autre —; le bloc d'arrière est divisé en deux parties, C et D, reliées respectivement aux batteries positive et négative; on prend donc la première dans le trou supérieur, et inversement.

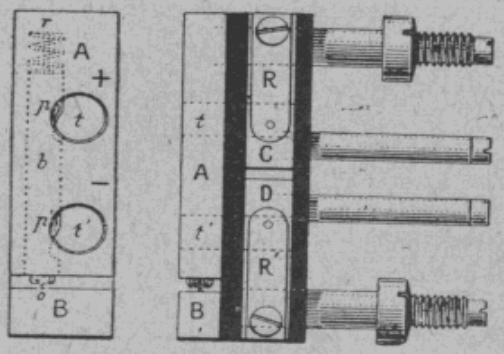


Fig. 338.

L'annonciateur porte deux armatures, l'une, non polarisée, laisse tomber le volet dans tous les cas; l'autre, polarisée, se déplace à droite ou à gauche, suivant le sens du courant reçu; dans ce mouvement, elle entraîne une cache, qui laisse voir le signe + ou le signe — : l'opérateur, pour répondre, introduit la fiche dans le trou marqué du signe laissé apparent.

Tableau-commutateur, dit standard (1902). — Comporte quatre rangées de conjoncteurs à ressorts, semblables à ceux des tableaux téléphoniques; les deux premières correspondent aux 12 lignes, la troisième aux quatre appareils. La quatrième rangée comprend 6 conjoncteurs : les quatre de droite reliés à deux translations, les deux derniers à l'entrée et à la sortie d'un milliampèremètre. Dans les conjoncteurs de lignes, le ressort long, P (fig. 339), est relié à la pile, et le court, L, à la ligne; ce dernier est à rupture; le contact fixe, sur lequel il s'appuie à l'état de repos, communique avec l'annonciateur. Huit paires de fiches, reliées par des cordons, *c*, à deux conducteurs, sont en attente sur le devant du meuble; les liaisons s'opèrent en introduisant une fiche dans un conjoncteur de ligne et l'autre, de la même paire, dans un conjoncteur d'appareil.

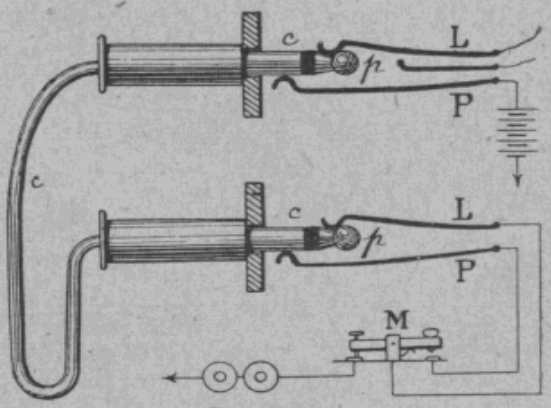


Fig. 339.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce tableau a été rendu *monocorde* en 1909; les conjoncteurs d'appareil sont supprimés, chaque cordon étant relié directement à un manipulateur.

Tableau-commutateur, de Blanchon (1907). — Dans ce système, les liaisons sont établies à l'aide d'une fiche sans cordon, ce qui laisse au tableau toute sa clarté; le tableau, construit pour 12 lignes et 6 appareils (fig. 340) comprend

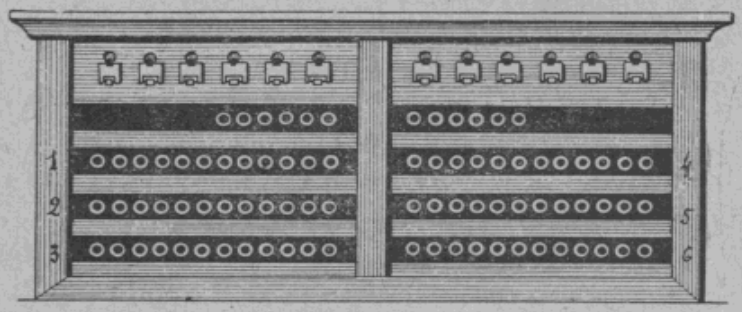


Fig. 340.

12 annonciateurs polarisés, 12 conjoncteurs d'annonciateurs, dans lesquels sont placées les fiches lorsque les lignes sont inoccupées, et enfin six rangées de 12 conjoncteurs chacune, sur lesquelles les lignes et les appareils sont multiplés, comme le

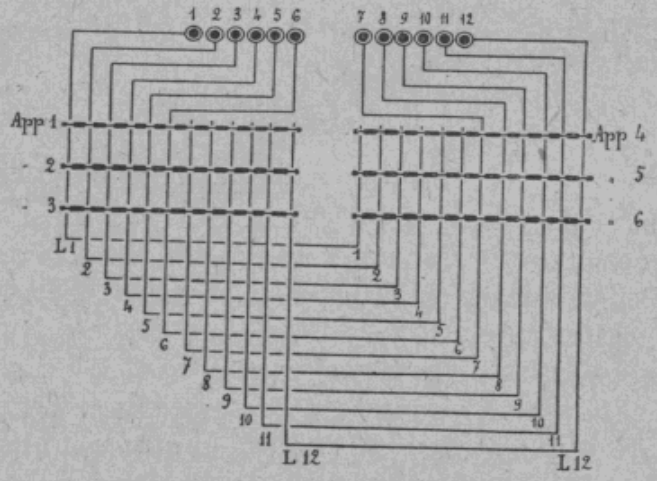


Fig. 341.

montre la figure 341 : tous les conjoncteurs de la première rangée horizontale correspondent à l'appareil n° 1, tous ceux de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seconde à l'appareil n° 2, et ainsi de suite : la ligne n° 1 est multiplée sur tous les conjoncteurs n° 1 des six rangées horizontales, la ligne n° 2 sur tous les conjoncteurs n° 2, etc.; pour renvoyer la ligne n° 5 sur l'appareil n° 3, par exemple, il suffit d'introduire la fiche dans le 5e conjoncteur de la 3e rangée horizontale.

La figure 342 représente un conjoncteur d'annonciateur, C, et un d'appareil, C′, formés de ressorts, pouvant être réunis deux à

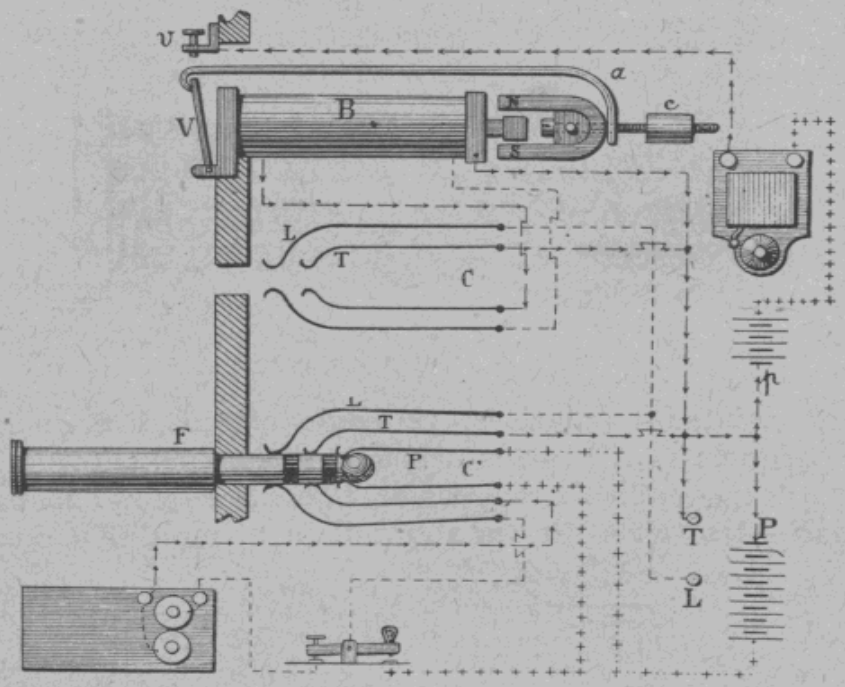


Fig. 342.

deux par les douilles d'une fiche, F; la ligne est multiplée sur le grand ressort supérieur de chacun de ces conjoncteurs, ainsi que sur celui des cinq conjoncteurs de même numéro des autres rangées horizontales; la terre (ou le fil de retour) est multiplée de même sur le 2e ressort supérieur; enfin, dans les conjoncteurs C′, la pile est également multiplée sur le 3e ressort. Les ressorts inférieurs du conjoncteur C′, communiquent, respectivement, avec le pivot du manipulateur, la sortie du récepteur et l'enclume de pile; ceux du conjoncteur C, avec l'entrée et la sortie de l'annonciateur, B.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau télégraphique à capacité variable (1912). — Le meuble est fermé à sa partie antérieure par 7 réglettes métalliques verticales, d'égale largeur; ces réglettes sont de trois sortes : celles pour 2 lignes simples, celles pour 2 lignes bifurquées et les réglettes d'attente ; on peut ainsi équiper le tableau suivant le nombre et la nature des communications.

Les lignes sont rattachées tout d'abord à un coupe-circuit double, à fusibles de 1 ampère; sur les réglettes pour lignes simples, on trouve ensuite, dans l'ordre de haut en bas; deux annonciateurs de 200 ohms, deux conjoncteurs, reliés respectivement aux deux annonciateurs, deux prises de pile; les réglettes pour lignes bifurquées sont munies, sur chaque ligne, d'annonciateurs polarisés à deux armatures; l'une de celles-ci obéit au courant positif, l'autre au négatif; l'appendice de chacune des armatures retient un volet qui, en tombant, indique le pôle reçu; chaque ligne aboutit à deux conjoncteurs identiques aux précédents, mais dont l'un donne la pile positive et l'autre la pile négative. Quatre prises de pile sont placées à la partie inférieure.

Les fils de lignes et de piles sont amenées à des ressorts, fixés à l'intérieur du meuble; lorsqu'on monte une réglette, des plots, disposés à cet effet, viennent s'appuyer sur ces ressorts et renvoient les communications aux organes commutateurs.

Les réglettes d'attente sont de mêmes dimensions que celles de lignes, mais dépourvues de tout organe; elles servent simplement à fermer le meuble, en attendant l'amenée de nouvelles lignes.

La liaison des lignes, avec des appareils ou des relais, s'opère à l'aide de fiches monocordes.

Commutateur de mise à la terre (1895). — Les lignes aboutissent à 10 ressorts-lames en acier, montés sur une réglette en bois, *d* (fig. 343) et munis de plots à vis; à l'état de repos, chacun d'eux s'appuie sur une butée, portée par une seconde réglette, *f*, et communiquant avec un appareil. Entre les deux réglettes se trouve une barre métallique, *ee'*, montée sur deux pivots et solidaire d'une manette, P. Dans la position normale, les ressorts surplombent la barre sans la toucher; lorsqu'on déplace la manette, la barre présente une partie excentrée, qui soulève les ressorts; les appareils se trouvent isolés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

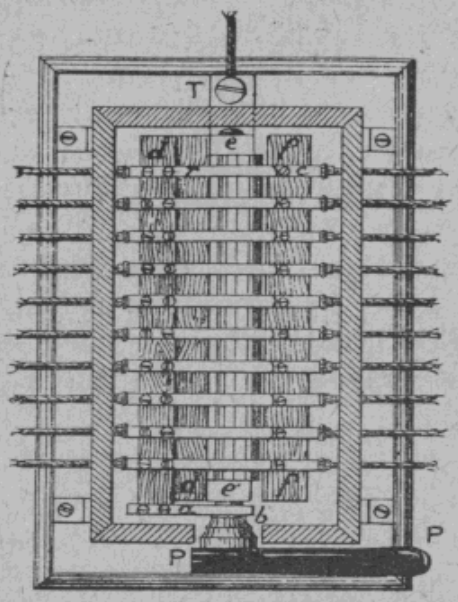


Fig. 343.

tandis que les lignes sont mises à la terre; un onzième ressort, *b*, est terminé par un bec, tandis que le manchon sur lequel il s'appuie est entaillé de deux encoches, correspondant aux deux positions possibles de la manette; le bec du ressort s'engageant dans l'une des encoches, la barre se trouve immobilisée dans la position qui convient.

Tableau de coupures (1908). — En usage au Poste Central des Télégraphes de Paris, construit pour l'emploi du double fil, et destiné à permettre l'essai des lignes et la localisation des dérangements. Dans la position normale,

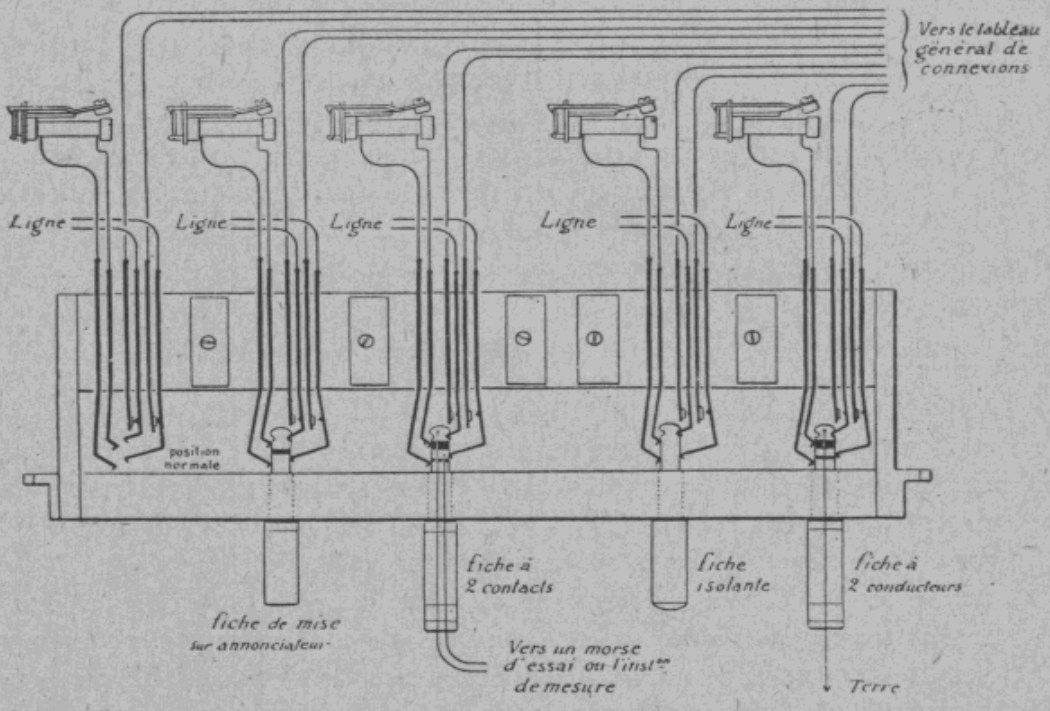


Fig. 344.

aucune fiche n'est insérée dans les conjoncteurs et les lignes y

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

passent simplement pour se rendre au tableau de connexion (fig. 344, position 1). Lorsqu'une ligne est signalée défectueuse, et en attendant la rentrée d'un poste de coupure, elle est mise « sur annonciateur », à l'aide d'une fiche à deux parties métalliques, sans cordon (2); dès qu'un appel se produit, l'opérateur du tableau prend contact avec le poste correspondant, à l'aide d'une fiche à deux conducteurs, qui renvoie la communication sur une installation Morse (3); pour isoler la ligne on introduit dans le conjoncteur une fiche en ébonite (4); enfin, pour la mettre à la terre, on fait usage d'une quatrième fiche à cordon (5).

Tableau de connexions (1908). — Chaque conjoncteur se compose de deux ressorts, auxquels aboutissent les deux brins d'un circuit venant du tableau de coupures, et de deux contacts de rupture, qui les renvoient aux contacts similaires d'une autre bande semblable (fig. 345); les conjoncteurs de cette dernière

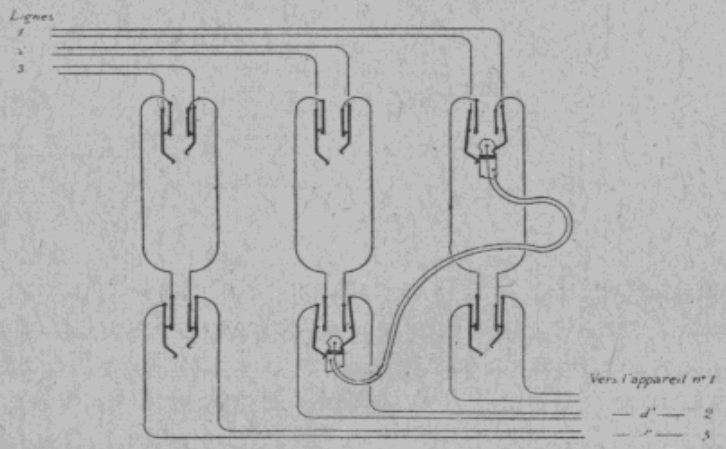


Fig. 345.

communiquent avec ceux d'un tableau particulier de salle. La communication se trouve renvoyée directement. Les permutations s'opèrent à l'aide de fiches et de cordons.

Tableau de voltages (1908). — Les conjoncteurs des tableaux de voltages sont semblables aux précédents; les ressorts de chacun d'eux communiquent avec un appareil et les contacts de rupture avec une prise de voltage, à travers une lampe-tampon (fig. 346). Chaque tableau comporte, en outre, des jacks de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

substitution, permettant de renvoyer momentanément, à tout appareil, un voltage autre que celui qui lui est normalement affecté; ce dernier type comporte seulement deux ressorts et est d'un calibre plus fort que le premier; les deux fiches d'une même paire sont donc de grosseurs différentes, et il devient impossible de mêler par inadvertance deux conjoncteurs de la même série.

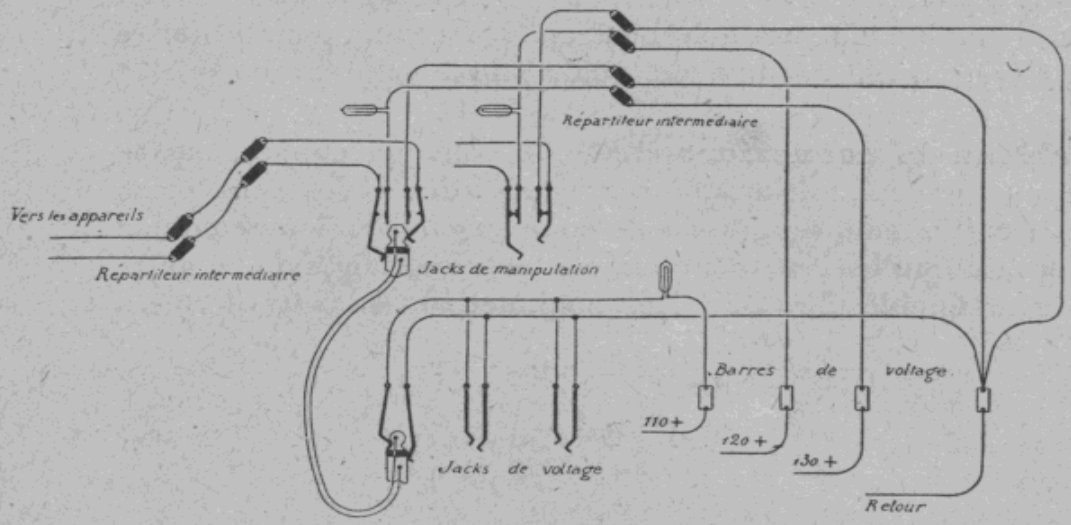


Fig. 346.

Commutateur, de W. Blanchon (1908). — Sur un socle en ébonite sont fixées quatre paires de ressorts verticaux formant deux groupes. Une manette, analogue à la fiche du tableau du même inventeur (v. p. 361), articulée entre les deux groupes, porte deux douilles isolées, en laiton, qui peuvent venir s'engager chacune entre les deux ressorts d'une même paire et les réunir ainsi métalliquement. Ce commutateur peut servir, soit d'inverseur, soit de commutateur multiple, suivant les communications qu'on amène aux différents ressorts.

Boîte d'entrée de poste, de W. Blanchon (1908). — Cette boîte est construite pour les installations à double fil (fig. 347); le conjoncteur de gauche communique avec un parleur, celui du milieu avec une sonnerie et celui de droite avec le Morse, le Hughes ou le Baudot; la fiche, sans cordon, réunit les ressorts deux à deux et renvoie à l'appareil la ligne, la pile et la terre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou le fil de retour. La sonnerie est enfermée dans la boîte du commutateur.

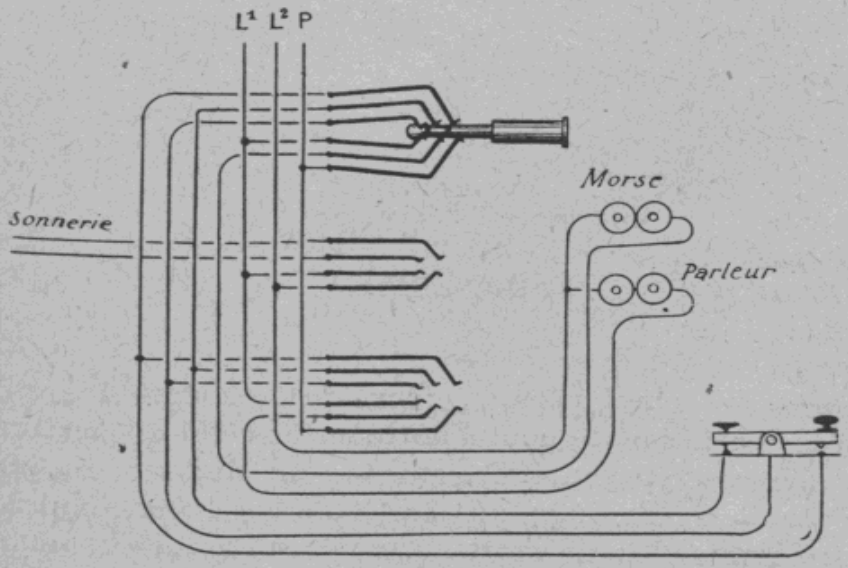


Fig. 347.

Boîte d'entrée de poste, Modèle de 1912. — Conçue d'après le même principe que la précédente, mais on a supprimé le ressort de la ligne de retour (fig. 348) : celle-ci est amenée à la barre commune, ainsi que la sortie de la sonnerie et les bornes auxquelles on rattache les fils de retour des appareils. A l'avant de la boîte est un milliampèremètre à zéro médian, pouvant indiquer des intensités, positives ou négatives, de 0 à 40 milliampères. Dans les installations Baudot, il n'est maintenu en circuit que du côté du Morse.

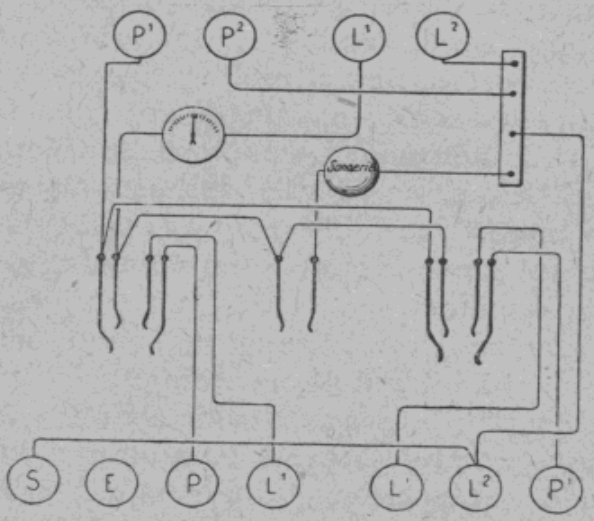


Fig. 348.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XV

SONNERIES

Les sonneries employées au début de la télégraphie étaient actionnées par un mouvement d'horlogerie : celui-ci faisait mouvoir un marteau qui venait frapper sur un timbre. Le premier appareil de ce genre, imaginé par Cooke en 1836, comprenait, sur l'axe commandant le marteau, une roue à rochet, immobilisée, à l'état de repos, par un cliquet ; celui-ci était monté sur un bras de levier pivotant en son point milieu et portant, à son autre extrémité, une armature d'électro-aimant. Dès qu'un courant parcourait les bobines, l'armature était attirée, la dent du cliquet se dérobait et le mouvement d'horlogerie était libéré ; lorsque cessait l'attraction, un ressort antagoniste ramenait le cliquet dans le champ de rotation du rochet, qui se trouvait calé de nouveau. Le courant était émis par un relais (v. p. 388) qui, lui-même, fonctionnait sous l'action des courants venant de la ligne. Une foule d'autres systèmes de sonneries mécaniques furent successivement employés.

Cependant, en 1837, De La Rive, à Genève, et Wagner, à Francfort avaient inventé simultanément le premier électro-aimant à interruption automatique, appelé *rhéotome*, puis *trembleur* (1) : le courant, pour arriver à la bobine, passait par une vis servant de butée à l'armature : dès que celle-ci était attirée, le circuit se trouvait interrompu ; l'armature, revenant en arrière sous l'action de son ressort antagoniste, rencontrait bientôt la vis de butée, le circuit était de nouveau fermé, et ainsi de suite.

Des sonnerie à trembleur furent construites sur ce principe

(1) Karrass. — *Geschichte der Telegraphie*, Braunschweig 1909, p. 187.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par Vail, en 1843, et par Werner Siemens, en 1847, mais elles présentaient cet inconvénient commun que la durée de la fermeture du circuit était pour ainsi dire instantanée, tandis que celle de l'interruption dépendait du jeu laissé à l'armature; si l'on réduisait celui-ci, on augmentait la fréquence des fermetures sans modifier leur durée, d'où un ronflement extrêmement rapide, mais très difficile à régler; l'on n'arrivait pas à obtenir le coup sec nécessaire pour faire vibrer convenablement le timbre.

Siemens avait cherché à remédier à cet inconvénient en munissant l'armature d'un levier supplémentaire, et en le faisant osciller entre les branches d'une fourchette munie d'un ressort, ce qui prolongeait quelque peu la durée des contacts (1); mais ce système, bien que supérieur aux précédents, était encore imparfait et sujet à de fréquents dérangements; la lourdeur des pièces gênait les mouvements de l'armature et l'on n'obtenait pas ce coup sec dont il est question plus haut.

En 1849, Bréguet avait construit une sonnerie sans trembleur, dans laquelle le marteau était directement solidaire de l'armature d'un électro-aimant; ce système convenait pour les appareils français et à cadran (v. p. 58 et 67), qui envoient des courants brefs et également espacés; chacun de ces courants donnait lieu à un choc du marteau sur le timbre.

Enfin, en 1850, Lippens, à Bruxelles, prit un brevet pour une sonnerie à trembleur, dans laquelle la butée était constituée par une lame de ressort, qui pouvait suivre l'armature dans une partie de sa course (2); l'armature, constituée elle-même par une lame flexible, déterminait, par son élasticité, un choc parfaitement net du marteau sur le timbre; mais, ainsi qu'il arrive trop fréquemment aux inventeurs, l'incrédulité, la routine aussi sans doute, s'acharnèrent contre Lippens, qui, découragé, abandonna son invention... et l'on continu à employer des sonneries à mouvement d'horlogerie, non seulement en Belgique, mais encore dans les autres pays où l'on n'avait pas connaissance de la sonnerie de Lippens.

Cependant, en 1853, un architecte de Rouen, nommé Mirand, qui ignorait l'invention de Lippens, réalisa un dispositif analogue pour l'appliquer à des usages domestiques (3); l'exemple

(1) Zetzsche. — *Handbuch der elektrischen Telegraphie*, Berlin, 1877, t. I, p. 234.
(2) Du Moncel. — *Exposé des applications de l'électricité*, t. V (1862), p. 466.
(3) Du Moncel. *Exposé des applications de l'électricité*, t. V (1862), p. 468.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fut suivi et, peu à peu, l'on commença à construire des sonneries à trembleur ; elles ne tardèrent pas à trouver leur application en télégraphie, où elles fonctionnèrent d'abord par l'intermédiaire de relais, puis directement sous l'action des courants venant de la ligne.

Divers perfectionnements furent apportés aux sonneries électriques ; on les munit de voyants, annonçant qu'un appel s'était produit ; on les disposa « à mouvement continu » (1) c'est-à-dire qu'ayant été actionnées une fois, elles fermaient sur leurs propres bobines un circuit local, qu'il fallait ensuite venir interrompre pour faire cesser le fonctionnement ; on construisit également des sonneries polarisées, permettant de recevoir des appels émis à l'aide de courants alternatifs, etc.

Sonnerie à mouvement d'horlogerie, de Wheatstone (1840). — Un petit électro-aimant de Wheatstone (v. p. 75) déclanche le mouvement d'horlogerie ; deux marteaux, articulés au bout d'un bras tournant, s'écartent sous l'action de la force centrifuge et viennent ainsi frapper sur le timbre enfermé dans la boîte.

Sonnerie anglaise à mouvement d'horlogerie (1842). — Le mouvement du barillet est communiqué aux rouages par l'intermédiaire d'une chaînette enroulée dans une gorge conique : le rayon d'entraînement diminue ainsi au fur et à mesure que le ressort se détend, et l'on obtient un déroulement régulier du mouvement d'horlogerie. Celui-ci fait tourner un bras au bout duquel sont articulés deux marteaux, comme dans la sonnerie ci-dessus.

Sonnerie à mouvement d'horlogerie et à voyant, de Bréguet (1845). — Deux marteaux agissant, comme les précédents, sous l'action de la force centrifuge ; le déclanchement du mouvement d'horlogerie provoque l'apparition d'une languette portant l'indication : « Répondez ».

Dans un second modèle (1850), la tige du marteau est actionnée par un échappement à ancre. Le remontage du ressort s'obtient par le tirage d'une ficelle, enroulée sur une poulie faisant corps avec l'axe du barillet.

(1) *Annales Télégraphiques*, 1859, p. 328.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sonnerie à mouvement d'horlogerie, de Bernier (1852). — Le marteau est porté par une lame formant légèrement ressort et mise en mouvement par une bielle, commandée elle-même par un bouton excentrique. Un voyant circulaire, portant le mot « Répondez », apparaît lors du déclanchement. La sonnerie est munie d'un système de contrôle, utilisé sur les lignes omnibus, et accusant automatiquement réception des appels : à cet effet, une roue, actionnée par le mouvement général, porte des goupilles qui, pendant la rotation, viennent successivement appuyer sur un levier et ferment le circuit d'une pile sur le fil de ligne; le nombre de goupilles étant différent dans chacun des postes échelonnés sur la ligne, le poste appelant pouvait ainsi savoir quel était celui qui recevait ses appels.

Sonnerie à mouvement d'horlogerie, de Bréguet (1858). — Le mouvement du marteau, M (fig. 349) est obtenu de la

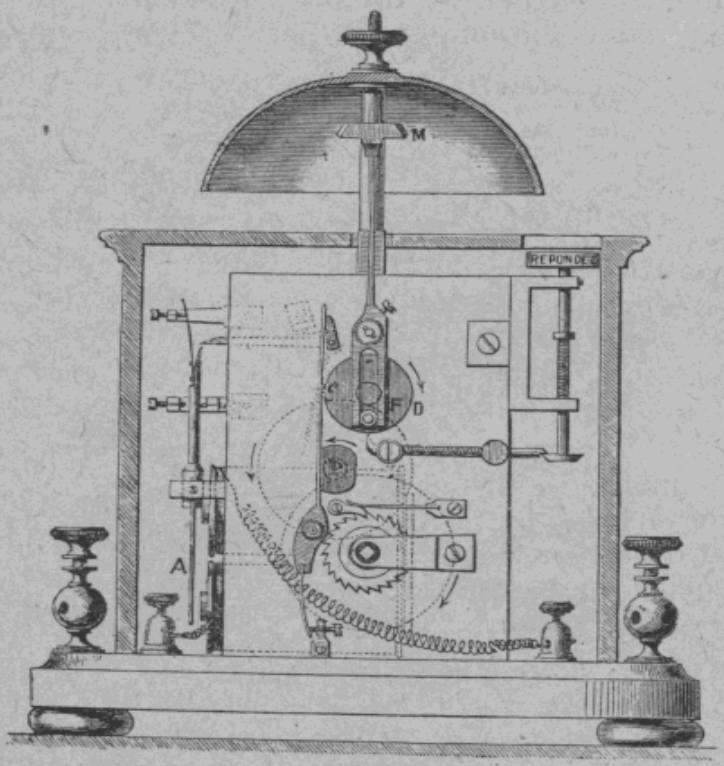


Fig. 349.

façon suivante : un disque, D, porte, sur l'une de ses faces, un doigt, qui s'engage entre les branches d'une fourchette, F;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsque l'armature, A, de l'électro-aimant est attirée, elle libère le mouvement d'horlogerie, le disque, D, tourne et le doigt imprime à la fourchette, F, et au marteau, M, un mouvement de va-et-vient. Un bouton en ivoire, placé à droite et formant voyant, sort verticalement de la boîte lorsque le mouvement d'horlogerie se met en marche.

Sonnerie sans trembleur, de Bréguet (1849). — Electro-aimant à noyaux en fer à cheval; armature plate, dont la course est limitée par une vis; le choc du marteau sur le timbre a lieu lors du retour de l'armature à sa position de repos (v. p. 369).

Sonnerie sans trembleur, de Siemens (1850). — Fonctionnait avec le transmetteur à cadran décrit plus haut (v. p. 69). Les courants, venant de la ligne, sont reçus dans un relais, R (fig. 350) dont l'armature ferme le circuit local sur la

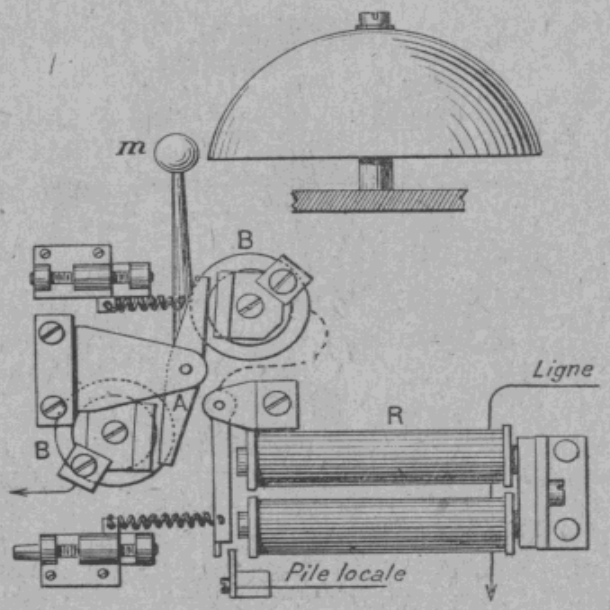


Fig. 350.

sonnerie. Celle-ci comprend un fort électro-aimant, BB, agencé comme celui du transmetteur précité, et dont les noyaux portent des prolongements polaires en forme d'équerre : l'armature, A, montée entre pointes, oscille entre ces deux équerres,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elle porte un levier terminé par un marteau, *m*, qui, à chaque mouvement, vient frapper sur le timbre placé à proximité.

Sonnerie à mouvement continu, de Cuche (1859). — Une tige métallique, terminée à l'extérieur de la boîte par un petit bouton, B (fig. 351) est entourée par les spires d'un ressort à boudin qui tend à la soulever et à amener son talon, *t*, contre une butée reliée à une pile locale ; la tige est elle-même en communication avec l'entrée de l'électro-aimant de la sonnerie ; à l'état de repos, elle est maintenue éloignée de sa butée par un ergot, *e*, porté par l'armature, A ; dès qu'un courant arrive de la ligne, l'armature libère la tige, qui vient ainsi fermer le circuit local sur l'électro-aimant, et la sonnerie fonctionne de façon continue, jusqu'à ce qu'en appuyant sur le bouton, B, on enclanche de nouveau la tige et on coupe le circuit de la pile locale.

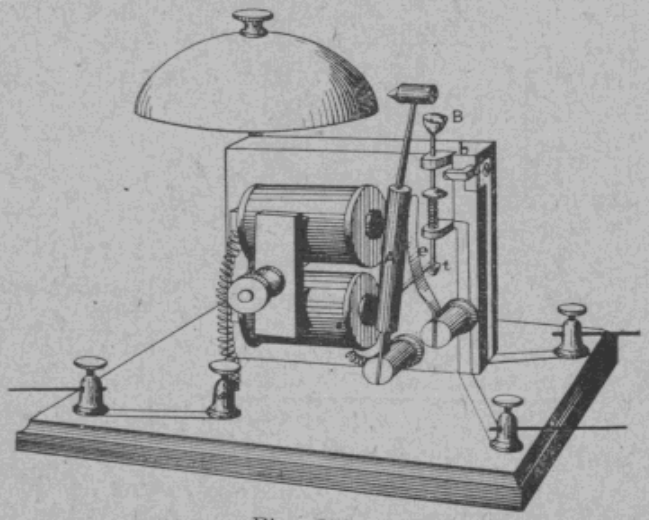


Fig. 351.

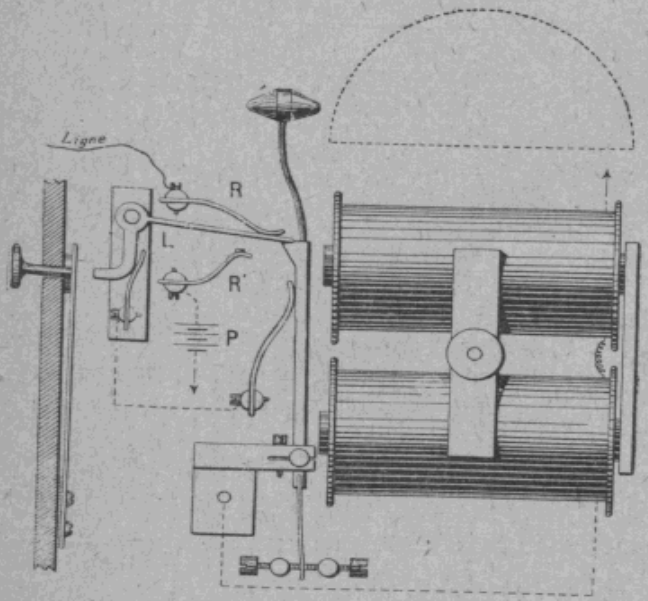


Fig. 352.

Sonnerie à mouvement continu, d'Aubine (1859). — L'armature porte une sorte de dent, qui enclanche un levier, L (fig. 352), communiquant avec la bobine, et qui est sollicité à s'abaisser par l'action

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un ressort, R, relié à la ligne. Dès que l'armature est attirée, le levier tombe sur un autre ressort, R′, auquel est rattachée une pile, P. Ce circuit local est ainsi substitué à celui de la ligne, jusqu'à ce que, par la manœuvre d'un bouton extérieur, on réenclanche le levier.

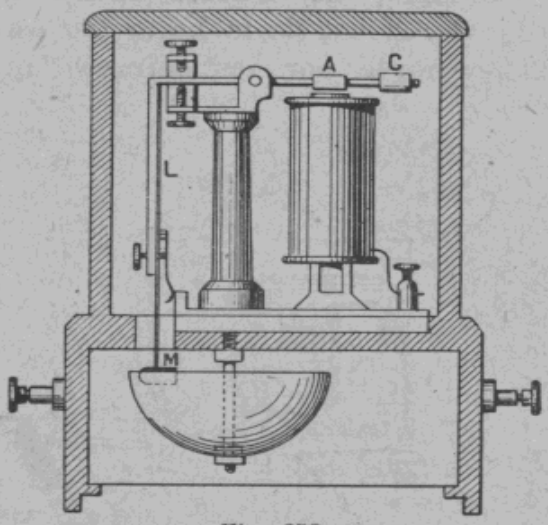


Fig. 353.

Sonnerie à trembleur, de Lemoyne (1860). — Les sonneries à trembleur utilisées jusque-là étaient à très petite résistance, et ne pouvaient fonctionner que par l'intermédiaire d'un relais. Le modèle Lemoyne est agencé d'une façon identique aux récepteurs Morse, tant au point de vue de la position de l'armature qu'à celui de la résistance de l'enroulement. L'armature, A (fig. 353) est horizontale et équilibrée par un contrepoids, C, vissé sur sa tige; un appendice, L, sur lequel est monté l'interrupteur-trembleur, supporte le marteau, M, qui peut venir frapper sur un timbre placé dans le socle.

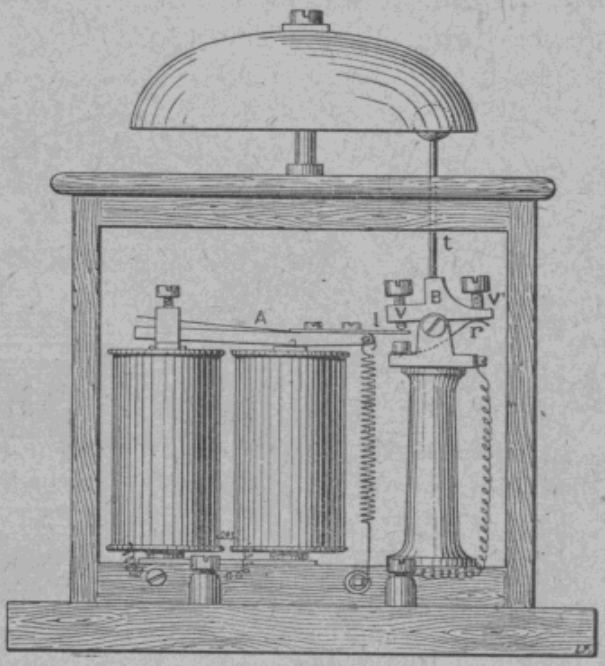


Fig. 354.

Sonnerie à bascule, de Dumoulin-Donnier (1860). — L'armature, A (fig. 354) pivote sur un ergot porté par le noyau de droite; elle est terminée, de ce même côté, par une lame en acier, *l*, sur laquelle s'appuie, à l'état de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

repos, une vis de butée, v, portée par une bascule, B ; celle-ci est surmontée par une tige, t, portant le marteau de la sonnerie. Lorsque l'armature est attirée, la lame, l, soulève la vis, v, et fait basculer B : le marteau vient frapper sur le timbre ; mais, dans ce mouvement, v, s'est éloignée de l, d'où interruption du circuit des bobines ; la bascule, B, revient à sa position initiale sous l'action d'un petit ressort, r, réglé par la vis v', que porte la branche de droite de la bascule : le circuit est de nouveau fermé, et ainsi de suite.

Sonnerie à trembleur, de Bréguet (1860). — Electro-aimant à noyaux en fer à cheval, monté sur une planchette

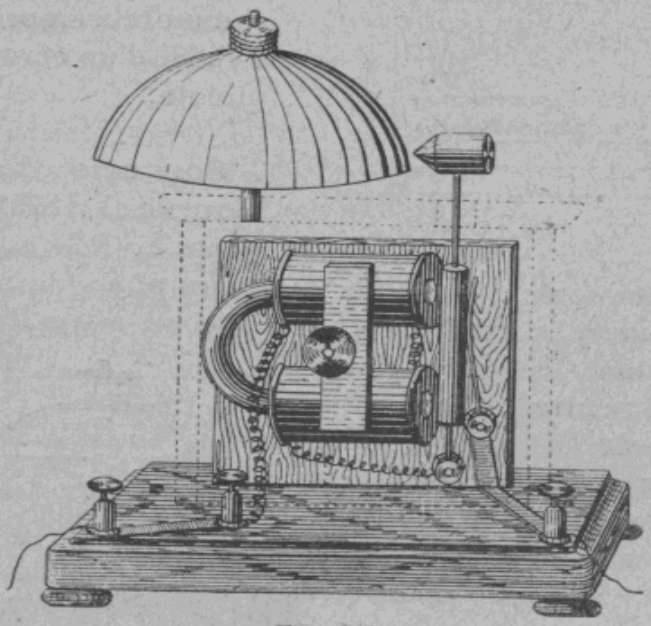


Fig. 355.

verticale (fig. 355) ; armature cylindrique, fixée par un ressort plat dans une colonne métallique.

Ce modèle a été modifié pour lui permettre de former relais d'appel ; à cet effet, l'armature, en plus du ressort interrupteur ordinaire, porte un second ressort qui, lors de l'attraction, ferme le circuit d'une pile locale sur une seconde sonnerie ou un parleur.

Sonnerie de poste (1875). — Electro-aimant à deux bobines, placées l'une au-dessus de l'autre (fig. 356) ; l'armature est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

montée sur un ressort-lame encastré dans un bloc en laiton ; un petit ressort de contact, solidaire de l'armature, s'appuie contre la vis de butée munie d'un contre-écrou ; le timbre peut être rapproché ou éloigné du marteau ; à cet effet, la tige qui le supporte traverse une fente longitudinale, pratiquée dans le bois de la boîte, et sur laquelle on l'immobilise, après réglage, à l'aide d'un écrou à bouton moleté.

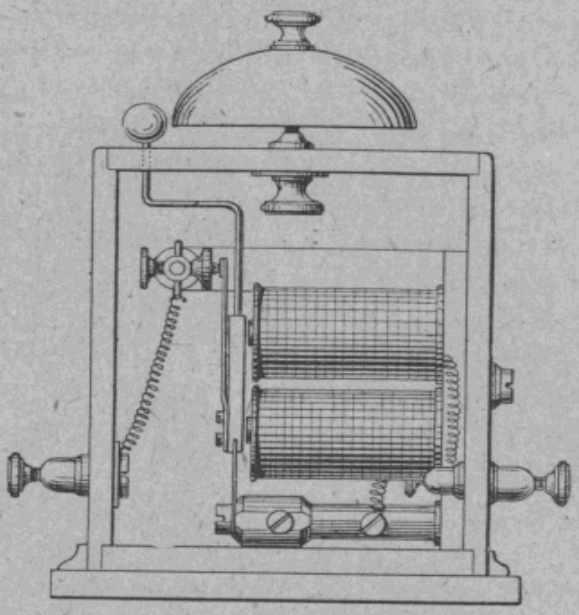


Fig. 356.

Sonnerie polarisée, de Bourseul (1875). — Comporte un faisceau de deux aimants permanents, N, réunis par leurs pôles de même nom (fig. 357) ; l'une des extrémités du faisceau est rattachée à la culasse portant l'électro-aimant horizontal, B ; entre les deux autres pôles est placée l'armature, A, qui peut osciller entre les prolongements polaires des noyaux de l'électro-aimant ; ceux-ci sont munis de vis pour le réglage de l'entrefer.

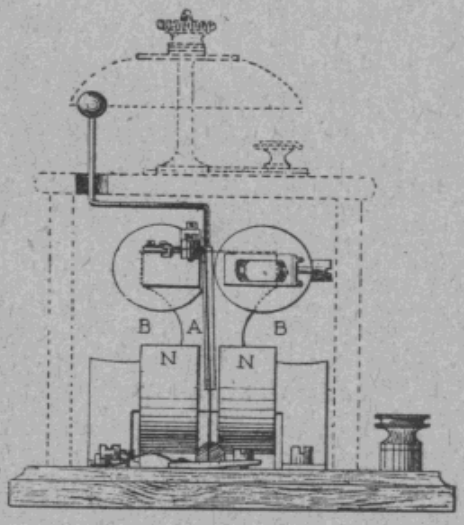


Fig. 357.

Sonnerie polarisée, d'Aboilard (1886). — L'armature, A (fig. 358) est montée devant les noyaux à la façon d'un fléau de balance ; vis-à-vis du pivot, O, est attachée la tige qui supporte le marteau, M, lequel peut osciller entre deux timbres. Un aimant permanent, NS, polarise l'armature par l'un de ses pôles et les noyaux par l'autre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sonnerie polarisée à trembleur, de Mutel (1897). — La culasse porte trois tiges en fer doux ; celle du milieu est nue ; les deux autres constituent les noyaux des bobines ; l'enroulement est tel que le courant développe la même polarité aux extrémités des noyaux et un pôle contraire dans la tige nue. Entre celle-ci et chacun des deux noyaux sont placées les branches d'un petit aimant en fer à cheval, pivotant autour de son point neutre et solidaire du marteau de la sonnerie ; deux ressorts-lames, dont l'un forme antagoniste et l'autre trembleur, suivent également les mouvements de l'aimant ; si le courant parcourt les bobines dans la direction convenable, la sonnerie fonctionne en trembleur ordinaire ; dans le cas contraire, l'aimant reste maintenu dans la position de repos. Cette sonnerie permet ainsi la suppression du « rappel par inversion de courant » dans les installations de postes échelonnés (v. p. 379).

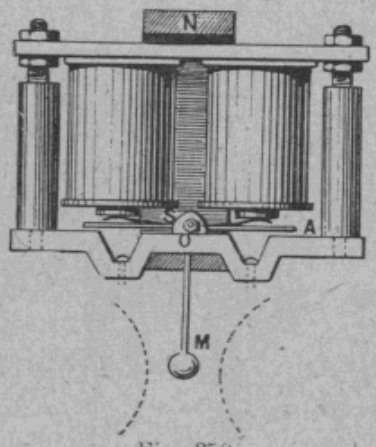


Fig. 358.

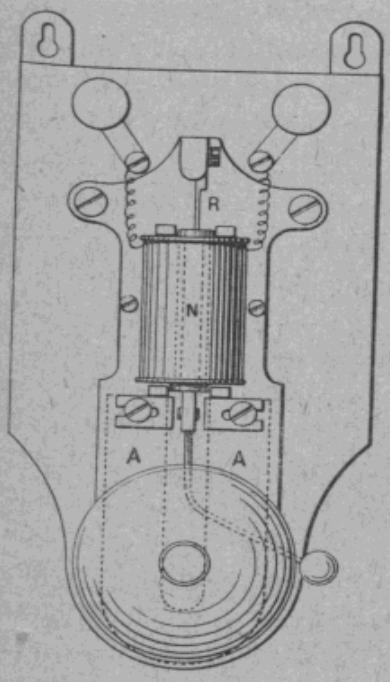


Fig. 359.

Sonnerie polarisée, de Mambret (1910). — L'électro-aimant est à une seule bobine ; le noyau, N (fig. 359) de diamètre plus petit que l'intérieur de la bobine, est monté sur un ressort lame, R ; il se prolonge, à l'avant, par une partie méplate, constituant l'armature proprement dite, et sur laquelle est fixée la tige qui porte le marteau ; l'armature se meut entre deux pièces polaires montées sur les extrémités d'un aimant permanent, AA, et se trouve, à chaque inversion du courant, attirée par l'une et repoussée par l'autre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XVI

RAPPEL DES POSTES ÉCHELONNÉS

Au début de la télégraphie, le réseau comprenait un assez grand nombre de lignes dites « omnibus », sur lesquelles étaient échelonnés plusieurs postes à faible trafic ; certaines de ces lignes en comportaient jusqu'à douze. Pour atteindre un bureau déterminé, on devait appeler successivement tous les intermédiaires, pour leur demander d'établir la communication directe. Cette opération demandait un temps assez long et, en outre, dérangeait inutilement les postes non intéressés. Divers inventeurs cherchèrent à supprimer cet inconvénient, à l'aide d'appareils dénommés couramment sous le nom de *rappels*, permettant d'établir automatiquement, au gré du bureau appelant, la communication avec l'un quelconque des autres postes échelonnés sur le fil, sans l'intervention des intermédiaires.

Les lignes omnibus disparurent peu à peu, au fur et à mesure de l'accroissement du trafic, et ne subsistèrent guère que dans les Compagnies de Chemins de fer. Dans le réseau télégraphique de l'Etat, on en reste aux lignes dites « bifurquées », à l'aide desquelles un bureau principal communique avec deux bureaux secondaires, le seul intermédiaire étant embroché sur le fil ou placé en dérivation. Afin que les appels émis par le premier soient perçus seulement par celui des deux autres auquel ils sont destinés, le bureau principal est muni d'un inverseur de pile, et emploie l'un ou l'autre pôle, suivant le poste qu'il veut appeler. Dans chacun des bureaux secondaires, la ligne est renvoyée sur un électro-aimant polarisé, orienté de façon à n'obéir qu'à un seul des deux sens du courant et qui, lorsqu'il est actionné, ferme le circuit d'une pile sur une sonnerie.

Le premier instrument de ce genre fut construit, en 1854, par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bréguet qui le dénomma alors *communicateur*; le nom de *rappel par inversion de courant* fut adopté peu après et conservé depuis (1).

Chacun des deux postes secondaires, pour correspondre avec le poste principal, emploie le pôle avec lequel il est lui-même appelé : de la sorte, ses signaux ne dérangent pas celui avec lequel il partage la ligne.

Le poste principal doit pouvoir distinguer quel est celui des deux autres qui l'appelle : à cet effet, il est muni d'un « parleur indicateur» (v. p. 118) : un voyant, déplacé lors du passage du courant, montre l'un des signes + ou —, suivant le sens de l'émission qui a servi à l'appel; l'inverseur de pile, mentionné plus haut, lui permet de prendre le même pôle pour répondre.

Rappel par inversion de courant, de Bréguet (1854). — L'appareil se compose de deux électro-aimants horizontaux, placés en série sur la ligne et se faisant face; l'armature est constituée par les deux branches d'un aimant permanent, en fer à cheval, susceptible de pivoter entre deux pointes; un contre-poids joue le rôle de ressort antagoniste. Si l'armature aimantée est placée sur le butoir de droite, par exemple, le courant positif la chasse à gauche, tandis que le négatif ne fait que le maintenir plus fortement à droite; dans le premier cas, l'armature vient fermer le circuit d'une pile locale sur une sonnerie; dans le second, le passage du courant reste inaperçu.

Rappel de Callaud (1860). — Le manipulateur consiste en un cadran comprenant 12 divisions (fig. 360); l'aiguille, A, est montée sur l'axe du barillet d'un mouvement d'horlogerie; la manivelle, M, est folle sur l'axe et porte un doigt d'arrêt, qui immobilise l'aiguille. Pour appeler le 6e poste, par exemple, on amène la manivelle dans l'encoche pratiquée en face de la sixième division; l'aiguille, rendue libre, se met en marche jusqu'à ce qu'elle vienne buter contre le doigt d'arrêt de la manivelle. A chaque division parcourue, un courant est envoyé par l'intermédiaire d'un levier, commandant un ressort de contact, relié à la ligne et actionné par des goupilles plantées sur le pourtour d'une roue dentée; dans l'exemple choisi, six courants successifs sont ainsi envoyés.

(1) Du Moncel. — *Exposé des applications de l'électricité*, t. III (1857), p. 190.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque l'appel a été perçu, on ramène l'aiguille à son point de départ, en poussant la manivelle en sens inverse : on tend ainsi de nouveau le ressort du barrillet, ce qui dispense de tout autre mode de remontage de l'appareil.

Le récepteur comprend deux électro-aimants, reliés respectivement aux deux lignes de droite et de gauche. Chaque armature porte une petite plaquette d'échappement, qui sert à accrocher des goupilles portées par un secteur divisé en trois parties. A l'état de repos, ce secteur présente, dans l'ouverture d'un guichet, le mot «ATTENTE»; dès que l'armature est attirée, le secteur s'échappe d'un cran, et c'est la seconde goupille qui vient s'accrocher sur la plaquette : après un nombre d'émissions qui dépend du numéro du poste, le mot « REPONDEZ » apparaît alors dans le guichet; en même temps, le circuit de la sonnerie se trouve fermé; mais si une deuxième émission arrive ensuite, la sonnerie est interrompue, le secteur tombe encore d'une division et vient relier métalliquement les deux sections de la ligne; les mots « RENTREZ APRÈS », qui se présentent alors, indiquent que la ligne est occupée.

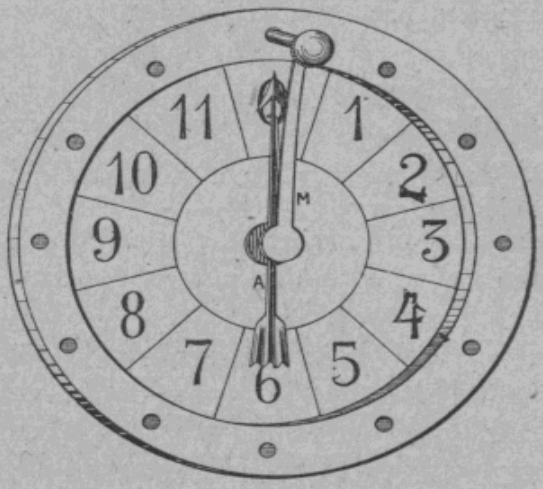


Fig. 360.

Rappel de Demeaux (1862). — Sur le socle d'un manipulateur Morse ordinaire (fig. 361) est placé, entre deux platines en laiton, un mouvement d'horlogerie à ressort, régularisé par un modérateur à ailettes placé à l'arrière. Sur le troisième axe est monté un disque en laiton, D, percé de six trous équidistants, dans l'un quelconque desquels on peut enfoncer un goujon, G, également en laiton. Dans la position d'attente, le disque est immobilisé par la rencontre d'une petite goupille, *g*, plantée sur son pourtour, et d'un doigt monté sur la face supérieure du levier, L, du manipulateur; la goupille se trouve ainsi coincée sur un petit ressort, *r*, isolé, comme le doigt, par une plaquette en ivoire. Lorsqu'on veut appeler le troisième poste, par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exemple, on place le goujon, G, dans le troisième trou du disque, puis on appuie sur le manipulateur, pendant un temps court, comme pour transmettre un point ; le doigt, se trouvant abaissé, se dérobe à l'appui de la goupille, *g*, et le disque se met à tourner ; lorsque le goujon, G, arrive au bas du diamètre vertical, il vient rencontrer un second ressort, R, monté sur le manipulateur : le massif du mouvement d'horlogerie étant relié

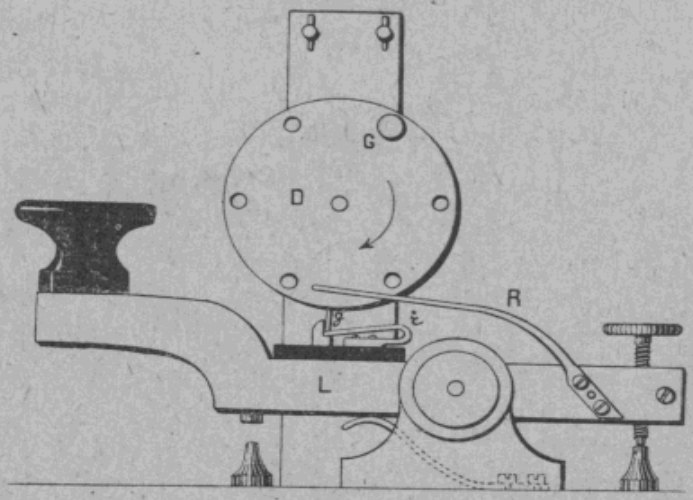


Fig. 361.

à une pile, un courant est envoyé sur la ligne à un moment bien déterminé par la position du goujon dans le 3e trou.

Le récepteur comprend un électro-aimant à une seule bobine et un mouvement d'horlogerie semblable à celui du manipulateur d'appel (fig. 362). Le disque, D, est ici en ivoire, et porte deux goupilles, *g* et *g'*, placées sur le prolongement de rayons, mais *dans deux plans différents* ; la première a une position invariable, la seconde est introduite dans l'un des six trous que porte sur son pourtour, le disque en ivoire. Dans chacun des postes échelonnés sur la ligne, cette goupille occupe le trou qui correspond à son numéro propre. Si l'on suppose, comme ci-dessus, qu'il s'agit du troisième poste, la goupille, *g'*, est placée dans le troisième trou. A l'état de repos, le disque est immobilisé par un long bras horizontal, B, porté par l'armature, A, de l'électro-aimant, et qui est venu se placer sur la trajectoire de la goupille, *g* ; lorsque le poste appelant appuie sur son manipulateur, l'armature, A, se déplace, le bras, B, se dérobe, et le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disque entre en rotation; si un courant est envoyé au moment où la seconde goupille, g', arrive au bas de la verticale, elle rencontre le bras, B, qui s'est déplacé d'avant en arrière, et une

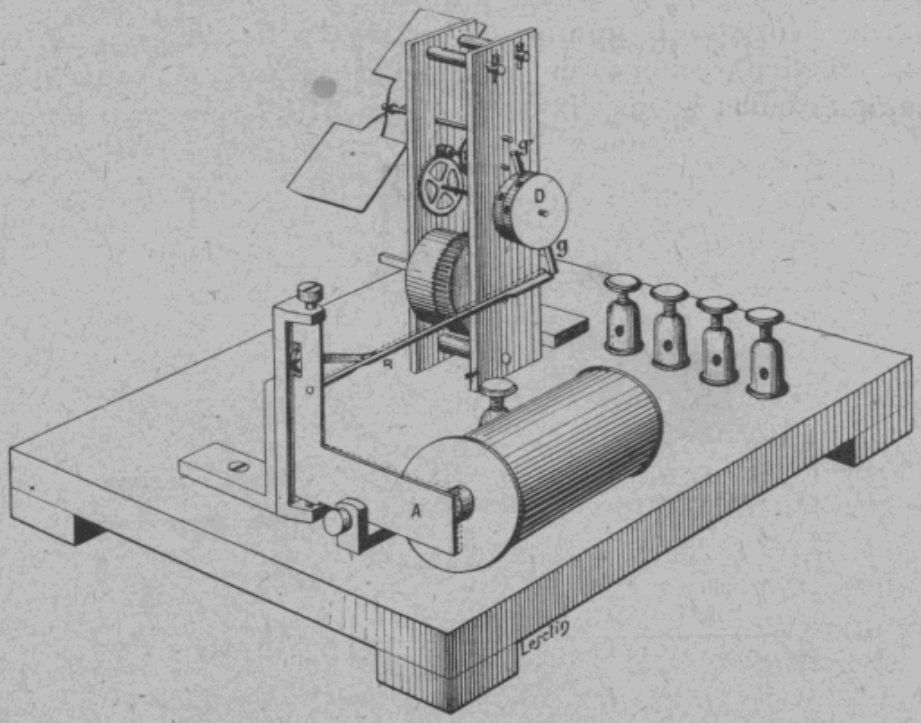


Fig. 362.

pile d'appel, reliée au mouvement d'horlogerie, se trouve fermée sur une sonnerie rattachée au bras. La position de la goupille, g', étant différente dans chacun des autres postes, cette rencontre a lieu seulement dans le troisième. Lorsque, dans tous les postes, le disque D, a fait une révolution complète, la goupille, g, vient de nouveau se caler sur l'extrémité du bras, B, et les mouvements d'horlogerie sont remis au repos.

Rappel, de Coincy (1864). — Ce système est basé sur l'expérience faite, en 1860, par l'abbé Laborde, sur les courants vibratoires de périodes différentes (v. p. 224).

Chaque bureau d'une ligne omnibus est muni d'électro-vibrateurs et d'un récepteur d'appels; les premiers, en nombre égal à celui des postes échelonnés sur la ligne, sont accordés chacun avec le récepteur de l'un de ceux-ci. Pour effectuer un appel, il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suffit de mettre en circuit le vibrateur qui correspond au poste

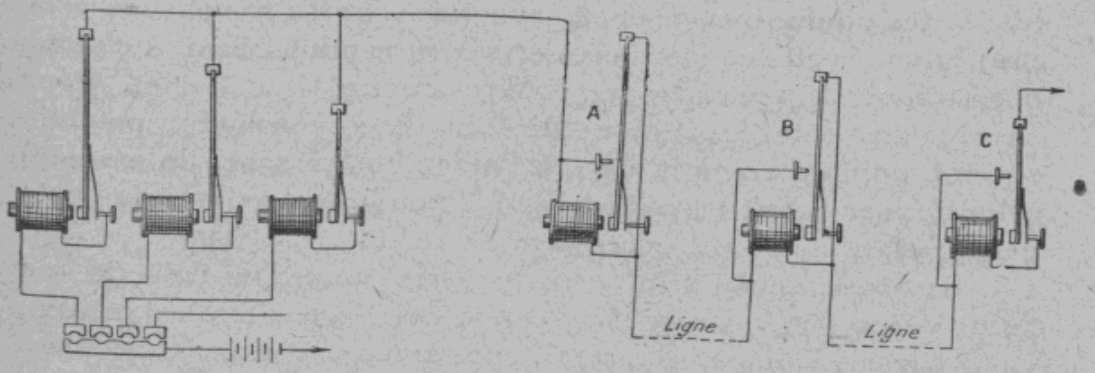


Fig. 363.

désiré ; les courants vibratoires, ainsi émis, traversent tous les récepteurs, mais n'actionnent que celui qui est réglé pour leur fréquence.

Le vibrateur consiste en un électro-aimant, dont l'armature, montée en trembleur, est supportée par une longue lame en acier, encastrée dans une mâchoire en laiton. On accorde cette lame en faisant varier sa longueur ; à cet effet, l'électro-aimant et le dispositif trembleur sont mobiles dans une glissière, et la mâchoire est serrée par des vis, de telle sorte qu'on peut donner à l'instrument la fréquence de vibration qu'on désire.

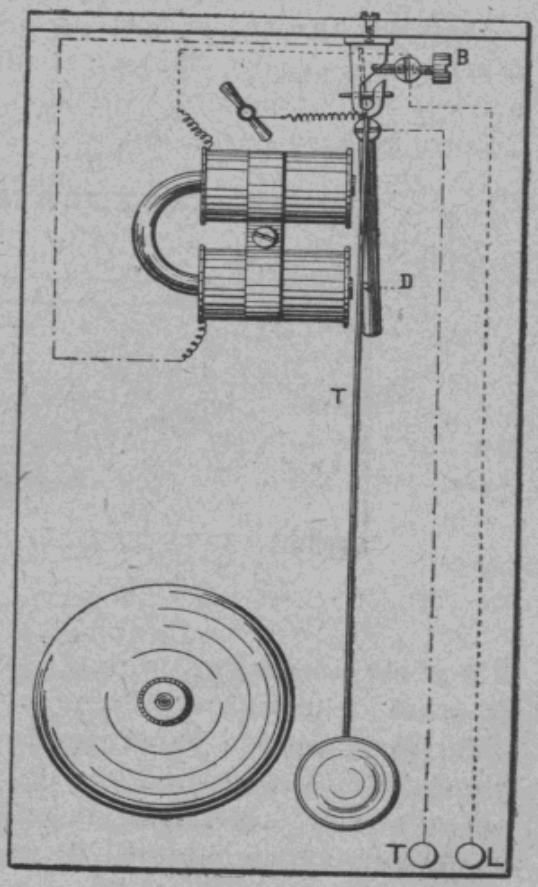


Fig. 364.

Rappel pendulaire, de Bizot (1865). — Un électro-aimant dont l'armature verticale porte un doigt, D (fig. 364) placé à proximité de la tige, T, d'un pendule. Lorsque l'armature est attirée par le passage d'un courant, elle entraîne la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tige, mais le pendule ne peut osciller et reproduire les appels que si les courants reçus sont rythmés d'après sa période propre; lorsque cette concordance existe, le pendule vient, à chaque oscillation, frapper sur un timbre disposé à cet effet. Pour appeler un poste donné, il suffit donc de disposer d'un pendule spécial, dont on règle la tige, à l'aide d'un curseur, de manière à lui donner la même période que le pendule récepteur du poste désiré, et celui-là seul enregistre les appels.

L'armature, reliée à la seconde ligne, porte, au-delà de son point de pivotage, un prolongement qui, lorsqu'elle est attirée, vient sur une butée réglable, B, communiquant avec la première ligne : l'électro-aimant se trouve ainsi mis hors circuit aussitôt que l'effet du courant est produit.

Rappel par inversion de courant, de Bréguet (1872). — L'armature, A (fig. 365) est placée entre les pièces polaires qui coiffent les noyaux de l'électro-aimant, et mobile entre deux butoirs : aimantée par l'un des pôles, N, d'un aimant permanent,

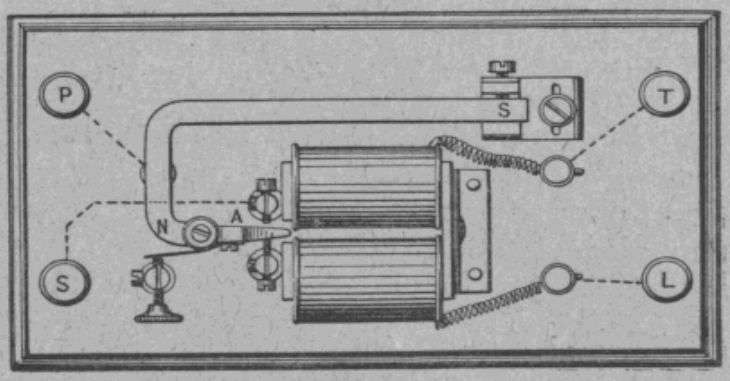


Fig. 365.

elle porte un ressort, réglable à l'aide d'une vis à bouton moleté, et armé de manière à l'amener sur son butoir de gauche; la polarité présentée par l'armature aux pôles temporaires développés dans les noyaux, lors du passage d'un courant, est attirée ou repoussée, suivant la direction de ce courant : il suffit donc de choisir convenablement l'entrée et la sortie des bobines pour que le déplacement ait lieu, soit sous l'action du positif, soit sous celle du négatif; la pile, reliée à la borne, P, est alors fermée sur la sonnerie, rattachée en S.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Rappel par inversion de courant, de Darcq (1880). — Ne comporte pas d'aimant permanent : l'armature est artificiellement polarisée par le courant de ligne. A cet effet, celle-ci aboutit à un électro-aimant, E (fig. 366) à une seule bobine; l'une des extrémités du noyau agit sur une armature ordinaire, A; sur l'autre extrémité est articulée une pièce en fer doux, A', constituant l'armature d'un second électro-aimant à deux bobines, BB'. Lorsqu'un courant, positif par exemple, arrive de la ligne, l'armature, A, de l'électro-aimant, E, fonctionne, fermant le circuit d'une pile locale sur BB', mais, en même temps,

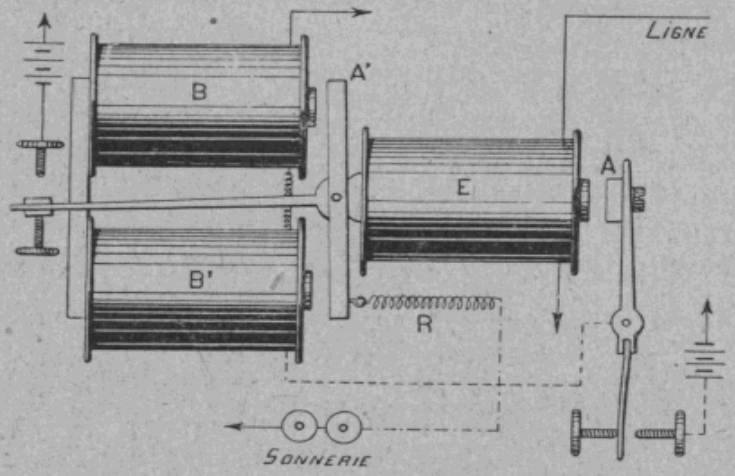


Fig. 366.

la pièce en fer doux, A' est le siège d'une polarité, nord par exemple, qui dépend de la direction du courant reçu. Si le courant local développe un pôle sud à gauche et un nord à droite, la pièce, A', bascule et ferme le circuit d'une sonnerie. Si, au contraire, le courant reçu de la ligne avait été négatif, la pièce, A', aurait été polarisée sud, et les deux pôles, développés dans les bobines BB', n'auraient fait que la maintenir plus fortement sur son butoir de repos.

Rappel omnibus, de Bréguet (1884). — Construit pour l'appel de 12 postes embrochés sur une même ligne. Au milieu de la planchette se trouve un cadran (fig. 367), au centre duquel peut tourner une aiguille, a; ce cadran comporte 15 divisions, dont 12 sont les numéros des postes et les trois autres, respectivement, « Service — Occupée — Libre ». De chaque côté se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trouve un rappel par inversion de courant, R et R′ (v. p. 384) obéissant l'un au positif, l'autre au négatif; vers l'avant et à gauche, un commutateur, C, dont la manette peut s'appuyer sur l'un ou l'autre de deux plots, marqués « appel » et « télégraphe », A et T; à droite, un piston formant « bouton d'appel et de réponse », *l′ l′*.

Lorsqu'on appuie sur ce bouton, on déplace les lames *l* et *l′*; le pôle négatif de la pile, P, est mis à la ligne n° 1 par le com-

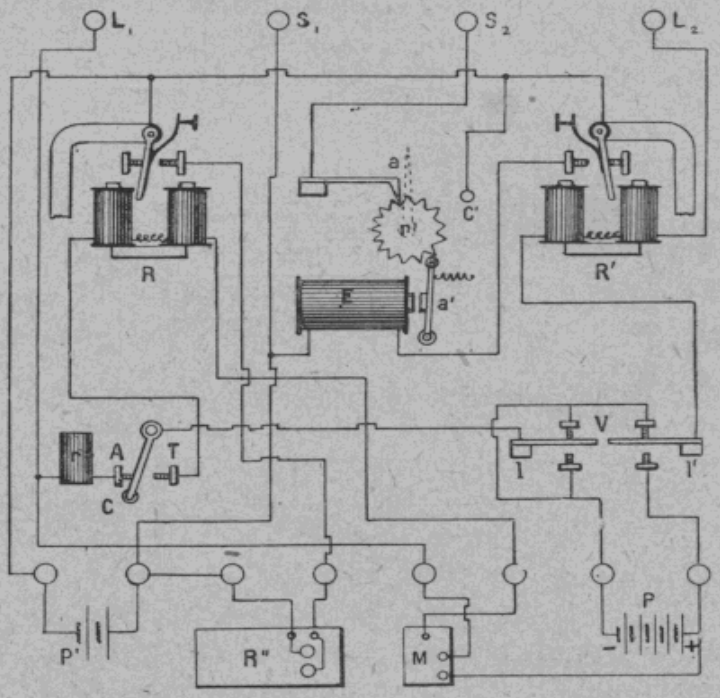


Fig. 367.

mutateur, C, et la résistance, *r* (dont le rôle sera indiqué plus loin); le pôle positif va à la ligne n° 2, à travers le rappel de droite, R′; celui-ci fonctionne, ferme le circuit de la pile locale, P′, sur l'électro-aimant, E, dont l'armature, *a′*, poussant le rochet, *r′*, fait avancer d'une division l'aiguille, *a*, du cadran. Le même mouvement s'effectue dans tous les postes de la ligne, la pile, P, prenant terre exclusivement dans les deux postes extrêmes. Un contact souple, C, est placé en regard du numéro qui correspond à chacun d'eux. Pour appeler le sixième, par exemple, on abaisse six fois le bouton; l'aiguille de tous les postes avance de six divisions mais, seule, celle du sixième

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vient s'arrêter sur son contact, C′ : le circuit de la pile locale, P′, est alors fermé sur une sonnerie. Dès qu'il a perçu l'appel, le poste demandé actionne, à son tour, son bouton autant de fois qu'il est nécessaire pour amener les aiguilles sur la division « occupée », puis il tourne son commutateur C. Lorsqu'il abaisse son manipulateur, M, il met le pôle positif de la pile, P, directement sur la ligne 1, et le pôle négatif sur la ligne 2, à travers le rappel de droite, R′, mais celui-ci n'obéit qu'au positif et son armature reste au repos. Dans le poste appelé, un courant, entrant par la ligne 2, traverse sans effet R′, le bouton d'appel, le commutateur, C, déplacé, le rappel de gauche, R, le manipulateur, M, pour gagner la ligne n° 1 ; R fonctionne et ferme le circuit de la pile P′ sur le récepteur Morse. En résumé, pendant l'appel, le courant circule de gauche à droite, et actionne tous les rappels de droite ; pendant la transmission, il va de droite à gauche et n'agit que sur le rappel de gauche du poste dont le commutateur est porté sur le butoir T, c'est-à-dire dans la position « télégraphe ».

La résistance, r, égale à celle d'un rappel, se trouve en circuit lors de l'appel ; elle est éliminée et remplacée par le rappel, R, dès qu'on se met sur travail ; l'équilibre ohmique est ainsi constant. Lorsqu'un poste doit transmettre une circulaire à tous les autres, il actionne son bouton d'appel de manière à amener toutes les aiguilles sur la division « Service » : tous les postes placent alors leur commutateur sur « Télégraphe » et la suppression des résistances, r, compensant l'insertion des rappels, l'intensité qui circule sur les lignes est exactement la même que si la communication était établie seulement entre deux postes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XVII

RELAIS ET TRANSLATIONS

La construction des électro-aimants, telle qu'on l'avait conçue au début, ne permettait pas de les placer directement au bout des lignes télégraphiques, si l'on voulait obtenir de leurs armatures un travail appréciable (v. p. 57). On dut donc recourir à l'intermédiaire d'instruments qu'on dénomma *relais*, et dont le rôle consistait simplement à fermer, sur l'électro-aimant récepteur, le circuit d'une pile locale : celle-ci pouvait alors être suffisamment énergique pour assurer le travail mécanique qu'on attendait de l'armature.

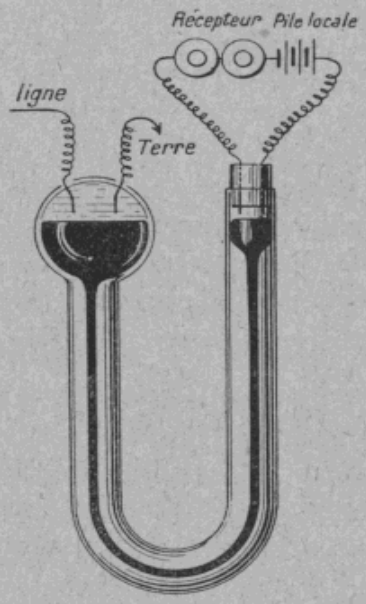


Fig. 368.

Le premier relais, imaginé par Wheatstone, en 1837, avait pour but d'obtenir le déclanchement d'une sonnerie à mouvement d'horlogerie, associée à son appareil à 5 aiguilles (1). Il était constitué par un tube en U (fig. 368) contenant du mercure, et dont l'une des branches était remplie, à sa partie supérieure par de l'eau acidulée; dans ce dernier liquide plongeaient les fils de ligne et de terre. Dans l'autre branche et à une très petite distance au-dessus du ménisque du mercure, se trouvaient deux bouts de fil nu, isolés l'un de l'autre et reliés aux deux côtés d'un circuit comprenant une sonnerie et une pile locale. Lorsqu'un appel arrivait de la ligne, le courant décomposait l'eau acidulée, et les gaz, ainsi produits,

(1) Clérac. *Cours d'appareils télégraphiques*, p. 117.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

refoulaient le mercure; celui-ci venait alors baigner les extrémités des deux fils nus et fermer le circuit de la sonnerie.

Un tel système, suffisant pour l'objet en vue duquel il avait été imaginé, n'aurait pu servir à reproduire des signaux, mais il donna l'idée de l'utilisation qu'on en pouvait faire; aussi Wheatstone lui substitua-t-il bientôt un galvanomètre dont l'aiguille portait une fourchette métallique (fig. 369) : lorsque l'aiguille était déplacée, les branches de la fourchette venaient plonger dans deux capsules contenant du mercure, et reliées à un circuit local (1). Ce dispositif fut repris et perfectionné par Varley, en 1838; puis enfin on fit usage d'électro-aimants de construction appropriée, en se servant de l'armature pour fermer le circuit du récepteur. Le premier instrument de ce genre fut breveté par Humphry Davy, en 1838.

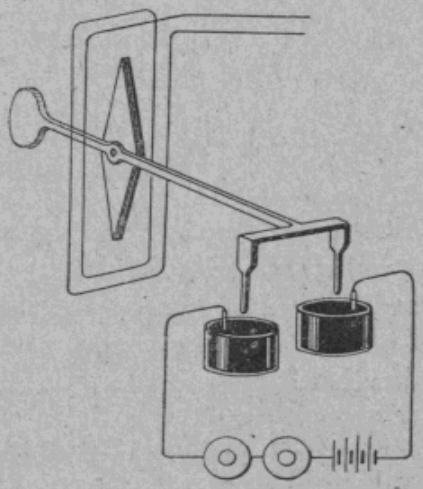


Fig. 369.

On supprima, plus tard, les relais locaux, lorsque la construction des électro-aimants permit de les placer, sans intermédiaire, à l'extrémité des lignes télégraphiques; par contre, on en arriva bientôt à utiliser ces instruments dans des conditions nouvelles : les très longues lignes furent scindées en tronçons réunis par des relais, ceux-ci recevant de l'un des extrêmes des courants affaiblis et réexpédiant de nouveaux courants, puisés dans une pile du poste translateur. L'idée de cette nouvelle utilisation semble remonter à l'américain Cornell qui, en 1846, installa un système de réexpédition sur la ligne de New-York à Buffalo ; toutefois, Fardely revendique le mérite d'avoir, en 1844, indiqué le premier le principe de la translation. Cette idée fut reprise par Siemens, qui réalisa, en 1849, un poste translateur à un seul relais, avec un commutateur, qu'un agent tournait à la main chaque fois que le sens de la transmission se trouvait inversé. Enfin, en 1851, Steinheil rendit le système plus pratique en faisant usage du contact de repos de l'armature pour opérer la commutation.

(1) Du Moncel. *Exposé des applications de l'électricité*, t. I, 1856, p. 284.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les relais successivement construits revêtirent les formes les plus variées; dès 1853, on employa aussi, pour constituer des translations, les récepteurs Morse, spécialement agencés à cet effet (2). Quel que soit le système de relais employé, le dispositif, adopté invariablement, dans toutes les translations pour transmissions sans courant de repos, est celui que représente la figure 370 : les deux sections de la ligne sont amenées respectivement au pivot des deux armatures; le butoir de repos de chacun des relais communique avec l'entrée des bobines de l'autre; enfin, les deux butoirs de travail sont reliés, soit à une pile commune, si les deux côtés de la ligne sont semblables, soit à des piles distinctes, de tension appropriée à chaque tronçon, dans le cas d'inégalité.

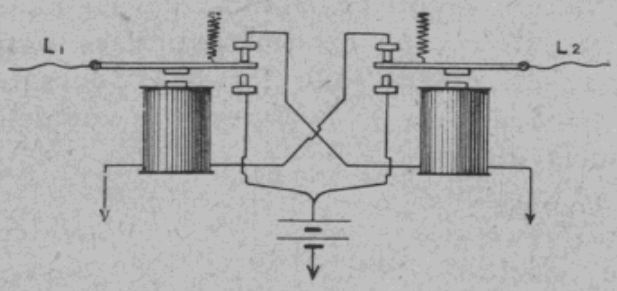


Fig. 370.

Relais de Mouilleron (1849). — Les bobines sont placées horizontalement; l'armature est montée sur pointes; son appendice vertical porte un petit ressort souple, ou « paillette, à la partie qui s'applique sur le butoir de travail; les noyaux sont mobiles à l'intérieur des bobines, ce qui permet de régler leur position par rapport à l'armature; ce réglage s'opère à l'aide d'une vis terminée par un bouton moleté.

Relais à mercure, de Bréguet (1850). — L'armature d'un électro-aimant porte, à son extrémité libre, une petite goupille verticale en acier qui, à l'état de repos, surplombe un godet rempli de mercure. Lorsque l'armature est attirée, la pointe vient tremper dans le godet et ferme le circuit local. Le godet est monté sur une tige à vis, qui permet de l'élever ou de l'abaisser pour les besoins du réglage.

Relais polarisé, de Bréguet (1854). — L'armature est placée entre les noyaux et les pôles d'un petit aimant permanent; l'entre-fer est réglé par le déplacement des noyaux.

(2) Blavier. *Traité de télégraphie électrique*, 1865, p. 131.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Relais, de Callaud (1855). — Deux bobines placées l'une au-dessus de l'autre ; les noyaux sont réunis en fer à cheval et mobiles à l'aide d'un bouton à vis; l'armature et les butoirs de travail communiquent chacun à l'axe d'une manette à deux positions, permettant de renvoyer les signaux du relais dans une sonnerie ou dans un appareil et, éventuellement, avec des piles différentes.

Relais polarisé à trois bobines, dit renforceur, de Parks (1855). — Construit pour obtenir de l'armature un mouvement énergique, il aurait pu être appelé « auto-excitateur ». Une pièce de fer doux, A (fig. 371) sert d'armature, tout à la fois à un aimant permanent en fer à cheval, N, et à l'électro-aimant de ligne, à deux bobines, E; elle est mobile à l'intérieur de la troisième bobine, B, et solidaire d'un appendice pivotant en O. Lorsqu'un courant arrive de la ligne dans l'électro-aimant, B, l'appendice, en se déplaçant, vient rencontrer un ressort, R; le circuit d'une pile locale se trouve alors fermé sur l'électro-aimant, E, dont l'action s'ajoute à celle des deux premières, permettant ainsi à l'armature d'effectuer le travail mécanique désiré.

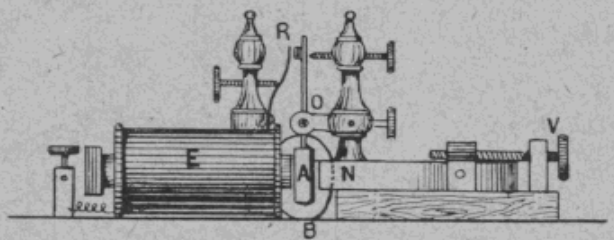


Fig. 371

Relais, de Hipp (1856). — La caractéristique de ce relais, très employé en Suisse, est le montage de son armature: celle-ci est fixée sur une tige horizontale qui repose, par un couteau, sur une pièce d'acier trempé; elle est sollicitée en sens inverse par deux ressorts à boudin (fig. 372) ; on règle le ressort supérieur à l'aide d'un écrou à vis et l'autre au moyen d'un excentrique commandé par un bouton. On équilibre la tension des deux ressorts de manière que la plus faible attraction soit suffisante pour opérer le déplacement de l'armature.

Relais dit « sans réglage, » de Sambourg (1858). — Une sorte de fléau de balance porte, à chacune de ses extrémités, une armature tubulaire ; celle de gauche surplombe les noyaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de deux bobines; celle de droite est placée sous l'influence d'un électro-aimant boiteux. Les bobines d'arrière sont en série

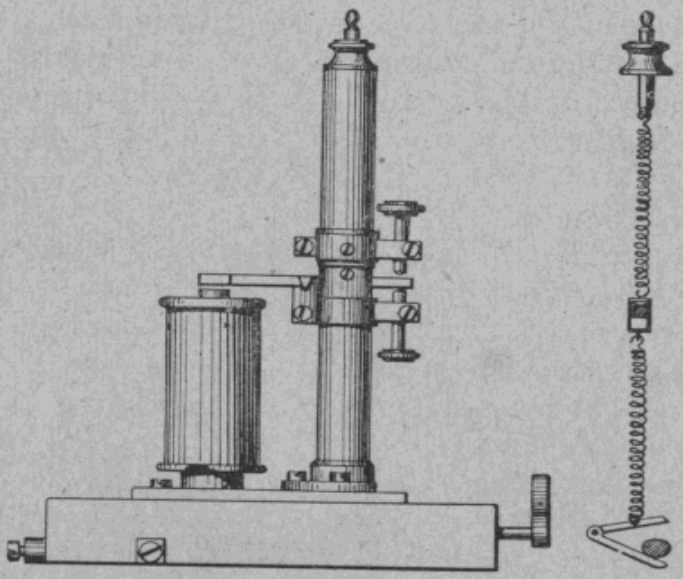


Fig. 372.

sur la ligne : la bobine d'avant est parcourue par un courant local, qui attire l'armature de gauche et maintient le fléau sur le butoir de droite (fig. 373). Le courant de ligne exerçant, dans les bobines d'arrière une action contraire à celle de la pile locale dans celle d'avant, l'armature de droite obéit alors à l'attraction de l'électro-aimant boiteux, le fléau bascule et vient s'appuyer sur le butoir de gauche; il est ensuite rappelé par le courant local, qui joue le rôle de ressort antagoniste.

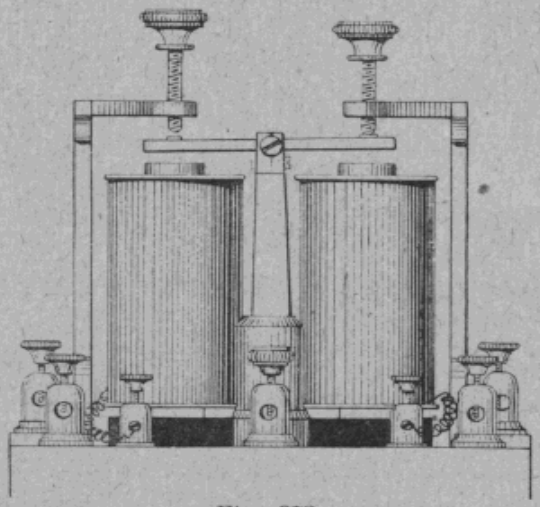


Fig. 373.

Ce relais, fut ensuite modifié de la façon suivante : l'électro-aimant de rappel est remplacé par un second circuit, enroulé sur la bobine de gauche, et dans lequel, comme précédemment, circule un courant local (fig. 373). L'instrument, ainsi simplifié, ne comporte plus que deux bobines.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Relais polarisé, de Wheatstone (1858). — L'électro-aimant est agencé comme celui de l'appareil à cadran du même inventeur (v. p. 74). A l'avant, sur le socle, se trouve un petit commutateur inverseur, à quatre plots. Une fiche permet de réunir les plots deux à deux : on la place de manière à obtenir le montage soit en positif, soit en négatif.

Relais polarisé, de Siemens (1858). — Un aimant permanent, dont les deux branches sont coudées à angle droit, porte, sur son pôle nord, N (fig. 374) la culasse d'un électro-aimant. Entre les pièces polaires, n et n', des noyaux, se déplace l'armature, a, qui pivote autour d'un axe porté par le pôle sud, S, de l'aimant; tout courant traversant les bobines tend à renforcer le pôle nord de l'une des pièces polaires et à annuler l'autre : l'armature, aimantée sud, se déplace donc vers l'une ou vers l'autre, suivant que le courant est positif ou négatif. Les pièces polaires, n et n', sont montées, à l'aide d'écrous, dans des trous allongés, ce qui permet de régler l'entrefer; la position de l'armature est déterminée par celle des butoirs; ceux-ci sont réglés une fois pour toutes à l'écartement qui convient, puis on les déplace simultanément à l'aide d'une vis à bouton moleté.

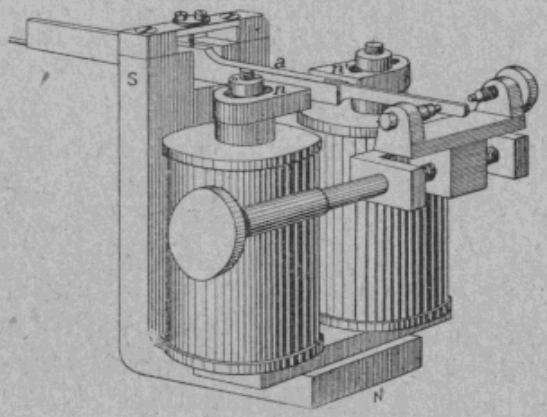


Fig. 374.

Relais polarisé pour courants d'induction, de Hipp (1860). — Quatre bobines, placées en deux groupes, ont leurs noyaux munis de pièces polaires, se faisant face deux à deux, entre ces quatre pièces polaires est intercalée l'armature, constituée par un barreau plat, aimanté, fixé en son point milieu à un axe vertical; deux petites colonnettes, munies de contacts en platine, sont montées sur le dessus de l'armature et peuvent osciller chacune entre deux butoirs. Lorsqu'un courant parcourt les bobines, les actions exercées sur l'armature concourent à la faire pivoter dans un sens ou dans l'autre, suivant la direction de ce courant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce relais fut employé pour enregistrer les signaux produits par un manipulateur à courants d'induction (v. p. 92 et 102). Un petit levier, placé à l'avant, forme commutateur et permet de prendre, pour la position de travail, l'un ou l'autre des deux groupes de butoirs.

Relais de sonnerie, de Bréguet (1860). — L'armature, pivotant entre deux vis, v et v' (fig. 375) porte un appendice, p, terminé en bec ; celui-ci peut accrocher une tige munie éga-

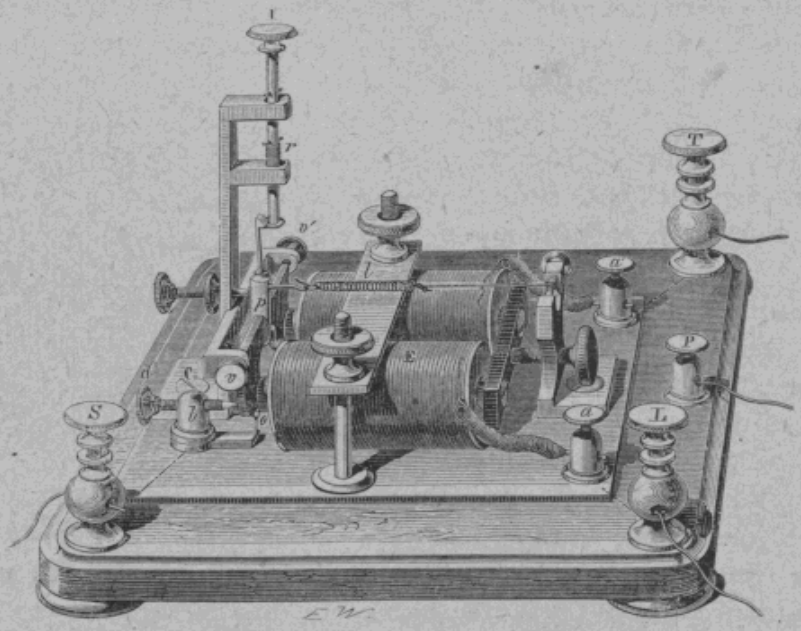


Fig. 375.

lement d'un bec et terminée par un bouton, I ; cette tige est sollicitée à se relever par un petit ressort à boudin, r. Dès qu'un appel se produit, la tige s'échappe, le circuit de la sonnerie est fermé et le bouton émerge de la boîte, désignant ainsi la ligne appelante. Une seule sonnerie suffit donc pour toutes les lignes ainsi groupées.

L'armature est réglée à l'aide du ressort antagoniste, I ; les noyaux de l'électro-aimant peuvent être déplacés à l'aide d'une vis taraudant dans la culasse et terminée par un bouton moleté.

Relais polarisé (1860). — Les deux bobines de l'électro-aimant sont placées à 45° l'une par rapport à l'autre. Le noyau,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N (fig. 376) de la bobine supérieure est mobile et porte, à chaque bout, un prolongement en fer doux, A, formant armature, et un contre-poids réglable, C. Le noyau, N′, de la seconde bobine est prolongé de bas en haut à chacune de ses extrémités : l'armature se trouve entre ces deux prolongements et les deux pôles de l'aimant permanent, A′.

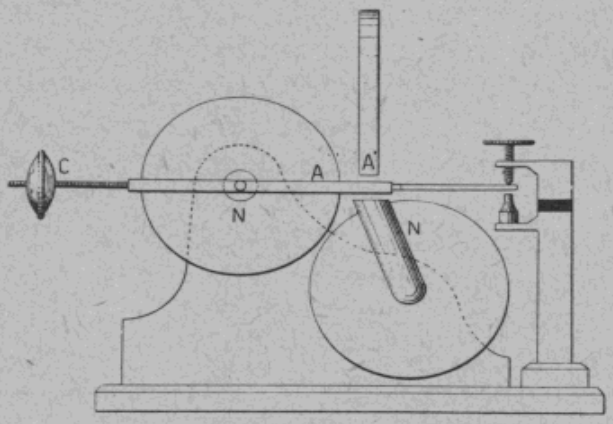


Fig. 376.

Relais à pompe, de Chester (1861). — Deux bobines verticales, dont les noyaux sont munis chacun d'une pointe; l'armature, *a* (fig. 377) porte deux trous, dans lesquels on engage les pointes montées sur les noyaux; elle est soulevée par un petit ressort-lame, *m*, qui amène l'index sur le butoir de

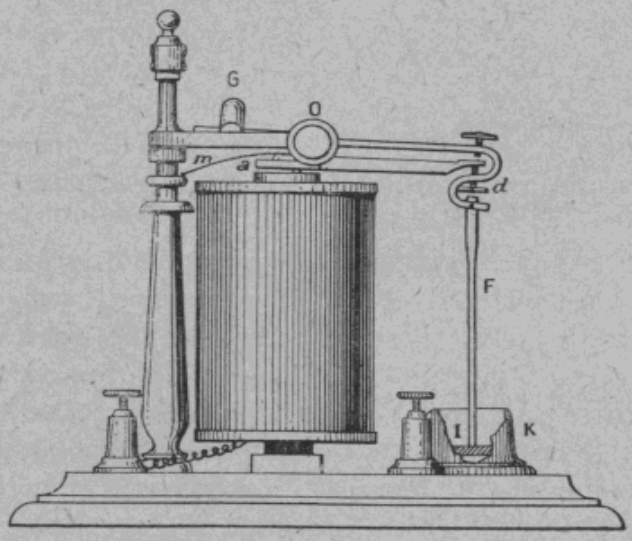


Fig. 377.

repos, *d*. Lors du passage d'un courant, l'armature bascule, vient s'appuyer sur son butoir supérieur et ferme le circuit local. Les deux butoirs sont supportés par un bras commun, pivotant en O, et équilibré par un contre-poids, G; ce bras

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte une branche verticale, F, se terminant par un piston, I, mobile dans un cylindre, K. Si l'attraction exercée sur l'armature est suffisamment forte, l'index soulève le butoir, et, avec lui, le piston; l'air contenu dans le cylindre se dilate et la pression atmosphérique fait bientôt équilibre à l'action magnétique. Lorsque le courant cesse, cette même pression concourt à ramener le système au repos.

Translation, d'Abel Guyot (1862). — Le relais employé dans cette translation se compose de deux électro-aimants dont les armatures, A et A′ (fig. 378) sont solidaires d'un fléau commun, B, maintenu dans la position horizontale par la pression de deux ressorts R et R′. Le ressort R′, communique avec la pile, P^1, et l'une des bornes de l'électro-aimant de gauche, dont l'autre borne est à la ligne, L^1; le ressort, R, est relié à la pile, P^2, et à la ligne, L^2, à travers l'électro-aimant de droite; enfin, le fléau, B, est à la terre.

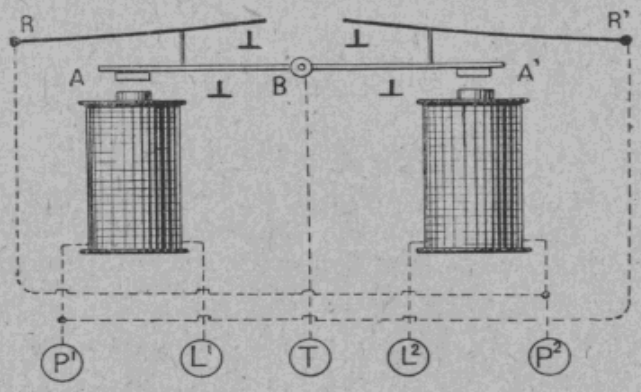


Fig. 378.

A l'état de repos, les deux piles sont en court-circuit par le fléau, B, et les ressorts, R et R′; si un courant arrive de la ligne n° 1, par exemple, il va prendre terre par R′; l'armature, A, est attirée tandis que l'autre, A′, s'éloigne du noyau de l'électro-aimant de droite; au moment où le ressort, R, se trouve arrêté par sa butée, le court-circuit de la pile, P^2, est supprimé et un courant se rend sur la ligne 2, à travers l'électro-aimant de droite; l'armature, A′, trop éloignée à ce moment, subit une attraction insuffisante pour faire échec à celle qui agit sur A; mais, dès que cesse le courant venant de la ligne n° 1, l'armature, A′, obéit à l'attraction et redresse le fléau, B, jusqu'au moment où la butée, portée par celui-ci, rencontre le ressort, R, et rétablit le court-circuit de la pile, P^2; tout le système rentre alors dans la position primitive.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Relais polarisé, de Bréguet (1865). — Une seule bobine horizontale, B (fig. 379) dont le noyau est mobile et monté sur vis à pointe, V ; il porte, à chaque bout, un prolongement vertical,

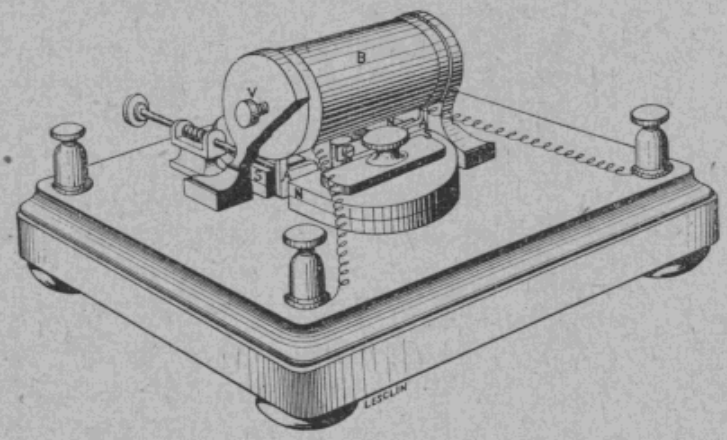


Fig. 379.

dirigé vers le bas et formant armature, A. Sur le socle sont deux aimants permanents, N, S, se faisant face par leurs pôles de noms contraires. Les petites armatures, A, se meuvent entre ces pôles opposés.

Translation, de Froment (1865). — Deux électro-aimants droits munis d'une armature cylindrique de petit diamètre ; les deux butoirs, montés sur une même colonne, sont isolés l'un de l'autre par un disque en ivoire. Les communications sont agencées comme l'indique la figure 370 (p. 390).

Relais polarisés, de Meyer (1870). — La bobine unique, B (fig. 380) est montée entre les branches de l'aimant permanent horizontal, NS ; le noyau, dépassant à l'extérieur des joues, surplombe, par ses deux extrémités, les pièces polaires de l'aimant et forme armature. La bobine est supportée par un levier en laiton, L, posé sur des pointes et prolongé par un petit bras constituant l'index, I, mobile entre deux butoirs réglables. Le courant est dirigé dans la bobine de manière à engendrer, à chaque extrémité, des pôles de même nom que ceux de l'aimant permanent : la répulsion déplace la bobine tout entière, et l'index, I, vient s'appuyer sur le butoir de travail. Elle est ensuite ramenée par un ressort à boudin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce premier système, la masse de la bobine nuisait à la rapidité des mouvements, malgré le jeu extrêmement minime qu'on lui laissait; dans le second, qui date de 1873 (fig. 381), l'armature, A, placée verticalement, se trouve entre les branches de l'aimant, N, S, dont elle ferme presque complètement le circuit magnétique; à droite et à gauche de cette armature se trouvent les prolongements polaires des noyaux de l'électro-aimant qui, lors du passage du courant dans les bobines, réagissent sur l'armature dans un sens ou dans l'autre, suivant la direction de ce courant.

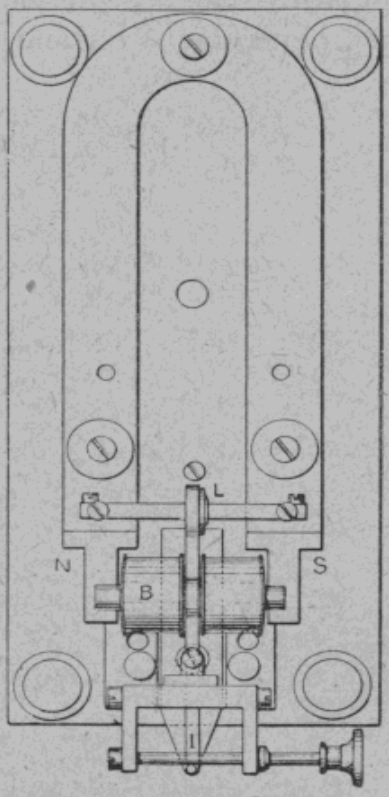


Fig. 380.

Translation d'Arlincourt (1872). — L'électro-aimant de chaque relais comprend deux noyaux, portant, à leur partie médiane, une saillie, et réunis par une culasse (fig. 382). L'armature est aimantée sud, par exemple; ses butoirs étant placés à droite de la médiane, elle se trouve toujours plus près

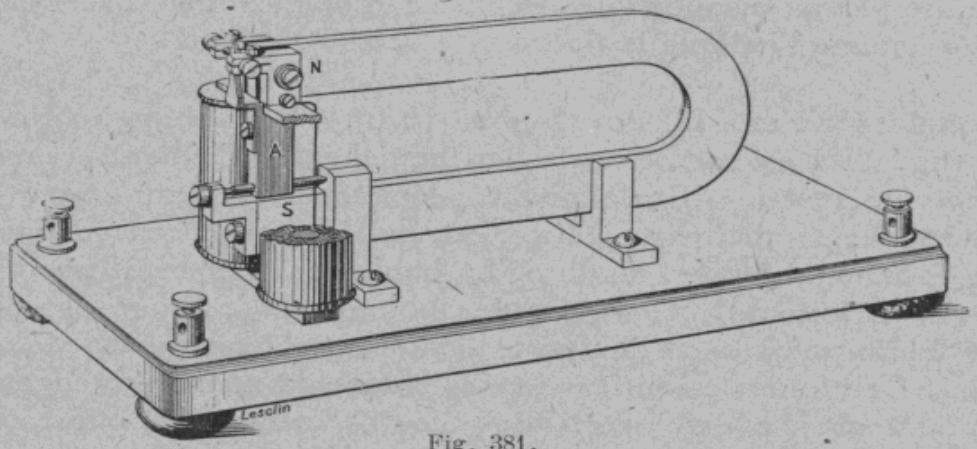


Fig. 381.

de la saillie de droite, *s*, que de l'autre, *n*, et s'appuie, au repos, sur le butoir R. Si un courant positif détermine un pôle nord

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'extrémité du noyau de droite et un sud à celui de gauche, on constate, en outre, la présence d'un pôle nord dans la saillie, *n*, et celle d'un pôle sud dans l'autre, *s* : l'armature vient donc, sous la double action de ces polarités, s'appuyer sur son butoir de travail, T Dès que cesse le courant, les polarités, *n* et *s*, sont subitement interverties, et l'armature est ainsi ramenée sur son butoir de repos, sans le concours d'aucun ressort. Les figures 383 et 384 montrent le trajet des lignes de force, respectivement pendant le passage du courant et pendant la période qui suit, où le magnétisme rémanent disparaît progressivement.

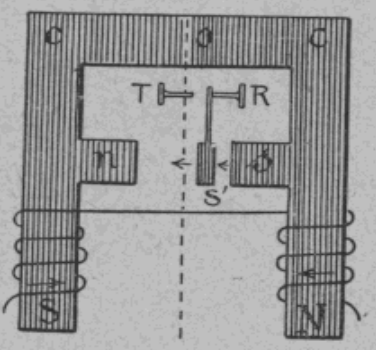


Fig. 382.

Cette interversion des polarités des saillies permet un réglage spécial, dit *en coup de fouet*. Si, dans l'exemple précédent, on place les butoirs à gauche de la médiane, le butoir situé de ce côté devient repos. Le passage du courant positif ne fait qu'appuyer davantage l'armature sur ce dernier, mais, au moment de la cessation, le renversement momentané des polarités, *n* et *s*,

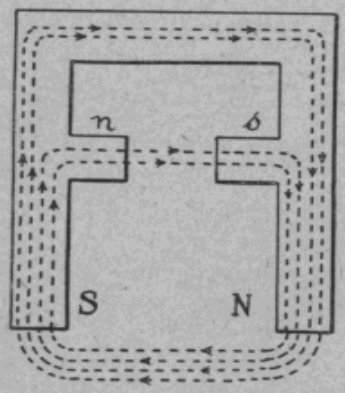


Fig. 383.

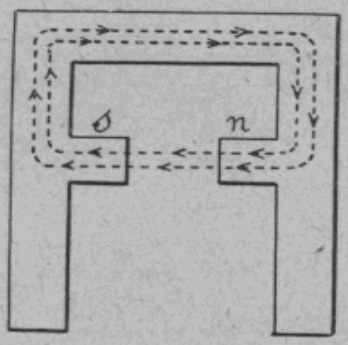


Fig. 384.

détermine un déplacement brusque de l'armature, qui vient alors frapper sur le butoir de droite, et retourne ensuite à gauche : ce phénomène a été mis à profit, dans la translation d'Arlincourt, pour la décharge de la ligne après chaque émission (v. aussi : appareil imprimeur d'Arlincourt, 1874, p. 135).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'agencement du relais d'Arlincourt est indiqué par la figure 385.

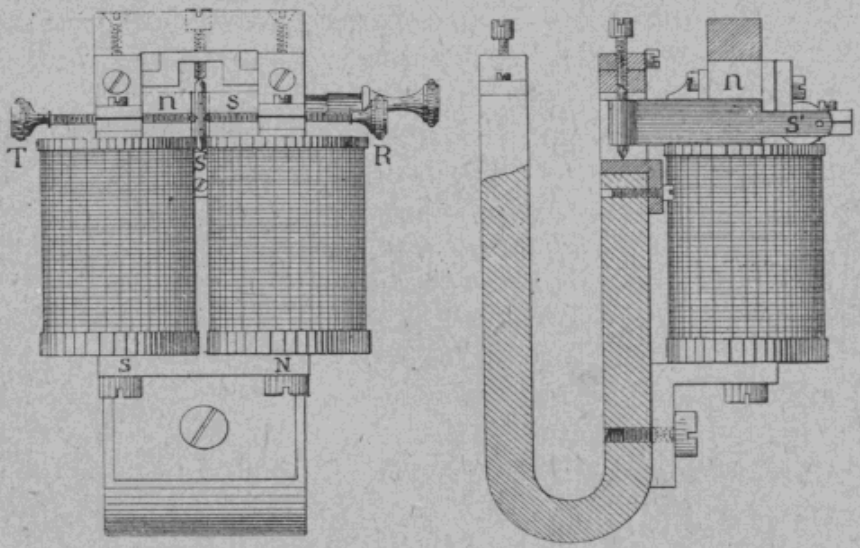


Fig. 385.

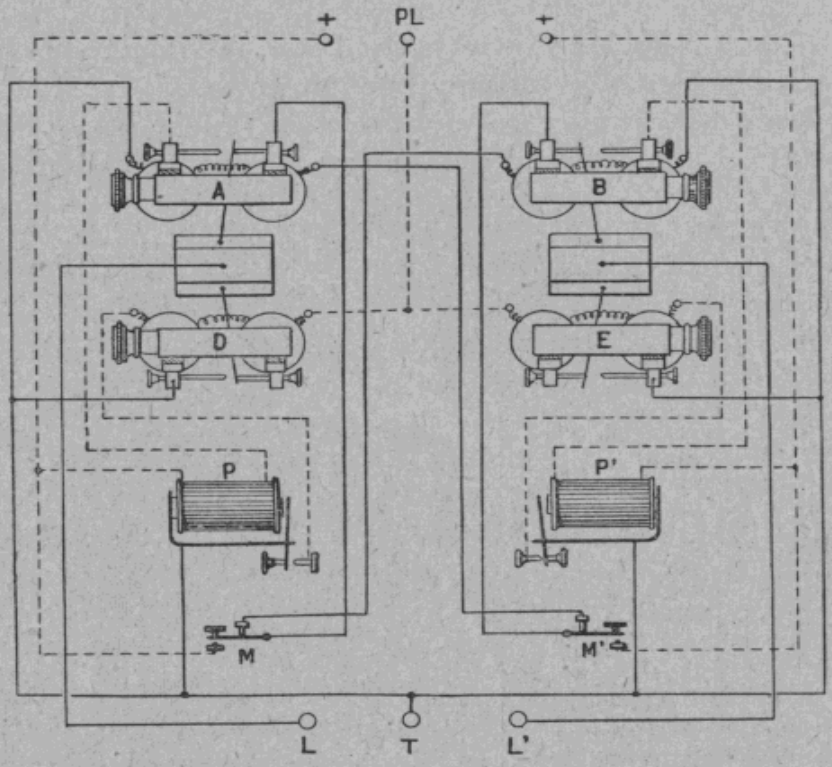


Fig. 386.

La translation (fig. 386) comporte quatre relais d'Arlincourt, dont deux, A et B, sont réglés comme translateurs, et les deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autres, D et E, pour le « coup de fouet » ; deux parleurs, P et P′, sont embrochés sur les prises de piles. Lorsqu'un des relais reçoit un signal, le parleur du même côté, parcouru par le courant réexpédié, est à son tour actionné ; son armature, reliée à la terre, venant sur son butoir de travail, ferme le circuit du relais à coup de fouet, D ou E ; celui-ci reste au repos tant que dure l'émission, mais, dès que le parleur rompt le circuit, l'armature du relais, qui communique avec la ligne, vient, pendant un temps court, sur son butoir de travail, relié à la terre, et la décharge s'opère. Deux petits manipulateurs, M et M′, permettent au poste translateur de converser avec les extrêmes, dont il lit les réponses sur les parleurs.

Relais différentiel, de Hughes (1874). — L'électro-aimant, non polarisé, le chevalet et l'armature, A (fig. 387), sont semblables à ceux de l'appareil imprimeur Hughes (v. p. 146). Le

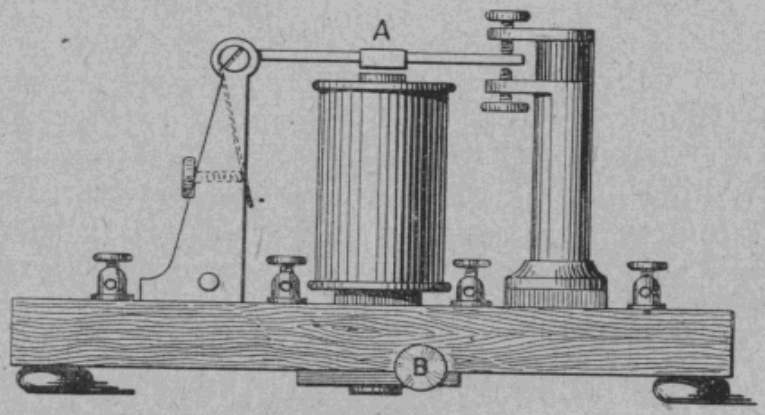


Fig. 387.

réglage de l'entrefer s'opère en déplaçant les bobines et les noyaux à l'aide d'un bouton moleté, B ; la tige au bout de laquelle se trouve ce bouton, porte une vis sans fin, agissant sur une roue dentée ; celle-ci, en tournant, commande une tige filetée, qui soulève ou abaisse la culasse.

Relais polarisé, à deux armateurs, de Sieur (1875). — Servait, au poste principal d'une ligne bifurquée, à distinguer les appels produits à l'aide de l'un ou de l'autre pôle ; a été remplacé par le parleur de Sambourg (v. p. 118). Les deux armatures sont polarisées par le même pôle d'un aimant permanent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et les deux noyaux par l'autre pôle ; chacune des armatures, maintenue par un ressort antagoniste, surplombe l'un des noyaux, de sorte que si l'on reçoit, par exemple, un courant positif, l'une des armatures est attirée et ferme le circuit d'une sonnerie, tandis que l'autre est maintenue plus fortement au repos ; sous l'action d'un courant négatif, c'est cette dernière qui est déplacée, actionnant un autre circuit d'appel.

Relais polarisé, de Stroh (1875). — Les deux bobines constituent deux électro-aimants droits (fig. 388) indépendants au point de vue magnétique, et dont les noyaux sont terminés, à chaque extrémité, par des pièces polaires, P ; deux armatures en fer doux, A, pivotant sur un axe vertical commun, se présentent respectivement entre les paires supérieure et inférieure de pièces polaires. La partie arrière de l'une des armatures est encastrée dans une échancrure pratiquée dans l'extrémité nord d'un aimant permanent, NS ; l'autre est placée, de même, sur le pôle sud ; les deux armatures sont donc le siège de polarités différentes. Celles développées dans les bobines réagissent à la façon ordinaire et l'index, I, monté sur l'axe des armatures, se déplace entre ses deux butoirs, B. Le réglage s'opère à l'aide de la vis à bouton, V, et du levier pivotant, L, en déplaçant la fourche qui porte les butoirs, B, dont les vis ne servent qu'à déterminer le jeu de l'index. Les fils d'entrée et de sortie de l'une des bobines aboutissent à deux bornes, ceux de la seconde à deux autres bornes, ce qui permet de les relier, à volonté, en série, en parallèle ou en différentiel.

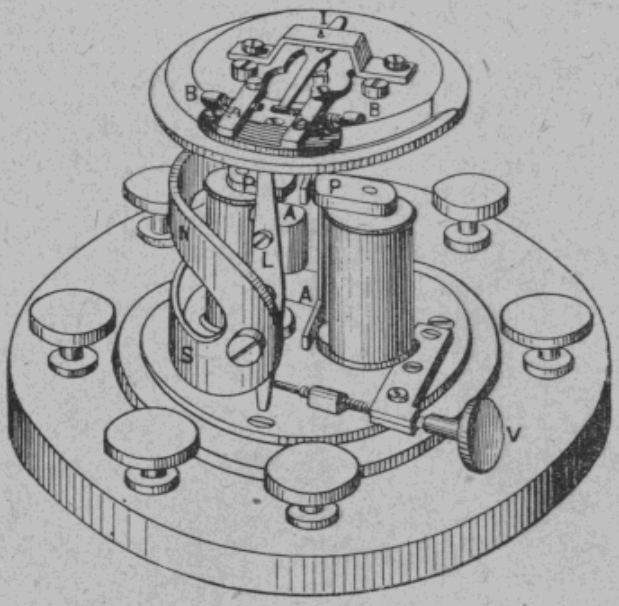


Fig. 388.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Translation, de Héquet (1876). — Les deux relais translateurs jouent en même temps le rôle d'organes de décharge. Le levier de l'armature, monté en fléau de balance (fig. 389) oscille d'un côté entre les deux butoirs translateurs ; à l'autre

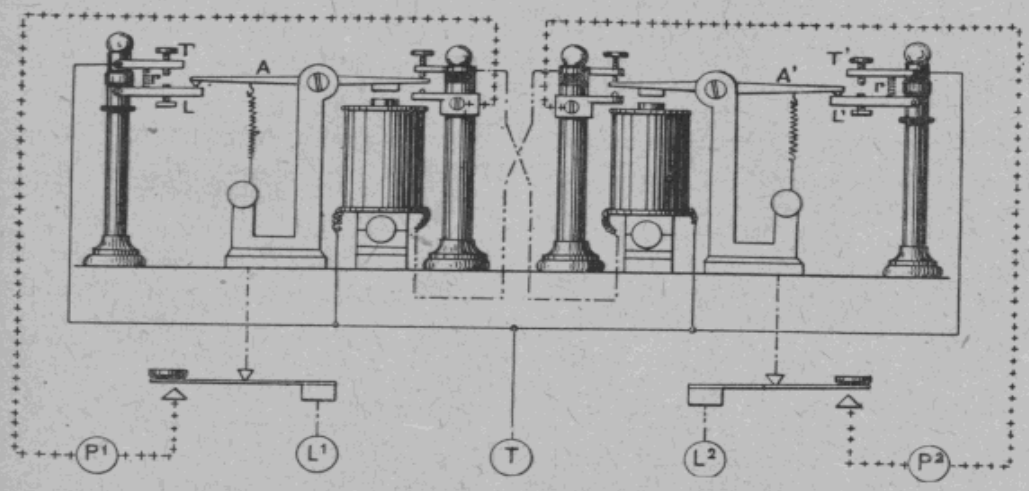


Fig. 389.

extrémité, A, il s'appuie sur un levier, L, mobile, qu'un petit ressort à boudin, *r*, tend à soulever. Lorsque l'armature est attirée la branche, A, s'élève, le levier, L, suit le mouvement, jusqu'à ce qu'il soit arrêté par la butée, T, reliée à la terre ; mais la branche, A, continue à se déplacer et abandonne L ; l'autre côté vient prendre la pile au butoir de travail. Lorsque cesse l'émission reçue, le bras, A, revenant en arrière, rencontre de nouveau le levier, L, alors à la terre, et la décharge de la ligne s'opère.

Translation, de Bourbon (1876). — Comprend deux relais et deux parleurs, P, placés de chaque côté (fig. 390). Les courants de la ligne, L^1, par exemple, sont reçus dans l'armature et le butoir de repos du parleur de gauche, et se rendent ensuite dans le relais de droite ; celui-ci, à son tour, actionne en local le parleur de droite, qui réexpédie le signal sur la seconde ligne, et inversement.

Relais polarisé, de Mandroux (1877). — Construit pour fonctionner sur les câbles sous-marins. Comprend un aimant per-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manent, N (fig. 391) qui polarise l'armature, A ; celle-ci se

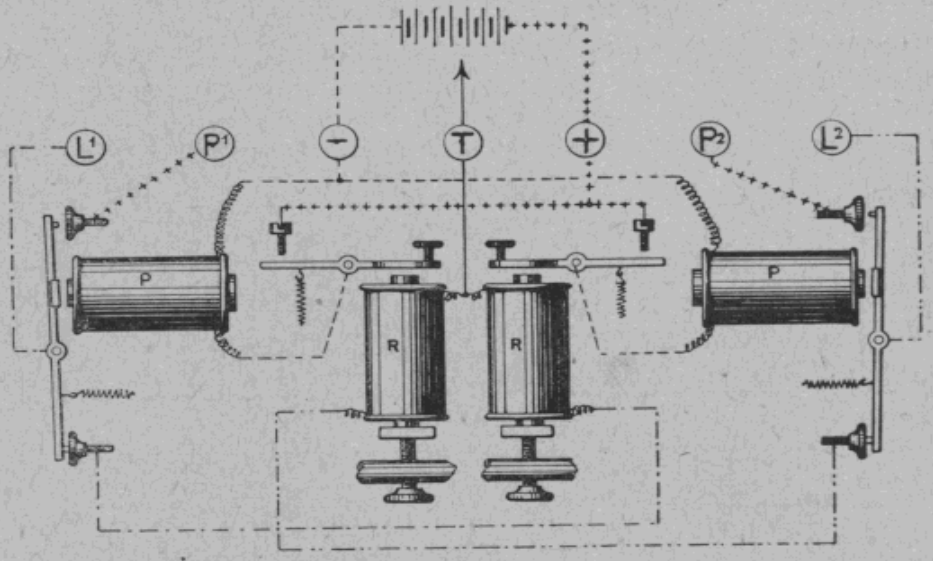


Fig. 390.

meut entre deux paires de bobines d'électro-aimants, placées à droite et à gauche. Les fils d'entrée et de sortie de chacune des bobines sont amenés à des bornes placées sur le socle, de sorte qu'on peut les relier, à volonté, suivant les besoins.

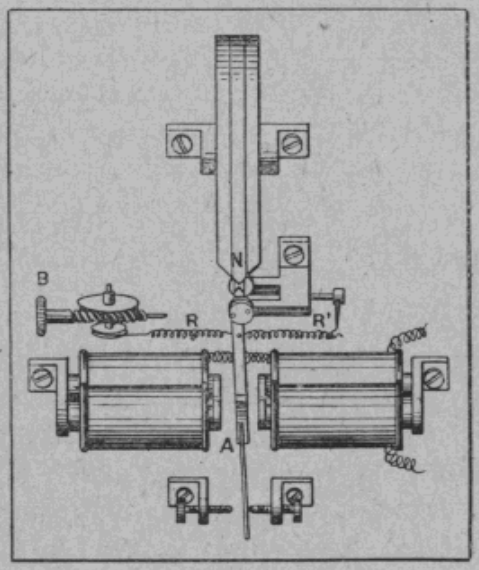


Fig. 391.

L'armature est sollicitée en sens inverse par deux ressorts à boudin, l'un, R', réglé une fois pour toutes, l'autre, R, qu'on tend plus ou moins en manœuvrant le bouton, B, à vis tangente.

Translation Dutertre (1877). — Formée de la réunion, sur un même socle, de deux relais à deux bobines chacun, montées à droite et à gauche, et d'un électro-aimant à une seule bobine, occupant la partie médiane ; la figure 392 montre l'agencement de chacun des relais. Les noyaux, N, des bobines ont un dia-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètre plus petit que la cavité cylindrique de la carcasse dans laquelle ils sont engagés, ce qui leur permet de se déplacer à droite et à gauche dans un plan vertical; la culasse, C, est, à cet effet, articulée et munie d'un ressort-lame, R, qu'une tige à bouton moleté permet de régler de l'extérieur; à leur partie supérieure, les noyaux sont également réunis par une barre en laiton portant, en son milieu, une petite colonnette formant index, I, mobile, entre deux butoirs à vis, B, B′.

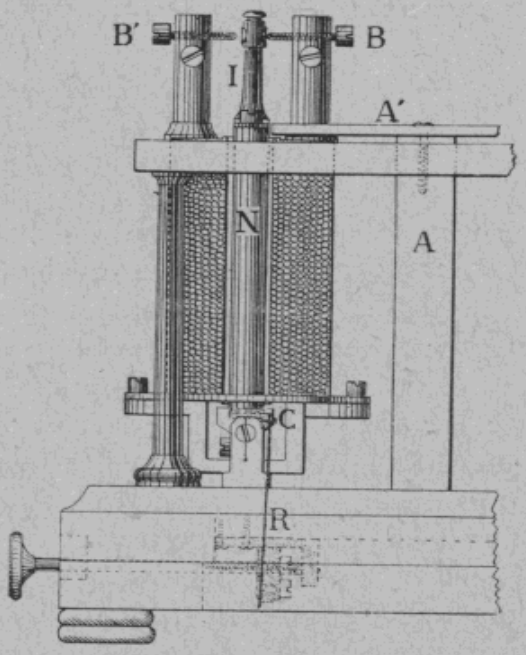


Fig. 392.

A la partie médiane du socle est monté un aimant permanent, A, en fer à cheval, dont chaque extrémité est coiffée d'une barre, A′, en acier, formant le prolongement d'un pôle; la barre nord, par exemple, présente ses extrémités aux noyaux d'avant des deux relais de droite et de gauche; l'autre barre polaire, non visible sur la figure, est placée de même par rapport aux noyaux d'arrière. A l'état de repos, l'attraction exercée par les barres aimantées, A′, sur les noyaux, N, les maintient vers la partie médiane; leurs ressorts sont réglés de manière que si un courant, traversant les bobines, engendre des polarités de même nom que celles des barres, les noyaux sont rejetés vers l'extérieur et l'index, I, vient s'appuyer sur le butoir de travail, B′.

Les deux relais sont montés en translateurs à la façon ordinaire; l'électro-aimant du milieu est embroché sur le circuit qui amène la pile au butoir de travail de chacun des relais : il fonctionne donc à chaque réexpédition de signal, et remplit le rôle de parleur de contrôle.

Relais polarisés, de Baudot. — Le premier modèle (1876), comprend deux bobines verticales, formant deux électro-aimants droits, indépendants au point de vue magnétique (fig. 393); les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

noyaux, à leur partie supérieure, sont munis de pièces polaires, XX, entre lesquelles se meut l'armature, A. Celle-ci est montée à pivot sur l'extrémité polaire d'un aimant permanent, M, et peut se déplacer entre deux butoirs, Q Q, portés par une équerre isolée du massif. Dans chacune des pièces polaires est engagée une vis en fer doux, dont l'enfoncement plus ou moins grand permet de régler l'entrefer.

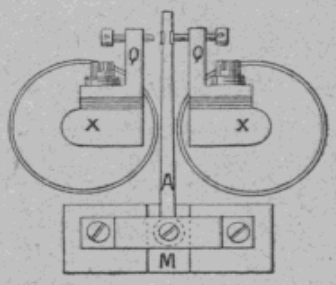


Fig. 393.

Dans les boîtes de relais de l'installation Baudot quintuple (v. p. 271), un même aimant en fer à cheval porte un relais semblable sur chacun de ses pôles.

Le relais de 1881 est très différent; les deux bobines, E, (fig. 394) ont leurs noyaux prolongés par des cylindres en laiton, introduits à frottement doux dans le massif; chacune des deux demi-culasses émerge vers l'extérieur et est traversée par une tige filetée, qu'on manœuvre à l'aide d'une clé à carré : en tournant ces vis, on peut monter ou descendre individuellement les bobines et régler la distance entre les noyaux et l'armature, *a*; celle-ci est perpendiculaire à son axe, AB; cet axe est monté sur des pointes, *pp*, engagées dans les pièces polaires, M, placées sur les extrémités d'un faisceau de deux aimants, N, S. L'une des pointes s'engage dans une chape prismatique, l'autre dans une chape conique. L'axe, *ab* (fig. 394 et 395) comprend deux parties extrêmes, en acier, séparées par un diamagnétique, C, en laiton, de sorte que l'armature constitue le prolongement de la partie, S, du faisceau magnétique, et présente aux deux noyaux un même pôle sud. Les polarités développées par un courant, aux extrémités supé-

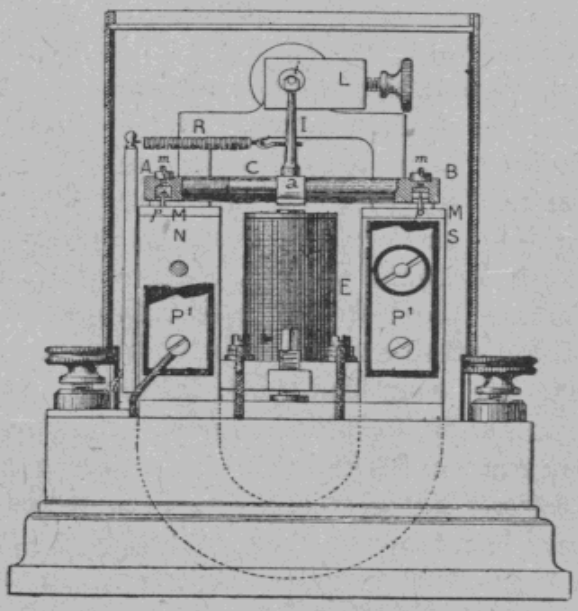


Fig. 394.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieures des noyaux, sont nord dans l'un et sud dans l'autre : l'armature bascule sur son axe, entraînant l'index, I, qui se meut entre deux butoirs isolés du massif; chacun de ceux-ci (fig. 396) se compose d'un *bouton de contact*, *jj'*, vissé à fond sur un *bouton de réglage*; ce dernier est lui-même vissé dans la platine, PP', et aussi dans les deux branches d'un *étrier*, L (v. fig. 394); il suffit de serrer la vis de pression de l'étrier pour immobiliser le bouton de réglage; on peut ainsi retirer le premier, pour nettoyer le contact, par exemple, sans modifier la position du butoir, le bouton de contact reprenant exactement sa position primitive lorsqu'on le remonte sur le bouton de réglage.

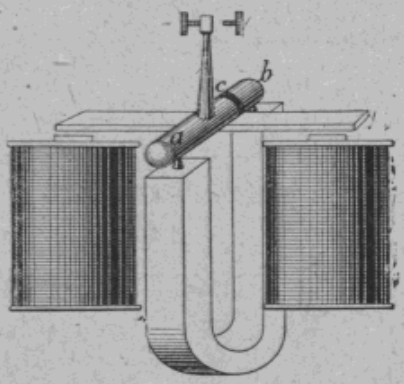


Fig. 395.

Le relais est réglé « à l'indifférence » par le placement convenable des butoirs; on peut parfaire ce réglage grâce à un ressort R (fig. 394) accroché d'une part à l'index, I, et, d'autre part, à un bras de levier articulé sur le massif, très près du socle; lorsque le ressort est amené dans la médiane, il se trouve dans un plan perpendiculaire à celui dans lequel se meut l'index et reste, par suite, sans action sur celui-ci; en déplaçant le bras du levier d'un côté ou de l'autre, on rend le ressort, R, oblique par rapport à l'index et on favorise son mouvement vers le côté où a lieu cette inclinaison.

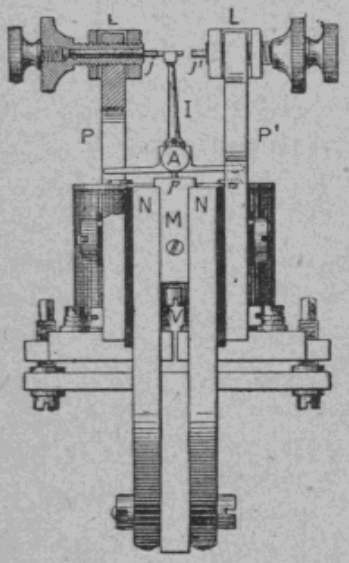


Fig. 396.

Le relais différentiel (1889) est identique au précédent, en tant que construction mécanique; chaque bobine qui, dans le relais ordinaire, a une résistance de 100 ohms, comporte ici deux enroulements de 150 ohms chacun; employé comme relais ordinaire, il offre donc au courant une résistance de 600 ohms au lieu de 200; en différentiel, cette résistance se trouve ramenée à 150 ohms.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Translation de Willot (1882). — Le relais est une modification de celui de d'Arlincourt (v. p. 398); les pôles non utilisés dans ce dernier sont ici munis de saillies, A et B (fig. 397) et une seconde armature, N′, solidaire de la première, S′, est placée entre ces deux nouvelles saillies; les deux armatures sont

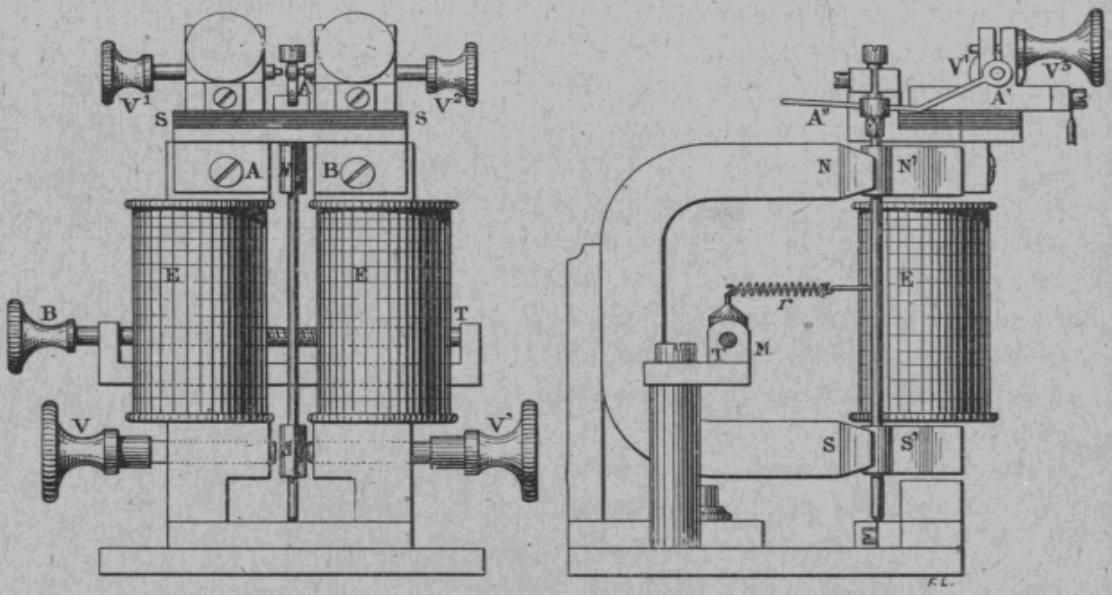


Fig. 397.

aimantées par l'un et l'autre pôles de l'aimant permanent, NS. Les effets produits par les courants concordent pour amener l'index commun. A′A″, sur le butoir de travail. Lorsque le courant cesse, l'interversion a bien lieu dans les saillies intermédiaires, mais non dans celles des extrémités, tout le côté gauche présente une polarité rémanente sud et tout le côté droit une polarité nord : ces deux actions contraires s'annulent et le magnétisme rémanent reste sans effet sur l'ensemble des deux armatures; un ressort à boudin, *r*, est alors nécessaire pour ramener l'index sur le butoir de repos ; il est accroché, d'une part, à l'axe des armatures et, d'autre part, à une pièce, M, qui taraude sur une tige filetée, T, qu'on manœuvre à l'aide d'un bouton, B. Afin d'équilibrer exactement les actions rémanentes, les saillies intermédiaires sont traversées par deux vis en fer doux, V et V′, qu'on peut enfoncer plus ou moins, de manière à régler à volonté l'entrefer de ce côté.

La translation (fig. 398) est constituée par la réunion de deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

relais et de deux parleurs shuntés, embrochés sur les prises de piles, servant à la fois pour le contrôle et la décharge. Dès que l'index d'un relais vient sur son butoir de travail, T, l'armature du parleur se déplace également, amenant ainsi la terre au butoir de repos, R, du relais; le parleur est réglé de manière à être notablement moins rapide que le relais; il s'ensuit que, lorsque l'armature de ce dernier revient sur son butoir de repos, celle du parleur est encore sur travail, et la décharge de la ligne a lieu pendant tout le temps que dure ce chevauchement.

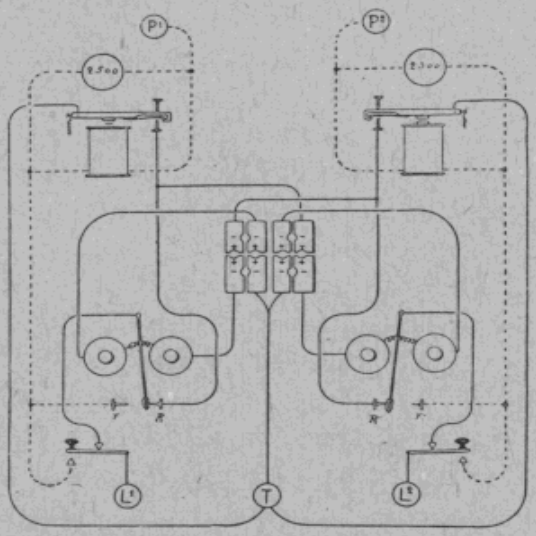


Fig. 398.

Deux commutateurs inverseurs à fiches permettent de diriger convenablement le courant dans les relais; deux manipulateurs Morse sont intercalés de chaque côté pour la conversation avec les extrêmes.

Relais de sonnerie, d'Ader (1885). — Un aimant demi-circulaire, N-S (fig. 399) dont les extrémités, ramenées vers le centre, se trouvent en regard l'une de l'autre et sont coiffées chacune d'une pièce polaire, P, formant saillie. Au-dessus des plaques polaires se trouve une bobine plate, B; les deux extrémités du fil de cette bobine sont soudées aux deux joues en laiton, isolées électriquement l'une de l'autre; les joues sont prolongées, à l'arrière, par une sorte de queue ou appendice, A, et solidarisées par un bloc d'ébonite; l'arrivée des communications a lieu par les pivots fixés aux appendices; la joue supérieure porte, à l'avant, un petit bloc en laiton,

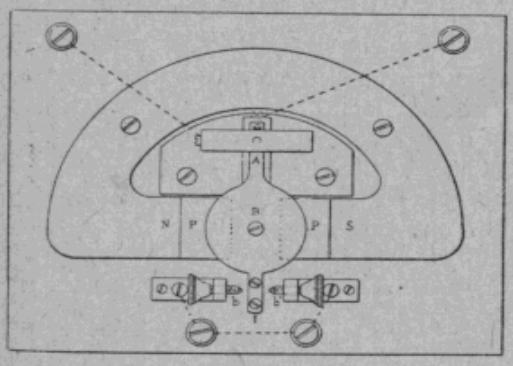


Fig. 399.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

formant index, I, et qui, suivant les mouvements de la bobine, peut osciller entre deux butoirs, b et b'.

A l'état de repos, l'aimant n'exerce aucune action sur la bobine qui, grâce à son mode de suspension, se maintient en équilibre entre les deux plaques polaires, mais, dès qu'un courant parcourt son circuit, elle est attirée vers la droite ou vers la gauche, suivant la direction de ce courant, et elle vient alors s'appuyer sur l'un ou sur l'autre de ses butoirs; ceux-ci sont réunis métalliquement et à l'une des branches d'un circuit local comprenant une pile et une sonnerie, la joue supérieure étant reliée à la terre du circuit principal, celui de la sonnerie se trouve fermé lorsque la bobine quitta la position médiane pour s'appuyer à droite ou à gauche.

Translation de Godfroy (1887). — Comprend deux relais Baudot (v. p. 407) et deux petits parleurs Baudot (v. p. 120), embrochés chacun sur les circuits de pile. La décharge des conducteurs, après chaque émission, est assurée par des bobines de self-induction, qui consistent chacune en un montage semblable au rhéostat fixe à écrou, de Baudot (v. p. 452), mais de dimensions plus grandes; les bobines sont enfermées chacune dans un cylindre en fer doux.

Translation Duplex à courant de repos, modèle anglais (1886). — La ligne n° 1 (fig. 400) aboutit à l'un des enroulements d'un galvanomètre différentiel, G, puis d'un relais du Post-Office, R (v. p. 402), ensuite, par l'intermédiaire d'un manipulateur à double courant, M, dont la manette est convenablement placée (v. p. 210), arrive à l'armature du relais différentiel de droite, R', et va se fermer sur l'une des piles de ligne. L'index du relais R envoie l'une de ses piles au pont du relais, R', par l'intermédiaire du manipulateur, M'; le courant se bifurque dans les deux circuits et gagne, d'une part la ligne n° 2, d'autre part la terre par la ligne factice, l', r', C'.

Les signaux émis par le relais, R', sont dérivés par l'intermédiaire de la 4e broche du commutateur, c, dans un troisième relais, Rc, non différentiel, et sur la terre duquel est insérée une résistance, d; ce relais actionne un parleur de contrôle, P; de même, ceux du relais R, à travers la résistance d', actionnent le récepteur Wheatstone, W, qui peut donner un contrôle direct

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur la bande, ou jouer simplement le rôle de relais pour actionner le second parleur, P′; le commutateur à quatre broches, *c*, permet d'inverser ces communications et de recevoir au Wheatstone le contrôle des signaux venant de la ligne n° 2.

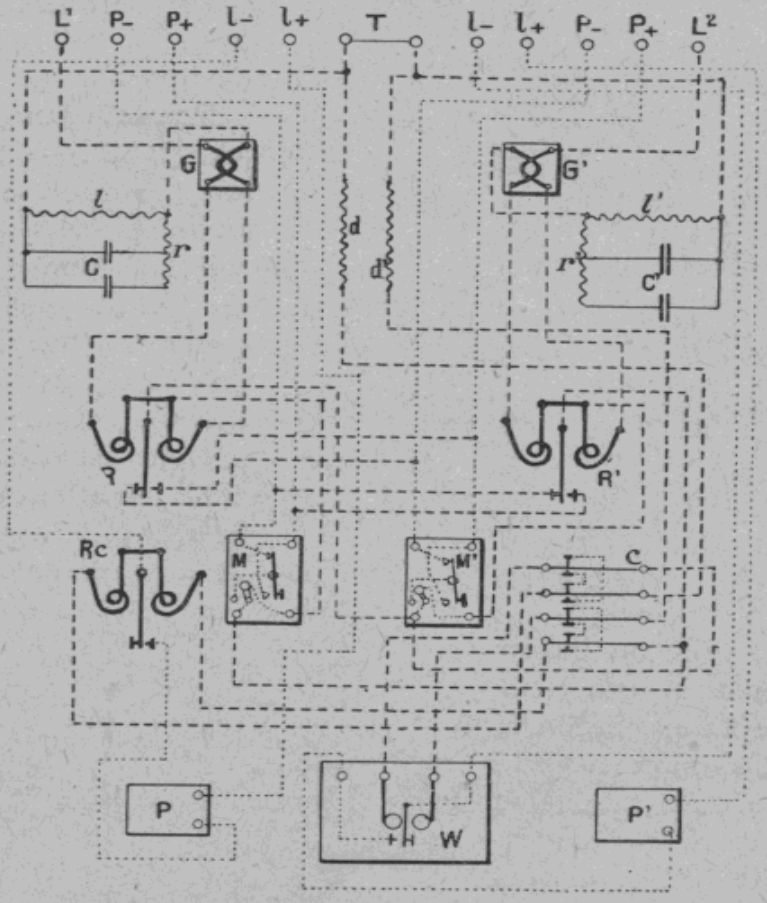


Fig. 400.

Le manipulateur, M, peut être substitué au relais, R′, pour converser avec la ligne n° 1, les réponses sont reçues dans le relais R, et enregistrées par le récepteur, W, ou le parleur, P′, suivant la position du commutateur, *c*; le second manipulateur, M', sert, de même, pour la conversation avec la ligne n° 2.

Translation, de Godfroy et Willot (1889).— Les deux relais R (fig. 401) sont du système Willot; les deux parleurs, P, au lieu d'être embrochés sur le circuit de pile, sont en dérivation sur les lignes et reliés à la terre, chacun, à travers une bobine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de self-induction; la décharge s'opère tout à la fois par cette dernière et par l'armature du parleur, comme dans la translation Willot ordinaire (v. p. 408).

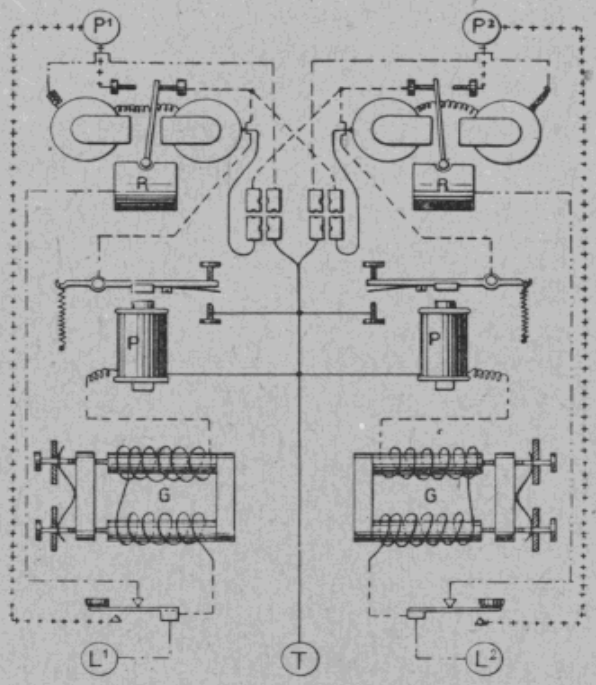


Fig. 401.

Translation, de Farjou (1892). — Deux relais Baudot (v. p. 407) auxquels la pile de travail est amenée à travers un parleur, T, et un shunt, S (fig. 402); dès que le relais vient sur travail, l'armature du parleur est déplacée, le choc qu'elle donne sur la bille, B, a pour effet de la chasser et le ressort, R, relié au butoir de repos du relais, vient au contact de sa butée, *t*, qui communique avec la terre; la décharge a lieu dans les mêmes conditions qu'avec la translation Willot (v. p. 408).

Relais, de Claude (1894). — La bobine est montée entre les pièces polaires d'un aimant en fer à cheval; elle se compose d'un cadre rectangulaire, monté sur un axe, mobile entre deux crapaudines, et sur lequel est enroulé le fil

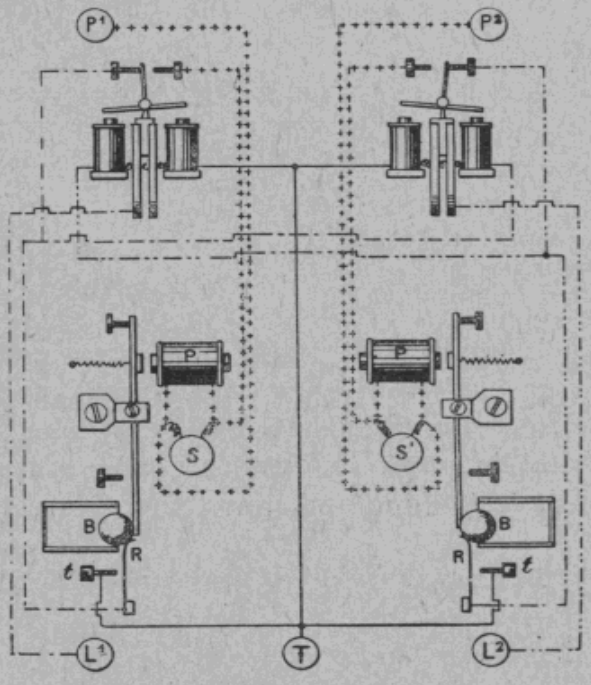


Fig. 402.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

très fin, sous soie; à l'intérieur du cadre est une pièce de fer doux formant surexcitateur; l'index se meut entre deux butées, dont l'une, celle de repos, est fixe, tandis que l'autre, muni d'un petit ressort très flexible, est réglable à l'aide d'une tige filetée.

Le cadre est maintenu à la position de repos par un ressort à boudin en laiton, placé sur le prolongement de l'axe; les déplacements de la bobine tendent à tordre ce ressort, qui la ramène ensuite en arrière; l'autre extrémité du ressort est attachée au centre d'un petit tambour denté, qui peut recevoir un mouvement de rotation à l'aide d'une vis sans fin. On peut ainsi régler la force antagoniste et l'appui sur le butoir de repos.

La bobine a une résistance de 500 ohms environ et est shuntée de 1.000 ohms; un autre shunt est placé entre l'index et le butoir de travail, pour éteindre l'étincelle de rupture.

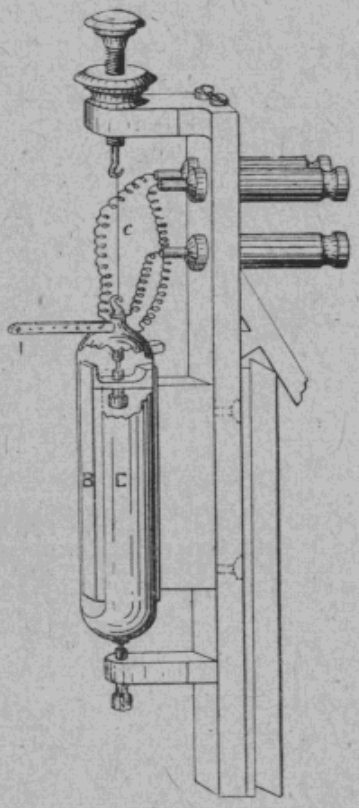


Fig. 403.

Relais de câble, de Pierre Picard (1896). — Entre les pôles d'un puissant aimant permanent est monté un cadre très léger, B (fig. 403) guidé par des pivots extrêmement fins et suspendus à un fil de cocon, *c*, sans torsion; ce cadre est formé d'un fil conducteur, très fin, d'une résistance de 1.000 ohms; à l'intérieur est placé un cylindre de fer doux, C; la bobine porte, à sa partie supérieure, un petit index en aluminium, I, muni de contacts en platine; les deux butoirs sont constitués par des ressorts très faibles, également platinés et réglés à l'aide de vis micrométriques.

Ce relais (fig. 404) est employé sur les câbles sous-marins exploités au Baudot. Les courants extrêmement faibles venant du câble sont aussi très rapides; on réduit le jeu à une amplitude presque nulle, de sorte que l'index ne quitte pour ainsi dire pas les butoirs, mais s'appuie seulement un peu plus fort sur l'un que sur l'autre, suivant le sens du courant reçu; c'est la variation de la résistance des contacts qui trouble l'équilibre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un second relais, monté en différentiel, qui actionne les récepteurs (v. p. 407).

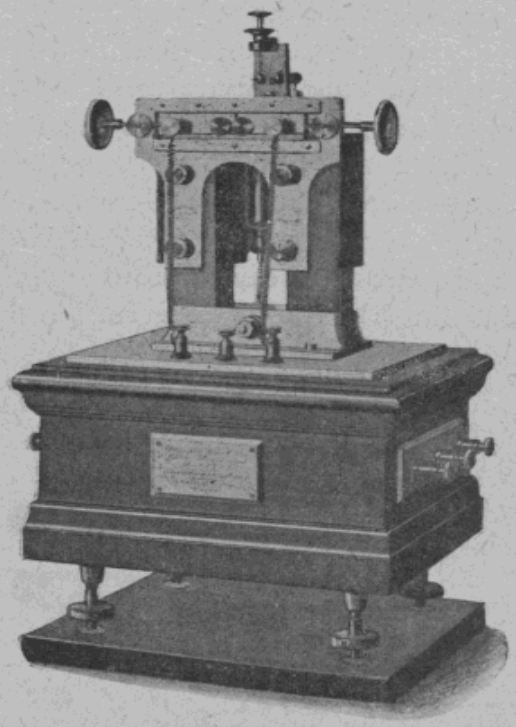


Fig. 404.

Relais phonique, de Sieur, modifié par Picard (1899). — Servait, à l'origine, à enregistrer les appels téléphoniques; il fut, plus tard, légèrement modifié et employé dans le système de télégraphie multiplex de Pierre Picard (v. p. 232). Il se compose d'une bobine, B (fig. 405) dont le noyau agit sur une membrane métallique; au centre de celle-ci se trouve une goutte de platine, sur laquelle s'appuie la pointe, également platinée, d'un marteau; ce marteau est monté sur une tige, A, pivotant en *a*. La pression exercée par le marteau sur la membrane est réglée à l'aide d'un contre-poids formé de deux écrous, *b* et *b'*. Lorsque des courants d'induction traversent la bobine, les vibrations de la plaque font varier la résistance du contact intercalé dans l'un des circuits d'un relais Baudot différentiel (v. p. 407).

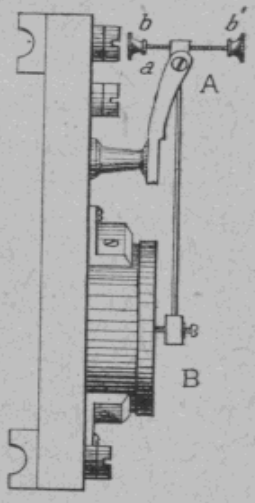


Fig. 405.

Translation, modèle des Ateliers (1897). — Deux parleurs du genre anglais (v. p. 119) dont les butoirs de repos et de travail sont isolés l'un de l'autre, à l'aide d'une plaque d'ébonite, et reliés à la façon ordinaire, mais sans dispositif de décharge.

Relais polarisé, de Le Grand (1899). — Deux petites bobines d'électro-aimant, E (fig. 406) dont la culasse est coupée, pour diminuer la rémanence; au-dessus de chacun des noyaux se trouve une armature en fer doux, A; les deux armatures sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

solidarisées par une pièce en laiton, dont un prolongement médian forme index, I, et se meut entre deux butoirs réglables, R' et T; l'ensemble des deux armatures est monté sur deux pointes en acier, encastrés dans les extrémités d'un aimant en fer à cheval, N. Les armatures sont maintenues éloignées des noyaux par un ressort à boudin, R, réglé à l'aide du curseur, C, et du bouton, B; l'attraction n'a lieu que si l'on fait passer dans les bobines un courant dirigé de telle sorte qu'il renforce les polarités engendrées par l'influence des armatures aimantées. Ce relais a été employé dans le système Hughes multiple du même inventeur (v. p. 310).

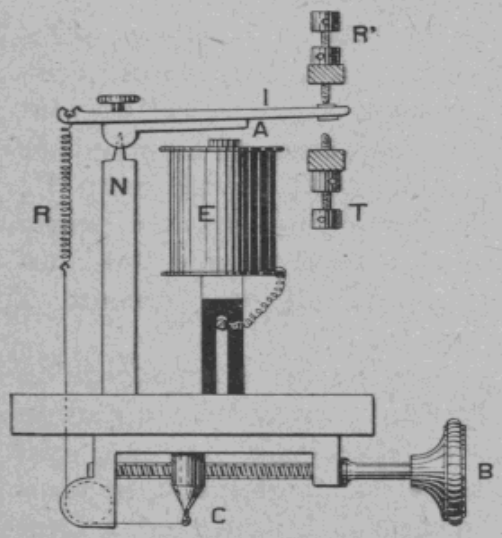


Fig. 406.

Translation, de Robichon (1902). — Deux relais Baudot (v. p. 407) modifiés pour en rendre le réglage rapide. A cet effet, les noyaux sont prolongés par une tige en laiton, traversant le massif, M (fig. 407) et terminée par une tête; entre cette dernière et le massif, les ressorts à boudin, R et R', tendent à faire descendre les noyaux et à appuyer les tiges de part et d'autre du point de pivotage, O, d'un levier, LL'. Lorsqu'on manœuvre le bouton placé à l'avant, on fait tourner un excentrique, E (fig. 407 et 408), qui, présentant un rayon plus ou moins grand au fléau, le fait basculer : l'un des noyaux est soulevé et se rapproche de l'armature, tandis que l'autre, descendant, s'en éloigne.

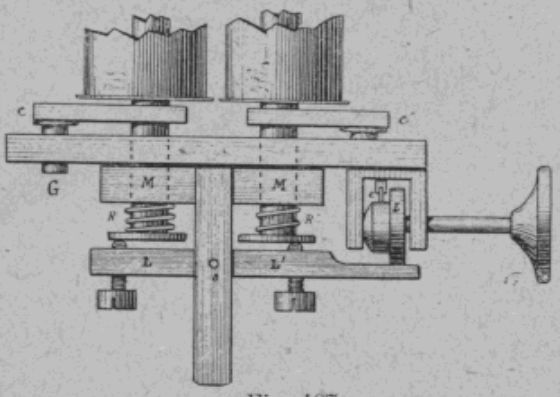


Fig. 407.

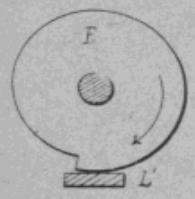


Fig. 408.

Le parleur est construit sensiblement comme un électro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aiguilleur de Baudot (v. p. 267) et fonctionne dans les mêmes conditions que celui de Willot (v. p. 408). Deux commutateurs inverseurs et deux manipulateurs complètent l'installation.

Relais de la Western Electric C° (1913). — Deux petites bobines à enroulement différentiel et à noyau très étroit, agissent sur une armature montée en fléau de balance ; cette armature est polarisée par le noyau d'une troisième bobine, située à l'arrière, et dans laquelle circule un courant permanent ; elle est montée sur deux couteaux, qui ne permettent pas de changer sa position par rapport aux noyaux ; on atteint un résultat analogue en faisant varier l'intensité du courant magnétisant, à l'aide d'un rhéostat placé à l'extérieur.

Les deux bobines sont montées sur une sorte de bascule qu'on peut faire mouvoir à l'aide d'un bouton : on réalise ainsi un réglage analogue à celui du relais Robichon (v. ci-dessus), sauf que les noyaux, au lieu de se déplacer verticalement, se présentent obliquement à l'armature lorsque la bascule est à bout de course.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XVIII

INSTRUMENTS D'ESSAIS ET DE MESURES

Les instruments servant aux essais et mesures électriques se classent en trois catégories principales :

1° Les électroscopes et les électromètres,
2° Les galvanoscopes et les galvanomètres,
3° Les rhéostats.

Electroscopes et électromètres. — Les *électroscopes* ont été imaginés pour révéler la présence de l'électricité sur les corps et en déterminer la nature. On fit d'abord usage, pour cet objet, de corps légers, tels que les balles de sureau ; les premiers électroscopes de ce genre furent réalisés par l'abbé Nollet, en 1747 (1), puis par Henley, en 1774; ensuite vinrent l'électroscope de Volta, à brins de paille (1781), et celui de Bennett à feuilles d'or (1787).

En graduant ces instruments à l'aide de tables de comparaison, on en fait des *électromètres*, susceptibles de mesurer la tension de l'électricité à la surface des corps.

La *balance de torsion*, imaginée par Colomb en 1789 (2) permit à ce savant de déterminer, avec une grande précision, les lois des attractions et des répulsions électriques (v. p. 24); elle se compose essentiellement d'une aiguille de gomme-laque portant, à l'une de ses extrémités, un petit disque de clinquant; elle est suspendue à un fil d'argent et parfaitement équilibrée; à proximité du disque se trouve une boule métallique, portée par une colonne de verre, et qu'on met en communication avec la source électrique à mesurer, après avoir amené le disque au

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences* 1747, p. 130.
(2) *Idem*, 1789, p. 399.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contact de la boule : la répulsion qui s'exerce entre ces deux corps, chargés d'une même électricité, fait dévier l'aiguille d'un certain angle; la force de torsion du fil mesure exactement la force de répulsion.

Dans l'électromètre de Peltier (1836), la force antagoniste qui remplace la torsion du fil est obtenue par une très petite aiguille aimantée (v. p. 423); dans celui de Melloni (1854), la partie mobile est électrisée, non plus par contact, mais par influence. On peut citer encore l'*inductomètre* de Du Moncel (1854), l'électromètre de Thomson (1855), etc., etc.

Galvanoscopes et Galvanomètres. — C'est en 1819 qu'Œrstedt découvrit l'action des courants sur les aimants (v. p. 26); ce premier pas vers l'électro-magnétisme n'attira pas, tout d'abord, l'attention des savants, qui ne virent, dans les expériences d'Oerstedt, qu'un cas analogue à celui de l'attraction des corps légers par l'électricité; toutefois, à la suite d'une publication faite par Oerstedt, la découverte fut prise en plus sérieuse considération, et l'on détermina bientôt que la tendance de l'aiguille à se mettre en croix augmentait avec l'intensité du courant; puis que cette action était d'autant plus marquée que le courant passait un plus grand nombre de fois, dans le même sens, devant l'aiguille : c'est cette constatation qui, en 1821, amena Schweigger à construire son *rhéomètre* ou *multiplicateur*, formé d'un cadre de bois sur lequel le fil était enroulé un grand nombre de fois, et au-dessus duquel une aiguille aimantée était librement suspendue.

A partir de ce moment, le galvanomètre fut universellement employé pour mesurer l'intensité des courants, ou seulement pour révéler leur passage; l'usage en fut particulièrement précieux dans l'étude des phénomènes électriques qui accompagnent les actions chimiques, où les autres moyens d'investigation étaient insuffisants. On construisit des cadres creux, de manière à pouvoir placer l'aiguille à l'intérieur et bénéficier ainsi d'une action plus grande. On appliqua également aux galvanomètres le principe de la balance de Coulomb (v. p. 417) et l'on construisit des *balances de torsion galvanométriques*.

On constata bientôt que l'augmentation du nombre des spires n'accroissait la sensibilité de l'instrument que jusqu'à une certaine limite; pour permettre la mesure des courants très fai-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bles, Nobili eut l'idée, en 1826, (1) d'annuler en partie le magnétisme terrestre en plaçant parallèlement, sur le même pivot, deux aiguilles aimantées, superposant leurs pôles inverses et placées, l'une à l'intérieur, l'autre au-dessus du cadre; comme les deux aiguilles ne pouvaient être rigoureusement égales en aimantation, l'une d'elles conservait une certaine prépondérance, qui suffisait pour ramener le *système astatique* au zéro; mais l'action directrice de la terre devenait presque nulle et un courant extrêmement faible était susceptible de provoquer une déviation.

En 1825, Becquerel construisit le premier *galvanomètre différentiel*, (2), en enroulant sur le même cadre deux fils égaux et en les faisant parcourir en sens inverse par le courant d'une même pile; c'est grâce à cet instrument que Becquerel put établir avec exactitude ses calculs sur la résistance des métaux (v. p. 34).

Les instruments trop sensibles ne convenaient pas pour la mesure des courants assez forts; Pouillet, s'inspirant des principes indiqués, en 1824, par De La Rive, réalisa, en 1837, sa *boussole des sinus*, agencée de telle sorte que le fil du cadre multiplicateur est maintenu parallèle à l'aiguille, au fur et à mesure de sa déviation (3). La *boussole des tangentes*, construite peu après par Pouillet, diffère de la précédente en ce que l'aiguille aimantée est très petite par rapport au cadre, qui est un cercle, de manière que la distance entre ses pôles et le conducteur ne varie pas sensiblement, quelle que soit la position de l'aiguille. Comme cette condition ne peut jamais être absolument remplie, il en résulte un certain écart de proportionnalité; divers savants ont cherché, par des dispositions particulières, à remédier à ce défaut, notamment Poggendorf (1841), Weber (1842), Lenz (1843), Péclet, Gaugain (1853) (5); néanmoins, on préfère généralement à la boussole des tangentes celle des sinus, dont les indications sont régies par une loi exacte.

La *balance électro-magnétique de Becquerel* (1837) permet de mesurer en poids l'intensité des courants : à chacun des plateaux est suspendu un petit barreau cylindrique aimanté, formant

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLIII, p. 146.
(2) *Idem*, t. XXXII, p. 420.
(3) *Mémoires de la Société de Physique de Genève* (1824) 1re partie, p. 117.
(4) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXVI, 1825, p. 184.
(5) *Annales télégraphiques*, 1859, p. 565.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plongeur à l'intérieur d'une bobine d'électro-aimant; lorsqu'on fait passer un courant dans les bobines, l'un des aimants est attiré tandis que l'autre est repoussé : l'équilibre de la balance est rompu; on le rétablit en chargeant de poids le plateau qui s'est élevé et, à l'aide d'une table préalablement établie, on obtient la valeur de l'intensité qui a parcouru les bobines ou celle de la force électro-motrice qui a déterminé celle-ci. Cette balance trébuche sous un poids inférieur à un milligramme.

Le *magnétomètre de Gauss* (1838), modifié par Weber, en 1849, comprend un barreau aimanté, suspendu au bout d'un long fil de cocon, sans torsion, et solidaire d'un petit miroir très léger; ce miroir reflète les divisions d'une mire placée à une certaine distance (1); une lunette, munie de fils croisés, permet d'observer les divisions qui, pendant les déviations, viennent successivement se placer dans son axe optique : les plus petites déviations sont ainsi amplifiées, et dans les limites où on les maintient, elles sont proportionnelles aux intensités.

L'*électro-dynamomètre de Weber* (1850) présente une certaine ressemblance avec le précédent; il sert à mesurer les actions mutuelles des solénoïdes et des électro-aimants (v. p. 425).

Le *thermo-galvanomètre de Reiss* (1844) utilise, pour la mesure, la chaleur développée dans un fil de platine par le passage du courant (v. p. 424) (2).

Tous les appareils de mesures qui, par la suite, furent employés, se rapportent à l'une des catégories ci-dessus indiquées : galvanoscopes de postes, boussoles des sinus et des tangentes, galvanomètres à miroir, balances, électro-dynamomètres, etc., etc.; ils ne diffèrent des types fondamentaux que par la construction et le degré de précision que celle-ci leur assure.

Rhéostats. — Depuis les travaux de Becquerel (1825) sur la conductibilité des fils métalliques, et jusqu'en 1843, les mesures de résistance s'effectuaient par comparaison avec un fil étalon en cuivre, en argent ou en platine, dont on prenait la longueur convenable à l'aide d'une règle divisée; Pouillet a réalisé

(1) Du Moncel. *Exposé des applications de l'électricité*, t. I (1856), p. 430.
(2) *Idem*, p. 435.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

divers dispositifs destinés à rendre plus facile ou plus précise la manœuvre des fils étalons.

En 1843, Wheatstone construisit un instrument, auquel il donna le nom de *rhéostat* (1), composé de deux cylindres, l'un en bois, l'autre en cuivre, rendus solidaires par deux roues d'engrenage; sur le premier est enroulé un fil de cuivre nu, qu'on peut, à l'aide d'une manivelle, faire passer sur le cylindre de cuivre, où les différentes spires se trouvent en court-circuit (v. p. 450) : on peut ainsi modifier à volonté la longueur de fil introduite dans le circuit,

Ce rhéostat offrait quelques inconvénients : la moindre inégalité dans le calibrage des cylindres pouvait empêcher ou exagérer la tension du fil; d'autre part, si l'on supprimait les engrenages et si l'on se servait de la tension du fil pour faire tourner les cylindres, il en résultait un étirement qui changeait ses conditions de conductibilité. Wheatstone réalisa alors son second rhéostat (1844) dans lequel le fil occupe une raînure en hélice, pratiquée sur le pourtour d'un cylindre de bois; l'axe du cylindre est constitué par une vis du même pas que la rainure; en faisant tourner l'axe, le cylindre se déplace longitudinalement et les spires de fil glissent sous un curseur fixe (v. p. 450).

Dans le *rhéostat de Jacobi* (1844), le fil est enroulé sur un cylindre semblable au précédent, mais en verre; le contact est pris à l'aide d'un ressort, solidaire d'un écrou mobile, qui avance en même temps qu'on fait tourner le cylindre (2).

Afin d'obtenir une précision plus grande, Jacobi construisit, en 1846, son *agomètre*, comprenant deux tuyaux en fonte, remplis de mercure, et un écrou mobile, portant deux fils de platine; ces fils étant susceptibles de plonger plus ou moins dans le mercure, on pouvait faire varier la résistance intercalée par l'instrument dans le circuit; l'écrou était manœuvré à l'aide d'une vis sans fin et se déplaçait devant une règle divisée en millimètres.

Dans l'*agomètre de Gounelle* (1852), deux fils de platine, tendus parallèlement, sont susceptibles d'être réunis par l'intermédiaire de mercure, contenu dans une petite boîte (3); celle-

(1) *Philosophical transactions* (1843), 2e partie.
(2) Du Moncel. *Exposé des applications de l'électricité*, 3e édition, (1873) t. II, p. 339.
(3) Du Moncel. *Idem*, t. II, p. 341.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ci étant mobile le long d'une règle, la réunion des deux fils peut se faire en un point quelconque ; une table de références permet de connaître, d'après la division où a lieu l'arrêt de la boîte, la résistance offerte par les deux fractions de fils de platine. L'*agomètre de Becquerel* (1856), comporte une colonne de mercure, dont on fait varier la longueur à l'aide d'un piston pour obtenir la résistance cherchée (1).

On constitua également des rhéostats à l'aide de bobines de fil, disposées en arc de cercle, et qu'on mettait en circuit à l'aide d'une manette ; ce système offrait l'inconvénient de donner naissance, à chaque interruption du circuit, à des extra-courants gênants ou nuisibles. Caselli, en 1856, tourna cette difficulté de façon originale : il constitua des bandes de tissu, auxquelles il donna une largeur égale à la hauteur des bobines qu'il voulait construire ; les fils de chaîne étaient en coton ; la trame comprenait un fil métallique et un fil de coton alternés ; le fil métallique revenait donc constamment sur lui-même, ce qui annulait l'influence des spires les unes sur les autres ; le tissu était ensuite trempé dans une dissolution de gomme-laque et de bitume ; puis la bande était enroulée sur elle-même pour former une bobine, qu'on plongeait dans du bitume fondu ; le rhéostat comprenait un nombre variable de bobines semblables ; l'une d'elles était fractionnée à l'aide de dérivations prises sur les replis du fil métallique ; les connexions étaient rattachées à des plots disposés concentriquement à une manette.

On réalisa un peu plus tard, d'une façon plus simple, des bobines de résistance sans self-induction : le fil destiné à constituer une bobine est plié en deux parties égales, puis les deux brins de la boucle ainsi formée sont enroulés côte à côte, de sorte que la direction du courant dans la première moitié du fil est inverse de celle qu'il a dans la seconde.

Les *caisses de résistances* que l'on construit actuellement sont constituées par des bobines de fil de maillechort, enroulées comme il vient d'être dit, et dont les entrées et sorties sont reliées à des plots de commutateurs à manette ou à chevilles. La résistance de chaque bobine est réglée suivant le dispositif imaginé par Carpentier, en 1896 : le fil de maillechort ayant une résistance légèrement inférieure à celle qu'on désire, on le coupe

(1) Du Moncel. *Exposé des applications de l'électricité*, 3e édition (1873) t. II, p. 342.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'endroit où il est bouclé et on remplace la partie enlevée par une résistance qu'on règle à l'aide d'un bouchon à vis.

Les rhéostats ou caisses de résistances sont aussi disposées en *pont de Wheaststone*, suivant le principe indiqué, en 1833, par Christie, de Woolwich, et adapté, en 1843, par l'illustre savant anglais à la mesure des résistances ; ou encore en *pont de Thomson* (1862), en *pont de Thomson et Varley* (1866), en *pont de Varley* (1868), etc.

ÉLECTROMÈTRES, GALVANOMÈTRES, etc.

Électromètre, de Peltier (1836). — Une tige en aluminium dont les extrémités sont recourbées, est montée sur un pivot et peut se déplacer devant un cadre gradué : au-dessus de ce fil, et dans le même plan vertical, est fixé un petit barreau d'acier aimanté (fig. 409). Le support du pivot est surmonté d'une tige en laiton, terminée par une boule de même métal ; à sa partie inférieure, un peu au-dessous de l'aiguille, la tige se divise en deux branches, portant chacune un prolongement horizontal terminé par une petite boule de laiton. L'aimantation de l'aiguille constitue la force antagoniste et les déviations se lisent sur le cadran gradué.

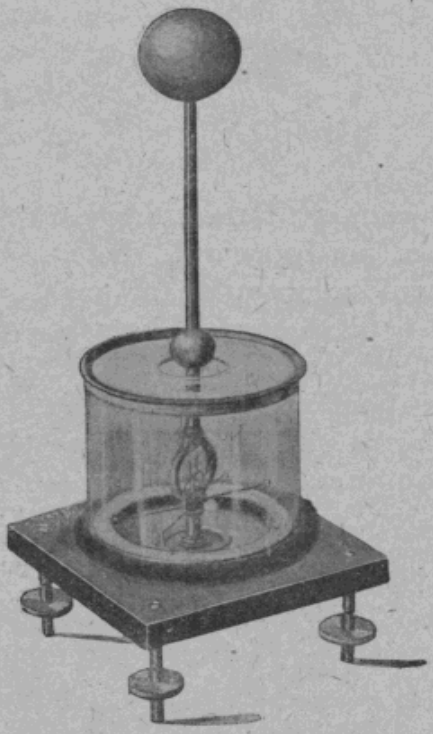


Fig. 409.

Boussole des tangentes, de Pouillet (1838). — Le cadre consiste en une couronne en cuivre sur laquelle est enroulé le fil conducteur (fig. 410) ; le barreau aimanté, très fin, est suspendu à un fil de cocon, attaché d'autre part à un treuil. Le cadre est monté sur un centre, qui permet de le faire tourner : les angles de déplacement sont indiqués par un vernier, solidaire du cadre, et qui se meut sur un cercle en cuivre, gradué ; ce dernier est lui-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même mobile, pour l'orientation de l'instrument. L'ensemble est placé sur un fût faisant corps avec un trépied muni de vis calantes.

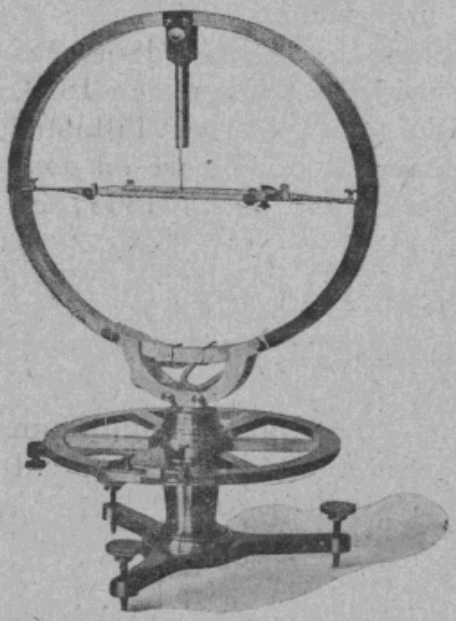


Fig. 410.

Thermo-galvanomètre, de Reiss (1844). — Un fil métallique, enfermé dans une boule de verre, B (fig. 411) est attaché à deux bornes placées extérieurement. La boule communique avec un tube capillaire, T, légèrement incliné, et dont l'extrémité opposée se termine par un tube, T', beaucoup plus large et perpendiculaire au premier; l'ensemble est en partie rempli de liquide; lorsqu'on fait passer un courant dans le fil, la chaleur produite, échauffant l'air dans la boule, détermine une augmentation de pression, qui a pour effet de chasser le liquide du tube, T, le déplacement du sommet de la colonne est proportionnel à la chaleur dégagée. L'appareil peut être incliné plus ou moins suivant le degré de sensibilité qu'on veut lui donner.

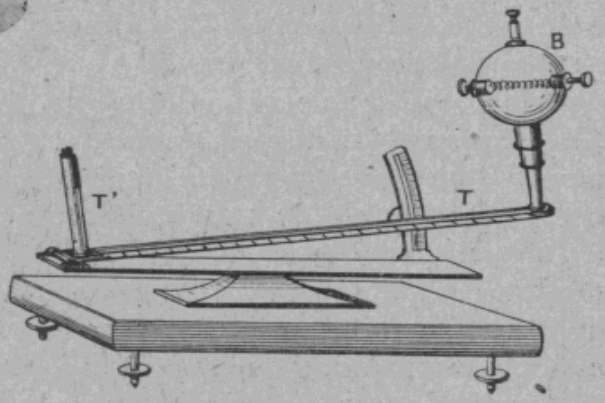


Fig. 411.

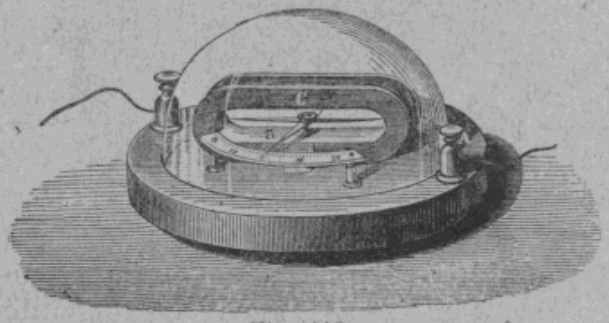


Fig. 412.

Galvanoscope horizontal (1850). — Cadre, C (fig. 412) placé sur champ; un pontet porte une pointe, sur laquelle on pose une chape en agate sup-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

portant l'aiguille aimantée, *a*. L'instrument est protégé par un globe de verre.

Electro-dynamomètre, de Weber (1850).— Galvanomètre dont le fil conducteur est enroulé autour d'un large cylindre de cuivre; l'aiguille aimantée est remplacée par un solénoïde, placé dans l'axe du cylindre, et dont les spires, à l'état de repos, sont dans un plan perpendiculaire à celui des spires du cylindre.

La bobine mobile est supportée par un cadre rectangulaire, soutenu lui-même par deux fils d'argent passant dans un long tube vertical en verre; les extrémités des fils sont rattachées à une poulie en ivoire, placée à l'extrémité supérieure du tube; cette poulie peut être élevée ou abaissée au moyen d'une vis à écrou; les fils de suspension servent en même temps de conducteurs pour amener, dans la bobine mobile, le courant qui circule dans le circuit extérieur.

Le cadre de la bobine porte un miroir; les déviations sont également accusées par une aiguille indicatrice placée sur le dessus de la cage et qui se meut devant deux arcs de cercle gradués.

Thermo-galvanomètre, de Bréguet (1850). — Construit comme le thermomètre métallique de Bréguet : trois lames de platine, d'or et d'argent, sont superposées dans cet ordre et soudées ensemble, puis laminées de manière à former un ruban; celui-ci est enroulé en spirale et suspendu, par l'une de ses extrémités, à un support en laiton relié à une borne. A l'autre extrémité du ruban est attachée une aiguille indicatrice, mobile devant un cadran gradué; sous l'aiguille est une pointe métallique, très fine, plongeant dans une coupelle remplie de mercure et reliée à la seconde borne.

Lorsqu'on fait passer un courant dans le ruban, la chaleur développée fait dilater les métaux qui le composent; l'argent se dilate plus que l'or et le platine; ce premier métal étant sur la face intérieure, l'hélice se déroule et l'aiguille se déplace sur le cadran; elle revient en arrière pendant le refroidissement.

Appareil pour mesure la vitesse de propagation de l'électricité, de Fizeau et Gounelle (1850).— Les expériences

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

auxquelles cet appareil était destiné ont été mentionnées plus haut (v. p. 39) ; il est constitué de la façon suivante : deux disques en bois sont montés sur un axe muni d'une poulie conique à quatre gorges (fig. 413) ; ces disques portent, sur leur

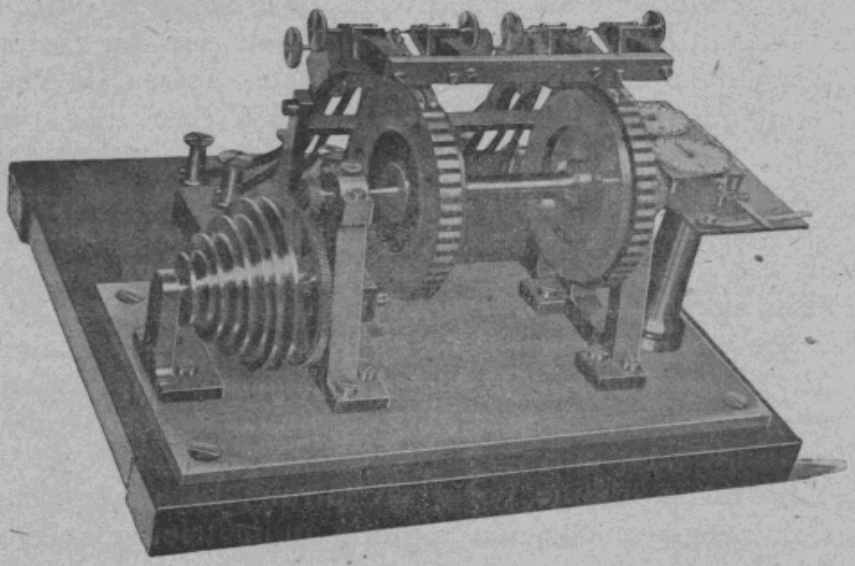


Fig. 413.

pourtour, des lamelles de platine, incrustées de telle sorte que l'ensemble se trouve divisé en parties rigoureusement égales, alternativement métal et bois. Sur chacun de ces distributeurs frottent deux paires de balais en platine, décalés de manière

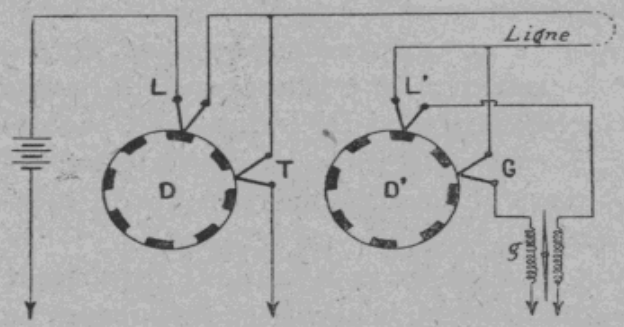


Fig. 414.

que l'une se trouve en tête d'une partie métallique au moment où l'autre est au commencement d'une division en bois. L'un des disques, D (fig. 414) sert à l'expédition des courants ; à cet effet, le balai de gauche de la première paire, L, est relié à une pile et l'autre à la ligne ; le circuit se trouve ainsi fermé tant que les balais se trouvent sur une division métallique ; dès que celle-ci est franchie, la seconde paire, T, à son tour, arrive sur une lamelle de platine et met la ligne à la terre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sur le second disque, D′, les balais de la première paire, L′, communiquent, l'un avec le retour de la ligne, l'autre avec l'un des circuits d'un galvanomètre différentiel, g; la seconde paire de balais, G, met, comme précédemment, la ligne à la terre à travers le second circuit du même galvanomètre différentiel. Enfin, les deux plateaux sont calés de manière que les balais de ligne, L et L′, arrivent rigoureusement en même temps en tête des lamelles métalliques.

L'appareil étant mis en mouvement, si la propagation était instantanée, la totalité des courants émis en P, par les balais L, serait reçue en D′, par les balais L′, sur les lamelles métalliques, dans le premier circuit du galvanomètre, et l'on aurait une certaine déviation de l'aiguille, à gauche par exemple; c'est d'ailleurs ce qui se passe lorsqu'on tourne très lentement; mais, au fur et à mesure qu'on augmente la vitesse de rotation, un écart de plus en plus grand se crée entre le départ et l'arrivée, et la fin des émissions, reçue sur les divisions en bois, se rend, par les balais G, dans le second circuit du galvanomètre : la déviation diminue progressivement; elle passe par zéro quand le courant se distribue également entre les deux circuits et enfin on obtient une déviation maxima à droite quand tout le courant passe par les balais G et le second circuit : cela indique que le temps pris par la propagation est exactement celui que mettent les disques pour tourner d'un angle égal à une division. Connaissant la vitesse de rotation des disques, on peut ainsi évaluer, en fractions de seconde, le temps cherché. Il a été dit précédemment (v. p. 39) que les chiffres trouvés oscillaient entre 100.000 et 180.000 kilomètres par seconde, suivant la nature et les conditions d'isolement des conducteurs.

Enregistreur et transmetteur pour l'étude de la propagation, de Fizeau et Gounelle (1856). — Ces instruments furent employés lors des expériences mentionnées au chapitre « Propagation » (v. p. 41). L'enregistrement des signaux a lieu sur une bande de papier, imbibée de ferro-cyanure de potassium, et entraînée, d'un mouvement continu et uniforme, sous trois paires de balais métalliques; lorsqu'un courant passe de l'un à l'autre des balais d'une même paire, la solution se trouve décomposée et une ligne bleue est tracée sur la bande.

La première paire de balais est intercalée dans un circuit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

local, fermé périodiquement par un interrupteur automatique décrit plus loin; dans la seconde et la troisième paires, l'un des balais est relié à la terre, l'autre au retour d'une ligne, respectivement aérienne et souterraine; ces deux lignes sont bouclées en leur milieu et rattachées, par leur extrémité opposée à l'appareil interrupteur dont il vient d'être question. Lorsqu'on ferme simultanément le circuit local et, par exemple, celui de la ligne aérienne, on obtient sur la bande deux traits de longueurs sensiblement égales, le second décalé par rapport au premier, au prorata du temps pris par la propagation; mais, lorsque la fermeture est faite sur la ligne souterraine, la trace laissée par la troisième paire de balais est faible au commencement, grossit jusqu'à ce que l'intensité ait atteint son maximum, se maintient ainsi tant que dure l'émission, puis diminue peu à peu pour enfin disparaître complètement, au bout d'un temps plus ou moins long; on peut ainsi observer les périodes de charge et de décharge encadrant celle du régime stable. Si l'on réduit les intervalles entre les émissions, on remarque que les signaux reçus sont de

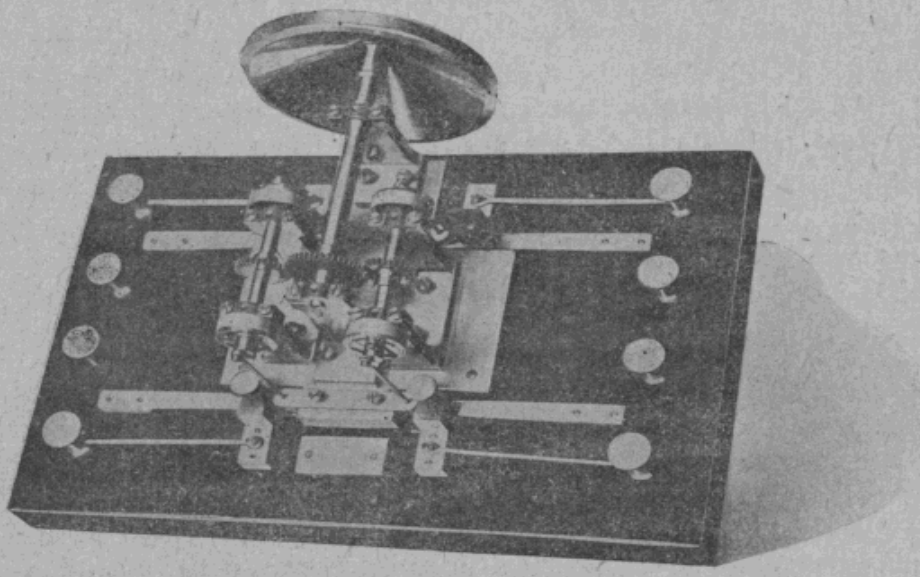


Fig. 415.

moins en moins espacés et arrivent bientôt à se confondre, formant sur la bande un trait continu; on détermine, de la sorte, pour une ligne donnée, un maximum de rapidité au delà duquel la netteté de la réception n'est plus assurée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les signaux sont émis automatiquement à l'aide de leviers élastiques, commandés par un jeu de bielles et d'excentriques (fig. 415). L'axe principal reçoit le mouvement d'un moteur quelconque, par une poulie à trois gorges; il porte une roue dentée, qui entraîne deux axes parallèles. A chacune des extrémités de ces axes se trouvent des plateaux, portant des boutons auxquels sont articulées des bielles; celles-ci commandent, à leur tour, les leviers de contact, qu'elles soulèvent et abaissent alternativement, ouvrant et fermant ainsi les circuits rattachés à chacun de ces leviers.

Boussole des sinus à sensibilité réglable (1856). — Deux cadres circulaires (fig. 416) au centre desquels se trouve l'aiguille aimantée placée sur une pointe; les déviations de l'aiguille indicatrice sont limitées par deux goupilles; les deux

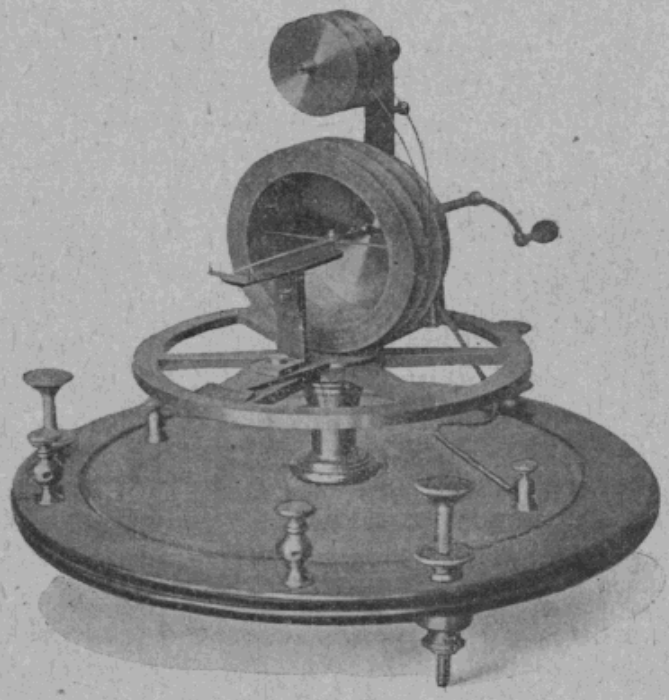


Fig. 416.

cadres, solidairement montés sur un axe horizontal, peuvent être déplacés à l'aide d'une manivelle; suivant le sens de la rotation, on enroule ou on déroule une partie du fil conducteur de chacun des cadres; à cet effet, deux bobines, placées à la partie supé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieure, forment magasin à fil. L'ensemble peut tourner autour d'un axe vertical, terminé par une roue dentée, et qu'on actionne à l'aide d'une vis tangente; un limbe gradué permet ainsi de mesurer l'angle de déviation.

Boussole des sinus à quatre circuits, de Bréguet (1856). — L'équipage comprend un petit barreau cylindrique aimanté et une aiguille indicatrice en aluminium; le tout est soutenu par un fil de cocon accroché à une tige réglable; une lunette permet d'observer les déviations. L'appareil est monté sur un centre supporté par une colonne, et peut ainsi être déplacé circulairement. Les quatre circuits peuvent être groupés à volonté.

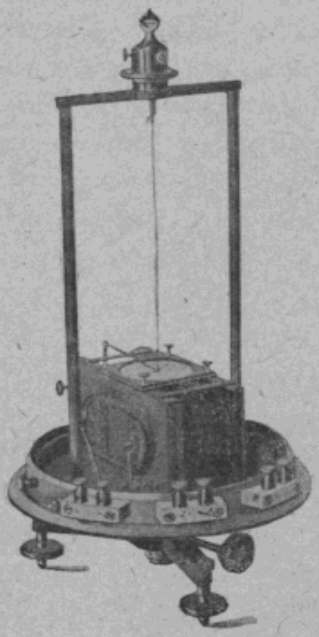


Fig. 417.

Boussole des sinus, de Siemens (1856). — Un gros cadre galvanométrique à trois circuits (fig. 417); l'équipage est suspendu par un fil de cocon à une tige réglable; un bouton à vis, placé sur le côté, commande un levier destiné à immobiliser l'équipage pour le transport de l'instrument. Une vis tangente sert à faire tourner le socle et, avec lui, le cadre; un levier à bouton permet d'écarter la vis tangente lorsqu'on veut obtenir un déplacement angulaire rapide; dès qu'on abandonne le bouton, un ressort-lame ramène la vis contre la roue.

Boussole des sinus à résistance variable, de Mouilleron (1858). — L'aiguille est suspendue au bout d'un fil de soie, qu'on règle à l'aide d'un bouton à vis (fig. 418), le cadre repose sur un plateau mobile, avec limbe gradué. L'axe du plateau traverse la colonne et porte, à sa partie inférieure, une roue dentée, sur laquelle agit une vis sans fin, manœuvrée à l'aide d'une manivelle : le limbe peut ainsi se déplacer devant un vernier, faisant partie d'un second plateau. Celui-ci est également muni de vis calantes, d'une roue dentée et d'une vis sans fin pour l'orientation de l'instrument. Huit bornes, correspondant à quatre enroulements distincts, permettent de faire varier le nombre des spires en jeu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Boussole des sinus, de Bréguet (1859). — Les mouvements de l'aiguille indicatrice, *a*, sont limités par deux gou-

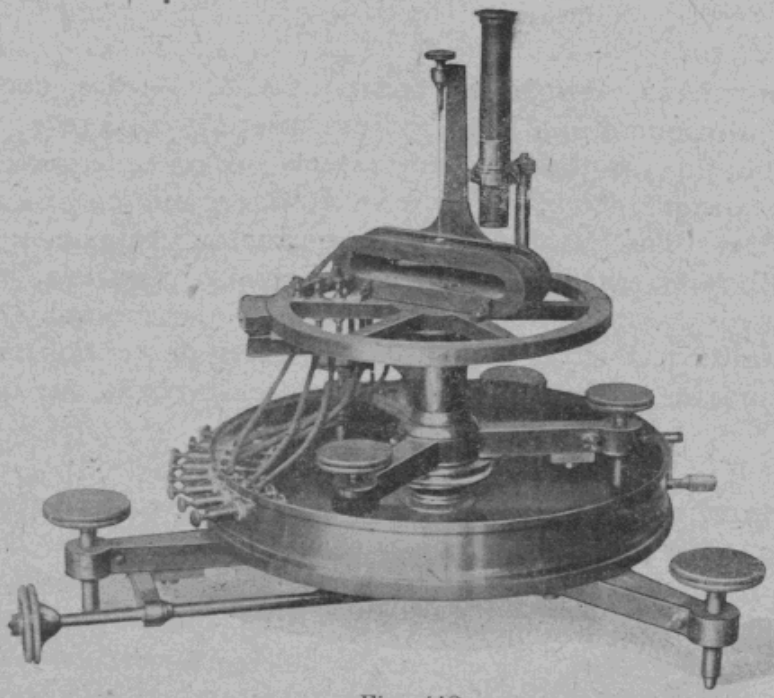


Fig. 418.

pilles, portées par une petite colonnette, *f*; le cadre, *c*, monté sur un disque en bois, D, mobile autour de son centre, est

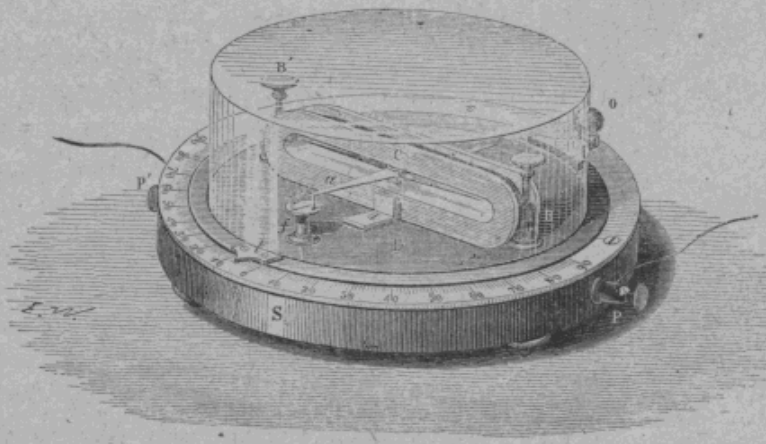


Fig. 419.

muni d'une manette, O, et d'un index, *t*. Lorsqu'un courant parcourt le circuit, on déplace le disque, D, jusqu'à ce que l'aiguille indicatrice se maintienne au-dessus du trait de repère

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tracé entre les deux goupilles : l'aiguille aimantée reste ainsi parallèle aux spires, et l'index, *t*, montre, sur le limbe, l'angle dont on a déplacé le cadre.

Galvanomètre, de Silvertown (1860). — Le cadre se trouve à l'intérieur d'une boîte cylindrique; l'équipage astatique est suspendu par un fil de cocon protégé par un tube vertical en laiton; un aimant directeur peut se déplacer sur ce tube. A la partie arrière, une bobine de fil conducteur repose sur une plaque d'ébonite, supportée par un chariot à glissière, et peut ainsi être rapprochée plus ou moins de l'instrument à l'aide d'une vis micrométrique; les déplacements de la bobine sont mesurés sur une graduation en millimètres, gravée sur la glissière.

Galvanomètre-récepteur pour câbles sous-marins, de Thomson (1860). — La transmission est effectuée à l'aide d'un manipulateur-inverseur (v. p. 210). Le récepteur (fig. 420) est un galvanomètre constitué par deux bobines agissant sur un système d'aiguilles aimantées adhérant à un petit miroir; celui-ci est suspendu à l'aide d'un fil de cocon; un aimant directeur demi-circulaire est placé à l'extérieur; on dirige sur le miroir le rayon lumineux d'une lampe munie d'un obturateur avec verres convergents. La lecture se fait sur un écran, les déviations du rayon lumineux correspondent aux points Morse ou aux traits suivant qu'elles se produisent d'un côté ou de l'autre du zéro. Les deux bobines constituent deux circuits distincts, reliés à quatre bornes; on peut ainsi les grouper en série, en parallèle ou en différentiel.

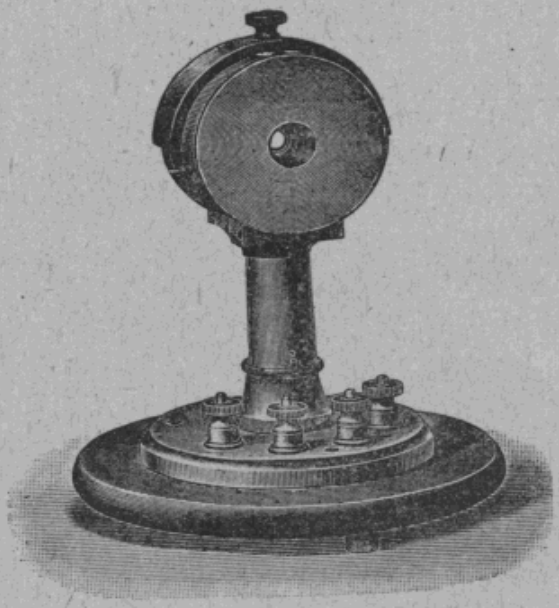


Fig. 420.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Galvanomètre, de Thomson (1874). — Aux deux extrémités d'une tige rigide sont montés un miroir et une aiguille d'aluminium; derrière l'un et l'autre sont collées de petites aiguilles aimantées; les pôles de l'un des groupes sont dirigés en sens inverse de l'autre, ce qui donne un système astatique; l'aiguille en aluminium est destinée à amortir les oscillations; le tout est suspendu à un fil de cocon sans torsion. L'équipage se déplace entre deux groupes, Bo et Bo′ (fig. 421) de deux bobines chacun; ces bobines forment deux circuits distincts, aboutissant à quatre bornes placées sur le socle, ce qui permet de les grouper à volonté.

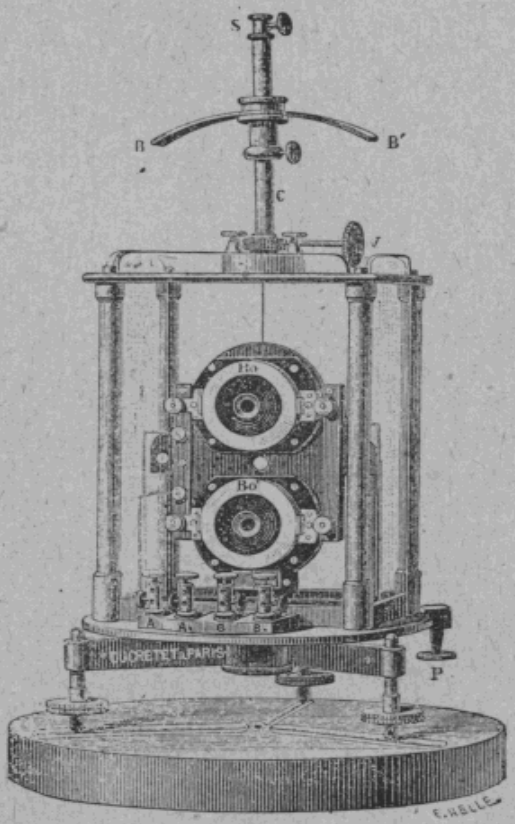


Fig. 421.

On dirige sur le miroir un rayon d'une lampe quelconque, par l'intermédiaire d'un écran entaillé d'une petite fente verticale; le rayon réfléchi est renvoyé sur une règle graduée.

Un aimant directeur, BB′, supporté par une colonne, C, peut être monté ou descendu : on règle de la sorte son action et l'on fait varier, dans des limites très étendues, la sensibilité de l'appareil; enfin, un niveau d'eau et trois vis calantes permettent de l'équilibrer.

Voltmètre thermique, de Cardew (1875). — Fonctionne sous l'action de l'allongement d'un fil, F (fig. 422) en alliage platine-argent, de 6/100 de millimètre de diamètre et de 4 mètres de longueur. Ce fil est divisé en deux parties; l'une, partant de la vis, *v*, reliée à la borne d'entrée, E, passe sur la poulie, P, pour revenir s'attacher à l'une des extrémités d'une petite tige, *t*, montée comme un palonnier. L'autre partie de fil, partant de la tige, *t*, passe sur la poulie, P′, et revient sous la vis, *v*′, en relation avec la borne de sortie, S.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A la partie médiane de la tige, t, et du côté opposé aux fils, F, est attaché un fil métallique qui, après avoir fait un tour sur la petite poulie, p, vient s'attacher à un ressort à boudin, R. Sur l'axe de la poulie, p, est montée une roue dentée, r, qui engrène avec une autre, r', solidaire de l'axe de l'aiguille, A, placée à l'extérieur. Lorsqu'un courant parcourt les fils, F, leur allongement permet au ressort, R, de ramener le palonnier en arrière; la poulie, p, tourne et entraîne les roues, r et r', et enfin l'aiguille, A.

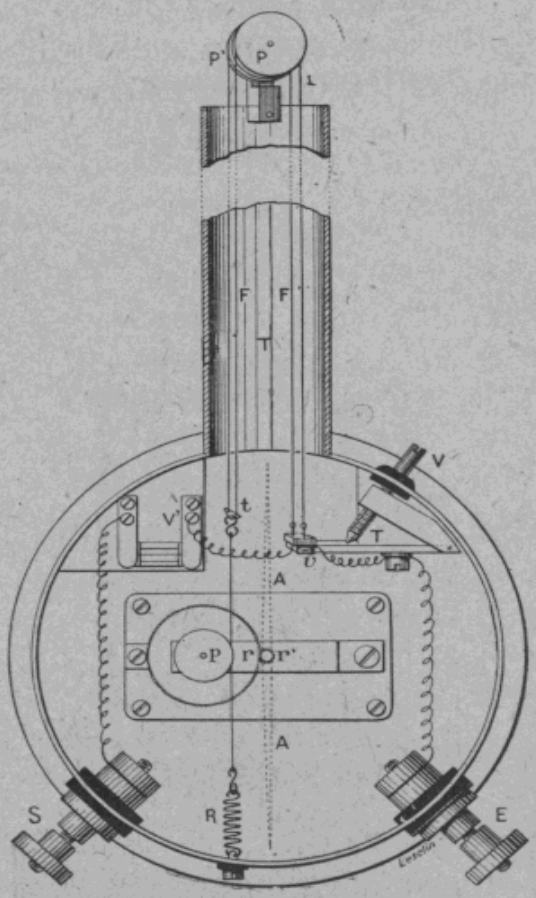


Fig. 422.

La résistance de ce voltmètre est de 370,6 ohms à 14° centigrades; il peut mesurer jusqu'à 120 volts; shunté au tiers, il indique les tensions jusqu'à 360.

Les fils, F, passent dans un tube, T, relié à la boîte cylindrique contenant le mécanisme; une vis, V, agissant de l'extérieur sur la pièce, T', permet de tendre plus ou moins les fils et d'amener ainsi l'aiguille au zéro.

Clé de décharge, de Webb (1875). — Un levier, dont l'extrémité libre porte deux entailles en escalier. Lorsqu'on l'appuie sur son butoir de pile, il se trouve calé par le bras d'un second levier vertical, en ébonite. Si l'on tire brusquement ce dernier en arrière, la clé se relève, et revient sur son butoir de repos; si, au contraire, on l'éloigne seulement d'une petite quantité, la clé ne remonte que d'une hauteur égale à celle de la première entaille et reste entre ses deux butées : la ligne est isolée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Clé de décharge, de Sabine (1875). — En avant de la clé se trouvent deux petits leviers verticaux à bec; un ressort à boudin, enroulé autour de leur axe, tend à les ramener vers la clé; chacun d'eux est prolongé horizontalement par une touche en ébonite; le bec de celui de gauche est un peu plus haut que l'autre. Lorsqu'on appuie sur la clé, elle vient sur sa butée de pile et reste accrochée par le bec de droite; si l'on tire en arrière le levier de gauche, un ergot qu'il porte entraîne celui de droite et la clé revient sur son butoir de repos; si l'on agit, au contraire, sur celui de droite, la clé en remontant vient buter contre le bec de gauche et reste isolée.

Ampèremètre à liquide, de Carpentier (1877). — Dans un récipient cylindrique en laiton est placé un aréomètre métallique, dont la tige supérieure passe librement dans une ouverture, ménagée à la partie supérieure du récipient, qui guide ainsi ses mouvements; la tige peut se déplacer devant une règle verticale graduée.

Le récipient est introduit dans un tube de cuivre, à l'extérieur duquel on a enroulé jointivement quatre gros fils conducteurs sous coton, réunis en parallèle à deux bornes placées sur le socle. On met de l'eau pure dans le récipient jusqu'à ce que l'extrémité de la tige de l'aréomètre se place exactement en face du zéro de la règle; si, ensuite, on fait passer un courant dans le circuit, l'aréomètre, formant noyau plongeur, s'enfonce plus ou moins et vient finalement se mettre en équilibre en un point qui dépend de l'intensité du courant. Celle-ci est indiquée sur la règle par la division en face de laquelle se trouve l'extrémité de de la tige. L'instrument peut mesurer jusqu'à 50 ampères.

Galvanomètre, de Marcel Deprez (1878). — Un aimant permanent, N, S (fig. 423) entre les branches duquel est disposé un cadre galvanométrique rectangulaire, C; à l'intérieur de celui-ci, un barreau mobile en fer doux, B, auquel l'inventeur a donné le nom *d'arête de poisson*, est monté sur couteaux et porte une petite poulie en cuivre; l'aiguille indicatrice, A, est également munie d'une poulie, réunie à la première par un fil très fin. Le cadre porte deux enroulements, l'un a une résistance de 190 ohms et sert à mesurer les forces électro-motrices,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'autre a seulement 0 ohm 02 et est utilisé pour les mesures d'intensité.

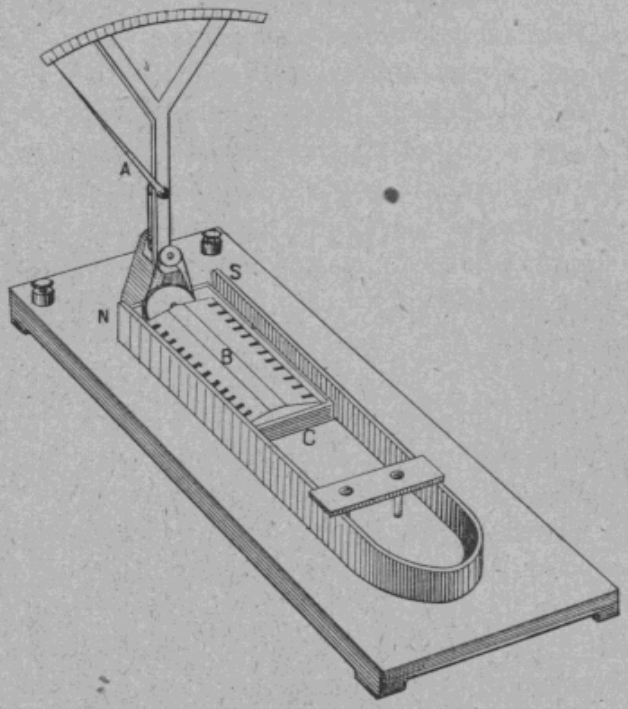


Fig. 423.

Balance d'induction, de Hughes (1879). — L'instrument comprend deux parties distinctes : le *sonomètre*, ou *audiomètre*, et la *balance* proprement dite.

Le sonomètre se compose de trois bobines, dont deux, *a* et *a'* (fig. 424) sont reliées en série sur un circuit comprenant une petite batterie de trois éléments Daniell et un microphone, M ; leur enroulement est tel qu'elles exercent des actions inductives contraires sur la troisième bobine, *b*, placée entre elles, et dont le circuit est fermé sur un récepteur téléphonique, T. Si

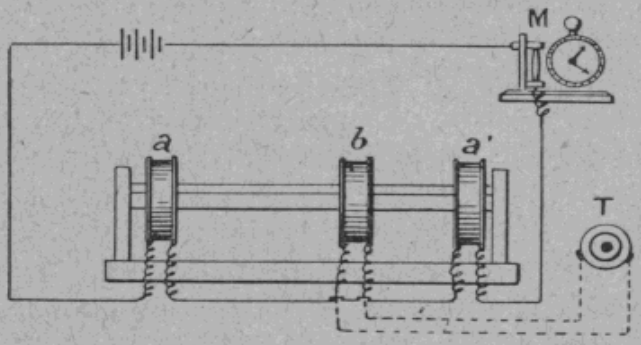


Fig. 424.

l'on place une montre, par exemple, auprès du microphone, et si *b* se trouve à égale distance de *a* et *a'*, le téléphone, T, reste muet ; mais si l'on fait glisser la bobine, *b*, vers la droite, par exemple, l'action de *a'* devient prépondérante et le tic-tac produit, dans le téléphone, un bruit dont l'intensité s'accroît au fur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et à mesure qu'on approche b de a'. En dehors de l'application de cet instrument à la balance d'induction, on peut l'utiliser pour mesurer l'acuité auditive de telle personne par rapport à telle autre, en notant le point à partir duquel chacune d'elles perçoit le tic-tac de la montre.

La balance proprement dite se compose de deux paires de bobines plates; les deux bobines primaires, p et p', (fig. 425) sont reliées en série et leur circuit est complété par le micro-

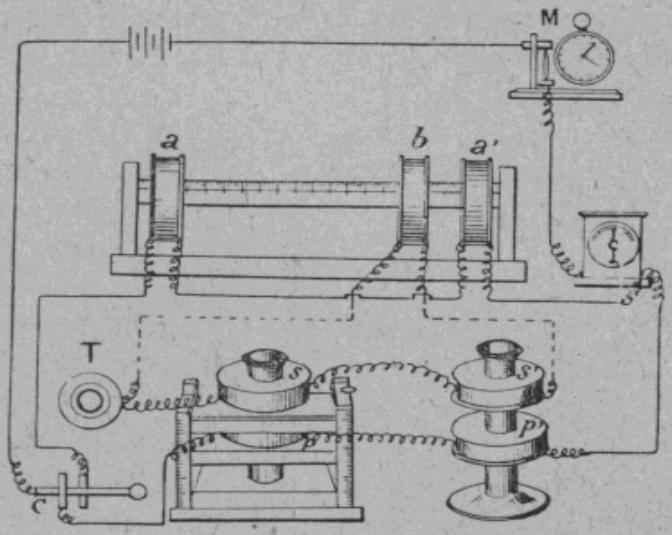


Fig. 425.

phone et la pile; les deux secondaires, s et s' communiquent avec le téléphone, T, et la bobine induite, b, du sonomètre, dont les deux bobines inductrices, a et a' sont isolées tant que la clé, C, est laissée au repos; enfin les deux bobines secondaires, s et s', sont placées de telle sorte que leurs actions inductives se neutralisent réciproquement si elles sont égales; à cet effet, on règle la distance entre s et p, d'une part, entre s', et p', d'autre part, de manière que le téléphone n'enregistre plus le tic-tac de la montre placée auprès du microphone : la balance est alors équilibrée; mais, si l'on met dans le godet de l'une des bobines un morceau de métal quelconque, l'équilibre est instantanément troublé, et l'on entend dans le téléphone un bruit plus ou moins intense, suivant la masse ou la structure de ce métal. Le trouble résulte de l'effet inductif produit sur ce dernier, qui, à son tour, réagit sur le circuit d'audition.

On appuie alors sur la clé, C; les bobines inductrices, a et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a', du sonomètre se trouvent ainsi substituées aux primaires, p et p', de la balance, et l'on déplace la bobine, b, jusqu'à ce qu'on perçoive, dans le téléphone, un bruit égal à celui qui a révélé la rupture d'équilibre : la division sur laquelle se trouve alors la bobine, b, indique la valeur de la perturbation produite; un tableau, préalablement dressé, permet d'en déduire la nature du métal essayé.

A masses rigoureusement égales, l'écart entre les divers métaux ou alliages est suffisamment grand pour qu'on puisse apprécier des différences presque infinitésimales dans le poids ou dans la structure du métal employé : c'est ainsi que, si l'on place simultanément dans l'un et l'autre godets deux pièces de monnaie semblables, mais dont l'une est légèrement plus usagée que l'autre, cette différence est immédiatement révélée par la balance ; il en serait de même si les deux pièces, égales en poids, ne l'étaient pas en titre.

Cette balance fut également employée, pendant la guerre de 1914-1918, pour la recherche des éclats de projectiles dans les blessures.

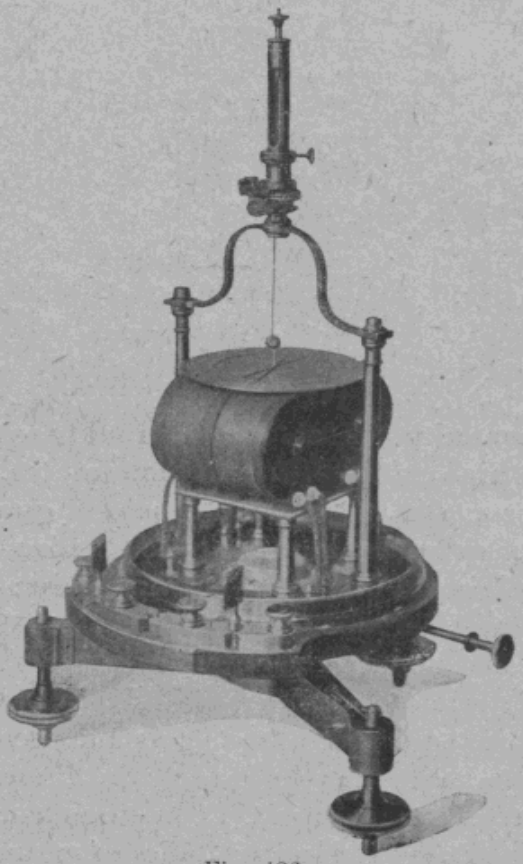


Fig. 426.

Galvanomètre de précision, de Charles (1880). — Un barreau aimanté est placé entre deux gros cadres galvanométriques (fig. 426) ; l'équipage comprend, en outre, une aiguille indicatrice et un miroir : le tout est suspendu à un fil de cocon attaché à un crochet réglable ; un aimant directeur, solidaire d'une roue dentée, est commandé à l'aide d'une vis tangente. Le plateau-socle peut tourner sur lui-même. Les cadres comportent 4 enroulements, réunis deux à deux et ramenés à un commutateur à fiches, permettant de les grouper suivant les besoins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Balance électrique, de Charles (1880). — Le fléau porte, à chacune de ses extrémités, un couteau, auquel est suspendu un plateau de balance (fig. 427); à droite de l'axe est accroché un petit ressort à boudin en laiton, fixé d'autre part à un support horizontal, qu'on peut monter ou descendre à l'aide d'une vis micrométrique, terminée par un bouton.

A gauche de l'axe de suspension, le fléau passe dans une fourche supportant, sur chacune de ses branches, une vis avec

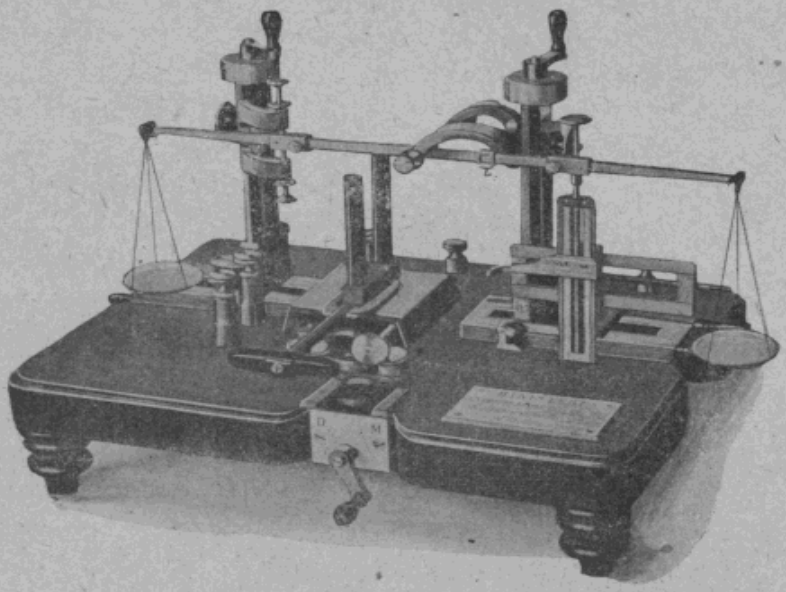


Fig. 427.

contre-écrou; les deux vis servent de butoirs au fléau et limitent ses déplacements dans le plan vertical. La fourche qui porte les deux butoirs et celle sur laquelle pivote l'axe, sont susceptibles d'être montées ou descendues, à l'aide de tiges filetées, placées verticalement et qu'on fait tourner au moyen de manivelles horizontales; les deux fourches sont reliées à un circuit de sonnerie, qui se trouve fermé lorsque le fléau vient à toucher l'un ou l'autre de ses butoirs.

Sur le socle, entre l'axe du fléau et ses butoirs, se trouvent deux noyaux en fer doux, réunis par une culasse et montés sur un chariot, qu'on peut déplacer latéralement par l'intermédiaire d'une vis à bouton moleté; une manivelle placée à l'avant du socle permet de monter ou de descendre le chariot par rapport à son embase, qui est elle-même supportée par quatre vis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

calantes. Les noyaux sont ensuite coiffés par les bobines sur lesquelles on opère.

Galvanomètre Deprez-d'Arsonval (1880). — Le cadre galvanométrique est placé entre les pôles d'un fort faisceau aimanté (fig. 428); les fils conducteurs servent en même temps à la suspension; le fil supérieur est accroché à une tige réglable

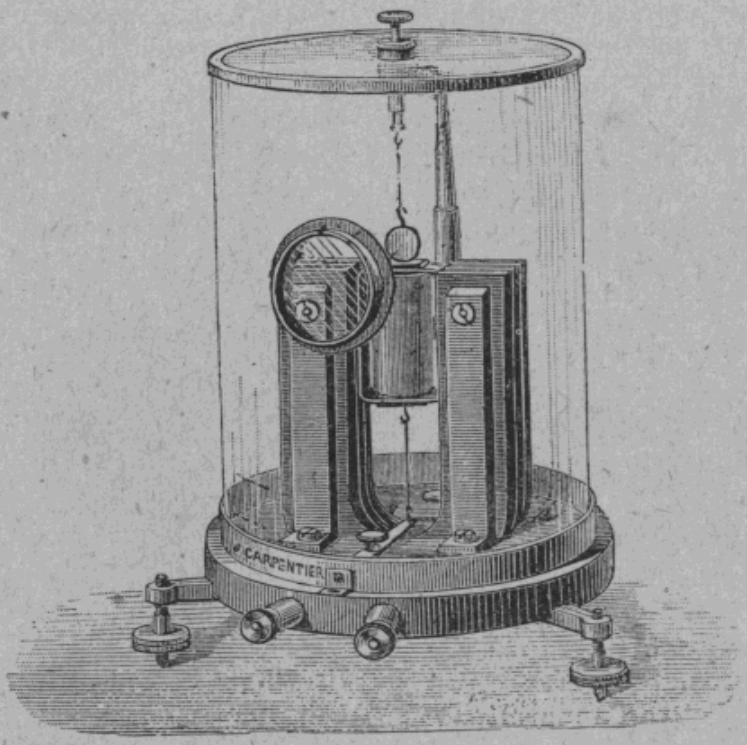


Fig. 428.

et porte, en outre, un miroir. A l'intérieur du cadre se trouve un cylindre creux, en fer doux, qui concentre les lignes de force du faisceau magnétique; le miroir est éclairé par une lampe et la lecture se fait sur une règle graduée, en celluloïd.

Electromètre à quadrants, de Mascart (1880). — Perfectionnement de celui de Thomson. Il est constitué par un cylindre creux, en cuivre, de 1 centimètre d'épaisseur, divisé en quatre secteurs égaux; à l'intérieur se trouve une aiguille en aluminium, suspendue par un fil de platine; l'équipage comprend, en outre, un miroir et deux petites aiguilles formant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

amortisseur; ces aiguilles plongent dans une cuve en verre contenant de l'huile et placée elle-même dans une seconde cuve, renfermant de l'acide sulfurique, destiné à dessécher l'air.

Les secteurs sont réunis électriquement deux à deux en diagonale; chaque groupe est relié à l'un des pôles d'une batterie dont le milieu est à la terre ;les déviations sont proportionnelles aux potentiels appliqués, suivant une constante préalablement établie.

Céraunomètre, de Jacquez (1880). — Destiné, comme son nom l'indique, à mesurer l'intensité des décharges atmosphériques (fig. 429). Un fil de zinc, roulé en spirale, est placé en dérivation sur un fort toron de fils de cuivre, formant une tige de paratonnerre et terminé par une pointe.

Le passage d'un courant détermine un échauffement de l'hélice de zinc, qui se déroule et accuse, sur une échelle graduée, le degré de chaleur auquel elle a été élevée; elle revient à sa forme initiale dès que l'action calorifique a cessé : connaissant le rapport de la résistance des deux branches, la loi de Joule permet de déterminer la valeur totale de la décharge : celle-ci est égale au produit de la déviation par la constante. de l'appareil.

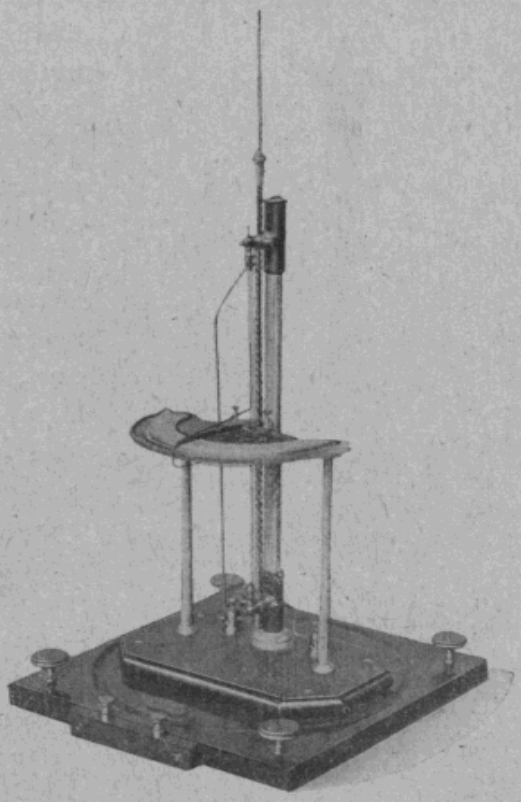


Fig. 429.

Galvanomètre à miroir, de Wiedeman (1881). — Un faisceau de fils d'acier, enfermé dans un tube de même métal, est suspendu au bout d'un fil de cocon, protégé par un long tube de verre, et accroché à une vis réglable ; l'équipage comprend, en outre, un miroir et une aiguille indicatrice.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Galvanomètre portatif à miroir, de Seligmann-Lui (1883). — L'équipage, placé entre deux bobines plates, comprend une tige en aluminium portant un petit miroir, derrière lequel est collé un barreau aimanté; à la partie inférieure de la tige est fixée une ailette en aluminium, formant amortisseur; un treuil, sur lequel s'enroule le fil de cocon, permet de régler la hauteur du point de suspension. Entre les pieds se trouve une tige portant un aimant directeur, monté à frottement à l'aide d'un écrou.

Electro-dynamomètre, de Giltay (1883). — Cet instrument (fig. 430) susceptible de mesurer des courants téléphoniques, c'est-à-dire de l'ordre du microampère, est une modification et un perfectionnement du galvanomètre de Wiedemann (v. p. 441). Il comporte un cadre fixe, de 2.400 spires de fil, représentent une résistance de 408 ohms; un petit faisceau de fils de fer doux, extrêmement léger, est supporté par une suspension bifilaire en fils de cocon, de 30 centimètres de longueur, et solidaire d'un miroir; à la partie inférieure se trouve un petit disque formant amortisseur. Le faisceau de fer doux fait un angle de 45° avec la normale au plan des spires du cadre : il est donc aimanté par le passage du courant et dévié de sa position d'équilibre. Ces déviations, pourvu qu'elles restent faibles, sont proportionnelles au carré de l'intensité du courant.

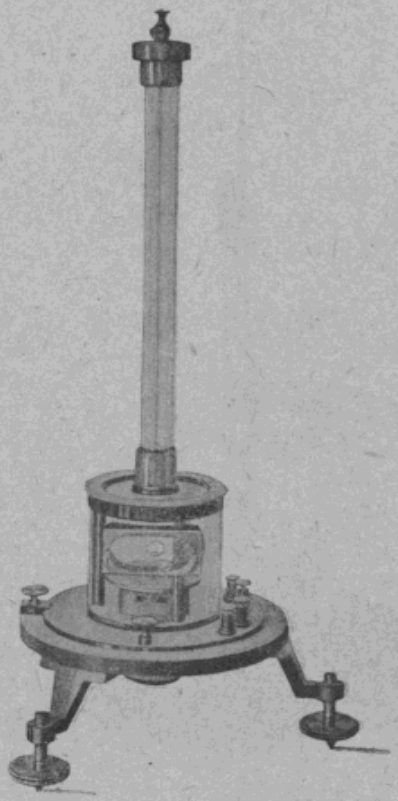


Fig. 430.

L'instrument est placé de manière que le barreau de fer doux fasse un angle de 90° avec le méridien magnétique du lieu où l'on opère, afin d'annuler l'action de la terre.

Electromètre à quadrants, de Curie (1885). — Sur deux montants verticaux, formant glissières, sont placés horizontalement deux disques en cuivre, de 1 centimètre d'épaisseur,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

environ, et fendus suivant un diamètre (fig. 431); entre ces deux disques est intercalée une plaque circulaire très mince, en aluminium, fendue suivant un rayon et suspendue à un fil métallique, portant le miroir; le fil est tendu entre une vis, placée à la partie supérieure, et un crochet porté par un ressort-lame fixé sur le socle de l'appareil; six bornes permettent d'amener aux quadrants et à l'équipage les communications extérieures.

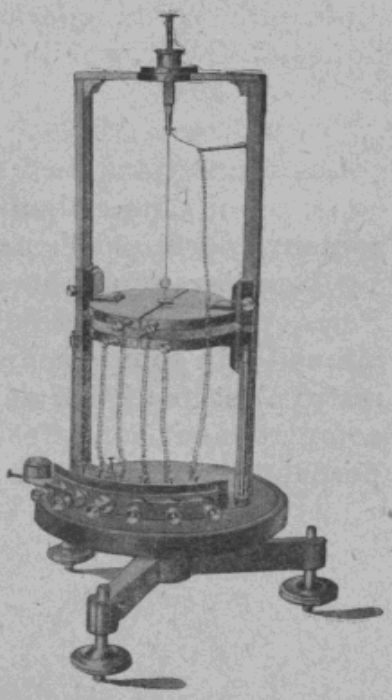


Fig. 431.

Electro-dynamomètre absolu, de Pellat (1886). — Deux bobines, l'une dont l'axe est horizontal, l'autre, plus petite, qui a son axe vertical (fig. 432); la première est montée à glissière sur un banc, qui permet de la pousser vers la droite, jusqu'à ce que la petite se trouve complètement enfermée. Le même courant passe dans les deux bobines; la petite, se trouvant ainsi placée dans le champ à peu près uniforme, produit par la plus grande, est soumise à un couple qui tend à dévier son axe de la verticale; elle fait corps avec le fléau d'une balance dans le plateau duquel on met des poids, pour faire équilibre au couple électrodynamique, et l'on mesure ainsi l'intensité du courant.

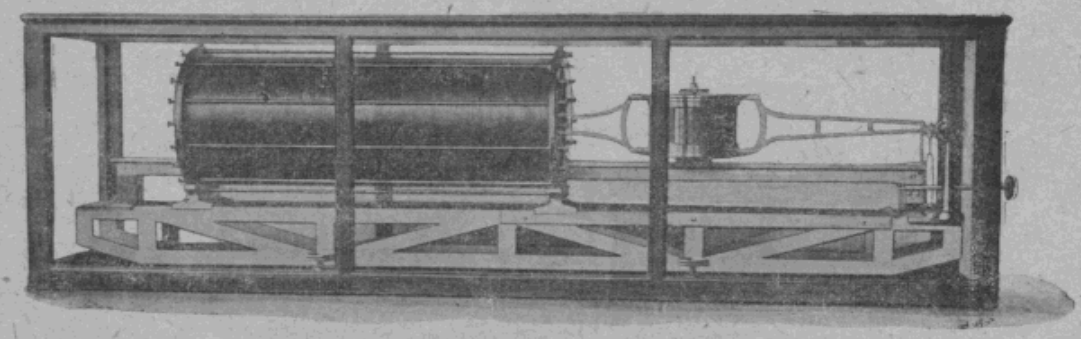


Fig. 432.

Si l'on appelle : g, l'intensité de la pesanteur, p, la masse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du poids en grammes, et A, une constante propre à l'appareil, l'intensité, i, du courant est donnée, en unités électromagnétiques C. G. S., par la formule :

$$i = A\sqrt{gp}$$

Les oscillations du fléau sont observées à l'aide d'un microscope, muni d'un réticule, qui vise un micromètre à traits horizontaux, porté par l'extrémité du fléau. La balance est sensible à 0,1 milligramme : un courant de 0,3 ampère est équilibré, à Paris, par un poids de 0,4180 grammes. Pour cette dernière intensité, la composante horizontale du champ magnétique terrestre n'est que 1/137 du champ de la grosse bobine ; on annule complètement son effet en plaçant le plan de mobilité du fléau perpendiculairement au méridien magnétique.

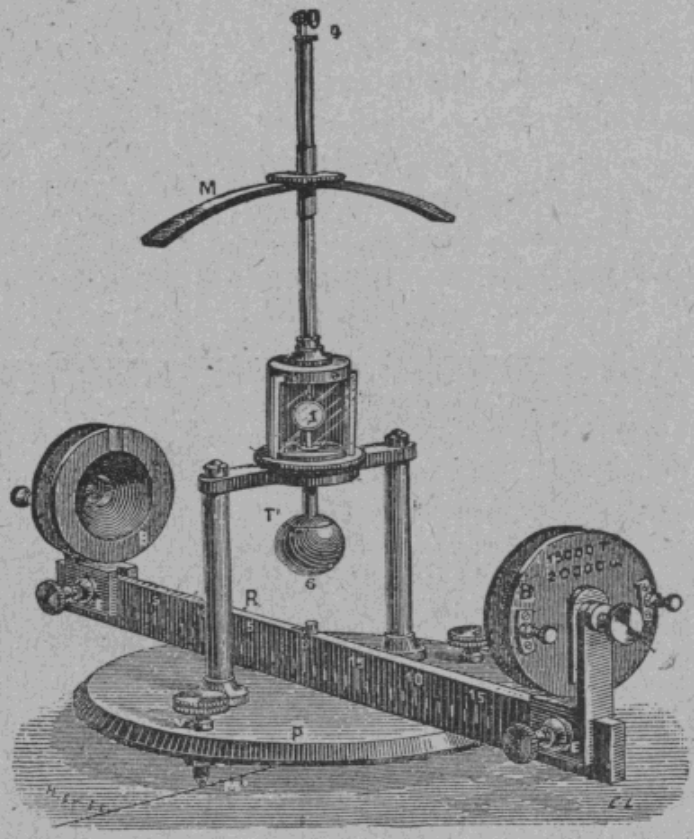


Fig. 433.

Galvanomètre universel, d'Arsonval (1887). — Une règle graduée, sur laquelle coulissent deux équerres, E (fig. 433),

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sert de support aux bobines circulaires, B, B′; celles-ci sont creusées d'une cavité hémisphérique, destinée à loger la boule, *6*, renfermant l'amortisseur décrit plus loin. L'équipage magnétique est suspendu à un fil de cocon, enroulé autour d'un treuil; il se compose d'un petit aimant en fer à cheval, *3* (fig. 434),

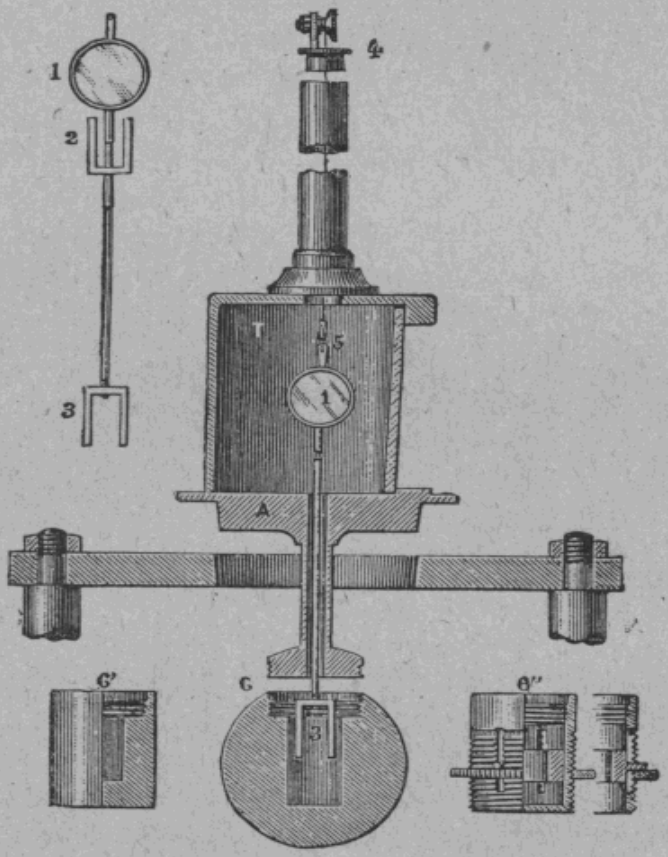


Fig. 434.

pesant un peu moins de 2 grammes, vissé à un fil métallique, portant, à sa partie supérieure, le miroir, 1. L'aimant est enfermé dans l'amortisseur, constitué par une sphère en cuivre, *6*, de 4 centimètres de diamètre, dont la cavité cylindrique est remplie de pétrole; comme l'aimant n'a qu'un centimètre de largeur, l'amortissement est considérable et reste identique dans tous les azimuts. On peut d'ailleurs substituer à cette boule un autre amortisseur moins puissant, *6′*, par exemple, ou encore un amortisseur réglable, *6″*, constitué par un anneau de cuivre rouge, qui peut coulisser dans un cylindre fendu, et qu'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déplace de l'extérieur au moyen d'une bague filetée. Un aimant directeur, M (fig. 433) peut être déplacé ou même retiré : on a, dans ce dernier cas, une boussole des tangentes. On peut aussi astatiser le système en ajoutant, à la partie supérieure de l'équipage, un second aimant, 2 (fig. 434) opposé au premier par ses pôles de noms contraires. En plaçant la règle, R, perpendiculairement au méridien magnétique du lieu où l'on opère, l'appareil est orienté une fois pour toutes.

Voltmètre et ampèremètre, de Thomson (1887). — Le voltmètre se compose d'une bobine, B, (fig. 435) en forme de tore, formée de 6.500 spires de fil de maillechort, et représen-

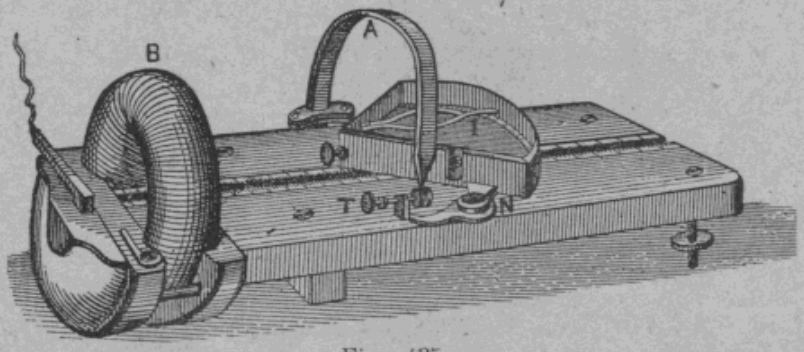


Fig. 435.

tant, à la température de 16° centigrades, une résistance de 7.315 ohms; le socle est muni de vis calantes et d'un niveau à bulle d'air, N. Le magnétomètre est constitué par quatre petits aimants en fil d'acier, placés suivant les arêtes d'un cube, et réunis par une chape en aluminium, reposant sur une pointe en platine iridié. Cet équipage porte un index en aluminium, I, qui se meut au-dessus d'une échelle graduée en tangentes. Un aimant directeur, A, en demi-cercle et qu'on peut déplacer à l'aide de la tige filetée, T, permet de faire varier la sensibilité de l'instrument.

La rainure, dans laquelle on déplace le magnétomètre, porte une graduation établie de telle sorte que, lorsque l'intensité du champ magnétique, au point où se trouve l'aiguille, est égale à une unité C.G.S., les déviations, pour une différence de potentiel de 1 volt, représentent les termes de la progression géométrique 4, 2, 1, 1/2, 1/4, etc.; la différence de potentiel appliquée aux bornes de la bobine s'obtient en multipliant la déviation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par l'intensité horizontale du champ magnétique, résultant de l'action combinée de la terre et de l'aimant directeur, puis en divisant le produit par le nombre marqué sur la graduation. On peut ainsi mesurer des différences de potentiel variant entre quelques centièmes et 2.000 volts.

L'ampéremètre est construit d'après le même principe, mais la bobine est remplacée par un anneau de cuivre; il permet de mesurer des intensités de 0,02 à 700 ampères, sans échauffement exagéré.

Intensiomètre, de Farjou (1890). — Une bobine, à l'intérieur de laquelle se trouve un petit barreau de fer doux, formant piston-plongeur (fig. 436); celui-ci est suspendu à une tige de cuivre; accrochée à une bascule, portant elle-même un index vertical mobile sur un cadran gradué. Sous le socle sont placées deux bobines, l'une de 700 ohms, l'autre de 4.000, qu'une manette permet de mettre en série avec la bobine galvanométrique, dont la résistance est de 500 ohms.

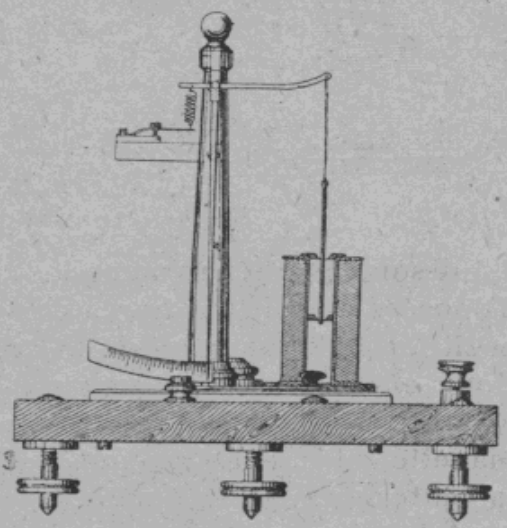


Fig. 436.

Combinateur pour mesures électriques, de Lucien Charles (1912). — Ce combinateur a pour objet d'établir, par la simple manœuvre d'un levier, les connexions correspondant à une mesure ou à un essai déterminé.

La boîte supporte un plateau en ébonite, entaillé de 10 fentes (fig. 437), dans chacune desquelles peut se mouvoir un levier. Chaque levier constitue un commutateur double, à lamelles métalliques (fig. 438) pivotant sur deux bases en laiton, isolées l'une de l'autre et montées sur un socle en ébonite; les lamelles s'engagent à frottement assez dur dans une pince métallique, tant dans la position de repos que dans celle de travail.

Le plan ci-après (fig. 439) indique les communications intérieures du combinateur; au-dessous des bornes sont les pinces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la position de repos; au milieu se trouvent les pivots des lamelles métalliques et enfin, vers l'avant, les pinces de la position de travail.

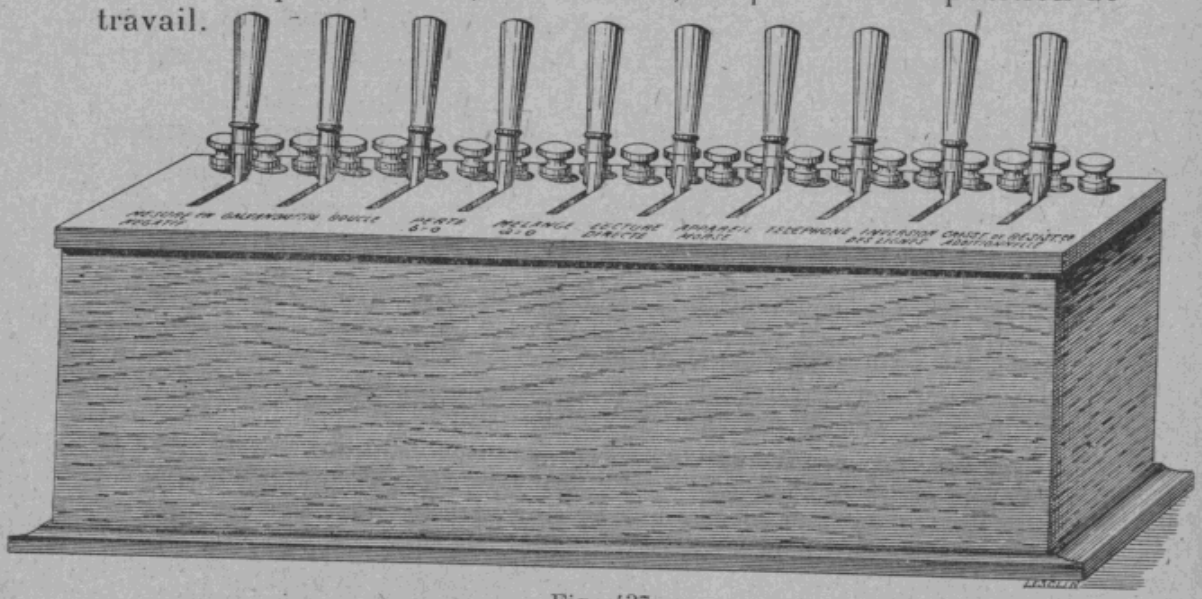


Fig. 437.

Lorsque toutes les manettes sont au repos, les liaisons sont disposées pour les mesures de conductibilité ou d'isolement, en positif, à l'aide du pont de Wheatstone.

Pour effectuer ces mêmes mesures en négatif, il suffit de déplacer la première manette de gauche : le pôle négatif de la batterie est alors amené à la tête du pont tandis que le pôle positif est mis à la terre (fig. 440). Si la seconde manette est au repos, c'est le milliampèremètre qui est dans la diagonale; dès qu'on a atteint un résultat suffisamment approché, on substitue à cet instrument un galvanomètre sensible, d'Arsonval ou Thomson, en amenant la seconde manette vers l'avant.

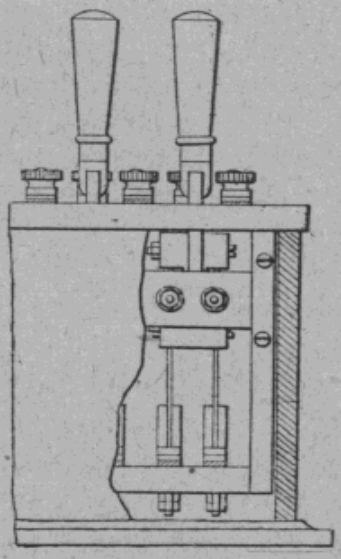


Fig. 438.

La troisième manette place les communications pour la mesure d'une boucle sans terre (fig. 441).

La quatrième manette sert à localiser une perte à la terre, par la méthode de Murray (fig. 442).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La cinquième manette correspond à la détermination de la position d'un mélange entre deux conducteurs (fig. 443).

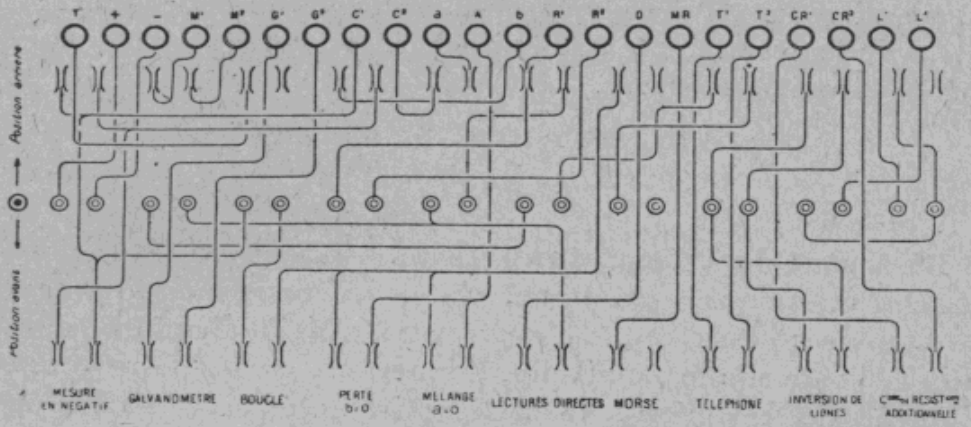


Fig. 439.

La sixième manette met le galvanomètre en série avec une pile et la ligne à essayer; la déviation obtenue peut indiquer,

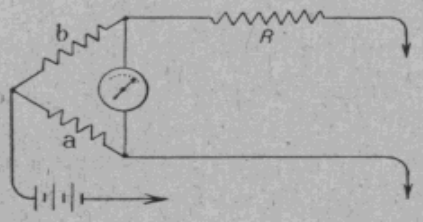


Fig. 440.

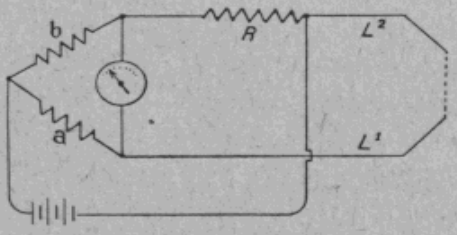


Fig. 441.

par traduction, une intensité, ou encore une résistance, suivant une constante préalablement établie; cette disposition trouve

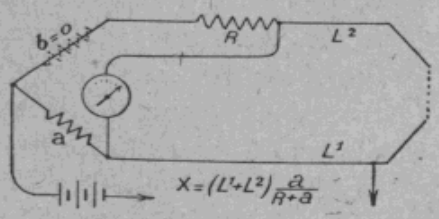


Fig. 442.

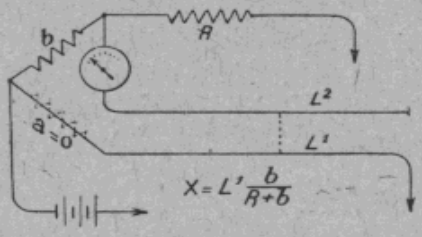


Fig. 443.

son avantage dans les mesures de grand isolement; on peut également opérer avec le voltmètre.

La septième manette amène la deuxième ligne sur un poste Morse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La huitième la renvoie sur une installation téléphonique.

La neuvième inverse les lignes et permet, par suite, d'utiliser la première au Morse pendant qu'on mesure la seconde.

La dixième intercale une caisse de résistances additionnelles sur le circuit à mesurer.

RHÉOSTATS

Rhéostat de Wheatstone (1843). — Deux cylindres portent chacun un disque métallique, plongeant dans un godet rempli de mercure; deux roues d'engrenage, d'égal diamètre, actionnées à l'aide d'une manivelle, permettent de les faire tourner. L'un de ces cylindres, en matière isolante, est entaillé d'une hélice, dans laquelle se loge un fil de cuivre nu, soudé, par l'une de ses extrémités, au disque métallique et, par l'autre, au second cylindre, en laiton. Lorsqu'on fait tourner la manivelle, on déroule le fil nu du cylindre isolant pour l'enrouler sur celui en laiton, ce qui a pour effet de le mettre en court-circuit; un compteur de tours, à aiguilles, permet de mesurer la longueur ainsi transportée.

Rhéostat à curseur, de Wheatstone (1844). — Un cylindre en ébonite (fig. 444) entaillé d'une hélice, dans laquelle est couché un fil de cuivre nu; l'axe est fileté d'un pas égal à celui de l'hélice, et passe à travers deux colonnes-supports, dont l'une forme écrou. Si l'on fait tourner l'axe, on déplace le cylindre par rapport au curseur et on fait varier la longueur de fil comprise entre l'origine de l'hélice, reliée à l'une des bornes, et le curseur rattaché à l'autre borne.

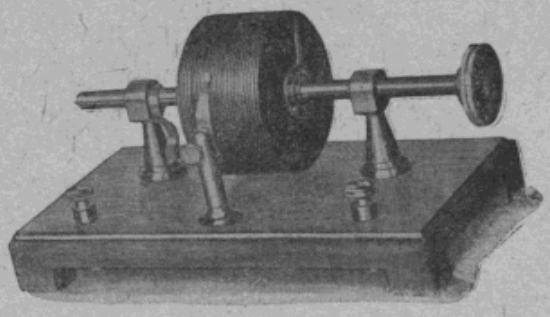


Fig. 444.

Rhéostat à manettes, de Bréguet (1845). — Neuf bobines, rangées en demi-cercle et dont l'enroulement aboutit, d'une part, à un plot encastré dans le bois, de l'autre à la carcasse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 445); un ressort, porté par une colonnette, s'appuie sur la joue supérieure métallique et renvoie la communication à l'entrée de la bobine suivante; deux manettes, isolées l'une de l'autre, peuvent être amenées sur les plots et permettent d'insérer dans le circuit un nombre quelconque de bobines.

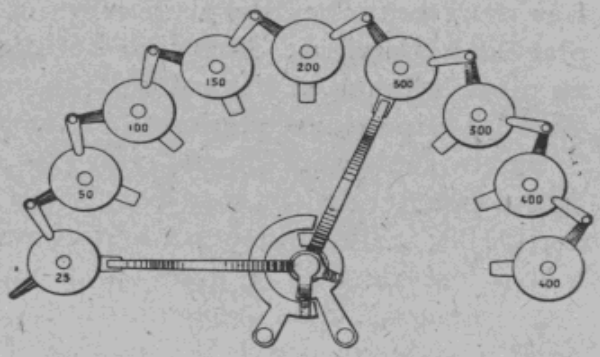


Fig. 445.

Rhéostat et pont de Wheatstone, de Mouilleron (1846). — Le rhéostat comprend neuf bobines (fig. 446) dont le fil intérieur est soudé à la carcasse et le bout extérieur à une joue

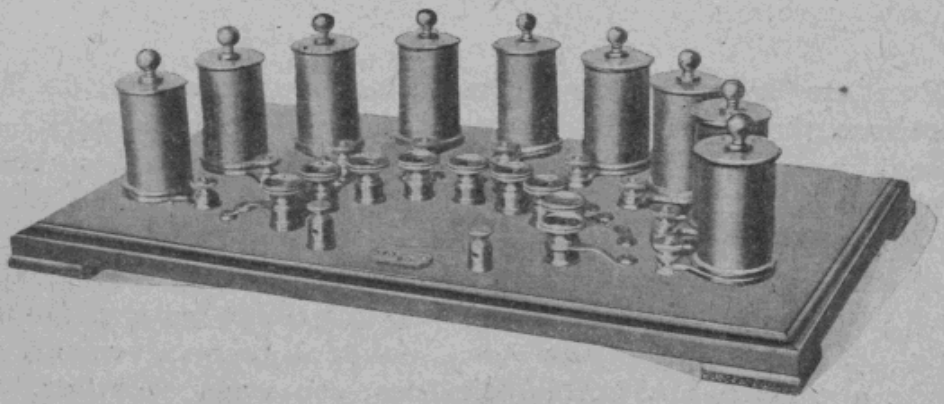


Fig. 446.

isolée; la tige en laiton, sur laquelle on chausse une bobine, et l'écrou qui la maintient, sont reliés métalliquement à deux plots en gouttes de suif; concentriquement à ces plots sont disposées neuf manettes; on insère une bobine dans le circuit en amenant la manette qui convient sur le plot d'entrée, on la met au contraire en court-circuit si l'on place la manette sur le plot de sortie. Celui-ci communique avec l'axe de la manette suivante.

Le pont de Wheatstone comprend 16 bobines agencées de la même façon. Les branches de proportion sont constituées par deux paires de bobines, placées à l'avant; les 12 autres forment le rhéostat de comparaison; les liaisons s'opèrent à l'aide de barres et de fiches métalliques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pont de Wheatstone portatif, de Ruhmkorff (1856). — Les deux branches de proportion et celle de comparaison sont placées à l'arrière, dans une boîte surmontée de deux rangées de plots à fiches. A l'avant se trouve un galvanomètre astatique, dont l'équipage est soutenu par un fil de cocon.

Sur le socle sont placés cinq commutateurs à fiches; celui de droite permet de shunter le galvanomètre, à égalité, au 1/10 ou au 1/100; celui placé immédiatement à gauche du galvanomètre est destiné à grouper à volonté les deux circuits de l'enroulement. Les trois derniers sont placés perpendiculairement aux deux autres; le premier et le troisième sont intercalés dans la diagonale du pont; celui du milieu constitue un inverseur de pile.

L'installation ne comporte pas de clés; l'interruption ou la fermeture du circuit de la pile ou de la diagonale s'opèrent par la manœuvre des fiches.

Pont de Wheatstone pour câbles sous-marins, de Silvertown (1865). — Les deux branches de proportion aboutissent à des plots à fiches, rangés parallèlement au bord antérieur de la boîte, et comprenant l'échelle 10, 100, 1.000, 10.000 unités. La branche de proportion est constituée par quatre rhéostats, formés chacun de 10 plots rangés circulairement et qu'on peut réunir, à l'aide d'une fiche, à un plot central; ces quatre rhéostats correspondent respectivement, de droite à gauche, aux unités, dizaines, centaines et milles.

Rhéostat fixe, à écrou, de Baudot (1880). — Utilisé, dans les installations Baudot, pour prendre une dérivation des courants émis, afin d'obtenir le contrôle de la transmission. Consiste en une embase en laiton (fig. 447) encastrée dans la table et portant une tige filetée; le fil, ER, allant au relais de contrôle, est serré entre l'embase et une rondelle, E, vissée sur la tige; le conducteur de dérivation, L, est amené à une pièce de cuivre, *r*, isolée de l'écrou et de la tige par un manchon d'ébonite, *i*; on enfile ensuite sur la tige de petites bobines plates, *b*, renfermant du fil de maillechort isolé à la soie et enroulé en double; l'ouverture centrale de chaque bobine est garnie d'une rondelle d'ébonite, qui l'isole de la tige; les deux bouts du fil sont soudés respectivement aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux joues en cuivre, de sorte que, pour établir le rhéostat, il suffit d'empiler deux ou plusieurs bobines et de les presser

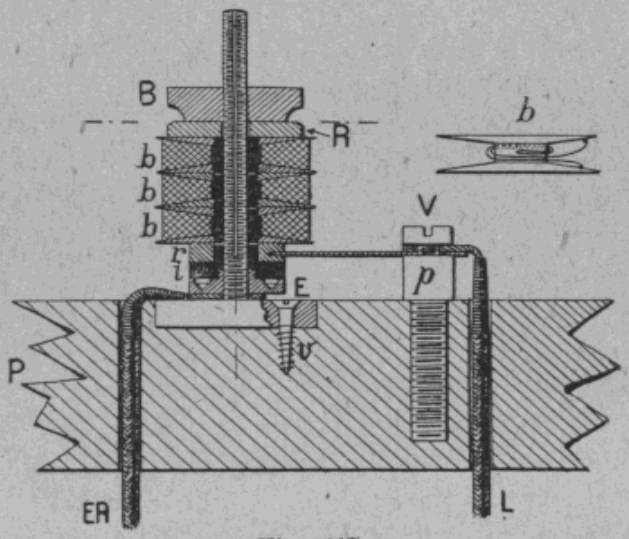


Fig. 447.

les unes contre les autres à l'aide d'un écrou, B ; toutefois, afin d'éviter que le serrage de cet écrou puisse faire tourner la joue de la bobine supérieure, et rompre le fil qu'on y a soudé, on intercale, entre celle-ci et l'écrou, une rondelle, R, munie, à sa partie centrale, d'un ergot, qui s'engage dans une fente longitudinale, pratiquée sur la tige : de cette façon, la rondelle transmet seulement une pression verticale.

Pont de Wheatstone, de Deriès et Bayol (1881). — Servait à la mesure des câbles sous-marins ; à la partie supérieure se trouve le rhéostat à fiches, constituant les branches de comparaison (fig. 448) à l'avant et au milieu, les deux branches de proportion ; à droite, un inverseur de pile, à fiches ; à gauche, la clé de pile. Les deux extrémités de la diagonale sont rattachées à deux bornes, placées respectivement à l'avant, à gauche, et à l'arrière, à droite.

Pont de Wheastone à curseur, de Carpentier (1885). — Cinq barres en laiton, A, B, C, D, E (fig. 449) supportées par des colonnettes en ébonite, forment trois côtés d'un rectangle ; le quatrième côté est constitué par un fil de platine, S, de 0,7 millimètre de diamètre et d'un ohm environ de résis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tance, placé à une petite distance d'une règle divisée en millimètres et sur laquelle glisse un contact mobile muni d'un

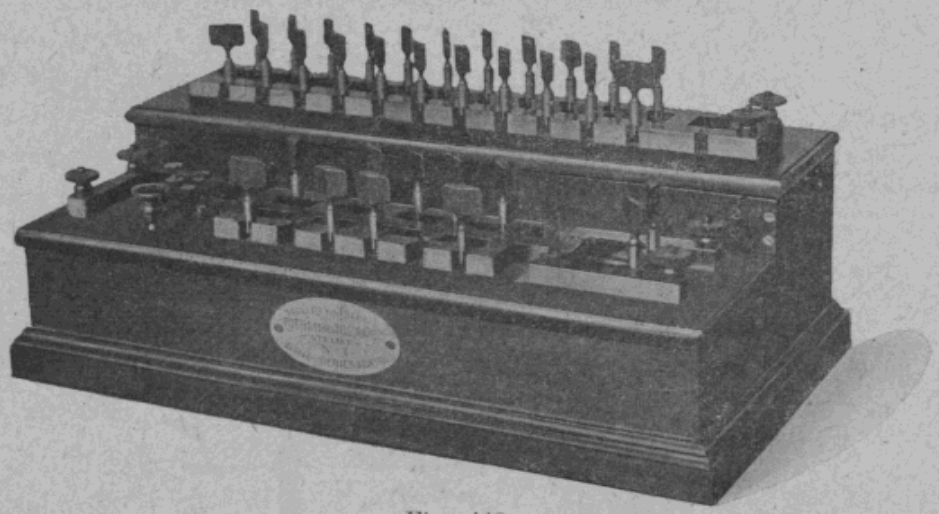


Fig. 448.

vernier ; un poussoir permet de lui faire toucher le fil et de maintenir le contact avec une pression toujours égale.

Si on utilise l'instrument comme pont ordinaire, on réunit métalliquement les parties A et B et, de même, D et E ; la

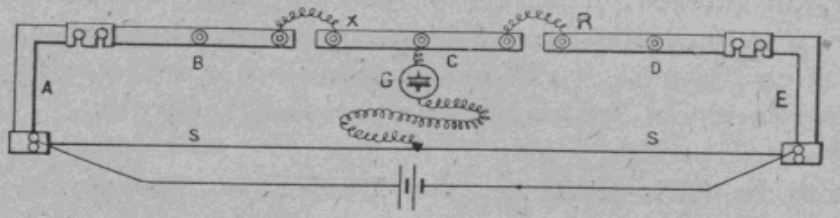


Fig. 449.

résistance, x, à mesurer est placée entre B et C, et la résistance étalon, R, entre C et D ; la pile est amenée aux extrémités A et E ; enfin la diagonale, avec le galvanomètre G, est placée entre C et le curseur ; on déplace ce dernier jusqu'à ce que l'équilibre soit obtenu ; on a alors :

$$x = R\,\frac{s}{S}$$

S et s, étant les longueurs de fil qui se trouvent respectivement à droite et à gauche du curseur ; leur rapport est donné par la règle divisée.

Ce pont donne une grande précision dans la comparaison

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des étalons (fig. 450) ; on place deux résistances fixes, *a* et *b*, respectivement entre B et C et entre C et D ; l'étalon à vérifier, *e*, est mis entre A et B, celui qui sert de comparaison, *e'*, entre D

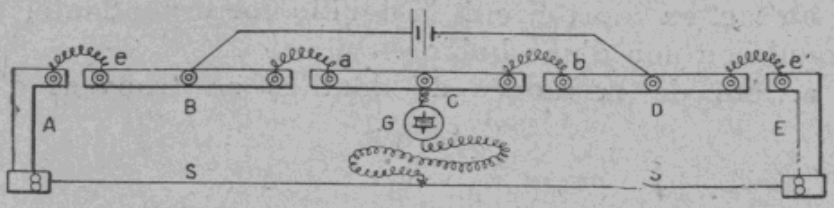


Fig. 450.

et E, et enfin la pile entre B et D ; le curseur étant amené au point milieu du fil de platine, on doit avoir l'équilibre, si les deux étalons sont parfaitement égaux ; dans le cas contraire, la longueur dont on doit déplacer le curseur, pour obtenir cet équilibre, permet de déterminer la valeur de l'inégalité.

Rhéostat-échelle de potentiels, de Pierre Picard (1887). — Permet l'emploi d'une dynamo pour l'alimentation des appareils télégraphiques : les deux balais de la machine sont mis à la terre, à travers des résistances, E, E' (fig. 451) constituées par des boudins de fil de maillechort : le potentiel, aux différents points, décroît depuis celui du balai jusqu'à celui de la terre, T, et l'on a ainsi deux échelles, l'une de 13 positifs, l'autre de 13 négatifs. Les prises de voltage conduisant aux appareils sont protégées par des résistances-tampons, R, R', constituées par des bobines, à raison de 4 ohms par volt.

Ligne artificielle (1889). — Ce meuble permet de constituer des lignes artificielles aussi semblables que possible à des câbles de résistance et de capacité données, et d'y figurer même des pertes franches ou échelonnées, au gré de l'opérateur.

Les résistances sont représentées par des bobines droites, portant latéralement deux lames en laiton, isolées par de l'ébonite, et auxquelles sont rattachés les deux bouts du circuit : en enfonçant ces lames dans une douille à ressorts, on insère dans le circuit la résistance de la bobine, soit 100, 200, 500, 1.000, 2.000 ou 5.000 ohms.

Vingt douilles semblables, placées à la partie supérieure du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

meuble, sont reliées en série ; en outre, chacune d'elles communique avec un plot d'un commutateur du genre bavarois, rangé en ligne droite à l'avant ; en plaçant une fiche entre deux de ces plots, on met en court-circuit la douille correspondante, qu'elle soit munie ou non d'une bobine.

En arrière de la rangée de douilles se trouvent d'autres

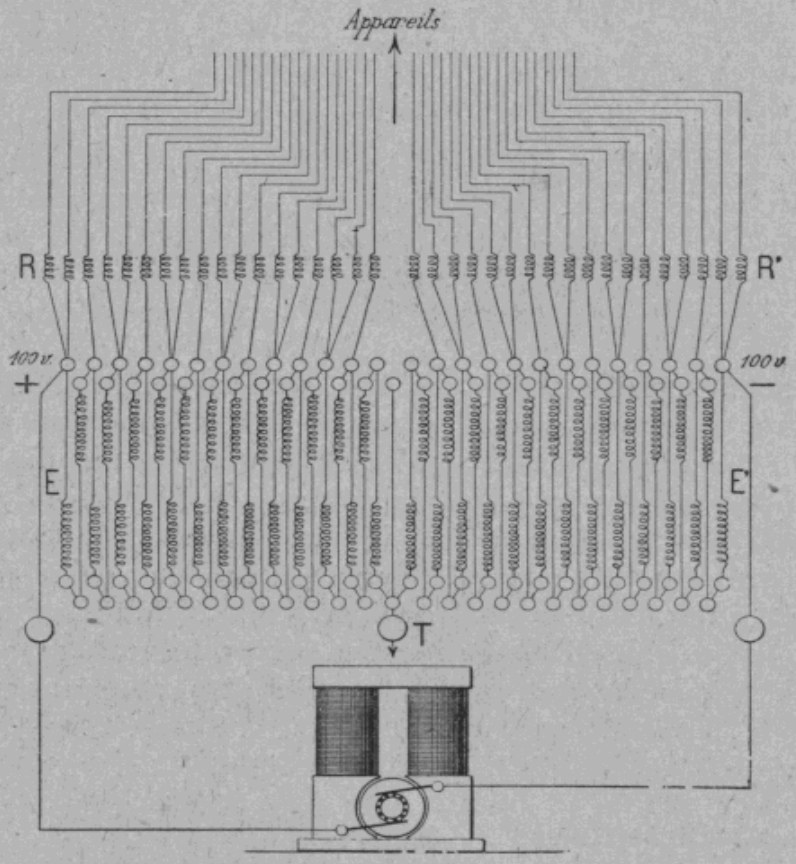


Fig. 451.

plots, formant cinq groupes et reliés à une seconde série de douilles, dans lesquelles on peut également placer des bobines ; un jeu de barres et de fiches permet de mettre ces bobines en dérivation sur la ligne et de représenter des pertes à la terre.

Les capacités sont formées par des condensateurs plats dont les armatures sont rattachées à deux barres en laiton, de section carrée, placées sur les côtés ; on dispose de tout un jeu de capacités, variant entre 1/10 et 3 microfarads.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le devant du meuble est occupé par un bâti en bois formant 20 cases ; à la partie supérieure de l'orifice de chaque case sont trois plots, portant chacun une glissière en laiton, dans laquelle peut s'engager la barre de contact d'un condensateur ; ils peuvent être réunis, à l'aide d'une fiche, à une barre commune aux trois plots ; à la partie inférieure de chaque case est une réglette en laiton, portant également une glissière et susceptible d'être mise en communication avec une barre de terre, placée verticalement.

Les vingt barres supérieures des cases sont en relation avec un nombre égal de plots de commutateur, placés sur le dessus du meuble, parallèlement à ceux des bobines, et qu'on peut réunir à ceux-ci à l'aide de fiches : on échelonne ainsi les capacités entre deux bobines consécutives, à raison de un, deux, ou trois condensateurs réunis en surface.

Rhéostat de réglage, de Baudot (1894). — Utilisé pour équilibrer les circuits du relais différentiel dans les installations de postes échelonnés. Comprend six tiges filetées, *t* (fig. 452,) sur lesquelles sont enfilées, des bobines, *b*, semblables à celles du rhéostat fixe à écrou (v. p. 452) ; les tiges émergent de la boîte et leur extrémité, terminée par un écrou, B, est agencée comme une borne à interrupteur de Baudot (v. p. 467) ; si l'écrou est desserré, le courant arrivant par la lame, P, suit la tige, *t*, et par l'écrou inférieur, E, traverse les bobines, puis une lame, qui le conduit aux bobines portées par la seconde tige ; si, au contraire, l'écrou B est bloqué, les bobines sont mises hors circuit.

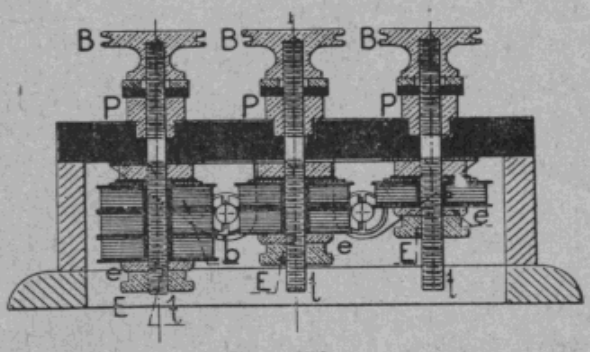


Fig. 452.

Rhéostat circulaire, de Carpentier (1895). — Les entrées et sorties des bobines sont rattachées à des plots placés sur le dessus de la boîte (fig. 453). Ces plots sont répartis en deux groupes de 11, celui de gauche présente une graduation de 0 à 250, par fractions de 25 ohms ; l'autre, celle de 0 à 2.500, par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

échelons de 250. Si l'on fait mouvoir sur ces plots deux manettes, reliées électriquement entre elles, on intercale dans le circuit les résistances comprises entre zéro et le plot sur lequel chacune d'elles s'appuie. Les manettes portent, sous leur partie avant, un goujon, poussé par un ressort, qui assure une bonne communication avec les plots.

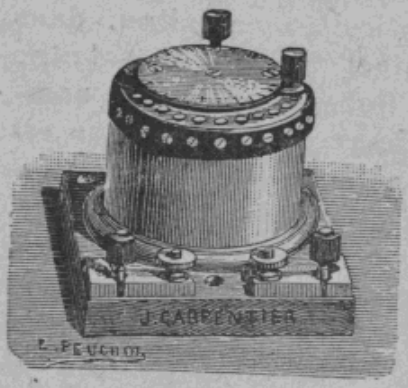


Fig. 453.

A l'avant du socle, à droite et à gauche, sont deux paires de plots; lorsqu'on retire la cheville qui les réunit, on intercale dans le circuit 2.500 ohms.

Caisse de résistances, modèle de l'administration (1896). — Le couvercle de la boîte qui renferme les bobines consiste en une plaque en ébonite, portant deux séries de blocs en laiton, qui peuvent être réunis à l'aide de fiches; en enlevant une ou plusieurs fiches, on peut intercaler dans le circuit toutes les résistances comprises entre l'unité et 10.920 ohms.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XIX

REMONTAGE AUTOMATIQUE DES POIDS

Electro-moteur, de Froment (1855). — Sur une double roue en laiton sont montées, à 45° les unes des autres, 8 plaques en fer doux, tournant devant 4 électro-aimants calés à 60° d'intervalle (fig. 454) : lorsque l'une des armatures se trouve au point mort, les autres sont au contraire, soumises à une attraction. L'axe porte, d'un côté, des poulies, de l'autre, un distributeur à trois contacts.

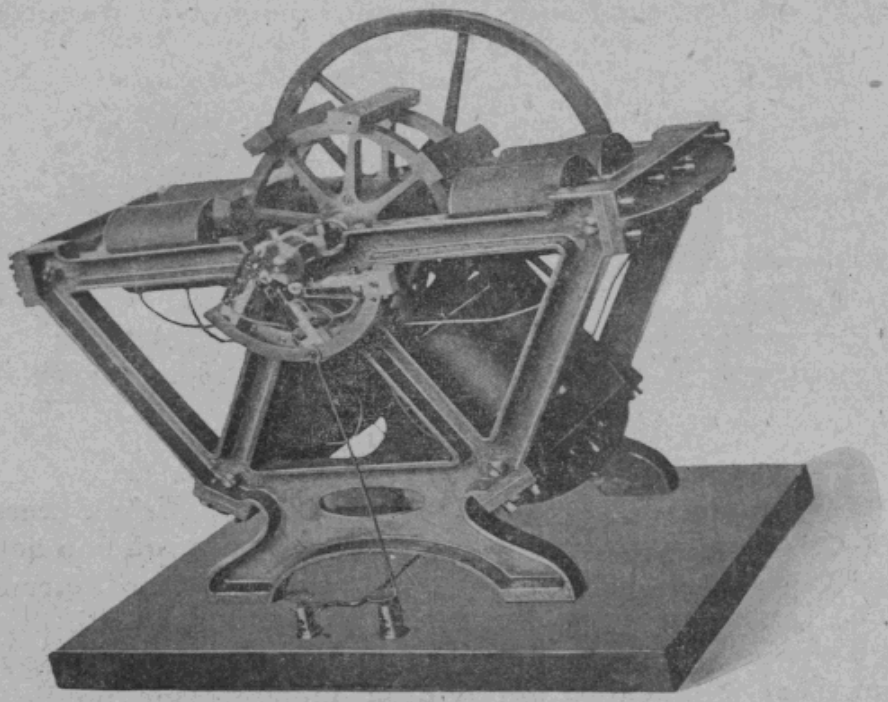


Fig. 454.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Moteur électrique, de Sautter-Lemonnier (1872).— L'inducteur est constitué par deux électro-aimants, entre lesquels se meuvent deux bobines, montées sur un axe commun et calées à 90° l'une par rapport à l'autre. L'axe porte un collecteur à quatre touches et entraîne un train d'engrenages.

Moteur électrique, de Desprez (1878).— Entre les branches d'un faisceau d'aimants se meut une bobine à noyau en double T, reliée à un collecteur à deux touches. Le mouvement est transmis par friction ; l'axe porte une bague avec manchon en caoutchouc, lequel entraîne une roue moletée, sur l'axe de laquelle sont deux poulies d'entraînement de diamètres différents.

Turbine, de Humblot (1877). — Sur un axe, D (fig. 455) sont montés deux disques métalliques, entre lesquels sont rivées 20 ailettes, sur lesquelles vient frapper un jet d'eau ; cette

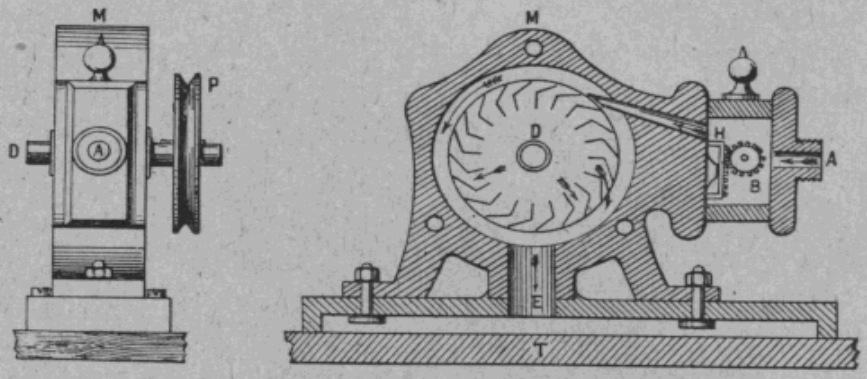


Fig 455.

eau rencontre tout d'abord la partie coudée, dirigée vers le centre, puis retombe sur les ailettes inférieures, où son action sur les parties obliques concourt également à faire tourner la turbine. L'intensité du jet est réglée à l'aide d'un tiroir, H, muni d'une crémaillère, et qu'on actionne à l'aide d'un pignon, B, sur l'axe duquel est un bouton moleté. Une poulie, P, montée sur l'axe, D, transmet le mouvement, par l'intermédiaire d'une courroie, au volant de l'appareil Hughes, entaillé, à cet effet, d'une gorge.

Remontoir automatique, de Baudot (1889). — Un moteur électrique fait tourner, à l'aide d'une courroie, une poulie,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur l'axe de laquelle est montée une vis sans fin (fig. 456); celle-ci, à son tour, entraîne un pignon, *g*, dont les dents sont engagées dans les maillons de la chaîne de Galle supportant le poids, entre la roue de remontoir, R^2, et le contre-poids; le pignon, *g*, exerce ainsi sur la chaîne une traction de haut en bas et la roue de chaîne tourne comme lors du remontage par

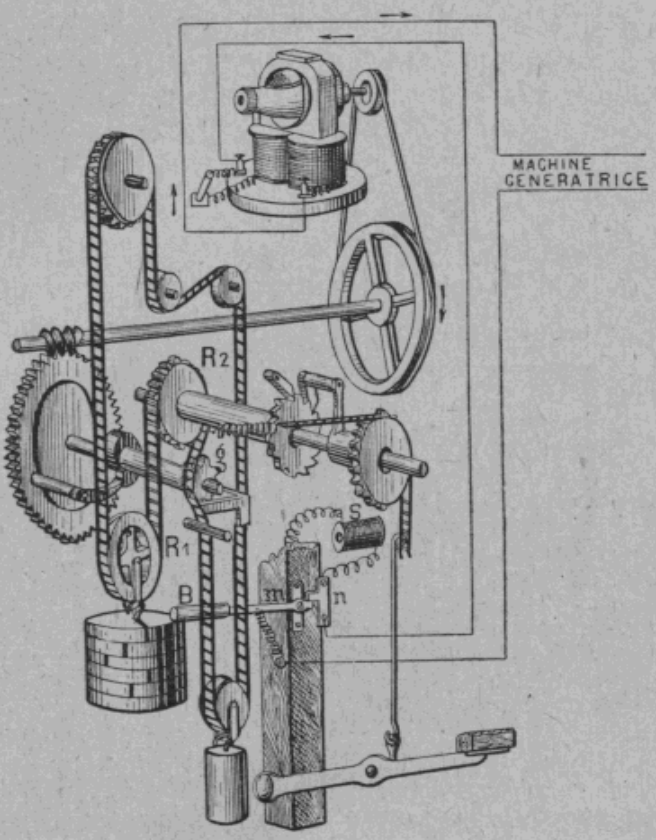


Fig. 456.

la pédale. L'entraînement du pignon par la roue s'opère à l'aide d'un cliquet, s'appuyant sur un épaulement; de cette façon, le pignon devient libre lorsqu'on opère le remontage par la pédale.

Le courant du moteur est coupé par un interrupteur, B, dont la grande branche se place sur le parcours du poids moteur; celui-ci, en montant, rompt le contact du côté opposé, *m*; un shunt, S, placé entre les deux butées, a pour but de diminuer les étincelles de rupture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Remontoir hydraulique, de Roux et Combaluzier (1890). — Le piston, P (fig. 457) à la tige duquel est rattachée la tringle, *l*, portant le crochet de pédale de l'appareil, se meut dans un cylindre, alimenté d'eau par un tuyau, *a*; le poids moteur de l'appareil, descendant, entraîne une tige qui commande le robinet d'admission de l'eau, non représenté sur la figure; la pression oblige le piston, P, à descendre et à entraîner le remontoir ; l'eau contenue dans la partie inférieure du cylindre s'écoule par la conduite, *d*. Le piston porte un bras, B, terminé

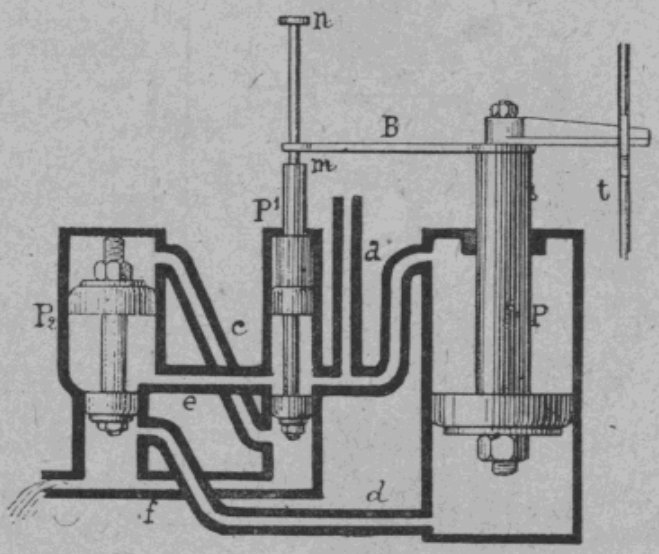


Fig. 457.

par un anneau, enfilé sur la tige d'un second piston, p^1; lorsque cet anneau rencontre la partie, *m*, de la tige, il l'oblige à descendre et le piston, P^1, démasque l'orifice de la conduite, *c* : l'eau arrive alors dans la partie supérieure du troisième corps de pompe, dont le piston, P^2, en descendant, dépasse l'orifice du tuyau, *d*, et obstrue l'écoulement extérieur. L'eau en pression peut ainsi arriver sur les deux faces du premier piston, P, par la conduite, *a*, d'une part, et en suivant *e* et *d*, d'autre part; mais, comme la surface offerte est plus grande à la partie inférieure, le piston, P, remonte jusqu'à ce que son bras, B, rencontre le bouton, *n*, et entraîne de bas en haut le piston, P^1. L'orifice de *c* une fois dépassé, l'eau, arrivant en *e*, remonte le piston, P^2, l'eau contenue au-dessus de celui-ci trouvant une issue par *c* et *f*; ce déplacement rétablit l'écoulement, par *d*, de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'eau du premier corps de pompe et permet une nouvelle descente de P, et ainsi de suite.

Interrupteur pour remontoir électrique (1895). — Une fourchette basculante, F (fig. 458) peut venir s'appuyer, par sa tige, T, sur l'un ou l'autre de deux plots, P et P'. Entre les branches de la fourchette se trouve l'une des extrémités d'un levier, L, articulé en O; l'autre bout de ce levier est solidaire d'une tige verticale, *t*, en acier, engagée dans un appendice porté par le poids; deux bagues sont placées de telle sorte que

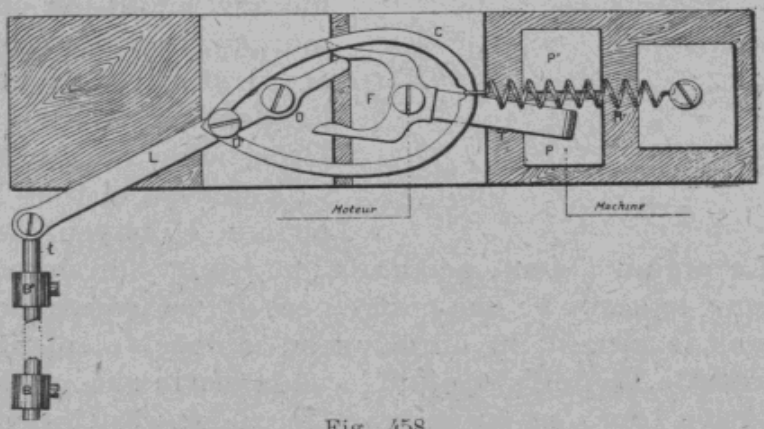


Fig. 458.

l'une soit rencontrée par l'appendice au moment où le poids va toucher terre, et l'autre, au contraire, lorsqu'il se trouve tout en haut de la course.

Dans le premier cas, la tige est entraînée de haut en bas, et, par l'intermédiaire du levier, L, fait basculer la fourchette; celle-ci vient alors sur le plot, P, relié à la dynamo, dont elle ferme le circuit sur le moteur; le poids est remonté jusqu'à ce que la bague supérieure, rencontrée à son tour par l'appendice du poids, détermine un mouvement inverse de la fourchette : le circuit est rompu, le poids descend, et ainsi de suite.

Ces mouvements ont lieu brusquement, grâce à un ressort à boudin, R, agissant sur une collerette ovale, C, articulée, d'autre part, en O', sur le levier, L; lorsque le point O' a franchi la ligne horizontale passant par O, le ressort, R, qui a été tendu, ramène vivement la collerette, C; celle-ci entraîne le levier, L, et le mouvement s'achève sans l'intervention de la tige verticale, *t*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Interrupteur à résistances progressives, de Baudot. (1896). — Un levier articulé, L (fig. 459) maintenu par un ressort à boudin, R, se termine à droite par un cylindre en bois, B, placé au-dessus du poids et sur sa trajectoire verticale.

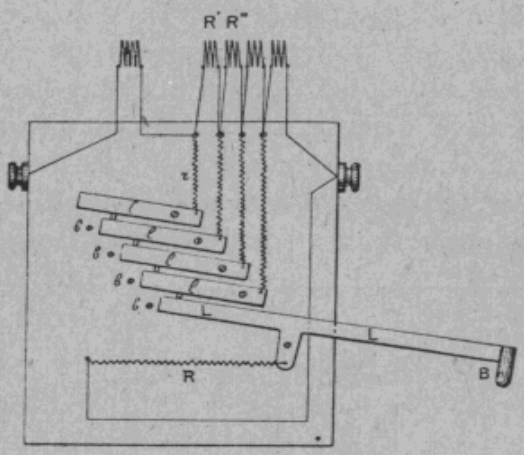


Fig. 459.

A l'état de repos, le levier, L, soulève une série de quatre leviers plus petits, *l*, malgré l'opposition de leurs ressorts à boudin, *r*; lorsque le moteur électrique est mis en marche, le poids est remonté et vient bientôt rencontrer l'appendice, B, qu'il soulève : la partie de gauche du levier, L, s'abaisse et tous les petits leviers, *l*, suivent le mouvement. Le premier vient, peu après, au contact de sa butée, *b*, et abandonne le second : une résistance, R′, se trouve alors intercalée dans le circuit du moteur : si, malgré le ralentissement qui en résulte, le poids continue à monter, le second levier rencontre, à son tour, sa butée, une deuxième résistance, R″, est intercalée ; et ainsi de suite, jusqu'à ce que le moteur prenne un régime tel que le remontage du poids compense exactement sa chute; le poids se maintient ainsi à une hauteur déterminée, et aucune étincelle ne se produit entre les contacts.

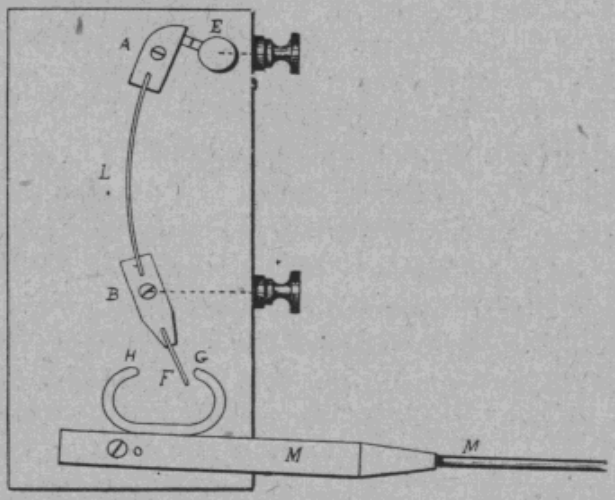


Fig. 460.

Interrupteur à rupture brusque pour remontoir électrique (1897). — Sur une planchette sont montés deux blocs en laiton, A et B, (fig. 460) entre lesquels est placé un ressort-lame, L, un peu plus long que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'intervalle séparant les deux blocs ; le moteur remonte le poids, qui soulève une longue tige, M, portant une fourchette ; la branche de droite, G, de cette dernière rencontre l'appendice, F, du bloc inférieur et le fait pivoter ; le ressort-lame s'arme de plus en plus jusqu'au moment où, se détendant brusquement, il fait basculer le bloc supérieur, A ; le circuit du moteur se trouve rompu ; le poids est, à ce moment, en haut de sa course ; il redescend alors jusqu'à ce que l'autre branche, H, de la fourchette, fasse basculer le système en sens inverse et remette le moteur en marche ; cette dernière fonction a lieu au moment où le poids va toucher terre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XX

OBJETS DIVERS

Borne à contre-écrou (1872). — Sur un socle en ébonite (fig. 461) est montée une tige en laiton, filetée de deux pas, l'un

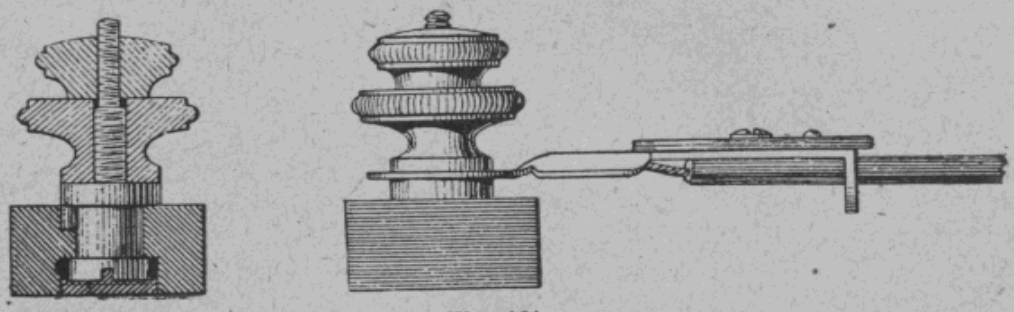


Fig. 461.

à droite, à la partie inférieure, l'autre à gauche et d'un diamètre un peu plus petit. Deux écrous, de diamètre et de pas correspondants, sont vissés sur cette tige ; le second bloque ainsi le premier et s'oppose à tout desserrage spontané.

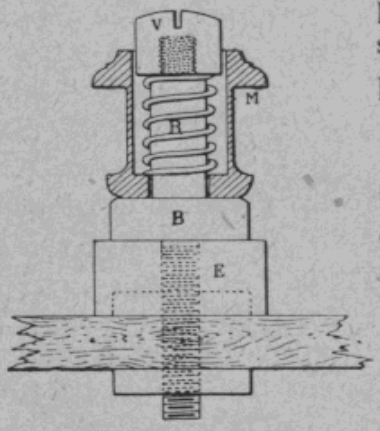


Fig. 462.

Borne de Combette (1875). — La partie supérieure est constituée par un canon, M (fig. 462), à l'intérieur duquel est un ressort à boudin, R, et qui est enfilé sur une vis à portée, V ; une bague, B, servant d'embase est maintenue par une vis, E. Pour établir une liaison, on soulève le canon, M, et on introduit, entre ce dernier et la bague, B, le fil dénudé ; lorsqu'on abandonne le canon, le ressort, R, qu'on avait comprimé, le ramène et le serre sur la communication.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Borne à interrupteur, de Baudot (1880). — Sert à isoler les batteries de pile, lorsque les installations ne sont pas en service (fig. 463) : le fil, *f*, allant à l'installation, est serré entre l'embase et une rondelle, *e*, vissée sur la tige ; celui qui amène la pile est attaché, par une vis, V, au retour en équerre d'une plaque en laiton, E, percée d'un trou de diamètre plus grand que celui de la tige sur laquelle elle est enfilée ; un manchon en ébonite garnit cette plaque à sa partie inférieure et sur le pourtour du trou, de telle sorte que la plaque se trouve complètement isolée de la tige. Celle-ci porte enfin un écrou, B, qui, lorsqu'il est serré à fond, vient s'appuyer sur la partie supérieure de la plaque, E, et la relie électriquement à la tige ; la liaison entre les fils intérieur et extérieur se trouve ainsi établie : dès qu'on desserre l'écrou, ces deux conducteurs sont isolés l'un de l'autre.

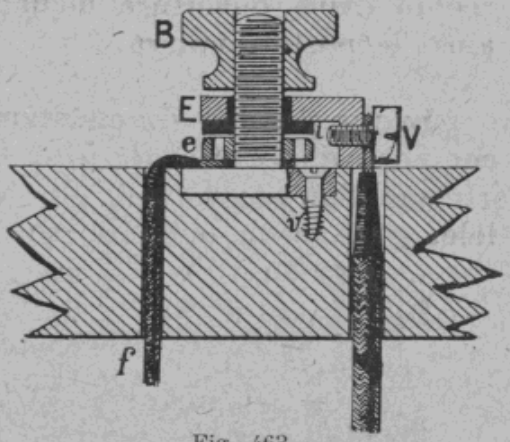


Fig. 463.

Coupe-circuit automatique, de Carême et Houzeau (1882). — Utilisé dans le cas d'une pile commune à plusieurs appareils, pour éviter la perturbation qui résulterait d'une mise à la terre accidentelle par l'un deux (fig. 464). La communication de pile est amenée à chaque manipulateur à travers une bobine, B, à la partie centrale de laquelle se trouve un noyau en zinc ; l'extrémité supérieure de ce barreau se trouve à une petite distance d'un ressort, *r*, placé au-dessus. En cas de court-circuit, le courant échauffe la bobine et le noyau de zinc ; ce dernier s'allonge et pousse le ressort, *r*, qui s'éloigne de son butoir ; en même temps, il quitte une partie en ébonite, portée par un autre ressort, *r'*, et vient en contact métallique avec celui-ci, fermant le circuit d'une sonnerie indicatrice. Le courant de la pile passe

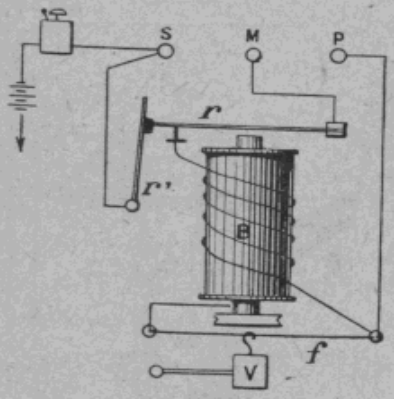


Fig. 464.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alors par un fil, *f*, très fin, tendu entre deux bornes, mais ce fil est brûlé et la communication définitivement rompue ; un voyant, V, précédemment porté par le fil fusible, tombe en regard d'une ouverture ménagée dans le couvercle, désignant ainsi le poste dérangé.

Chronographe enregistreur, de Bontemps (1872). — Se compose d'un gros cylindre, mû par un mouvement d'horlogerie et d'un chariot qui, glissant sur deux tiges en acier parallèles à l'axe du cylindre, se déplace sous l'action d'un poids agissant sur un jeu de poulies ; ce chariot porte trois électro-aimants dont les armatures sont munies chacune d'une plume (fig. 465).

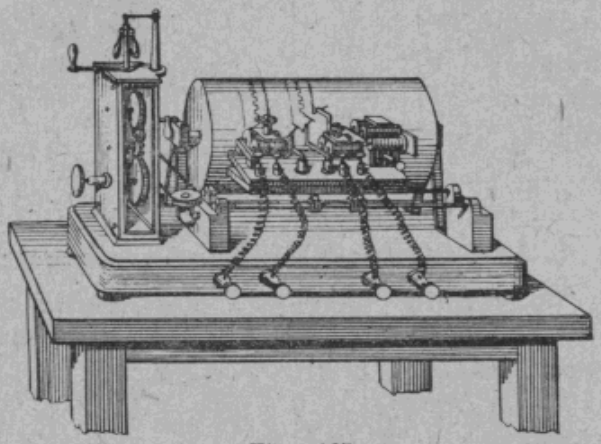


Fig. 465.

Cet instrument permet de localiser la position d'un curseur calé dans un tube pneumatique : sur l'extrémité de la ligne obstruée, on place un bout de tube, T (fig. 466) portant, sur le côté, un ajutage ouvert, A ; à la partie supérieure, deux brides métalliques entre lesquelles on serre une membrane de caoutchouc, M ; au centre de cette membrane est collé un petit disque d'argent, relié à l'un des pôles d'une pile locale ; une vis de butée, V, placée au-dessus, communique avec l'entrée du premier électro-aimant de l'enregistreur, dont la sortie est à l'autre pôle de la pile. Le second électro-aimant reçoit d'une horloge, agencée à cet effet, des courants d'une durée d'une seconde, séparés par des intervalles de même valeur, et la plume qu'il commande donne le tracé B (fig. 467) ; enfin, le troisième électro-aimant est monté en trembleur et son tracé, C, comparé avec le précédent, donne des divisions

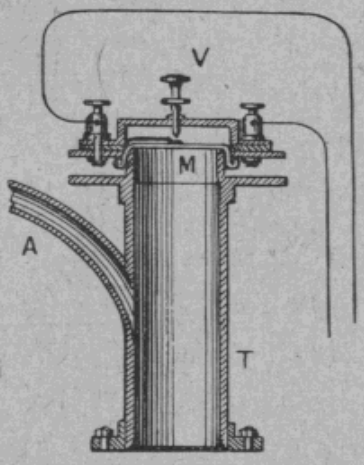


Fig. 466.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la seconde, d'autant plus nombreuses que les vibrations sont plus rapides, soit, par exemple, 34.

Lorsqu'on veut déterminer la distance à laquelle un curseur se trouve calé, on tire dans l'ajutage un coup de pistolet : l'onde sonore se déplace dans le tube et vient buter contre l'obstacle ; elle se réfléchit, refait le chemin en sens inverse et rencontre bientôt la membrane, M, dont la déformation ferme le circuit du premier électro-aimant : on obtient ainsi une première marque du tracé A ; l'onde, renvoyée par la membrane parcourt de nouveau le tube, aller et retour, et l'on obtient sur le cylindre une seconde marque ; si l'intervalle entre ces deux marques correspond, par exemple, à 11 oscillations du vibrateur, c'est-à-dire à 11/34 de seconde, un calcul simple, basé sur la vitesse de propagation de l'onde (330 mètres par seconde), permet de déterminer que l'obstacle se trouve à 53 mètres environ du lieu d'expérience.

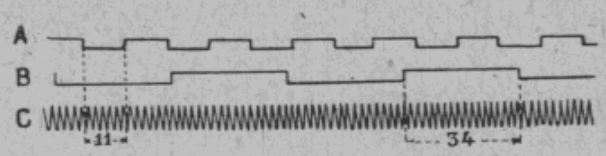
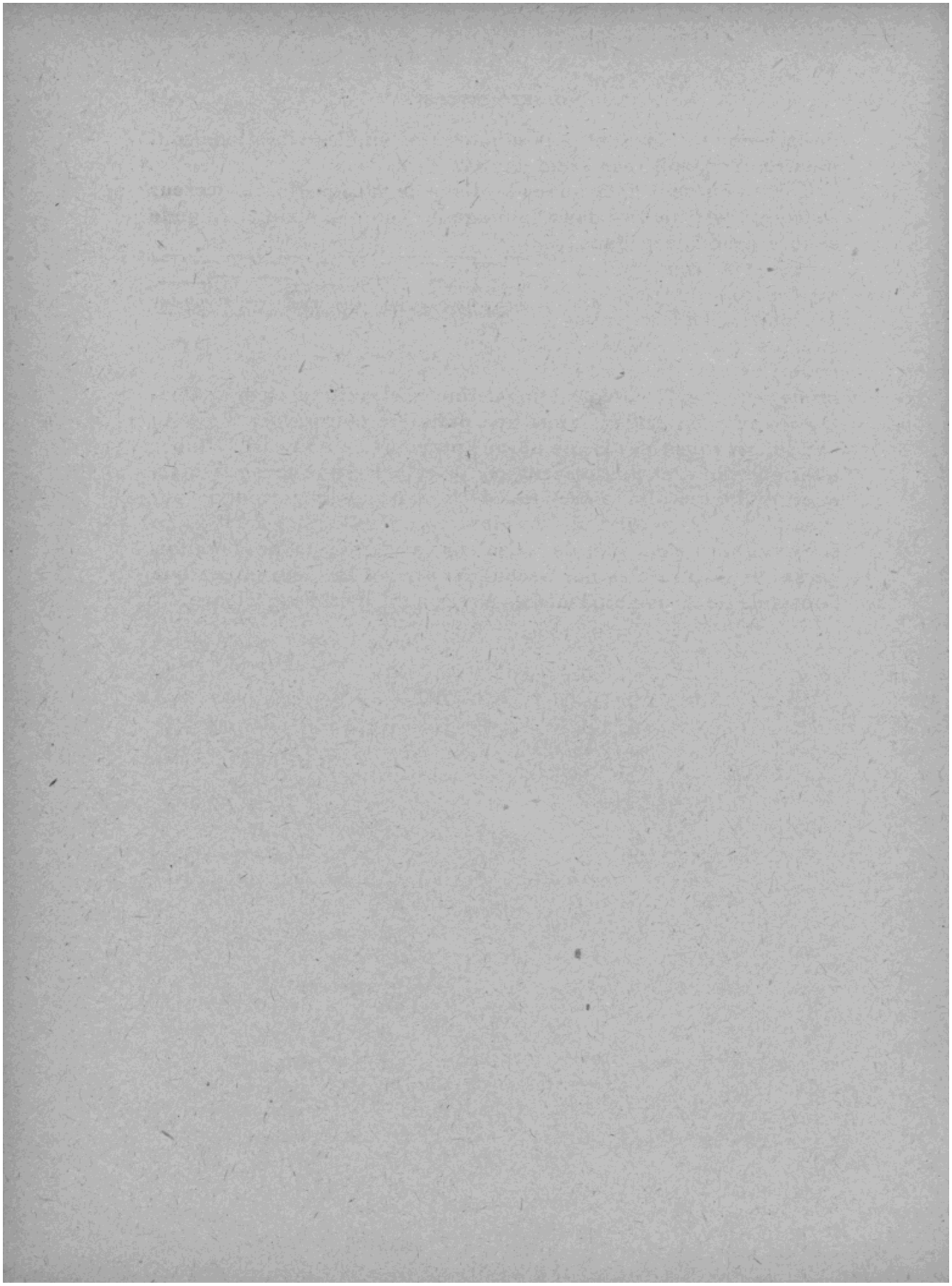


Fig. 467.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUATRIÈME PARTIE

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

XXI

LIGNES AÉRIENNES

HISTORIQUE

Premières lignes télégraphiques. — En 1747, William Watson, étudiant les décharges de la bouteille de Leyde, construisit une ligne aérienne de deux milles de longueur, à Shooter's Hill (Kent) : le fil de cuivre était soutenu par des isolateurs en bois sec, vissés sur des pieux plantés de distance en distance. Mais la plupart des expériences de ce genre furent faites avec des lignes souterraines ; de même, lors de l'apparition du télégraphe électrique, on hésita à construire des lignes aériennes, dans la crainte de les exposer aux intempéries, aux influences atmosphériques et aussi à la destruction par malveillance. Les premières lignes télégraphiques furent donc souterraines ; toutefois, ce mode de construction donna lieu, tout d'abord, à de graves mécomptes, qui sont mentionnés au chapitre « Lignes Souterraines » (v. p. 520) et l'on fut contraint d'envisager l'établissement de lignes aériennes.

Conducteur. — On employa tout d'abord le fer, mais on lui préféra bientôt le cuivre, meilleur conducteur, et moins pesant, qui, en outre, mettait les lignes à l'abri des détériorations constatées avec le fer non galvanisé ou galvanisé d'une façon défectueuse. Le fil employé en France avait généralement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2 millimètres de diamètre. Par contre, la ténacité du cuivre employé à cette époque était 10 ou 12 fois moindre que celle du fer; son prix assez élevé, rendait les installations plus onéreuses; en outre, il excitait davantage les convoitises et était fréquemment volé; aussi dut-on revenir au fer, en compensant sa moins bonne conductibilité par l'augmentation du diamètre et en soignant mieux sa galvanisation; vers 1855, le cuivre avait à peu près complètement disparu des constructions télégraphiques aériennes en Europe.

En 1867, on voit apparaître en Amérique un fil dénommé « compound », formé d'un noyau d'acier revêtu d'un ruban de cuivre enroulé en hélice et soudé sur l'âme; on bénéficiait ainsi, sous un poids réduit, de la bonne conductibilité du cuivre et de la ténacité de l'acier. Mais l'emploi de ce fil donna lieu à de nombreuses difficultés, notamment par suite de la mauvaise adhérence du ruban de cuivre sur l'âme d'acier. En 1877, on perfectionna le système en employant le procédé électrolytique pour le dépôt de cuivre sur le fil d'acier, qui se trouve ainsi mieux protégé contre l'action destructrice de l'air. Bien que la fabrication de ce genre de conducteur reste encore assez délicate, il a donné de bons résultats et est encore en usage à l'heure actuelle.

Le cuivre revint cependant en faveur, vers 1890, d'une part, grâce aux progrès apportés à sa fabrication, d'autre part, à cause des avantages qu'il présente pour la construction des circuits téléphoniques : les courants ondulatoires se propagent mieux sur les fils de cuivre et donnent une audition plus nette et plus pure que sur les fils de fer de même conductibilité.

La méthode électrolytique permet de débarrasser le cuivre des impuretés qui pourraient altérer sa conductibilité; il est ensuite étiré et transformé en cuivre dur.

On a aussi cherché à éliminer ces impuretés, qui sont constituées principalement par des oxydes, en le traitant à l'aide de corps réducteurs, tels que le phosphore, le silicium, le chrome, le magnésium, etc.; on a obtenu, notamment, des bronzes siliceux, dont la conductibilité vaut 73 p. 100 de celle du cuivre pur, et qui sont employés dans les circuits téléphoniques urbains.

L'aluminium, proposé dans ces dernières années, n'est pas encore employé en France, malgré sa légèreté, son inaltérabilité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'air et sa conductibilité environ quatre fois supérieure à celle du fer et égale à 58 p. 100 de celle du cuivre. Son principal inconvénient réside dans la difficulté de le souder et aussi dans sa grande sensibilité aux changements de température, qui font varier la flèche dans des proportions beaucoup plus grandes que le fer et le cuivre.

Poteaux. — En ce qui concerne les supports, le bois semblait présenter de sérieuses qualités, par son poids peu élevé, sa résistance à la flexion, sa mauvaise conductibilité quand il est bien sec et enfin la commodité qu'il offre pour la fixation des isolateurs.

On eut toutefois à rechercher les meilleurs moyens de le préserver contre une destruction prématurée; en effet, en présence de l'humidité et de l'air, les substances albumineuses azotées que renferme le bois donnent lieu à des fermentations, qui attaquent les matières organiques et même les fibres ligneuses; les parties ainsi attaquées se transforment en une matière noire, sans aucune consistance, et la solidité de l'appui se trouve bientôt fortement compromise; cette décomposition est d'autant plus rapide que la proportion de sève et, par conséquent, celle des substances albumineuses azotées, est plus grande; en outre, ces substances servent de nourriture à des insectes xylophages, qui broient les fibres ligneuses du bois et finissent par le désagréger complètement.

On chercha tout d'abord à éliminer les matières albumineuses azotées en immergeant le bois dans des bains convenablement préparés : c'est ainsi qu'en 1756, Hales proposait d'employer, pour les bordages des vaisseaux, de l'huile végétale; en 1767, Jackson préconisait, pour le même objet, une dissolution de chlorure de sodium, de sulfate de fer, de sulfate de magnésie, d'alun, de chaux et de potasse; en 1779, Pallas indiquait un moyen de minéraliser le bois en le plongeant dans une dissolution de sulfate de fer et ensuite dans l'eau de chaux; enfin, Kyan, en 1830, employa, pour l'immersion du bois, des solutions de bichlorure de mercure à 2 p. 100. Mais, quelle que soit la substance employée, le procédé par immersion ne donnait qu'une stérilisation superficielle; les parties internes, n'étant pas atteintes, conservaient leurs germes de corruption et l'altération se manifestait dès que la surface injectée se trouvait endommagée par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les frottements ou les chocs, ou encore dénudée par le clouage.

En 1835, le Dr Boucherie entreprit ses recherches sur la conservation du bois et en publia les résultats en 1838 et 1840 (1); parmi les corps dont il essaya la puissance conservatrice, on peut citer : les sulfates de cuivre, de zinc et de fer, l'acétate de plomb, le pyrolignite de fer et beaucoup d'autres sels à base métallique insoluble, les chlorures de sodium et de calcium, certains agents toxiques, tels que l'acide arsénieux et le bichlorure de mercure, enfin, la créosote, le goudron, le suif, etc.

La sélection entre ces diverses substances fut opérée sur les bases suivantes : l'oxyde de fer du pyrolignite altère, à la longue, les fibres ligneuses du bois; la créosote est un agent antiseptique énergique, elle coagule les substances albumineuses azotées du bois et les rend imputrescibles et inattaquables par les insectes, mais elle était à cette époque d'un prix trop élevé; la même raison s'opposa à l'adoption du bichlorure de mercure qui, en outre, par sa toxicité, présentait un danger d'empoisonnement pour le personnel chargé de la préparation; les chlorures alcalins, excellents dans les terrains secs, ne s'opposaient qu'imparfaitement à la pourriture dans les endroits humides; ce fut, en définitive, le sulfate de cuivre qui parut au Dr Boucherie donner la meilleure solution du problème : suffisamment toxique pour préserver le bois des attaques des insectes, il ne l'est pas assez pour nuire à la santé des ouvriers qui le manipulent; en outre, il donne, avec les substances albumineuses azotées, des composés insolubles et très stables; enfin, son adhérences sur la cellulose et les tissus ligneux est telle qu'il résiste même aux lavages.

Dans son brevet de 1838, le Dr Boucherie indique un premier moyen de procéder à l'injection du bois : il met en jeu la force d'aspiration par les feuilles, qui préside à la circulation des végétaux; l'arbre à injecter est coupé à l'époque où la circulation de la sève est la plus active, puis on plonge son extrémité inférieure dans un récipient contenant la liqueur stérilisatrice, celle-ci se trouve aspirée et se répand dans le tronc, les branches, etc.; ce principe était d'ailleurs déjà connu, et avait donné lieu à de curieuses expériences, faites par divers savants,

(1) *Annales de Physique et de Chimie*, Juin 1840.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

notamment par Duhamel et Biot; il ne pouvait guère, d'ailleurs, être appliqué industriellement, non seulement parce que l'injection manquait de régularité, mais encore parce que l'opération était dispendieuse.

En 1840, le Dr Boucherie prit un second brevet, dans lequel il indiquait le moyen de « produire l'expulsion de la sève et son remplacement par la dissolution de sulfate de cuivre ». Celle-ci, contenue dans un réservoir placé à une certaine hauteur, est amenée à la base du tronc, couché à terre après avoir été préalablement ébranché, mais non écorcé; la base est légèrement relevée, de manière à se trouver un peu plus haut que le sommet; le liquide ainsi refoulé se répand à l'intérieur du tronc, en chassant la sève, qui s'écoule par l'autre extrémité.

Cette méthode fut préférée à celle que Bréant avait proposée en 1831, et qui consistait à injecter le bois en vase clos, à l'aide d'une forte pression, 10 atmosphères, environ, produite par une pompe foulante. Le procédé du Dr Boucherie, à quelques perfectionnements près, est encore en usage aujourd'hui, non seulement en France, mais encore dans la plupart des pays, tels que : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Grande-Bretagne, Norwège, Pays-Bas, Suède, Suisse.

En Allemagne, on fait également usage de l'injection au chlorure de zinc ou à la créosote, par le procédé de pression en vase clos; le bois généralement employé est le pin ou le sapin; toutefois, en Italie, à partir de 1865, on a substitué à ces essences le mélèze rouge et le châtaignier sauvage, sans injection préalable; en Grande-Bretagne, on fait usage aussi du mélèze anglais injecté au sulfate de cuivre ou à la créosote; en Suisse, le mélèze et le châtaignier sans injection semblent donner de bons résultats; aux Etats-Unis, on emploie le châtaignier, le cèdre blanc, le cèdre rouge et quelquefois le sapin noir; les poteaux ne sont pas injectés en raison du bas prix du bois; mais la partie destinée à être enterrée est carbonisée superficiellement suivant le système De Lapparent (1864) et revêtue d'une couche de goudron bouillant (1). Ces derniers moyens de protection sont d'ailleurs également employés en France et dans divers pays.

En 1852, on construisit, en Vénétie, des lignes télégraphiques

(1) *La Télégraphie à l'Exposition Universelle de 1867*, p. 69.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans lesquelles les poteaux étaient remplacées par des colonnes en pierre, en haut desquelles se trouvaient les isolateurs; vers la même époque, en Amérique et aussi en Suisse, on plaça les isolateurs sur des arbres vivants, mais les résultats ne furent pas encourageants; les mouvements occasionnés par le vent, déterminaient une usure très rapide des fils aux points d'attache; ce système fut cependant adopté, en 1858, par l'Administration prussienne, qui fit usage des « isolateurs-pendules », suspendus librement à une potence fixée à l'arbre, susceptibles ainsi d'osciller en suivant tous les mouvements de celui-ci et d'en amortir la brutalité (1). On fait encore usage, à l'heure actuelle, d'appuis vivants dans l'Amérique du sud, en Cochinchine et particulièrement à Java.

En 1853, sur les boulevards de la rive gauche de Paris, pour éviter l'effet disgracieux des poteaux ordinaires, on planta des colonnes de fonte, analogues à celles des candélabres à gaz, en haut desquelles était fixé un potelet en bois supportant les isolateurs (2).

En 1857, l'Administration suisse construisit deux lignes avec des isolateurs supportés par de simples fers en cornières, scellés dans une embase en maçonnerie; l'année suivante, ce système, trop faible, fut modifié : chaque poteau était formé de plusieurs tubes cylindriques en fer, de diamètre progressivement décroissant, et réunis par des bagues; une disposition analogue fut adoptée en Prusse, sauf que les différents tubes étaient boulonnés les uns sur les autres, ce qui offrait plus de solidité.

En 1861, la Suisse adopta un type de poteau conique, en fer creux et d'une seule pièce, scellé dans un socle en pierre; ce nouvel essai de poteau métallique n'ayant pas donné de résultats satisfaisants, l'Administration suisse décida de revenir aux poteaux en bois.

En 1865, sur la ligne de Paris à St-Germain, on fit usage de poteaux en fonte, analogues à ceux de 1853, mais dans lesquels le potelet supérieur était également en fonte; les consoles des isolateurs étaient maintenus à l'aide de boulons (3).

A la même époque, en Bavière, la ligne de Munich à Augs-

(1) Zetzsche. *Handbuch der elektriscken Telegraphie*, Berlin 1877, t. I, p. 493.
(2) Blavier. *Traité de télégraphie électrique* (1867), t. II, p. 24.
(3) *Idem*, t. II, p. 25.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bourg fut construite avec des fers à double T, supportant des traverses en fer cornières.

En 1867, dans le Grand Duché de Mecklembourg, on réalisa une construction semblable, en employant, purement et simplement, des rails de chemin de fer.

Lors de l'établissement de la ligne indo-européenne, en 1868, on utilisa le poteau Siemens : celui-ci est formé de deux tubes; le premier, en fonte, est boulonné sur une plaque en fer formant socle; une fois enterrée, cette plaque, bombée comme une sorte de cloche, s'oppose à l'arrachement du poteau; le second tube, en fer forgé, est scellé au ciment dans une crapaudine qui termine le premier; à la partie supérieure est montée une tige de fer pointue, formant paratonnerre (1).

En 1872, on adopta, en France, le poteau Desgoffes, formé de la réunion de deux tôles repliées en forme d'ellipse et rivées l'une à l'autre; pour renforcer le poteau, l'inventeur y adjoignit bientôt deux fers plats longitudinaux, sur lesquels les tôles étaient boulonnées; ce système fut installé, pour la première fois, sur la ligne d'Orléans, près de Juvisy; un peu plus tard, afin d'éviter l'oxydation de la tôle, plantée directement dans le sol, on y ajouta un socle en fonte. Un autre modèle de poteau en tôle fut présenté, peu après, par Papin; il était constitué par quatre fers en cornières, placés aux quatre sommets d'un carré et réunis par des pans en tôle; on le plantait, soit directement dans le sol, soit dans une embase en fonte.

En 1873, on plaça, près d'Orléans, trois poteaux en fer en T, du système Oppermann, plantés dans des socles en béton; l'essai ayant été satisfaisant, des lignes furent construites, d'après ce système, en 1874, à Orléans et à Sully-sur-Loire. En 1875, une section de 7 kilomètres fut construite près de Châtillon-sur-Loing : les isolateurs, au lieu d'être scellés directement sur le fer en T, étaient supportés par une tige, boulonnée à la partie supérieure.

En Cochinchine, où les poteaux en bois sont mis rapidement hors d'usage par la chaleur et la grande humidité, on emploie, soit des appuis vivants, soit des poteaux en T et en double T avec embase en béton; les isolateurs sont placés alternativement à droite et à gauche, sur la nervure du T, qui est percée de trous à cet effet.

(1) TERNANT. *Les Télégraphes.* Paris 1887, t. II, p. 37.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Puis vinrent les poteaux Loir, en fer Zorès, Lemasson, en fer cornière, ceux de la « Riband Post Patent Company », en fers plats contournés en hélice ; les poteaux d'exhaussement Oppermann, les poteaux d'angle Desgoffes, Oppermann, De la Taille, etc., etc.

Enfin, vers le commencement de ce siècle, on construisit des poteaux en ciment armé ; ceux-ci sont tubulaires et généralement cylindriques ; un des modes de construction consiste à couler le ciment autour d'un poteau en bois, qui reste ensuite emprisonné dans le ciment ; ils offrent une résistance considérable, mais ils sont très lourds et leur armement, pour les lignes télégraphiques, présente de sérieuses difficultés ; jusqu'à ce jour, à quelques exceptions près, ils n'ont guère été employés que pour les lignes industrielles d'énergie, où le nombre des fils est peu élevé.

Isolateurs. — Les isolateurs, successivement employés, ont revêtu les formes les plus diverses et parfois les plus bizarres ; il fallut de nombreuses années d'expérience et de mécomptes avant d'arriver à des systèmes assurant aux conducteurs un isolement suffisant. Cooke, dans un brevet pris en 1842, avait indiqué différents moyens de suspendre les fils sur leurs supports, par exemple à l'aide de crochets en fer fixés, soit sur un poteau en bois, soit à la partie supérieure d'une colonne en fer, ou bien sur une saillie portée par une longue pièce de verre ou de faïence vernissée ; ou encore en suspendant le crochet à l'aide d'une ligature faite avec de la toile caoutchoutée (1).

En 1843, le conducteur de la ligne d'essai, établie par Morse, entre Washington et Baltimore, était isolé à l'aide de semelles de feutre imprégnées de gomme-laque (2).

La même année, William Fardely installa son télégraphe à cadran sur le chemin de fer du Taunus ; la ligne qu'il construisit à cet effet était constituée de la façon suivante : tous les 40 mètres, environ, était planté un poteau de 3 m. 50 à 5 mètres de hauteur ; le fil de cuivre reposait au fond d'une entaille, pratiquée au sommet et refermée ensuite à l'aide d'un coin en bois ; l'intérieur de la fente et le coin étaient enduits de goudron ; un petit chapeau de fer blanc surmontait le poteau et empêchait les infiltrations d'eau de pluie dans la fente.

(1) SHAFFNER. *Telegraph Manual*, p. 531.
(2) *Idem*, p. 536.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La première ligne aérienne construite en France, en 1844, entre Paris et Rouen, réalisait déjà un progrès sérieux sur les précédentes : les poteaux en bois, plantés tous les 50 mètres, étaient en chêne équarri, de 0,12 × 0,12 et de 4 m. 50 de hauteur; la partie inférieure, sur une longueur de 1 mètre, avait été soumise à une carbonisation superficielle et était plantée dans un dé en maçonnerie de 0,50 × 0,50 et de 1 mètre de hauteur. Cette première catégorie de supports prit le nom de *poteaux de suspension* ou de *poteaux souteneurs* (1).

Tous les 400 mètres, le poteau de suspension était remplacé par un autre, plus fort, qu'on appelait *poteau de traction*; il avait la même hauteur, mais sa largeur était de 0,20 dans le sens de la ligne et de 0,12 dans le sens perpendiculaire; le dé de maçonnerie, dans lequel il était enfoncé, avait des dimensions un peu plus fortes que pour les poteaux de suspension.

Sur ces derniers, les fils reposaient simplement sur une poulie en porcelaine, enfilée dans un axe en bois et montée dans une chape, également en bois, fixée au poteau; le tout était protégé par un chapeau en zinc, qui empêchait que la pluie, en mouillant le support, ne le rendît conducteur. Sur les poteaux de traction, on fixait de chaque côté, dans le sens de la longueur de la ligne, une planche de bois; chacune des planches portait un cylindre en porcelaine, muni d'un crochet auquel on attachait le fil, qu'on enroulait plus ou moins sur le cylindre; une roue à rochet, solidaire du cylindre et maintenue par un cliquet, s'opposait au déroulement du fil; l'extrémité libre de ce dernier était contournée en spirale et soudée à la section suivante; cette disposition permettait de tendre ensuite le fil au fur et à mesure des allongements, sans gêner la communication. Le chapeau de zinc était plus grand que pour les supports ordinaires et faisait le tour du poteau.

La ligne se composait de 4 fils, dont 2 en cuivre et 2 en fer, ces derniers pour le retour à la pile; plus tard, ce retour eut lieu par la terre et les fils de fer furent supprimés.

Des lignes, établies dans des conditions analogues, furent construites, en 1844, entre Pétrograd et Tsarskoié-Sélo, en 1846 entre Bruxelles et Anvers, entre Wien et Brunn et entre Berlin et Potsdam, etc.

(1) Abbé Moigno. *Traité de télégraphie électrique*, Paris 1852, p. 343.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La même année, Cooke et Wheatstone construisirent une ligne entre Londres et Maidstone, sur le « South Western Railway » : le fil conducteur était enfilé dans de petits anneaux de porcelaine, fixés sur des supports en fer.

En 1845, la ligne, construite le long du chemin de fer de Dresde à Radeberg, en Saxe, comportait de petits cylindres de verre fixés sur la tête du poteau.

En 1846, sur la ligne Leipzig-Altenbourg, on fit usage de toile goudronnée. Enfin, sur les lignes de l'Etat, on employa des cloches de porcelaine, scellées sur leurs supports à l'aide de soufre.

En 1849, on employa, en Autriche, l'isolateur américain, formé d'une cloche de verre, scellée au bout d'une pièce de fer, plantée elle-même à l'extrémité du poteau; le fil de cuivre était enroulé deux ou trois fois autour de la cloche. Une ligne, construite de façon semblable, entre Budapest et Presbourg, en 1851, comprenait des cloches plus robustes et soutenait un fil de fer de 3 millimètres; ce n'est que plus tard qu'on fit usage de la porcelaine.

Les isolateurs en verre, en Autriche, étaient l'objet de fréquentes détériorations; aussi l'Administration décida-t-elle de les revêtir d'une cloche en cuivre; en 1852, Siemens et Halske fabriquèrent une cloche en fonte, à l'intérieur de laquelle était encastrée une seconde cloche de porcelaine; à la partie médiane de celle-ci était scellé un crochet en fer, destiné à supporter le conducteur (1).

Ces cloches simples n'offraient qu'un isolement peu élevé, notamment dans les pays humides, par suite des condensations de vapeur d'eau qui rendaient leur surface relativement conductrice. En 1858, Chauvin fit construire le premier isolateur à double cloche; ce système fut introduit presque simultanément en Angleterre, puis se répandit dans les différents pays, où les lignes de quelque longueur sont toutes construites avec des isolateurs à double cloche.

A partir de cette époque, les multiples modèles d'isolateurs, qui se sont succédé, ne diffèrent entre eux que par la forme extérieure ou par des détails secondaires; ceux-ci ont surtout pour but de les adapter au mode de construction en usage dans

(1) ZETZSCHE. *Handbuch der elektrischen Telegraphie*, Berlin 1877, t. I, p. 493.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaque pays; il convient cependant d'ajouter qu'en dehors de la porcelaine et du verre, qui sont restées universellement employés, on fait usage, pour la télégraphie militaire, d'isolateurs de modèles réduits, fabriqués avec des substances plus légères, telles que le caoutchouc ou l'ébonite.

Les isolateurs furent d'abord scellés sur les consoles au moyen de soufre liquide mêlé à un peu de limaille de fer; il se formait parfois des retraits du soufre, qui compromettaient la solidité du scellement; parfois aussi, la masse de soufre, en se dilatant sous l'action des fortes chaleurs, faisant fendre la porcelaine. En 1859, Lagarde substitua au soufre un mastic formé de plâtre à mouler, gâché avec une faible quantité de colle forte liquide étendue d'eau; ce mastic est encore en usage à l'heure actuelle.

Construction des lignes aériennes. — Vers 1860, le nombre des fils, placés sur les mêmes poteaux, allant en augmentant, on reconnut la nécessité de consolider les appuis à l'aide de jambes de force, placées du côté où les poteaux seraient entraînés par la tension des fils; les deux poteaux étaient réunis à leur partie supérieure par un boulon; à un mètre du sol, on plaçait, en outre, deux traverses formant croisillons. Les méthodes actuelles de consolidation sont décrites avec le matériel du système Lorain (v. p. 503).

En 1862, on fit usage, pour la première fois, de lignes en traverses; cet essai eut lieu, dans le département du Haut-Rhin, afin d'éviter l'emploi de poteaux d'exhaussement dans la traversée des routes ou des chemins de fer : les cloches en porcelaine étaient scellés sur des tiges droites, terminées en vis à bois et vissées sur la traverse; celle-ci, fixée au poteau à l'aide de trois boulons, était soutenue par une seconde pièce de bois formant arc-boutant (1). Ce mode de construction fut ensuite généralisé pour les lignes chargées; les traverses métalliques, actuellement employées en France, sont décrites plus loin (v. p. 500).

L'établissement des circuits téléphoniques, sur les mêmes poteaux que les fils télégraphiques, entraîna de sérieux inconvénients, par suite de l'induction produite par ces derniers.

(1) BLAVIER. *Traité de Télégraphie électrique*, 1867, t. II, p. 40.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est vers 1888 que l'on renonça, de façon à peu près définitive, à l'emploi de la terre pour fermer le circuit téléphonique; les constructions se firent à l'aide de deux fils, c'est-à-dire, en circuit complètement métallique; on put ainsi, par une construction appropriée et un équilibrage convenable des deux conducteurs, diminuer sensiblement les troubles résultant de l'induction ; mais le nombre des circuits téléphoniques allant toujours en augmentant, ceux-ci réagirent les uns sur les autres.

On y remédia en « croisant » périodiquement les deux composants de chaque circuit, suivant le dispositif indiqué par Hughes (1); le système de *rotations* est universellement employé maintenant, et les différents circuits forment, sur les lignes, de véritables hélices, dont le pas diffère pour chacun d'eux, suivant leur position (v. p. 502).

En Belgique, on supprima les troubles produits par les fils télégraphiques en y intercalant des électro-aimants graduateurs, suivant le système de Van Rysselberghe (v. p. 622) : les courants d'induction se trouvent également gradués et les mouvements qu'ils communiquent aux plaques téléphoniques restent inaudibles.

Dès que l'on construisit des circuits téléphoniques aériens à grande distance, on éprouva des difficultés analogues à celles qu'on avait observées sur les câbles souterrains, et auxquelles Hultmann, en 1900, et Krarup, en 1902, avaient cherché à remédier (v. p. 530). Les travaux de Vaschy et d'Heaviside, sur l'influence de la self-induction (1890-1894) et ceux de Pupin, en 1899, donnaient la solution du problème, et l'on commença à intercaler, dans les circuits, des self-inductions additionnelles. Il fallut beaucoup de recherches et d'expériences pour arriver à établir les meilleures constantes à donner aux bobines et définir les conditions de leur utilisation ; enfin, en 1915, la ligne pupinisée New-York-San-Francisco fut ouverte au public ; elle a une longueur de 3.400 milles, soit 5.500 kilomètres, environ.

ISOLATEURS FRANÇAIS

Isolateur-anneau (1845). — Une pièce demi-cylindrique en porcelaine, percée d'un trou pour le passage du fil (fig. 468);

(1) *Annales Télégraphiques*, 1882, p. 454.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de chaque côté, une partie plate, également forée, pour l'introduction des vis de fixation sur le poteau. Le trou dans lequel passe le fil présente la forme de deux cônes adossés par leurs sommets, de manière à réduire au minimum la surface de contact.

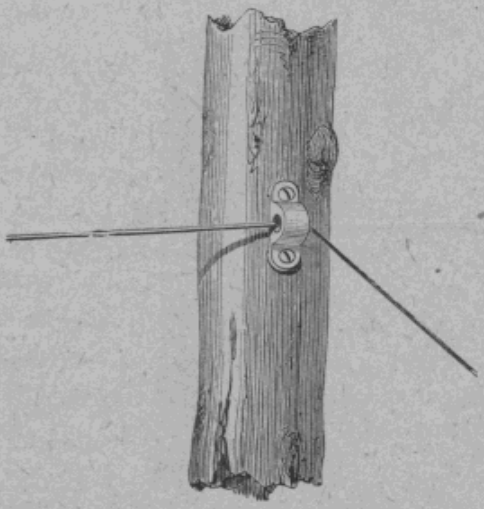


Fig. 468.

Isolateur porte-tendeur (1845). — Pièce en porcelaine (fig. 469) fixée horizontalement au poteau, arrondie à sa partie médiane et percée d'un trou de section rectangulaire pour le passage de la tige du tendeur (v. plus loin).

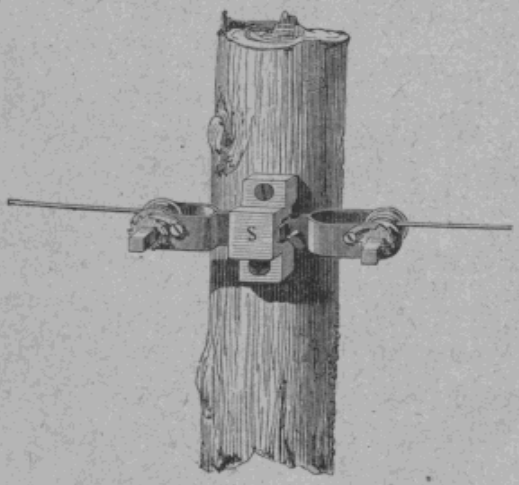


Fig. 469.

Isolateur à gorge (1848). — Cylindre de porcelaine entaillée d'une gorge et percé, suivant son axe, d'un trou pour fixation au poteau.

Isolateur-poulie (1848). — Cylindre de porcelaine (fig. 470) fixé au poteau par un tire-fond, suivant son axe, et entaillé au pourtour d'une gorge circulaire, dans laquelle on fait faire au fil un tour entier.

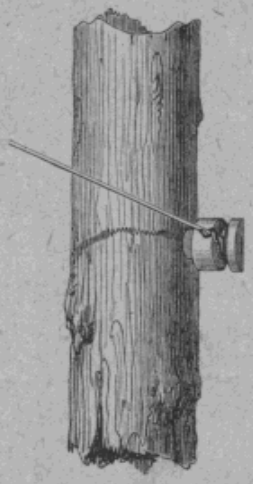


Fig. 470.

Tendeur (1848). — Sorte de tambour ou treuil cylindrique, destiné à tendre le fil à volonté (fig. 471); l'axe est terminé, à l'extérieur de la chape, par un carré, sur lequel on monte une manivelle pour faire tourner le tambour. Solidaire de celui-ci se trouve un rochet, sur l'une des dents duquel

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'appuie un cliquet; cet ensemble permet le mouvement dans un seul sens, le retour en arrière étant empêché par le cliquet. Le fil est introduit dans un trou diamétral, percé dans le tambour, qu'on fait ensuite tourner pour donner au fil la tension convenable.

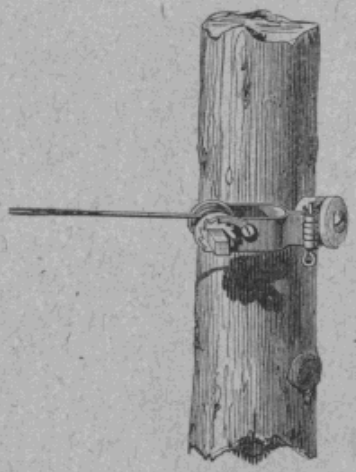


Fig. 471.

Le tendeur double se compose de deux treuils (v. fig. 469) agencés sensiblement comme le précédent, et articulés sur une tige scellée dans un isolateur; ce modèle était employé dans les courbes et épousait exactement l'angle formé par les deux sections du fil.

Isolateur-crochet (1850). — Une sorte de chapiteau en porcelaine (fig. 472) fixé au poteau par deux tire-fond, et qui abrite une partie cylindrique, également en porcelaine et entaillée d'une fente; le fil n'est pas arrêté, mais simplement introduit dans cette fente où il peut glisser librement.

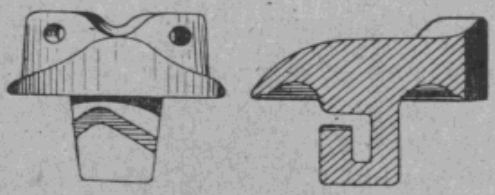


Fig. 472.

Isolateur à crochet (1850). — Cloche en porcelaine, prolongée latéralement par deux parties méplates, percées de trous pour le passage des tire-fond (fig. 473); la partie d'arrière est arrondie, pour épouser la forme circulaire du poteau. A l'intérieur de la cloche est scellée une tige de fer galvanisé, terminée par un crochet.

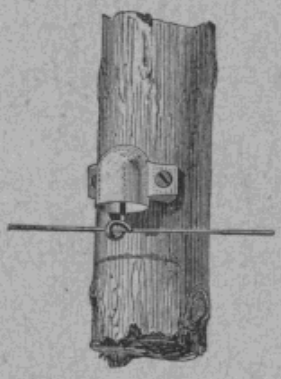


Fig. 473.

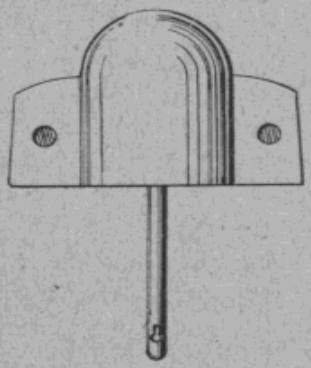


Fig. 474.

Isolateur à tige (1850). — Même type que le précédent (fig. 474); porte, au lieu du crochet, une tige rectiligne percée, à son extrémité, d'un trou, dans lequel on introduit le fil; ce trou est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

allongé, de manière à permettre d'y enfoncer une clavette pour arrêter le fil.

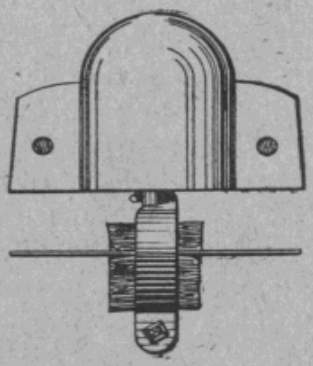


Fig. 475.

Isolateur à manchon (1850). — Semblable au précédent, mais la tige porte, à sa partie inférieure, un manchon formant mâchoire, qu'on serre à l'aide d'un écrou, après qu'on a placé le fil, qui se trouve ainsi arrêté.

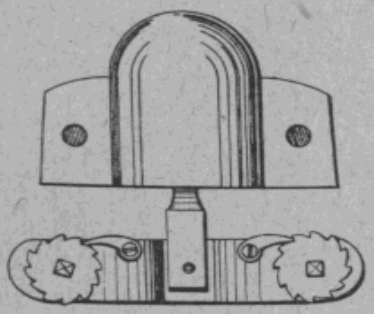


Fig. 476.

Isolateur avec tendeur (1850). — Grand modèle, de même forme que ceux qui précèdent dans lequel est scellé un tendeur semblable à celui qui vient d'être décrit (fig. 476).

Isolateur à crochet (1855). — Comparable aux précédents en ce qui concerne le mode de fixation au poteau, mais la partie inférieure forme une sorte de cloche largement évasée. Le crochet, recourbé sur lui-même, sert simplement à supporter le fil, sans arrêtage (fig. 477).

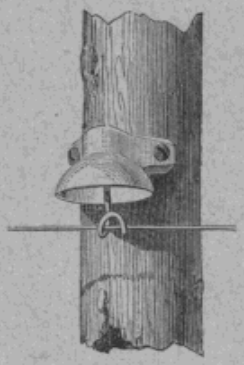


Fig. 477.

Dans un autre modèle, la tige porte un retour d'équerre horizontal, sur lequel le fil est serré par un crochet à écrou, formant mâchoire (fig. 478).

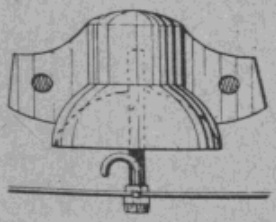


Fig. 478.

Isolateur avec sourdine (1860). — Cloche en porcelaine (fig. 479) terminée, à sa partie supérieure, par une boule, ou *champignon*; entre la cloche et le champignon se trouve une sorte de gorge, dans laquelle le fil peut être enroulé ou arrêté à l'aide de fil plus fin, dit « fil à ligature ». Le champignon porte une rondelle en caoutchouc formant sourdine.

Isolateurs à oreilles (1860). — Cloche en porcelaine, à champignon, portant en outre, sur l'un des côtés, une saillie ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

oreille, qui constitue la caractéristique des isolateurs français à partir de cette époque, (fig. 480); le fil est placé dans la gorge

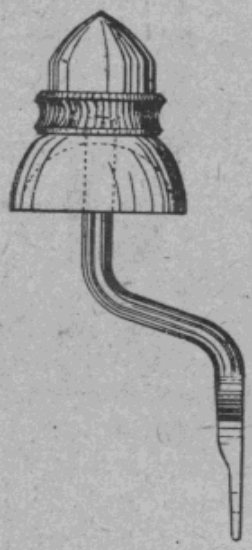


Fig. 479.

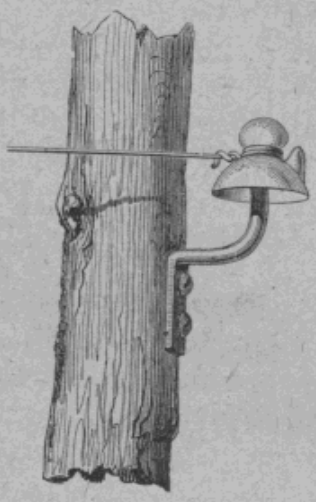


Fig. 480.

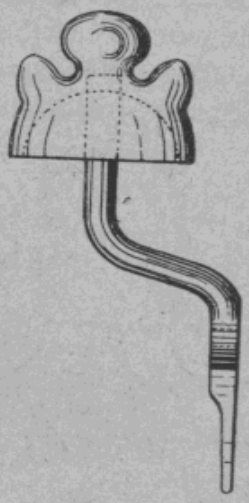


Fig. 481.

formée par l'intervalle entre l'oreille et le champignon. Les isolateurs furent ensuite munis de deux oreilles, diamétralement opposées (fig. 481).

Isolateur-arrêt double (1860). — Sur une console en U sont montés deux isolateurs à simple cloche (fig. 482). Les

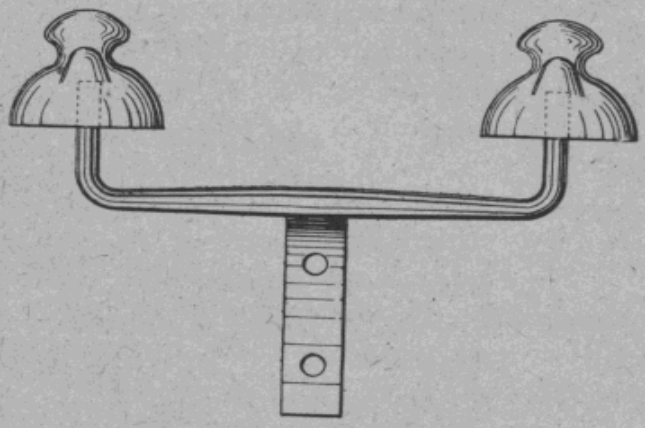


Fig. 482.

lignes de droite et de gauche sont arrêtées sur chacun des isolateurs; les deux sections sont ensuite réunies à l'aide d'un fil fin, ce qui permet d'effectuer facilement les coupures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Isolateur pour sommet de poteau (1860). — L'isolateur, semblable aux précédents, est monté sur une tige droite, filetée, qu'on visse dans la tête du poteau (fig. 483).



Fig. 483.

Isolateur avec sourdine (1860). — Simple cloche, complètement enfermée dans un manchon en caoutchouc; un petit anneau métallique entoure l'étranglement du champignon, à l'endroit où est attaché le fil.

Tube droit, pour entrée de poste (1865). — Un socle en porcelaine, percé de deux trous pour le passage des vis de fixation; perpendiculairement à ce socle se trouve un tube, également en porcelaine; le fil, venant du bureau, traverse le panneau sur lequel est monté le tube, s'engage à l'intérieur de celui-ci et va s'attacher sur un isolateur placé à l'extérieur.

Tube coudé, pour entrée de guérite (1875). — Muni d'un collier percé de trois trous, pour le passage de vis à bois (fig. 484). La partie terminale est maintenant à double cloche (1913).

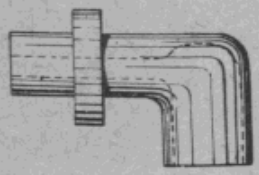


Fig. 484.

Isolateur blindé, de E. Paris (1875). — Cylindre creux, en fonte, monté sur une patte arrondie, pour la fixation sur le poteau, (fig. 485); la partie intérieure est constituée par une sorte de couvercle supportant une cloche, en verre, dans laquelle est scellé un crochet métallique; la cloche est introduite dans le cylindre et le couvercle est retenu par un montage à baïonnette : on peut ainsi retirer la cloche pour le nettoyage périodique.

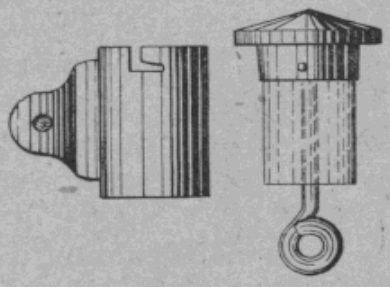


Fig. 485.

Isolateur en ébonite (1875). — Simple cloche, dont la tête porte une rainure demi-circulaire, dans laquelle le fil se trouve coincé par le tirage de part et d'autre (fig. 486). Utilisé pour les constructions de Télégraphie Militaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Isolateur en ébonite, pour sommet de poteau (1875). — Simple cloche, montée sur une tige droite; le cylindre en fonte, qui termine celle-ci, est percé de trous pour le passage des vis de fixation.



Fig. 486.

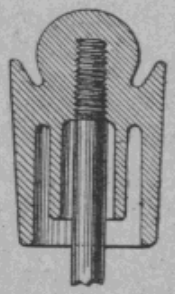


Fig. 487.

Isolateur (1875). — Double cloche en porcelaine munie de deux oreilles (fig. 487).

Isolateur-arrêt, pour coupures (1875). — Double cloche du même type que la précédente (fig. 488); les oreilles ont été enlevées, le champignon est enserré entre deux brides à vis, formant mâchoires à leurs extrémités. Le fil est introduit dans ces mâchoires, serrées chacune à l'aide d'un écrou.

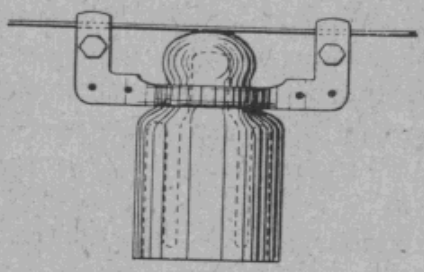


Fig. 488.

Isolateur blindé (1880). — A la partie supérieure de la cloche en porcelaine (fig. 489) se trouve une tête cylindrique, munie de petites saillies sur lesquelles se pose une cloche métallique, destinée à protéger l'isolateur.

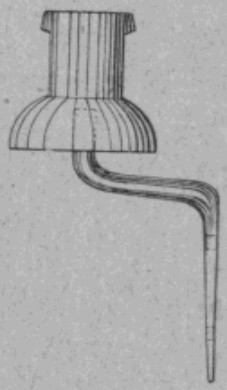


Fig. 489.

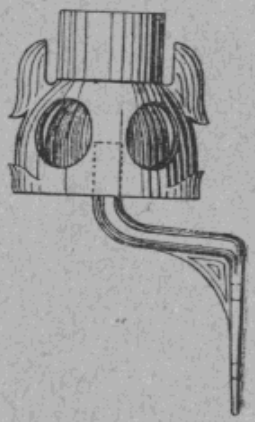


Fig. 490.

Isolateur blindé, de Lagarde (1881). — L'isolateur en porcelaine, à double cloche, est monté sur une console en S (fig. 490); il est coiffé d'une cloche à oreilles, en fonte, sur laquelle est placé le fil; cette cloche en fonte est percée de quatre ouvertures oblongues, qui permettent à l'eau de pluie de laver la porcelaine.

Isolateur avec sourdine, de Caël et Beau (1885). — Le fil conducteur est placé entre l'une des oreilles et le champignon de l'isolateur; on le recouvre, tout d'abord, d'une couche de chanvre, d'une épaisseur sensiblement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

égale au diamètre du fil, sur une longueur de 20 à 30 centimètres; on applique sur le chanvre un tube de caoutchouc C (fig. 491), préalablement fendu sur toute sa longueur, puis on met par dessus une lamelle de plomb, P, de 7/10 à 1 millimètre d'épaisseur, formant recouvrement, pour empêcher l'eau de pluie de pénétrer à l'intérieur; enfin tout l'ensemble est maintenu par un toron de 3 brins de fil à ligatures, F, de 1 millimètre, enroulé autour du plomb et formant un collier autour du champignon de l'isolateur; cette partie du toron est séparée de la porcelaine par un tube de caoutchouc et une lamelle de plomb, P'.

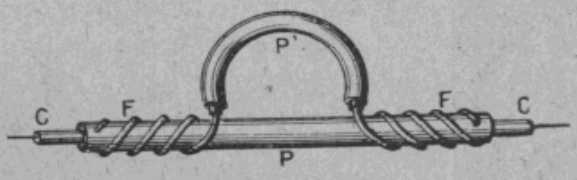
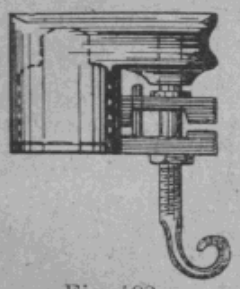


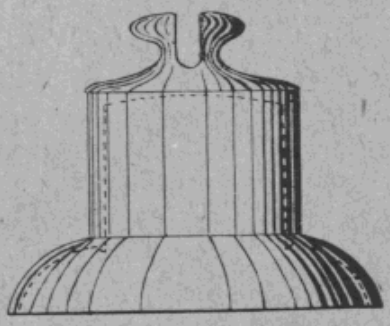
Fig. 491.


Fig. 492.

Isolateur à crochet, de Mollet (1890). — Simple cloche cylindrique portant, à sa partie supérieure, un retour d'équerre également en porcelaine, dans lequel est scellée une tige de fer terminée par un crochet (fig. 492); celui-ci, formant écrou, permet de serrer une mâchoire horizontale : le fil peut ainsi être simplement soutenu par le crochet ou arrêté par serrage la mâchoire.

ISOLATEURS ÉTRANGERS

Isolateurs allemands. — La figure 493 montre l'isolateur employé, vers 1845, notamment dans le Duché de Brunswick. C'est une sorte de coupe en grès terminée, à sa partie supérieure, par un bouton fendu; cette coupe coiffait le poteau, convenablement taillé et arrondi au sommet; le fil, enveloppé de plomb, était introduit et serré dans la fente du bouton.


Fig. 493.

On fit également usage d'une coupe en terre vernissée (fig. 494) analogue à celle ci-dessus, mais plus large et moins haute.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un peu plus tard, on utilisa une petite cloche en porcelaine, à tête cylindrique, entaillée d'une fente diamétrale (fig. 495).

L'isolateur blindé de la même époque consiste en une cloche en fonte munie d'une patte de fixation; à l'intérieur est cimentée

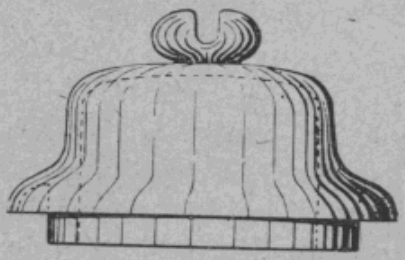


Fig. 494.

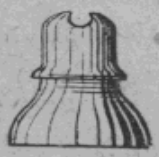


Fig. 495.

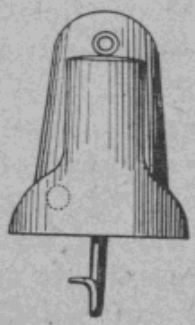


Fig. 496.

une cloche en porcelaine, avec crochet (fig. 496). Quelques années plus tard, cette dernière fut remplacée par une cloche en caoutchouc durci.

L'isolateur-tendeur (1855) est représenté par la figure 497 : une double cloche en tronc de cône est entaillée d'une rainure hélicoïdale et terminée, à la partie supérieure, par un carré; l'isolateur peut tourner librement sur sa console. Le fil à tendre est enroulé de quelques tours dans la rainure, puis, à l'aide d'une clé à carré, on fait tourner la cloche jusqu'à ce que la tension désirée soit obtenue : on fixe alors l'isolateur à l'aide d'une clavette, traversant à la fois le manchon et la console.

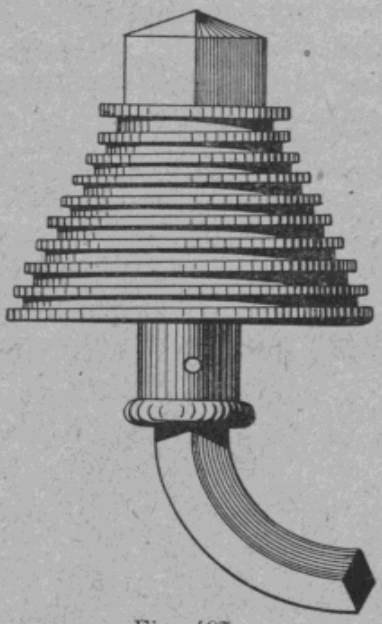


Fig. 497.

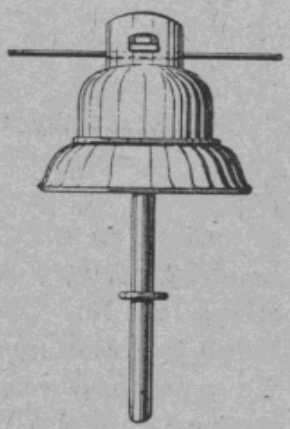


Fig. 498.

Dans les lignes sur traverses, on employait une cloche en porcelaine, montée sur une tige droite (fig. 498) munie, à sa partie supérieure, d'une calotte en fonte, scellée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au plâtre; le fil était maintenu à l'aide de deux coins en fer, enfoncés en sens inverse, dans une rainure taillée à la partie supérieure.

La double cloche en porcelaine, que montre la figure 499, était montée sur une console à vis; la tête est fendue diamétralement; cette fente aboutit dans une cavité cylindrique, destinée à recevoir le fil.

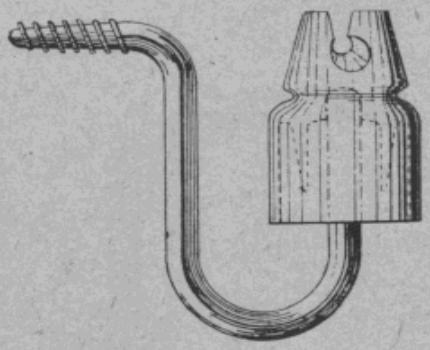


Fig. 499.

Vers 1860, on employa une simple cloche en porcelaine, très évasée vers le bas et terminée, à la partie supérieure, par un champignon (fig. 500), puis un isolateur métallique monté sur une console en U, scellée dans un capuchon de verre (fig. 501); celui-ci est enfermé dans une cloche en fonte portant, à son sommet, une partie méplate, munie d'une entaille ouverte par le haut; le fil était placé dans cette entaille.

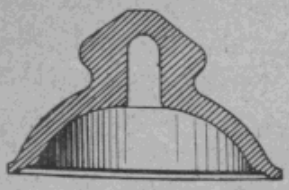


Fig. 500.

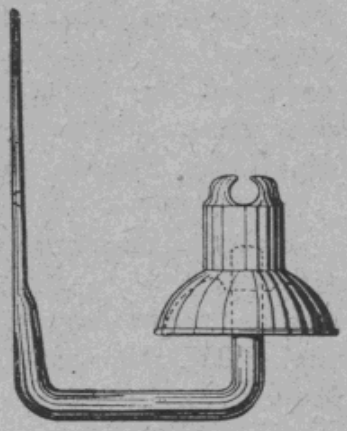


Fig. 501.

L'isolateur pour sommet de poteau (1870) consiste en une simple cloche en porcelaine, dont la tête est fendue diamétralement (fig. 502); cette cloche est montée sur une tige droite, reposant elle-même sur une sorte de chapeau en fonte, percé de quatre trous, qui permettent de le fixer, à l'aide de vis, au sommet d'un poteau.

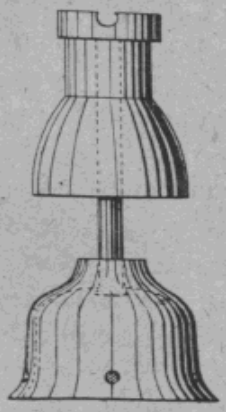


Fig. 502.

On fait actuellement usage d'une double cloche en porcelaine, dont la tête est fendue d'une entaille diamétrale (fig. 503); elle est souvent montée sur une forte console en U, terminée par un pas de vis à bois.

Un autre modèle de console consiste en une forte pièce en fer, de section quadrangulaire, arrondie dans la partie destinée à recevoir l'isolateur, aplatie en patte et percée de trous dans celle qui doit s'appliquer sur le poteau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On fait actuellement usage d'une double cloche en porcelaine, dont la tête est fendue d'une entaille diamétrale (fig. 503); elle est souvent montée sur une forte console en U terminée par un pas de vis à bois.

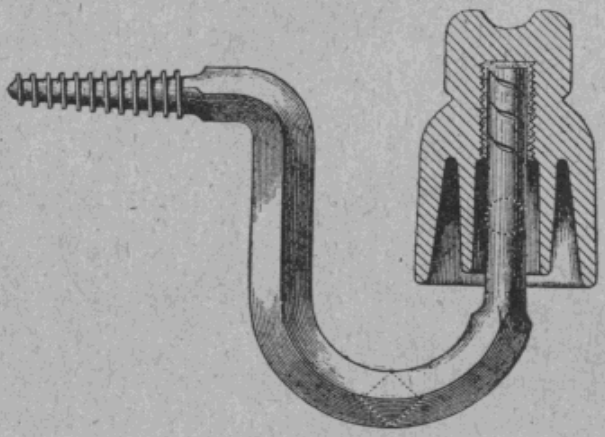


Fig. 503.

Un autre modèle de console consiste en une forte pièce en fer, de section quadrangulaire, arrondie dans la partie destinée à recevoir l'isolateur, aplatie en patte et percée de trous dans celle qui doit s'appliquer sur le poteau.

Enfin, dans la console d'arrêt (fig. 504) les deux branches sont réunies en X et leur prolongement forme deux pattes, qui s'appliquent sur le poteau; des trous, percés à leur point de jonction et aux extrémités de l'X, permettent de la fixer à l'aide de tire-fond.

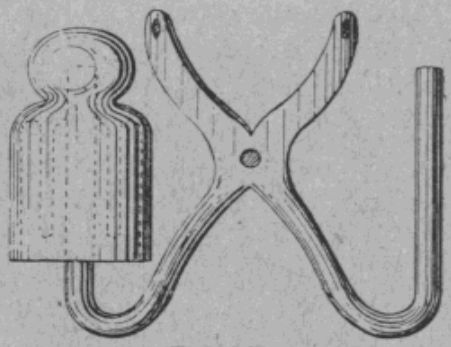


Fig. 504.

Isolateurs américains. — On employait, vers 1855, une simple cloche, très massive, en verre vert (fig. 505). La partie supérieure, légèrement tronconique, est séparée de la cloche par deux saillies circulaires, laissant entre elles une gorge, dans laquelle on peut enrouler le fil conducteur; dans les courbes, on plaçait un isolateur de modèle semblable, mais portant une sorte de doigt latéral destiné à retenir le fil.

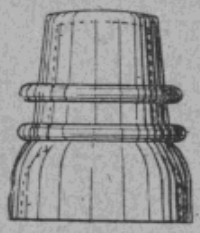


Fig. 505.

L'isolateur de Brooks (1868) est formé d'un cylindre de fer fondu, muni d'une tige filetée, qui permet de le visser au poteau (fig. 506). Dans ce cylindre, est scellée une bouteille en verre soufflé, en partie remplie de paraffine et placée le col en bas; à l'intérieur est cimentée une tige de fer, terminée par un double crochet. Dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un second modèle, deux bouteilles sont scellées l'une dans l'autre.

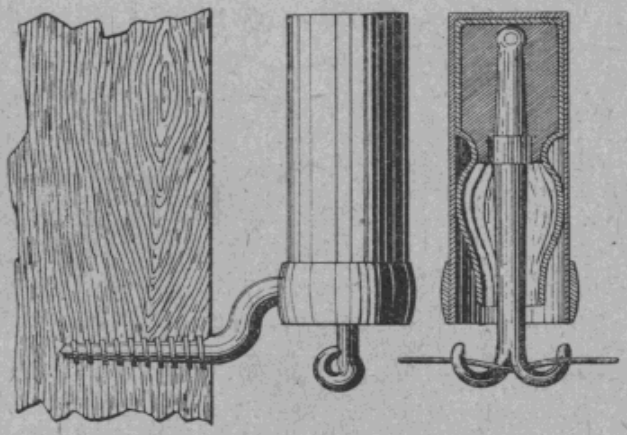


Fig. 506.

On essaya également un système dans lequel une cloche métallique abritait un isolateur en bois. Le bois, une fois taillé, était enfermé, pendant 36 heures, dans une étuve; ainsi séché, on le plongeait dans un bain formé de goudron et de charbon pulvérisé; il était ensuite scellé dans la cloche métallique. Ce genre d'isolateur a mal résisté aux agents destructeurs de toutes sortes et a été abandonné.

Isolateurs anglais. — Dans l'isolateur de Bright (1860), une simple cloche en verre, très évasée, avec tête cylindrique, porte une nervure circulaire et est entaillée d'une rainure profonde (fig. 507); il est monté sur une tige filetée, pour la fixation sur une traverse en bois.

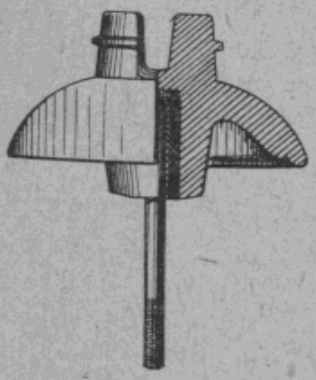


Fig. 507.

De 1860 à 1865, on vit apparaître la double cloche en grès brun; la partie supérieure, arrondie, est séparée de la cloche proprement dite par une rainure. L'isolateur est monté, soit sur une console, soit sur une tige droite, taraudée, et terminée par un écrou, qui permet de le monter sur une traverse (fig. 508). Dans l'isolateur pour sommet de poteau, la cloche extérieure est un peu plus évasée (fig. 509); elle est scellée sur une tige, qui surmonte un chapeau en fonte; celui-ci est percé de quatre trous pour le passage des tire-fond, qui le fixent au potéau.

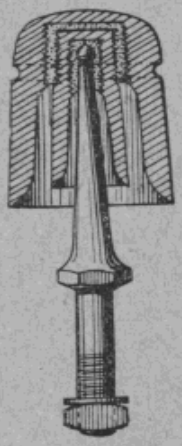


Fig. 508.

L'isolateur de Johnson et Philipps (1878) avait pour but d'éviter les pertes, qui se produisent, à la surface des isolateurs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par l'humidité : la partie inférieure de la cloche est relevée intérieurement et forme une sorte de coupe (fig. 510) dans laquelle on verse, à l'aide d'une seringue spéciale, un liquide isolant, pétrole, huile, etc.

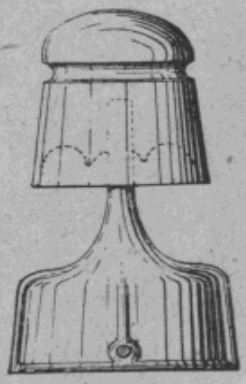


Fig. 509.



Fig. 510.

Dans les constructions actuelles, l'isolateur (fig. 511) est une double cloche en porcelaine ou en grès vernissé; la cloche intérieure est légèrement plus longue que l'autre; la tête a la forme d'un tronc de cône dont la grande base est séparée du corps de l'isolateur par une gorge; la cloche est taraudée à l'intérieur et l'isolateur est simplement vissé à bloc sur une rondelle de cuir.



Fig. 511.

Pour permettre les coupures en ligne, on emploie une double cloche en porcelaine, munie de deux gorges, dans chacune desquelles est arrêté l'un des fils des sections de droite et de gauche; sur le dessus de l'isolateur se trouvent deux petites griffes, semblables à celles qui supportent les fusibles dans les répartiteurs téléphoniques, et reliées chacune à l'un des fils de ligne; on les réunit à l'aide d'un petit tube de cuivre, qu'il suffit d'enlever pour opérer la coupure. Un chapeau de grès brun, vissé sur le sommet de l'isolateur, protège le coupe-circuit.

Isolateurs belges (1865). — Une cloche en porcelaine protège une seconde cloche en ébonite, à l'intérieur de laquelle est scellé un crochet (fig. 512); elle était rattachée au poteau à l'aide d'un collier en fer galvanisé : entre celui-ci et le poteau, on plaçait une pièce en hêtre, et le tout était fortement serré avant le placement des tire-fond.

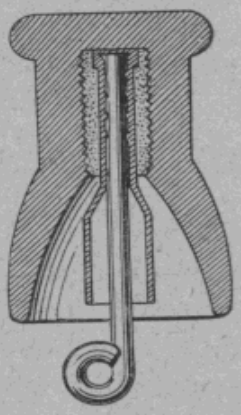


Fig. 512.

Isolateurs danois. — Le modèle de 1865 comprend une double cloche en porcelaine (fig. 513); la tête est entaillée d'une fente diamétrale, permettant d'introduire le fil dans une cavité plus large, où il peut glisser librement; le fond

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cette cavité est à deux pentes, dont le sommet est légèrement arrondi ; le fil, reposant sur ce sommet, n'est ainsi en contact avec l'isolateur que sur une surface très restreinte.

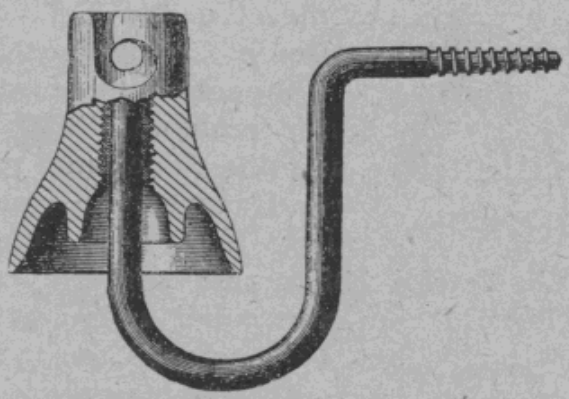


Fig. 513.

L'isolateur d'arrêt (1875) est également une double cloche, à l'intérieur de laquelle est scellée une tige en fer galvanisée, terminée en forme de T (fig. 514) ; de chaque côté sont articulées deux pièces de fer qui, rabattues, forment mâchoire, et serrent fortement le fil contre la partie inférieure de la tige. L'isolateur est supporté par un collier, formé par la réunion de deux demi-anneaux en fer, assemblés par des écrous. L'un de ces demi-anneaux se termine par une plaque concave fixée au poteau à l'aide de trois tire-fond.

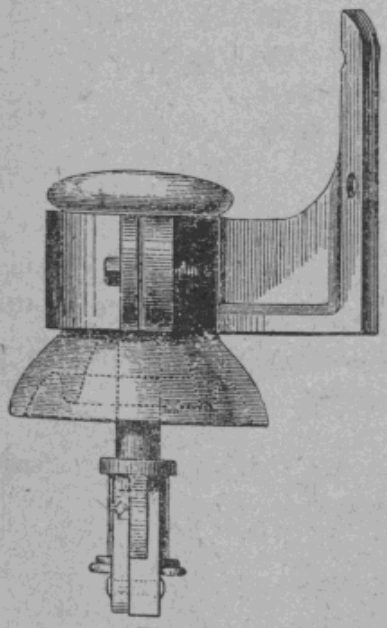


Fig. 514.

Isolateurs hollandais. — L'isolateur blindé (1850) est formé d'une cloche en ébonite, monté sur une console en S, et recouverte par une seconde cloche, en fonte (fig. 515) ; la tête de celle-ci est fendue d'une entaille dans laquelle on pose le fil ; une clavette est ensuite introduite dans deux trous percés transversalement dans la partie supérieure de la cloche en fonte.

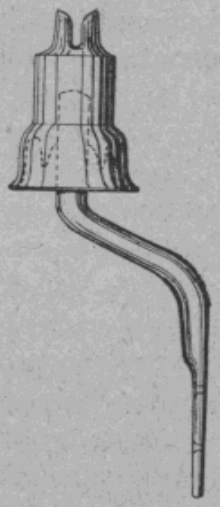


Fig. 515.

L'isolateur de modèle courant (1855) comprend une petite cloche en porcelaine portant un champignon fendu diamétralement (fig. 516) ; au-dessous du champignon se trouve une gorge,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ménagée entre deux saillies : le conducteur est posé dans la fente et arrêté à l'aide de fil à ligature, qu'on enroule ensuite dans la gorge.



Fig. 516.

On peut citer encore : l'isolateur à double cloche en porcelaine (1860); la tête est entaillée d'une fente rectiligne; un trou transversal permet de maintenir le fil à l'aide d'une clavette. L'isolateur est monté sur une console en S (fig. 517); un autre modèle, également à double cloche, en porcelaine, est soutenu par une tige verticale, terminée par un pas de vis. La tige est maintenue par un écrou sur un bras horizontal, porté par une patte qu'on fixe au poteau à l'aide de trois tire-fond.

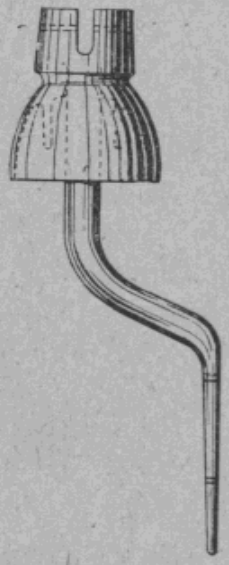


Fig. 517.

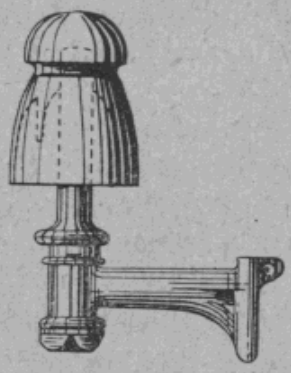


Fig. 518.

Isolateurs italiens. — On utilisa, en 1850, une cloche en porcelaine ou en grès vernissé (fig. 519) dans laquelle est scellé un crochet, et entaillée d'une gorge horizontale; dans cette gorge, se place une bride servant à fixer l'isolateur sur une planchette.

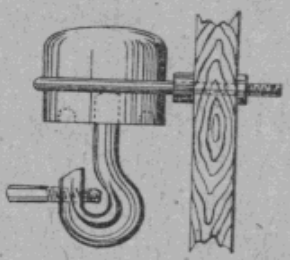


Fig. 519.

Le tendeur de la même époque est formé, en réalité, de deux tendeurs distincts rappelant, comme agencement, les tendeurs français (v. p. 483) et montés chacun sur une chape en fonte (fig. 520); l'une des chapes est prolongée par une tige filetée, traversant le poteau de part en part, et sur laquelle on visse la seconde chape. Le trou pratiqué dans le poteau est d'un diamètre supérieur à celui de la tige; celle-ci est soutenue par deux poulies en porcelaine, qui l'isolent complètement du poteau.

Sur les poteaux de raccordement, on utilisa, vers 1865, un support en fer, muni de deux bras, au bout de chacun desquels est scellée une cloche en porcelaine. Le brin du câble souterrain traverse le support de la petite cloche et sort par un tube

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ménagé à la partie médiane de celle-ci ; il va ensuite se raccorder au fil aérien, arrêté sur un champignon en porcelaine, occupant la partie centrale de la grande cloche.

L'isolateur employé à partir de 1880 consiste en une cloche

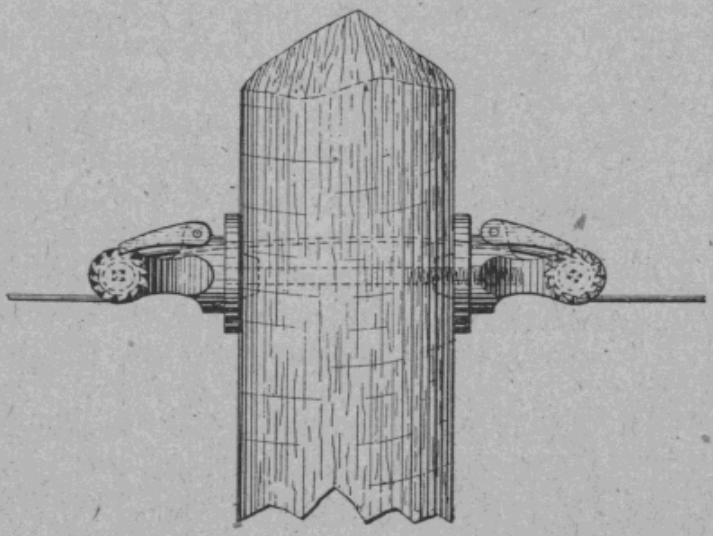


Fig. 520.

en porcelaine, dont la tête est fendue d'une rainure diamétrale, se prolongeant latéralement jusqu'à la gorge laissée entre la tête et la cloche (fig. 521) ; perpendiculairement à cette fente, deux autres rainures latérales relient également la tête à la gorge; ces entailles servent à loger le fil à ligatures, fixant le conducteur sur l'isolateur.

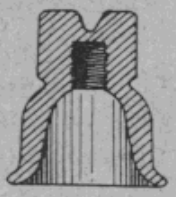


Fig. 521.

On fait usage actuellement de l'isolateur de Pantaléoni (1910) : double cloche en porcelaine avec champignon et oreilles, comme dans le modèle français (v. p. 486) mais celles-ci beaucoup moins hautes.

Isolateurs norvégiens. — L'isolateur-paratonnerre (1860) se compose d'une double cloche en ébonite, soutenue par un tube en laiton, A (fig. 522), mis en communication avec la terre par la console, C, et la vis, V, à laquelle est attaché le fil de terre. A l'intérieur du tube, A, se trouve un second tube, B, également en laiton mais isolé du premier ; entre les deux tubes est laissé un intervalle d'environ un millimètre, dans lequel l'air a été raréfié. Le tube, B, est fermé, à son extrémité supérieure, par un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disque métallique surmonté par une tige filetée, E; celle-ci porte un écrou, D; le fil de ligne est serré entre D et D'. A la partie inférieure, un tube de verre, *f*, protégé par un manchon métallique, F, permet de faire le vide. Les différentes pièces sont scellées ensemble à l'aide d'un mastic imperméable à l'air.

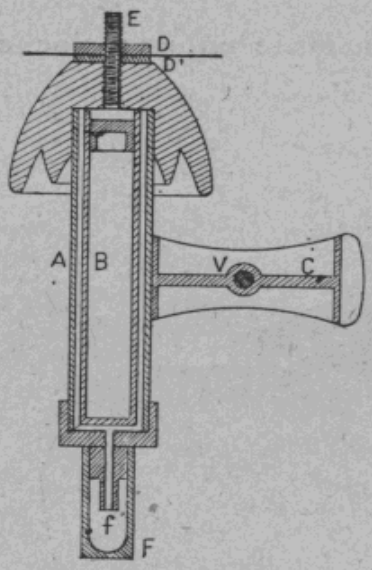


Fig. 522.

L'isolateur pour poteau de raccordement (1870) consiste en une double cloche en porcelaine, C (fig. 523), terminée par un manchon, M, et percée d'une ouverture centrale, A; à la partie supérieure est un bouchon mobile, en porcelaine, B. Le manchon, muni d'un bourrelet, est implanté dans une console à collier, D, fixée au poteau. L'extrémité du brin souterrain est introduite dans l'ouverture, A, et dans le trou du bouchon, B; un toron de chanvre vient bourrer dans la partie inférieure évasée de A. On remplit ensuite l'intérieur d'un mélange de cire et de résine fondues, sur lequel on applique rapidement le bouchon, B; le fil de cuivre est ensuite soudé à l'extrémité du conducteur aérien.

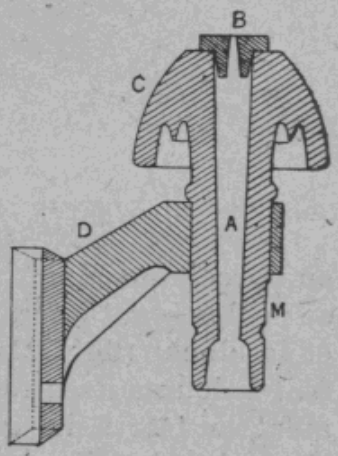
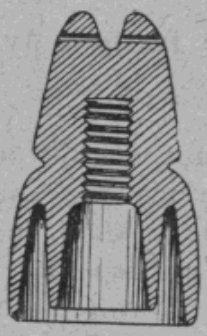


Fig. 523.

L'armature métallique du câble est soudée à un toron de 7 brins de fil de fer étamé, recourbé en œilleton et vissé à un paratonnerre protégeant le poteau.


Fig. 524.

Isolateurs russes. — L'isolateur de 1875 est à double cloche, en porcelaine (fig. 524); la tête est entaillée d'une fente; un trou, pratiqué de part et d'autre de cette fente, permet d'introduire une goupille, qui maintient le fil de ligne.

Celui de 1880 est également à double cloche, mais en ébonite, et surmonté d'une tête métallique (fig. 525);

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celle-ci est entaillée d'une fente diamétrale et d'une gorge circulaire, permettant de ligaturer le fil de ligne, placé dans la fente; console en S, à pas de vis.

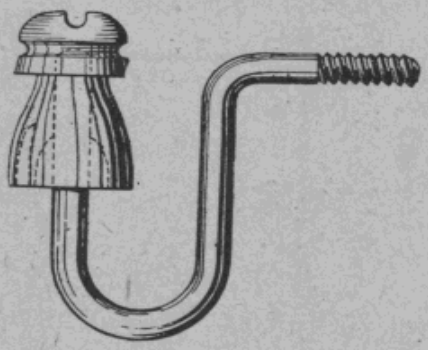


Fig. 525.

Isolateurs suisses. — Les principaux types originaux sont : une simple cloche en grès (1860) dont la partie supérieure est terminée par une sorte de bouton, portant deux saillies circulaires, entre lesquelles le conducteur est enroulé (fig. 526); puis une simple cloche en verre, surmontée d'une partie cylindrique, avec deux nervures circulaires laissant entre elles une gorge pour l'arrêtage du fil (fig. 527); enfin l'isolateur à double cloche en porcelaine (1870) dont la tête porte une fente diamétrale, redescendant latéralement (fig. 528).

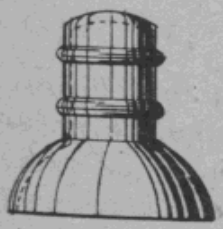


Fig. 526.

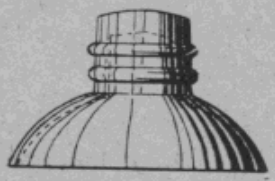


Fig. 527.

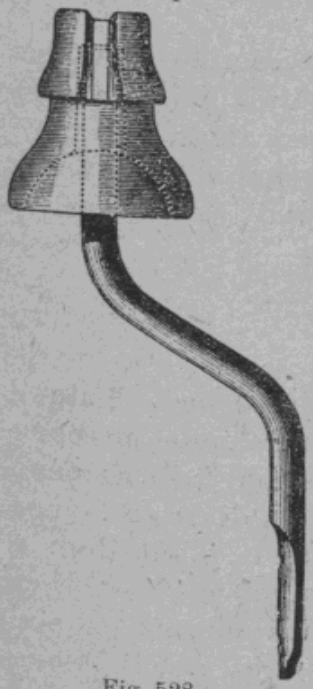


Fig. 528.

MATÉRIEL DE CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES

I. — *Matériel André.*

Potelet. — Le potelet pour les lignes urbaines, en façade (1889) est formé de deux fers en U, placés dos à dos, légèrement écartés l'un de l'autre par des entretoises en double T, rivées de mètre en mètre sur les montants (fig. 529). Les consoles sont fixées par serrage, au moyen de plaques munies d'oreilles, ce qui permet de régler, à volonté, leur écartement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Herse. — La herse, pour les lignes en toitures, comprend deux montants en fer réunis par des traverses, le tout construit d'après le même principe que le potelet; chaque traverse peut être armée de 12 isolateurs montés sur consoles droites; les différents modèles comprennent trois, quatre et cinq traverses.

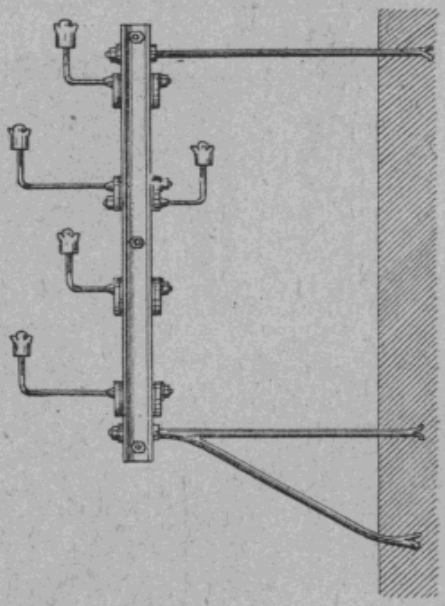


Fig. 529.

Tourelle. — La tourelle est constituée par la réunion de potelets André, solidarisés latéralement par des ferrures circulaires et, à la partie supérieure, par d'autres ferrures formant un cône, dont le sommet est muni d'un paratonnerre.

Pylône. — Le pylône est un tronc de pyramide, dont les bases ont respectivement 82 et 61 centimètres de côté; les quatre arêtes sont constituées par des fers en cornière, de 6 centimètres sur chaque face, 6 mm. 5 d'épaisseur et 2 m. 65 de hauteur, réunies par des entretoises en fer plat, sur lesquelles sont montées les consoles des isolateurs.

II. — *Matériel Lorain.*

Poteaux. — Les poteaux sont en sapin, injectés au sulfate de cuivre (v. p. 475); la tête est taillée en forme de cône, et recouverte d'une couche de peinture (ocre et huile) afin d'éviter la pénétration de l'eau de pluie ; le pied est protégé de diverses façons, suivant la nature du terrain dans lequel a lieu la plantation.

La hauteur des poteaux varie, entre 6 m. 50 et 15 mètres, suivant l'importance des lignes. Les lignes courantes sont généralement construites en poteaux de 8 mètres, ayant 11 centimètres de diamètre à la tête et 18 à la base.

Traverses. — Les traverses sont constituées par des tubes en fer, de section carrée, offrant une grande résistance sous un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poids réduit; le côté extérieur est de 45 millimètres; l'épaisseur est de 4 mm. 5, pour la série destinée aux lignes principales, et de 2 mm. 5 pour les lignes secondaires. Leur longueur est de 1 m. 35 pour les lignes simples et de 3 m. 10 pour les lignes doubles, sur chemin de fer ou sur route.

La traverse est fixée au poteau par l'intermédiaire d'une plaque en fer portant deux brides à écrous, dans lesquelles on introduit la traverse et qu'on serre au moyen des écrous; la plaque est elle-même maintenue sur le poteau au moyen de deux boulons, qui le traversent de part en part (fig. 530); avant de serrer les boulons, on introduit, entre celle-ci et le poteau, une ferrure ou semelle (fig. 531) dont les bourrelets viennent s'appuyer fortement sur le bois, et s'opposent à tout mouvement horizontal de la plaque.

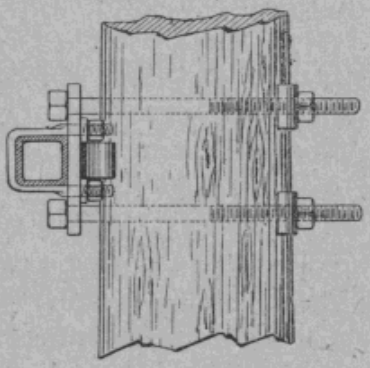


Fig. 530.

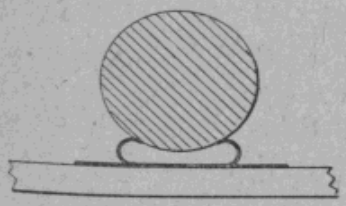


Fig. 531.

Console double. — Les consoles droites tendaient à imprimer aux traverses un mouvement de rotation, dans le cas d'efforts inégaux de part et d'autre; la *console double* (fig. 532) ne présente pas cet inconvénient; elle comprend deux parties, l'une rectiligne, l'autre recourbée; lorsque la console est montée, les isolateurs se trouvent à 40 centimètres l'un de l'autre, sur la même verticale. Les consoles sont fixées à la traverse au moyen de brides de serrage, à écrous, semblables à celles qui assujétissent la traverse sur sa plaque de fixation.

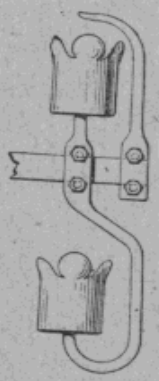


Fig. 532.

Console de garde. — La figure 532 montre une *console de garde*, qu'on place à l'extrémité des traverses, aux points où la ligne change de direction, afin de retenir les fils qui pourraient s'échapper de leurs isolateurs : on la place, par conséquent, du côté du centre de la courbe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Consoles de rotation. — La longueur d'une console (0 m. 40) est égale à l'écartement entre les consoles et, par suite, les quatre fils de deux consoles voisines occupent les quatre angles d'un carré. Pour annuler complètement l'induction mutuelle de deux circuits, il suffit donc de placer leurs composants à deux sommets opposés de ce carré.

Les quatre fils envisagés forment ainsi un groupe qu'on garantit contre les influences des autres groupes en faisant exécuter à chacun des « rotations », ou permutations circulaires; en d'autres termes, chaque groupe de deux circuits forme une sorte d'hélice, et l'on assure l'anti-induction des uns par rapport aux autres en assignant à ces hélices des pas différents.

Les rotations sont faites par quarts de tour, exécutés dans l'espace de deux portées. A cet effet, le poteau intermédiaire entre ces deux portées présente, pour le groupe intéressé, un armement spécial (fig. 533) : de chaque côté d'une console double ordinaire, deux simples, appelées *consoles de rotation*. Si on prend comme point de départ la position de gauche de la figure 534, on voit que le circuit, aa', venant de l'appui précédent, se redresse vers la verticale, en passant sur la console médiane (fig. 533); le circuit, bb', se trouve sur les deux consoles de rotation, dans un même plan horizontal; le premier 1/8 de tour est accompli; le second le sera dans la deuxième portée et, arrivés au poteau suivant, le circuit, bb', sera sur la diagonale précédemment occupée par aa', et réciproquement.

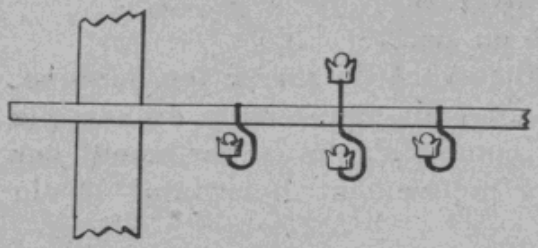


Fig. 533.

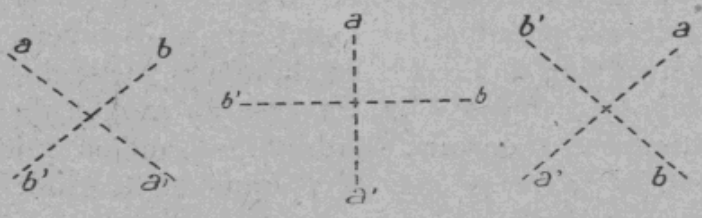


Fig. 534.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ligne simple. — Les traverses ont 1 m. 35 et portent, chacune, quatre consoles (fig. 535). L'écartement de 40 centimètres, indiqué plus haut, est porté à 50 centimètres pour les consoles situées à droite et à gauche du poteau, de manière à permettre aux ouvriers l'accès des nappes de fils.

La première traverse est fixée à 20 centimètres de la base du cône qui termine le poteau, les autres à un écartement de 90 centimètres.

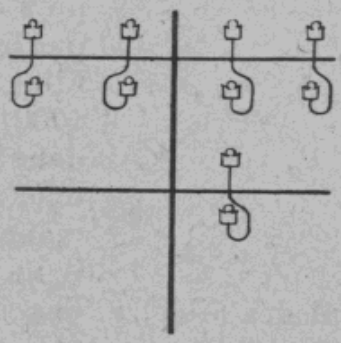


Fig. 535.

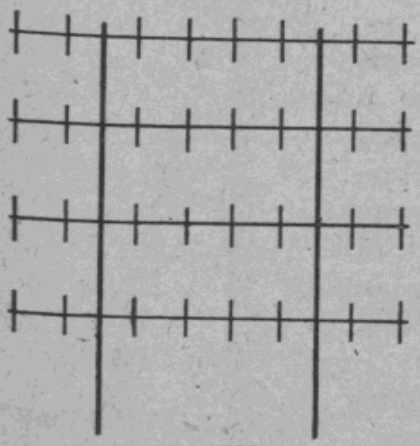


Fig. 536.

Ligne double. — Pour les lignes doubles, les poteaux sont plantés à 1 m. 70 l'un de l'autre; on les réunit par des traverses de 3 m. 10, sur lesquelles on place 8 consoles (fig. 536). L'écartement entre les traverses et entre les consoles est le même que pour les lignes simples.

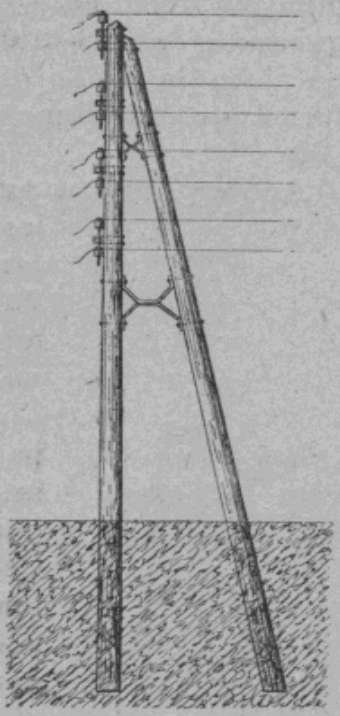


Fig. 537.

Tête de ligne. — Lorsqu'une ligne aérienne prolonge une ligne souterraine, les fils venant de la guérite arrivent, sur les consoles de la tête de ligne aérienne, sans tension appréciable et, par suite, ne contrebalancent pas le tirage exercé du côté opposé. On consolide alors les appuis à l'aide de *jambes de force*, disposées dans un plan parallèle à la nappe des fils (fig. 537).

Les jambes de force sont réunies aux poteaux par un boulon de tête et par des *entretoises en X*. Celles-ci (fig. 538) sont formées de deux fers en U, recourbés, rivés l'un à l'autre et fixés aux appuis par quatre boulons. Trois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

modèles de différentes grandeurs correspondent au placement près de la tête, à la partie médiane, et vers la partie inférieure; soumises à une traction de 800 kilogrammes pour la petite et la moyenne et de 1000 kilogrammes pour la grande, appliquée dans la direction BC, sur les trous de boulons, elles ne doivent pas accuser de déformation permanente; sous une charge de 1.200 kilogrammes il ne doit y avoir rupture, ni des ailes, ni des rivets.

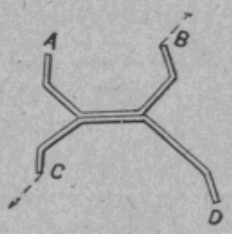
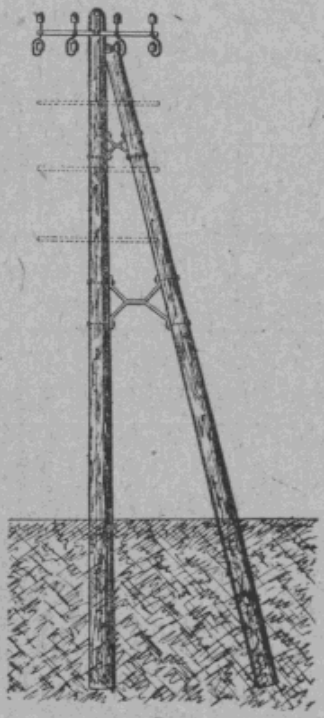
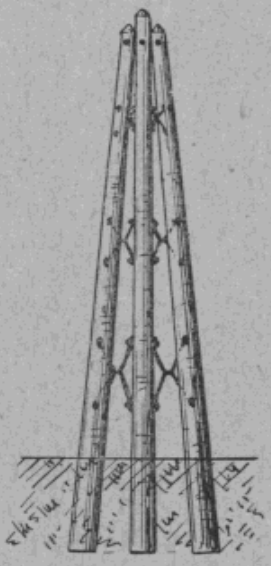


Fig. 538.

Poteaux avec jambe de force. — Lorsqu'une ligne change de direction suivant un angle peu aigu, on consolide à l'aide d'une jambe de force, réunie au pied droit à l'aide d'entretoises en X. On détermine la résultante des forces de tirage agissant, de part et d'autre, sur l'appui, et on place la jambe de force dans le plan formé par cette ligne et le poteau (fig. 539).


Fig. 539.

Accouplement en pyramide. — Dans les bifurcations importantes, on consolide à l'aide de deux jambes de force, disposées suivant un mode appelé *accouplement en pyramide*, parce que le poteau et ses deux soutiens représentent assez les arêtes latérales d'une pyramide triangulaire (fig. 540). Cet assemblage est également recommandable lorsqu'en outre de la bifurcation, on a des portées inégales de part et d'autre; en effet, dans ces conditions, la résultante des efforts et, par suite, le plan à consolider, varient avec la température : plus celle-ci est basse, par exemple, plus ce plan se trouve rejeté du côté de la petite portée. Une jambe de force unique ne pourrait donc être placée que dans un plan correspondant à la


Fig. 540.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

température moyenne du lieu, et se trouverait dans de mauvaises conditions aux températures extrêmes. Avec l'assemblage en pyramide, il suffit que les deux plans, dans lesquels on place les deux jambes de force, correspondent, l'un à la température maxima et l'autre à la température minima.

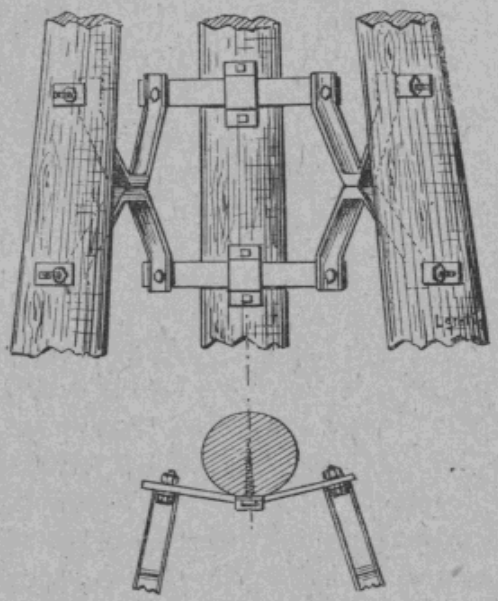


Fig. 541.

Les jambes de force sont réunies au poteau par l'intermédiaire d'une bande de fer plat (fig. 541) légèrement coudée en son milieu, et maintenue sur le poteau par un étrier, fixé lui-même par deux tire-fond; les entretoises en X viennent s'appuyer sur les deux extrémités de cette *entretoise plate*, à laquelle elles sont rattachées par des boulons. On l'utilise également au sommet de la pyramide, où les jambes de force se fixent directement sur l'entretoise plate par les boulons de tête.

Lignes en toiture. — Les traverses sont supportées par des montants verticaux, en tube carré, de 70 millimètres de côté et de 4, 5, 6 ou 7 mètres de longueur. Les traverses, également en tube carré, ont 35 millimètres de côté; leur longueur est de 1 m. 05 pour les lignes simples et de 2 m. 30 pour les lignes doubles. L'assemblage se fait de la façon suivante (fig. 542) : on fixe d'abord sur le montant, au moyen de deux grandes brides, une équerre, EE, qui sert de soutien à la traverse; celle-ci est fixée à l'équerre par deux brides, Br, du même modèle que celles employées pour les consoles.

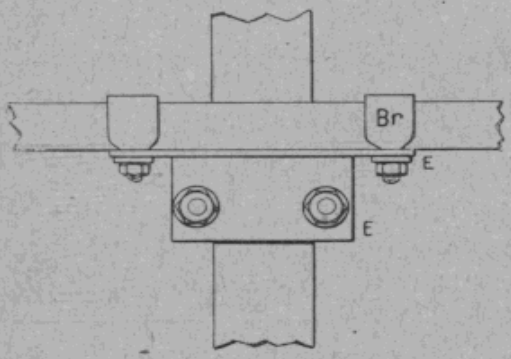


Fig. 245.

Pour les appuis de ligne courante, les consoles sont de même forme que celles des lignes sur route et chemins de fer,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(v. p. 501), mais leurs dimensions sont telles que la distance entre les deux isolateurs est réduite à 0 m. 25. Pour les têtes de lignes, on emploie des consoles du modèle représenté par la figure 543, où les deux isolateurs sont dans un même plan horizontal; elles se montent par serrage, comme les précédentes, au moyen de brides.

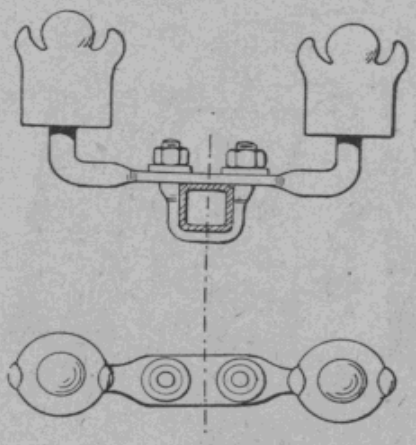


Fig. 543.

Le montant est fixé sur le pignon au moyen de tiges à scellement avec collier (fig. 544); une tige est constituée par deux fers, TT, juxtaposés; un demi-collier mobile, E, rattaché aux fers à l'aide des boulons, B, assure le serrage convenable du tube.

La partie inférieure du potelet est soutenue par un étrier (fig. 545), reposant sur des boulons, qui empêche tout glissement. Lorsque le montant doit être fixé sur

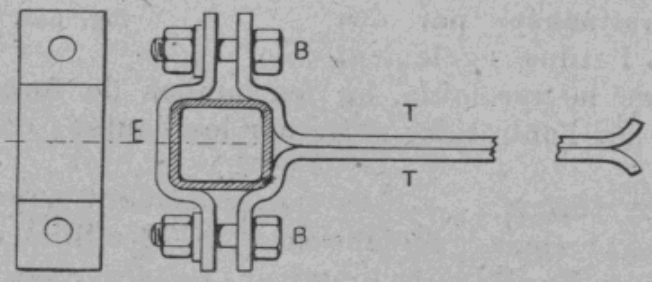


Fig. 544.

une charpente en bois, on utilise simplement les demi-colliers, avec deux boulons ordinaires. Le montant est coiffé d'un obturateur, qui s'oppose à l'introduction de l'eau; des échelons, fixés à l'aide de brides, permettent d'accéder aux nappes de fils; enfin, à la partie inférieure, une petite collerette empêche les infiltrations dans le toit.

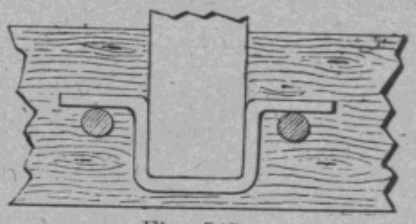


Fig. 545.

La traverse supérieure est placée à 2 centimètres du sommet du montant (fig. 546); les traverses sont écartées de 0 m. 50; les consoles sont à 0 m. 25 les unes des autres et aussi du montant, ce qui réserve, comme pour les grandes lignes, une cheminée de 0 m. 50 pour l'accès aux nappes de fils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lignes en façade. — Pour les lignes en façade, on emploie des potelets en tube carré, de 45 millimètres de côté extérieur, dont la longueur varie entre 0 m. 25 et 3 m. 10. On y fixe des consoles doubles, à branches inégales (fig. 547) dont la patte présente une partie deux fois coudée, qui s'applique sur le potelet; ces consoles se montent par paires; elles sont réunies entre elles et serrées sur le potelet par deux boulons. Lorsqu'il y a lieu de ne placer qu'une seule console, la seconde est remplacée par une ferrure en forme de patte, et l'assemblage se fait comme pour une paire.

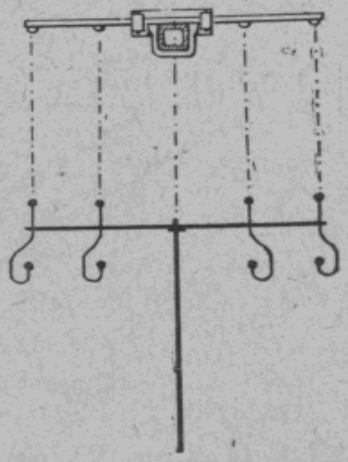


Fig.546.

Le potelet est supporté par une ou plusieurs tiges en tube carré, de 45 millimètres de côté et de longueur variable; ces tiges sont terminées, d'un côté, par une patte à scellement, de l'autre par un dispositif comprenant deux flasques, H, H (fig. 548), fixés latéralement sur la tige par deux boulons, *h*, *h*.

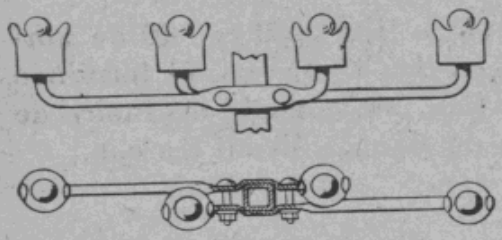


Fig. 547.

La consolidation est réalisée à l'aide de jambes de force, en

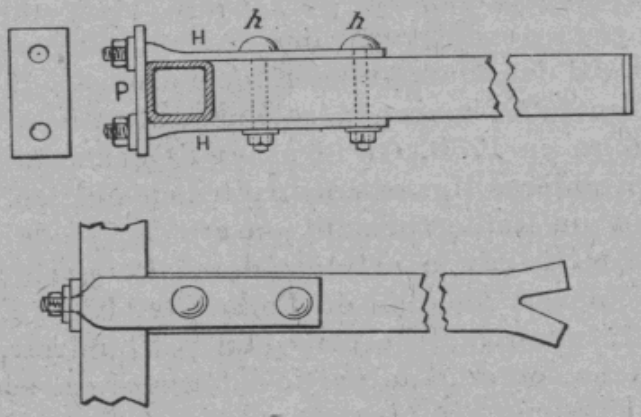


Fig. 548.

tube de même profil que les tiges, et avec flasques (fig. 549); le dispositif est, en principe, identique au précédent, à cela

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

près que les flasques sont coudés, pour que leur partie terminale se présente verticalement, et permette le serrage de la plaque, P.

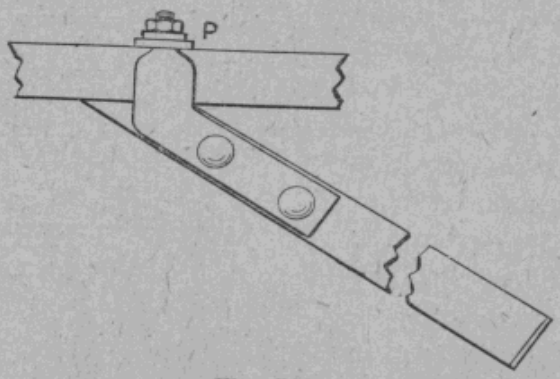


Fig. 549.

L'écartement des isolateurs d'une même console étant de 0 m. 40, il s'ensuit que, lorsqu'on a assemblé deux consoles, les fils se trouvent à 0 m. 20 les uns des autres (v. fig. 547); les étages sont espacés de 0 m. 20, de sorte qu'un petit poteau de 0 m. 25 peut recevoir 8 fils; celui de 1 m. 50 avec 8 étages, soutient 32 fils ou 16 circuits.

Entrée de poste d'abonné. — Une tige de 0 m. 40 de longueur, en tube identique aux tubes des traverses, et terminée par une patte à scellement. On y fixe une console ordinaire de traverse ou une console pour tête de ligne, suivant les cas.

OUTILLAGE ET OBJETS DIVERS

Sextant, de Hurlimann (1855). — Cet instrument permet à un opérateur en marche, ou participant au mouvement d'un bateau, de mesurer exactement des angles, à la seule condition de le maintenir d'une main suffisamment assurée. Il fut imaginé par Newton, en 1699, mais généralement attribué à Hadley, qui en construisit un en 1730. On fit usage de sextants pour établir le tracé des premières lignes construites en France.

Il comprend un limbe formant un arc de 1/6 de cercle (d'où son nom) et dont le rayon extrême de droite porte une lunette, placée parallèlement au plan du limbe (fig. 550); l'axe optique de cette lunette aboutit au centre d'un petit miroir, fixé sur le rayon de gauche, et dont la partie inférieure est seule étamée. Au centre de l'instrument pivote une alidade, terminée à l'avant par un vernier; le zéro de ce vernier se trouve sur le même rayon qu'un second miroir.

Pour déterminer l'angle compris entre deux points, on dirige

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la lunette vers l'un d'eux jusqu'à ce qu'on l'aperçoive dans la partie non étamée du miroir de gauche, puis on déplace l'alidade de manière que l'image du second, réfléchie par le miroir médian, soit vue dans la lunette, sur la partie étamée du premier miroir; on manœuvre alors la vis micrométrique, qui commande l'alidade, jusqu'à ce que les deux images coïncident exactement; l'angle cherché est indiqué par la division du limbe en face de laquelle se trouve le zéro du vernier; une petite loupe, montée sur un bras articulé, facilite d'ailleurs la lecture.

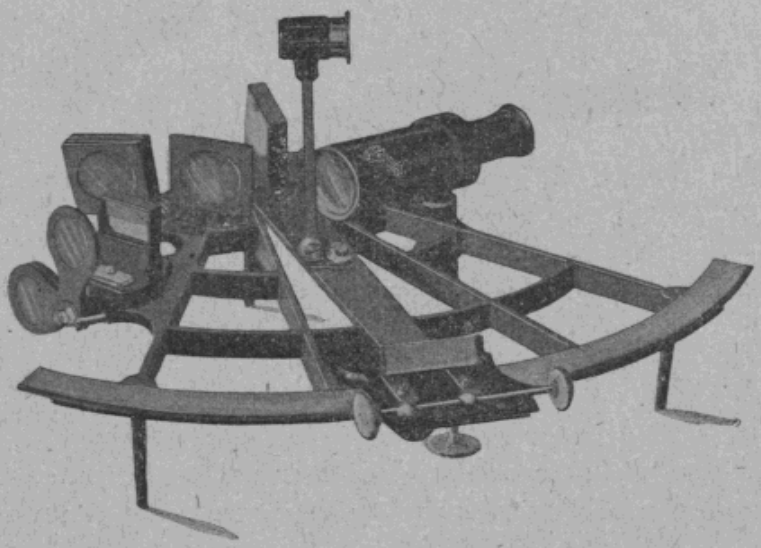


Fig. 550.

L'instrument est complété par deux jeux de verres colorés de teintes graduées, enchâssés dans des supports articulés, et qu'on peut interposer entre chacun des miroirs et les objets visés, pour atténuer l'intensité lumineuse.

Graphomètre, de Brunner (1860). — Un plateau horizontal porte une boussole et deux lunettes (fig. 551); l'une de celles-ci est fixe et munie d'un niveau d'eau; l'autre, mobile dans un plan vertical, pivote autour du centre d'un limbe circulaire divisé en 400 grades. La colonne, qui supporte le plateau, est solidaire d'une plaque horizontale, portant deux verniers, susceptibles de tourner concentriquement à une couronne circulaire, divisée également en grades.

Les mesures dans le plan horizontal s'exécutent à l'aide de la lunette fixe, en visant successivement les deux points et en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lisant sur la couronne inférieure l'angle de déplacement. La lunette mobile sert à mesurer les angles situés dans un plan

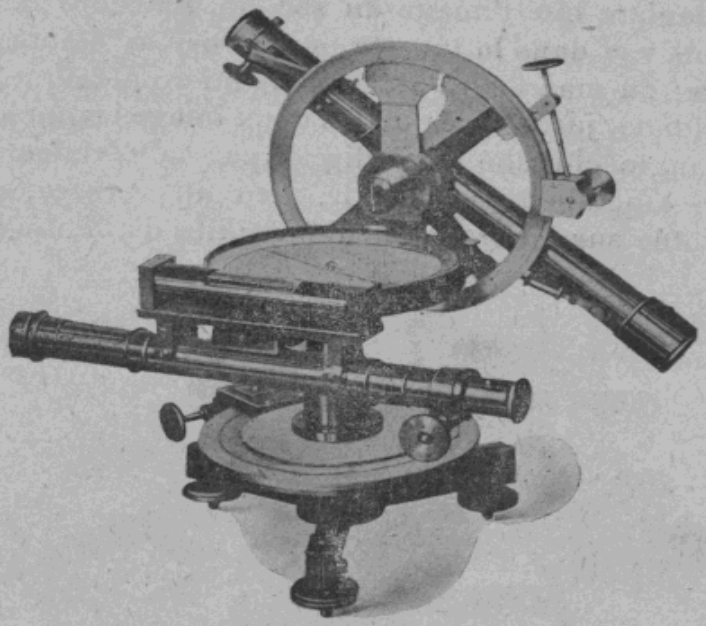


Fig. 551.

vertical. Des vis micrométriques permettent d'amener rigoureusement l'une et l'autre lunettes dans la direction voulue.

Etriers. — Ces instruments permettent aux ouvriers de grimper aux poteaux et de s'y maintenir pendant le travail ; celui que représente la figure 552 (1860) est formé d'une torsade de gros fils de fer portant l'étrier proprement dit, également métallique ; à l'autre extrémité de cette tige est attachée une corde de chanvre, qu'on enroule autour du poteau et qu'on noue ensuite.

Dans le modèle de 1865, un cordage est tressé de manière à former, à l'une de ses extrémités, une boucle triangulaire, qui soutient l'étrier (fig. 553) ; celui-ci est constitué par une planchette de bois, percée de deux trous, dans lesquels passe la corde. A l'autre bout de celle-ci est attaché un anneau en fer ; on enroule la corde autour du poteau, puis on y accroche l'anneau, de manière à former une sorte de nœud coulant, qui se serre sous le poids de l'homme.

L'étrier à griffes (1875) consiste en une couronne circulaire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en acier, dont les deux moitiés peuvent se séparer l'une de l'autre ou se replier à volonté (fig. 554) : sur le diamètre perpendiculaire à celui des charnières se trouvent les étriers

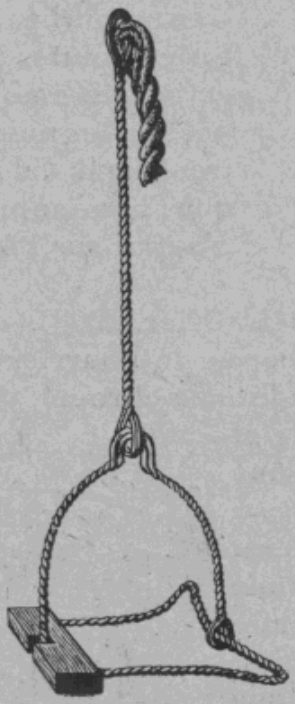


Fig. 552.

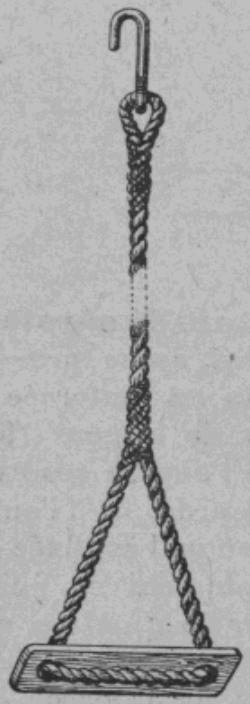


Fig. 553.

proprement dits, formés chacun d'une pièce en acier, sur laquelle on pose le pied, et d'une courroie serrée au-dessus. Aux points de jonction entre les étriers et la couronne, se trouvent trois fortes pointes qui, sous le poids de l'homme, s'enfoncent dans le poteau.

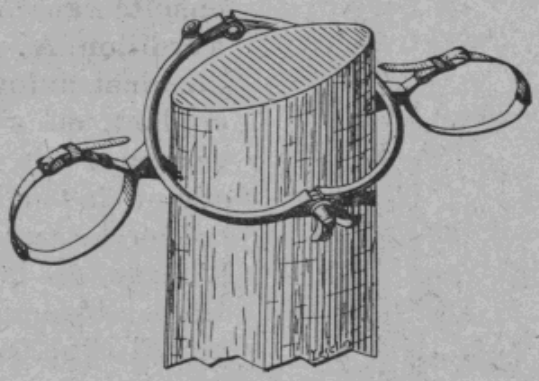


Fig. 554.

Il en est de même avec l'étrier à éperon (1875) : le pied est maintenu dans l'étrier par une courroie; une tige en acier, qui supporte l'étrier, est munie d'une pièce de cuir qui, serrée à l'aide de courroies, entoure la jambe de l'homme; enfin, au niveau de l'étrier, la tige porte une forte pointe, formant éperon, et qui, pénétrant dans le bois, procure un point d'appui solide.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, dans le dernier modèle (1885), l'étrier, fixé au pied par une courroie, est prolongé à l'avant par une tige recourbée, armée de fortes pointes (fig. 555); cette tige embrassant le poteau, les pointes pénètrent dans le bois lorsque l'homme prend point d'appui sur l'étrier.

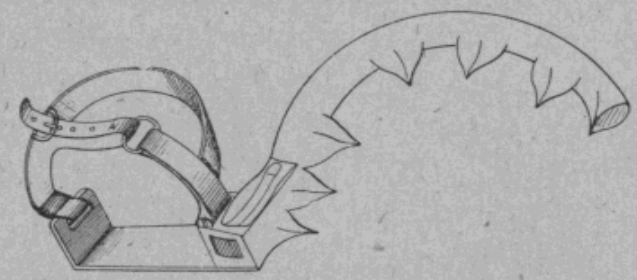


Fig. 555.

Ceinture de sûreté, de Ravasse-Luillier (1903). — Ceinture de cuir, C, assez large pour que le corps de l'ouvrier soit bien maintenu, et renforcée d'une bande de cuir chromé, de 3 centimètres de largeur (fig. 556); celle-ci porte, à l'une de ses extrémités, A, une boucle à ardillon, à l'autre, D, un anneau de fer, auquel est fixée une forte lanière, DE, également en cuir chromé, d'une longueur de 2 mètres, environ. Sur cette lanière peut glisser un anneau mobile, F; après avoir passé la lanière autour du poteau, on enfile son extrémité libre dans la seconde partie de l'anneau mobile, F, et on l'arrête ensuite dans la boucle à ardillon, A. On forme ainsi, autour du poteau, une sorte de nœud coulant, qui s'oppose, tout à la fois au renversement de l'ouvrier, par suite de bourrasque ou de vertige, et à sa chute verticale, dans le cas de rupture ou d'abandon des étriers. L'usage de la ceinture laisse, en outre, les mains absolument libres pour l'exécution du travail (fig. 557). Le sac à outils peut être suspendu entre les parties A et B de la ceinture.

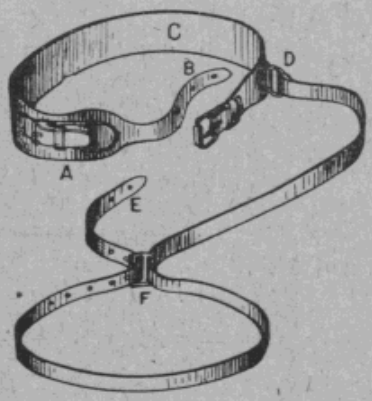


Fig. 556.



Fig. 557.

Moufle (1860). — Chape en fer, portant trois petites poulies et munie d'un crochet; deux pièces sem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blables sont réunies par un cordage qui, attaché à l'une d'elles, passe sur les six poulies et laisse un bout libre; en tirant sur celui-ci, on tend à rapprocher les deux chapes. On rattache l'une au poteau, le crochet de l'autre est introduit dans l'anneau d'une mâchoire à tendre (v. plus loin) dans laquelle est serré le fil; on intercale éventuellement un dynamomètre, pour déterminer avec exactitude la tension obtenue.

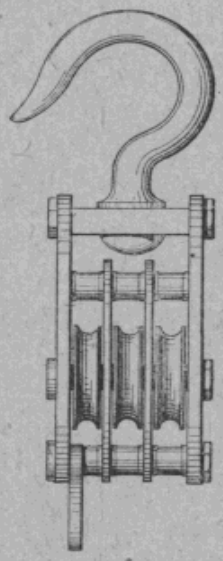


Fig. 558.

Pince-étau. — L'outil employé en 1850 est une pièce en acier, dans laquelle passe une tige filetée dont la tête est traversée par une barrette; lorsqu'on visse la tige, en agissant sur la barrette, la partie inférieure vient s'appuyer sur l'enclume, entaillée d'une gorge, dans laquelle est placé le fil à serrer.

La pince-étau de 1860 comprend deux mâchoires articulées l'un sur l'autre et montées sur un manchon en bois; un écrou permet de les rapprocher et de serrer ainsi le fil placé entre elles.

Enfin, celle de 1870 consiste en une longue pièce en acier (fig. 559) à la partie médiane de laquelle est articulée une autre

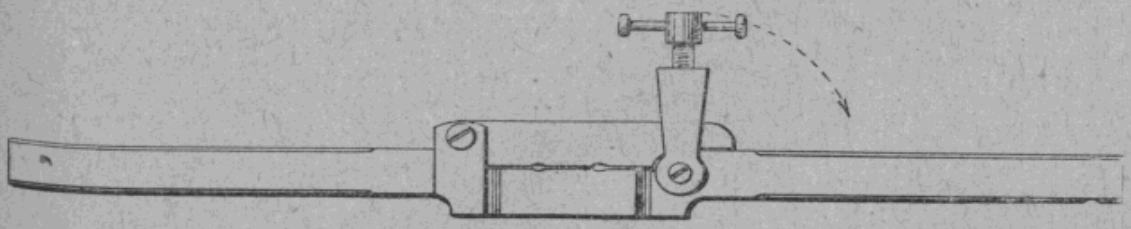


Fig. 559.

pièce, formant étau, et qu'on serre à l'aide d'une vis passant dans un étrier; elle permet d'immobiliser deux extrémités de fils à raccorder et de les torsader ensemble.

Mâchoires à tendre. — Un premier modèle, datant de 1855 est construit sensiblement comme une pince-étau, dans laquelle est serré le fil à tendre (fig. 560); elle est, en outre, munie d'un anneau, qui permet de la rattacher à une moufle.

La figure 561 représente un second modèle de la même époque :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un manchon tronconique, ouvert sur toute sa longueur et ter-

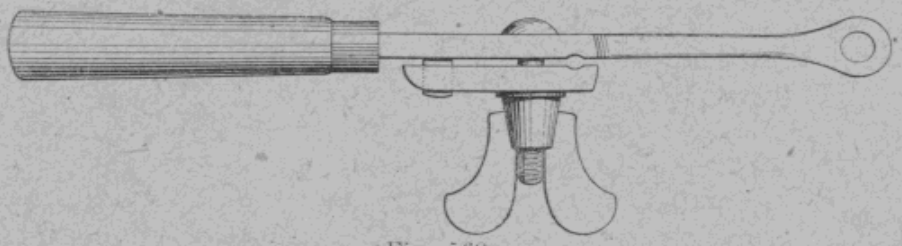


Fig. 560.

miné par un anneau ; le fil est introduit dans le manchon, puis

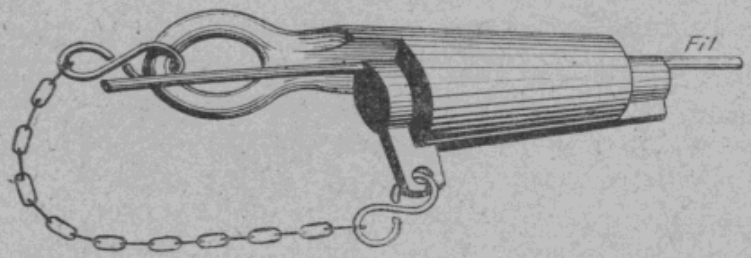


Fig. 561.

coincé à l'aide d'une sorte de bouchon en acier, portant une nervure, et qui s'engage dans la fente du manchon.

Dans la mâchoire de 1865 (fig. 562), le fil est introduit entre deux pièces articulées réunies par un maillon à un anneau commun ; l'effort de traction, exercé sur l'anneau par la moufle, tend à rapprocher ces pièces et détermine le serrage.

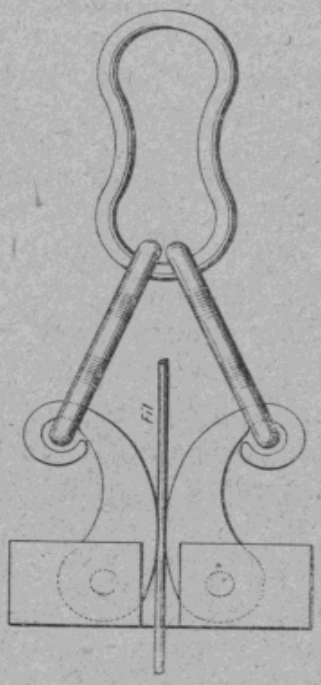


Fig. 562.

Celle de 1870 (fig. 563) se compose de six pièces en fer, articulées les unes sur les autres ; l'une des pièces extrêmes constitue la mâchoire proprement dite, l'autre extrême porte un trou, où s'en-

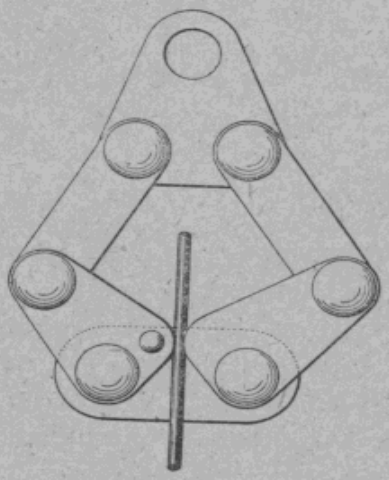


Fig. 563.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gage le crochet de la moufle ; comme dans le modèle précédent, les pièces articulées tendent à se refermer lorsque la moufle exerce une traction et le fil se trouve ainsi serré.

Dans le modèle suivant (1880), deux plaques de cuivre, matées, sont guidées par des pieds en acier (fig. 564). Une tige filetée, implantée dans la plaque de gauche, traverse librement celle de droite ; on les serre l'une contre l'autre à l'aide d'un manchon muni d'une manette, et qui taraude sur la tige.

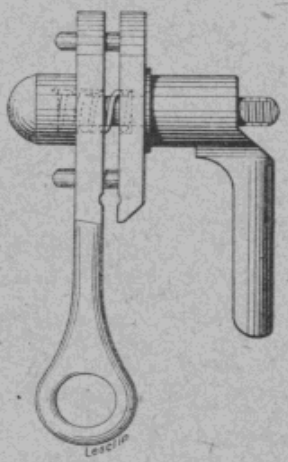


Fig. 564.

En 1885 on fit usage d'une plaque de fer, dans laquelle est percé un trou, permettant de l'accrocher à la moufle (fig. 565) ; à l'extrémité opposée à ce trou, se trouve un écrou à oreilles, à l'aide duquel on fait tourner un galet excentrique, de manière à serrer le fil entre ce galet et un épaulement situé de chaque côté.

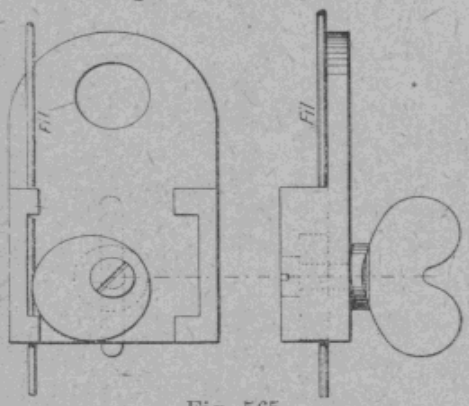


Fig. 565.

Enfin la mâchoire à tendre de Maufroy (1890) comprend deux pièces d'acier articulées, qu'un écrou à oreilles tend à rapprocher l'une de l'autre (fig. 566). Lorsqu'on serre cet écrou, la pièce supérieure, s'abaissant vers l'avant, se relève à l'arrière et vient pincer le fil sur une longueur de plusieurs centimètres.

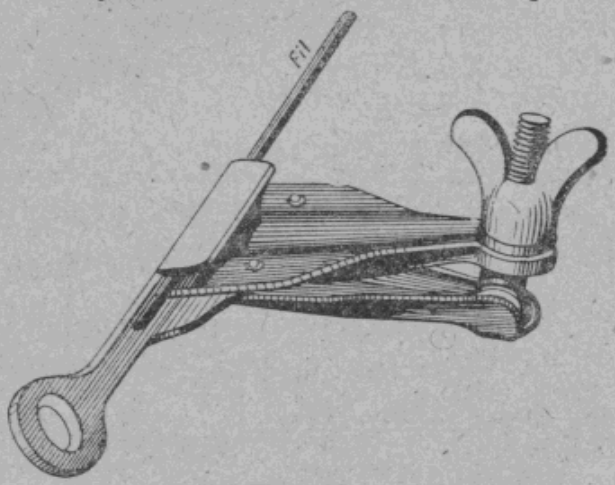


Fig. 566.

Crochet à torsader (1860). — Utilisé pour les fils de petit calibre ; les deux brins à raccorder sont rapprochés et l'un d'eux est recourbé à angle droit ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'autre, resté rectiligne, est introduit dans la partie arrondie de l'outil, tandis que la première est engagée dans une entaille pratiquée sur le côté. On tourne ensuite l'instrument, de manière que le premier brin s'enroule sur le second.

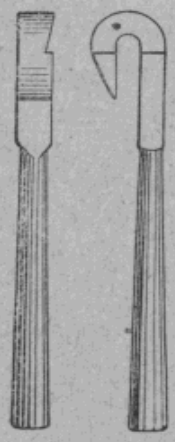


Fig. 567.

Dynamomètres. — Le dynamomètre d'Arnheiter (1845) se compose d'un secteur à deux graduations et à deux aiguilles, l'une pour mesurer les pressions, l'autre pour les tirages; les efforts sont exercés sur une pièce oblongue, en acier, qui commande les aiguilles.

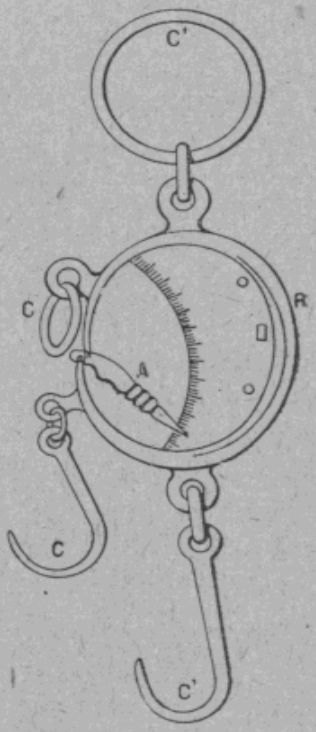


Fig. 568.

On emploie maintenant le peson-dynamomètre : un ressort plat, R, en acier (fig. 568) recourbé en forme d'ellipse, et dont l'épaisseur va en diminuant du milieu aux extrémités; celles-ci sont articulées sur une forte aiguille métallique, A, mobile devant un cadran gradué sur ses deux faces; deux crochets et deux anneaux permettent d'insérer l'instrument entre la moufle et la mâchoire à tendre : on fait usage du crochet et de l'anneau, CC, qui se trouvent près des extrémités du ressort, R, pour mesurer la tension des fils de diamètre moyen, et on lit celle-ci sur l'une des faces du cadran, gradué de 0 à 80 kilogrammes. Pour les fils de très gros diamètre, on emploie l'anneau et le crochet C' C' : on lit les tensions sur l'autre face du cadran, qui porte la graduation de 0 à 250 kilogrammes.

Manchons de raccordement. *Manchon de Vallée* (1855). — Petite pièce creuse, en cuivre, ouverte sur le dessus et



Fig. 569.

percée, à ses deux extrémités, d'ouvertures cylindriques dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lesquelles on introduit les deux bouts de fil à raccorder (fig. 569); ceux-ci sont torsadés ensemble, puis la cavité est remplie de soudure.

Manchon de Weiller (1860). — Tube de cuivre dans lequel on introduit les fils à raccorder (fig. 570), deux trous, percés

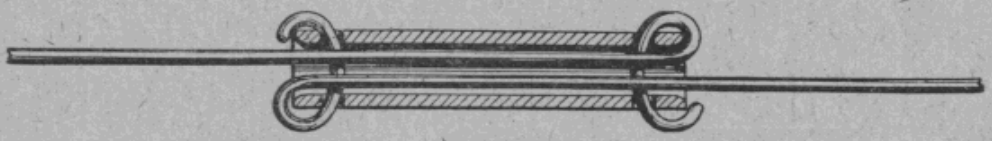


Fig. 570.

aux extrémités, permettent de passer les deux bouts du fil et de former une sorte de nœud, qui s'oppose à l'arrachement.

Manchon de Pépin-Malherbe (1862). — Deux blocs creux, de section carrée, emboîtés l'un sur l'autre et à l'intérieur desquels est enfermée la torsade préalablement faite (fig. 571).



Fig. 571.

Manchon double (1864). — Deux manchons réunis par une tige et dans lesquels les fils sont soudés; ce dispositif permet éventuellement de refaire une soudure devenue mauvaise sans changer sensiblement le réglage de la tension du fil.



Fig. 572.

Manchon de Baron (1865). — Pièce en fer ou en cuivre (suivant la nature du fil) percée d'un trou longitudinal et

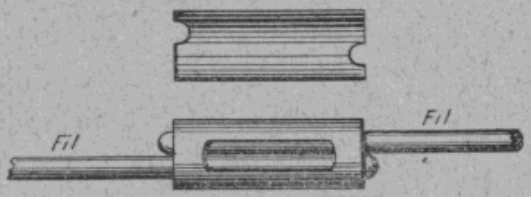


Fig. 573.

ouverte sur l'une de ses faces (fig. 573); on y introduit les deux bouts de fil, on les replie et on les rabat dans deux entailles,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pratiquées, à cet effet, aux deux extrémités du manchon; on coule ensuite de la soudure par l'ouverture. Divers modèles correspondent chacun à un calibre déterminé de fil conducteur.

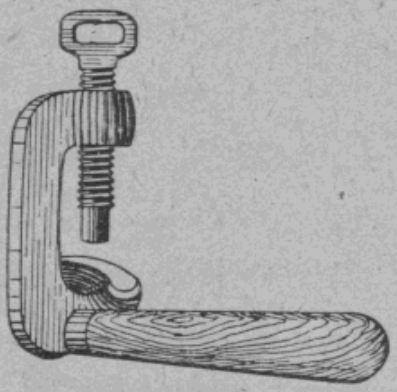


Fig. 574.

Fixe-manchon (1865). — Perpendiculairement au manche en bois est fixée une pièce en fer, en forme de C; l'extrémité inférieure porte un évidement, destiné à recevoir le manchon; dans la partie supérieure taraude une tige filetée, terminée par un anneau, et qui peut venir serrer le manchon placé dans l'évidement.

Tendeur pour hauban (1875). — Un cadre en fer, oblong, dont les extrémités sont traversées par des tiges filetées terminées chacune par un crochet; l'une des vis est taraudée d'un

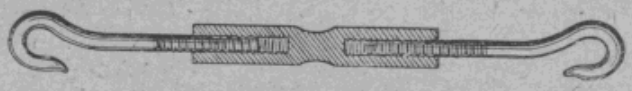


Fig. 575.

pas « à droite », l'autre d'un pas « à gauche », de sorte qu'en faisant tourner le cadre, les deux tiges rentrent ou sortent simultanément : on peut ainsi tendre à volonté le hauban, dont les deux parties sont attachées aux crochets.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXII

LIGNES SOUTERRAINES

Ainsi qu'il a été dit précédemment (v. p. 171), l'établissement de fils aériens ne sembla pas, tout d'abord, offrir les garanties désirables de sécurité et de stabilité, et les premières lignes télégraphiques furent souterraines. On se livra donc à une foule d'essais, tendant à la recherche du meilleur mode de construction de ce genre de lignes.

Francis Ronalds, en 1816, construisit une petite ligne destinée à expérimenter son télégraphe électro-statique (v. p. 49); elle était constituée par des fils de cuivre enfermés dans des tubes de verre, protégés eux-mêmes par une canalisation de bois goudronné.

En 1837, Cooke et Wheatstone établirent, entre Easton et Camden, une ligne formée de fils de cuivre recouverts de coton et de poix; ces fils étaient couchés dans des rainures, pratiquées dans des pièces de bois triangulaires mises bout à bout; des lattes de bois, clouées sur les faces latérales, protégeaient le tout. Quelque temps après, Wheatstone plaçait le fil conducteur à l'intérieur d'une corde de chanvre goudronnée, enfermée dans un tuyau de fonte.

Jacobi, en 1839, entourait les fils avec du mastic et les introduisait ensuite dans des tubes de verre.

Ces différents systèmes donnèrent d'abord de bons résultats : la conductibilité était excellente, les pertes nulles; mais, après quelque temps, l'isolement diminuait et les lignes étaient affectées de pertes tellement considérables qu'elles devenaient inutilisables.

Dès l'année 1845, on avait installé, à Paris, des communica-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions souterraines, placées dans les égouts; elles consistaient en cordes de chanvre, enduites de glu marine, et dont l'âme était un fil de cuivre; mais, au bout de quelques mois, la glu se fendilla et l'isolement des conducteurs devint défectueux.

On essaya de recouvrir de caoutchouc les fils de ligne : les résultats ne furent pas meilleurs, par suite de la décomposition du caoutchouc, qui attaque le cuivre et devient visqueux au point de couler, en laissant le fil à nu ou simplement recouvert d'un vernis résineux.

Werner Siemens tenta, en 1846, d'isoler les fils de cuivre en roulant autour de la gutta-percha, substance isolante qui venait de faire son apparition en Europe (1); l'imperfection des joints fut cause de mauvais résultats; toutefois, la question fit un grand pas lorsque Siemens inventa, en 1847, la première machine donnant une couche continue de gutta-percha, rendue plastique par la chaleur.

Ce mode d'isolement se répandit rapidement en Allemagne, en France et en Angleterre et, dès 1848, on construisait des lignes souterraines en plaçant les fils sous gutta dans un lit de sable, au fond d'une tranchée, ou encore dans des conduites en grès, en fonte ou en bois créosoté: les joints, insuffisamment étanches, permettaient à l'eau de pluie de pénétrer dans les conduites, ce qui occasionnait des pertes à la terre (2). Certains constructeurs essayèrent de plonger préalablement chaque fil dans un mélange de sable et de coaltar chaud, mais, pendant le séchage, les conducteurs se décentraient. Les meilleures lignes ainsi construites ne durèrent que quelques années, par suite de l'altération de la gutta-percha qui, en se desséchant, se fendillait, se résinifiait et laissait bientôt le conducteur à nu.

On essaya alors de réunir, en nombre variable, des fils sous gutta, pour en former des câbles, qu'on maintenait à l'aide d'un enroulement de filin goudronné ou d'un matelas de chanvre; puis on plaçait les câbles, ainsi constitués, dans des conduites, comme précédemment. Les résultats obtenus ne furent pas sensiblement meilleurs qu'avec les autres systèmes.

En 1852, on tenta d'introduire les conducteurs sous gutta-percha dans des tubes de plomb; on employait, à cet effet, des appareils aspiratoires; on passait ensuite les tubes dans une

(1) Zetzsche. *Handbuch der elektrischen Telegraphie*, Berlin 1877, t. I, p. 487.
(2) *Annales Télégraphiques*, 1860, p. 93.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

filière de bois, pour donner plus d'homogénéité à l'ensemble; mais cette dernière opération n'alla pas sans de nouveaux mécomptes, et l'on constata fréquemment des pertes dues à des contacts entre l'enveloppe de plomb des tubes et les brins métalliques conducteurs.

Cette suite d'insuccès devait nécessairement aboutir au développement de la construction des lignes aériennes, et l'on ne fit bientôt plus usage des lignes souterraines que dans les grandes villes, dans un but purement esthétique, ou encore dans des points particuliers tels que les passages à niveau des chemins de fer ou les tunnels. En 1853, l'Administration française renonçait même totalement à ce mode de construction, préférant établir des sections aériennes au-dessus des tunnels, dont la traversée s'était faite, jusque-là, au moyen de fils sous gutta, tendus le long des parois et protégés par l'un des dispositifs énumérés ci-dessus.

Pourtant, en 1855, cette même Administration entreprit de construire des lignes sous bitume (1). Cette substance très isolante, est fluide à une température peu élevée et acquiert, par le refroidissement, une grande dureté; elle est, en outre, sans action chimique sur les métaux. Un essai avait été fait, une dizaine d'années auparavant, à Gaillon, pour la traversée d'un passage à niveau; une vérification, effectuée après ce long laps de temps, avait permis de constater que les fils étaient encore parfaitement isolés; le bloc de bitume avait acquis une telle dureté que la pioche ne pouvait l'entamer.

Après divers essais, on adopta le mode de construction suivant : les conducteurs étaient constitués par des fils de fer galvanisés, de 4 millimètres de diamètre, convenablement tendus. Afin de maintenir entre eux l'écartement voulu, au moment de la coulée du bitume, on les guidait provisoirement à l'aide de *peignes* en fonte (v. p. 532) placés à 25 centimètres les uns des autres. Des planchettes de bois, disposées horizontalement et parallèlement aux conducteurs, formaient une sorte de caniveau, divisé par les peignes en cases de 25 centimètres de longueur, et reposant sur un lit de sable : on remplissait alors une case sur deux d'un mastic bitumineux, coulé à chaud, dont 100 kilogrammes comprenaient :

(1) Blavier. *Traité de Télégraphie électrique*. Paris 1867, p. 91.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Asphalte	58,75
Bitume épuré	7,25
Gravier très fin et lavé	34,00

Après refroidissement (deux heures environ), on enlevait les peignes, et on remplissait, de même, les cases intermédiaires : le mastic de la première coulée se réchauffait suffisamment, aux extrémités, pour se souder parfaitement à celui de la seconde; mais la partie médiane restait assez froide pour que l'écartement donné aux fils soit maintenu dans le bloc homogène, obtenu en définitive. Cet écartement variait, tout d'abord, entre 27 et 40 millimètres, suivant l'importance des lignes; le minimum fut ramené, un peu plus tard, à 17 millimètres.

Afin de ne pas donner aux blocs de bitume des dimensions exagérées, on en juxtaposait parfois plusieurs dans la même tranchée. Une ligne de cette sorte fut construite, en 1856, entre le Ministère de l'Intérieur et les chemins de fer de Rouen, du Nord et de l'Est; elle atteignait, en ce dernier point, une longueur de 14 kilomètres. Le prix de revient kilométrique, pour 10 conducteurs, pouvait osciller entre 6.000 et 7.000 francs.

L'isolement des lignes sous bitume laissait parfois à désirer : des matières terreuses, plus ou moins conductrices, incorporées accidentellement dans le mastic, des soufflures dans lesquelles de l'eau se trouvait emprisonnée, établissaient des mélanges et des pertes à la terre. Le bitume, au contact des fuites de gaz d'éclairage, était ramolli et s'effritait facilement; des défauts analogues se constataient dans les terrains calcaires. Pour toutes ces raisons, on renonça bientôt à construire des lignes sous bitume, et on orienta les recherches vers d'autres voies.

Dans cet ordre d'idées, on chercha à améliorer la fabrication des câbles sous plomb (1). L'usine Rattier, aux Ternes, produisit, vers la fin de l'année 1857, un modèle de câble qui réalisait un progrès appréciable sur ceux qui avaient servi, en 1852, aux premières tentatives. Les conducteurs étaient formés chacun d'un brin de cuivre rouge de 1 mm. 25 de diamètre, recouvert de deux couches de gutta-percha et d'un ruban de coton goudronné; cinq brins semblables étaient câblés ensemble autour d'un sixième fil nu, servant d'âme; le tout était main-

(1) *Annales Télégraphiques*, 1859, p. 13.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tenu par un double ruban en coton goudronné et introduit dans un tube de plomb, qu'on passait ensuite dans une filière en bois. Le câble était fabriqué par longueurs de 700 mètres ; les tubes de plomb ayant seulement 150 mètres, environ, cinq étaient nécessaires pour une unité de câble ; on les réunissait d'abord par un recouvrement d'environ 30 centimètres de l'un sur l'autre, et qu'on passait ensuite à la filière ; à l'extrémité de la jonction, on plaçait un petit anneau de fer, dans lequel le plomb était maté à froid ; un peu plus tard, on fit usage, pour le même objet, de manchons de formes et de dimensions variées (v. p. 547). Les câbles, placés bout à bout pour former une ligne, étaient réunis de la même manière ; au préalable, les conducteurs à raccorder étaient limés, juxtaposés, puis réunis par un petit fil de cuivre à ligature et enfin soudés à l'étain ; l'épissure était isolée à la gutta-percha, ramollie à l'aide d'un fer chaud, puis enveloppée de ruban goudronné.

L'isolement de ces câbles, meilleur que dans les expériences précédentes, laissait encore parfois à désirer ; le matage des bouts de plomb était fréquemment détérioré lors de l'enroulement puis du déroulement du câble ; on y remédia imparfaitement en recouvrant l'anneau ou le manchon d'une bande de caoutchouc, enroulée en plusieurs couches, et maintenue par du fil à ligature ; toutefois, l'on chercha à s'affranchir de la gaîne de plomb et l'on en arriva à expérimenter les lignes sous ciment (1).

Les propriétés isolantes du ciment ne sont pas aussi grandes que celles du bitume, mais il convient parfaitement comme moyen de protection des conducteurs ou des câbles sous gutta, en les garantissant contre les chocs et aussi contre le contact de l'air. Des lignes sous ciment avaient été établies, en 1851, sur de très petites longueurs, il est vrai, à Berne, à Fribourg et à Saint-Gall ; examinées, en 1857, par Blavier, elles avaient été trouvées en parfait état de conservation ; la première expérience, faite en France, eut lieu à Dijon, en 1859, sur une longueur de 1.250 mètres, séparant la gare du chemin de fer de la station télégraphique.

Les conducteurs étaient constitués par 4 brins de cuivre rouge, de un demi-millimètre chacun, et formant un toron,

(1) *Annales Télégraphiques*, 1859, p. 19.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

recouvert ensuite de deux couches de gutta-percha, puis d'un guipage de coton goudronné; plusieurs de ces conducteurs étaient ensuite câblés ensemble; le câble était recouvert d'un ruban goudronné, d'un guipage de coton goudronné, d'un second ruban goudronné et enfin d'un dernier guipage noir, non goudronné. Les rubans et enveloppes étaient préalablement injectés au sulfate de cuivre.

Dans les premières constructions, on fit usage de prismes en ciment, fabriqués à l'avance et présentant une série de cannelures destinées à recevoir les câbles; ceux-ci une fois placés, les prismes étaient recouverts par d'autres, formant couvercles et soudés aux premiers à l'aide de ciment pur. Plus tard, on renonça à cette préparation préalable, et la construction s'effectua de la façon suivante : sur un lit de sable fin, on formait une sorte de caniveau, à l'aide de règles en bois; les câbles étaient enfilés sur un calibre en bois, qui régularisait leur espacement, et qu'on faisait glisser au fur et à mesure de la coulée du ciment; celui-ci se figeant au bout de deux ou trois minutes, on emprisonnait ainsi les conducteurs dans un prisme continu et sans aucune soudure.

A côté de leurs avantages certains, les lignes sous ciment offraient quelques inconvénients; la recherche des dérangements était longue et coûteuse et, de plus, dans le cas où des changements de tracé devenaient nécessaires, elles ne pouvaient être déplacées, ce qui constituait une perte appréciable. C'est dans ces conditions qu'en 1860, on en revint aux câbles sous plomb, tout au moins pour le réseau de Paris : une ligne établie à cette date dans l'égout de la rue de Rivoli, était constituée par des conducteurs sous gutta, au nombre de 3, 5 ou 7, câblés ensemble à l'aide de ruban goudronné et enfermés dans des tubes de plomb; ces câbles étaient placés sur des crochets en fer galvanisé, en forme de fer à cheval, scellés tous les 80 centimètres à la partie supérieure de la voûte.

Afin de soustraire la gutta aux émanations de toutes sortes, et principalement à celles provenant des conduites de gaz d'éclairage, on s'efforça de raccorder les enveloppes de plomb d'une façon parfaitement hermétique : on effectua tout d'abord les soudures à l'aide de l'alliage de Darcet, dont le point de fusion est peu élevé et qui, par suite, ne risquait pas d'endommager la gutta.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un peu plus tard, pour la ligne de l'égout collecteur d'Asnières, on essaya un système de serrage à froid, combiné avec l'application d'un mastic durcissant à l'humidité et faisant corps avec l'oxyde de plomb qui recouvrait les tuyaux.

Lorsque les lignes souterraines ne pouvaient être établies dans les égouts, on les constituait par des câbles sous gutta, simplement enveloppés de coton goudronné; on les enfermait dans des tuyaux de fonte, placés au fond d'une tranchée de 1 mètre à 1 m. 50 de profondeur, et soigneusement raccordés à l'aide de bagues de plomb matées à froid. Tous les 50 mètres dans les alignements droits, et de chaque côté des angles, on plaçait des tuyaux d'un diamètre plus grand, pouvant glisser sur ceux de droite et de gauche, et formant manchons; on pouvait ainsi ouvrir la ligne pour la recherche et la réparation des dérangements; puis les manchons étaient hermétiquement fermés de la même manière que les conduites principales (v. p. 536).

Les lignes, ainsi établies, furent d'abord exclusivement urbaines; puis, les procédés de construction des câbles s'étant progressivement perfectionnés, on put bientôt songer à réaliser des lignes souterraines de quelque longueur; c'est ainsi qu'en 1868, une section souterraine de 28 fils fut établie pour amener au bureau central de Paris les fils venant des réseaux d'Orléans et de Lyon. De même, en 1871, on construisit une ligne de 14 fils entre Liverpool et Manchester, puis, en 1872, une de 21 fils entre Paris et Versailles.

En 1873, on commença la pose d'un réseau souterrain à grande distance, reliant Londres à Douvres, Birmingham, Manchester, etc., représentant 1.207 kilomètres de câbles et 8.656 kilomètres de conducteurs; ceux-ci étaient formés d'un brin unique de cuivre, sous gutta-percha. Les câbles, simplement recouverts d'une double couche de jute, et sans aucune protection extérieure, étaient placés, au fond d'une tranchée de 0 m. 60 de profondeur, dans une gouttière en bois créosoté, fermée ensuite par un couvercle. Ces lignes ne durèrent que cinq ou six ans et furent bientôt hors de service, principalement à cause du peu de profondeur de la tranchée, qui ne garantissait pas suffisamment la gutta-percha contre les influences extérieures; en outre, l'absence de tube de plomb ou d'armature avait laissé les câbles exposés aux détériorations au moment de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la pose, notamment lors du clouage du couvercle de la gouttière ; enfin les épissures entre les différentes câbles n'avaient pas été faites dans toutes les conditions de sécurité et de durée désirables.

L'Allemagne, qui commença son réseau souterrain à grande distance trois ans plus tard, en 1876, bénéficia de cette expérience et obtint de meilleurs résultats. Les conducteurs étaient formés d'un toron de sept brins de cuivre de 6/10 de millimètre de diamètre ; ils étaient recouverts de deux couches de gutta-percha, alternant avec deux couches de composition Chatterton. Sept âmes semblables, étaient réunies pour former un câble, puis recouvertes de chanvre goudronné ; enfin, le tout était protégé par une armature formée de 16 fils de fer galvanisés, de 4 millimètres de diamètre, qu'on recouvrait d'une couche d'asphalte au moment de déposer le câble dans la tranchée. Celle-ci avait un mètre de profondeur. La première ligne, de 170 kilomètres, fut construite entre Berlin et Halle, et constitua le prototype d'essai (1).

La contexture des câbles fut légèrement modifiée par la suite : les torons furent formés de sept brins de cuivre de 7/10 de millimètre ; on recouvrit les sept âmes d'une couche de jute imprégné de goudron, puis d'une armature de 15 à 24 fils de fer galvanisés, de 2,6 à 4 millimètres de diamètre ; cette armature était elle-même protégée par une première couche d'asphalte, puis par une enveloppe de jute goudronné et enfin par une seconde couche d'asphalte (2).

Au commencement de l'année 1881, le réseau souterrain allemand atteignait un développement de 5.463 kilomètres de câbles, correspondant à 37.372 kilomètres de conducteurs. Ceux-ci reliaient entre elles 221 villes ou places fortes de l'Empire.

Pour des raisons à la fois économiques et stratégiques, la France, à son tour, entreprit, en 1879, la construction d'un réseau souterrain à grande distance. Les âmes des câbles furent établies d'après trois types distincts, suivant leur destination ; on les désigna sous les abréviations de : M, G et GG, qui peuvent se traduire par : moyen, gros et très gros.

Le type le plus petit, M, est formé d'un toron de sept brins

(1) *Annales Télégraphiques*. 1878, p. 135.
(2) *Archiv für Post und Telegraphie*, 1877, t. IV.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cuivre de 6/10 de millimètre, recouvert de deux couches de gutta-percha.

Dans le type G, les brins élémentaires du toron ont 0 mm. 75 et, dans le type GG, 0 mm. 87; dans l'un comme dans l'autre, l'âme est recouverte de trois couches de gutta-percha.

La combinaison de ces trois types a permis de former les câbles suivants :

1° Câble M, recouvert d'un tube de plomb ou d'une armature de 10 fils de fer galvanisés de 4 millimètres.

2° Le câble MM, à deux conducteurs du type M, protégé par une armature de 13 fils de fer galvanisés de 4 millimètres.

3° Le câble MMG, à trois conducteurs, dont deux du type M et un du type G, recouvert d'un ruban tanné, pour le cas de pose en conduite, ou encore revêtu d'un tube de plomb ou d'une armature de 15 fils de fer de 4 millimètres. Pour la traversée des rivières, on le revêt de deux armatures, l'une de 18 fils de fer de 3 millimètres, l'autre de 18 fils de 5 millimètres. Les deux conducteurs, M, servent à relier deux centres peu éloignés l'un de l'autre et situés sur le parcours d'une communication plus longue, desservie par le gros fil. On s'abstient de mettre dans le même câble deux gros fils, afin d'éviter l'induction qui résulterait d'un long parcours parallèle.

4° Le câble MMGG, à trois conducteurs, dont un type GG, destiné à une communication à très grande distance.

Les lignes comprenant trois conducteurs, au maximum, sont construites en câbles armés enfouis dans le sol, à une profondeur de 1 m. 20; au-dessus de ce nombre, on emploie les câbles sous ruban tanné, placés dans des conduites de diamètre approprié, soit 40 millimètres pour 6 fils, 50 millimètres pour 12 fils et 60 millimètres pour 21 fils; ces conduites comportent des manchons tous les 100 mètres (v. p. 536) et, tous les 500 mètres, une chambre de raccordement; en outre, les fils sont amenés dans les bureaux importants situés sur le parcours de la ligne, et où s'opèrent les coupures courantes.

C'est vers la même époque que l'on commença à faire usage de câbles souterrains pour les communications téléphoniques urbaines; ceux-ci furent tout d'abord isolés à la gutta-percha et construits comme ceux qui servaient déjà aux communications télégraphiques. On constata bientôt la nécessité d'une construction mieux appropriée à cette nouvelle utilisation : il arrivait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fréquemment que les conversations échangées sur un fil étaient entendues sur les conducteurs voisins, et l'on dut rechercher les moyens de combattre l'induction qui donnait lieu à ces mélanges apparents. On remarqua également que les lignes souterraines assourdissaient et déformaient la voix, phénomènes dûs à la résistance et à la capacité, qui diminuent l'amplitude des ondes et déphasent les harmoniques.

Il fallut donc réaliser des câbles réunissant ces différentes qualités : induction minime, isolement élevé, résistance et capacité aussi faibles que possible. Parmi les dispositifs de nature à atténuer l'induction, on peut citer : le câble Gower (1879), comprenant un conducteur central avec gaîne isolante et spirale de fil d'acier par dessus; le câble Berthoud-Borel (1880) dans lequel le conducteur central est revêtu d'un tube métallique continu, servant de fil de retour (1); le câble Lugo (1881), où l'un des conducteurs est enroulé en spirale sur l'autre, chacun d'eux, à tour de rôle, formant l'axe d'enroulement; puis vinrent d'autres dispositifs qui seront indiqués plus loin.

En ce qui concerne la capacité, on avait déjà cherché, pour les câbles télégraphiques, une substance isolante d'un prix moins élevé que la gutta-percha; on s'efforça alors de remplacer cette dernière par d'autres ayant une constante diélectrique plus faible. C'est ainsi qu'on essaya le câble Berthoud-Borel, datant de 1877, dans lequel les fils étaient isolés à l'aide d'un guipage de coton imprégné d'un carbure d'hydrogène et renfermés dans un double tube de plomb (v. p. 534).

Puis on vit successivement apparaître :

Le câble Edison (1880), dans lequel le guipage de coton était imprégné d'huile lourde. Dans ce système comme dans le précédent, la matière imprégnante, peu stable, se décomposait facilement. La fabrication de ce genre de câble fut continuée par la « Fowler Waryn C° ».

Le câble Paterson (1882), isolé à la paraffine (v. p. 534).

En 1883, la firme Felten et Guilleaume construisit des câbles téléphoniques dont les conducteurs étaient isolés à l'aide d'une couche de fibre, imprégnée d'une matière résineuse ; les communications s'effectuaient par un seul fil; en outre, l'anti-induction était réalisée de la façon suivante : les enveloppes de

(1) *Annales Télégraphiques*, 1883, p. 46.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fibre étaient recouvertes d'une feuille d'étain ; en plus des conducteurs proprements dits, les câbles renfermaient un certain nombre de fils nus qui, se trouvant en contact avec la surface d'étain des brins isolés conduisaient les courants induits à la terre.

L'air fut employé, pour la première fois, comme isolant des câbles, en 1884, par Fortin-Herrmann (1), qui imagina d'enfermer chaque conducteur dans une sorte de chapelet formé de perles de bois imprégnées de paraffine (v. p. 535).

En 1887, la « Norwich insulated wire Company », de New-York, ayant à établir des canalisations d'énergie et voulant réaliser un câble à la fois léger et flexible, essaya d'isoler le conducteur à l'aide de papier ; les résultats furent satisfaisants et la Compagnie entreprit bientôt d'étendre ce mode d'isolement aux câbles téléphoniques ; cet usage se répandit rapidement en Europe. Là comme dans le câble Fortin-Herrmann, c'est l'air qui constitue, en réalité, le diélectrique ; mais celui sous papier offre le grand avantage d'être moins volumineux et le système Fortin-Herrmann fut définitivement abandonné. Afin de réaliser l'anti-induction, les deux brins d'une même paire sont tout d'abord cordelés ensemble, puis on câble de même deux paires, puis deux groupes de deux paires et ainsi de suite.

Le principal inconvénient des câbles sous papier est que l'isolement baisse considérablement dès que l'humidité a pu s'introduire à l'intérieur ; on les régénère par l'insufflation d'air sec. Le premier essai dans ce sens eut lieu en 1886, et fut fait par M. Lagarde, Ingénieur des Postes et Télégraphes, sur des câbles avariés en magasin. A la fin de 1891, un câble Fortin-Herrmann du réseau de Paris, allant de la Bourse à la gare Montparnasse, fut reconnu défectueux par suite de l'introduction d'humidité, l'enveloppe ayant été percée par les rats ; l'isolement était tombé à moins de 1 megohm par kilomètre. M. Barbarat, Ingénieur en Chef, résolut de tenter la dessiccation : le dessécheur était formé d'un flacon en verre à deux tubulures, de 5 litres, contenant 3 kgr. 500 d'acide sulfurique à 66° Baumé, et d'un grand tube rempli de chlorure de calcium calciné ; la partie inférieure était garnie de chaux vive, destinée à arrêter les vapeurs d'acide sulfurique. L'opération réussit pleinement

(1) *Annales Télégraphiques*, 1885, p. 71.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et, au bout de 41 heures, l'isolement du câble était de 12.500 megohms. Ce procédé est alors devenu d'une application courante; le dessécheur initial, beaucoup trop fragile, a été successivement perfectionné et se présente actuellement sous la forme de celui que renferme la maquette des lignes souterraines de Paris (v. p. 540).

Dans les localités où n'existent pas de canalisations industrielles d'air comprimé, et vu le prix de revient très élevé des installations portatives de dessèchement, on fait avantageusement usage du dispositif imaginé en 1909, par M. Winterer, Inspecteur des Postes et Télégraphes (1) et qui permet l'insufflation d'acide carbonique (v. p. 549).

L'établissement de communications téléphoniques à l'aide de câbles souterrains révéla de nouvelles difficultés, dues à la capacité des câbles, et il fallut rechercher des moyens de construction propres à y remédier. Or, au cours de ses travaux, de 1890 à 1894, Vaschy avait indiqué que l'augmentation de la self-induction atténuerait la différence de l'affaiblissement des divers harmoniques et aussi les écarts dans le déphasage, double circonstance susceptible de réduire, dans de notables proportions, la déformation de la parole. Les câbles construits, vers 1898, par M. Hultmann, ingénieur suédois, comportaient des conducteurs écartés les uns des autres à l'aide de disques percés de trous et placés de distance en distance, à l'intérieur du câble; cet écartement était de 17 millimètres entre les deux brins d'une même paire et de 28 millimètres entre deux circuits voisins : on réduisait ainsi la capacité en augmentant la self-induction. Ce moyen était incommode, accroissait sensiblement le volume des câbles et entraînait de sérieux risques de dérangements.

En 1902, M. Krarup, Ingénieur en Chef de l'Administration Danoise, immergea, entre Elseneur et Helsingborg, son premier câble « à self-induction uniformément répartie » : chacun des conducteurs est entouré d'un fil de fer très doux; il se produit ainsi, lors du passage des courants, un champ magnétique assez intense; les lignes de force ne se trouvent pratiquement que dans le fer, d'où elles réagissent sur le conducteur et provoquent la self-induction.

(1) E. Montoriol. *L'Administration française à l'Exposition de Gand*, 1913, p. 118.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, en 1899, M. Pupin avait réalisé son dispositif, dont il a été question au sujet des lignes aériennes (v. p. 482). Ce système fut appliqué pour la première fois, en 1902, aux lignes souterraines, par MM. Carty et Hayes, sur un câble d'environ 18 kilomètres, reliant Cortland-Street (New-York) à Newark (New-Jersey); l'audition obtenue fut la même que sur un câble semblable, mais non pupinisé, de 9 kilomètres seulement. Le système fut étendu progressivement et, en 1911, un câble pupinisé, d'une longueur de 400 kilomètres, environ, fonctionna dans d'excellentes conditions entre New-York et Chicago. La pupinisation des câbles est aujourd'hui d'usage courant; elle est réalisée à l'aide de boîtes contenant les bobines de self-induction et placées, soit dans les tranchées, soit dans des chambres spécialement aménagées sur le parcours des canalisations.

En outre des différents modes de construction indiqués plus haut, il convient de mentionner encore les canalisations sous conduites en ciment, essayées, en 1884, dans les Alpes; les tuyaux étaient fabriqués sur place à l'aide de moules. Les mouvements des terres amenèrent des crevasses et des infiltrations; l'eau, en présence du ciment, devenait alcaline et attaquait la gutta-percha, et l'on dut renoncer à ce système.

On employa ensuite des conduites en grès vernissé (v. p. 538); puis, en 1890, on construisit en Allemagne des canalisations à l'aide de tuyaux à fond plat, en ciment, sable et gravier, et vernissés à l'intérieur (1); plusieurs de ces tuyaux pouvaient être superposés dans une même tranchée, pour former une conduite multiple. Un peu plus tard, l'ingénieur suédois Hultmann construisit des conduites multiples, formées par des blocs de ciment, d'une longueur de 1 mètre, percés longitudinalement de trous de 75 millimètres de diamètre, et placés bout à bout (2). Ce mode de construction fut adopté dans la plupart des pays, où l'on donna aux blocs des formes diverses et un nombre de trous approprié aux besoins; enfin, on doit mentionner encore les conduites multiples, employées tout d'abord en Amérique, en 1898, et formées par la juxtaposition ou la superposition de tuyaux en grès vernissé, identiques à celui qui est décrit plus loin (v. p. 544).

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1895, n° 23.
(2) STILLE. *Les câbles télégraphiques et téléphoniques*, traduit de l'allemand par E. Picault et E. Montoriol, Paris 1913, p. 133.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CABLES SOUS ISOLANTS DIVERS

Câbles sous gutta-percha (1849). — Les conducteurs en cuivre sont tout d'abord recouverts d'une couche de gutta-percha, puis d'une enveloppe de cordes de chanvre enroulées en hélice; enfin, ils sont réunis à l'aide d'une corde, serrée circulairement autour du câble ainsi formé.

Dans d'autres câbles de la même époque, les brins de fil de cuivre, sous gutta, sont enveloppés de plusieurs couches successives de corde de jute, ou encore d'une corde goudronnée.

Câbles sous tube de gutta-percha (1855). — Les conducteurs sont rangés dans les cannelures longitudinales d'un calibre en fibre, et serrés par une cordelette de chanvre, enroulée en hélice : le tout est enveloppé d'une couche de gutta-percha formant un tube autour du câble.

Peignes pour lignes sous bitume (1855). — Permettent la construction de ligne à plusieurs fils, dans les conditions indiquées plus haut (v. p. 521). Sur l'une des faces se trouvent deux ou plusieurs volets articulés, *v* (fig. 576) mobiles autour d'une charnière, *c*. Les volets étant ouverts, on introduit les fils, préalablement disposés sur deux plans horizontaux, dans les rainures, *r*; puis on rabat les volets, qui maintiennent l'écartement des fils pendant la première coulée de bitume. Après refroidissement de ce dernier, on ouvre de nouveau les volets et on tire le peigne de bas en haut; on procède ensuite à la seconde coulée dans les intervalles laissés libres entre les peignes.

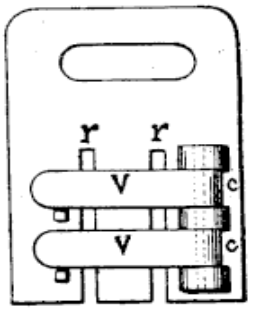


Fig. 576.

Suivant la capacité des lignes, on disposait de peignes pour 6, 10, 20 et 28 fils.

Ligne sous verre et bitume (1855). — On place bout à bout des tubes de verre épais, dont l'une des extrémités renflée forme une sorte de collerette entaillée de cinq encoches; à l'in-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

térieur du cylindre ainsi formé, on coule du bitume qui rend l'ensemble rigide; puis, dans chacune des cinq rainures formées par les encoches, on place un fil de cuivre; enfin le tout est recouvert d'une couche de bitume, et l'on obtient un cylindre de 13 centimètres de longueur. La ligne est constituée par la réunion de bouts semblables, dont on soude les conducteurs brin à brin, et qu'on raccorde ensuite à l'aide d'une coulée de bitume.

Câbles sous bitume (1856). — Un certain nombre de fils de cuivre de 1 mm. 5 sont enfilés dans les trous de petits calibres en terre cuite, qui les maintiennent écartés les uns des autres; ils sont ainsi introduits dans un tube de fer fendu longitudinalement, puis ce tube est rempli de bitume et enfin enveloppé à l'extérieur d'une couche de bitume mêlé de gravier.

Câble sous tuyau en bois (1857). — Le cable est constitué par un cylindre de bois entaillé de 12 cannelures, dans chacune desquelles est logé un fil de fer de 3 millimètres de diamètre ; ce cylindre est engagé dans un tuyau en bois, puis, par des trous ménagés à cet effet, le tuyau est rempli de coaltar. Le raccordement de deux tuyaux s'opère à l'aide de deux manchons en bois, taillés de manière à s'emboîter l'un dans l'autre; un anneau de fer protège l'extrémité du manchon femelle. L'intervalle entre le câble et les manchons est également rempli de coaltar.

Dans un autre modèle, un toron de sept fils d'acier est recouvert de gutta-percha; sur cette enveloppe sont placés 8 conducteurs formés chacun de trois brins de cuivre de 3/10 de millimètre; une nouvelle couche de gutta-percha recouvre ceux-ci et est elle-même protégée par une armature de 50 fils de fer de 1 millimètre. Le câble est introduit, comme ci-dessus, dans un tuyau en bois.

Câble sous tuyau en papier, de Jalouereau (1860). — Un tube en papier bitumé, a été obtenu par l'enroulement, sur un mandrin, d'une feuille de papier recouverte de bitume sur ses deux faces; les tours superposés du papier se trouvent collés les uns aux autres; le tube, d'une longueur de 3 mètres, est fermé, à chacune de ses extrémités, par une cloison en porcelaine percée de trous; les cloisons sont disposées de telle sorte que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les deux bouts de tube devant se rejoindre laissent seulement entre eux, à découvert, un intervalle de quelques centimètres. Les cinq fils conducteurs, en cuivre de 1 millimètre, sont tendus à l'intérieur, qu'on remplit ensuite de bitume. La jonction des bouts de fils conducteurs s'opérait au fur et à mesure de la pose des tuyaux, puis la gorge, demeurée vide entre les cloisons, était, à son tour, remplie de bitume.

CABLES SOUS PLOMB

Câbles sous résine et plomb (1850). — Les conducteurs en cuivre sont introduits dans un tube de plomb et noyés dans la résine. Un manchon de raccordement sert à la réunion de deux bouts semblables.

Câbles sous verre et plomb (1850). — Fil de cuivre sur lequel sont enfilées des perles cylindriques en verre ; le chapelet ainsi formé est ensuite introduit dans un tube de plomb.

Câbles sous gutta, plomb et bitume (1850). — Les conducteurs, sous gutta-percha, sont placés dans un tube de plomb ; celui-ci est recouvert d'un mélange de bitume et de gravier.

Câbles sous gutta, de Rattier et Ménier (1865-1877). — Les conducteurs sous gutta sont revêtus d'une couche de coton goudronné, puis d'un ruban également goudronné et enfin d'un tube de plomb.

Câbles Berthoud-Borel (1877). — Chaque âme métallique est entourée de fil de coton, ensuite d'un mélange de résine, et d'huile de lin résinifiée ; le câble, ainsi formé, est enfermé dans deux tubes de plomb concentriques, séparés par une couche de matière bitumineuse.

Câbles Paterson (1882). — D'une capacité de 60 à 100 conducteurs à brin unique, isolés de deux couches de coton ; une fois le faisceau introduit dans un tube de plomb, on y lançait un courant d'acide carbonique imprégné de paraffine, qui for-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mait à l'intérieur une sorte de mousse, remplissant tous les espaces libres; l'inventeur estimait que les globules, ainsi formées, empêcheraient le rétrécissement de la paraffine et la formation de fissures.

Câbles Fortin-Herrmann (1884). — Chaque conducteur est formé d'un toron de fils de cuivre, sur lequel sont enfilés de petits cylindres de bois aux bords arrondis (fig. 577); ces sortes



Fig. 577.

de perles sont imprégnées de paraffine. Les âmes sont ensuite introduites, en nombre variable, dans un tube de plomb. L'arrêtage terminal a lieu dans un manchon en ébonite, placé lui-même dans un collier en laiton, soudé au plomb de l'enveloppe du câble. Une collerette, portée par le manchon, s'engage dans une saignée pratiquée dans le collier et s'oppose au déplacement des perles de bois.

Pour raccorder deux câbles, on enfile les extrémités des conducteurs dans un manchon cylindrique en cuivre, auquel elles sont soudées; la partie dénudée est ensuite introduite dans un manchon, semblable au précédent, dont le tuyau de plomb est lui-même soudé à l'enveloppe des câbles raccordés.

On employait aussi une borne de raccordement ainsi constituée (fig. 578) : un socle en ébonite porte un disque de cuivre, surmonté d'une tige filetée. Sur cette embase est vissée une pièce de cuivre, C, entaillée de 4 rainures se coupant deux à deux à angle droit, les brins à raccorder sont munis de ferrets métalliques, qu'on engage dans les rainures de la pièce, C, puis on serre la plaque, P, au moyen de l'écrou, E.

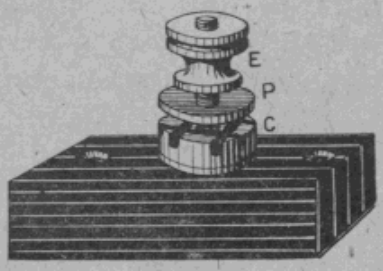


Fig. 578.

A l'arrivée dans les bureaux, chaque tête de câbles consiste en une boîte en bois, formé de deux parties vissées l'une sur l'autre; le bout du câble sous plomb est serré dans une sorte de rigole, ménagée entre les deux parties de la boîte; les conducteurs arrivent dans une cavité où sont implantées deux bornes semblables à la pré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cédente, mais la tige, plus longue, émerge à l'extérieur de la boîte ; une plaque, une contre-plaque et un écrou, montés sur l'extrémité de la tige, forment une seconde borne, sous laquelle on serre la connexion extérieure.

CONDUITES POUR CABLES

Conduites en fonte (1879). — La conduite de 80 millimètres de diamètre extérieur et 9 millimètres d'épaisseur, sert pour lignes souterraines à grande distance ; elle peut contenir 7 câbles sous gutta et ruban tanné, à 3 conducteurs chacun ; ceux-ci sont du type 2M-1G (v. p. 526).

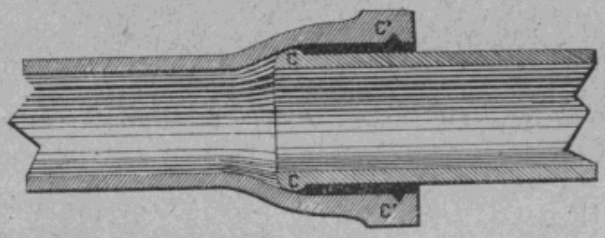


Fig. 579.

Le raccordement de deux bouts s'opère de la façon suivante : le bout mâle porte un renflement, ou *cordon*, C (fig. 579) qui vient s'appuyer contre la butée du bout femelle. On verse, dans l'intervalle, du plomb fondu ; le bout femelle présente une petite cavité, C', dans laquelle le plomb vient former une sorte de bourrelet, qui donne de la solidité à l'ensemble. Ce mode de liaison s'appelle *joint de Paris*.

Les manchons, qu'on dispose tous les 50 ou 100 mètres, environ, sont susceptibles de glisser sur les tuyaux voisins ; ils permettent ainsi d'ouvrir la canalisation pour aider au tirage des câbles et, ultérieurement, pour les vérifier. L'emboîtement femelle, F (fig. 580) est raccordé à un bout mâle, M, à l'aide de

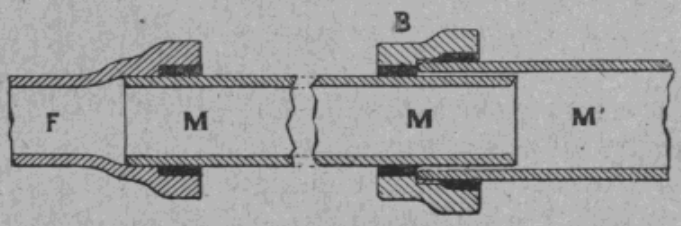


Fig. 580.

plomb fondu. Le bout mâle est sans cordon ; son extrémité de droite pénètre dans un manchon, M' ; le raccordement se fait à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'aide d'une bague en fonte, B, qui s'appuie, par un épaulement, sur l'extrémité du manchon, M′ ; on coule du plomb fondu entre celui-ci et la bague, puis entre la bague et le tuyau, M.

On emploie aussi les joints du type *Morris* : le bout mâle, introduit dans l'emboîtement femelle, est muni d'un cordon, C, (fig. 581) ; on enroule, entre celui-ci et l'extrémité, une corde

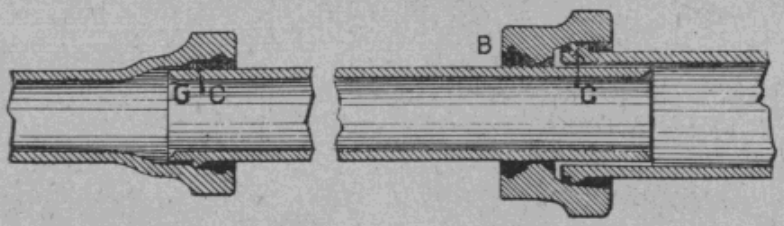


Fig. 581.

goudronnée, G : on coule ensuite du plomb fondu dans la partie qui se trouve en avant du cordon. Le bout mâle, à son extrémité de droite, est dépourvu de cordon ; il pénètre dans un manchon terminé, lui, par un cordon, C′. Pour opérer le raccordement, on place une bague de caoutchouc autour du manchon, au-delà du cordon, et une autre à l'extrémité du manchon ; puis, de chaque côté de ces bagues, on mate des demi-rondelles de plomb. Lorsque le joint est fait à chaud, les bagues de caoutchouc sont remplacées par des cordes goudronnées.

Un autre mode de raccordement est représenté par la figure 582 ; l'un des deux tuyaux porte, à son extrémité, un cordon saillant, C, contre lequel vient s'appuyer l'extrémité, légèrement arrondie, de l'autre ; sur celui-ci, on a engagé préalablement une forte rondelle de caoutchouc, R, et une bague de fonte, B, à épaulement ; enfin, deux autres bagues de fonte, E et F, qu'on rapproche à l'aide de trois écrous, pressent la bague, B, sur la rondelle de caoutchouc et assurent l'étanchéité du joint.

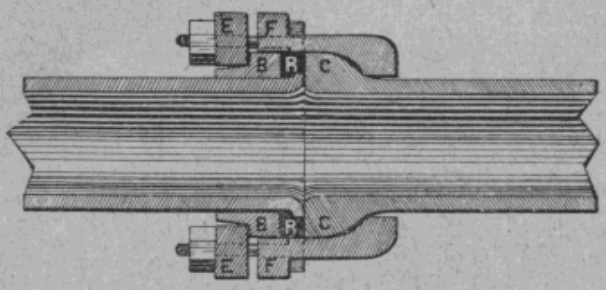


Fig. 582.

Un peu plus tard, on fit usage d'un dispositif dans lequel le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bout mâle est muni d'un cordon, C (fig. 583), autour duquel on a placé une rondelle de caoutchouc, R ; on enfile ensuite une bague de fonte, B, puis une seconde bague, B', qui s'appuie sur l'épaulement de la précédente; le tout est serré par trois écrous, dont les têtes de boulons s'appuient sur la saillie extérieure du bout femelle.

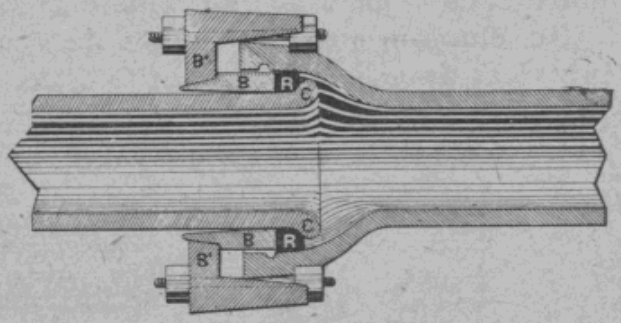


Fig. 583.

Enfin, avec le joint *Lavril* (fig. 584) le bout mâle n'a pas de cordon; la rondelle de caoutchouc, R, est serrée par une bague unique, B, à l'aide de deux écrous, dont les boulons traversent un renflement extérieur du bout femelle.

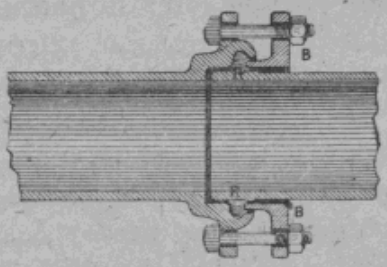
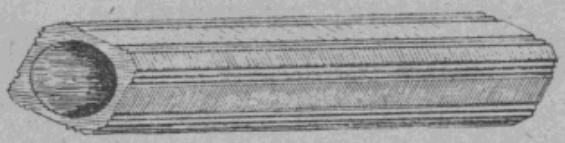


Fig. 584.

Tuyaux en grès (1885). — Parmi les genres de tuyaux en grès, on peut citer le tuyau operculaire composé de deux parties, l'une constitue le fond de la canalisation et est raccordée de part et d'autre à des tuyaux ordinaires; on place ainsi, de distance en distance, des tuyaux operculaires pour permettre le tirage des câbles, comme on le fait avec les manchons pour les conduites en fonte, puis le couvercle est scellé à l'aide d'un mortier de ciment et de sable.


Fig. 585.

Les tuyaux en grès pour conduites multiples (1898) ont pour section extérieure un carré à angles abattus (fig. 585); l'ouverture intérieure, circulaire, a un diamètre de 90 millimètres. Ce type permet de construire des canalisations multiples, dans lesquelles les conduites sont juxtaposées ou superposées à la façon d'un mur de briques; pour permettre l'adhérence parfaite du mortier, la surface extérieure est entaillée de cannelures longitudinales (v. plus loin, fig. 591, p. 544).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RÉSEAU SOUTERRAIN DE PARIS

La figure 586 montre, sous la forme schématique, l'arrivée des câbles dans un bureau central téléphonique; une salle de répartiteur avec la montée des câbles venant du sous-sol et un

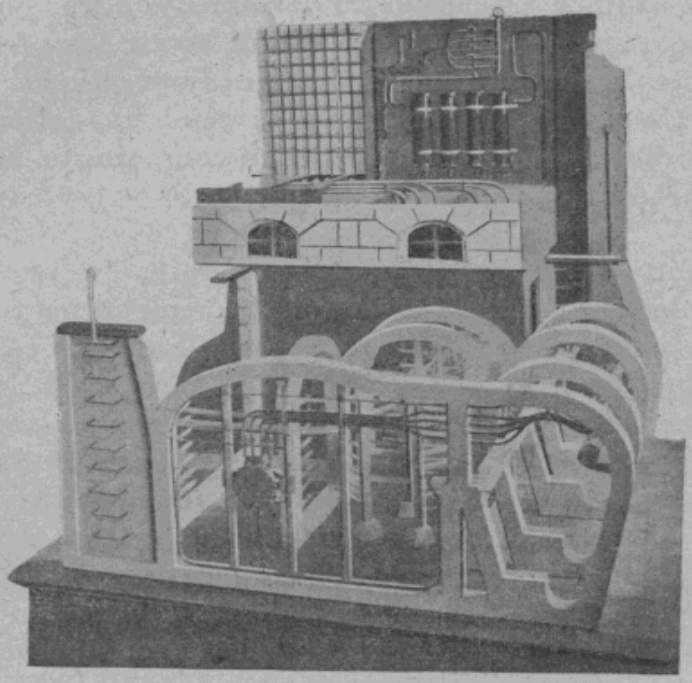


Fig. 586.

dispositif de dessèchement par l'air comprimé. Les galeries souterraines d'accès des câbles, une section d'égout, une chambre de concentration. Une ligne en conduites multiples, avec regards de tirage et chambre de soudure, sera décrite plus loin.

Salle de répartiteur. — Le répartiteur général d'entrée comprend huit têtes verticales, pouvant recevoir chacune un câble à 448 paires; les liaisons, allant à l'intérieur du bureau, sont amenées à neuf rangées horizontales, dont les paires de plots sont reliées à celles des têtes verticales à l'aide de fils de jonction ignifugés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dispositif de dessèchement des câbles. — L'air comprimé, venant de la canalisation publique, arrive à une batterie de quatre cylindres dessécheurs, de 1 mètre de hauteur, reliés en série et remplis de 30 kilogrammes de chlorure de calcium ; l'air, passant sur cette dernière substance, se débarrasse de la vapeur d'eau qu'il contient; l'eau de condensation s'accumule dans un réservoir placé à la partie inférieure et on l'évacue à l'aide d'un robinet. A l'issue du dernier cylindre, on place un filtre, formé d'une couche de ouate, qui arrête les poussières de chlorure de calcium, entraînées pendant l'opération.

A sa sortie du dessécheur, l'air se rend au collecteur d'un tableau de distribution, d'où, par une robinetterie spéciale, il peut être dirigé sur tel câble qu'on désire.

Indicateur de fuites. — Cet appareil, du système Van Deth, est destiné à signaler automatiquement les fissures qui peuvent se produire sur l'enveloppe de plomb des câbles (morsures de rats, perforations accidentelles, etc.). Il se compose essentiellement d'un corps de pompe, dans lequel peut se mouvoir un piston, P (fig. 587); la partie inférieure du corps de pompe communique avec un tuyau, T, amenant l'air comprimé ; la partie supérieure est en communication avec le câble, C. Lorsque celui-ci a été mis en charge, et si son enveloppe est en bon état, la pression est la même sur les deux faces du piston, qui garde sa position de repos; mais s'il existe quelque part une fissure par où l'air puisse s'échapper, la pression diminue dans le câble et, par suite, sur la face supérieure du piston, P; ce dernier, n'étant plus équilibré, se soulève et vient fermer le circuit d'une sonnerie ou d'une lampe-témoin ; dès que disparaît la cause qui a amené le déplacement du piston, un petit ressort à boudin, monté sur la tige, et que le piston a comprimé en se soulevant, le ramène à sa position de repos; le circuit est rompu.

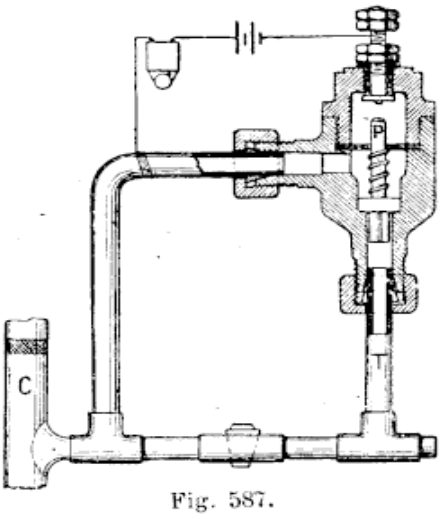


Fig. 587.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Galeries d'accès. — Les câbles à 448 paires, partant des têtes verticales du répartiteur, passent sous le faux plancher pour gagner la descente dans le sous-sol; à cet effet, le plancher est percé de trous, garnis chacun par une pièce en grès vernissé, évasée à sa partie supérieure (fig. 588); d'autre part, les câbles sont munis d'un manchon en plomb, soudé à leur enveloppe, qui augmente leur diamètre au point où ils doivent traverser la poterie : il en résulte un appui du manchon sur l'étranglement de la poterie, et la partie verticale du câble ne peut exercer une traction sur celle qui est couchée dans le caniveau du faux plancher.

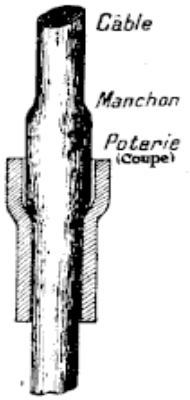
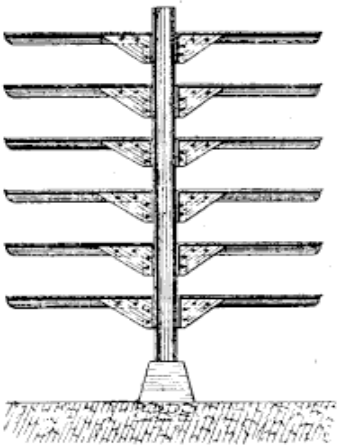


Fig. 588.

A leur arrivée dans le sous-sol, les câbles sont reçus sur des herses, formées de deux fers en U, rivés l'un sur l'autre et supportant, de chaque côté, des bras horizontaux boulonnés (fig. 589). Là, les câbles sous soie et coton sont raccordés à d'autres, d'égale capacité, mais sous papier; l'emploi de l'isolant soie et coton a pour but d'éviter que les conducteurs puissent se dénuder au cours des travaux, et venir en contact les uns avec les autres ou avec la terre. Les câbles, ainsi supportés, sont conduits à la bifurcation des galeries; à cet endroit, les herses n'ont plus de supports que d'un seul côté; en outre, ceux-ci, au lieu d'être boulonnés, sont simplement enfoncés dans un logement qui leur est pratiqué entre les deux fers en U du montant : on peut ainsi les retirer facilement au cours des travaux, notamment lorsqu'on à effectuer des changements dans la position des différents câbles.


Fig. 589.

Lignes en égout. — La galerie de droite de la figure 586 aboutit à un égout public; avant d'y arriver, les câbles à 448 paires sont divisés chacun, à l'aide d'un manchon, en deux à 224 paires, qui traversent individuellement la muraille séparant la galerie de l'égout; à cet effet, chacun d'eux passe dans un fourreau en cuivre, encastré dans la maçonnerie, puis ce fourreau est soudé à l'enveloppe de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plomb, de sorte qu'aucune infiltration de l'égout ne peut avoir lieu dans la galerie, même en cas d'inondation.

Les câbles à 224 paires se dirigent les uns vers l'arrière, les autres vers l'avant; les herses décrites ci-dessus ne sauraient être utilisées dans les égouts, déjà encombrés par des canalisations diverses, eau de source, eau de rivière, air comprimé, tubes pneumatiques, etc.: là, les câbles sont supportés par des crochets en fer galvanisés, en forme d'équerres, scellés dans les parois de l'ouvrage; ces équerres sont réunies par des fonds de boîtes, en tôle galvanisée, qui assurent un soutien convenable des câbles et évite, en particulier, que l'enveloppe de plomb vienne à se cisailler dans la partie qui repose sur les appuis; toutefois, cette précaution ne s'applique qu'aux gros câbles; pour les petits (28 paires et au-dessous), le fond de boite en tôle n'est pas employé.

Chambre de concentration. — Après un parcours déterminé, le câble à 224 paires pénètre dans une chambre de concentration, placée, autant que possible, dans un immeuble, en des locaux secs et bien aérés; mais, le plus souvent, on est contraint de construire les chambres de concentration sous la chaussée ou le trottoir, à la rencontre de deux égouts dans lesquels doivent se disperser de nombreux câbles; leurs dimensions en plan sont d'environ 4 mètres sur 3, avec une hauteur de 3 mètres; elles ne communiquent pas directement avec l'égout : on y accède par un *regard* spécial, à l'aide d'échelons en fer scellés dans le mur: les câbles y pénètrent en passant par des fourreaux, comme il a été dit pour la sortie des galeries, et pour les mêmes raisons.

Boîte de raccordement. — Arrivé dans la chambre de concentration, chaque câble à 224 paires est divisé en deux à 112 paires, sous soie et coton, aboutissant chacun à une boîte de raccordement (fig. 590). Celle-ci consiste en un cylindre creux, en fonte, de 46 centimètres de diamètre intérieur et de 20 centimètres de hauteur, fermé sur ses deux bases par un couvercle à charnières.

A la partie médiane se trouve une planchette en ébonite, sur laquelle sont fixées quatre séries verticales de 28 paires de bornes chacune, soit, au total, 112 paires de bornes; celles-ci tra-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

versent la planchette et sont agencées comme les bornes à interrupteur de Baudot (v. p. 467) ; il suffit donc de desserrer l'écrou pour rompre la communication entre les sections. Cette disposition facilite la recherche des dérangements.

Le câble à 112 paires pénètre dans la boîte par une tubulure, placée à la partie inférieure, et à laquelle son enveloppe de plomb est soudée : les fils sont répartis sur les plots de la face avant de la planchette ; sur l'autre face, on attache les brins de quatre câbles à 28 paires, qui sortent de la boîte par quatre tubulures placées à la partie supérieure : les enveloppes de plomb sont, de même, soudées aux tubulures, qui se trouvent ainsi hermétiquement obturées.

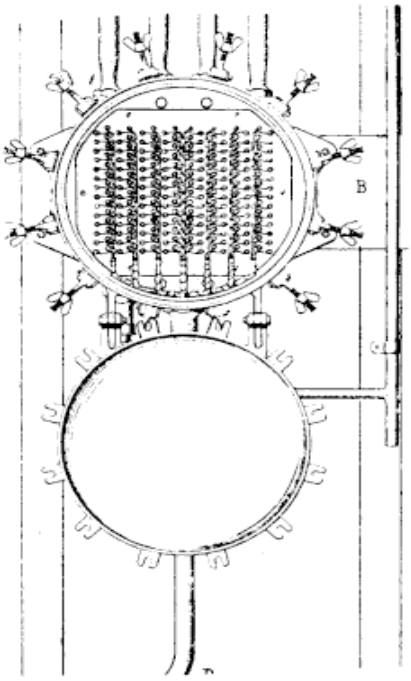


Fig. 590.

A la partie inférieure de la boîte, une seconde tubulure pour câble à 112 paires est placée du côté opposé à la première et obturée, en temps normal, par un bouchon à vis ; elle est destinée à faciliter certaines manœuvres ; par exemple, dans le cas de transfert d'un bureau dans un autre local, on peut prendre les circuits d'abonnés à la fois sur deux câbles à 112 paires allant, l'un à l'ancien bureau, l'autre au nouveau ; on évite ainsi l'obligation de laisser la boîte ouverte et les communications exposées à l'humidité.

Les deux couvercles de la boîte sont mobiles autour de charnières ; on les rabat et on les fixe au moyen de 12 boulons avec écrous à oreilles ; ces boulons sont montés à pivot sur le corps de la boîte et engagés dans des encoches ménagées sur le pourtour du couvercle : on obtient ainsi un excellent serrage et, par suite, une étanchéité parfaite.

Les câbles à 28 paires, partant de la boîte de raccordement, sont obturés intérieurement à la paraffine, au niveau de la tubulure qui leur livre passage, afin de permettre de les dessécher individuellement. A cet effet, le bâti, sur lequel sont fixées les boîtes de raccordement, porte également une rampe d'air et un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jeu de robinets et de tuyaux, aboutissant aux différents câbles. Lorsqu'aucune canalisation publique d'air comprimé ne passe à proximité de la chambre de concentration, on opère le dessèchement à l'aide de l'acide carbonique, suivant le dispositif imaginé par M. Winterer (v. p. 549).

Dispersion des câbles. — Les câbles à 28 paires, partant de la boîte de raccordement, passent dans l'égout, en traversant la muraille dans les mêmes conditions que ceux à 112 paires, et prennent la direction qui leur est assignée; chacun d'eux, lorsqu'il arrive à un point déterminé, est divisé en quatre câbles à 7 paires; ceux-ci, un peu plus loin, sont enfin divisés en sept câbles à une paire, qui se rendent individuellement chez les abonnés.

Canalisation en conduites multiples. — Une galerie, semblable aux précédentes, part du bureau et vient aboutir à une chambre de 2 m. 10 sur 1 m. 50, à laquelle on accède par un « regard », fermé par une plaque de fonte. C'est à partir de cette chambre que la canalisation se poursuit en conduites multiples. Celle-ci est constituée par quatre rangées superposées comprenant chacune quatre tuyaux en grès vernissé (v. p. 538). On a tout d'abord recouvert le sol d'une couche de béton, armé de deux fers en T, qui assurent sa rigidité, dans le cas où le terrain viendrait à s'affaisser quelque peu (fig. 591), puis on

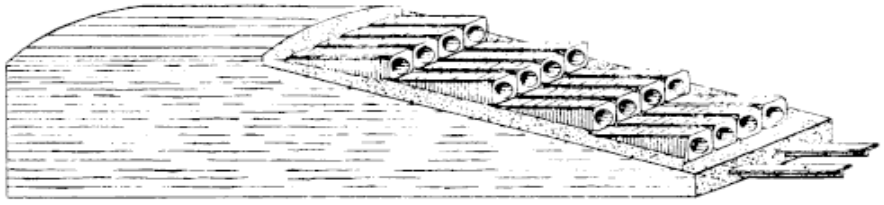


Fig. 591.

construit la conduite comme un mur en briques. Lorsqu'on a établi, de la sorte, une certaine longueur de canalisation, on place, de chaque côté, des planches destinées à retenir le ciment dans lequel elle est noyée.

Chambre de soudure. — Après un parcours de 100 ou 150 mètres, la canalisation débouche dans une chambre de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soudure. Celle-ci, placée sous la chaussée, mesure 6 mètres, sur 3 m. 50 et 4 m. 50 de hauteur; elle est construite en briques et couverte en ciment armé; comme les précédentes, elle est fermée par un regard. C'est à l'intérieur de la chambre que les câbles sont raccordés. Sur les faces latérales se trouve la tuyauterie pour le dessèchement des câbles, soit par l'air comprimé, soit à l'aide du dispositif Winterer (v. p. 549).

Regards de tirage. — A droite et à gauche de la chambre de soudure et dans le sens de la longueur de la ligne, sont placés des regards de tirage, communiquant avec la dite chambre par un tuyau en fonte de 15 centimètres de diamètre intérieur. Le cordage, destiné au tirage du câble, est terminé par un manchon tracteur en fils d'acier, décrit plus loin (v. p. 549) et fixé à l'extrémité du câble; ce cordage parcourt la conduite, traverse la chambre de soudure, aboutit au regard par le tuyau, pour venir enfin s'enrouler sur le treuil que manœuvrent deux hommes; un troisième, placé auprès de la bobine, à l'origine de la canalisation, fait dérouler le câble, de manière qu'il ne vienne pas frotter contre les parois de la chambre ni contre l'orifice de la conduite; un galet cylindrique, placé au-dessus de celle-ci, facilite le guidage.

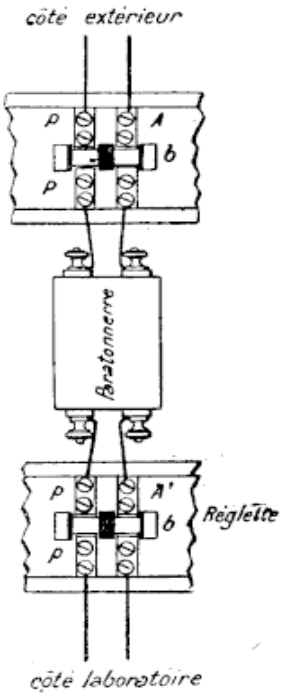


Fig. 592.

Guérite de raccordement (1909). — Les conducteurs des câbles souterrains, sont raccordés à l'aide de têtes de câbles (v. p. 548) à des brins libres, aboutissant à un panneau divisé en deux parties, l'une pour les fils télégraphiques, l'autre pour les circuits téléphoniques (fig. 592). Chaque fil télégraphique aboutit à un ressort affectant la forme demi-circulaire, et en face duquel s'en trouve un autre semblable, isolé du premier et relié à un paratonnerre de Bertsch (v. p. 344). Les deux ressorts sont réunis à l'aide d'une petite broche en laiton étamé (fig. 593). Pour les circuits téléphoniques, on emploie le même dispositif, mais avec deux paires de ressorts et une broche, constituée en deux parties métalliques isolées l'une de l'autre (fig. 594) : on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut ainsi facilement établir ou rompre une communication. Les manœuvres, pour les essais et les mesures électriques,

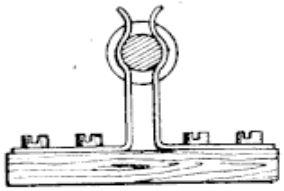


Fig. 593.

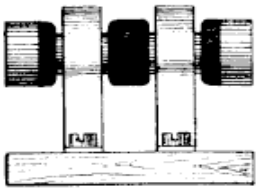


Fig. 594.

sont effectuées à l'aide d'un cordon souple muni, à chacune de ses extrémités, d'une fiche, double pour les circuits téléphoniques, simple pour les fils télégraphiques; cette fiche consiste en une broche du modèle de celles décrites plus haut; la broche est maintenue dans une sorte de fourchette, terminée par une poignée (fig. 595) ; une fiche peut donc être instantanément substituée à une broche de jonction; d'autre part, un panneau spécial porte des ressorts groupés comme ceux des plots de raccordement et reliés de telle sorte que, si l'on y place l'une des fiches d'un cordon, le circuit, dans le plot duquel se trouve l'autre fiche, peut être bouclé, mis à la terre par ses deux fils, ou encore par un seul pendant que l'autre fil est isolé; on peut aussi renvoyer un circuit sur un poste téléphonique.

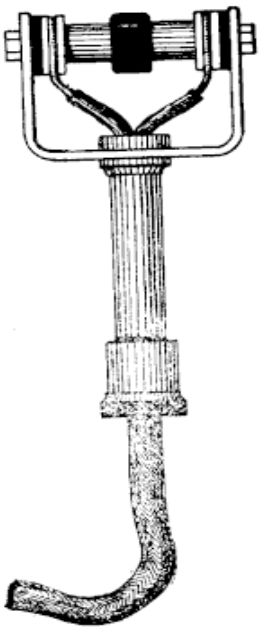


Fig. 595.

MATÉRIEL DE CONSTRUCTION DES LIGNES SOUTERRAINES

Supports à pointe pour câbles (1860). — Tige droite, portant un crochet en forme de trapèze, de 70 millimètres à la base et 95 millimètres à la partie supérieure; cette tige est terminée par une pointe, qu'on enfonce dans le mur de la galerie.

Supports à scellement. — Le modèle de 1865 est formé de deux parties, articulées l'une sur l'autre et laissant entre elles, lorsqu'elles sont rapprochées, six trous circulaires, dans chacun

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

desquels on peut loger un câble (fig. 596). La partie fixe porte une patte à scellement, qui permet de la fixer dans le mur de la galerie. Lorsque les câbles sont en place, la partie mobile est goupillée sur la partie fixe.

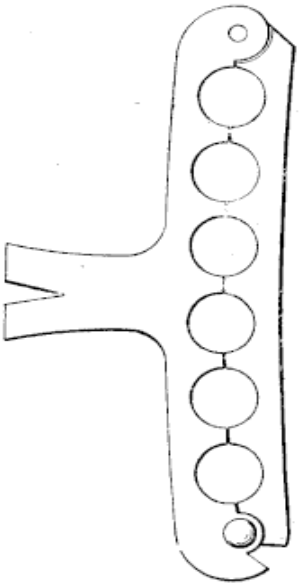


Fig. 596.

Dans un autre modèle (1875), la patte à scellement est solidaire d'un nombre variable de crochets (fig. 597) qui se trouvent appliqués très près de la muraille, dont ils épousent la forme circulaire. L'ouverture des crochets varie entre 35 et 60 millimètres, suivant le calibre des câbles.

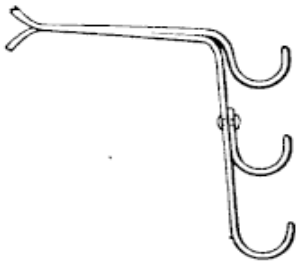


Fig. 597.

Enfin dans le modèle de Jacot (1880), on trouve une pièce en fer galvanisé, munie d'une patte à scellement, et sur laquelle sont rivés trois crochets ou spires (fig. 598), celui du milieu peut recevoir trois couches superposées de deux câbles chacune; les crochets du haut et du bas, de dimensions un peu supérieures, sont susceptibles d'en loger quatre couches; la capacité totale est donc de 22 câbles à 14 conducteurs. Dans un modèle plus grand, les spires, plus larges, peuvent recevoir quatre câbles juxtaposés et, verticalement, onze couches comme le précédent; sa capacité est donc de 44 câbles.

Dans le support pour axe de voûte, la patte se recourbe trois fois à angle droit formant un support horizontal sur lequel sont posés les câbles. Le modèle à trois crochets peut supporter 33 câbles à 14 conducteurs.

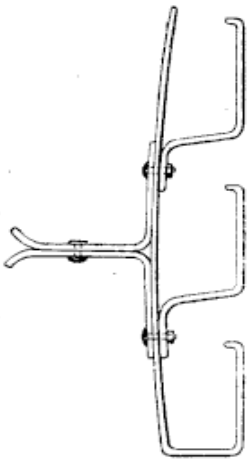


Fig. 598.

Manchon à charnières pour raccordement de câbles sous plomb (1858). — L'épissure était recouverte d'un manchon de plomb, de diamètre légèrement supérieur à celui de l'enveloppe des câbles, et sur l'un desquels on l'avait enfilé au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

préalable. Les points de rencontre de ce manchon avec les enveloppes de plomb étaient obturés à l'aide d'une pièce en laiton, L (fig. 599), conique et filetée à l'extérieur; cette pièce, divisée en deux parties, était ensuite serrée par le manchon proprement dit, M, qu'on vissait dessus à l'aide d'une clé. Le serrage était d'autant plus fort que le manchon était engagé plus avant. Ce dernier était également composé de deux parties, réunies par deux goupilles formant charnières; on pouvait ainsi le retirer facilement : il suffisait, pour cela, de chasser l'une des goupilles et d'ouvrir le manchon; la pièce conique se retirait ensuite sans difficulté.

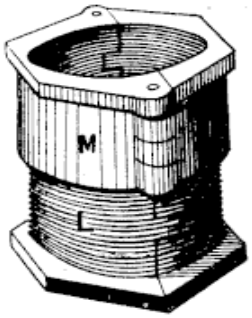


Fig. 599.

Têtes de câbles. — Le modèle de 1895 se compose d'une boîte rectangulaire en ébonite, fermée à la base par une plaque de cuivre, dans laquelle est vissé un manchon de même métal; le câble est introduit dans ce manchon et pénètre dans la boîte, où il est dépouillé de son enveloppe de plomb; celle-ci est soudée au manchon pour obtenir une obturation complète. Les brins conducteurs sont dénudés et rattachés à 51 paires de plots à vis, montés sur les faces latérales de la boîte; ces plots, traversant les parois d'ébonite, émergent à l'extérieur, et l'on y fixe les connexions allant aux appareils.

On employait, à la même époque, une tête de câble en fonte, agencée sensiblement comme la précédente, dont le couvercle était serré par 20 vis sur des bandes de caoutchouc.

Le modèle de 1900 consiste en une boîte quadrangulaire en fonte, munie de quatre pattes percées chacune d'un trou, pour la fixation sur un panneau; sur les faces latérales sont montées sept bornes à contre-écrou, traversant les parois, dont elles sont isolées par un manchon d'ébonite. Le câble sous papier, renforcé à cet endroit d'un manchon de plomb, pénètre dans une tubulure en cuivre, à laquelle le manchon est soudé; les brins sont épanouis par paires et rattachés à la partie intérieure des bornes, à droite et à gauche. Le manchon est ensuite obturé à la paraffine. Le couvercle est serré, par 14 écrous, sur un cadre en caoutchouc, qui assure l'étanchéité. Un ajutage en cuivre, fermé par un bouchon à vis, est soudé sur l'enveloppe de plomb du câble, pour permettre l'insufflation d'air.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Manchon tracteur (1900). — Sorte de treillis, de forme cylindrique, constitué par des torons de fils d'acier (fig. 600);

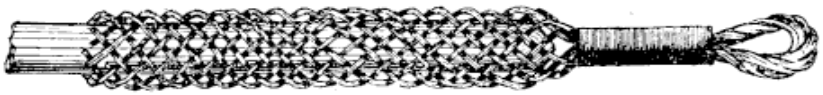


Fig. 600.

on y introduit l'extrémité du câble à tirer, puis on martèle avec un maillet de bois, de telle sorte que le manchon, l'enveloppe de plomb et les conducteurs intérieurs ne forment plus qu'une seule masse, capable de supporter l'effort de traction.

Appareil à dessécher les câbles sous papier, de Winterer (1909). — Opère le dessèchement à l'aide de l'acide carbonique ; celui-ci est contenu, à l'état liquide, dans un récipient, A (fig. 601) en acier étiré, sans soudure : lorsqu'ouvre le robinet

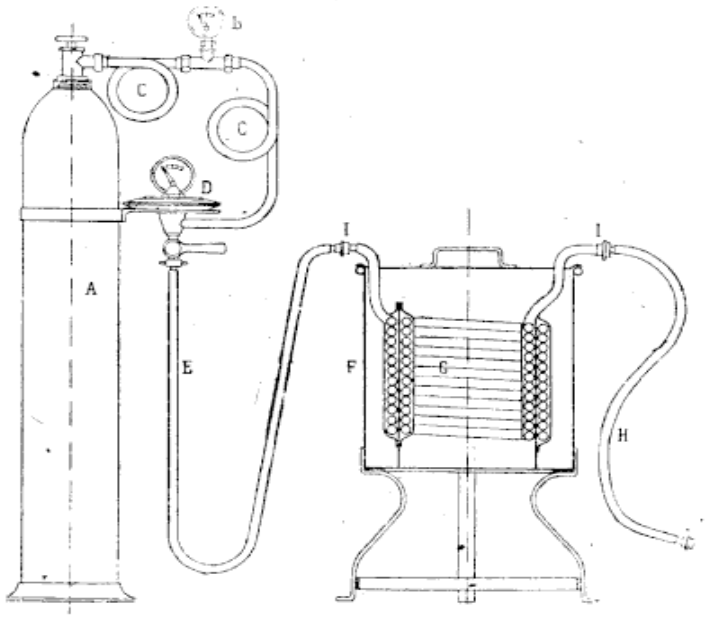


Fig. 601.

d'admission, il traverse un ou deux serpentins de détente, C, à une pression indiquée par le manomètre, B; ces serpentins ont pour but de permettre un certain réchauffement de la vapeur carbonique, avant son arrivée dans le détendeur, D, et d'éviter la formation de neige, susceptible d'intercepter le débit. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

détendeur, D, est muni également d'un manomètre ; de là, le gaz détendu se rend, par un tuyau de caoutchouc, dans le serpentin réchauffeur, G, constitué par deux séries de spires, les unes descendantes, les autres ascendantes ; il est placé dans une cuve en aluminium, F, contenant de l'eau, qu'on porte à une température de 70° environ. La sortie du serpentin est rattachée à un fort tuyau de caoutchouc conduisant au câble à dessécher.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXIII

LIGNES SOUS-FLUVIALES ET SOUS-MARINES

Peu de temps après la découverte de la pile, des expériences de communications sous-fluviales avaient été faites, en 1807, en Russie, par le Professeur Soemmering ; elles furent reproduites, en 1815, à Paris, où il réussit à provoquer l'inflammation de poudre à l'aide d'un conducteur plongé dans la Seine. Ce même savant avait pensé à établir une communication sous-marine entre Cronstadt et Pétrograd, à l'aide de son appareil électrolytique, (v. p. 49) mais ce projet ne fut jamais mis à exécution.

L'Angleterre, par sa situation géographique et l'importance de ses colonies, était, parmi les nations, la première intéressée à l'établissement des lignes sous-marines. C'est elle, en effet, qui prit l'initiative des premières tentatives dans ce sens. On doit citer tout d'abord celle qui fut faite aux Indes, en 1839, par le docteur O'Saughnessy, qui relia les deux rives de l'Hougly, affluent du Gange, à l'aide d'un conducteur recouvert de poix et de chanvre goudronné, et immergé dans les eaux du fleuve (1). L'année suivante, Wheatstone proposait de relier Douvres et Calais à l'aide d'un câble formé de sept conducteurs ; chacun de ceux-ci devait être enfermé dans une corde de chanvre goudronnée ; les sept cordes, tordues ensemble, auraient été également plongées dans du goudron bouilli. Ce projet n'eut pas de suite, pas plus qu'un second, datant de 1845, dans lequel Wheatstone se proposait d'utiliser la gutta-percha, nouvellement découverte, pour en faire l'isolant d'un câble qu'il aurait enfermé dans un tube de plomb ; l'abandon de ce dernier projet semble

(1) Blavier. *Traité de Télégraphie électrique*, t. II. Paris 1867, p. 102.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dû à la difficulté qu'éprouva l'inventeur à appliquer convenablement la gutta sur le conducteur. En cette même année 1845, Charles West posa un câble, isolé au caoutchouc, dans la baie de Portsmouth. C'est seulement en 1850 que fut tentée, par John Brett, l'immersion d'un câble entre Gris-Nez, près Calais, et Douvres. Le fil de cuivre, de 2 millimètres de diamètre, était enveloppé d'une seule couche de gutta-percha, de 6 millimètres d'épaisseur, ce qui lui donnait un diamètre extérieur à 14 millimètres. Au fur et à mesure du déroulement du câble, on y attachait, tous les 100 mètres, environ, un poids de 8 à 10 kilos, qui l'entraînait au fond de la mer; les extrémités, au voisinage des côtes, furent reliées à un câble plus solide, dont le conducteur était isolé à l'aide de coton, imprégné d'une solution de caoutchouc et enfermé dans un tube de plomb. Quelques signaux seulement purent être échangés d'un rivage à l'autre : le câble s'était rompu sur les rochers et les tentatives de relèvement furent infructueuses, notamment à cause du poids très élevé de la gaîne de plomb, dans la partie côtière. Le câble fut donc abandonné.

Cet insuccès démontrait la nécessité de protéger efficacement le conducteur et son enveloppe isolante contre les chocs et les frottements; après l'essai de diverses substances, chanvre, filasse goudronnée, etc., on émit l'idée de revêtir les câbles d'une armature de fer; la priorité a été revendiquée par Willoughby Smith, certains auteurs l'attribuent à Kuper, l'associé du constructeur Newall. Quoi qu'il en soit, en 1851, Crampton parvint à réunir le capital nécessaire à la construction d'un nouveau câble; celle-ci fut confiée à la Maison Newall et C°, et la pose eut lieu avec succès le 25 Septembre de la même année, entre le cap Sangatte (Calais) et le cap Southerland (Douvres); quatre conducteurs, isolés à l'aide de deux couches de gutta-percha, étaient cordelés avec des fils de chanvre goudronné; les intervalles étaient remplis d'un mélange de suif et de goudron; une cordelette de bitord goudronné, enroulée perpendiculairement à la longueur, maintenait le tout, qui était enfin recouvert d'une armature, formée de 10 fils de fer galvanisés, de 7 millimètres, enroulés jointivement en hélice. La longueur totale immergée était de 40 kilomètres. Ce câble a parfaitement fonctionné jusqu'en 1859, malgré plusieurs accidents occasionnés, notamment, par les ancres des navires; après

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

huit années de séjour au fond de la mer, les parties relevées montraient l'armature de fer partiellement rongée, mais la gutta était en parfait état de conservation.

De nouvelles tentatives, encouragées par la réussite du câble Calais-Douvres, ne manquèrent pas de se produire, mais il restait encore beaucoup à faire pour amener au degré de perfectionnement désirable, non seulement la fabrication elle-même, mais encore les procédés et l'outillage destinés à l'immersion; c'est ainsi que trois tentatives faites, en 1852, pour relier l'Angleterre à l'Irlande, échouèrent pour des causes diverses, et la communication ne fut établie qu'en 1853. En cette même année, on posa un câble à quatre conducteurs entre Orfordness (Angleterre) et Scheveningen (Hollande), puis, en 1854, entre la Suède et le Danemark (3 conducteurs sous gutta, armature de 10 fils de fer de 7,1 mm.), entre la Spezzia et la Corse (6 conducteurs) entre la Corse et la Sardaigne, etc., etc.; enfin, on songea à relier entre elles l'Amérique et l'Europe.

Dès 1851, une Compagnie s'était fondée dans ce but, mais l'idée avait paru tellement audacieuse que la Compagnie ne trouva pas les concours financiers nécessaires pour la réaliser; une nouvelle Société, fondée en 1854, au capital de 8.500.000 francs, avec l'appui du Gouvernement anglais et de celui des Etats-Unis, se livra à de minutieuses expériences avant d'entreprendre la construction du câble, qui fut décidée en 1856, commencée en février 1857 et achevée au mois d'août de la même année; les points d'atterrissement choisis étaient Valentia (Irlande) et Trinity-Bay (Terre-Neuve), situés à 3.200 kilomètres l'un de l'autre. Le câble, d'une longueur de 4.000 kilomètres, était formé d'un toron de sept fils de cuivre de 0,6 mm. de diamètre chacun, sous trois couches de gutta-percha; l'âme était protégée par un matelas de chanvre imprégné de goudron, de poix, d'huile de lin et de cire, et enfin par 18 torons formés chacun de sept fils de fer de 7 mm. de diamètre.

Dans les parties côtières, cette armature était remplacée par 12 fils de fer de 5 mm. Une première tentative d'immersion échoua : le câble fut rompu à diverses reprises, par suite de défectuosité de la machinerie; celle-ci fut modifiée, puis, au printemps 1858, le câble fut embarqué par moitiés sur l'*Agaemennon* et le *Niagara*, qui se rendirent ensemble au point médian de la ligne projetée; les deux bouts du câble furent raccordés,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le premier navire se dirigea ensuite vers Valentia et l'autre vers Terre-Neuve; diverses ruptures du câble arrêtèrent l'opération; elle fut reprise et enfin menée à bonne fin, le 5 août 1858 (1). L'échange des premiers télégrammes s'effectua par l'intermédiaire de bobines d'induction, auxquelles on substitua bientôt des piles; les signaux étaient reçus à l'aide du récepteur à miroir, que sir W. Thomson venait d'imaginer (v. p. 432); la vitesse de la transmission atteignait à peine deux mots de cinq lettres par minute.

25 jours après l'inauguration, les signaux, qui étaient devenus progressivement précaires, disparurent complètement, et les essais effectués révélèrent l'existence d'une forte perte, à une distance qu'on évaluait à 550 kilomètres de Valentia. Les tentatives de réparation, qu'on fit au cours de l'année 1850, restèrent sans résultat, par suite du mauvais état de l'armature en fer, et l'on se borna finalement à relever les parties côtières, abandonnant le reste.

Pendant ce temps, les plans les plus grandioses avaient été élaborés; c'est ainsi qu'on rêvait de faire communiquer l'Europe avec les Indes, la Chine, l'Australie, etc., et de former, de la sorte, un réseau gigantesque, enserrant les différentes parties du monde! Mais les désillusions, là encore, furent cruelles : c'est ainsi que, pour réaliser la ligne des Indes, on posa, en 1859, de Suez à Aden (2.500 kilomètres) un câble à conducteur unique, sous gutta et Chatterton et armature de 18 fils de fer de 2 mm., avec atterrissements intermédiaires à Cossira et Souakim; puis en 1860, un autre, de construction analogue, d'Aden à Kurrachee (3.200 kilomètres), avec atterrissements à Hallain et à Mascate. Ces câbles furent presqu'immédatement hors de service et les travaux entrepris pour les réparer demeurèrent sans résultat.

Entre temps, on avait tenté la construction de *câbles légers*, dans lesquels on s'était efforcé de réunir toutes les qualités de résistance mécanique et de conductibilité électrique, sous le minimum de poids et d'encombrement; ces deux derniers facteurs devaient sensiblement diminuer le prix de revient et faciliter l'immersion. On peut citer, par exemple, le câble de Baudouin (1857) dont le conducteur était constitué par un fil

(1) Du Moncel. *Exposé des applications de l'électricité*, t. IV (1859), p. 77.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'acier de 15/10 de millimètre; autour de cette âme étaient enroulés en hélice, 9 autres fils de 6/10 et enfin, sur une enveloppe de gutta-percha, une hélice de corde de chanvre goudronné. Il envisagea même l'emploi de l'aluminium pour former l'âme conductrice (1). Le câble léger de Duncan (1859) était formé d'un toron de fils de cuivre recouvert d'une couche de gutta de 3 millimètres d'épaisseur; l'armature était remplacée par une tresse en rotin. Enfin, dans d'autres câbles, cette tresse était faite de fils de chanvre, de fils d'acier, etc. Les résultats obtenus ne furent pas plus heureux qu'avec les câbles lourds.



En résumé, sur 17.967 kilomètres de câbles immergés, depuis l'origine jusqu'en 1861, 11.180 se trouvaient inutilisables, et une partie seulement de cette énorme longueur avait pu être relevée; des millions se trouvaient, de ce fait, engloutis en pure perte. Cette situation avait ému le gouvernement anglais, qui résolut de faire étudier méthodiquement les perspectives d'avenir que pouvait présenter la télégraphie sous-marine; une commission, nommée par lui, comprenant les spécialistes et les savants les plus notoires, se livra à une étude approfondie des conditions de fabrication et de pose des câbles; elle étudia, en outre, l'influence de la température et de la pression sur les matières isolantes, l'allongement et la résistance à la rupture des fils de cuivre, de fer et d'acier, ainsi que du chanvre goudronné; les plus éminents savants de l'époque lui fournirent les résultats de leurs propres expériences sur la perméabilité à l'eau des substances isolantes, employées dans les câbles, sur les causes chimiques de leur altération, etc. Le rapport, rédigé en 1861 par cette Commission (2) établissait que les échecs successifs des diverses entreprises devaient être attribués à une étude insuffisante des différents points concernant le choix des matériaux, le mode de construction et d'immersion; elle établissait les principes, encore en usage aujourd'hui, dont l'observation devait assurer le succès des entreprises futures, et indiquait les méthodes d'essais mécaniques et électriques, tant au cours de la fabrication que pendant la pose.

La construction du réseau sous-marin reprit donc sur ces nouvelles bases et, si l'on éprouva encore nombre de mécomptes, on se rapprocha néanmoins progressivement de la solution

(1) Du Moncel. *Exposé des applications de l'électricité*, t. IV (1859) p. 90.
(2) *Annales Télégraphiques*, 1862, pp. 233, 297 et 417.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cherchée; c'est ainsi que, pour éviter la corrosion des armatures métalliques, on enveloppa chacun des fils qui la composaient d'une couche de filin goudronné: on empêcha, dans une certaine mesure, l'introduction d'animaux perforants en recouvrant l'enveloppe extérieure d'une couche de peinture mêlée à une substance toxique, par exemple celle proposée par Jouvin, qui est un mélange de bleu de Prusse et de turbith minéral (sous-acétate de mercure); au contact de l'eau de mer, il se produit un chlorocyanure de mercure et de sodium, qui est un poison extrêmement violent: on pouvait également mélanger ce produit à du minium.

C'est d'après ces données nouvelles que furent posés successivement :

Le câble Angleterre-Irlande (Pembroke-Wexfort, 1852). — Quatre torons de 7 brins, sous gutta et Chatterton, avec armature de 12 fils de fer de 6 millimètres, enveloppée de chanvre goudronné.

Le câble des Indes (Daca au Pégu, 1862), toron de sept brins, quatre couches de gutta-percha alternant avec autant de couches de Chatterton; 18 fils de fer de 3 millimètres, recouverts d'une couche de chanvre goudronné.

Le câble du golfe Persique (1863), brin unique, de 3 mm. 2, recouvert de quatre couches alternées de gutta-percha et de composition Chatterton. L'armature extérieure comprend 12 fils de fer galvanisé de 5 millimètres; ceux-ci sont préservés de l'oxydation par deux couches de fil de chanvre, enroulées en sens inverse et imprégnées de composition Bright et Clark (goudron, poix et silice en poudre).

Le câble Oran-Carthagène (1864); le toron conducteur est tout d'abord entouré de caoûtchouc, puis de gutta-percha, ensuite de deux couches de filin fortement goudronné et enfin armé à l'aide de bandelettes de cuivre phosphoré (métal de Muntz), enroulées en hélice avec recouvrement; cette armature assure l'étanchéité du câble, et, en outre, le chanvre se trouve comprimé à chaque joint des bandelettes et ne peut ainsi se contracter longitudinalement.

On reprit, en 1865, l'idée d'établir un câble transatlantique; l'âme fut formée d'un toron de sept brins de cuivre, de 1 mm. 2 chacun, recouvert de quatre couches de gutta-percha et de composition Chatterton, puis d'un matelas de chanvre tanné et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

enfin armé de 10 fils d'acier de 2 mm. 5 de diamètre; chacun de ces fils d'acier avait été, au préalable, enveloppé d'une couche de chanvre de Manille, imprégné d'une composition de goudron, de caoutchouc et de poix; dans la partie côtière, le câble comportait, en outre, une seconde armature formée de 12 torons comprenant chacun trois fils de fer galvanisé de 6 mm. 5. Pour éviter les inconvénients de la pose simultanée par deux navires différents, comme lors de la première expérience, la totalité du câble, soit 4.200 kilomètres, fut embarquée à bord d'un immense navire de 22.500 tonneaux, le *Great Eastern*, qui, le 24 juillet, partit de Foilhommerun, près Valentia, et se dirigea vers Terre-Neuve; le 2 août, après divers incidents, on avait déjà immergé un tiers environ de la longueur, lorsqu'une forte perte se manifesta dans le câble, et l'on décida de relever la partie voisine pour découvrir et réparer le défaut; au cours de cette opération, le câble se rompit et tomba à la mer, par un fond d'environ 3.200 mètres; on tenta le repêchage et, après quinze heures, on crut y avoir réussi, mais le cordage métallique se rompit, et les recherches durent recommencer; six jours après, le câble était de nouveau saisi, mais retombait bientôt pour la même cause; après deux nouvelles tentatives aussi infructueuses, on abandonna définitivement l'opération.

Ce désastre ne découragea cependant pas les promoteurs de l'entreprise, et une nouvelle Société, l'*Anglo American C°*, fut fondée, non seulement pour poser un nouveau câble, mais encore pour réparer et compléter celui qui avait été si malheureusement abandonné au fond de la mer; le nouveau câble, qui différait peu du premier, fut embarqué, de même, sur le *Great Eastern*, et raccordé au câble côtier, puis le déroulement commença le 13 Juillet 1866; le 27 du même mois, il arrivait sans incident notable à Terre-Neuve. Les travaux pour rechercher l'extrémité de l'ancien câble furent alors entrepris; plusieurs fois saisi et chaque fois échappé, il fut enfin hissé à bord du *Great Eastern*, le 2 septembre, raccordé à celui qui devait le prolonger et fut amené à Terre-Neuve le 8 Septembre (1). Immédiatement soumis aux essais électriques définitifs, il fut reconnu en parfait état et mis en service, conjointement avec le précédent. Le câble de 1865 fonctionna jusqu'en 1873 et celui de

(1) WUNSCHENDORFF. *Traité de télégraphie sous-marine*, Paris 1888, p. 49.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1866 jusqu'en 1877; après quelques tentatives pour les réparer, ils furent définitivement abandonnés.

La réussite de ces deux importantes opérations peut être considérée comme clôturant la période des tâtonnements, tant au point de vue de la fabrication qu'à ceux de l'immersion, du relèvement, des réparations, etc.. Le mode de construction, actuellement usité pour les câbles sous-marins ou sous-fluviaux, peut être résumé de la façon suivante : l'âme conductrice, formée d'un toron de fils de cuivre, est entourée d'une matière isolante, généralement la gutta-percha; elle est recouverte d'un matelas de deux couches de fils de jute, enroulées en sens inverse; puis vient l'armature, composée d'un certain nombre de fils de fer ou d'acier, disposés en hélice et jointifs. L'armature est recouverte d'un guipage, que l'on peut former au moyen de fils de jute tannés et enduits d'un composé bitumineux, ou de rubans de toile également imprégnés. Lorsque le câble comporte deux armatures superposées, on les sépare par un guipage de fils de jute ou de ruban de toile, imprégnés de composé bitumineux; la seconde armature peut être, à son tour, recouverte comme il a été dit plus haut.

Lorsque le câble comporte plusieurs conducteurs, les âmes sont enroulées en un toron, soit autour de l'une d'elles, qui demeure rectiligne, soit autour d'une mèche centrale de chanvre ou de jute; les vides laissés entre elles sont remplis également de fils de jute, pour éviter l'écrasement des âmes les unes contre les autres et donner au câble une forme cylindrique régulière; puis l'armature, simple ou double, est placée comme dans les câbles à un seul conducteur.

L'énorme accroissement du trafic télégraphique par câbles sous-marins suscita de nombreuses initiatives et, de tous côtés, des Sociétés se fondèrent pour procéder à des poses nouvelles : les gouvernements eux-mêmes donnèrent l'exemple et, à la fin de 1914, le réseau mondial comprenait 2.583 câbles et atteignait le développement gigantesque de 539.246 kilomètres.

OBJETS DIVERS

Raccordement de câbles sous-marins. — Dans les premiers temps (1850), les deux âmes conductrices étaient raccordées et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soudées, puis l'épissure enduite de gutta-percha et enfin enveloppée avec le filin goudronné provenant des deux bouts de câbles rapprochés; les fils métalliques des deux armatures étaient ensuite remis en place, de manière à former deux couches superposées, maintenues par une ligature en petits fils de fer; celle-ci était elle-même protégée par un enroulement de corde de chanvre goudronné.

Un peu plus tard (1855), on trouve un mode de raccordement analogue au précédent, mais la ligature des fils des armatures est faite à l'aide d'un gros fil de fer; en outre, les extrémités des fils d'armatures sont repliées en arrière et rabattues sur la dernière spire, de part et d'autre de la ligature, de telle sorte que les tractions exercées sur le câble sont supportées exclusivement par l'armature.

Le dispositif suivant fut utilisé en 1858 : un tube de fer, formant manchon, ayant été préalablement enfilé sur l'un des bouts de câbles à raccorder, lorsque la soudure de l'âme et la réfection de l'isolant sont terminés, on ramène ce manchon sur l'épissure; les fils de l'armature, dont on a eu soin de conserver une certaine longueur, sont introduits dans le manchon, puis rabattus sur la surface extérieure de celui-ci, où ils sont maintenus à l'aide d'une forte ligature.

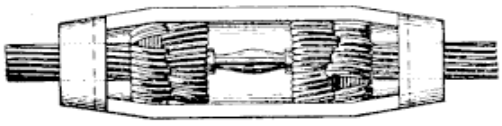


Fig. 602.

Le manchon de raccordement de César Lair (1860) consiste en une boîte en fer, percée, à ses extrémités, de deux trous du diamètre du câble (fig. 602); les bouts à raccorder sont introduits dans la boîte; les fils d'acier de l'armature sont redressés à quelques centimètres de l'extrémité, pliés à angle vif et ramenés en arrière; ils sont ensuite ligaturés avec du petit fil de fer et, enfin, leur extrémité libre est rabattue sur la ligature. Le conducteur est mis à nu, les deux brins sont torsadés ensemble, puis soudés. On remplit alors la boîte avec de la gutta-percha convenablement ramollie, et on ferme à l'aide d'un couvercle à glissière, maintenu par deux vis. Les efforts de traction, exercés sur le câble, sont supportés exclusivement par l'armature. Ce système avait l'inconvénient de ne pouvoir passer dans les machineries servant à l'immersion et n'était susceptible d'utilisation que dans des cas particuliers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sonde électrique, de Guettier (1863). — Se compose de deux parties, P et P′ (fig. 603), montées l'une sur l'autre; la partie supérieure, P, comprend deux bras, B, placés transversalement et auxquels on attache la corde qui doit soutenir la sonde; elle se prolonge à l'intérieur par une tige cylindrique, T, portant, à sa partie médiane, une bague en laiton, *b*, isolée à l'aide d'un manchon en ébonite, E; cette bague communique électriquement avec un fil conducteur, enfermé dans le cordage, et qui pénètre dans la sonde par la partie supérieure, S; celle-ci est protégée par un tube en caoutchouc; sur le navire, l'autre extrémité du conducteur est reliée, à travers une sonnerie, à l'un des pôles d'une pile, dont l'autre pôle est à la mer. La seconde partie, P′, porte deux lamelles en laiton, L, qui, à l'état de repos, s'appuient sur le manchon en ébonite, E.

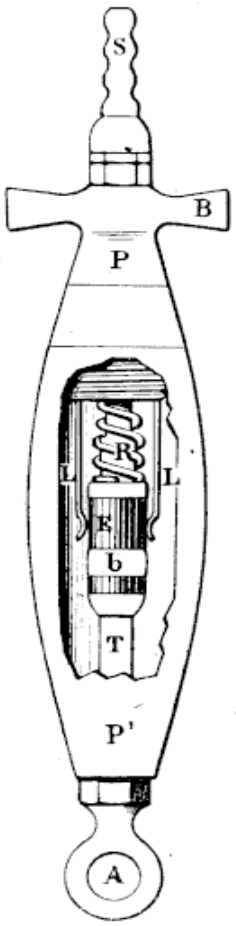


Fig. 603.

Au moment d'immerger la sonde, on suspend à l'anneau, A, un poids susceptible d'écarter P′ de P, malgré l'opposition d'un fort ressort à boudin en acier, R; les deux lamelles, L, viennent alors au contact de la bague, *b*, le circuit se trouve fermé dès que la sonde entre dans l'eau et la sonnerie fonctionne. Dès que le poids touche le fond, la traction exercée sur l'anneau cesse, le ressort, R, ramène P′ de bas en haut, les lamelles, L, quittent la bague, *b*, et la sonnerie s'arrête : la longueur de la corde immergée à ce moment indique la profondeur du fond.

L'anneau, A, et la partie inférieure de P′ sont percés d'un trou vertical, qui permet à l'eau d'y pénétrer, il en résulte une pression de bas en haut sur la tête d'un petit piston, qui tend à soulever la tige, T, et à maintenir P′ écarté de P, malgré l'augmentation progressive de la pression, pendant la descente de la sonde. Celle-ci, partout ailleurs, est rendue étanche par des joints semblables à ceux des presses hydrauliques: c'est là une condition indispensable, puisque l'eau de mer joue le rôle de « terre » pour la fermeture du circuit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Machine à câbler, 1889. — Installée dans les usines de la Seyne. L'âme conductrice, isolée à la gutta, traverse l'axe de deux cylindres, portant chacun 8 paires de bobines de fil de jute, et tournant l'un de droite à gauche, l'autre de gauche à droite: l'âme se trouve recouverte de deux couches de fils de jute, enroulées en hélice et en sens inverse. Elle passe ensuite dans l'axe d'un gros cylindre, portant deux séries de 9 bobines de fils de fer: ceux-ci, guidés par des poulies, convergent en un cône et viennent s'enrouler en hélice autour du câble: un toupin, embrassant celui-ci au point de convergence des fils de fer, les rend parfaitement jointifs. Le câble, ainsi armé, s'enroule trois fois autour d'un grand tambour, qu'une machine à vapeur anime d'un mouvement continu de rotation, et qui assure l'entraînement.

Le câble arrive ensuite au-dessus d'une cuve contenant une mixture bitumineuse, légèrement sirupeuse et à la température ordinaire: dans cette cuve, roule une chaîne sans fin, guidée par des poulies, qui entraîne avec elle de la matière bitumineuse: une partie de celle-ci tombe sur un plan incliné, puis sur le câble: une filière régularise la couche et bourre la matière dans les intervalles entre les fils de fer; le surplus retombe dans la cuve.

Aussitôt après, une bobine oblique, tournant autour du câble, le recouvre d'un ruban de toile goudronnée en hélice. Le ruban est ensuite recouvert d'une nouvelle couche de composition bitumineuse, dont la formule, donnée par sir Ch. Bright, en 1862, comprend, en poids : 65 parties de poix minérale, 5 de goudron et 30 de cilice en poudre. La cuve, qui renferme cette mixture, est chauffée à l'aide d'un tuyau de vapeur, et la matière, entraînée comme précédemment par une chaîne sans fin, retombe sur le câble.

Un second ruban de toile goudronnée est enroulé, en sens inverse du premier, et recouvert, à son tour, de la même façon, d'une nouvelle couche de mixture chaude.

Un peu plus loin, un tuyau, percé de petits trous, laisse échapper de l'eau froide, qui empêche la chaleur de la mixture de pénétrer jusqu'à l'âme du câble.

Celui-ci passe enfin sur deux cylindres, placés à la suite l'un de l'autre, et qui assurent son entraînement depuis le tambour mentionné plus haut; chacun de ces cylindres est entaillé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de trois gorges de largeurs différentes, correspondant à trois calibres distincts: le câble, posé dans l'une de ces gorges, à la partie supérieure, est pressé par une poulie jockey, animée d'un mouvement inverse de celui du cylindre: le câble, ainsi laminé, est conduit jusqu'à une cuve, dans laquelle il est lavé à la main, après qu'on l'a badigeonné avec un lait de chaux, pour empêcher l'adhérence des spires entre elles.

GUTTA-PERCHA

Production et composition. — La gutta-percha est un suc laiteux qu'on obtient par l'incision de l'écorce de certains arbres de la famille des *Sapotacées*, qu'on trouve en abondance dans les îles de la Sonde : à l'état de pureté, la gutta-percha est un hydrocarbure contenant 88 parties d'hydrogène et 12 de carbone: toutefois, la gutta qu'on trouve dans le commerce contient de 15 à 25 p. 100 de résine et de 3 à 12 p. 100 d'eau. Primitivement, grâce à sa plasticité sous l'action de la chaleur, les indigènes de ces îles l'employaient à une foule d'usages, notamment à la fabrication des manches d'outils.

Le mot malais *getah*, que la prononciation anglaise orthographie *gutta*, signifie simplement *gomme*; d'autre part, l'île de Sumatra est appelée par les indigènes, *Poulo-Pertja*, le nom de *gutta-percha* signifie donc simplement *gomme de Sumatra* ; malgré ce qu'elle avait de limitatif, l'appellation fut étendue à tous les produits similaires, quelles que fussent leur qualité et leur provenance.

Presque simultanément, en 1843, le Dr Montgomery et José d'Almeida en rapportèrent des échantillons en Europe. Ceux-ci furent soumis, par Charles Hancock, aux procédés d'épuration déjà appliqués au caoutchouc ; Faraday ayant reconnu les qualités hautement isolantes de cette substance, Wheatstone tenta vainement, comme il a été dit plus haut de l'appliquer sur des fils conducteurs; Werner Siemens, en 1847, après un premier essai également infructueux, inventa sa *presse à gutta*, et, à partir de cette époque, l'emploi de la gutta-percha se généralisa de plus en plus ; sa conservation presque indéfinie dans l'eau en a fait une substance indispensable pour les câbles sous-marins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Or, les indigènes exploitaient tout d'abord les arbres à gutta d'une façon barbare. La récolte par incision de l'écorce ne donnant pas, à leur gré une quantité suffisante parce que l'épanouissement du suc laiteux obstruait rapidement la blessure, ils abattaient, sans discernement des arbres de 35 ans, ayant une hauteur de 15 à 20 mètres et une circonférence de 2 mètres; ils obtenaient ainsi, environ, 7 kilogrammes de gutta (1). On en arriva bientôt à ne plus trouver, dans les forêts, de sujets adultes, et bon nombre de chercheurs de Sumatra ne connaissaient ni les fleurs ni les graines de ces arbres, qui n'entrent en floraison que vers trente ans environ (2). On pouvait donc redouter la disparition, à bref délai, de cette précieuse essence. Aussi s'est-on préoccupé d'assurer, par des mesures protectrices, la continuité de sa production. Le Congrès des Électriciens, de 1881, avait émis le vœu suivant :

« Il est vivement à désirer que, dans les pays possédant, par « eux-mêmes ou par leurs colonies, des arbres à gutta-percha, « des mesures soient prises pour la conservation de ces arbres « et pour leur bonne exploitation ».

C'est dans ces conditions qu'en 1881, le Ministre des Postes et Télégraphes chargea M. Seligmann-Lui, alors sous-ingénieur, d'une mission destinée à l'étude des procédés de culture et d'exploitation des arbres à gutta-percha, et au cours de laquelle ce fonctionnaire rassembla des données intéressantes sur les différentes espèces d'arbres à gutta, sur leur exploitation, sur la qualité des différentes guttas, etc. (3).

Guttifères de Sumatra. — L'herbier rapporté par M. Seligmann-Lui comprend les échantillons suivants :

1. Palaquium gutta ou *Isonandra-gutta-hookerii*, de Singapore, espèce fournissant une gutta excellente, mais devenue extrêmement rare.

2. Palaquium oblongifolium ou palaquium formerum Pierre : donne la *gutta Derrian* ou *gutta-Taban*, se trouve à Sumatra, Bornéo et Malacca.

3. Palaquium oblongifolium Burck, ou *Mayang-Derrian*.

4. Palaquium malacieux; donne également la qualité de *gutta-Derrian*.

(1) *Annales Télégraphiques*, 1861, p. 205.
(2) Wunschendorff. *Traité de télégraphie sous-marine*, Paris, 1888, p. 68.
(3) *Annales Télégraphiques*, 1883, p. 481.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5. Palaquium calophyllum Pierre; donne la *gutta-Batou*; croît dans les régions occidentales et septentrionales de Sumatra.

6. Palaquium calophyllum Pierre; donne également la *gutta Batou*; provient de la rivière Ayer-Siloh (Sumatra occidental).

7. Palaquium ou *Mayang-Batou*; même qualité et même origine.

8. Palaquium ou Mayang-Djerindjing, même origine, donne la *gutta Djerindjing*.

9. Palaquium ou Mayang-Korsik; même origine; donne la *gutta-Korsik*.

10. Palaquium ou Mayang-Kartas, même origine; donne la *gutta Kartas* ou *Kalihara*.

11. Palaquium ou Mayang-Sikkum, même origine; donne la *gutta-Sikkum*.

12. Bassai ou Mayang-Gapouk, même origine; donne la *gutta Gapouk* ou *gutta de Bornéo*.

13. Payena leerii. Se trouve à Sumatra et à Malacca; donne la *gutta Seundek*.

Différentes sortes de guttà-percha. — *Gutta-percha Derrian*. — On la désigne aussi sous le nom de *gutta-taban*; elle est complètement blanche lorsqu'elle est pure, mais diverses substances étrangères, notamment des parties corticales ou ligneuses, qui peuvent s'y trouver mêlées, lui communiquent, lors de la cuisson, une couleur rouge brun; elle est de beaucoup la plus recherchée; il suffit de la plonger dans l'eau chaude pour la rendre plastique, ce qui permet de la pétrir et de lui donner toutes les formes qu'on désire, sans qu'elle devienne gluante; dès qu'elle est refroidie, elle reprend sa solidité initiale, tout en restant très élastique.

Gutta Batou. — De couleur plus claire et plus rouge que la gutta-Derrian, elle doit, comme celle-ci, sa couleur au tissu cortical extérieur avec lequel elle a été fondue; bien que d'excellente qualité, elle est un peu plus rigide que la gutta-Derrian.

Gutta Djerindjing. — Beaucoup plus dure que les deux précédentes, elle convient mal à l'isolement des conducteurs de câbles; elle pourrait plutôt, dans certains cas, remplacer l'ébonite, étant moins sujette à se détériorer sous l'action de l'air et de la lumière.

Gutta Gapouk. — Qualité inférieure, dont le principal défaut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est de devenir assez rapidement friable et pulvérulente. Généralement vendue sous le nom de *gutta de Bornéo*.

Gutta Belouk. — Diffère peu, comme propriétés générales, de la gutta-Gapouk.

Gutta Kartas. — Qualité également inférieure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CINQUIÈME PARTIE

TÉLÉPHONIE

XXIV

HISTORIQUE

Découvertes préliminaires. — La transmission électrique de la parole est de date toute récente : elle remonte à 45 ans environ. Comme toutes les inventions humaines, cette splendide découverte ne surgit pas tout armée du cerveau d'un seul homme ; elle fut l'aboutissement de toute une série d'études et d'expériences, qui n'étaient guère sorties, il est vrai, du domaine du laboratoire, mais qu'il n'est pas sans intérêt de rappeler brièvement.

Dès l'année 1837, Page avait constaté que le fer produit un son lorsqu'on le soumet à une aimantation ou à une désaimantation (1) ; d'autre part, Joule, en 1842, avait découvert que l'aimantation détermine dans le fer une légère élongation ; cette dernière observation permit à De La Rive de donner, en 1843, l'explication du phénomène remarqué par Page. Celui-ci réalisa un dispositif consistant en une barre de fer, de 80 à 90 centimètres de longueur et de 3 à 4 centimètres de diamètre, et entourée d'une bobine de fil ; on lançait dans le circuit de celle-ci des courants, interrompus automatiquement, et l'on obtenait de la barre des vibrations et l'émission d'un son, dont la hau-

(1) Du Moncel. *Le Téléphone*, Paris, 1887, p. 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teur dépendait du nombre d'interruptions du courant par seconde. Divers autres dispositifs de transmission des sons furent réalisés, notamment par le français Wertheim, en 1848, par l'américain Edward Farrar, en 1851, et l'autrichien Paterma, en 1852.

Dans le même temps, l'abbé Laborde avait imaginé un appareil, formé de sept barres semblables, donnant, dans leur ensemble, une gamme diatonique complète ; à l'extrémité de la ligne, un nombre égal d'interrupteurs permettait d'actionner à volonté l'une quelconque des barres.

Charles Bourseul, qui s'était livré à une série d'expériences sur cette question, avait acquis la conviction qu'il était possible de transmettre à distance, non seulement les sons musicaux, mais aussi la parole elle-même, il écrivait, en effet, en 1854 :

« Imaginez qu'on parle près d'une plaque mobile, assez « flexible pour ne perdre aucune des vibrations produites par la « voix ; que cette plaque établisse et interrompe successivement « la communication avec une pile, vous pourrez avoir à distance « une autre plaque, qui exécutera, en même temps, exactement « les mêmes vibrations. Il est vrai que l'intensité des sons pro- « duits sera variable au point de départ, où la plaque vibre par « la voix, et constante au point d'arrivée, où elle vibre par « l'électricité, mais il est démontré que cela ne peut altérer les « sons ».

« ...Il faut songer que les syllabes ne reproduisent, à l'audi- « tion, rien autre chose que des vibrations des milieux interpé- « diaires ; reproduisez exactement ces vibrations, et vous repro- « duirez exactement aussi les syllabes ».

« ...Quoi qu'il arrive, il est certain que, dans un avenir plus ou « moins éloigné, la parole sera transmise à distance par l'élec- « tricité. J'ai commencé des expériences ; elles sont délicates et « exigent du temps et de la patience ; mais les approximations « obtenues font entrevoir un résultat favorable » (1).

L'idée, ainsi formulée par Bourseul, venait sans doute trop tôt, à une époque où la télégraphie était encore dans l'enfance et où les lois de l'acoustique n'étaient qu'incomplètement définies ; cette conception, trop hardie pour l'état de la science d'alors, se heurta au scepticisme des savants les mieux quali-

(1) *L'Illustration*, 26 août 1854.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fiés; Du Moncel, qui regretta par la suite une telle appréciation, la déclarait « fantastique » (1). Preece la trouvait « très belle, mais de réalisation impossible ». Bourseul, découragé par ceux-là mêmes qui auraient dû le soutenir, abandonna ses expériences.



CHARLES BOURSEUL, 1829-1912.

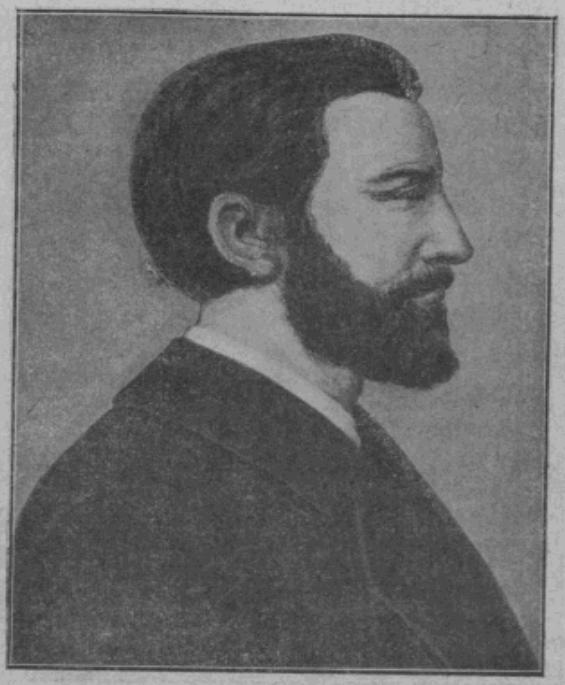
En 1860, Reiss, reprenant le dispositif indiqué par Bourseul, réalisa son *télégraphe acoustique*(2) : le transmetteur se composait d'une boîte rectangulaire creuse portant, sur l'une de ses faces, une embouchure destinée à recevoir les sons; sur l'autre face était tendue une membrane en baudruche, au centre de laquelle se trouvait une petite lamelle de platine, en relation avec l'un des pôles d'une pile; au-dessus de cette membrane était placée une seconde lame mobile qui, à l'état de repos, s'appuyait sur la première par une pointe, également en platine, reliée à la ligne; les vibrations imprimées à l'air, enfermé dans la boîte, étaient répétées par la membrane; il en résultait une suite de contacts et d'interruptions, correspondant exactement au nombre d'oscillations de la membrane.

Le récepteur était constitué par une boîte sonore, à l'intérieur de laquelle se trouvait une bobine d'électro-aimant rattachée à la ligne; dans l'axe de cette bobine, à la place du noyau, était tendu un fil de fer doux, susceptible de vibrer sous l'action des intermittences dans le passage du courant, celles-ci étant réglées par les vibrations de la membrane, le fil de fer rendait

(1) Du Moncel. *Exposé des applications de l'électricité*, t. III (1857) p. 110.
(2) *Elektrotechnische Rundchau*, 1884, p. 52.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un son identique en hauteur à celui qu'on avait émis devant l'embouchure de l'autre poste.



PHILIPPE REISS, 1834-1874.

Il semble que cette expérience devait conduire, à bref délai, à la transmission de la parole; elle resta cependant à l'état de curiosité scientifique; les quelques sons articulés, que Reiss tenta de reproduire, l'étaient de façon si imparfaite, qu'on devait se restreindre à un petit nombre de mots déjà fréquemment entendus; Reiss considéra ce problème comme insoluble, et n'alla pas plus loin que Bourseul.

En 1865, Yeates, mécanicien à Dublin, construisit un appareil analogue à celui de Reiss, mais dans lequel une feuille de papier, imbibée d'eau, était placée entre la membrane et la pointe de platine du transmetteur; l'articulation qu'il obtint ainsi, quoique meilleure que celle de Reiss, n'était encore guère intelligible; il avait pourtant frôlé la solution du téléphone articulant, puisqu'il produisait des courants d'intensité variable; mais il ne persévéra pas, lui non plus.

Les expériences furent renouvelées par divers savants, qui réalisèrent d'autres *téléphones musicaux;* on peut citer celui de l'américain Van der Weyde (1868), inspiré du dispositif du Reiss (1), et celui qui construisit C. Varley, en 1869 (2), dans lequel les interruptions étaient produites à l'aide d'une bobine d'induction; le récepteur consistait en une caisse sonore, de 1 mètre de diamètre, fermée par deux membranes, comme un tambour militaire, et renfermant un condensateur, formé de quatre feuilles disposées en deux séries parallèles aux mem-

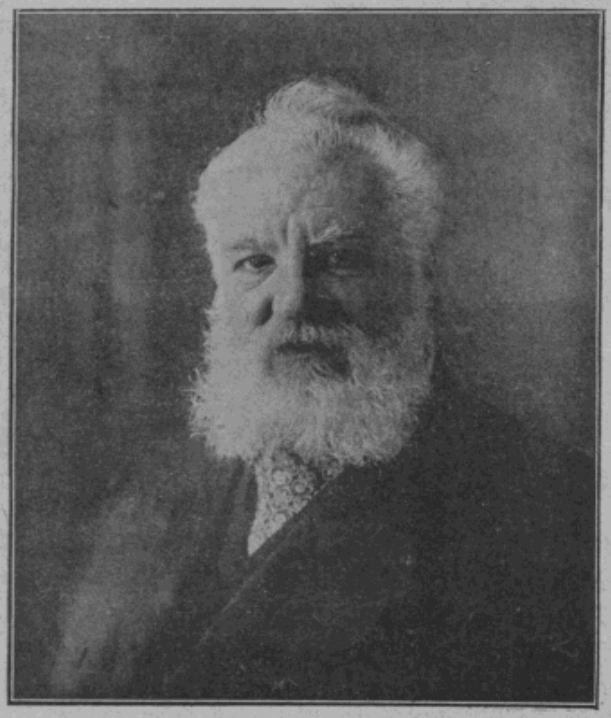
(1) *Scientific American*, t. LIV, (1886), p. 335.
(2) E. PIÉRARD, *La Téléphonie*. Liège 1894, p. 20.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

branes du tambour. Lorsqu'on chargeait électriquement l'une des séries, les feuilles de l'autre étaient attirées : si les charges et les décharges se succédaient avec assez de rapidité, il en résultait une vibration, susceptible de faire résonner les membranes. Les deux armatures du condensateur étaient reliées aux deux extrémités du circuit secondaire de la bobine d'induction, et on réglait les interruptions du primaire de manière à obtenir le nombre de vibrations correspondant au son désiré.

Dans le téléphone musical d'Elisha Gray (1874), la transmission s'effectuait également à l'aide d'une bobine d'induction ; les sons étaient reproduits par des lames vibrantes convenablement accordées.

Téléphones articulants. — C'est seulement en 1876 que le problème, si longtemps poursuivi, fut enfin résolu. En effet, par une coïncidence extraordinaire, le même jour, 14 février 1876, à quelques heures d'intervalle, Graham Bell, de Boston, et Elisha Gray, de Chicago, déposaient chacun une demande de brevet pour des systèmes qui, s'ils différaient sensiblement quant aux moyens employés, étaient identiques quant au résultat.



GRAHAM BELL.

Le transmetteur et le récepteur de Bell étaient en tout semblables : un électro-aimant boiteux était muni, à l'extrémité de son noyau libre, d'une armure, A (fig. 604), portant une petite tige, *t* ; celle-ci s'appuyait au centre d'une membrane en or battu, formant le fond d'une sorte de cornet. Cette membrane vibrait sous l'action de la parole et déterminait des déplacements, d'amplitude varia-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ble, de l'armature, A, devant le noyau de l'électro-aimant; les bobines étant parcourues par le courant d'une pile, les déplacements de l'armature engendraient des courants induits, qui modulaient le courant continu et lui donnaient *la forme ondulatoire*; celui-ci, réagissant sur l'armature de l'autre poste, lui faisait reproduire tous les mouvements de la première; la membrane entrait en vibration et reproduisait les paroles prononcées devant celle du départ.

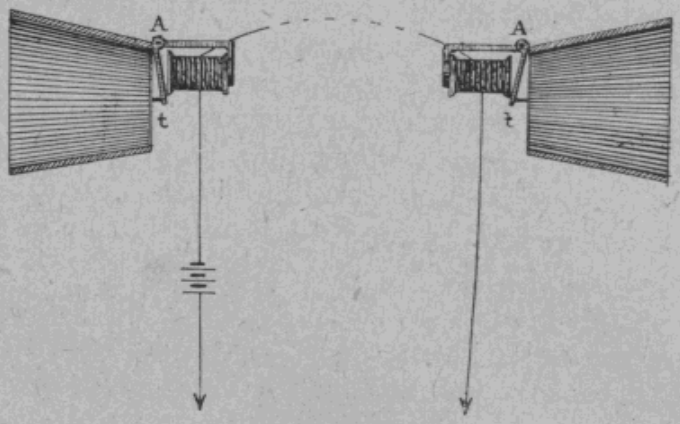


Fig. 604.

Les résultats obtenus par ce dispositif étaient encourageants, mais non absolument satisfaisants; aussi Bell se livra-t-il à de nouvelles expériences; il construisit bientôt un second appareil dans lequel l'armature, considérablement réduite en dimensions

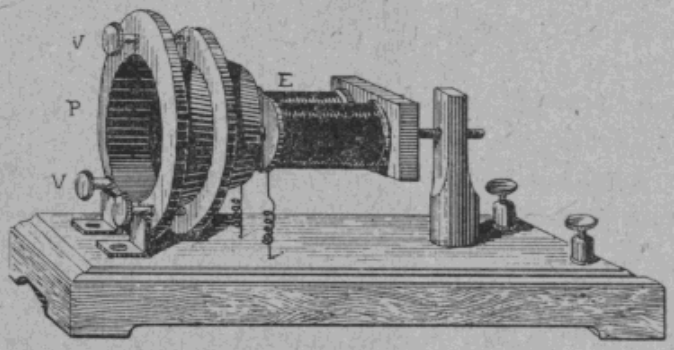


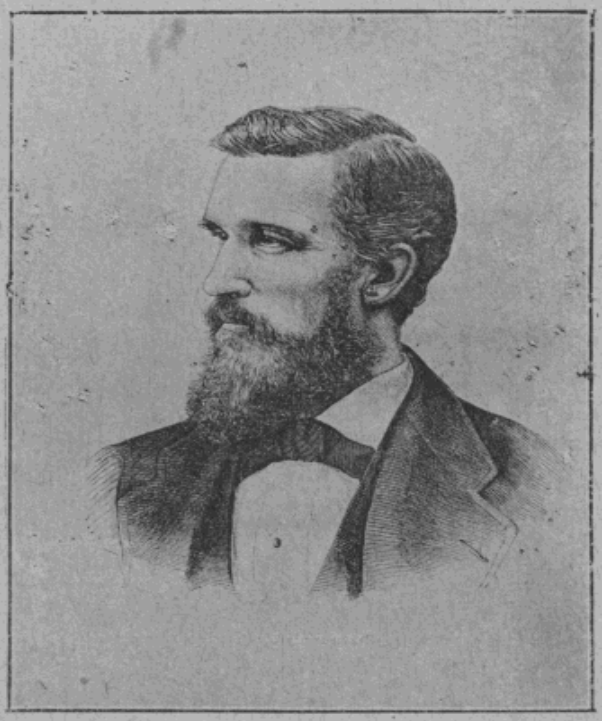
Fig. 605.

et en poids, était fixée au centre de la membrane; celle-ci enfin fut constituée par un mince disque de fer, placé devant les noyaux de l'électro-aimant, E (fig. 605) et maintenu, au moyen de trois vis, V, au fond du pavillon, P. Les choses se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

passaient comme dans le précédent, sauf que Bell avait cru devoir établir un récepteur spécial, constitué par un électro-aimant tubulaire agissant sur une membrane formant armature. Les expériences furent couronnées de succès et Bell, constatant que son transmetteur était réversible, supprima le type de récepteur nouvellement créé.

Enfin, pour simplifier encore son système, Bell le rendit exclusivement magnétique, c'est-à-dire qu'il en obtint le fonctionnement sans le secours d'une pile : à l'extrémité d'un aimant permanent droit, il plaça une petite bobine, dont le fil était en relation avec la ligne ; devant l'extrémité, de l'aimant, il monta une membrane en fer mince, maintenue, comme précédemment, par l'embouchure vissée de l'appareil : les variations du champ magnétique, qui résultaient des vibrations de la membrane, engendraient dans la bobine des courants d'induction de forme ondulatoire, qui se propageaient sur la ligne. L'instrument était réversible, comme le précédent.



ELISHA GRAY.

L'appareil d'Elisha Gray fonctionnait d'après un principe tout différent : la membrane était tendue au fond d'une cavité formant cornet acoustique, E (fig. 606); à sa partie centrale était fixée une petite plaque de platine, *p*, portant elle-même une tige de même métal, plongeant dans un vase, V, rempli d'eau; enfin, le liquide était mis en communication, par la borne, *b*, avec l'un des pôles d'une pile, tandis que la tige de platine était reliée à la ligne. Les vibrations de la membrane provoquaient des déplacements verticaux de la tige dans le vase ; il en résultait, dans la résistance du circuit, des variations qui étaient, à chaque ins-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tant, proportionnelles aux amplitudes et aux inflexions de ces vibrations ; l'intensité du courant suivait toutes ces variations, qui se traduisaient par des attractions plus ou moins fortes sur la membrane du récepteur. Ce dernier instrument était semblable au transmetteur, sauf que la pièce métallique était en fer doux, et que le vase était remplacé par un électro-aimant.

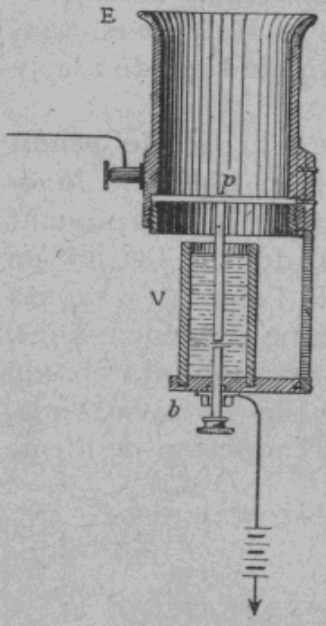


Fig. 606.

Dans le courant de la même année 1876, Bell présenta à l'Exposition de Philadelphie un transmetteur à liquide, presque identique à celui qui vient d'être décrit. Les deux inventeurs étaient d'ailleurs déjà en procès au sujet de la paternité du principe même du téléphone ; le jugement rendu, en 1877, par le Tribunal de Washington, accorda la priorité à Graham Bell, pour l'unique raison que celui-ci avait déposé une demande de *brevet*, tandis qu'Elisha Gray n'avait remis à l'Office des patentes qu'un *caveat*, c'est-à-dire un mémoire descriptif, destiné seulement à lui permettre de demander ultérieurement un brevet ; peut-être aussi les juges ont-ils tenu compte de ce que le dépôt du caveat d'Elisha Gray avait été fait deux heures après celui du brevet de Graham Bell. A la suite d'une nouvelle action judiciaire, un compromis intervint entre les deux inventeurs et leurs droits réciproques furent achetés par une même Compagnie.

Werner Siemens construisit, en 1878, un téléphone magnétique (1), réversible comme celui de Bell, mais à deux pôles et qui est décrit plus loin (v. p. 595).

Le téléphone de Gower (1879) était semblable à celui de Siemens, mais l'aimant avait la forme circulaire, ce qui permettait de le loger dans une boîte cylindrique de peu de hauteur (v. p. 594.)

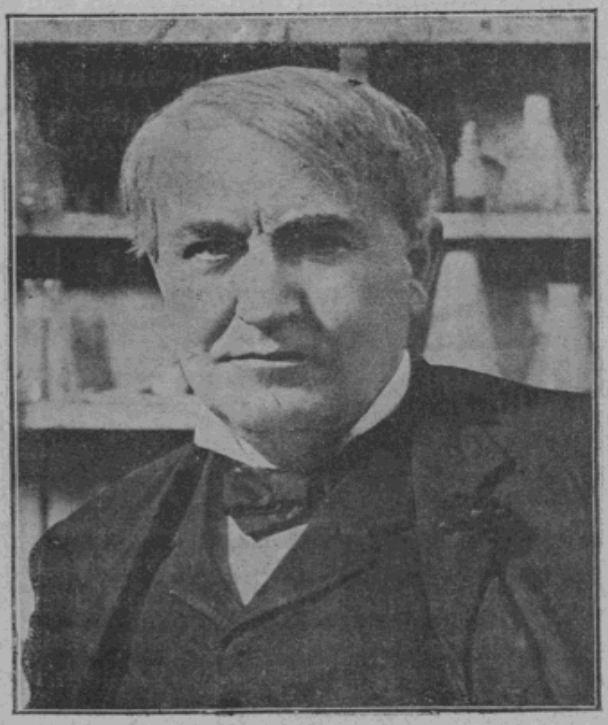
On fit usage en Italie, vers 1880, du téléphone de Nigra, qui ne différait de celui de Siemens que par l'adjonction d'une boîte sonore.

(1) *Elektrotechnische Zeitung*, 1881, p. 481.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On utilisa également comme récepteurs téléphoniques, des condensateurs ; leur emploi avait été tout d'abord limité à la reproduction des sons musicaux, ainsi qu'il a été dit plus haut (v. p. 570); toutefois, en 1880, quelques dispositifs permettaient l'audition de la parole; on peut citer ceux de Cornélius Herz (1880), de Dunand et de Dolbear (1881); ce dernier était constitué par deux petites plaques métalliques, placées très près l'une de l'autre, formant ainsi un condensateur de très petite surface. Ce mode de construction des récepteurs téléphoniques a été d'ailleurs abandonné.

Microphones. — De son côté, Edison, reprenant les travaux de Du Moncel et de Clérac sur les corps médiocrement conducteurs (1), se livrait à des recherches sur les relais télégraphiques à pression variable (2); il fut ainsi amené en 1877, à constater que de faibles variations de pression modifiaient considérablement la résistance de certains de ces corps, et qu'il en résultait, par suite, des variations également importantes de l'intensité des courants transmis. Cette constatation amena l'illustre inventeur à construire un transmetteur téléphonique, formé d'une pastille de charbon, comprimée par le jeu d'une membrane vibrante (3); la pastille et la membrane étant placées dans un circuit comprenant une pile, une ligne et un récepteur téléphonique de Bell, celui-ci reproduisait fidèle-



THOMAS-ALVA EDISON.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6, 13 juillet, 3 et 10 août et 7 septembre 1874. *Annales Télégraphiques*, 1875, p. 591.
(2) *Annales Télégraphiques* 1877, p. 543.
(3) Preece et Sivewright. *Telegraphy*. p. 224

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment les paroles prononcées devant le transmetteur. Toutefois, cette reproduction était relativement faible ; pour la renforcer, Edison introduisit dans son transmetteur une bobine d'induction, dont le primaire était en circuit avec la pile et le secondaire relié à la ligne. Ce dispositif donna pleine satisfaction et, à cela près de quelques modifications de détail, est encore en usage aujourd'hui.

Peu de temps après, Edison construisit un récepteur dérivé de son *électro-motographe*, dont il avait fait usage pour les relais télégraphiques (1) : ce système est basé sur la modification qu'apporte le passage d'un courant au frottement d'une pièce métallique sur certaines substances alcalino-terreuses : si, par exemple, on place sur un plateau métallique une feuille de papier humectée d'une solution d'hydrate de potasse, et si l'on exerce sur la feuille une friction à l'aide d'une lame métallique, on observe un certain frottement : mais si l'on vient à faire passer un courant entre la lame et le plateau, on constate immédiatement une diminution de ce frottement, et la variation suit fidèlement les changements qu'on apporte éventuellement à l'intensité du courant : on peut ainsi transformer en vibrations les courants ondulatoires reçus d'un transmetteur téléphonique.

En 1877, Hughes, étudiant à son tour les propriétés des corps médiocrement conducteurs, démontra que tout contact imparfait, entre des surfaces peu conductrices, est susceptible de constituer un transmetteur téléphonique ; il réalisa, en 1878, un microphone d'une sensibilité remarquable (2) : deux petits blocs de charbon, B (fig. 607), étaient fixés au dos d'une planchette verticale, P ; ces blocs portaient des trous ovalisés, dans lesquels on logeait les extrémités, taillées en pointes, d'un crayon, C, également en charbon, qui se trouvait ainsi simplement soutenu verticalement entre ses deux supports ; l'ensemble était inséré dans un circuit comprenant une pile et la ligne. Non seulement

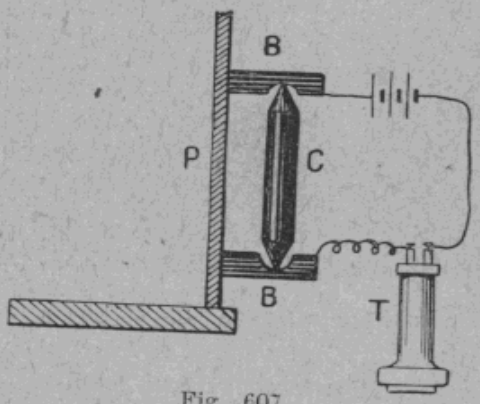


Fig. 607.

(1) *Annales Télégraphiques*. 1877, p. 545.
(2) *Idem*. 1878, p. 335 et 396.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les paroles, prononcées devant la planchette, étaient nettement transmises à distance et perçues dans un récepteur de Bell, T, mais on entendait même le léger bruit produit par le frottement d'un pinceau de blaireau ou par la marche d'une mouche sur la plaque du transmetteur. Cette extraordinaire sensibilité constitua même une gêne, au début de l'application du microphone de Hughes, et l'on dut la réduire, notamment en augmentant la pression des contacts.

Ce microphone, tel qu'il vient d'être décrit, avait cependant un grave inconvénient : le crayon se trouvant presque dans la position d'équilibre instable, la pression sur le support inférieur était assez grande et dépendait du poids du charbon, tandis que celle sur le contact supérieur était presque nulle; des vibrations un peu violentes faisaient osciller le crayon, et il en résultait des interruptions du circuit. On plaça alors le crayon mobile dans la position horizontale, de sorte que les deux contacts se trouvèrent dans des conditions identiques, la pression sur chacun d'eux devenant proportionnelle à la moitié du poids du charbon; on obtint ainsi un microphone un peu moins sensible mais plus stable, sans cependant supprimer complètement les interruptions résultant des secousses violentes. On eut alors l'idée de grouper parallèlement plusieurs charbons, soutenus par deux supports communs : le circuit se trouvant bifurqué dans chacun d'eux, les interruptions furent évitées de façon à peu près complète et, en outre, on obtint une grande pureté de timbre, qui le fit adopter, en particulier, pour les auditions musicales.

Les formes les plus diverses furent données aux microphones à charbons; dans le système de Crossley (1878), quatre crayons sont disposés en losange (v. p. 594); dans le microphone de Gower (1878), ils sont placés en croix (v. p. 594); dans celui d'Ader, (1879), 10 crayons sont disposés en deux groupes de 5, placés parallèlement (v. p. 595) : dans celui de Baillehache (1880), les crayons, au nombre de deux, sont creux et contiennent, soit de petites balles de charbon, soit des barbes de plumes, destinées à produire une sorte de surexcitation des vibrations.

A la même époque, on fit usage, en Belgique, du microphone Locht-Labye ; une planchette verticale, en liège, supporte une pastille de charbon ; elle est suspendue par sa partie supérieure, à l'aide de petits ressorts-lames, et peut ainsi osciller autour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un axe horizontal; dans ce mouvement, la pastille se trouve appuyée plus ou moins fortement sur une pièce métallique en forme de couteau: les ondes sonores sont amorties par un voile de drap, tendu devant la planchette.

On peut citer encore les microphones de Paterson, Boudet, Maiche, d'Arsonval, parus vers 1880, et qui se distinguent par le mode de groupement des charbons; ils présentent tous l'avantage de ne nécessiter aucun réglage, ce qui les rend essentiellement pratiques pour les postes téléphoniques d'abonnés.

La pureté de la transmission fut encore augmentée par les microphones à grenaille, dans lesquels le nombre des points de contacts se trouve considérablement augmenté; le premier appareil de cette sorte fut construit en 1878, par Henry Hunning; il était constitué par une petite boîte en bois, de forme circulaire, et de 3 millimètres de profondeur; le fond était garni intérieurement d'une plaque métallique, puis la boîte était remplie avec de petits grains de charbon; enfin, on plaçait au-dessus, comme couvercle, une mince plaque de platine, formant la membrane devant laquelle on parlait; celle-ci, dans ses mouvements, venait presser plus ou moins sur les grains de charbon, et la résistance du circuit, rattaché respectivement à la membrane et à la plaque du fond, variait à chaque instant.

Des systèmes analogues furent réalisés par d'Argy (1882) et Berliner (1887); puis vint celui de White, connu sous le nom de *solid-back* (1897), etc., etc.

En 1886, Mercadier imagina un appareil auquel il donna le nom de *télémicrophone* (1), dans lequel il combinait, au départ, un effet microphonique et un effet téléphonique. L'instrument fut réalisé à l'aide d'un récepteur d'Arsonval, à la membrane duquel étaient fixés les charbons d'un microphone de Paul Bert (v. p. 597); la membrane était surmontée d'un couvercle formant chambre à air, de un centimètre de hauteur, et percé d'une ouverture centrale, recouverte d'une lame mince de verre ou de mica, devant laquelle on parlait; sur les côtés étaient ménagées deux ouvertures, auxquelles étaient ajustés des tuyaux en caoutchouc. Les connexions étaient les mêmes que dans le téléphone ordinaire; le microphone était en série avec une pile et le circuit primaire d'une bobine d'induction; la bobine du

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1886, p. 207.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

récepteur communiquait avec le secondaire et le circuit extérieur.

Lorsqu'on parlait devant l'appareil, il se produisait simultanément :

1° Un effet microphonique dans le primaire de la bobine, par suite des mouvements des charbons fixés à la membrane, d'où résultaient dans le circuit extérieur des courants induits ordinaires ;

2° Un effet téléphonique, provenant des mouvements de la membrane dans le champ magnétique de l'aimant : les courants induits dans ce dernier cas se superposaient aux précédents dans le circuit extérieur.

L'appareil était réversible, puisqu'il renfermait tous les éléments d'un téléphone ; des tuyaux acoustiques servaient pour la réception ; on pouvait en adapter plusieurs, soit au couvercle, soit à la chambre à air, ce qui permettait l'audition simultanée par plusieurs personnes.

Photophonie. — Radiophonie. — En 1880, Graham Bell publia les résultats de ses expériences, faites en collaboration avec Tainter, sur la *photophonie*, grâce à laquelle il entrevoyait la possibilité de correspondre d'un point à un autre sans le secours d'un fil conducteur et par le seul intermédiaire d'un rayon de lumière (1).

Il mettait à profit cette propriété remarquable du sélénium d'opposer au courant électrique une résistance plus ou moins grande, suivant qu'il est plus ou moins éclairé.

Au poste transmetteur, une source quelconque de lumière était placée devant deux écrans parallèles, l'un fixe, l'autre relié à la plaque vibrante d'un téléphone ; les deux écrans portaient chacun une fente longitudinale, disposée de telle sorte qu'à l'état de repos, le rayon lumineux pouvait les traverser et se rendre au poste correspondant ; mais, dès qu'on parlait devant la plaque, celle-ci vibrait et entraînait dans son mouvement le second écran : les deux fentes cessaient d'être en regard l'une de l'autre et le faisceau lumineux se trouvait intercepté en partie ou en totalité ; les variations de l'intensité lumineuse correspondaient exactement aux diverses amplitudes des vibrations de

(1) Du Moncel : *Le microphone, le radiophone et le phonographe*. Paris 1882, p. 101, *Annales Télégraphiques*, 1880, pp. 342, 427, 448, 545.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la membrane et on obtenait ainsi une émission de lumière *ondulatoire*, suivant l'expression de Bell lui-même.

Au poste correspondant, l'appareil récepteur se composait d'un barreau de sélénium, inséré dans un circuit comprenant une pile et un récepteur téléphonique; le rayon lumineux, dirigé sur le sélénium, l'impressionnait à chaque instant suivant son intensité; il en résultait des variations ondulatoires de la résistance du circuit, et le récepteur téléphonique se trouvait actionné avec la même netteté que par le dispositif ordinaire.

Dans d'autres expériences, Bell fit usage d'un miroir en verre mince, formant la membrane du transmetteur et qui, en vibrant, devenait concave ou convexe, et faisait, à chaque instant, diverger ou converger le rayon lumineux, qu'il réfléchissait dans la direction de l'autre poste : l'intensité lumineuse, agissant sur le sélénium, se trouvait modulée comme précédemment.

Bell et Tainter étendirent le champ de leurs recherches aux vibrations moléculaires produites, dans les différents corps, par un rayon lumineux intermittent ou variable. C'est ainsi qu'ils reprirent les expériences du professeur Adams, de Londres, qui avait constaté que, sous l'influence de la lumière, le tellure présente des variations de résistance très sensibles, bien qu'un peu inférieures à celles qu'on observe avec le sélénium. Tainter construisit, peu de temps après, un *photo-électrophone*, dans lequel la substance influencée était le noir de fumée.

Mercadier entreprit, de son côté, une série d'expériences sur le même objet, et établit que les phénomènes dits photophoniques résultent de radiations thermiques; il proposa de désigner leur ensemble sous le nom de *radiophonie*, et c'est ce terme qui a été adopté depuis par tous les savants (1). Il réalisa, en 1885, son *thermo-électrophone* ou *thermo-magnétophone*, en faisant agir, respectivement, sur un microphone ou sur un téléphone, des radiations thermiques, rendues intermittentes à l'aide d'une roue tournante percée d'ouvertures. Les sons enregistrés dans le récepteur téléphonique étaient plus ou moins hauts suivant la vitesse de la roue: en d'autres termes, le nombre des vibrations était égal au nombre des interruptions de la source radiante (2).

En 1888, Chaperon et Mercadier réalisèrent un couple radiophonique au moyen de deux lames d'argent, l'une nue, l'autre

(1) *Annales Télégraphiques*, 1880, p. 544.
(2) *Idem*, 1885, p. 568.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

recouverte d'une couche électrolytique de sulfure d'argent; ces deux plaques étaient placées l'une au-dessus de l'autre, dans un tube d'essai plongeant dans de l'eau acidulée au 1/10; en faisant varier l'éclairement de la lame sulfurée, on obtenait, dans le téléphone, des sons musicaux, moins intenses mais aussi purs qu'avec les radiophones à sélénium (1).

Réseaux téléphoniques. — Dès 1876, Bell procéda à une première expérience de son système, sur un fil télégraphique, long de 9 kilomètres, reliant Boston à Malden; elle donna pleine satisfaction; elle fut renouvelée l'année suivante, entre Boston et Salem (22 kilomètres) et enfin entre New-York et North-conway (230 kilomètres); en présence des résultats obtenus; une Société d'exploitation fut fondée et commença immédiatement la construction d'un réseau téléphonique à New-York; mis en service à la fin de 1877, il prit presque immédiatement un grand développement; cet exemple fut suivi dans la plupart des grandes villes des Etats-Unis et, en 1881, on comptait plus de 400 bureaux centraux et environ 130.000 appareils en service.

Le téléphone fit son apparition en Europe en 1877 : le 29 octobre, en effet, Bréguet présenta à l'Académie des Sciences un appareil prêté par Bell lui-même; de son côté, Preece l'introduisit en Angleterre le 31 du même mois; enfin, le 23 Novembre, le Dr Zetzsche expérimenta l'appareil à Dresde.

L'Administration française entreprit presqu'aussitôt des expériences, d'abord entre le Bureau Central Télégraphique de Paris et un local de l'avenue de Breteuil, puis entre Paris et Versailles, et enfin sur divers fils télégraphiques, tels que Cherbourg-Caen, Calais-Boulogne, etc.; toutefois, elle ne crut pas devoir tout d'abord assumer la charge de mettre le système en service, et, en 1879, le Ministre des Postes et Télégraphes accorda, à diverses personnalités, l'autorisation d'installer des réseaux téléphoniques à Paris et dans les principales villes de province. Aucune organisation similaire n'existait encore en Europe. En 1880, la *Société Générale des Téléphones* racheta en bloc les diverses concessions et acquit ainsi un monopole de fait.

L'initiative française fut rapidement imitée dans les diffé-

(1) *Annales Télégraphiques*, 1888, p. 429.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rents pays étrangers; c'est ainsi que le premier réseau fut installé :

a) En 1880 : en Angleterre (Londres), en Belgique (Bruxelles), en Danemark (Copenhague), en Hollande (Amsterdam), en Norvège (Christiania), en Suisse (Zurich); le premier réseau allemand fut construit à Berlin en 1880, mais il fut tout d'abord réservé à la transmission et à la réception des télégrammes, entre le Bureau central et les différents quartiers; c'est seulement en 1881 qu'il commença à servir pour les communications purement verbales.

b) En 1881 : en Autriche (Wien), en Italie (Turin), en Portugal (Lisbonne), en Suède (Stockholm).

c) En 1882 : en Hongrie (Buda-Pesth), en Russie (Moscou).

d) En 1883 : en Chine (Hong-Kong et Shangaï).

e) En 1885 : en Espagne (Madrid).

En 1884, le réseau français de la Société Générale des Téléphones avait déjà pris une grande extension. A l'occasion de l'établissement d'un nouveau cahier des charges, diverses améliorations furent apportées dans le service; c'est ainsi que les abonnés eurent la faculté de transmettre et de recevoir leurs télégrammes, entre le bureau central et leur domicile; des cabines téléphoniques publiques furent installées; enfin, des réseaux suburbains étaient créés.

Entre temps, l'Administration des Postes et Télégraphes avait entrepris la construction de réseaux téléphoniques dans des villes qui, pour des raisons diverses, n'en avaient pas été pourvues par la Société Générale des Téléphones; en 1884, certaines de ces villes étaient reliées entre elles, dans les limites de distance permises par le fonctionnement des systèmes alors en usage; l'exploitation était assurée par les bureaux télégraphiques; en 1887, les abonnés de tous les réseaux eurent la faculté de correspondre d'une ville à l'autre, à partir de leur domicile. Enfin, en 1889, à l'expiration de la concession de la Société Générale des Téléphones, l'Etat racheta en entier le réseau de cette Société et, à partir de cette époque, assura seul l'exploitation des téléphones en France.

Tableaux téléphoniques. — Dans les premiers bureaux centraux, les lignes étaient unifilaires et reliées à l'une des séries de barres d'un *commutateur suisse* (v. p. 350); les barres de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'autre série communiquaient chacune avec un appareil. On fit bientôt usage (en 1880), d'un autre système, consistant à rattacher chaque ligne, unifilaire ou bifilaire, à un conjoncteur dénommé *Jack-knife* (1) et à relier les abonnés, demandeur et demandé, à l'aide de deux fiches réunies par un cordon souple (v. p. 637).

Les jacks-knives, lourds et encombrants, furent remplacés par divers systèmes : on utilisa tout d'abord les *commutateurs à crochets*, de Sieur (v. p. 630) (1881), construits pour le simple ou le double fil; puis on réalisa des tableaux dans lesquels les conjoncteurs étaient formés de deux ressorts s'appuyant, au repos, l'un sur l'autre; ce genre de « jack » a été conservé depuis, à cela près de détails de construction; le plus grand communique avec la ligne et le plus court avec l'annonciateur d'appel; l'enfoncement d'une fiche dans le conjoncteur a pour effet de séparer les deux ressorts et, en isolant l'annonciateur, de mettre la ligne en communication avec le conducteur du cordon; si l'on place la seconde fiche dans un autre conjoncteur semblable, les deux lignes se trouvent reliées métalliquement. Ce système est appelé *jack à simple rupture*, et sert pour les lignes unifilaires (v. p. 643).

Lorsqu'on fit usage de lignes à double fil, le conjoncteur fut muni d'un second ressort relié à la branche de retour; la sortie de l'annonciateur fut elle-même rattachée à cette dernière branche; puis vint le *jack à double rupture*, dans lequel la sortie de l'annonciateur, ramenée à un second ressort court, est isolée, comme l'entrée, au moment de l'enfoncement de la fiche Les tableaux constitués, dans les centraux téléphoniques, pour la liaison des abonnés entre eux, furent tout d'abord montés en *monocorde* : chaque ligne aboutissait à une fiche à deux conducteurs, sur laquelle se trouvait, en dérivation, un jack à simple rupture, avec l'annonciateur, et une *clé d'écoute*, reliée au poste de l'opératrice. Lorsqu'un appel actionnait un annonciateur, la préposée tournait sa clef d'écoute et entrait en contact avec le demandeur; puis elle manœuvrait, de même, la clé d'écoute correspondant à l'abonné demandé et abaissait un *bouton d'appel*; dès que le second abonné avait répondu, elle plaçait la fiche

(1) Littéralement, *couteau de Jack*, du nom de son inventeur américain. Le mot *jack* a survécu au système, et sert couramment à désigner un conjoncteur téléphonique, à quelque genre qu'il appartienne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du demandeur dans le jack du demandé, l'annonciateur du premier demeurait ainsi en circuit et enregistrait le *signal de fin de conversation*.

Tableaux standards. — Le montage en monocorde exigeait autant de clés d'écoute, de boutons d'appel et de fiches qu'il y avait de jacks dans le tableau; aussi lui substitua-t-on le montage en *dicorde* ou en *standard*, dans lequel ce nombre est seulement égal à celui des conversations qui, au moment le plus chargé, peuvent être échangées simultanément : chaque ligne d'abonné aboutit à un jack avec un annonciateur; chaque clé d'écoute est solidaire d'une paire de fiches, d'un bouton d'appel et d'un annonciateur de fin de conversation; la liaison s'opère en plaçant les deux fiches d'une même paire, respectivement, dans le jack du demandeur et dans celui du demandé.

Les tableaux standards furent construits pour 10, 25, 50, 100 et exceptionnellement pour 200 abonnés. Lorsque ce dernier chiffre était dépassé, on juxtaposait plusieurs de ces tableaux. Si deux étaient suffisants, il n'en résultait guère de gêne, l'opératrice de l'un d'eux pouvant prendre directement, avec un cordon assez long, tel jack qui lui était demandé sur le tableau voisin; mais dans les bureaux où les standards étaient nombreux, il devenait nécessaire de les réunir par des *lignes auxiliaires* aboutissant, dans chacun d'eux, à des *jacks de service*. Lorsqu'une demande de communication, provenant du premier tableau, se trouvait à destination d'un abonné relié au troisième, par exemple, les deux opératrices intéressées devaient correspondre pour s'entendre sur la liaison à effectuer et sur le numéro de la ligne auxiliaire à employer; il en résultait un certain ralentissement dans l'établissement des communications, sans préjudice des cas où, toutes les lignes auxiliaires se trouvant momentanément occupées, certaines communications devaient être différées.

Tableaux multiples. — L'expérience démontra bientôt que, pour les bureaux comprenant plus de 500 abonnés, la juxtaposition des standards apportait une gêne considérable, et l'on dut rechercher un mode de groupement plus commode : c'est dans ces conditions que la Western Electric Cy installa, en 1883, les premiers *tableaux multiples*, dont le principe peut être résumé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi : si l'installation est prévue pour 1.200 abonnés, et si chaque téléphoniste doit en desservir 100, par exemple, comme dans le cas d'un standard, on divise le meuble en 12 panneaux portant, à la partie inférieure, 100 jacks avec leurs annonciateurs ; ce sont les *jacks individuels* ; en outre, chaque opératrice doit pouvoir relier, sans intermédiaire aucun, chacun de ses abonnés avec l'un quelconque des 1.100 autres.

A cet effet, la partie supérieure du meuble porte, sur chaque panneau, une série spéciale de 600 jacks, de telle sorte que deux panneaux consécutifs présentent un nombre de jacks égal à 1.200, capacité prévue pour le meuble ; cette seconde catégorie de conjoncteurs prend le nom de série des *jacks généraux*, et l'ensemble de ces deux groupes constitue une *section* ; le meuble entier, dans le cas supposé ici, comprend donc six sections.

Si les 1.200 lignes du bureau, en même temps qu'elles aboutissent chacune à un jack individuel, sont rattachées, ou *multiplées*, dans leur ordre numérique, sur les 1.200 jacks généraux des deux premiers panneaux, formant la première *section*, puis, de même, sur ceux des cinq sections suivantes, chacune des opératrices, à l'exception de la première et de la douzième, aura à sa portée toutes les lignes du bureau, soit 600 sur son propre panneau, 300 sur celui de gauche et 300 sur celui de droite : à l'aide d'une paire de fiches comprenant, comme dans les standards, clé d'écoute, bouton d'appel et annonciateur de fin de conversation, elle pourra donc relier le jack individuel où s'est produit l'appel avec un jack général de la ligne demandée. Afin que les deux opératrices extrêmes puissent, comme les 10 autres, disposer de la totalité des jacks généraux, on a ajouté, à chaque bout du meuble, un quart de section, comprenant 300 jacks, et on y a attaché les 300 lignes qu'elles ne trouvent ni sur leur propre panneau, ni sur leur unique voisin.

Parmi les premiers multiples installés en Europe, on peut citer celui de Perrin (1885), qui fonctionna en France, en Belgique et en Espagne, le « Nashville multiple » et une foule d'autres systèmes, identiques quant au principe, mais différenciés par des détails de réalisation. Les jacks généraux étaient à rupture ; chaque ligne, amenée au jack de numéro convenable de la première section, était renvoyée, par le contact à rupture, sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celui de même numéro de la seconde section, et ainsi de suite jusqu'au jack individuel, qui se trouvait le dernier; de cette façon, lorsqu'on prenait la ligne sur un jack quelconque, l'annonciateur d'appel se trouvait mis hors circuit. Ce type fut appelé, à cause de son montage, *multiple en série*.

Afin d'éviter qu'une même ligne puisse être prise simultanément sur deux points différents du meuble, chaque poste d'opératrice du multiple Perrin comportait une *fiche d'essai*, dont le cordon était relié à un circuit comprenant une sonnerie, une pile et la terre; cette fiche, introduite dans un jack général, ne coupait pas la continuité de la ligne sur les autres, mais si celle-ci était libre, le courant de la pile pouvait passer et allait appeler l'abonné; en outre, la sonnerie d'essai était actionnée; si, au contraire, la ligne était occupée, la sonnerie restait muette.

Ce mode d'essai avait l'inconvénient de ralentir les opérations, puisque, la ligne étant reconnue libre, il fallait retirer la fiche d'essai et la remplacer par celle de jonction. Un peu plus tard, on simplifia la manœuvre en multipliant les douilles des jacks tout comme les ressorts, et l'enfoncement d'une fiche dans l'un quelconque eut pour effet d'amener une pile aux douilles de tous les autres de la même série : avant de placer la seconde fiche dans un jack général, l'opératrice touchait la douille avec la pointe et, si la ligne était occupée, elle percevait un « toc » dans son récepteur. Cette épreuve préalable a conservé son nom anglais de *test*.

Le multiple en série de Stock, installé à Berlin en 1895, offrait cette particularité que les jacks étaient disposés horizontalement; à la partie médiane de la table se trouvaient les jacks généraux et, de chaque côté, des jacks individuels: le nombre des sections de jacks généraux était ainsi réduit de moitié, puisque chacune servait à deux groupes d'opératrices se faisant face.

Multiples en dérivation. — Le montage en série présentait cet inconvénient qu'un seul contact mal assuré isolait de la ligne tous les jacks situés au delà du point défectueux: à partir de 1892, on vit apparaître, d'abord à Albany (New-York), puis à Zurich, les *multiples en dérivation*, dans lesquels, comme le nom l'indique, chaque ligne était dérivée sur les différents jacks, sans que l'interruption de l'un puisse gêner les autres. Comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les multiples en série, la pile de « test » était amenée aux douilles des jacks de lignes, lors de l'enfoncement d'une fiche dans l'un d'eux; elle fut, en outre, utilisée pour isoler l'annonciateur d'appel de toute ligne occupée.

Jusqu'à cette époque, l'opératrice, après qu'elle avait établi une communication, devait relever à la main le volet de l'annonciateur d'appel; on réalisa le *relèvement automatique* en utilisant, pour cette nouvelle fonction, la même pile de « test ».

Multiples à batterie centrale. — L'abonné, relié à l'un des systèmes de multiples en série ou en dérivation, devait donner le signal d'appel et celui de fin de conversation : ce dernier, notamment, était fréquemment omis; les *multiples à batterie centrale*, installés à partir de 1896, permirent de supprimer, chez l'abonné, la pile d'appel, et de rendre automatiques ces deux signaux; avec le système de la *batterie centrale intégrale*, la pile microphonique put même être supprimée, et le poste de l'abonné se trouva réduit à sa plus simple expression.

Systèmes automatiques. — Une foule de perfectionnements furent encore apportés aux installations téléphoniques : dans ce nombre, on doit comprendre les *compteurs de durée de conversation* (1891), les *appareils à paiement préalable* (1895); enfin on a cherché à supprimer les opératrices même des multiples, en réalisant des *systèmes automatiques*.

Le principe en avait été indiqué, dès 1879, par les Américains Connoly et Mac Tighe; le problème était relativement simple, à cette époque, où le nombre d'abonnés, rattachés à un même bureau, n'était que peu élevé; il devint plus complexe avec les bureaux comptant plusieurs milliers d'abonnés. Il fut cependant résolu de diverses manières et, parmi les systèmes ayant donné de bons résultats, on peut citer celui de Betulander (1890), celui de Strowger (1891) et ses dérivés, Automatic Electric Cy, Siemens, Dietl, etc.; celui de Lorimer (1903), et enfin, le *semi-automatique* de Mac Berty (1910), etc., etc..

De l'expérience déjà acquise, il semble résulter que, non seulement le service, avec les systèmes automatiques, gagne en rapidité, mais encore que les frais d'exploitation sont moindres qu'avec les multiples manuels (1). Il est donc permis de croire

(1) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, Juin 1916, p. 201.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que les commutateurs automatiques qui, sans aucun doute, seront encore perfectionnés, finiront par supplanter complètement les systèmes manuels.

Relais et amplificateurs téléphoniques. — Différents moyens d'augmenter la portée des circuits téléphoniques ont été indiqués aux chapitres « Lignes aériennes » (p. 482) et Lignes souterraines » (p. 530). Indépendamment de la pupinisation et du mode de construction de Krarup pour les câbles, on envisagea d'autres moyens et, en premier lieu, on pensa à augmenter l'intensité des courants microphoniques, mais les charbons, en s'échauffant, se dilataient et perdaient leur mobilité.

Cet inconvénient donna naissance à des microphones à circulation d'eau. On peut citer, tout d'abord, celui du Professeur Majorana (1905), susceptible de supporter des courants de plusieurs ampères (1) ; puis le microphone réalisé, en 1907, par Egner et Holmström, qui, après quelques perfectionnements, permit, en 1909, de correspondre entre Berlin et Stockholm, entre Paris et Stockholm et enfin entre Paris et Sundsvall, soit sur 2.850 kilomètres, dont 48 de câble (2).

Des résultats également satisfaisants furent obtenus avec le microphone Ericsson, dans lequel quatre électrodes creuses sont alimentées de liquide par un réservoir clos; un dispositif de cloisonnement permet de monter ces quatre éléments, soit tous en parallèle, soit en deux séries de deux éléments placées en parallèle. Les deux premiers de ces microphones furent également employés pour des transmissions radiotéléphoniques (3).

Le problème, qui avait donné naissance à tous ces instruments, devait nécessairement, par analogie, orienter les recherches vers une retransmission semblable à celle qu'on effectue sur les longues lignes télégraphiques. L'idée d'un tel relais avait été formulée, dès 1878, par Du Moncel (4), mais, bien que Hughes, qui avait procédé à des expériences, ait déclaré les résultats satisfaisants, il semble que cette idée soit retombée dans l'oubli. C'est ainsi qu'en 1899, l'Eric Telegraph and Telephone C^{e} offrait une prime d'un million de dollars à l'inventeur

(1) *Journal Télégraphique*, Berne, janvier 1910, p. 6.
(2) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 20 février et 7 mars 1912.
(3) *Journal Télégraphique*, Berne, avril 1907, p. 112. *Idem*, janvier 1910, p. 27
(4) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 25 février 1878.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un relais téléphonique analogue au relais télégraphique (1).

Le principe commun à tous les relais, qui furent tout d'abord imaginés, est le suivant : la membrane d'un récepteur est rendue solidaire de la plaque d'un microphone, à laquelle elle communique tous ses mouvements; on a ainsi une reproduction du courant d'arrivée, mais la fidélité plus ou moins grande de celle-ci dépend essentiellement de la construction de l'appareil, car la membrane réceptrice, dont le rôle ordinaire est de déplacer seulement des couches d'air, doit ici entraîner un ensemble doué d'inertie et engendrant des frottements, d'où une altération dans la retransmission.

Les divers systèmes se distinguent précisément par les moyens employés pour tourner cette difficulté. En 1910, S. G. Brown construisit un relais, dans lequel le microphone est constitué par une petite pointe de platine s'appuyant sur une lame de même métal, portée par la membrane du récepteur; les vibrations de cette membrane, sous l'action des courants téléphoniques, provoquent de petites coupures du circuit microphonique; la résistance de cet intervalle varie dans de très grandes proportions pour des changements très faibles de l'écartement des électrodes, de sorte que des coupures de l'ordre d'une fraction de micron suffisent pour le fonctionnement de ce relais. Deux ans plus tard, l'inventeur remplaça ce dispositif par un microphone à granules de charbon; des essais, effectués entre Londres et Berlin, donnèrent de très bons résultats (2).

On peut encore mentionner le relais Erdmann, dans lequel les vibrations de la membrane réceptrice sont transmises à la membrane microphonique par une colonne gazeuse en mouvement; une soupape, en s'ouvrant plus ou moins sous l'influence de l'électro-aimant récepteur, fait varier la pression dans un tube où circule le gaz, et cette variation agit à son tour sur la membrane du microphone.

Les relais de ce genre présentaient l'inconvénient de ne pouvoir fonctionner que dans un seul sens; on pensa tout d'abord à duplexer la ligne, mais on éprouva de grandes difficultés à maintenir un bon équilibre, par suite, notamment, des variations de la résistance d'isolement; dans les expériences relatées ci-dessus, Brown fit usage d'un commutateur automatique,

(1) *Journal Télégraphique*, Berne, octobre 1899, p. 239.
(2) *Electrical Engineering*, 18 décembre 1913.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

extrêmement sensible, pour intervertir les connexions suivant le sens des courants téléphoniques reçus.

Ce mode de permutation était assez délicat, et l'on chercha à rendre la conversation bi-latérale en faisant usage de deux relais et en mettant sur chaque branche de la ligne le récepteur de l'un et le transmetteur de l'autre, suivant un montage tel que celui de la figure 608. On se heurta alors à des phénomènes de résonance, qu'on caractérise en disant que les relais forment « ronfleur » : en effet, si la membrane de l'un des microphones vient à recevoir une impulsion accidentelle, les courants induits, qui en résultent, vont se fermer sur la seconde ligne en traversant le second récepteur; celui-ci, à son tour, réagit sur son propre microphone, qui induit des courants dans le premier récepteur, et ainsi de suite, de telle sorte que la vibration est indéfiniment entretenue.

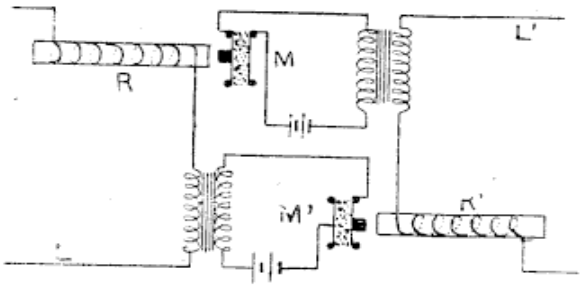


Fig. 608.

Pour remédier à cet inconvénient, Edison, en 1912, réalisa le montage en différentiel, représenté par la figure 609 : les courants de la ligne passent dans les enroulements 1 et 2 d'un transformateur différentiel; ceux qu'ils induisent dans l'enroulement 3 se rendent dans le récepteur de l'unique relais et agissent sur le microphone: celui-ci induit à son tour de nouveaux courants, qui, par son secondaire, en dérivation entre 1 et 2, se partagent en parties égales sur les deux côtés de la ligne, si les impédances au départ sont convenablement équilibrées, mais leur action sur l'enroulement 3 est nulle.

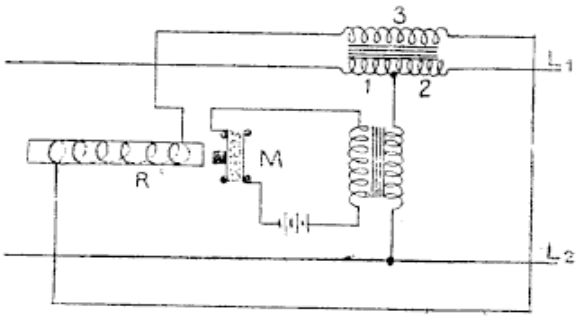


Fig. 609.

La Western Electric C° obtint un résultat analogue par le montage en pont de Wheatstone indiqué ci-après (fig. 610) :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le récepteur est en dérivation sur les deux fils de ligne ; le microphone agit dans les primaires de deux bobines dont les secondaires sont en série sur les fils de ligne, de part et d'autre de la dérivation : si les impédances sont égales sur les deux branches, les courants transmis ne peuvent pas passer par la dérivation.

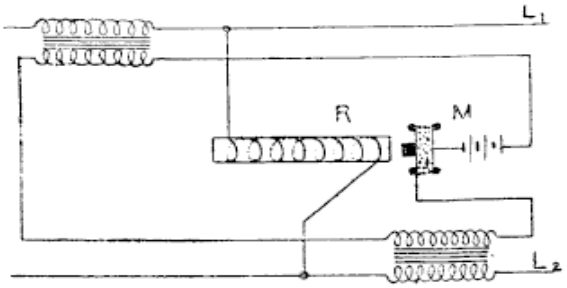


Fig. 610.

La question des relais téléphoniques entra dans une phase nouvelle lorsqu'on pensa à utiliser, pour cet usage, les tubes à gaz ionisé; en effet, on obtenait, de la sorte, un retransmetteur absolument dépourvu de toute inertie mécanique, et on devait arriver à une reproduction beaucoup plus fidèle de la parole transmise.

Dès 1911, Cooper Hewitt démontra, à l'aide d'un tube à vapeur de mercure, que, si l'on enlève le diaphragme d'un récepteur téléphonique et si on maintient l'électro-aimant à proximité du tube à gaz ionisé, on peut amener l'espace occupé par ce gaz à subir des variations de résistance correspondantes aux ondes sonores, et former ainsi une sorte de transmetteur téléphonique (1); un peu plus tard, de Forest a fait la même démonstration en employant son récepteur radio-télégraphique connu sous le nom d'*audion* (v. p. 676).

En 1912, Lieben-Reisz construisit un relais, dans lequel l'amplification du courant téléphonique s'obtient en faisant passer le courant reçu entre deux électrodes placées dans un tube à vapeur de mercure. Un courant de haute tension passe dans le tube, entre l'une de ces électrodes et une électrode auxiliaire, et subit des variations correspondantes à celles des courants téléphoniques; en connectant deux ou plusieurs relais semblables en série, on multiplie les effets et, en employant des transformateurs convenablement construits, on peut relier des circuits de longueurs inégales et de caractéristiques différentes (2).

Divers autres types de relais du même genre furent successi-

(1) *Telephone Engineer*, Chicago, septembre 1912, p. 115.
(2) *Electrical Engineering*, 18 décembre 1913.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vent proposés; les meilleurs résultats furent obtenus à l'aide de la lampe-valve à trois électrodes, modification de la valve de Fleming (v. p. 675), à laquelle on a adjoint une électrode supplémentaire, appelée couramment *grille*; on trouvera plus loin la description et le fonctionnement de cette lampe (v. p. 683).

Il existe un grand nombre de montages, permettant tous la conversation dans les deux sens et évitant l'amorçage des oscillations entretenues (v. p. 685), susceptibles de produire un ronflement ou un sifflement continus, dans les cas où les impédances des deux lignes raccordées sont inégales.

Tous ces montages peuvent se classer en deux catégories générales : ceux qui comportent des dispositifs différentiels, avec ou sans capacités et résistances de compensation; et ceux qui réalisent l'équilibre à l'aide de lignes artificielles.

On désigne couramment sous le nom de *relais téléphonique embroché*, celui qu'on intercale, d'une façon permanente, sur un circuit déterminé; le *relais téléphonique d'intercommunication* est celui qu'on place sur les cordons des tableaux téléphoniques, en vue d'améliorer les communications entre deux circuits quelconques.

On trouvera plus loin (p. 626) la description du relais français, installé à Lyon, en 1917, sur le circuit Paris-Marseille n° 3, en fil de cuivre de 3 mm. 5; l'audition est équivalente à celle qu'on obtient sur deux autres circuits Paris-Marseille, qui sont en fil de cuivre de 5 millimètres. L'emploi de relais permet donc de réaliser des économies considérables sur le prix d'établissement des circuits (1).

(1) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, juin 1917, p. 257.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXV

TRANSMETTEURS ET RÉCEPTEURS

Téléphone, de Bell (1877). — Sur l'une des extrémités d'un barreau aimanté est montée une petite bobine d'électro-aimant, E (fig. 611); en face et à une petite distance du noyau, est placée une membrane, N, constituée par une mince rondelle de tôle; elle est maintenue par le couvercle de l'instrument, qui porte une ouverture évasée devant laquelle on parle; les variations du champ magnétique, résultant des mouvements de la membrane, engendrent, dans le circuit, des courants induits qui, à l'autre poste, sont reçus dans un instrument identique; la membrane de ce dernier reproduit ainsi toutes les vibrations de celle de départ, et répète fidèlement toutes les paroles prononcées.

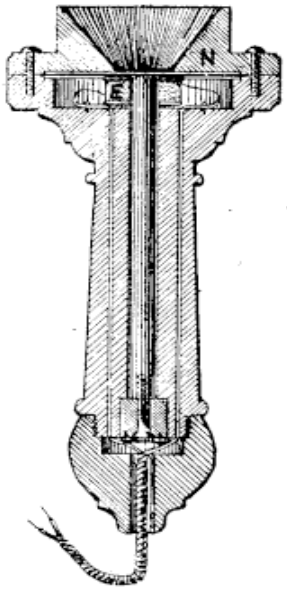


Fig. 611.

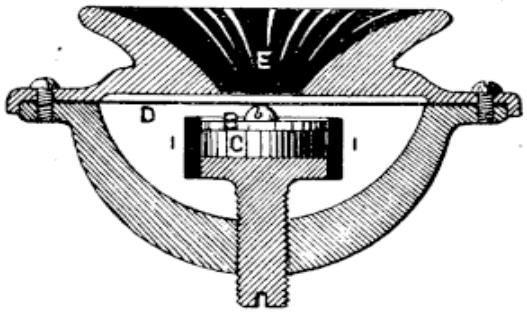


Fig. 612.

Transmetteur, d'Édison (1878). — Une sorte de cuvette est formée par la réunion d'un disque métallique, supporté par une tige filetée, et d'une bague en ébonite (fig. 612); au fond de cette cuvette est placée une pastille de noir de fumée, C; un disque métallique, B, muni d'un bouton en os, *b*, est placé sur la cuvette; enfin on remplit tout l'espace vide avec de la grenaille

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de charbon. La plaque vibrante, D, en tôle, est maintenue par le couvercle de la boîte, qui porte une embouchure, E, devant laquelle on parle. Les vibrations de la membrane, D, font varier la pression du disque, B, sur la grenaille; il en résulte des variations de la résistance du circuit, comprenant le transmetteur, une pile et le primaire d'une bobine d'induction ; les courants ondulatoires, ainsi engendrés, sont reproduits sur la ligne, reliée au secondaire.

Téléphone, de Gower-Bell (1878). — Boîte cylindrique renfermant un petit électro-aimant à deux bobines, dont les noyaux sont polarisés par un aimant circulaire (fig. 613) : la face supérieure de la boîte porte un tuyau acoustique, que l'on peut porter alternativement à la bouche ou à l'oreille.

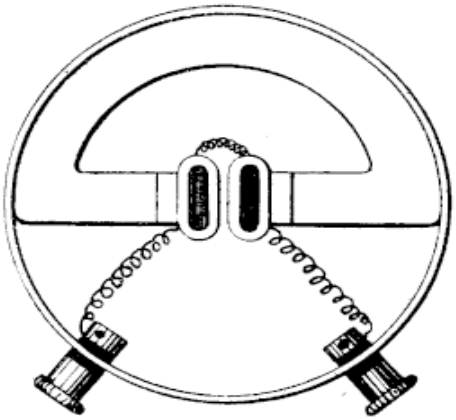


Fig. 613.

Pour produire l'appel, on souffle dans le tuyau acoustique ; une anche, portée par la plaque, vibre fortement, rendant un son musical, qui se trouve transmis à l'autre porte, et est susceptible d'être perçu à une certaine distance de l'appareil récepteur.

Le microphone est placé sous une planchette de sapin, P (fig. 614) : il comprend quatre cylindres de charbon, C, placés en croix, entre un bloc, B, fixé au centre du diaphragme, et un autre, B', spécial : les blocs latéraux, B', sont reliés entre eux et à la pile : le bloc central, B, communique avec l'entrée de la bobine d'induction.

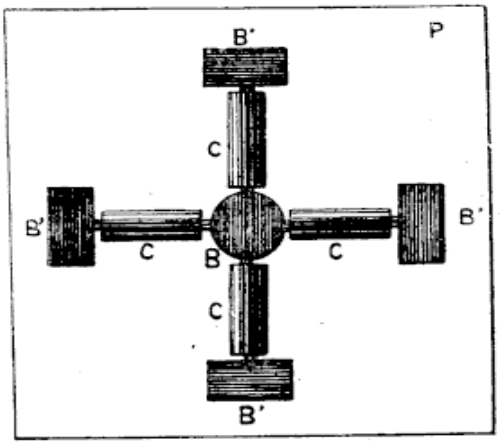


Fig. 614.

Transmetteur, de Crossley (1878). — Le microphone comprend une planchette de sapin, P (fig. 615) très mince,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

collée, à l'aide de quatre épaisseurs de liège, au-dessous de la planchette extérieure, devant laquelle on parle: quatre crayons de charbon, C, taillés comme ceux de Gower-Bell, sont disposés en losange et soutenus par quatre blocs de charbon, fixés au dos du diaphragme, P.

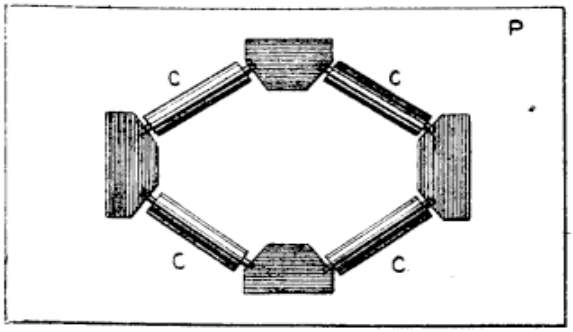


Fig. 615.

Téléphone magnétique, de Siemens (1878). — Un long aimant en fer à cheval, NS (fig. 616) enfermé dans un manche métallique, porte, sur chacune de ses extrémités polaires, le noyau méplat d'une bobine; les noyaux se trouvent vis-à-vis de la membrane de fer blanc, M, de 10 centimètres de diamètre, maintenue en place par le couvercle, C. La distance entre les noyaux et la membrane est réglée une fois pour toutes. Dans l'ouverture centrale du couvercle, se trouve, à l'état de repos, une petite trompette, T, dans laquelle on souffle pour appeler le correspondant : la plaque vibre alors violemment et le son peut être entendu à l'autre poste. Pour le rendre encore mieux audible, on a introduit, à l'intérieur de la trompette, une tige métallique, *t*, terminée, à sa partie inférieure, par un renflement qui, au repos, s'appuie sur la membrane, M ; lorsque celle-ci vibre, sous l'action de la trompette du poste de départ, la tige tressaute, et le bruit se trouve sensiblement augmenté.

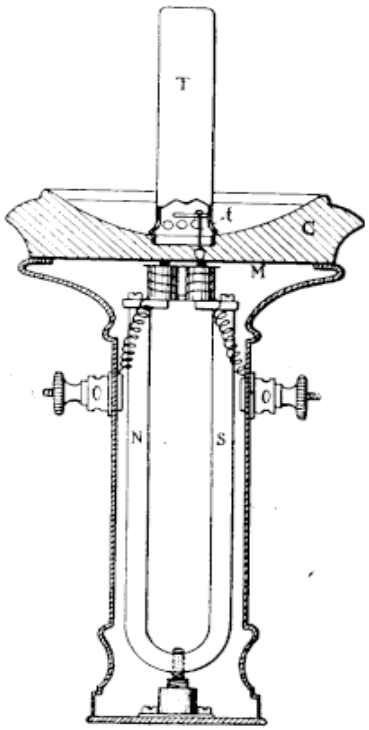


Fig. 616.

Transmetteur d'Ader (1879). — Le diaphragme en sapin, placé à l'avant et collé sur un cadre en caoutchouc, porte 10 crayons de charbon, répartis en deux groupes de cinq (fig. 617) ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les crayons, à leur extrémité, sont de diamètre plus petit et s'engagent dans des ouvertures pratiquées dans trois blocs de charbon, B, B′ et B″; celui du milieu, B″, est commun aux deux groupes; les deux extrêmes, B et B″, sont reliés à la pile et au primaire de la bobine d'induction.

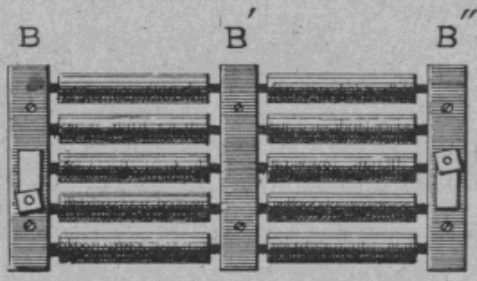


Fig. 617.

La figure 618 donne l'agencement des communications : le crochet de gauche, auquel est suspendu l'un des récepteurs, sert, en même temps, de commutateur; à cet effet, il est mobile autour d'un axe relié à la ligne n° 1, et sollicité par un ressort à se soulever du côté extérieur. Lorsque le récepteur est accroché, son poids fait échec au ressort, et la partie de droite du levier vient s'appuyer sur une butée,

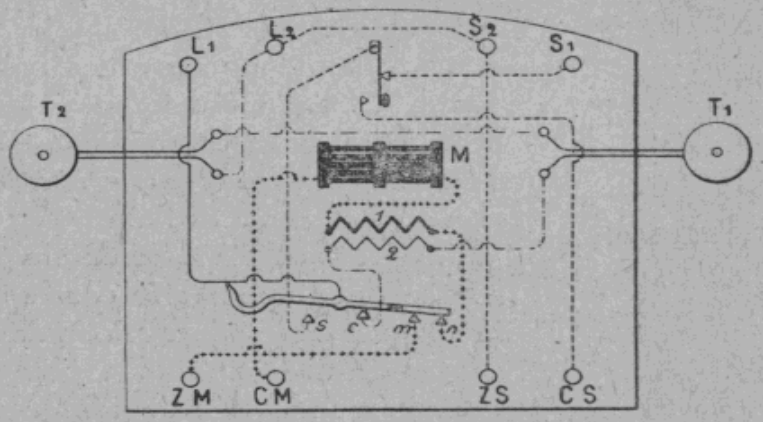


Fig. 618.

s, reliée à l'entrée de la sonnerie, S¹, par l'intermédiaire de la butée de repos du bouton d'appel. Dès qu'on décroche le récepteur, la partie du levier située à droite de l'axe vient s'appuyer sur la butée, *c*; la ligne se trouve mise en communication avec le secondaire de la bobine d'induction et avec les deux récepteurs, T¹ et T²; en même temps, la partie extrême, isolée du reste du levier, réunit les butées, *m* et *n*, reliées respectivement au pôle négatif de la pile microphonique et à la sortie du primaire de la bobine d'induction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Récepteur Ader (1879). — Un aimant recourbé sert de poignée à l'appareil ; sur chacun de ses pôles est fixé le noyau d'une bobine ; la membrane en tôle, *m*, est maintenue en place par l'embouchure, P, de l'appareil, vissée sur la boîte ; au-dessus de la membrane est placé un anneau de fer doux, auquel l'inventeur a donné le nom de *surexcitateur* ; cet anneau, situé à une distance sensiblement égale à celle des noyaux par rapport à la membrane, est aimanté, et, de ce fait, attire celle-ci de bas en haut, ce qui la rend plus libre pour obéir aux variations du magnétisme dans les noyaux des bobines ; on admet également que l'anneau détermine un changement dans la direction des lignes de force, qui se présentent ainsi plus normalement à la plaque.

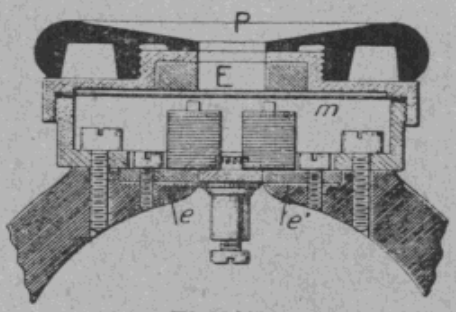
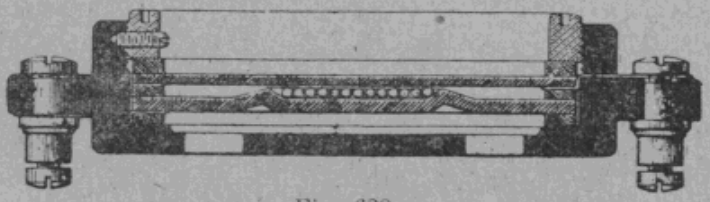


Fig. 619.

Microphone, de Berthon (1879). — Le microphone est constitué par deux plaques de charbon, entre lesquelles est placé un anneau d'ébonite (fig. 620) : dans la cuvette ainsi formée, on


Fig. 620.

place de la grenaille de charbon, qui est juste assez comprimée pour pouvoir encore se mouvoir à l'intérieur.

Transmetteur, de Paul Bert (1880). — Le microphone comprend quatre charbons cylindriques, C (fig. 621) taillés en pointe et placés derrière une planchette de sapin, P ; ils reposent, à leur partie inférieure, dans des trous coniques, pratiqués dans deux blocs de charbon, B et B′, isolés l'un de l'autre, et communiquant respectivement avec la pile et l'entrée de la bobine d'induction ; la partie supérieure des crayons est maintenue, de la même façon, dans un bloc de charbon, B″. Chacun des quatre crayons est engagé dans un tube de fer, F ; un aimant,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A, exerçant une attraction constante sur les tubes, assure un bon contact des crayons avec leurs avéoles; on évite ainsi les ruptures et, par suite, les crachements qui se produisaient avec le premier microphone de Hughes (v. p. 576); cette disposition permet, en outre, de placer l'appareil dans une position quelconque. Afin de pouvoir régler l'action de l'aimant sur les crayons, celui-ci est supporté par une plaque métallique coudée et formant ressort; un excentrique, monté sur un axe, permet de déplacer la plaque et l'aimant d'arrière en avant, ou inversement.

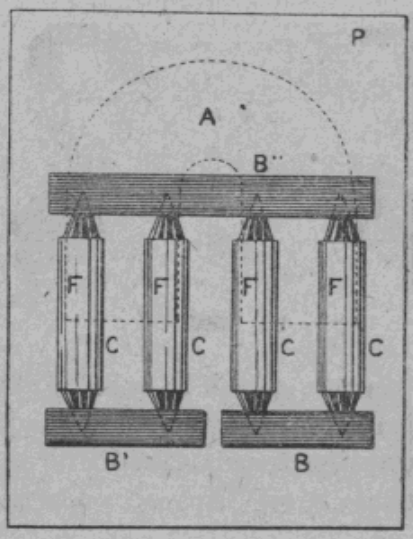


Fig. 621.

A la partie supérieure, est un bouton d'appel, qui commande deux tiges, t^1 et t^2 (fig. 622); les ressorts, r_1 et r_2, portés par celles-ci, s'appuient, au repos, sur deux butées, a, et a_2, reliées à l'entrée et à la sortie de la sonnerie; lorsqu'on

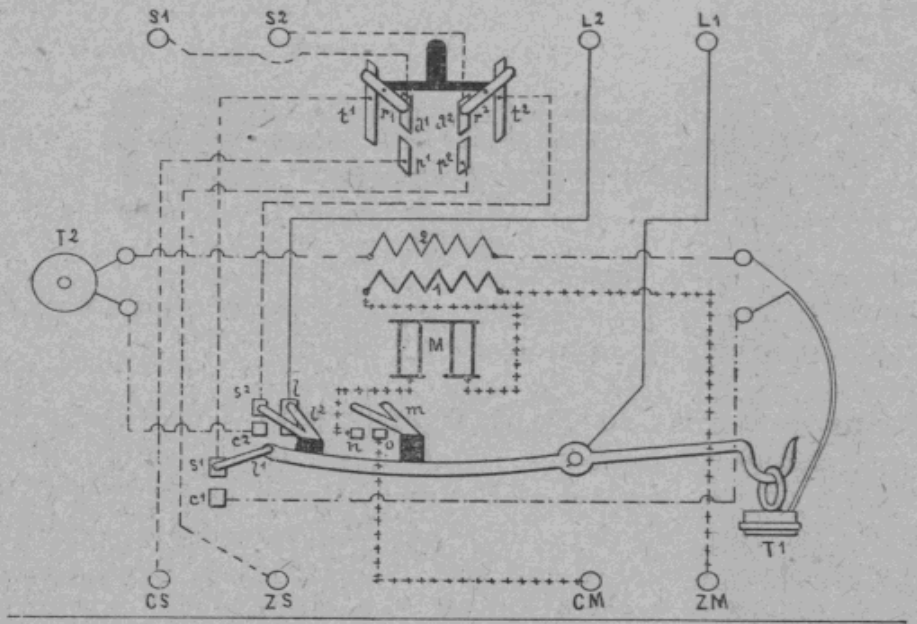


Fig. 622.

appuie sur le bouton, il vient se mettre en contact avec deux autres butées, p_1 et p_2, reliées à la pile d'appel. Le crochet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mobile, supportant l'un des récepteurs, remplit les mêmes fonctions que dans le poste Ader ; au repos, le ressort, l_1, et la griffe, l_2, mettent les deux fils de lignes en relation avec la sonnerie, par l'intermédiaire du bouton d'appel ; lorsqu'on décroche le récepteur, les deux lignes sont renvoyées aux téléphones, T_1 et T_2, et au secondaire de la bobine, tandis que le circuit d'une pile, aboutissant à CM et ZM, est fermé sur le microphone et le primaire, par la griffe, m, réunissant les plots, n et o.

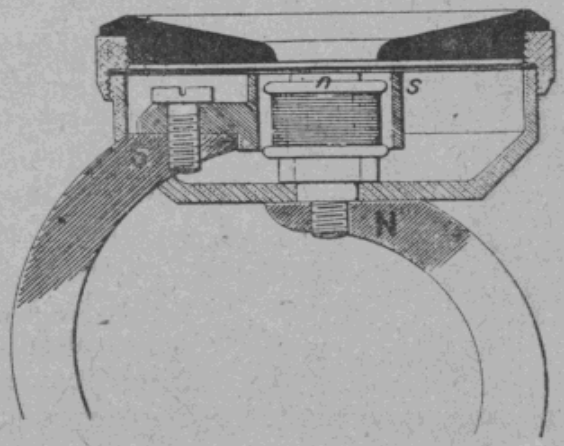


Fig. 623.

Récepteur d'Arsonval (1880). — Un tube de fer doux, s, (fig. 623) porte une plaque en équerre, fixée sur l'un des pôles, S, de l'aimant, NS, recourbé pour former poignée ; sur l'autre pôle, N, est monté le noyau, n, de la bobine ; celle-ci étant ainsi enveloppée par le tube, s, les deux pôles de l'aimant sont placés concentriquement, et les spires de fil de la bobine se trouvent enfermées dans le champ magnétique. La membrane est, comme dans les autres systèmes, maintenue par l'embouchure en ébonite, vissée sur la boîte.

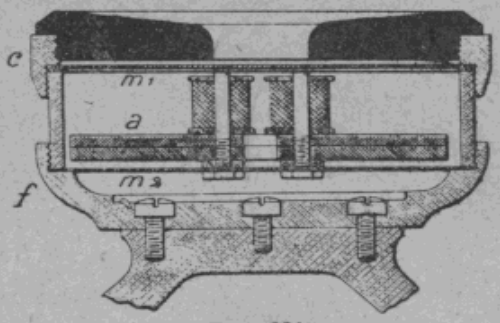


Fig. 624.

Récepteur Aubry (1880). — Les noyaux des deux bobines sont polarisés par un aimant horizontal circulaire, a (fig. 624) dont les pôles viennent s'épanouir vers le centre du boîtier ; la plaque vibrante, m_1, en tôle, est placée au-dessus des noyaux et maintenue par le couvercle, c, vissé sur le boîtier ; celui-ci est suspendu à l'aide d'un anneau métallique, qui sert en même temps de poignée.

Electrophone, de Maiche (1880). — Le diaphragme, D, devant lequel on parle, est constitué par une planchette de sapin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

recouverte, sur la face avant, d'une lame de liège; il est percé de trois trous circulaires, n'entamant pas le liège, et dans chacun desquels est logé un petit cylindre de charbon, C (fig. 625) collé au liège; sur le premier cylindre de charbon, C, repose un autre cylindre, également en charbon, C′, fixé à l'extrémité d'un levier à deux branches, L, articulé en O; la branche supérieure est filetée et porte une petite boule, B, formant contrepoids, qu'on rapproche ou qu'on éloigne, en la vissant ou en la dévissant, de manière à régler la pression de C′ sur C. Les trois charbons fixes sont reliés en parallèle à l'une des branches du circuit microphonique; les trois charbons mobiles sont rattachés, de même, à l'autre branche du circuit. Le diaphragme, D, est recouvert d'un carré de drap.

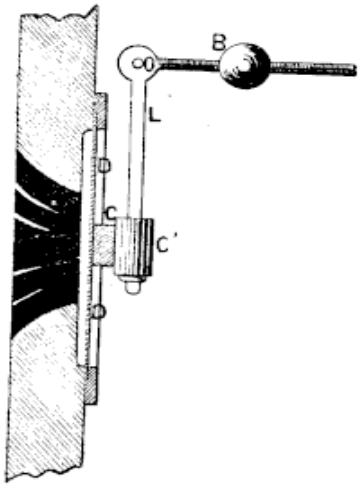


Fig. 625.

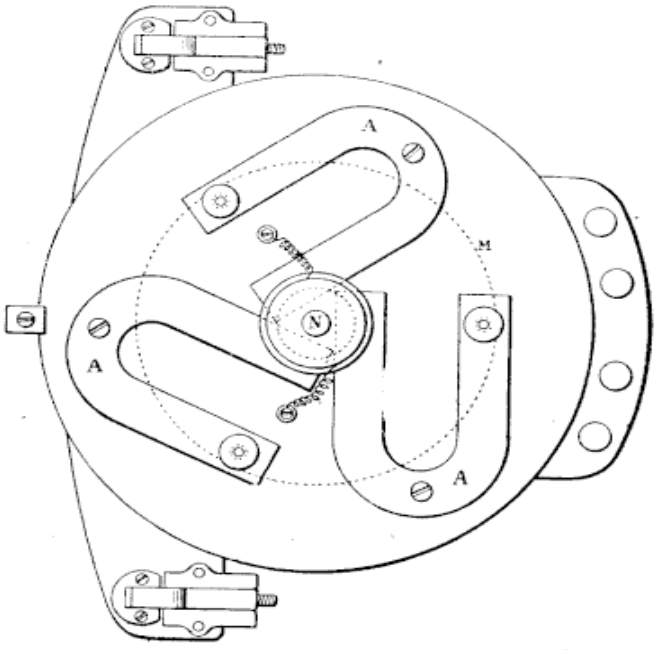


Fig. 626.

Téléphone magnétique, de Pollard (1881). — Trois faisceaux magnétiques, comportant chacun trois aimants en fer à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cheval, A (fig. 626) sont disposés, en triangle, sur une planche verticale, et accouplés, par leurs pôles de même nom, pour polariser le noyau, N, d'une bobine. Celui-ci se trouve vis-à-vis du milieu d'une membrane en fer blanc, H, de 12 centimètres de diamètre, maintenue par un disque d'acier; le tout est protégé par un couvercle métallique en forme de cloche, de 19 centimètres de diamètre, et portant, à sa partie centrale, une embouchure en bois.

Microphone, de Bassompierre (1881). — La plaque vibrante, en sapin, est placée dans une position presque verticale; elle porte, sur sa face arrière, deux rangées de 5 crayons chacune, C (fig. 627), soutenus par trois plaques de charbon; celle du milieu, M, est quadrangulaire et percée de trous, dans lesquels s'engagent les extrémités, de petit diamètre, des crayons; les deux supports extrêmes, E, sont cylindriques et sont enfilés dans des trous pratiqués près des extrémités des crayons; ceux-ci sont séparés les uns des autres par des rondelles de charbon, R. La boîte renferme également une bobine d'induction et un commutateur à crochet mobile; un petit levier de contact sert pour l'appel.

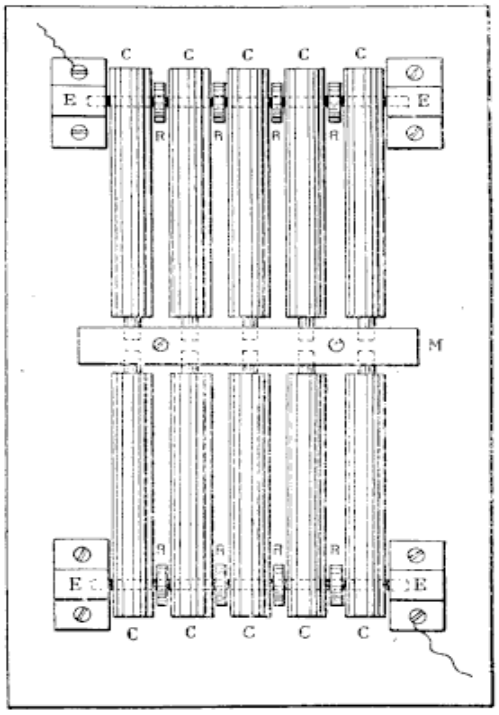


Fig. 627.

Récepteur Sieur (1881). — Le boîtier, semblable à celui d'une montre, renferme un aimant, SS (fig. 620) placé suivant un diamètre et recourbé verticalement à ses deux extrémités; cet aimant présente, à sa partie médiane, N, un point conséquent, sur lequel est monté le noyau de la bobine.

Microphone, de Bréguet (1882). — Sous la planchette de sapin sont fixés quatre crayons de charbon, soutenus, d'un côté, par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une barre unique de charbon, C (fig. 629) de l'autre, par deux blocs, D et D′, reliés respectivement aux deux branches du cir-

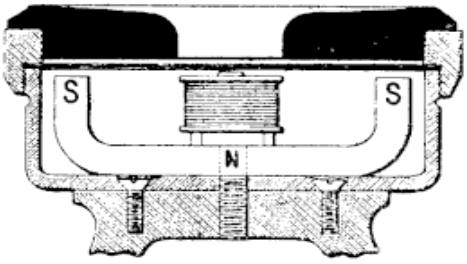


Fig. 628.

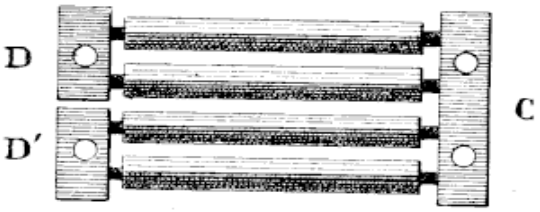


Fig. 629.

cuit ; le courant traverse donc en parallèle les deux premiers charbons, puis, par l'intermédiaire de la barre, C, les deux autres.

Microphone et récepteurs, d'Ochorowicz (1884). — Le microphone comprend sept crayons cylindriques, soutenus par deux rangées de barres en charbon (fig. 630): dans la rangée supérieure, par exemple, la barre de gauche soutient quatre charbons, et l'autre deux seulement; et inversement pour la rangée inférieure; les pôles du circuit aboutissent aux petites barres de chaque rangée. Cet ensemble est fixé au dos d'une planchette de sapin.

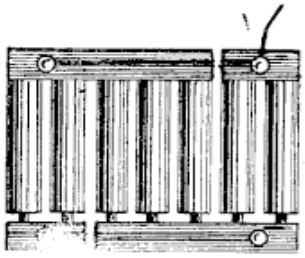


Fig. 630.

L'aimant du récepteur, A (fig. 631) a la forme d'un cylindre fendu suivant, une génératrice; la partie fendue est fixée au fond de la boîte, B, par une pièce en laiton, C, et chacune de ses extrémités polarise le noyau d'une bobine; un anneau de suspension est fixé à l'aimant.

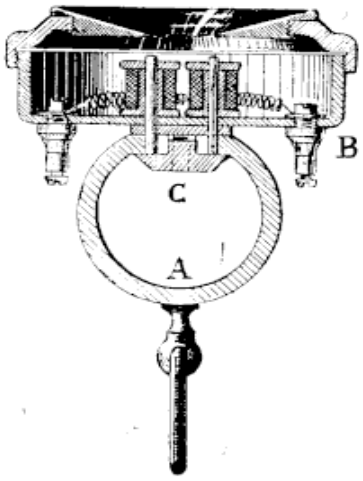


Fig. 631.

Dans le haut-parleur du même inventeur, l'aimant est semblable au précédent ; les deux bobines qu'il polarise sont enfermées dans une boîte, formée d'un anneau métallique, dont les deux bases sont fermées par une plaque de fer mince; la plaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

supérieure est placée en face des noyaux, comme dans les récepteurs ordinaires ; l'autre, située en dessous, est vissée sur l'aimant par son milieu ; elle est, en outre, percée de deux trous par lesquels les noyaux des bobines passent sans la toucher. L'ensemble des deux membranes et de l'anneau forme ainsi une boîte très sonore, très élastique, qui vibre tout d'une pièce lorsque le courant ondulatoire parcourt les bobines, et il en résulte une articulation très puissante, qui peut s'entendre à plusieurs mètres de distance.

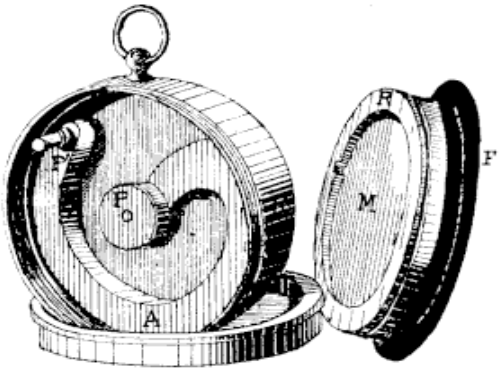


Fig. 632.

Récepteur Colson (1885). — L'un des pôles, P (fig. 632) de l'aimant circulaire, A, revient au centre et polarise le noyau d'une petite bobine ; l'autre, P', porte une tige cylindrique, qui traverse la plaque vibrante, M, puis la rondelle de cuivre, R, pour aller enfin se rattacher à un anneau de fer doux. La plaque vibrante, en fer blanc, se trouve donc entièrement plongée dans le champ magnétique, dont les lignes de force suivent la direction des rayons ; cet appareil est d'une grande puissance et enregistre la parole avec une netteté remarquable.

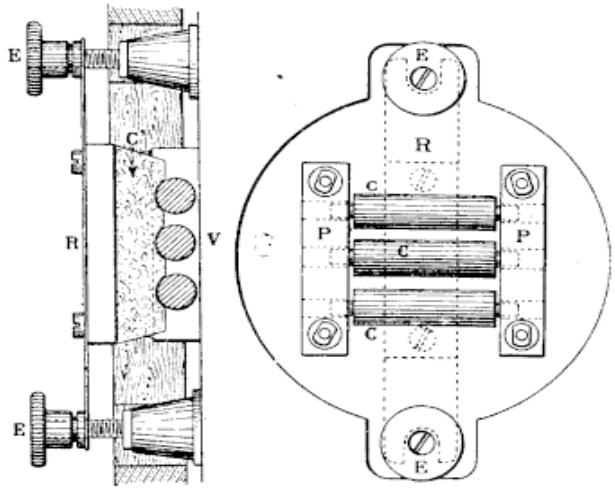


Fig. 633.

Microphone, de Mix et Genest (1886). — La plaque vibrante, V (fig. 633) est en sapin, et recouverte, sur ses deux faces, d'un disque de mica. Sur celle d'arrière sont fixés deux prismes de charbon, P, supportant les extrémités de trois crayons de charbon, C. La mobilité des crayons est réglée à l'aide d'un ressort-lame, R, portant, à sa partie médiane, une épaisseur de 10 à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

12 millimètres de coton cardé, C'; en vissant ou dévissant les écrous, E, on presse plus ou moins le coton sur les charbons et, par suite, on règle l'appui de ces derniers sur les prismes.

Microphone, de Dejongh (1887). — La plaque vibrante est placée verticalement; sur sa face intérieure, elle porte deux rangées verticales de 4 morceaux de charbon demi-cylindriques, collés par leur partie axiale, c'est-à-dire la partie circulaire en dehors; dans chaque rangée, les quatre charbons sont reliés électriquement entre eux et à l'une des branches du circuit microphonique; les charbons sont réunis deux à deux, d'une rangée à l'autre, par quatre longs crayons également en charbon; ceux-ci sont soutenus par des pointes métalliques, semblables à des épingles, implantées obliquement, à 45° vers le bas, dans une planchette placée parallèlement à la plaque vibrante.

Microphone, de Berliner (1887). — Dans une boîte métallique, B, (fig. 634) est placée une capsule de charbon, C, isolée de la boîte à l'aide de caoutchouc; la partie inférieure de la capsule est entaillée de quatre rainures concentriques et d'un trou circulaire central; un anneau de feutre, enveloppant complètement la capsule, maintient la poudre de graphite, qu'on verse dans l'espace vide, avant de placer la membrane en charbon, M; un petit ressort, *r*, monté sur la partie interne du couvercle métallique, appuie sur le centre de la membrane et, en même temps qu'il lui donne une pression convenable sur la poudre de graphite, amène l'une des connexions du circuit; l'autre communication est reliée à la capsule, C, par l'intermédiaire d'une tige, *t*. Une embouchure, E, conduit la parole à la membrane, M.

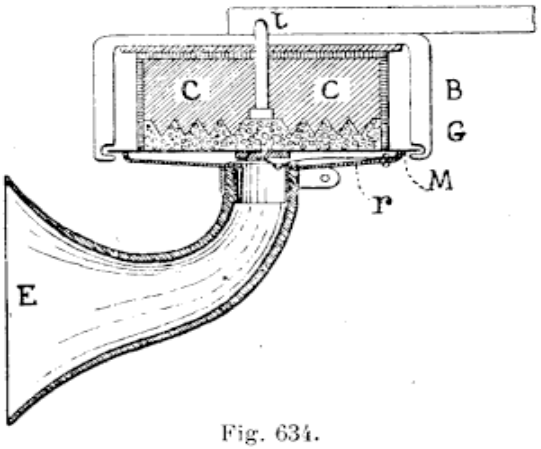


Fig. 634.

Microphone, de Degryse-Werbrouck (1889). — Quatre crayons cylindriques, disposés verticalement derrière la plan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chette en sapin, sont soutenus par un bloc de charbon, B (fig. 635); à la partie supérieure, ils sont maintenus par deux

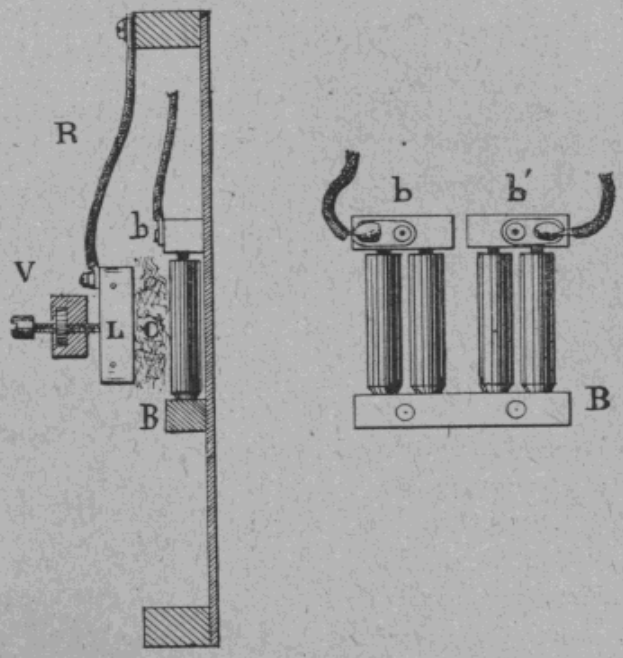


Fig. 635.

blocs distincts, *b* et *b'*. Les crayons de charbon sont légèrement pressés par un tampon de ouate, C, collé sur une plaque de liège, L; celle-ci est montée sur un ressort, R, qui tend à l'éloigner des crayons, tandis qu'une vis, V, s'oppose à ce mouvement; en enfonçant convenablement cette vis, on évite les déplacements brusques des crayons, tout en leur laissant une mobilité suffisante.

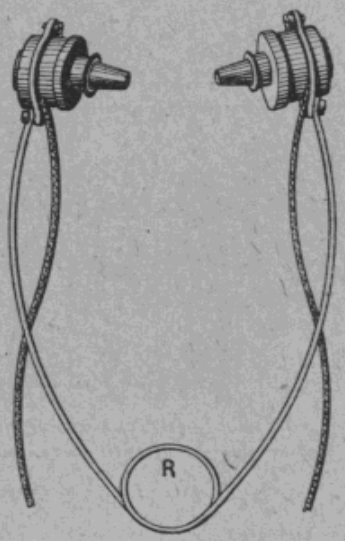


Fig. 636.

Bi-téléphone, de Mercadier (1889). — Se compose de deux récepteurs téléphoniques, réunis par un fil d'acier formant ressort, R (fig. 636) et servant, en outre, de communication entre la sortie de l'un et l'entrée de l'autre; la boîte des récepteurs est en ébonite, elle mesure 36 millimètres de diamètre sur 24 d'épaisseur; le couvercle porte un ajutage, qu'on recouvre d'un embout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en caoutchouc avant de l'introduire dans l'oreille. L'élasticité du ressort, R, maintient les récepteurs en place et l'opérateur conserve la liberté complète des mains.

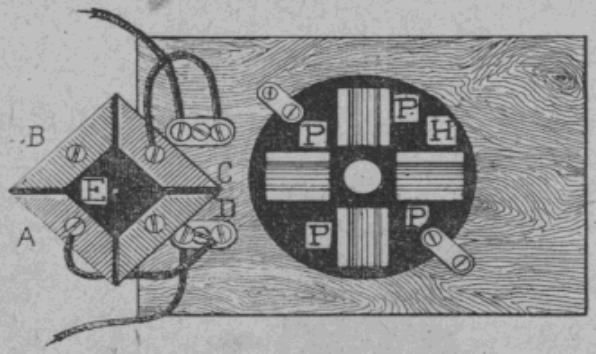


Fig. 637.

Microphones et récepteur, de Mors-Abdank (1889).—Quatre plaques de charbon en forme de trapèze, A, B, C, D (fig. 637) sont disposées sur une plaque carrée en ébonite, E, fixée par un boulon sous la plaque vibrante en sapin; quatre petits blocs de charbon, P, évidés en demi-cylindres, traversent une plaque en ébonite, H, de telle sorte que leurs arêtes reposent à cheval sur deux lames consécutives de charbon; afin d'augmenter quelque peu leur poids, ces blocs sont doublés d'une semelle de plomb du côté opposé. Les plaques, A et C, sont reliées aux deux pôles du circuit.

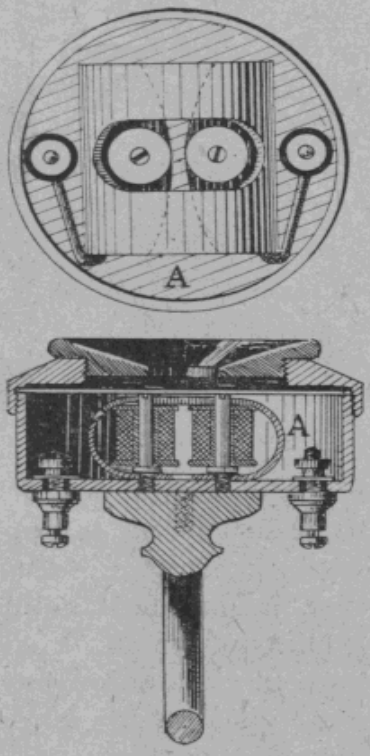


Fig. 638.

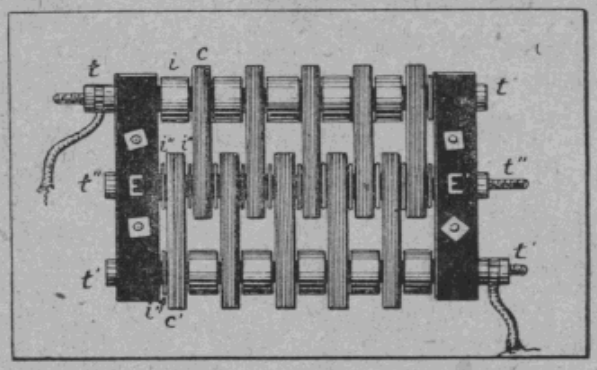


Fig. 639.

L'aimant du récepteur est constitué par une lame d'acier rectangulaire, A, à angles abattus et formant une sorte d'anneau oblong, fendu longitudinalement; de chaque côté de la fente sont implantés les noyaux de deux bobines, qui émergent, sur la face opposée, à travers une ouverture ménagée à cet effet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un autre modèle de microphone (1890) comprend une plaque vibrante, en sapin, portant deux prismes de charbon, E E′ (fig. 639); trois tringles métalliques, t, t'', t', tendues entre ces prismes, sont enfermées dans des cylindres de charbon; sur ces cylindres sont enfilées des lames de charbon, c et c', que des rondelles en ivoire, i'', et i', maintiennent à la distance convenable les unes des autres. Le courant, arrivant à la tige, t, passe dans les lames c, puis dans les lames c', pour sortir par la tige, t'.

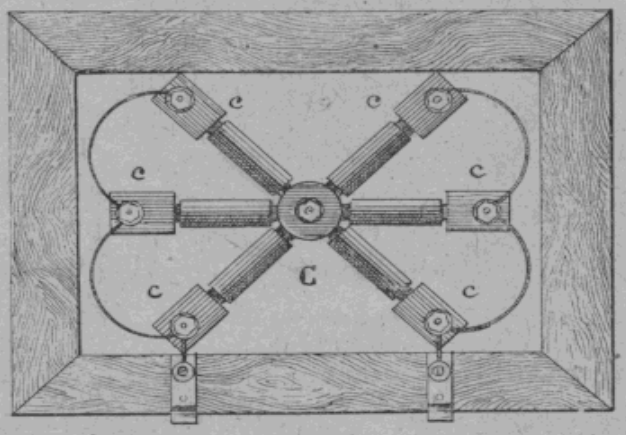


Fig. 640.

Microphone, de Bancelin (1890). — Au dos d'une planchette de sapin sont montés six crayons disposés en étoile autour d'un bloc central en charbon, C (fig. 640) et soutenus, à leur extrémité opposée, par d'autres blocs, c, réunis électriquement en deux groupes.

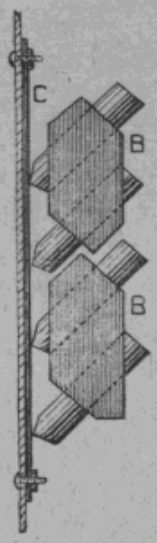


Fig. 641.

Microphones, de Journaux (1890). — Sur la face arrière de la plaque vibrante en sapin, sont fixées quatre barres plates en charbon, C (fig. 641); une planchette de bois, placée parallèlement à la plaque, supporte deux blocs de charbon, B, percés chacun de deux rangées de trous obliques; 16 crayons, taillés en pointes, sont engagés dans ces trous, et viennent, par leur propre poids, s'appuyer sur les barres, C; les deux pôles du circuit sont amenés aux blocs, B; le courant passe de l'un à l'autre par l'intermédiaire des crayons et des barres, C.

Un second modèle de microphone comprend un godet en ébonite (fig. 642) portant, à sa partie centrale, une cuvette en charbon, entaillée de deux séries de raînures perpendiculaires les unes aux autres, formant, autour du trou central, 12 petites pyramides quadrangulaires; dans les raînures qui séparent ces rangées de pyrami-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des, sont couchés de petits crayons cylindriques, dont la génératrice supérieure dépasse à peine le sommet des pyramides ; la membrane également en charbon, est placée au-dessus, et vient légèrement s'appuyer sur les cylindres.

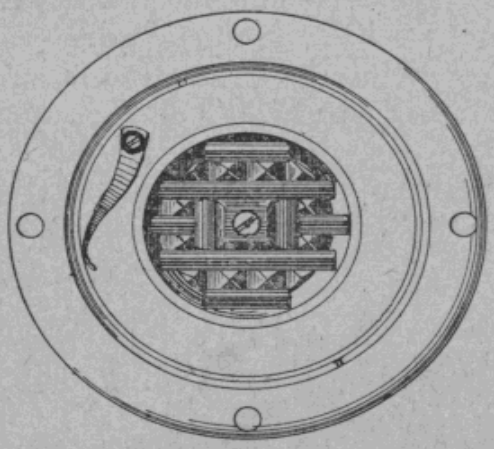


Fig. 642.

Microphone, de Bourseul (1890). — Une barre en laiton, soutenue par le cadre en bois, porte, à sa partie médiane, un auget en laiton placé obliquement, l'ouverture extérieure dirigée vers le bas, et rempli de grenaille de charbon. La membrane s'oppose à la chute de la grenaille dont est rempli l'auget, mais ne touche pas le bord de celui-ci.

Récepteur Testu (1890). — Une lame d'acier aimantée, de forme circulaire, polarise, par ses extrémités, les noyaux de deux bobines (fig. 643). ces noyaux sont tubulaires et fendus, à leur partie supérieure, suivant des génératrices; ils présentent ainsi chacun six petits pôles à la membrane placée au-dessus; l'inventeur estimait que ce dispositif donnait une action équivalente à celle de six petits aimants juxtaposés.

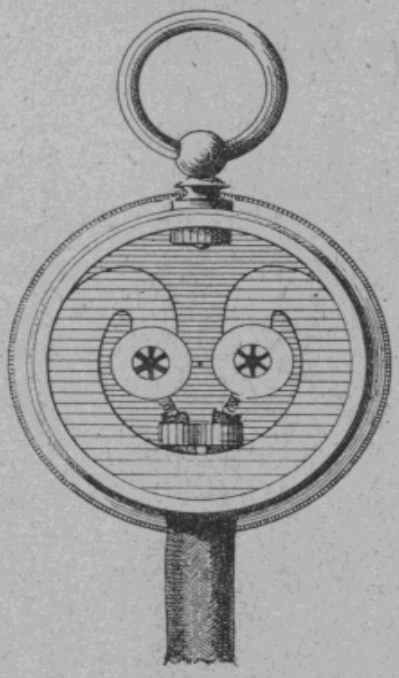


Fig. 643.

Un second type, modifié, consiste en une bobine centrale à noyau divisé, autour de laquelle est un second noyau, divisé de la même manière et entouré d'une deuxième bobine; les polarités sont contraires, de telle sorte que le pôle nord du noyau intérieur est enveloppé par le pôle sud de l'autre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Microphone, de Roulez (1891). — Derrière une planchette de sapin est vissé un cercle métallique, maintenant un disque de charbon, AB (fig. 644): derrière ce disque est monté un prisme de charbon, C, isolé par une feuille de papier. Le prisme, C, dans sa face qui regarde le disque, AB, est entaillé de trois petites cuvettes, dans lesquelles on loge des filaments de charbon, de 1,5 millimètre de diamètre et de 18/10 de longueur: la plaque de papier, qui sépare le prisme du disque, est percée de trous, qui permettent le contact direct des filaments de charbon avec le disque, AB.

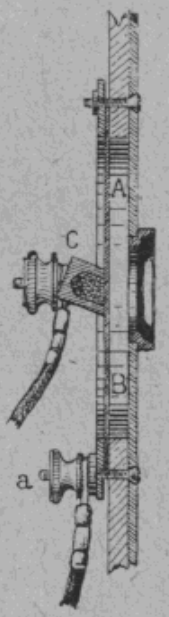


Fig. 644.

Microphone, de F. de Lalande (1892). — Deux blocs de charbon, B′ et B″ (fig. 645) fixés au dos de la plaque vibrante en sapin, supportent les extrémités amincies de quatre crayons quadrangulaires de charbon, A, B, C, D : du côté opposé, ces crayons sont enfilés sur un axe en fer, tenu éloigné de la plaque par les équerres, E et E′, ils sont écartés les uns des autres par des rondelles de charbon, enfin, à leur partie inférieure, ils portent des prolongements prismati-

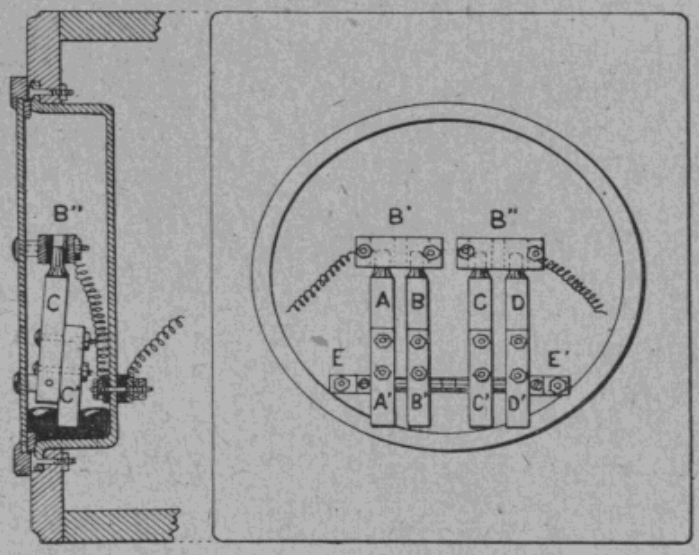


Fig. 645.

ques en charbon, A′, B′, C′, D′, qui dépassent l'axe, EE′, et baignent dans une petite cuvette contenant du mercure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Microphone, de Deckert (1892). — Une lame de charbon très mince, vernissée du côté extérieur, est fixée au couvercle de la boîte, elle vient s'appuyer sur deux vis, V (fig. 646) en relation avec l'une des branches du circuit. Au-dessous de la membrane se trouve un disque de charbon, D, appuyé sur une vis, V', reliée à la seconde branche du circuit. Sur la face supérieure de ce disque sont taillées 16 petites pyramides tronquées, disposées en quatre rangées de quatre, et dont la partie supérieure est recouverte d'un morceau de drap; tout autour du disque, D, est une gorge, G, bourrée de fils de coton; enfin, tout l'intervalle entre le disque et la membrane est rempli de grains de graphite, qui se trouvent ainsi emprisonnés par petits groupes, d'une part par le coton qui remplit la gorge, G, d'autre part, par les morceaux de drap qui surmontent les pyramides. Les mouvements, que leur impriment les vibrations de la plaque sont ainsi amortis, ce qui rend la transmission plus pure.

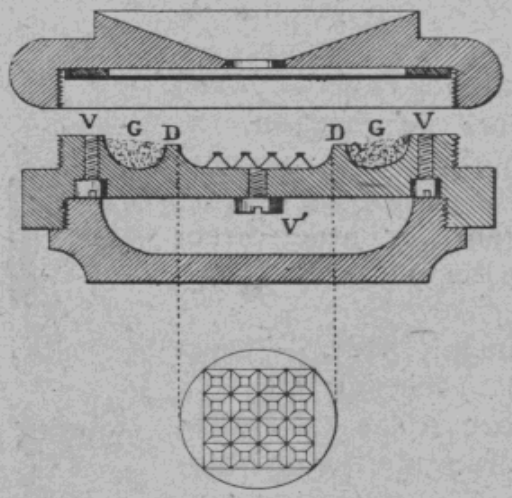


Fig. 646.

Poste complet de Montillot (1892). — A la partie supérieure du petit meuble (fig. 648) se trouve une sonnerie ordinaire à volet; une pièce en fer doux, AB (fig. 647) échancrée de manière à embrasser la partie en saillie des noyaux, N N', et articulée en V, est solidaire d'une tige, C, terminée en crochet et soutenant le volet, X, dès qu'un courant traverse les bobines, en même temps que la sonnerie fonctionne à la façon ordinaire, l'armature, AB, est attirée, la tige, C, se trouve soulevée et le volet, X, tombe.

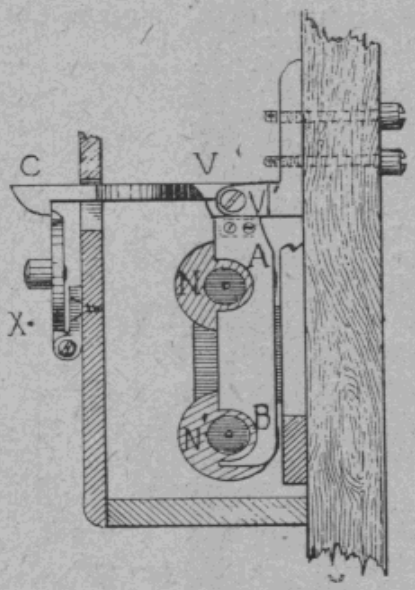


Fig. 647.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au-dessous de la sonnerie est un microphone à charbon. La ligne passe par un paratonnerre à stries ; à la partie médiane du meuble et au-dessous du paratonnerre, se trouve un pupitre, à droite et à gauche sont deux récepteurs ; celui de droite est soutenu par un crochet fixe ; celui de gauche pend au bout d'un

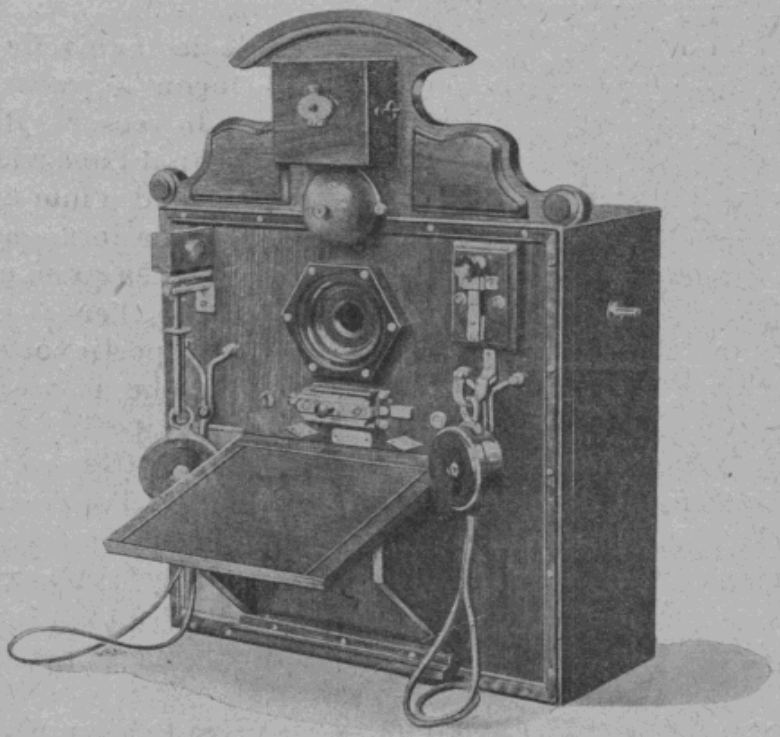


Fig. 648.

cordon, enroulé, à l'intérieur, sur une poulie ; un contrepoids tend à rentrer le cordon et à soulever le récepteur, celui-ci vient ainsi buter, au repos, contre un commutateur qui joue le rôle du crochet mobile dans les installations ordinaires.

Les appels se font à l'aide d'une petite machine magnéto-électrique, dont la manivelle émerge sur le côté droit : elle se compose d'une bobine, du genre Siemens (fig. 649) : l'une des extrémités du fil est reliée au massif, l'autre en est isolée et rattachée à une pièce, rapportée dans l'axe, *d* : cette bobine tourne entre trois aimants en fer à cheval, A, A′ et A″. Le pignon, *p*, monté sur l'axe de la bobine, est entraîné par une roue dentée, P, folle sur l'axe de la manivelle, M. A l'état de repos, cet axe, sollicité à se déplacer vers la gauche par un ressort à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

boudin, R, s'appuie, par son extrémité, X, sur un ressort recourbé, UV, dont l'autre extrémité est en contact avec la sortie de la bobine, *d*. Dans cette situation, les courants d'appel sont renvoyés dans la sonnerie par la borne n° 2. L'embrayage de la roue, P, avec l'axe de la manivelle, a lieu de la façon suivante : sous l'action du ressort, R, un ergot, porté par l'axe, vient s'engager au fond d'une encoche, pratiquée sur le manchon de la roue, P : dès qu'on actionne la manivelle, l'ergot glisse le long de la partie oblique de cette encoche et vient s'appuyer sur la partie droite qui la termine : l'entraînement a lieu, mais l'axe s'est trouvé déplacé longitudinalement de gauche à droite, malgré l'opposition du ressort, R : l'extrémité, X, se dérobe ainsi, permet au ressort, U, de venir en contact avec la butée, W : la sonnerie est alors mise hors circuit par la réunion des bornes 1 et 2, et les courants, engendrés dans la bobine, se rendent directement sur la ligne.

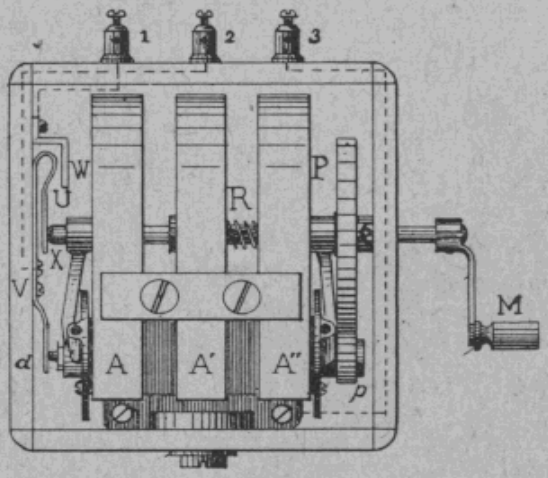
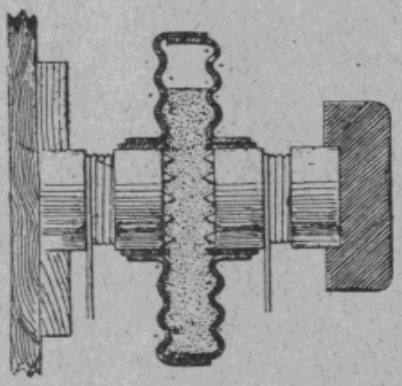


Fig. 649.

Microphone, de Mildé (1892). — Derrière la plaque vibrante, est fixé le microphone (fig. 650). Celui-ci comprend une boîte métallique, formée par la réunion de deux joues : à la partie centrale de chacune de celles-ci est serti un cylindre de charbon, séparé du métal par une bande de papier : avant de souder les deux joues, on remplit la cavité de granules de coke : enfin, l'un des cylindres est collé au dos de la plaque vibrante. Lorsqu'on parle devant la plaque, ses mouvements se transmettent au premier cylindre de charbon et à la joue métallique, dans laquelle il est serti : par suite de l'inertie, la joue postérieure vibre avec moins d'intensité que la première : il en résulte un


Fig. 650.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aplatissement microscopique de la boîte, les granules de coke se trouvent plus ou moins comprimées, d'où une variation des surfaces de contact.

Microphone, de Morlé et Porché (1893). — Au dos de la planchette microphonique sont fixées quatre lames de charbon, C (fig. 651); deux plaques d'ébonite, E, supportent quatre tringles métalliques, *t*, sur chacune desquelles est enfilé, à frotte-

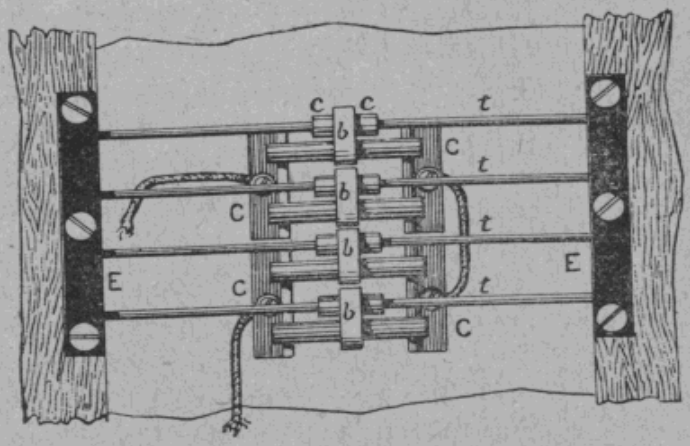


Fig. 651.

ment très doux, un bloc de laiton, *b*, maintenu de chaque côté par une rondelle de caoutchouc, *c*. Les blocs de laiton supportent chacun un cylindre de charbon qui, sous l'action de la pesanteur de l'ensemble, s'appuie sur les lames de charbon. Le courant microphonique arrivant, par exemple, par la première lame de gauche, passe par les deux cylindres supérieurs, les deux plaques de droite, pour revenir, par les deux cylindres inférieurs, à la plaque inférieure de gauche.

Microphone, de Pasquet (1893). — Au dos de la plaque vibrante en sapin, sont collés quatre morceaux de charbon, C, (fig. 652) taillés de façon à présenter chacun deux saillies, comme l'indique la figure de droite. En arrière de la plaque est montée, sur les supports, S, une tringle en forme d'U très allongé, et sur les branches de laquelle sont enfilés quatre prismes de charbon, *c*; la face supérieure de ces prismes est garnie d'une lamelle de caoutchouc; on les place de manière qu'ils reposent sur les arêtes des blocs, C; le courant parcourt

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en parallèle les deux prismes supérieurs, puis, de même, les deux autres.

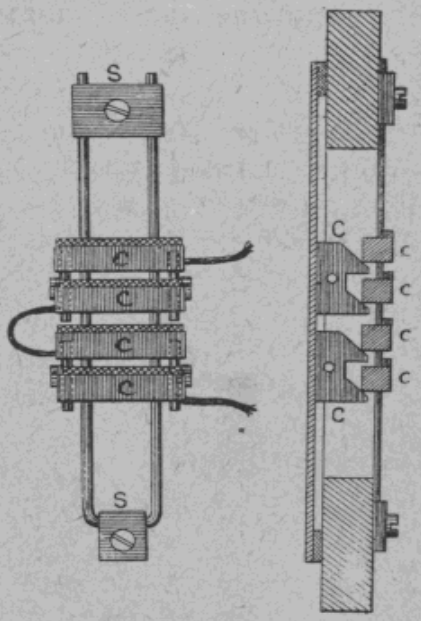


Fig. 652.

Microphone, de Mercadier et Anizan (1893). — Un prisme de charbon, C (fig. 653) fixé par un boulon au dos de la plaque vibrante, P, est entaillé de deux rangées parallèles de quatre trous coniques; dans chacun de ceux-ci s'engage l'extrémité d'un crayon. Dans leur partie opposée, les huit crayons sont entourés d'une douille métallique, D, percée à sa base d'un trou conique; enfin, deux plaques métalliques, M et M', reliées chacune à l'un des pôles du circuit, portent deux rangées de quatre petites chevilles, sur chacune desquelles repose la douille d'un crayon.

Les douilles, D, sont entourées d'un cordonnet de soie, *c*, tendu

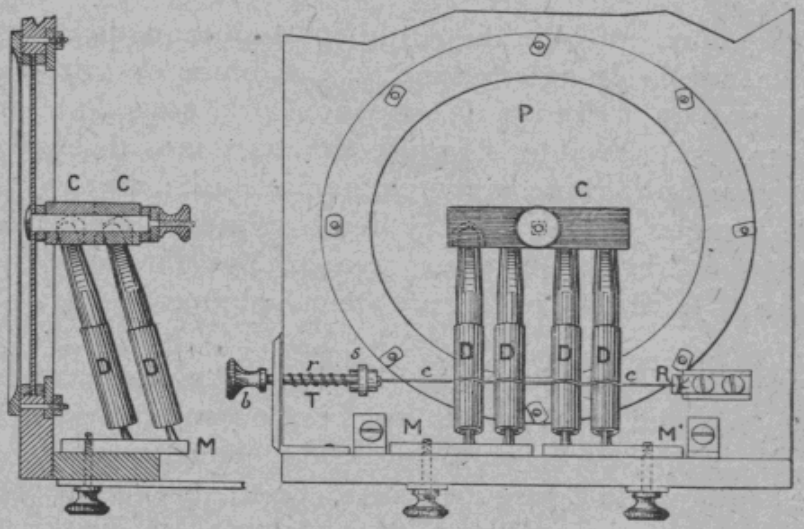


Fig. 653.

entre un ressort-lame en acier, R, et un curseur, S; celui-ci est monté sur une tige, T, et éloigné de la paroi de l'appareil par un ressort à boudin, *r*. Si on tire sur le bouton, *b*, les crayons,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en tournant sur eux-mêmes, débarrassent leur alvéole de tout corps étranger qui pourrait nuire au bon contact.

Récepteur amplificateur, de Massin (1893). — Le récepteur proprement dit comprend un aimant circulaire, polarisant deux noyaux méplats. Deux cavités, ménagées dans le manche, servent à loger deux interrupteurs ; le premier, placé vers la partie médiane, se compose d'un ressort, R (fig. 654), mobile entre deux butoirs, et qu'on peut déplacer en agissant, avec l'un des doigts qui tiennent l'appareil, sur un bouton-poussoir en os ; le second interrupteur se trouve à la partie inférieure du manche ; il comprend deux ressorts courbes, r et r', qu'on réunit à l'aide d'un petit levier à deux branches, L ; celui-ci peut être manœuvré de l'extérieur par un bouton moleté, muni d'un petit index, qu'on amène en face de l'une des deux lettres, O ou P.

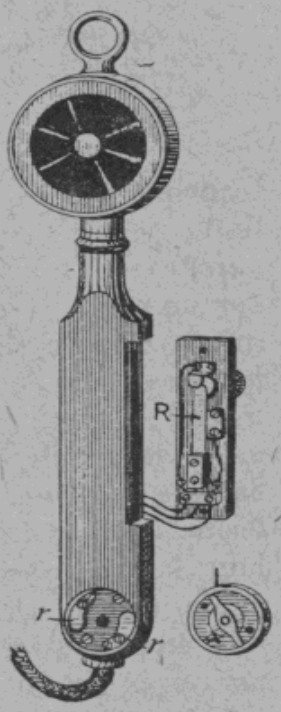


Fig. 654.

Sur les lignes urbaines, on place le bouton moleté de manière que l'index soit en face de la lettre O, c'est-à-dire dans la position où les deux ressorts sont réunis ; le secondaire et le récepteur se trouvent en série sur la ligne, et l'appareil fonctionne comme un téléphone ordinaire. Sur les longues lignes, le bouton moleté est mis dans la position P, où les deux ressorts sont isolés ; le bouton-poussoir du premier interrupteur étant au repos, le récepteur est en série sur la ligne et le secondaire du transformateur hors circuit : c'est la position de réception. Lorsqu'on parle, on appuie sur le poussoir, ce qui a pour effet d'isoler le récepteur et de mettre le secondaire en ligne.

Microphone, de Kotyra (1896). — On parle devant une membrane en cuivre, ondulée de rainures concentriques, au dos de laquelle est tendu un disque de drap ; le microphone se compose de deux charbons cylindriques, striés sur l'une de leurs bases et maintenus en face l'un de l'autre par une bande d'étoffe ; l'espace compris entre eux est rempli de grenaille de graphite. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tout est enfermé dans un tube métallique, T (fig. 655), auquel une fente en hélice donne une certaine élasticité; l'extrémité du tube, opposée à la membrane, est fermée par un bouchon métallique, B, du côté de l'avant; le bouchon, B', est en ébonite et fixé par l'intermédiaire d'une rondelle de liège au dos de la membrane; les communications sont amenées aux deux charbons par les goupilles, g et g'.

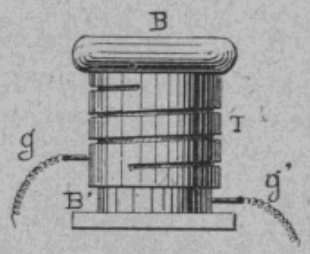


Fig. 655.

Microphone, d'Aboilard (1899). — Le transmetteur est du genre dit *solid back*; il se compose d'une boîte métallique, A (fig. 656) dont la partie arrière, D, est traversée par un boulon, E, qui permet de le fixer, à l'aide d'écrous, sur un support quelconque. La partie antérieure, B, contient le microphone, dont la boîte est formée de plusieurs pièces : une cuvette de laiton, c, solidaire d'une tige, t, renferme un disque de charbon; la face postérieure de ce disque a été cuivrée électrolytiquement, pour pouvoir être soudée à la tige, t; l'autre face du disque de charbon, soigneusement polie, est recouverte de grenaille de graphite. Au-dessus de celle-ci se trouve un second disque de charbon, dont la face externe est également polie et soudée à une tige filetée, f. Le tout est assemblé par un écrou; enfin, la plaque vibrante métallique, p, est percée d'un trou central dans lequel s'engage l'extrémité de la tige filetée, f, sur laquelle on visse un écrou et un contre-écrou réunissant le microphone et la plaque vibrante.

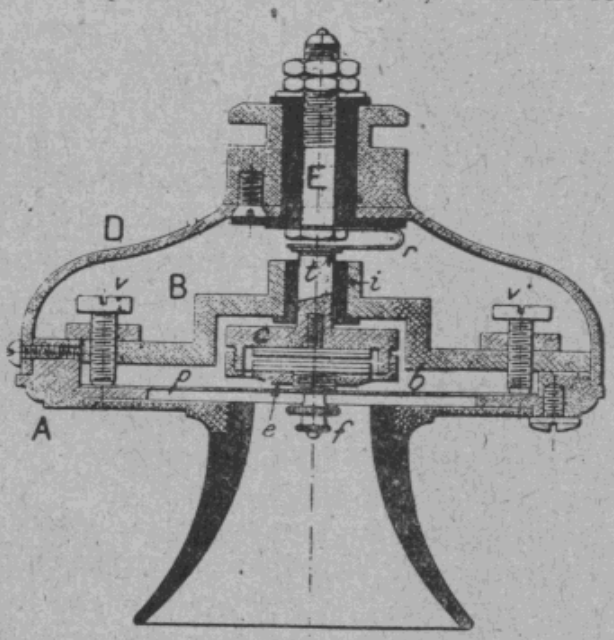


Fig. 656.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Microphone, de Pasquet (1908). — Au dos de la plaque vibrante, V, en sapin, est collé un prisme de charbon, P (fig. 657) dont l'épaisseur va en diminuant vers le haut; en arrière de la planchette est fixée une réglette d'ébonite, E, portant, à sa partie médiane, une petite boîte également en ébonite, à deux compartiments garnis d'une plaque de charbon, C, formant plan incliné; enfin, dans chacune des cavités sont logés deux petits galets en charbon, G, qui viennent légèrement se coincer entre les plans obliqués du prisme, P, et des charbons, C.

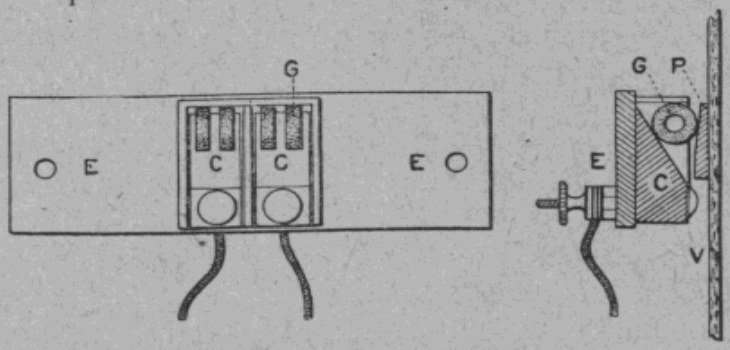


Fig. 657.

Combiné, de Jacquier (1908). — La boîte, contenant le transmetteur et le récepteur, est munie d'un manche en bois, percé d'une cavité axiale, M (fig. 658); une ouverture, pratiquée sur le côté et garnie d'une toile métallique, recueille, les vibrations qui, par la cavité, arrivent au microphone. Celui-ci est double : il se compose de deux cuvettes métalliques, C, dont le fond est garni d'un disque de charbon, *c*; sur 12 rayons équidistants de ce disque sont pratiquées de petites cavités, dans chacune desquelles est logé un grain sphérique de charbon. Chacune des plaques vibrantes, P, également en charbon, est placée au-dessus des grains de charbon, et est soutenue par un anneau de fibrine, F; elle est

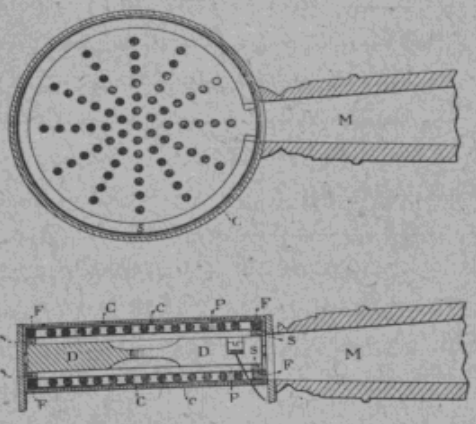


Fig. 658.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

isolée du massif; une sertissure, S, repose sur la membrane. Les deux microphones sont placés en regard l'un de l'autre : l'espace vide laissé entre eux est occupé en partie par un disque en laiton, D, dans lequel on a évidé un secteur vis-à-vis de l'ouverture du manche, N; sa partie centrale, des deux côtés, est taillée en cuvette.

Vibrateur d'infanterie (1908). — Destiné à produire des appels par courants vibrés; se compose d'une lame en acier, L,

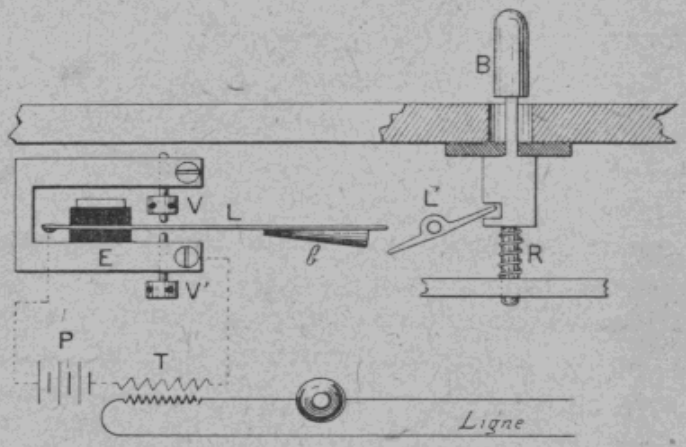


Fig. 659.

(fig. 659), encastrée dans une mâchoire en ébonite, qui l'isole de l'équerre, E, sur laquelle elle est montée; à son extrémité libre, la lame porte une pièce massive, en biseau, *b*. Lorsqu'on appuie sur le bouton, B, on fait basculer un levier articulé, L′, dont l'extrémité de gauche vient soulever la lame, L, puis l'abandonne : la lame vibre alors entre ses deux vis de butée, V et V′, montées sur l'équerre, E, et détermine de rapides fermetures du circuit de la pile, P, à travers le primaire d'un transformateur, T; ces émissions sont transmises sur la ligne par le secondaire, et actionnent, à l'autre poste, la membrane d'un récepteur disposé à cet effet; une nouvelle vibration est imprimée à la lame, L, lorsque le bouton, B, se relève sous l'action de son ressort, R.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXVI

APPAREILS ACCESSOIRES [1]

Clef d'appel. — Elle se compose d'un levier, en laiton articulé en *o* (fig. 660) et muni, à son extrémité opposée, d'un bouton en corne, B; un ressort lame, fixé au bloc, *f'*, l'applique contre l'équerre de butée, E. Un autre bloc, *f*, placé au-dessous du levier, porte un ressort, *r*, qui tend à amener une butée en ébonite au contact de la partie inférieure du levier. Les blocs, *f*, et *f'*, communiquent avec les deux fils de ligne, les deux enclumes, *e* et *e'*, avec les pôles de la pile et enfin l'équerre de repos, E, avec le récepteur téléphonique; lorsqu'on appuie sur le bouton, B, on ferme le circuit de la pile sur la ligne.

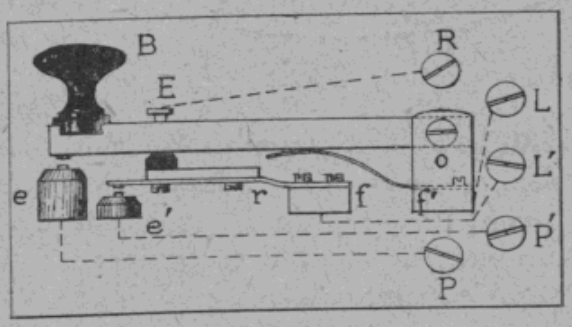


Fig. 660.

Appel magnétique, de Mors-Abdank (1885). — Entre les branches d'un fort aimant en fer à cheval, A (fig. 661) est placée une bobine oblongue, B, dont le noyau porte, à chaque extrémité, une plaque polaire, P; à l'état de repos, la bobine se place entre les branches de l'aimant sous l'action, d'un fort ressort-lame, R; une manette, M, permet de déplacer la bobine

(1) Les organes accessoires, tels que paratonnerres, commutateurs, sonneries, etc., communs au télégraphe et au téléphone, sont groupés sous une seule rubrique (v. p. 335 et suivantes).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à droite et à gauche à la façon d'un pendule ; ces oscillations de la bobine, dans le champ magnétique de l'aimant, ont pour effet d'engendrer des courants d'induction, qui sont envoyés sur la ligne.

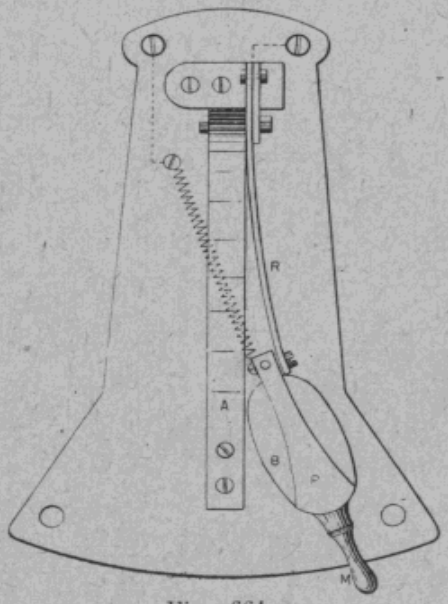


Fig. 661.

Appel magnétique, de Bell (1887). — Au fond de la boîte est couché un faisceau de quatre aimants en fer à cheval ; perpendiculairement aux pôles sont montées deux bobines, mobiles sur un axe portant un pignon. La mise en mouvement d'une manivelle détermine la rotation des bobines dans le champ de l'aimant, et la production de courants induits.

Appel phonique, de Mourlon (1888). — Cet appareil (fig. 662) est destiné à percevoir les appels vibrés, sur les circuits exploités simultanément au télégraphe et au téléphone. Les courants sont reçus dans un électro-aimant, E, dont le noyau est polarisé par un long aimant permanent, A. En face du noyau se trouve une membrane verticale, M, qui porte, en son centre, une goutte de platine ; sur celle-ci s'appuie l'extrémité, également platinée, d'une vis, V, portée par un levier, articulé en O : la pression de la vis sur la membrane est réglée à l'aide d'un contre-poids, C, constitué par une petite boule, vissée sur la tige.

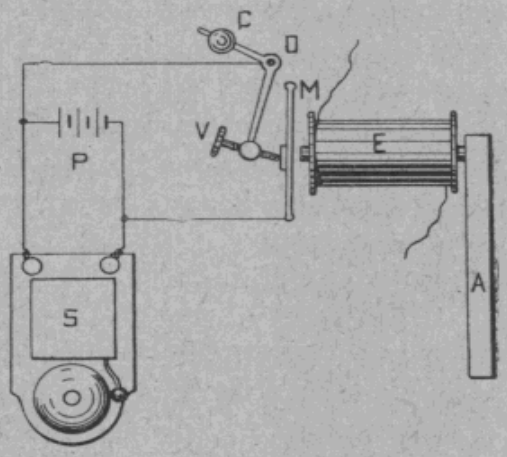


Fig. 662.

A la partie inférieure de la planchette se trouve une sonnerie, S, dont le trembleur a été supprimé.

A l'état de repos, la pile, P, se trouve en court-circuit ; mais dès que se produit un appel, la membrane vibre et fait tressauter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la vis, V : la rupture de contact, qui en résulte, permet au courant de passer par la sonnerie.

Appel magnétique, de Roulez (1892). — Deux aimants en fer à cheval, A et A′, sont placés en regard l'un de l'autre et opposés par leurs pôles de même nom ; dans l'espace laissé libre entre les pôles, sont logées deux barres en acier, B et B′, soli-

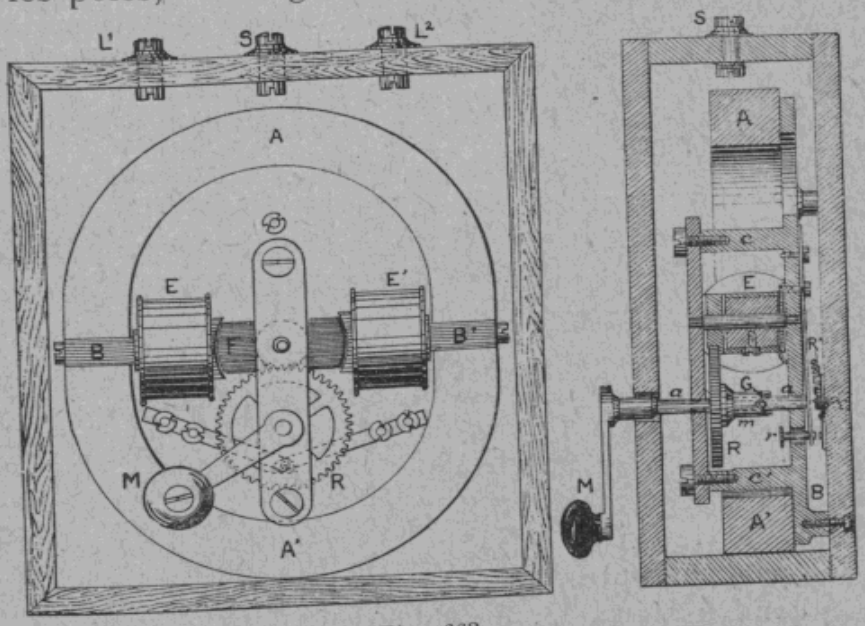


Fig. 663.

daires des noyaux de deux bobines, E et E′. Les extrémités des noyaux sont arrondies concentriquement à un pignon, sur l'axe duquel est montée une pièce en fer doux, F. Le pignon engrène avec une roue dentée, R, dont l'axe porte une manivelle, M. Lorsqu'on actionne cette dernière, le mouvement se transmet à la pièce de fer doux, F, dont les déplacements, devant les noyaux aimantés, déterminent, dans les bobines, une série de courants d'induction, envoyés sur la ligne dans les conditions qui vont être indiquées.

La roue, R, et son manchon, *m*, sont fous sur l'axe, *a* ; ils sont simplement embrayés par l'intermédiaire d'une goupille, G, fixée sur l'axe, et qui s'engage dans une ouverture triangulaire, pratiquée dans le manchon. Un ressort en acier, R′, tend à chasser l'axe vers l'avant ; il porte, à sa partie inférieure, une goupille qui, à l'état de repos, vient s'appuyer sur un autre res-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sort, *r*, relié à la sonnerie, tandis que le grand ressort, R′, communique avec la ligne n° 2. Lorsqu'on actionne la manivelle, l'axe, *a*, se trouve déplacé longitudinalement et pousse devant lui le ressort, R′, qui vient s'appuyer sur une butée élastique, *b* (fig. 664) reliée à la sortie des bobines : on voit qu'à l'état de repos, les courants venant de la ligne vont actionner la sonnerie, et qu'au contraire, lorsqu'on agit sur la manivelle, le circuit se trouve fermé par les bobines de la magnéto.

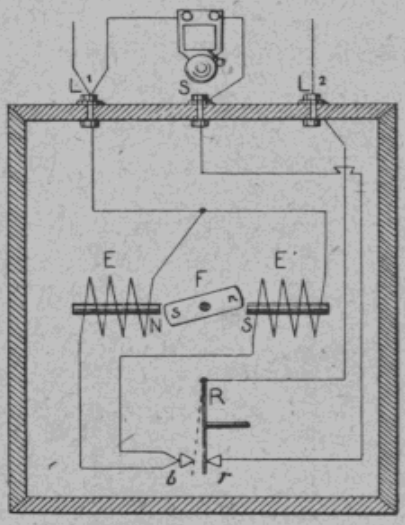


Fig. 664.

Electro-aimant graduateur, de Van Rysselberghe (1882). — Cet électro-aimant prolonge, par sa self-induction, la période variable des courants qui le parcourent. Lorsqu'on veut utiliser un circuit pour la télégraphie et la téléphonie simultanées, on place une bobine, B (fig. 665) entre la pile et le manipulateur, et une autre, B′, entre ce dernier et la ligne ; on peut, en outre, mettre un condensateur, C, de capacité appropriée, en dérivation sur la ligne.

Le téléphone, T, est séparé de la ligne par un condensateur, C', de 1/2 microfarad ; les courants téléphoniques sont arrêtés par la self-induction de la bobine, mais traversent le condensateur, et inversement pour les signaux télégraphiques.

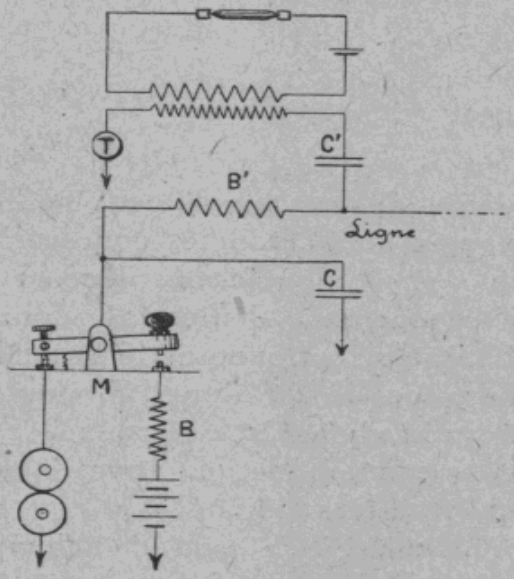


Fig. 665.

Transformateur, de Cailho (1889). — Utilisé également pour la télégraphie et la téléphonie simultanées : sur un noyau de fer doux sont enroulées deux couches de fil, ayant chacune une résistance de 85

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ohms. Les courants télégraphiques, partant du manipulateur, M (fig. 666) parcourent les deux enroulements en sens inverse, de sorte que leurs effets s'annulent réciproquement; ces courants parcourent ensuite, en parallèle, les deux fils, L^1 et L^2, du circuit

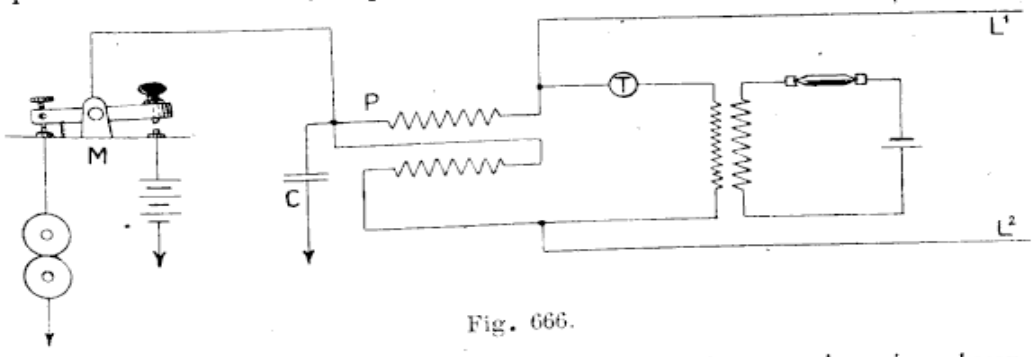


Fig. 666.

téléphonique, et, à l'autre poste, vont actionner le récepteur, monté de façon identique. Les courants téléphoniques, au contraire, ne peuvent passer par la bobine, car ils trouvent les deux circuits en série, et la self-induction leur oppose un obstacle infranchissable; ils se rendent donc intégralement dans le téléphone, T. Un condensateur, C, est placé en dérivation sur le pont, P, de la bobine, pour étouffer l'extra-courant de rupture qui peut se produire en cas de déséquilibre du circuit.

Cette bobine est également employée dans l'installation des *circuits combinés*.

Transformateur différentiel, de Picard (1890). — Destiné aux mêmes usages que le précédent; la bobine comprend quatre

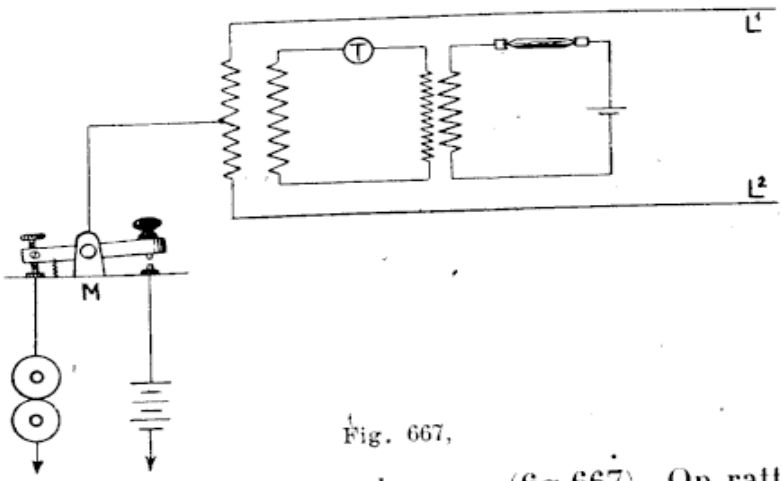


Fig. 667.

enroulements de 150 ohms chacune (fig. 667). On rattache le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manipulateur, M, à la jonction de deux de ces enroulements et les deux extrémités à chacun des deux fils de ligne, L^1, et L^2; les deux autres circuits, mis en série, sont reliés au téléphone, T. Les transmissions télégraphiques et téléphoniques ont lieu dans les mêmes conditions qu'avec la bobine Cailho, c'est-à-dire en parallèle pour les premières et en série pour les secondes. Les courants télégraphiques traversent en sens inverse les deux moitiés du premier enroulement et sont sans action sur l'autre, tandis que, pour les courants téléphoniques, la bobine se présente comme un transformateur ordinaire.

Bobine toroïdale (1899). — Le transformateur de Pierre Picard présentait des difficultés de construction; il fut modifié et prit le nom de *bobine toroïdale* (fig. 668). Le noyau, en fils de fer au silicium, est circulaire et porte quatre enroulements, que le croquis ci-contre indique sous la forme schématique. Le rendement en énergie de cette bobine est d'environ 85 p. 100 pour les courants de conversation et de 50 p. 100 pour les courants d'appels.

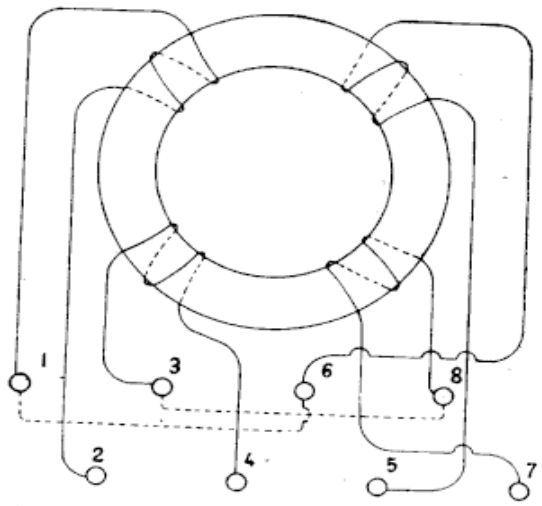


Fig. 668.

Indicateur de durée d'attente (1912). — Cet appareil a pour objet de renseigner, à chaque instant, les employées annotatrices, du service téléphonique interurbain, sur le délai probable qui s'écoulera entre le moment où est formulée une demande et celui où la communication pourra être établie.

Le dispositif comprend deux parties distinctes : le tableau de signaux et le tableau de commutateurs.

Le tableau de signaux est formé de la réunion de cases rectangulaires; chacune de ces cases est fermée à gauche, par une plaque de verre dépoli, portant un nom de ville, et derrière laquelle on peut allumer une lampe; à droite, par une plaque opaque, percée de quatre trous circulaires, dans lesquels sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

enchâssés des disques transparents, de colorations différentes.

Les indications relatives à chaque circuit sont données par l'allumage de petites lampes (fig. 669). En allumant l'une d'elles ou plusieurs simultanément, on rend apparents les disques derrière lesquels elles sont placées; on dispose ainsi d'un certain nombre de combinaisons, dont chacune correspond à une durée d'attente déterminée.

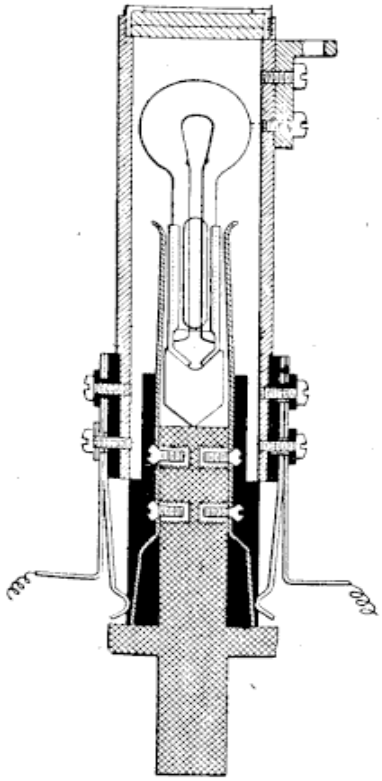


Fig. 669.

Ces combinaisons sont exécutées par la manœuvre d'un commutateur, spécial à chaque circuit; chaque commutateur (fig. 670) peut être actionné

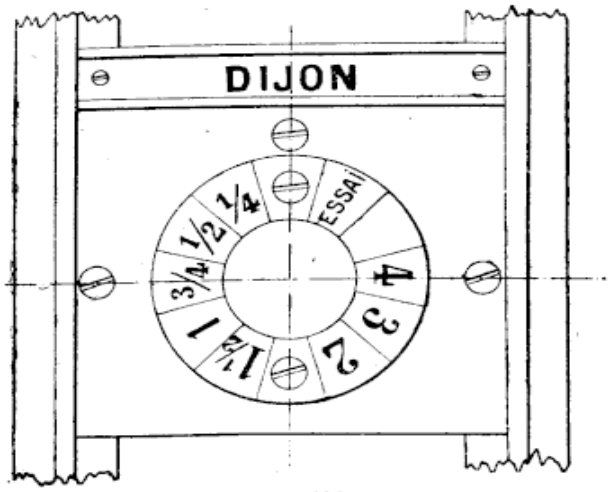


Fig. 670.

par un bouton de manœuvre portant, sur sa face antérieure, une couronne divisée en douze secteurs; en tournant ce bouton, on amène successivement chaque secteur en face de l'index fixé sur la platine; on détermine ainsi la fermeture des circuits d'alimentation des lampes et l'on produit le signal correspondant à la durée inscrite sur le secteur.

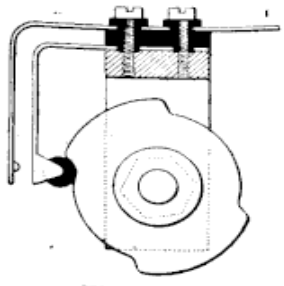


Fig. 671.

Sur l'arbre du bouton de manœuvre sont montées quatre roues (fig. 671) présentant, sur leur pourtour, une succession de creux et de reliefs; en regard de chacune de ces roues se trouve une paire de ressorts-lames, armés de telle sorte qu'ils se séparent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou entrent en contact suivant que la roue qui les commande leur présente un creux ou un relief. Le circuit d'une lampe se trouve ouvert dans le premier cas et fermé dans le second. Chaque génératrice de l'ensemble correspond à une combinaison déterminée.

Relais téléphonique embroché, à transmission d'appels (1917). — Ce relais a été construit par le Service d'Etudes et de Recherches Techniques de l'Administration, à l'aide d'appareils établis par M. Marius Latour. Il comprend un amplificateur à deux étages, formé de deux *lampes-valves* (v. p. 683) montées en série, à la partie supérieure du meuble, et dont les filaments sont alimentés par une batterie, *b*, de 6 volts, à travers un rhéostat, R*b* (fig. 672), placé entre les deux lampes. Les deux plaques, P et P′, sont portées à un potentiel positif par une batterie, *b*′, dont la tension peut varier entre 50 et 100 volts, suivant l'isolement de la ligne. Le fonctionnement est le suivant :

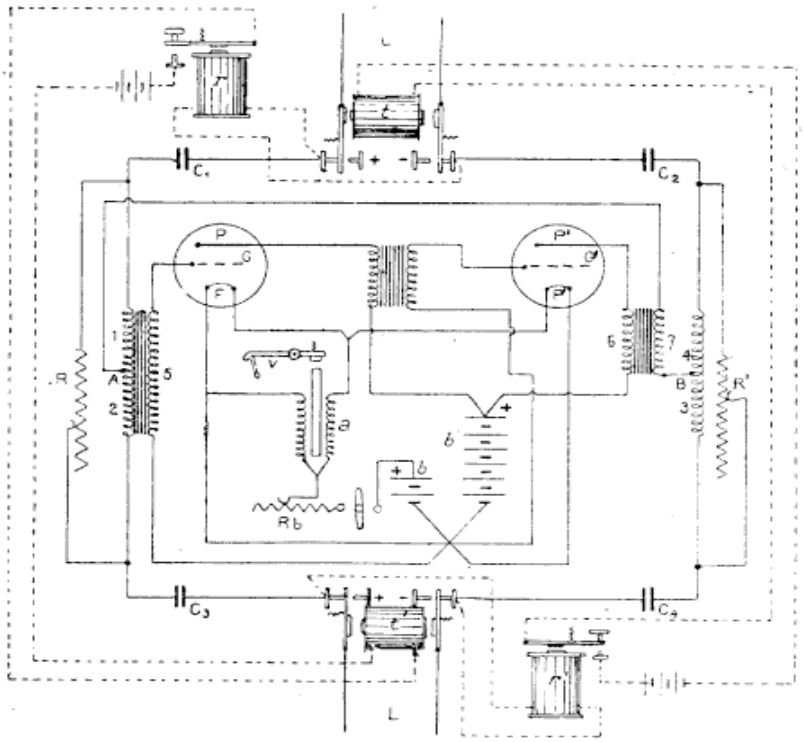


Fig. 672.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les enroulements 1, 2, 3, 4 et 5 constituent un seul et même transformateur; les courants de conversation, arrivant par la ligne, L, ou par L', parcourent les enroulements 1, 2, 3 et 4; ils sont reproduits, par induction, dans l'amplificateur par la grille, G, de la lampe de gauche et en sortent, après amplification, par la lampe de droite et l'enroulement 6; ils gagnent la ligne par l'enroulement 7, placé en dérivation sur le circuit, entre les points A et B, c'est-à-dire au milieu des enroulements 1 et 2 d'une part, 3 et 4 d'autre part; deux résistances de compensation, R et R', shuntant les divers enroulements du transformateur 1, 2, 3, 4, 5, permettent d'atténuer les effets du déséquilibre des impédances entre les deux côtés de la ligne; on les règle à l'aide de deux manettes placées à l'avant du meuble, de telle sorte que, si les impédances des deux sections deviennent inégales, une partie du courant passe par les résistances de compensation qui, en diminuant ainsi l'amplification, empêchent l'auto-excitation du relais. On a là, en réalité, un montage différentiel, dérivé de celui d'Edison (v. fig. 609, p. 590).

Les courants de signalisation (courants continus ou alternatifs à basse fréquence) en traversant les enroulements du relais, pourraient subir un affaiblissement et parvenir aux bureaux extrêmes avec une intensité insuffisante. Un dispositif, analogue à un translateur télégraphique, et auquel le courant nécessaire est fourni par la machine d'appel du bureau intermédiaire, assure la réexpédition de ces signaux. A cet effet, le relais est bloqué par quatre condensateurs, C, de 4 microfarads chacun; les deux fils de ligne, de chaque côté, sont renvoyés à ces condensateurs par l'intermédiaire des armatures des relais retransmetteurs, tt', dont les butoirs de repos communiquent également avec l'entrée et la sortie d'un relais récepteur, rr'; lorsque des courants d'appel arrivent de la ligne L, par exemple, ils se rendent dans le relais récepteur, r, qui actionne, à son tour, le relais transmetteur, t.; celui-ci, coupant la communication de la ligne, L', avec les condensateurs, reproduit sur cette ligne les appels venus de L.

La station de relais est avertie automatiquement, dans le cas où l'une des lampes est devenue hors d'usage : à cet effet, l'alimentation des lampes a lieu à travers l'un des enroulements d'un annonciateur polarisé, a, dont le second enroulement est relié directement au pôle négatif de la batterie; le sens donné

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ces courants et le nombre d'ampères-tours est tel que, lorsque l'allumage est normal, les actions magnétiques sur le noyau s'annulent; mais, dès que l'un des filaments devient défectueux, le second enroulement se trouve prépondérant, l'armature est attirée et le volet, v, de l'annonciateur ferme le circuit d'une sonnerie.

Les opératrices extrêmes peuvent commander à volonté l'allumage ou l'extinction des lampes du relais; dans ce but, les relais récepteurs, r et r', peuvent, par une seconde armature, fermer également le circuit d'un relais à action différée, R (fig. 673) rendu très paresseux par un frein à glycérine, G. Lorsque le circuit est fermé, l'armature se met lentement en marche, mais la brièveté des signaux d'appel ne lui permet pas d'accomplir la totalité de sa course. Par contre, si l'un des extrêmes envoie un courant prolongé, pendant le temps nécessaire pour compter lentement jusqu'à 5, l'appendice, A, peut donner le retour des batteries aux deux ressorts, r et r', reliés respectivement à un vibrateur et à un électro-aimant d'allumage, E'; l'armature de celui-ci agit sur une came analogue à celle d'un commutateur d'éclairage; elle allume les lampes si elles sont éteintes et réciproquement; en outre, l'opératrice entend un son, produit par le vibrateur, et contrôle ainsi la manœuvre effectuée.

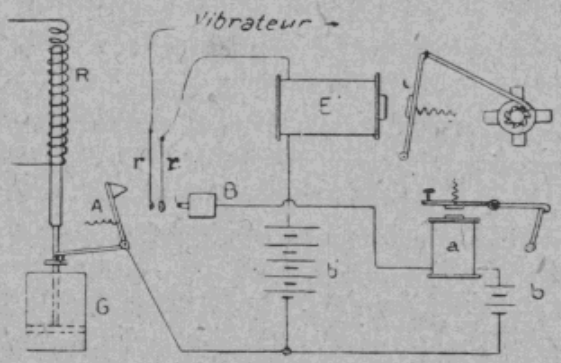


Fig. 673.

Pour appeler la station de relais, les extrêmes envoient un courant plus prolongé, d'une durée égale au temps nécessaire pour compter jusqu'à 20; l'appendice, A, monte alors jusqu'à ce que le ressort, r' vienne toucher la butée, B, et fermer le circuit de la batterie d'allumage, b, sur un annonciateur, a', monté sur la face avant du meuble, au-dessous de la lampe de gauche.

Pour les cas où les postes extrêmes oublieraient d'éteindre les lampes, un bouton, placé entre les deux commutateurs de compensation, permet d'actionner en local le relais, R, et de provoquer l'extinction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce système de relais a été utilisé, pendant la dernière guerre, notamment pour assurer la liaison entre Compiègne, siège du Grand Quartier Général, et Milan, base du corps expéditionnaire français en Italie. Il a été installé ultérieurement à Lyon, sur le circuit Paris-Turin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXVII

TABLEAUX COMMUTATEURS POUR POSTES D'ABONNÉS

Tableau commutateur, de Sieur (1882). — Chacune des lignes aboutit à un conjoncteur, constitué par trois crochets, C, C′ et C″ (fig. 674) montés sur une planchette, P, à l'aide d'un ressort, R, fixé par une vis, V. Les crochets peuvent ainsi être écartés du bloc métallique qui les supporte, jusqu'à une limite assignée par la vis, A. A l'état de repos, le crochet de gauche, C, s'appuie, par sa vis, A, sur une butée, B, reliée à l'annonciateur; il est en relation avec le fil de ligne n° 1, de même que le troisième; la ligne n° 2 est amenée au crochet du milieu.

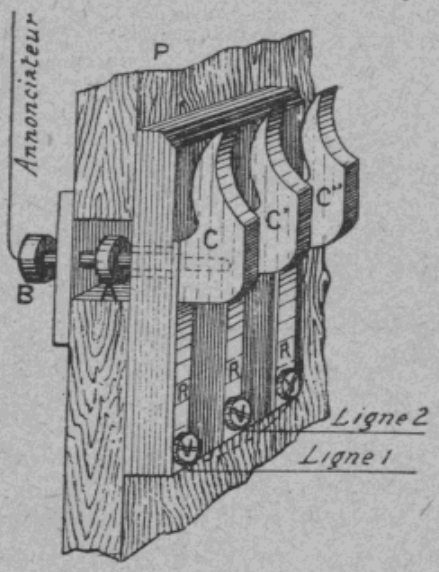


Fig. 674.

Les annonciateurs se composent chacun d'une bobine d'électro-aimant, E, (fig. 675), dont le noyau est prolongé, de part et d'autre, par des pièces polaires, P; au-dessus de ces plaques se trouve l'armature, A, taillée en fourche; elle porte, du côté de l'avant, un appendice, C, terminé en bec, et qui soutient le volet, D. Lorsqu'un courant parcourt la bobine, le bec se dérobe et le volet, relié à la terre, tombe sur une vis, S, rattachée au circuit d'une sonnerie.

La fiche est constituée par deux pitons, L et L′ (fig. 676), isolés l'un de l'autre et vissés dans un manche creux, en corne;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux conducteurs, réunis en un cordon souple, sont reliés, d'une part aux pitons, et, d'autre part, aux bornes de ligne de l'installation téléphonique; quand on place la fiche sur les crochets

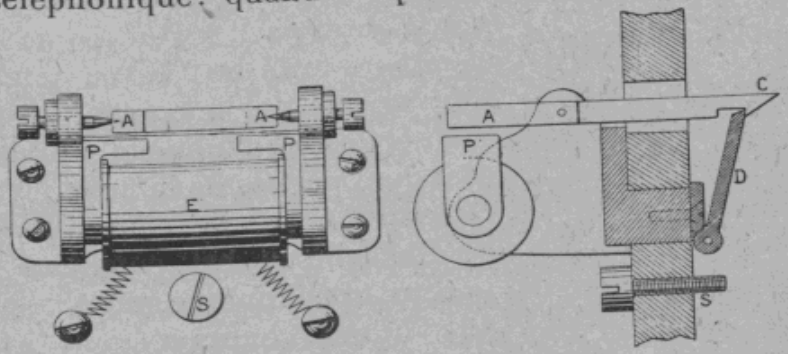


Fig. 675.

C et C′ (fig. 674) l'annonciateur se trouve isolé, par suite de la rupture de contact qui se produit au crochet n° 1: si la fiche est mise sur les crochets C′ et C″, l'annonciateur reste en dérivation. Afin que les pitons, L et L′, se trouvent toujours respectivement reliés aux lignes 1 et 2, la joue du premier, L, est plus large que celle de L′, et ne peut s'engager dans l'intervalle entre deux crochets, de sorte qu'on doit retourner la fiche, suivant qu'on veut la placer sur les crochets C et C′, ou sur C′ et C″. Lorsqu'on ne communique avec aucune ligne, la fiche est suspendue à un crochet de repos, placé sur le côté droit du tableau.

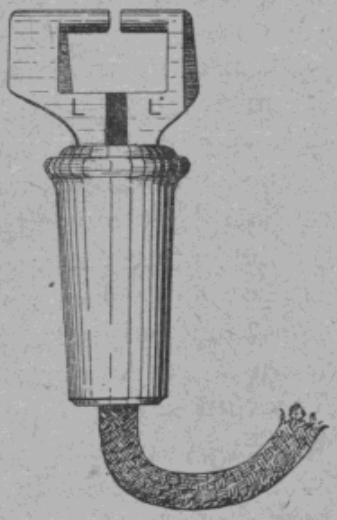


Fig. 676.

Pour relier deux lignes, on fait usage de deux fiches, réunies par un cordon souple: on les place dans les conjoncteurs des lignes à relier, l'une sur les crochets C et C, l'autre sur C′ et C″ : l'un des annonciateurs est mis hors circuit, tandis que l'autre reste en dérivation sur la liaison et enregistre le « signal de fin de conversation ».

Tableau commutateur, de Ducousso (1897). — A la partie supérieure sont les trois annonciateurs; au-dessous, trois boutons-poussoirs pour les appels: plus bas, trois jacks à simple rupture, et enfin trois fiches. Dans chacun de ces groupes verti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

caux, le fil n° 1 de la ligne arrive au ressort du bouton d'appel (fig. 677) puis, par la butée de repos de celui-ci, va se rattacher, d'une part au grand ressort du jack et, d'autre part, à l'entrée de l'annonciateur: le fil n° 2 va au petit ressort du jack et, par le contact à rupture, à la sortie de l'annonciateur; en outre, les deux parties de la fiche, F, sont en dérivation sur les deux fils de ligne.

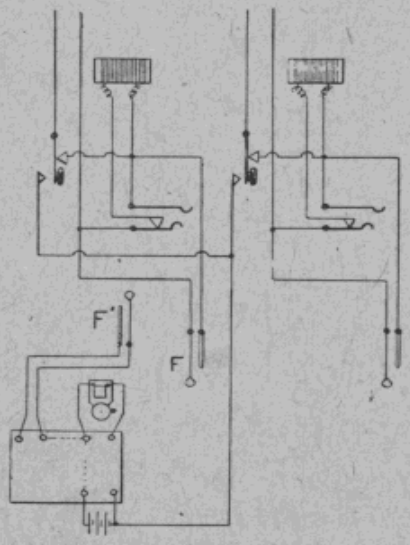


Fig. 677.

Le tableau est complété par un poste téléphonique, dont les bornes de lignes communiquent avec une fiche, F', qu'on enfonce dans un jack de ligne lorsqu'on veut entrer en communication avec le correspondant. Pour relier deux lignes, on place, la fiche, F, de l'une dans le conjoncteur de l'autre.

Tableau commutateur, d'Eurieult (1898). — Le tableau comprend, à la partie supérieure, trois annonciateurs semblables, dont deux pour les appels des deux lignes, et celui du milieu pour enregistrer le signal de fin de conversation. Ils sont formés de deux bobines, B (fig. 678) dont l'armature, A, porte deux appendices, l'un qui soutient le volet, V, l'autre, *a*, qui peut venir s'appuyer sur une enclume réglable, E, reliée à une sonnerie, tandis que le massif communique avec une pile.

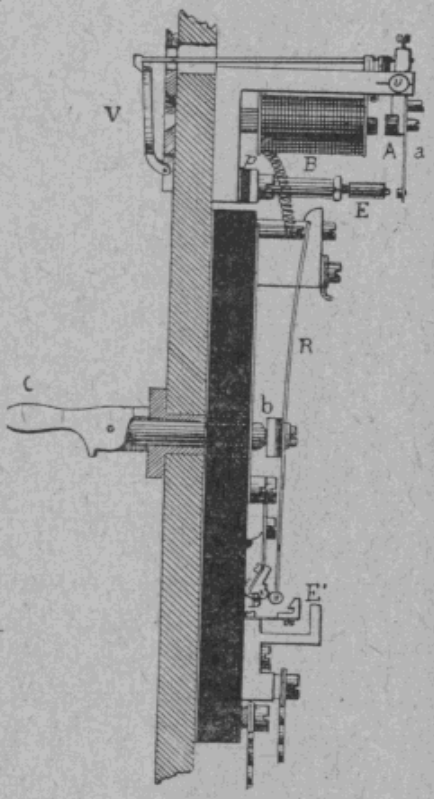


Fig. 678.

La clé à levier, C, commande un piston, susceptible d'agir sur une barre transversale, *b*, placée derrière deux longs ressorts-lames, R, dont elle est isolée par une plaque d'ébonite. Ces ressorts communiquent avec les deux fils de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ligne et sont terminés par une sorte de petit galet cylindrique. A l'état de repos, ils s'appuient chacun, par leur extrémité inférieure, sur une butée, B″, montée sur un ressort-lame et relié à l'annonciateur. Lorsqu'on agit sur la clé, les ressorts, R, viennent buter contre l'équerre, E′, reliée à l'appareil téléphonique.

Pour mettre les deux lignes en communication, il suffit d'abaisser simultanément les deux clés ; le poste d'écoute reste en dérivation.

Tableaux militaires à appels vibrés (1909).— Quatre jacks à double rupture et quatre annonciateurs ordinaires; les quatre récepteurs d'appels vibrés sont placés à la partie supérieure et à l'intérieur du meuble; ils portent chacun un tube évasé, formant pavillon, et qui conduit au dehors le bruit produit par les courants vibrés (v. fig. 679).

Chaque ligne est prise en dérivation sur un cordon terminé par une fiche; les liaisons s'effectuent en introduisant la fiche de la ligne appelante dans le jack de la ligne appelée : l'annonciateur d'appels de la première reste ainsi en dérivation et enregistre le signal de fin de conversation; un cinquième cordon avec fiche communique avec l'appareil de l'opérateur.

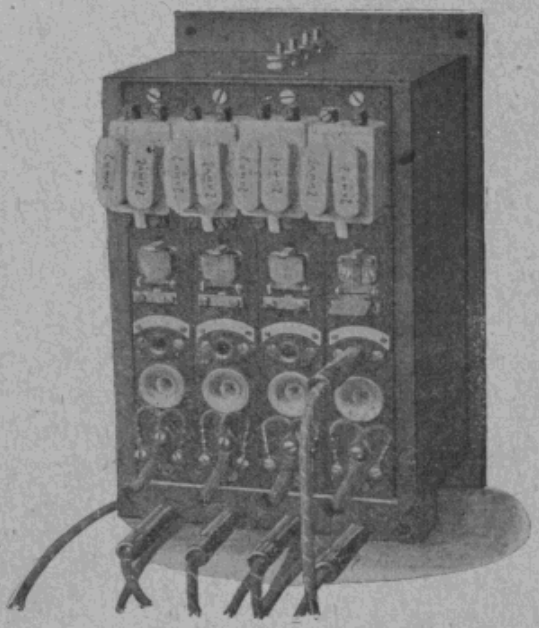


Fig. 679.

Un second modèle, réalisé également en 1909, est agencé, en principe, comme le précédent (fig. 679); à la partie supérieure sont rangés quatre coupe-circuit en porcelaine; au-dessous, quatre annonciateurs dont le volet, en tombant, ferme le circuit d'une sonnerie ; enfin, à la partie inférieure sont les quatre conjoncteurs et les récepteurs d'appels vibrés, dont les pavillons émergent à l'extérieur. Comme dans le premier système, quatre cordons à fiche servent à l'intercommunication et un cinquième est relié au poste d'opérateur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau militaire à manettes et appels vibrés (1910). — Les conjoncteurs des tableaux ordinaires sont ici remplacés par des commutateurs à manette; chacun de ceux-ci se compose de deux contacts circulaires en laiton, L et L′ (fig. 680) communiquant avec les lignes; au-dessous se trouvent deux groupes de trois petits contacts. L'axe de la manette porte deux ressorts fourchus, susceptibles de réunir un grand contact à l'un quelconque des trois petits du même groupe. Dans la position A A′, les deux branches de la ligne, L et L′, sont reliées à l'entrée et à la sortie de l'annonciateur, constitué par un récepteur d'appels vibrés avec pavillon. Dans la position O O′, le circuit communique avec le poste d'opérateur; enfin, la position I I′, est celle de l'intercommunication entre les quatre lignes : à cet effet, les plots, I et I′, des quatre commutateurs, sont multiplés ensemble, de sorte que, pour relier deux ou plusieurs lignes, par exemple dans le cas d'un ordre donné simultanément à plusieurs postes, il suffit de placer leurs commutateurs respectifs dans la troisième position. Un cinquième récepteur d'appels vibrés, V, est placé en dérivation sur les plots I et I′, pour enregistrer le signal de fin de communication.

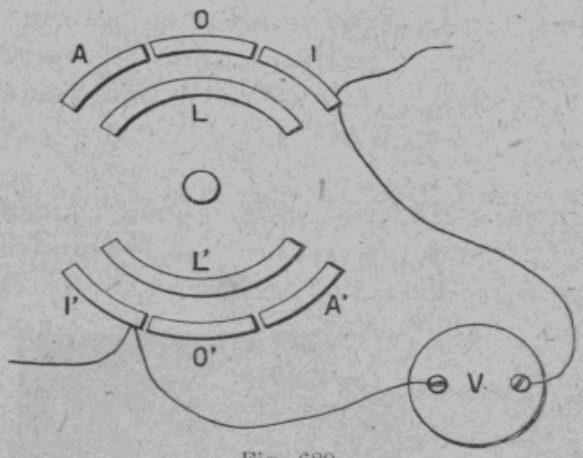


Fig. 680.

Poste mobile allemand (1910). — Ce tableau est équipé pour deux lignes à batterie centrale et 10 postes supplémentaires (fig. 681). Les lignes sont amenées à des boutons, placés sur deux rangées de six; dans chaque rangée, le bouton de gauche, de couleur rouge, correspond à une ligne du réseau extérieur, les cinq autres à des postes supplémentaires; les boutons sont munis d'une plaque d'enclanchement.

Les postes supplémentaires sont complètement indépendants; ils peuvent correspondre entre eux sans le secours du poste principal; celui-ci n'intervient que dans le cas où le bureau central demande un poste supplémentaire : son rôle se borne,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'ailleurs, à appeler l'intéressé, à l'aide de sa magnéto, et à lui notifier la demande.

Les différents postes peuvent correspondre directement avec



Fig. 681.

le bureau central grâce au « groupement en série » (*Reihenschaltung*), indiqué par le croquis ci-dessous (fig. 682): la ligne du réseau passe par chacun des postes, 1, 2, 3, 4, etc.;

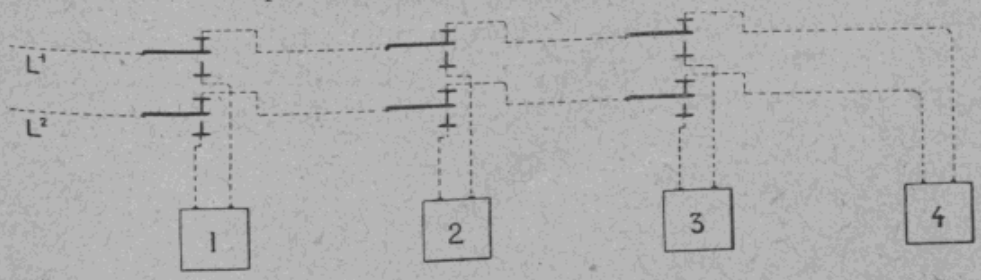


Fig. 682.

en temps normal, le bouton-commutateur (bouton rouge, à gauche de chaque rangée) la renvoie de l'un à l'autre, mais il suffit d'enfoncer ce bouton pour que la ligne soit connectée avec l'appareil du poste qui a effectué la manœuvre. En même temps, le courant de la batterie centrale traverse, dans tous les autres postes, l'un des deux indicateurs, à voyant en étoile, placés vers l'avant et qui montrent que la ligne est occupée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La communication directe des postes supplémentaires entre eux a lieu à l'aide de lignes locales, reliées comme l'indique la figure 683, dans laquelle on en a seulement représenté 4. Les appareils utilisés étant les mêmes que pour les lignes du réseau extérieur, la batterie centrale est mise à profit pour les alimenter

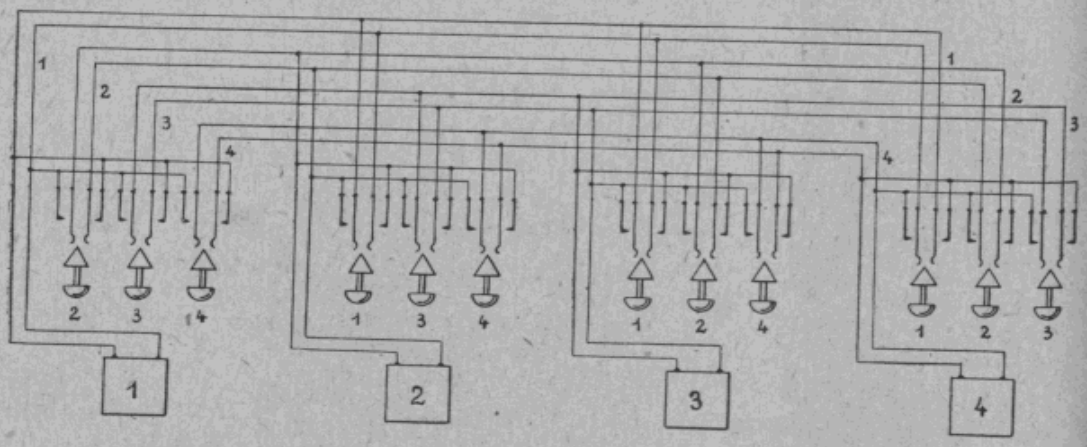


Fig. 683.

de courant dans le cas de conversations locales; à cet effet, la dite batterie, bien que travaillant normalement à circuit métallique fermé, a l'un de ses pôles relié à la terre, et les postes supplémentaires, lorsqu'ils correspondent entre eux, prennent une dérivation, à travers leurs appareils et la terre, sur la branche du circuit reliée à l'autre pôle : le relais d'appel du multiple, étant inséré sur la première branche, n'est pas, dans ce cas, parcouru par le courant dérivé et n'est pas actionné.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXVIII

TABLEAUX COMMUTATEURS POUR BUREAUX CENTRAUX

Tableau à 25 directions, de la Société Générale des Téléphones (1880). — Le tableau comprend deux parties : les 25 conjoncteurs et les 25 annonciateurs (fig. 684). Les conjoncteurs sont du genre *Jack-knife* (v. p. 583) ; chacun d'eux se compose de deux blocs quadrangulaires en laiton, L^1 et L^2 (fig. 685), juxtaposés et séparés par une lame d'ébonite; ils communiquent avec les deux fils de ligne. Le bloc antérieur, L^1, est percé de deux trous, il est fixé à l'aide de deux vis enveloppées d'ébonite ; l'une de ces vis, D, reliée à l'annonciateur, A, porte une goupille, *g*, légèrement en saillie à la partie inférieure du bloc, et sur laquelle repose l'extrémité d'un ressort, R, fixé d'autre part au bloc ; ce ressort porte lui-même un goujon, qui émerge dans le trou de droite. Sur le dessus du bloc est placé un ressort de sûreté, S, portant deux goujons, qui pénètrent dans chacun des trous et sont destinés à assurer une bonne communication entre le bloc et la fiche qu'on y introduira. La lame d'ébonite et le bloc postérieur sont également percés de deux trous pour le passage de la fiche, mais ces trous sont d'un diamètre plus petit que ceux

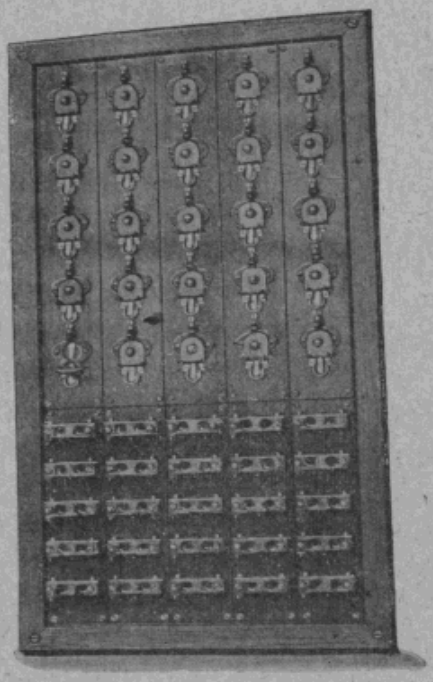


Fig. 684.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du bloc antérieur; le bloc L^2 porte un ressort de sûreté, S', semblable à S.

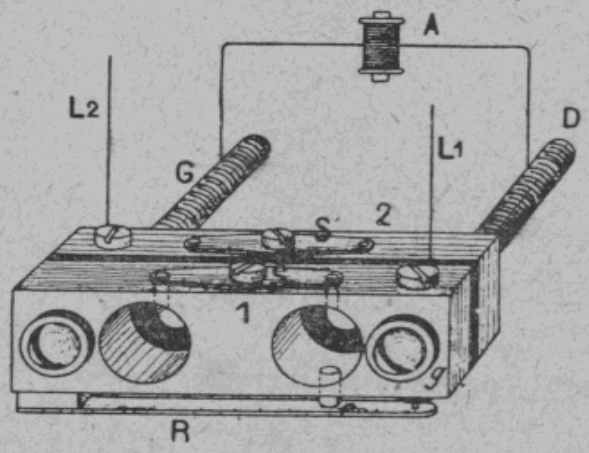
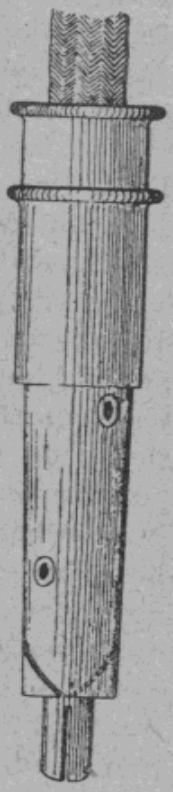


Fig. 685.

La fiche (fig. 686) est constituée par deux tubes de laiton, dont le diamètre est respectivement celui des trous des blocs L^1 et L^2; un manchon d'ébonite les isole l'un de l'autre. Les parties extrêmes sont légèrement coniques et, en outre, sont entaillées d'une fente qui leur donne une certaine élasticité. Deux conducteurs, réunis en un cordon souple, sont soudés respectivement à l'un et l'autre tubes; à leur extrémité opposée, ces conducteurs sont rattachés, soit à une fiche semblable à la première, soit à un poste téléphonique.


Fig. 686.

Lorsqu'on place une fiche dans le trou de gauche du conjoncteur, les conducteurs du cordon se trouvent mis en communication avec les deux lignes, et l'annonciateur reste en dérivation; si l'introduction a lieu dans le trou de droite, le goujon est chassé par la fiche, le ressort, R, s'éloigne et l'annonciateur, relié à la vis, D, est isolé. Lorsqu'on relie deux abonnés, on place l'une des flèches dans le trou de gauche du conjoncteur du demandeur, et l'autre dans celui de droite du conjoncteur du demandé : l'annonciateur du premier reste ainsi en dérivation et fonctionne lors du signal de fin.

A la partie supérieure du tableau, les 25 annonciateurs sont rangés dans le même ordre que les conjoncteurs. Chacun d'eux est formé d'un électro-aimant non polarisé, à deux bobines, dont l'armature retient un volet; celui-ci, en tombant, ferme le circuit d'une sonnerie.

Tableau commutateur pour 50 lignes, de Sieur (1881). — Le tableau est divisé en deux panneaux juxta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posés (fig. 687); à la partie supérieure de chaque panneau se trouvent 5 rangées de 5 annonciateurs, au-dessous, 5 rangées de 5 conjoncteurs.

Les annonciateurs et les conjoncteurs sont analogues à ceux du tableau décrit plus haut (v. p. 630); toutefois, ces derniers

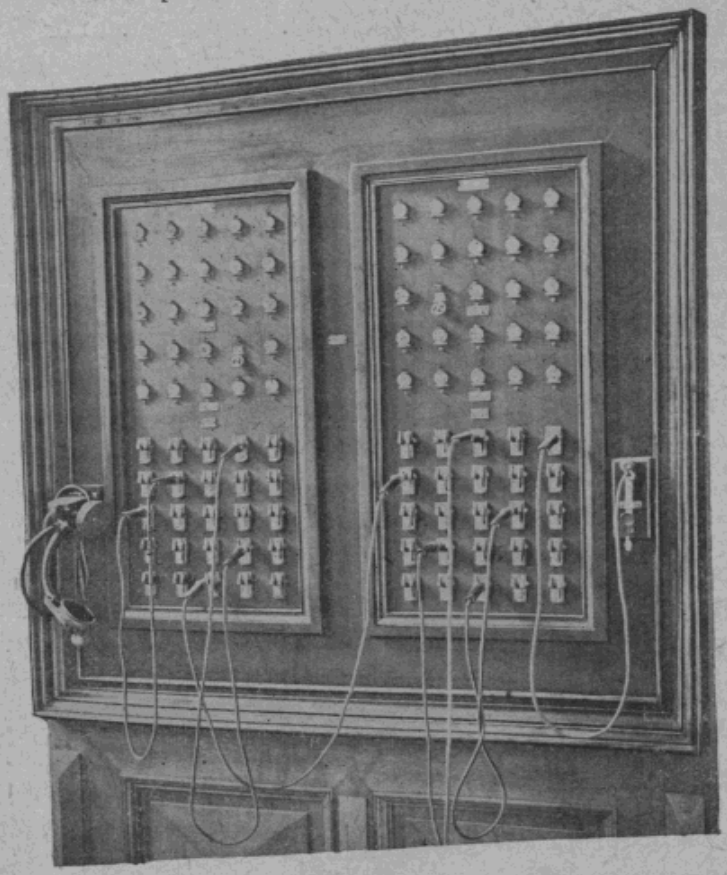


Fig. 687.

se composent seulement de deux crochets, le retour ayant lieu par la terre.

La fiche est constituée par un piton métallique, G (fig. 688) à mortaise, vissé dans un manche creux, H, en corne. Lorsqu'on place la fiche sur le crochet de gauche, celui-ci est écarté et l'annonciateur est mis hors circuit; il reste en dérivation si la fiche est placée sur le crochet de droite.

Sur la gauche du meuble se trouve un conjoncteur à quatre crochets, destiné à amener les communications à l'appareil portatif de l'opératrice. Lorsqu'un appel se produit, celle-ci

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

place dans le conjoncteur une fiche spéciale, suspendue à un crochet de repos, et dont le cordon souple renvoie la ligne appelante à son appareil : dès que la ligne demandée lui a été désignée, elle enlève sa fiche spéciale du premier conjoncteur et la porte sur le crochet de gauche de celui qu'il s'agit de relier, puis elle appuie sur le levier d'appel, sorte de manipulateur Morse placé sur le côté droit du meuble; lorsque l'abonné a répondu, la fiche d'écoute est retirée, puis les deux conjoncteurs, appelant et appelé, sont réunis à l'aide d'une paire de fiches.

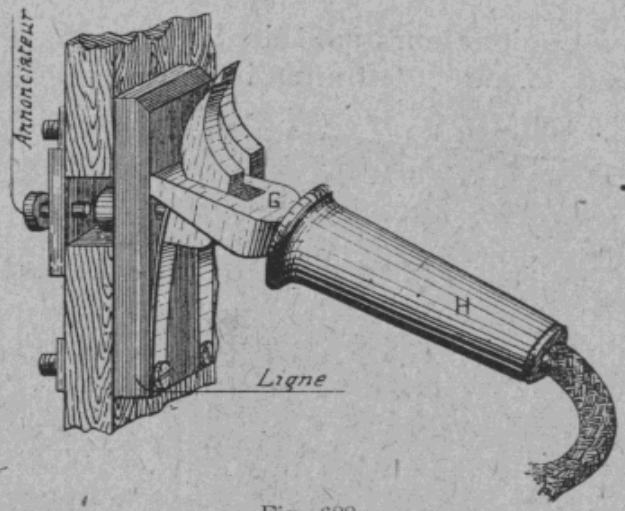


Fig. 688.

Tableau commutateur pour 50 lignes, de Mandroux (1887). — Les cinquante conjoncteurs, disposés sur une circonférence (fig. 689) se composent de deux blocs en laiton; le plus grand, L (fig. 690) relié à la ligne, est percé de deux, trous circulaires, t et t', et porte, sur sa face de gauche, un ressort-lame, R; à l'état de repos, ce ressort s'appuie, par son extrémité, sur le second bloc, A, relié à l'annonciateur, A'.

A l'intérieur de la circonférence sont deux rangées de huit plots, dans chacun desquels une fiche, f, est logée en attente; deux fiches, placées sur la même verticale, sont réunies par un conducteur souple, tendu à l'intérieur du meuble, par un contrepoids; enfin, les plots de repos sont réunis entre eux et à l'axe d'un manipulateur Morse, M, placé sur le côté droit du tableau. La butée de travail de ce manipulateur est reliée à une pile d'appel, p, celle de repos communique avec le récepteur, T, de l'opératrice, et le secondaire, S, de la bobine d'induction; le primaire, Pr, est en relation avec le microphone, m, et la pile, p', par le crochet mobile, c.

Dès que la chute d'un volet révèle un appel, l'opératrice prend une fiche disponible et l'introduit dans le trou, t, du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

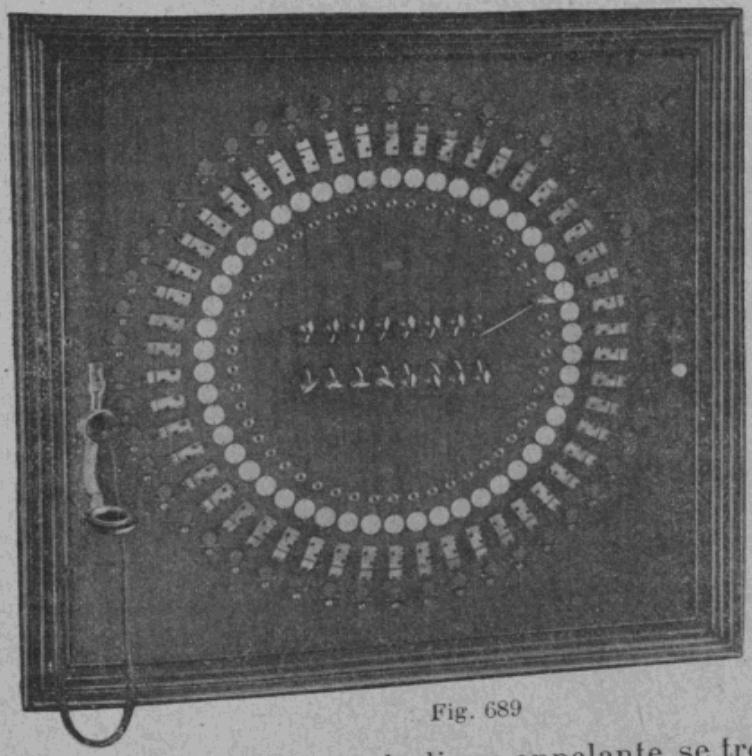


Fig. 689

conjoncteur de même numéro; la ligne appelante se trouve ren-

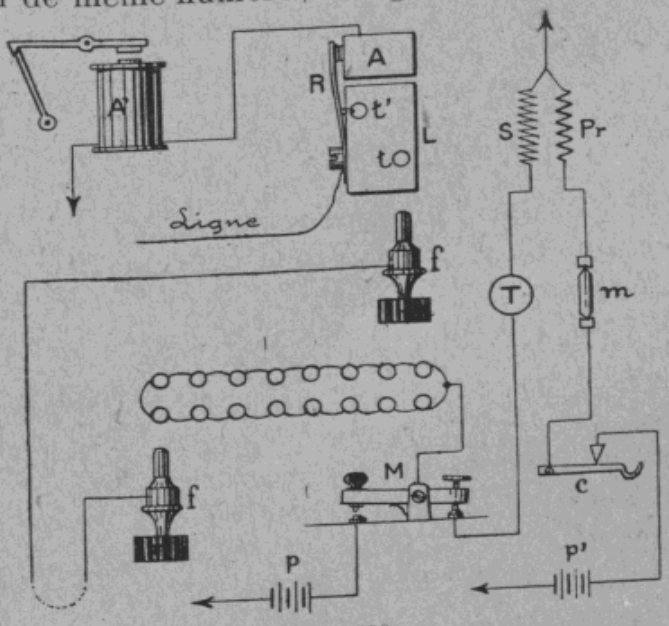


Fig. 690.

voyée sur l'appareil téléphonique, par l'intermédiaire de la seconde fiche, *f*, des plots de repos et du manipulateur d'appel, M.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque la ligne demandée lui a été indiquée, l'opératrice porte la même fiche dans le trou, t', du conjoncteur convenable, dont le ressort, R, est écarté et isole l'annonciateur; puis elle abaisse la clé d'appel, M. Dès que l'abonné a répondu, l'opératrice place la seconde fiche de la même paire dans le trou, t, du conjoncteur de la ligne appelante, dont l'annonciateur reste en dérivation.

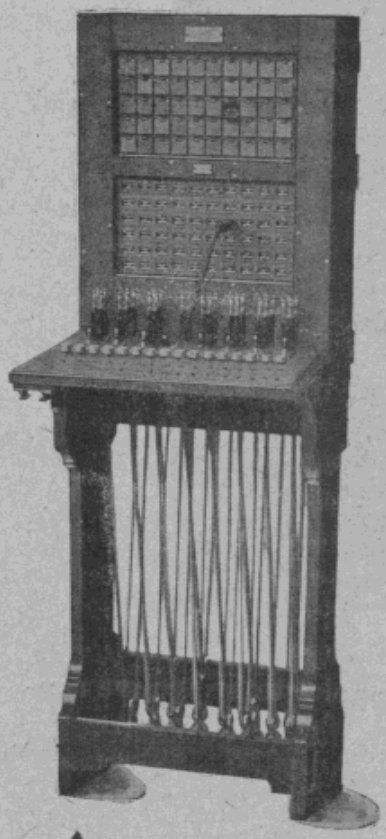


Fig. 691.

Tableau standard pour 50 lignes, de Sieur (1887). — Ce tableau (fig. 691) comprend : 50 annonciateurs, 50 conjoncteurs de lignes, 10 conjoncteurs de service, pour l'intercommunication entre les différents tableaux du même bureau, 8 paires de fiches, 8 clés d'écoute et 16 boutons d'appel.

Les 50 conjoncteurs de lignes sont à la partie médiane : chacun d'eux se compose de deux canons en laiton, C et C' (fig. 692) ouverts latéralement et séparés par une lamelle d'ébonite; celui de gauche, C, relié à la ligne, L^1, porte, à sa partie d'arrière, un ressort-lame, R, qui, à l'état de repos, s'appuie sur l'extrémité d'une équerre en laiton, A, communiquant avec l'annonciateur. Le second canon, C', relié à la ligne n° 2, ne comporte pas de ressort ni d'équerre.

Les fiches sont constituées par la réunion de deux tiges en

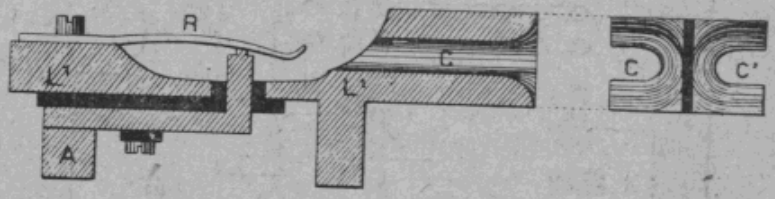


Fig. 692.

laiton, T et T' (fig. 693) reliées par une plaque d'ébonite, P; ces tiges sont terminées par un bec triangulaire, b, b', formant saillie sur la face supérieure; enfin, entre le bec et la plaque,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

P, est un ressort bombé, r, r'; un cordon souple, c, pénètre dans la fiche et chacun des deux conducteurs qu'il renferme vient s'attacher à l'une des tiges, T, T'.

Lorsqu'on introduit une fiche dans un conjoncteur, la tige, T, pénétrant dans le canon, C (fig. 692), prend communication avec la ligne, L^1 ; le bec, b, vient soulever l'extrémité du ressort, R, et l'annonciateur se trouve isolé; la tige, T', de la fiche s'engage, de même, dans le canon, C', et le second conducteur du cordon communique ainsi avec la ligne n° 2.

Les clés d'écoute sont constituées chacune par un levier analogue à ceux des tableaux précédemment décrits, et dont l'excentrique s'appuie, à l'état de repos, sur deux ressorts reliés respectivement aux conducteurs d'une paire de fiches; lorsque l'on tire cette clé vers l'avant, l'excentrique fait fléchir les deux ressorts, et les amène au contact de deux butées communiquant avec le poste d'opératrice ; de même, la manœuvre du bouton d'appel a pour effet d'amener deux ressorts, communiquant avec les conducteurs de la fiche, au contact de deux réglettes, reliées aux deux pôles de la pile d'appel.

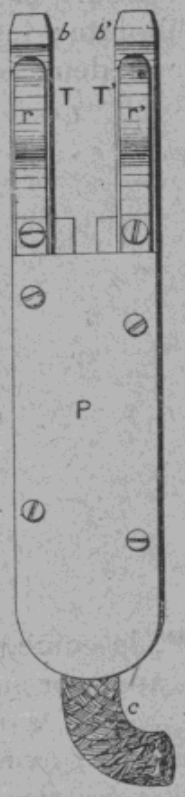


Fig. 693.

Tableau standard pour 50 lignes, de la Société Générale des Téléphones (1888). — Ce tableau comprend, à la partie supérieure, 10 rangées de 5 annonciateurs d'appels; au-dessous, six rangées de 10 conjoncteurs chacune, dont les 50 premiers correspondent chacun à une ligne; les 10 de la dernière rangée inférieure servent à l'intercommunication, à l'intérieur du bureau; enfin, au-dessous, cinq annonciateurs de fin de conversation. Sur une planchette horizontale se trouvent : cinq paires de fiches, cinq commutateurs d'écoute et deux boutons d'appel.

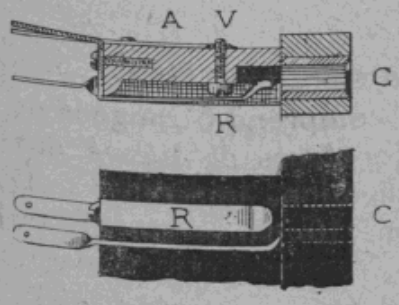


Fig. 694.

Les conjoncteurs de lignes et d'intercommunication sont identiques; chacun d'eux se compose d'un canon, C (fig. 694)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

relié à l'une des lignes, et d'un ressort, R, rattaché à l'autre ligne; à l'état de repos, ce ressort s'appuie sur la vis, V, qui fixe, sur le massif en ébonite, une plaque, A, communiquant avec l'annonciateur. Chaque fiche comprend une *tête* et un *corps* cylindrique, enfermé, à sa partie inférieure, dans un manchon en ébonite ; les deux conducteurs sont rattachés respectivement aux deux parties de la fiche. Lorsqu'on introduit celle-ci dans un conjoncteur, la tête vient soulever le ressort, R, qui quitte alors la vis, V, et l'annonciateur se trouve isolé.

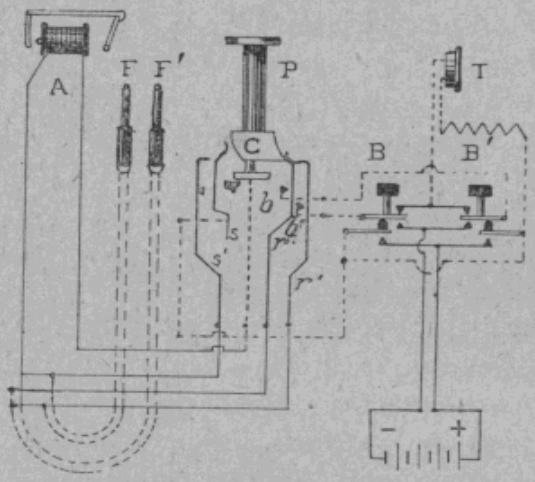


Fig. 695.

Les commutateurs d'écoute correspondent chacun à une paire de fiches et sont tous solidaires, électriquement, de deux boutons d'appel ; l'annonciateur de fin de conversation, A (fig. 695) est placé en dérivation sur les conducteurs de deux fiches, F, F'. Lorsqu'on déplace le piston, P, le came, C, se dérobant au ressort, r, lui permet de venir s'appuyer sur la butée, b, tandis que r' vient sur b'; du côté gauche, la came repousse le ressort, s, et vient le mettre en contact avec s' : les boutons d'appel, B et B', ainsi que le poste d'opératrice, T, se trouvent reliés aux conducteurs de la paire de fiches; en appuyant sur le bouton B, on appelle sur la ligne reliée à la fiche, F, et réciproquement pour le bouton B' et la fiche F'.

Tableau standard pour 50 lignes, d'Aboilard (1889). — Ce tableau est équipé pour le simple fil, il comprend 5 rangées de 10 annonciateurs, 5 rangées de 10 conjoncteurs de lignes, une de 20 conjoncteurs pour l'intercommunication, une rangée de 10 annonciateurs de fin de conversation, 10 paires de fiches, 10 clés d'écoute et 2 boutons d'appel.

Les conjoncteurs se composent de deux ressorts (fig. 696): l'un, r, est relié à la ligne, l'autre sert seulement à maintenir la tête de la fiche: entre ces deux ressorts, et séparés d'eux par des lamelles d'ébonite, s'en trouve un troisième, r'', communiquant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec l'annonciateur et sur lequel, à l'état de repos, s'appuie le ressort, r: cette liaison est rompue dès qu'on introduit la fiche, dont la tête écarte les deux ressorts, r et r'.

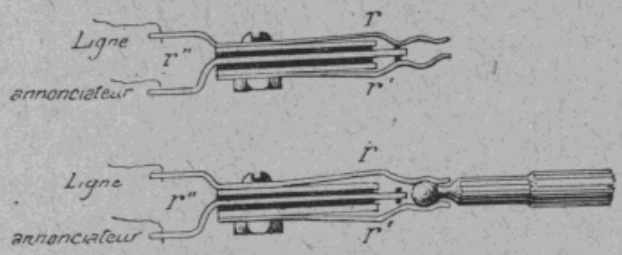


Fig. 696.

Les fiches sont semblables à celle du standard ci-dessus sauf qu'elles sont raccordées à un conducteur unique. Les clés d'écoute et les boutons d'appel sont analogues aux organes similaires du précédent système.

Tableau pour six lignes interurbaines, de Mandroux, (1892). — Ce tableau permet de relier les six lignes bifilaires

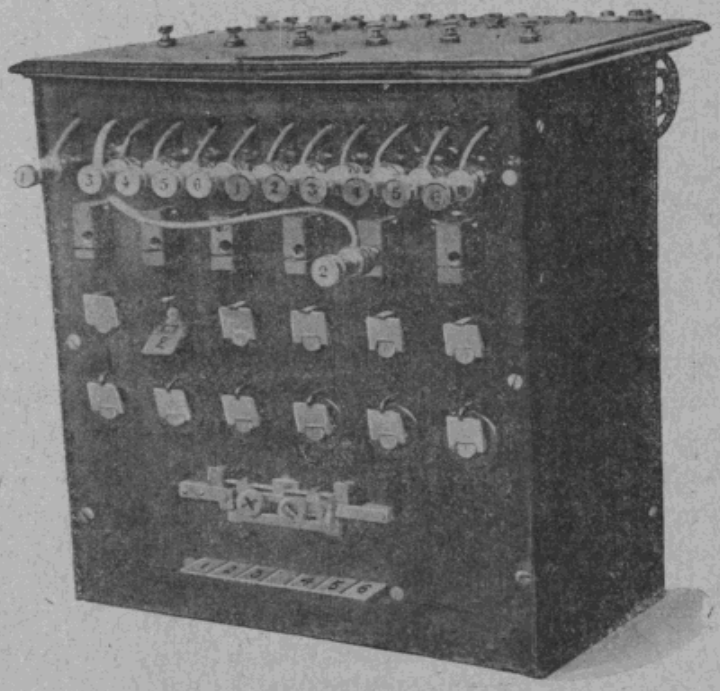


Fig. 697.

interurbaines, soit entre elles, soit à des lignes urbaines unifilaires (fig. 697). Il comprend : à la partie supérieure, deux jeux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de fiches placées dans des trous de repos : le numérotage de 1 à 6, est sur fond blanc pour le groupe de gauche et sur fond bleu pour celui de droite. Au-dessous se trouvent 6 conjoncteurs, puis une rangée de 6 annonciateurs d'appel, une autre rangée de 6 transformateurs à volet ; 2 clés permettant d'appeler soit en positif (bouton bleu), soit en négatif (bouton rouge) : enfin, à la partie inférieure, un petit clavier d'écoute de 7 touches.

Le montage est réalisé suivant le système monocorde (v. p. 583) : les lignes bifilaires sont amenées aux 6 fiches de gauche (blanches), puis aux 6 conjoncteurs ; les unes et les autres sont en tout semblables à ceux du tableau télégraphique de Mandroux (v. p. 358) ; le fil n° 1 de chaque ligne est rattaché au bloc supérieur d'avant, l'annonciateur au bloc inférieur et le fil n° 2 au bloc d'arrière ; l'introduction d'une fiche dans le conjoncteur a pour effet de soulever le goujon et d'isoler l'annonciateur.

Les lignes sont encore dérivées sur le clavier d'écoute, dont six touches portent le numéro d'une ligne, et la septième, placée au milieu, l'indication « repos ». L'abaissement de l'une des premières a pour effet de relier la ligne au poste de l'opératrice ; la touche reste enclanchée par une barre commune à l'ensemble ; l'abaissement d'une seconde touche libère la première ; la touche de repos sert au relèvement des autres, mais elle n'est pas enclanchée et remonte d'elle-même, dès qu'on l'abandonne.

Lorsqu'un appel fait tomber le volet d'un annonciateur, le 2e, par exemple, l'opératrice appuie sur la deuxième touche de son clavier d'écoute et se trouve ainsi en communication avec le poste appelant : si celui-ci demande la ligne, 5, l'opératrice abaisse la touche 5, C (fig. 698), puis elle appuie sur l'une de ses deux clés d'appel, A, positive ou négative, suivant le sens du courant qui agit chez l'abonné demandé : les courants d'appel traversent le poste de l'opératrice, et le bruit qu'ils y produisent avertit celle-ci du bon fonctionnement de la ligne : afin de réduire ce bruit au minimum nécessaire, une dérivation est établie, par le ressort, *d*, dans une résistance, R. Dès que l'abonné demandé a répondu, l'opératrire introduit dans le conjoncteur qui lui correspond la fiche, F, blanche n° 2, de l'abonné demandeur : l'annonciateur d'appel de ce dernier reste ainsi en dérivation pour recevoir le signal de fin de conversation : l'opératrice se retire en appuyant sur la touche de repos du clavier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'abonné interurbain n° 2 demande une ligne urbaine, l'opératrice introduit dans le conjoncteur la fiche, F', bleue n° 2, et relie la ligne à l'un des enroulements du transformateur n° 2, T': l'autre enroulement, dont la sortie est à la terre, aboutit au

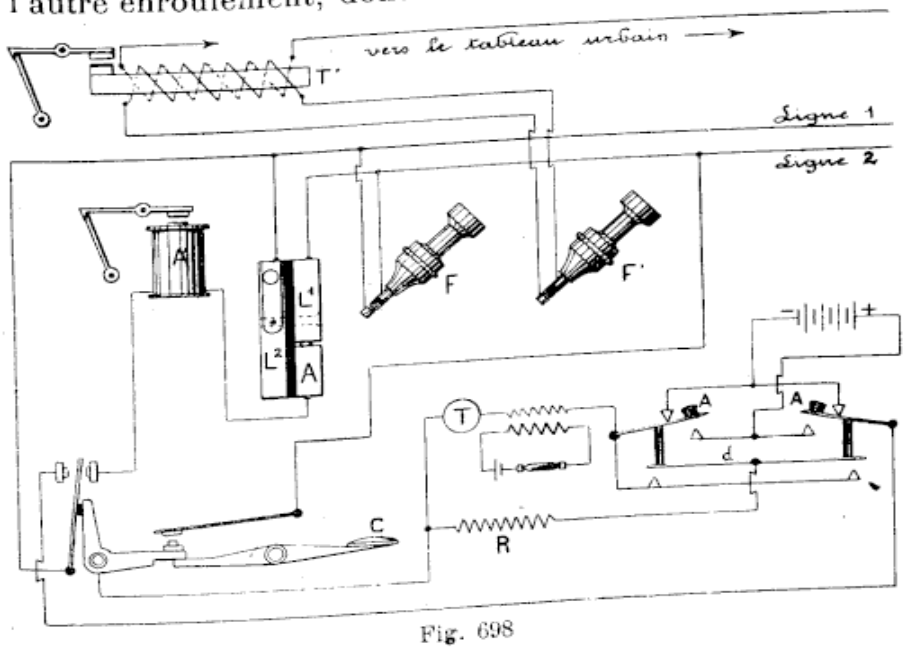


Fig. 698

tableau des lignes urbaines, où la communication demandée est ensuite établie à la façon ordinaire. Le transformateur, ainsi intercalé entre les deux lignes, sert en même temps d'annonciateur de fin de conversation: à cet effet, il est muni d'une armature, sur laquelle les courants téléphoniques sont sans action; mais, dès que l'un des enroulements est parcouru par un courant continu, l'armature est attirée et laisse tomber le volet. Les appels du tableau urbain pour l'interurbain sont reçus de la même façon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUATRIÈME PARTIE

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

XXIX

HISTORIQUE

Première période.

Premières tentatives. — En dehors même de la télégraphie optique ou acoustique et principalement après les découvertes de Faraday sur les effets d'induction, divers savants avaient entrevu la possibilité de correspondre électriquement d'un point à un autre, sans le concours d'un fil conducteur. C'est ainsi que Morse se livra, en 1844, à une expérience dans ce sens; il recueillit par induction, d'un bord à l'autre de la rivière Susquehanna, près de Baltimore, une transmission effectuée dans un circuit fermé; il y avait, là, seulement, une observation curieuse, et il n'apparut pas alors que ce genre de communication, limité à de très courtes distances, pût entrer dans le domaine d'une pratique courante.

L'expérience fut renouvelée à Paris, en 1870, par M. Bourbouze, qui recherchait un moyen de relier la capitale assiégée avec la province, en utilisant le cours de la Seine; puis en 1876, entre les ponts d'Austerlitz et d'Iéna. Elle fut reprise également par le professeur Trowbridge, ensuite par Edison, qui, en 1874, utilisa à distance des influences électro-statiques. Un peu plus tard, en 1882, Preece parvint à franchir la distance qui sépare l'île de Wight de Southampton (1). Enfin, en 1884, Bell entre-

(1) *Annales Télégraphiques*, 1882, p. 458.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prit des essais de communication sans fil entre des navires en mer; il obtint des résultats encourageants en substituant un récepteur téléphonique au galvanomène employé dans les tentatives précédentes : les signaux, émis à l'aide d'une machine dynamo-électrique, donnant des courants à haute tension, furent nettement perçus à une distance de deux kilomètres (1). Mais le problème de la télécommunication sans fil ne put être réellement abordé que lorsqu'on eut établi expérimentalement les conditions de production des oscillations électriques.

Oscillations électriques. — L'étude de la bouteille de Leyde avait conduit Joseph Henry, en 1842, puis Helmholtz, en 1847, à observer que, si l'on réunit par un fil conducteur les deux armatures d'un condensateur, la décharge est constituée, non pas par une étincelle unique, mais par une véritable succession d'étincelles progressivement décroissantes; un peu plus tard, Feddersen, rendit ce phénomène tout à fait tangible en employant, pour l'observer, un miroir tournant, agissant comme celui qui avait servi à Wheatstone dans ses essais de mesure de la vitesse de propagation de l'électricité (v. p. 38); le mouvement du miroir étant extrêmement rapide, les différentes étincelles s'échelonnaient sur un écran et devenaient faciles à distinguer les unes des autres. Sir W. Thomson établit, en 1853, la théorie de ce phénomène.

Tesla, reproduisant les expériences de *décharge oscillante*, utilisa, pour charger le condensateur, les courants alternatifs engendrés dans le secondaire d'une bobine de Ruhmkorff; ce dispositif, devenu classique (fig. 699) comprend donc le dit secondaire, le condensateur et une self-induction. Comme la résistance du secondaire est assez grande, il ne pourrait y avoir d'oscillations dans un tel circuit; aussi Tesla mit-il, en dérivation sur les bornes, deux branches terminées chacune par une petite boule : les deux boules étant placées à proximité l'une de l'autre, on voit jaillir entre elles une étincelle, à chaque période du courant

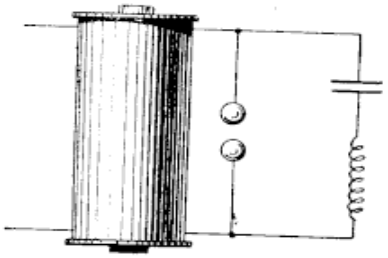


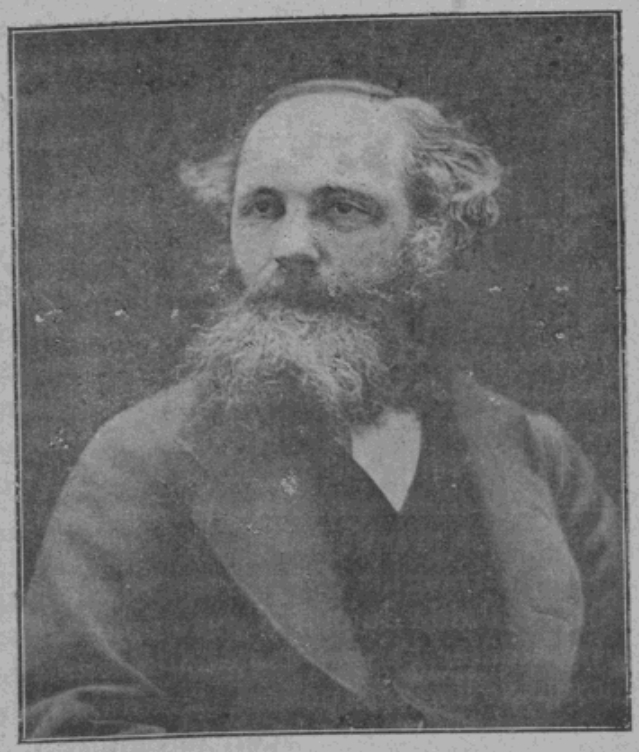
Fig. 699.

(1) *Annales Télégraphiques*, 1884, p. 456.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fourni par le secondaire, et il se produit, dans le circuit dérivé, une série d'oscillations extrêmement rapides.

Ce fut un dispositif analogue qui servit aux mémorables expériences de Hertz, en 1887 : ce savant qui, à ce moment, ne songeait nullement à la télégraphie sans fil, entreprit de vérifier les hypothèses émises, en 1865, par Clerk Maxwell; Fresnel ayant établi que la lumière est le résultat de vibrations extraordinairement rapides, Maxwell avait entrevu une identité complète entre la lumière et l'électricité, et supposait que, seule, la fréquence de leurs vibrations différenciait ces deux manifestations de l'énergie, leur vitesse de propagation, qui dépend exclusivement des propriétés des milieux, restant la même; Maxwell avait établi la théorie électro-magnétique de la lumière et déterminé, par le calcul, la relation entre le pouvoir inducteur spécifique d'un corps et son indice de réfraction (1).



JAMES-CLERK MAXWELL 1831-1879.

Ainsi, chose digne de remarque, dans la science qui nous occupe, la théorie et le calcul ont devancé et guidé les recherches; le hasard, grand promoteur de tant de découvertes, n'est intervenu en rien dans l'éclosion de cette branche nouvelle des connaissances humaines; les expérimentateurs n'ont fait que contrôler et confirmer ce que l'intuition géniale de Maxwell avait exprimé comme une vérité, alors qu'il ne disposait pas des moyens de le prouver.

C'est en 1887 que Hertz réalisa son *excitateur* (fig. 700)

(1) Clerk-Maxwell, *Traité d'électricité et de magnétisme* ; traduction française de Seligmann-Lui, Paris 1887.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grâce auquel il put atteindre des fréquences sensiblement plus élevées que Tesla (1) : sur chacune des bornes du secondaire de la bobine de Ruhmkorff, est branché un conducteur rectiligne, terminé par une assez grosse boule métallique; les étincelles éclatent entre deux sphères très petites, placées en regard l'une de l'autre; les grandes fréquences, ainsi obtenues, tiennent à la très faible capacité du circuit et à sa self-induction presque nulle.

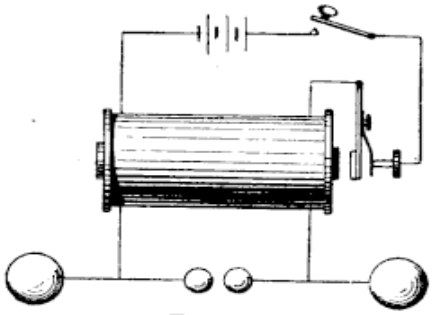


Fig. 700.

Oliver Lodge construisit, plus tard, un excitateur (fig. 701) permettant des oscillations plus rapides encore, et atteignant le chiffre de 50 milliards de vibrations par seconde : cet instrument comporte deux boules, placées respectivement sur les bornes du secondaire de la bobine de Rnhmkorff, et entre lesquelles se trouve une troisième boule, isolée, qui conduit les décharges de l'une à l'autre des premières.

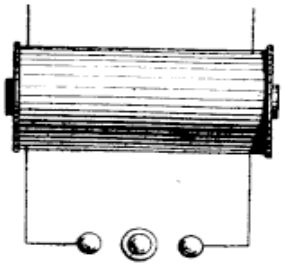


Fig. 701.

Hertz imagina ensuite son *résonateur* (fig. 702), à l'aide duquel il put explorer l'espace et y étudier l'allure des oscillations électriques; l'instrument se compose de deux petites boules métalliques, réunies par un circuit circulaire d'une seule spire, et entre lesquelles jaillissent des étincelles, lorsqu'il est rencontré par des ondes; l'une des boules peut être remplacée par une vis micrométrique. Hertz put ainsi vérifier et confirmer les hypothèses de Maxwell : il contrôla tout d'abord le caractère ondulatoire du phénomène, puis il établit que les ondes électriques sont susceptibles de se réfléchir, de se réfracter et de se polariser, tout comme la lumière et suivant les mêmes lois; que les corps conducteurs se comportent comme des corps opaques à l'électricité, c'est-à-dire absorbent l'énergie sous

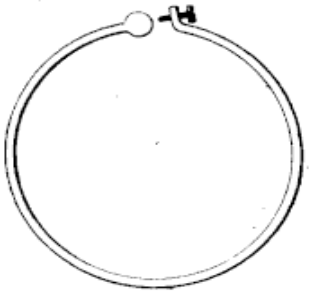


Fig. 702.

(1) L. Fournier, *La Télégraphie sans fil*, p. 12.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forme de chaleur et projettent derrière eux une *ombre électrique*; que les diélectriques, au contraire, sont transparents, car, à quelques exceptions près, ils laissent passer les vibrations élec-triques sans les absorber; enfin, en utilisant le phénomène des interférences, il établit, à une valeur très voisine de celle de la lumière, la vitesse de propagation des ondes électriques dans l'air.

Les expériences de Hertz furent reprises et complétées par différents savants : Sarazin et de la Rive, donnèrent, en 1890 (1), la confirmation expérimentale des propriétés de transparence ou d'opacité électrique des corps; ils indiquèrent la cause des mécomptes éprouvés par Hertz, dans ses essais de mesure de la vitesse de propagation; ils mirent en évidence le phénomène de la *résonance multiple*, c'est-à-dire la présence d'un nombre plus ou moins grand d'harmoniques accompagnant l'oscillation principale. Henri Poincaré donna, en 1894, les formules rela-tives à ce phénomène (2).

M. Blondlot publia, la même année, les résultats de mesures précises, entreprises dès 1891, pour déterminer la vitesse de propagation des oscillations électriques, qu'il fixa à une moyenne de 302.000 kilomètres par seconde (3); il établit celle de l'électricité sur les lignes à un chiffre très voisin du précé-dent : 298.000 kilomètres. Ces valeurs, tout en n'étant pas rigoureusement égales à celle qu'on attribue à la lumière, s'en rapprochent suffisamment pour qu'on puisse imputer aux seules difficultés opératoires leur légère discordance. La théorie de Maxwell peut donc être considérée comme confirmée par l'expérience.

Le résonateur de M. Blondlot (fig. 703) consiste en une sorte de condensateur formé deux plaques parallèles, réunies par un circuit rectangulaire; sur les plaques sont placées, en outre, deux petites bou-les formant micromètre. L'exploration se fait en pla-çant ce résonateur entre deux fils de concentration du champ hertzien.

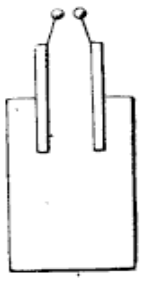


Fig. 703.

D'autre part, M. Turpain s'est livré à une étude très appro-

(1) *Archives de Genève*, t. XXIII, 1890, p. 113.
(2) Henri Poincaré, *Les oscillations électriques*, Paris 1894, p. 105.
(3) *Annales Télégraphiques*, 1892, pp. 1 et 144. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 25 juillet 1892 et 8 octobre 1894.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fondie du champ hertzien, en faisant usage d'un résonateur imaginé par lui, en 1894 (fig. 704); cet instrument est à circuit circulaire, comme celui de Hertz, mais présente, en outre du micromètre, une autre solution de continuité, dans laquelle on peut connecter un récepteur téléphonique : celui-ci permet d'observer, avec une précision parfaite, les nœuds et les ventres, mieux qu'on ne le peut faire par la simple constatation des étincelles (1).

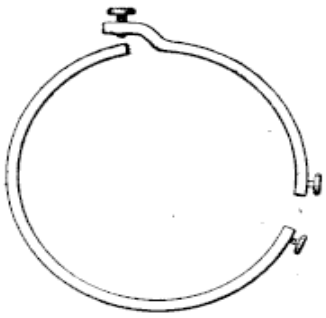


Fig. 704.

Tube de Branly. — La portée assez limitée des résonateurs rendait les observations difficiles, dès qu'on augmentait la distance entre l'excitateur et le champ d'exploration ; on n'aurait jamais pu songer, dans ces conditions, à la télégraphie sans fil, si M. Branly n'avait entrepris la série d'études qui le conduisit, en 1890, à l'invention de son célèbre *tube à limaille*.

Depuis longtemps déjà, les variations de la conductibilité des métaux ou du charbon, à l'état pulvérulent, avaient fait l'objet de quelques observations, mais celles-ci n'avaient pas retenu l'attention des savants : c'est ainsi qu'en 1835, Monk de Rosenschoeld signale que la conductibilité des limailles métalliques, ou de la poudre de charbon, se trouve augmentée après le passage d'une décharge de bouteille de Leyde. En 1852, Loose observe une chute notable de la résistance d'une masse de poudre métallique pendant un orage.

En 1866, Cromwell et Samuel Varley inventent un parafoudre destiné à protéger les appareils télégraphiques, et qui se compose de deux pointes dirigées l'une vers l'autre, et noyées dans de la poudre de charbon; la résistance de celle-ci, très grande lorsqu'une basse tension est appliquée aux pointes, devient faible pour une haute tension.

Enfin, en 1878, Hughes, se livrant à des recherches sur les microphones, utilisait un tube de verre rempli de limailles de zinc et d'argent faiblement comprimées, en série avec un téléphone et un élément de pile; il semble avoir remarqué qu'une étincelle, éclatant à distance, provoquait une variation de la

(1) *Bulletin de la Société des Sciences physiques et naturelles, de Bordeaux*, 4 avril 1895.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résistance du tube : il communiqua, paraît-il, cette observation à quelques amis, mais c'est seulement une vingtaine d'années plus tard, c'est-à-dire postérieurement aux travaux de M. Branly, qu'il la rendit publique (1).

Quoi qu'il en soit, le savant physicien français, pour étudier l'influence de la lumière sur la conductibilité des métaux en couches minces, avait inséré dans un circuit, comprenant une pile et un galvanomètre, une lame de verre platiné, soutenue par un support en ébonite avec prises de contact (2). Après avoir éclairé cette lame de diverses façons et observé les résultats, il fit usage de la lumière d'une étincelle électrique, dont la richesse en rayons violets pouvait, à son sens, donner lieu à des remarques intéressantes. Grande fut sa surprise en constatant une augmentation de conductibilité qui, au lieu d'être fugitive comme l'éclairement lui-même, persistait et présentait des caractères irréguliers. M. Branly fit alors varier à l'infini ses expériences, et acquit la conviction que la lumière n'était pour rien dans le phénomène, et qu'il fallait l'attribuer à un effet particulier de l'étincelle, étranger à la luminosité.



ÉDOUARD BRANLY
Professeur à la Faculté Catholique de Paris.

Examinant de plus près sa lame de verre, il remarqua que le battage de platine avait modifié considérablement les intervalles moléculaires et qu'il avait affaire, non pas à une couche

(1) *The Electrician*, 3 mai 1899. *Revue Générale de l'Électricité*, 22 décembre 1917, p. 971.

(2) Cet instrument a été offert par M. Branly au Musée des Arts et Métiers. Il est décrit plus loin, avec les autres instruments qui ont conduit à la construction du *cohéreur* définitif (v. p. 678).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

continue, mais à la juxtaposition d'une infinité de petits grains métalliques, formant un conducteur plus ou moins discontinu.

Il renouvela l'expérience à l'aide de cuivre porphyrisé, appliqué au brunissoir sur du verre ou de l'ébonite, et obtint, sous l'action de l'étincelle, des variations de résistance infiniment plus considérables. Le radioconducteur était découvert.

M. Branly entreprit alors de faire varier la nature du métal expérimenté, ainsi que les conditions de dimensions, de compression, d'agglutination des particules ; il réalisa dans ce but plusieurs autres instruments, décrits plus loin (v. p. 678) et fut ainsi conduit à la construction du cohéreur devenu classique, qui consiste en un tube, dans lequel est comprimée de la limaille ou de la grenaille métallique ; si l'on insère cet instrument dans un circuit, on constate que, par suite de l'imperfection des contacts, cet ensemble offre au courant une résistance très grande ; par contre, si le tube vient à être rencontré par des oscillations électriques, il se produit un tel changement, dans la cohésion des grains de limaille, que la résistance se trouve considérablement diminuée, et l'on peut obtenir des variations s'étendant de un megohm à cent ohms, par exemple.

Un choc donné au tube, après le passage des ondes, suffit pour lui restituer sa résistance primitive (1). La chaleur est d'ailleurs susceptible de produire le même résultat (2) ; enfin M. Branly constata qu'avec certaines substances, telles qu'un mélange, à parties égales, de poudres fines de sélénium et de tellure, le retour à la résistance initiale se faisait spontanément, sans action extérieure (3).

M. Branly avait proposé de donner à son appareil le nom de *radioconducteur*, mais celui de *cohéreur* a cependant prévalu, et est encore employé aujourd'hui.

M. Branly réalisa encore d'autres sortes de cohéreurs, notamment celui *à un seul contact*, qui consistait en deux tiges cylindriques de cuivre oxydé, superposées en croix, avec une pression suffisante pour échapper aux trépidations ; il obtint ainsi, sous l'action de l'étincelle électrique, des variations de résistance de 80.000 à 7 ohms (4) ; mais c'est seulement en

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 24 novembre 1890, p. 785.
(2) *Bulletin de la Société française de physique*, 1891, p. 140.
(3) *La Lumière Electrique*, 13 juin 1891, p. 506.
(4) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 12 janvier 1891, p. 90.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1901 (1) qu'il construisit son *trépied cohéreur* (v. p. 681) et ses premières expériences furent faites presqu'exclusivement avec le tube à limaille; ces expériences, si elles restaient dans des limites de distances assez restreintes, n'en constituaient pas moins les premiers pas de la *télégraphie sans fil* : à 20 ou 30 mètres, à travers portes et cloisons, à 100 mètres et plus au dehors, il provoquait des déviations d'aiguilles aimantées, ressuscitant ainsi, dans des conditions nouvelles, les premiers systèmes de télégraphie électrique avec fil.

L'emploi de galvanomètres, comme récepteurs, offrait cet avantage qu'il permettait d'obtenir, par substitution, la mesure de la variation de résistance du cohéreur; mais il opéra également avec l'électro-aimant et, d'une façon plus générale, provoqua à distance tous les effets qu'on peut produire par la fermeture d'un circuit électrique. On peut donc dire, sans crainte de contradiction, que M. Branly fut le véritable précurseur de la télégraphie sans fil.

Expériences préliminaires. — Lodge réalisa, en 1893, un dispositif, utilisant le cohéreur de M. Branly pour actionner un récepteur télégraphique, sous l'action des ondes électriques : il constitua un circuit comprenant une pile, un relais et un cohéreur; le relais était réglé de telle sorte que le faible courant qui le traversait, tant que le tube avait sa résistance maxima, était insuffisant pour l'amener sur travail; mais, dès qu'une onde venait diminuer cette résistance, l'armature était déplacée et actionnait un enregistreur; en même temps, un courant était envoyé dans un électro-aimant, dit *frappeur*, dont l'armature, munie d'un petit marteau, venait donner un choc sur le tube, et restituer à la limaille sa résistance initiale.

Le professeur Popoff entreprit, en 1895, des expériences en vue de déterminer le caractère oscillatoire des décharges atmosphériques; son installation comprenait un cohéreur, dont l'une des extrémités était reliée à la terre et l'autre à la tige d'un paratonnerre; lorsqu'une onde venait frapper l'*antenne*, constituée par cette dernière, le circuit local était fermé, comme dans le dispositif de Lodge et actionnait un récepteur (2).

L'année suivante (1896), Marconi, s'inspirant de ces disposi-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 10 février 1902, p. 347.
(2) *Annales Télégraphiques*, 1898, p.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tifs, monta un poste transmetteur, comprenant un oscillateur relié à une antenne verticale, et le mit en relation avec un poste de réception, agencé comme le précédent et situé à plusieurs kilomètres ; il parvint à recevoir nettement, dans le second, les signaux émis au poste transmetteur.

Quelques mois plus tard, des essais eurent lieu à la Spezzia, où des navires de guerre italiens purent communiquer avec la côte, à une distance d'une quinzaine de kilomètres, puis, en 1898, entre Bournemouth et l'Ile de Wight. La même année, E. Ducretet établissait, à Paris, une communication entre la Tour Eiffel et le Panthéon, puis entre le fort de Bicêtre et la rue Claude Bernard.



GUGLIELMO MARCONI

L'expérience décisive eut lieu, en avril 1899, entre Wimereux et Douvres (46 kilomètres), avec une vitesse de transmission d'environ 40 lettres à la minute ; Marconi, avec une loyauté qui lui fait honneur, tint à ce que le premier télégramme, transmis à travers les mers, fût adressé à M. Branly ; il voulut ainsi rendre hommage au savant français qui avait ouvert la voie.

Deuxième période.

Antennes. — L'étude des antennes fut aussitôt entreprise de tous côtés ; on s'attacha, tout d'abord, à déterminer les conditions dans lesquelles elles transmettent à l'éther les vibrations dont elles sont le siège. On trouva, notamment, que, si l'on suppose l'éclateur constitué par deux boules, reliées respective-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment aux deux bornes du secondaire de la bobine de Ruhmkorff, et qu'on rattache l'une à la terre et l'autre à l'antenne (fig. 705) l'intensité du courant est maxima à l'éclateur et nulle au sommet de l'antenne; par contre, la tension est nulle à l'éclatenr et maxima au sommet; en d'autres termes, le courant présente un *ventre* à la partie inférieure de l'antenne et un *nœud* à la partie supérieure. M. le général Ferrié a indiqué une méthode, qui permet de vérifier ce point et de déterminer que l'antenne vibre *en quart d'onde* : on place, en dérivation sur celle-ci, un fil horizontal parfaitement isolé, et l'on observe, à l'aide d'un ampèremètre thermique, l'intensité du courant à l'extrêmité de ce fil : on trouve un maximum lorsqu'il a une longueur égale à celle de l'antenne, un minimum lorsque cette longueur devient double, un nouveau maximum pour la dimension triple, et ainsi de suite.

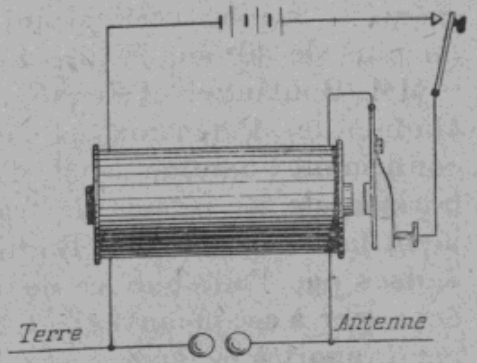


Fig. 705.


GÉNÉRAL GUSTAVE-AUGUSTE FERRIÉ
Inspecteur général des services de la Radiotélégraphie Militaire (en tenue de Colonel)

Le lieutenant de vaisseau Tissot a observé, dès 1899, que la position verticale des antennes n'est pas indispensable, mais qu'il est cependant avantageux qu'elles se trouvent dans un plan perpendiculaire à celui dans lequel doit se faire la propagation; un peu plus tard, il a établi que, si l'inclinaison de l'antenne sur la ver-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ticale ne dépasse pas 40°, la portée des ondes ne se trouve pas sensiblement influencée par l'obliquité; et enfin qu'il en est de même si le plan vertical qui contient l'antenne n'est pas dévié de plus de 40° sur la direction qu'on désire en particulier.

MM. Boulanger et Ferrié, dans un ouvrage publié en 1902 (1) étudient les dimensions et la position à donner aux antennes; confirmant l'opinion de M. Tissot, ils indiquent que la position horizontale ne permet de franchir que des distances relativement faibles, ce que M. Righi attribue à l'interférence des ondes émises par l'antenne et de celles réfléchies par le sol. Pour échapper à cet inconvénient, il faudrait que l'antenne fût placée, par rapport à la terre, à une distance égale au quart de la longueur d'onde. La distance franchissable dépend, toutes choses égales d'ailleurs, de la hauteur de l'antenne, c'est-à-dire de sa projection verticale; elle est sensiblement proportionnelle au carré de celle-ci. Le diamètre de l'antenne n'a que peu d'importance, aussi longtemps qu'il ne dépasse pas quelques centimètres; mais, avec des tuyaux atteignant de 1 mètre ou 1 m. 50, la portée se trouve considérablement augmentée. L'emploi d'antennes à fils multiples, très étalés, augmente également l'efficacité; il semble que la disposition de ces fils soit secondaire, le seul point important étant qu'ils embrassent un espace aussi grand que possible.

MM. Tissot et Ferrié trouvèrent, en 1902, qu'il y a avantage à relier l'antenne de transmission au pôle négatif de la bobine d'induction et le pôle positif à la terre; bien que l'étincelle soit, dans ce cas, plus courte qu'avec le montage inverse, elle est plus franchement oscillante. D'autre part, M. Tissot a observé que le fil de terre doit être aussi peu résistant que possible, et n'avoir qu'une self-induction négligeable.

Les antennes sont généralement constituées par un certain nombre de fils métalliques, réunis électriquement entre eux. Parmi les principaux dispositifs, on peut citer (2) :

Celui « en pyramide renversée », installé par M. Marconi, en 1901, entre Poldhu (Cornouailles) et le Cap Cod (Massachussetts); la base est représentée par les sommets de quatre pylônes, réunis par des câbles, servant de point d'appui à quatre

(1) Boulanger et Ferrié, *La Télégraphie sans fil et les ondes électriques*, p. 80.
(2) Ministère de la Guerre : Génie. *Notice sur le matériel de télégraphie sans fil*, 3 mars 1909, p. 58.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nappes de fils de bronze, formant les quatre faces latérales de la pyramide; les fils sont réunis en un toron unique, rattaché aux appareils.

Celui de M. Blondel, constitué, comme le précédent, par la réunion de quatre pylônes et de quatre câbles, mais dans lequel les nappes de fils convergent horizontalement et se réunissent, comme dans le précédent, en un toron situé au point d'intersection des deux diagonales.

Celui dit « en parapluie », réalisé, en 1905, par MM. Ferrié et Brenot : un support unique, auquel sont rattachés les fils conducteurs, qui s'épanouissent en un cône.

Celui de la Tour Eiffel, installé, en 1908, par M. le général Ferrié (alors capitaine); l'antenne est formée de six câbles de 5 millimètres de diamètre, fixés au sommet de la tour et descendant obliquement vers le poste souterrain, dissimulé au milieu des jardins du Champ de Mars. Par les vents violents, chacun des haubans, qui maintiennent les câbles à leur partie inférieure, supporte un effort de 1.000 kilogrammes : la portée normale du poste, ainsi pourvu, est de 5.000 kilomètres.

Celui dit « en rideau », est installé, en 1908, aux Saintes-Maries-de-la-Mer (Bouches-du-Rhône) et à Fort-de-l'Eau (Alger), puis ensuite à Ouessant (Finistère).

Les ballons ou cerfs-volants, à l'aide desquels les armées en campagne réalisent des installation rapides; etc., etc.

Propagation des ondes. — Hertz avait admis que les lignes de force électrique et magnétique, émises par un oscillateur, devaient se trouver réparties sur une sphère ayant pour centre le milieu de l'intervalle compris entre les boules de l'éclateur, et pour axe polaire la droite qui joint celles-ci; les lignes de force électrique seraient dirigées suivant les méridiens et celles de force magnétique suivant les parallèles.

M. Blondel, appliquant cette théorie aux dispositifs usités en télégraphie sans fil, a donné, en 1901, l'explication suivante de la propagation des ondes : la force électrique, résultant des oscillations, se trouve perpendiculaire à l'antenne, et il en résulte un ébranlement de l'éther donnant lieu à des ondes, qui prennent la forme sphérique; l'antenne représente ainsi, par sa liaison avec la terre, une sorte d'excitateur de Hertz; elle forme le rayon vertical de la sphère, dont le centre se trouve sensi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blement au niveau dn sol; celui-ci, par sa conductibilité, absorbe, sous forme de chaleur, l'énergie développée dans l'hémisphère inférieur, tandis que l'hémisphère supérieur se propage dans l'espace (1).

Devaux-Charbonnel explique ainsi les phénomènes qui accompagnent cette propagation : « Dans le voisinage de la terre, la force électrique est perpendiculaire au sol, la force magnétique lui est parallèle, et toutes deux se trouvent dans un plan vertical normal à la droite qui les joint à l'oscillateur. Les ondes, qui se propagent ainsi, ne peuvent induire aucun courant dans la terre, sauf le cas où sa surface forme un angle avec leur plan équatorial. Quand elles rencontrent un obstacle, la force électrique, n'étant plus normale au sol, donne une composante parallèle, qui disparaît sous forme de courant, et une composante normale, qui continue la propagation, mais se trouve affaiblie. La force magnétique est réduite de la même façon (2) ».

Syntonie. — Les premiers essais pratiques de télégraphie sans fil mirent en lumière la déperdition d'énergie, qui résulte de l'inégalité des périodes propres de vibration des antennes transmettrice et réceptrice : on reconnut que l'effet est maximum lorsque l'antenne d'arrivée est « accordée » avec celle de départ, et, qu'en outre, cet effet est d'autant plus avantageux que les vibrations de chaque train d'ondes sont moins amorties. D'autre part, la *syntonisation* devait assurer l'indépendance des transmissions voisines et, dans une certaine mesure, le secret de chacune d'elles.

Dès 1897, Lodge et Muirhead indiquèrent, comme moyen de syntonisation, l'identité aussi complète que possible des circuits de transmission et de réception, mais les résultats ne furent pas heureux, car l'arrangement ne remédiait pas à l'amortissement des ondes.

En 1898, E. Ducretet préconisa, après expérience, l'emploi de dispositifs d'accord par bobines de self et par résonateur Oudin à haute fréquence, tous deux à réglage, ajoutés au circuit antenne-terre (3); ces dispositifs sont encore, à l'heure actuelle, universellement employés.

(1) Boulanger et Ferrié, *La Télégraphie sans fil et les ondes électriques*, Paris 1907, p. 90.
(2) Devaux-Charbonnel, *Etat actuel de la science électrique*, Paris 1908, p. 420.
(3) *Bull. de la Soc. d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, 8 juillet 1898, p. 1.632.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La même année, Marconi tenta d'améliorer le système de Lodge et Muirhead, en intercalant, sur l'antenne de réception, le primaire d'un transformateur, qu'il dénomma *Jigger*, et dont le secondaire faisait partie du circuit du cohéreur. Ce dispositif fut installé entre Wimereux et Douvres, en 1899, puis entre la France et la Corse, en 1901, mais, bien que les résultats obtenus fussent encourageants, il ne permit pas d'assurer, dans de bonnes conditions, deux communications simultanées.

On doit mentionner encore les dispositifs de Braun (1898-1900), ceux d'Ascoli, Stone, etc.



ANDRÉ BLONDEL
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées
Membre de l'Institut

Dans un ordre d'idées différent, M. Blondel avait, dès l'année 1898, proposé l'emploi d'alternateurs de fréquence musicale, atteignant 1.000 périodes par seconde, par exemple, et permettant d'augmenter, tout à la fois, la tension et le nombre d'émissions, c'est-à-dire la puissance des signaux produits. En résumé, la méthode de M. Blondel permet de réaliser ce que son auteur appelle une *syntonie acoustique*; elle consiste à régler le nombre des trains d'ondes de l'antenne d'émission à une fréquence perceptible au téléphone, sous la forme musicale; à la réception, on accorde, sur cette fréquence, les vibrations d'un téléphone sélectif; on peut faire usage, pour cet objet, du monotéléphone de Mercadier (v. p. 227). On reçoit ainsi la transmission du poste avec lequel on doit correspondre, à l'exclusion de toute autre.

M. Blondel a également imaginé, en 1908, un monotéléphone à note réglable, fondé sur le principe des tiges vibrant transver-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

salement : une bande plate de fer, de longueur fixe, subit un raccourcissement effectif, par le déplacement d'une pince d'encastrement, réglable à la main.

D'autre part, M. Tissot a obtenu de bons résultats avec son détecteur thermique, construit, en 1907, d'après le système dit *bolomètre ;* il consiste essentiellement en un fil métallique très fin, dont la résistance varie avec la température, et qui s'échauffe sous l'action des ondes. M. Tissot est parvenu à régler cet appareil de manière à ne le rendre sensible qu'à des ondes d'une longueur déterminée ou, tout au moins, très voisine de cette longueur.

Ces dispositifs ont permis de recevoir, avec une seule antenne, dans des appareils distincts, plusieurs transmissions simultanées, bien que leurs périodes ne fussent différentes que d'une valeur très minime.

Parmi les éclateurs à étincelles musicales, on doit citer celui de M. le général Ferrié (1907) : un cylindre, monté sur un axe, tourne d'un mouvement continu; une série de goupilles, implantées dans le cylindre suivant une hélice, se présentent successivement à deux plaques, reliées à la source électrique, à travers le dispositif oscillant : une étincelle jaillit chaque fois qu'une goupille se présente normalement aux plaques, le nombre des étincelles par seconde dépend donc du nombre de goupilles et de la vitesse de rotation du cylindre.

M. Petit a mis en service, aux Saintes-Maries-de-la-Mer, un dispositif analogue, dans lequel les pointes sont disposées sur deux hélices parallèles, et imbriquées de telle sorte que, lorsqu'une étincelle jaillit, par exemple, d'une pointe de la première hélice, la précédente et la suivante proviennent de la seconde hélice : on réduit ainsi au minimum l'élévation de température.

On a cherché à atteindre le même résultat par des moyens différents : c'est ainsi qu'en 1902, M. de Valbreuze essaya d'utiliser, pour produire des ondes entretenues, la lampe à mercure de Cooper Hewitt, intercalée dans le circuit de l'oscillateur; le secondaire de la bobine était agencé de telle sorte que la manœuvre du manipulateur n'interrompait pas l'arc.

Dans le même but, M. Poulsen, en 1905, a employé les oscillations par l'arc musical imaginé, en 1900, par M. Duddell, et a réussi à augmenter considérablement le nombre des périodes qui, dans les conditions ordinaires, ne dépasse guère 20 ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

30.000 par seconde; à cet effet, un circuit oscillant, agissant sur l'antenne, est placé en dérivation sur les électrodes de l'arc; celles-ci sont constituées, l'une par un cylindre creux, en cuivre, qu'une circulation d'eau froide empêche constamment de s'échauffer, l'autre par un cylindre de charbon; les deux électrodes sont enfermées dans un tube de marbre, rempli d'hydrogène ou de tout autre gaz hydrogéné, conducteur de la chaleur; enfin le tube est placé dans un puissant champ magnétique, qui tend à souffler l'arc : il en résulte une succession d'extinctions et d'allumages, facilités par le refroidissement, et qui donnent lieu à des oscillations entretenues d'une fréquence suffisamment grande pour le but qu'on se propose.

M. Blondel se livra, en 1907 et 1908, à une étude théorique et pratique sur les arcs chantants à basse tension, puis, avec la collaboration de M. le capitaine Brenot, sur les arcs à haute tension. Cette étude a montré l'utilité du condensateur pour obtenir, sans soufflage ni autre artifice, les étincelles actives; elle a permis de calculer, d'une manière suffisamment approchée, la fréquence propre et l'amortissement du régime oscillatoire; il en ressort, en outre, « qu'il y a deux cas très différents, suivant qu'on emploie un transformateur industriel à réglage serré ou, au contraire, un transformateur à accouplement lâche, et que toutes solutions intermédiaires sont possibles ».

Ondes dirigées. — La question de l'indépendance des transmissions devait nécessairement conduire à rechercher les moyens propres à diriger les ondes, c'est-à-dire à échapper au rayonnement dans toutes les directions, d'où résulte une énorme déperdition de l'énergie mise en jeu. Hertz avait tenté de résoudre ce problème en plaçant, aux deux postes correspondants, des miroirs paraboliques, dont le foyer était occupé respectivement par un oscillateur et un résonateur; mais les calculs faits, notamment par Henri Poincaré, démontrèrent que, pour être efficaces, les miroirs auraient dû avoir une ouverture égale à deux fois la longueur des ondes émises, M. Blockmann tenta de réfracter les rayons électriques à l'aide de lentilles de résine, mais il en résultait une absorption trop considérable de l'énergie.

M. Blondel proposa, en 1902, le dispositif suivant : on place, à une distance égale à une demi-longueur d'onde, deux antennes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

verticales, ayant une hauteur égale à un quart d'onde, et on les excite synchroniquement, à l'aide d'un circuit unique; on les réunit par un conducteur horizontal, dans lequel on intercale des impédances, calculées de telle sorte que les deux antennes se trouvent être le siège d'oscillations de phases opposées; les ondes se neutralisent dans la direction perpendiculaire aux antennes et s'ajoutent dans leur plan : il suffit donc de placer ce dernier dans la direction convenable.

Le système à double cadre, de MM. Bellini et Tosi, comprend un pylône, placé au centre d'un carré et supportant quatre antennes, qui forment les arêtes d'une pyramide; ces antennes se trouvent ainsi placées dans deux plans perpendiculaires; chacun des groupes, lorsqu'il est excité, émet une radiation, qui est maxima dans son plan et nulle dans le plan perpendiculaire; les deux groupes étant excités simultanément, il s'établit une résultante dans le plan intermédiaire qui, si les actions sont égales, se trouve symétrique aux deux autres. En faisant varier convenablement ces actions, on arrive à placer le plan dans la direction qu'on désire.

Montage des antennes. — Parmi les nombreux dispositifs, préconisés pour relier les antennes aux appareils, il convient d'indiquer le montage à *excitation indirecte*, réalisé, dès 1898, par E. Ducretet. On doit également mentionner les montages, ayant pour objet de soustraire les postes aux influences atmosphériques et autres. MM. Boulanger et Ferrié se sont livrés à des observations méthodiques de ces phénomènes, et les ont classés en trois catégories :

1° Les décharges oscillantes causées par les coups de foudre, et dont les expérimentateurs ont pu observer les effets à plus de 400 kilomètres;

2° Les variations de potentiel de la prise de terre de l'antenne, variations parfois assez lentes, mais parfois aussi extrêmement brusques, notamment lorsqu'elles se produisent au passage de nuages électrisés;

3° Celles qu'on croit pouvoir attribuer aux changements de température, et qui semblent acquérir leur maximum d'intensité pendant la partie la plus chaude de la journée (1).

(1) Boulanger et Ferrié, *La Télégraphie sans fil et les ondes électriques*, Paris 1902, p. 86.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les dispositifs les plus intéressants, on peut citer celui de MM. Voisenat et Tissot, dans lequel l'antenne est mise à la terre à travers une self-induction de valeur déterminée. M. Magne, dont les études faites au Congo, en 1902, ont abouti aux mêmes conclusions que celles indiquées ci-dessus, ajoute à ce dispositif un condensateur réglable. Enfin, MM. Monnier, Jehenne et Martin font usage, avec des arrangements différents, de deux antennes de hauteurs inégales, agissant en sens inverse sur le récepteur : les oscillations parasites, reçues par les deux antennes, s'annulent réciproquement, tandis que les signaux de transmission sont enregistrés par l'antenne la plus haute.

On ne saurait songer à décrire ici tous les schémas, successivement proposés pour l'accouplement des antennes; il faut se borner à mentionner les travaux produits, à cet égard, par Lodge et Muirhead, Fessenden, Fleming, de Forest, Stone, Blondel, Ducretet, Ferrié, Rochefort, Tissot, etc., etc.

ORGANES DE TRANSMISSION

Bobine de Ruhmkorff. — La construction des bobines elles-mêmes n'a subi que peu de modifications : les dimensions ordinaires ont été augmentées, et, avec elles, la longueur des étincelles; c'est ainsi qu'en 1898, Ducretet construisit une bobine donnant 80 centimètres d'étincelle; elle est formée de secteurs séparés par des cloisons en verre, et le tout est noyé dans un isolant pâteux spécial; d'autres constructeurs employèrent des isolants solides, paraffine, cire, résine, comme, par exemple, Radiguet, dont la bobine, établie en cette même année 1898, et donnant une étincelle de longueur sensiblement égale, est enfermée dans une cuve à parois de verre, remplie de paraffine. Divers autres types furent construits, à la même époque, parmi lesquels les bobines de Gaiffe et de Carpentier, celle de Klingelfuss, à circuit magnétique fermé, et celle de Rochefort, que son auteur dénomme *transformateur unipolaire*, comportant un primaire à grande self-induction et un secondaire en fil très gros et de peu de longueur.

On trouve, par contre, une grande diversité d'interrupteurs, qu'on peut classer en trois catégories : les interrupteurs « secs », dérivés du dispositif classique à marteau, les interrupteurs à liquide et les interrupteurs électrolytiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le premier groupe se place l'interrupteur de Mac Farlane More (1896), qui consiste en une lame vibrante, placée dans une ampoule vide d'air; les vibrations sont entretenues par un électro-aimant et, les ruptures se faisant dans le vide, les étincelles se trouvent très réduites. Dans l'interrupteur de Radiguet (1898), l'armature d'un électro-aimant porte un ressort, sur lequel est fixée la tige interruptrice qui, à l'état de repos s'appuie sur un bloc de cuivre; la rupture a lieu lorsque l'armature est déjà en mouvement, ce qui assure un arrachement brusque. Le *rupteur atonique de Carpentier* (1899) est constitué par une lame élastique très légère, qui reçoit le choc de l'armature, lorsque cette dernière est attirée par le noyau : l'interruption a donc lieu brusquement; en outre, cet interrupteur n'ayant pas de fréquence propre, le réglage en est particulièrement facile (v. p. 687).

L'interrupteur de Villard (1898) qui diffère peu de l'interrupteur classique de Foucault (1), consiste en une tige vibrante, terminée par un fil de nickel plongeant dans du mercure; un électro-aimant entretient les vibrations de la tige, qui peut donner de 20 à 25 interruptions par seconde; on fait d'ailleurs varier le régime vibratoire à l'aide d'une masse amovible, placée sur la tige (v. p. 688); un second modèle, dans lequel la tige est remplacée par un diapason, peut donner jusqu'à 45 interruptions par seconde.

On emploie aussi des interrupteurs rotatifs, dans lesquels un petit moteur imprime un mouvement alternatif vertical à une tige métallique, et l'amène périodiquement à plonger dans du mercure; Ducretet et Lejeune réalisèrent, en 1897, un interrupteur de ce genre, en guidant le mouvement de la tige de telle sorte que les projections de mercure sont à peu près complètement évitées. Peu après, Gaiffe, cherchant à réaliser des fréquences plus élevées, plaça une tige semblable à chaque bout de l'arbre du moteur et atteignit ainsi 100 interruptions par seconde. L'interrupteur de Turpain comporte trois tiges et trois godets à mercure, formant, en réalité, trois interrupteurs reliés en série sur le primaire de la bobine; les tiges sortant du mercure en concordance rigoureuse, l'arc qui s'établirait se trouve scindé en trois arcs contemporains, présentant chacun

(1) Ganot, *Traité de physique*, Paris 1887, p. 1.302.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une longueur moindre que celle d'un arc unique; la durée de l'interruption est également diminuée.

Parmi les autres systèmes d'interrupteurs rotatifs, on peut citer ceux de MM. Wydts et Rochefort (1898), Lacroix, Bergonié (1900), etc.

On pourrait mentionner encore les interrupteurs à jet de mercure de Webster (1897), Gaiffe (1898), Max Lévy (1900), l'interrupteur à électrolyte de Wehnelt (1899), perfectionné par Carpentier, ceux de Simon, Caldwell (1899), etc.

Alternateurs et transformateurs. — Le nombre des interruptions par seconde, qu on peut obtenir avec la bobine de Ruhmkorff, est limité par sa construction même, et sa constante de temps ne permet pas de réduire suffisamment la durée du courant primaire avant chaque interruption. M. Blondel, qui s'était livré à l'étude des résonances primaires, proposa, en 1896, d'alimenter les oscillateurs à l'aide de transformateurs, recevant le courant primaire d'alternateurs. Dans les essais exécutés, en 1900, au Dépôt des Phares, on fit usage d'un transformateur à haute tension, donnant 25.000 volts au secondaire, travaillant sur un condensateur et sur un grand solenoïde d'Arsonval; le primaire du transformateur recevait le courant d'un alternateur à forte self-induction, avec addition d'une bobine extérieure de réglage, et fonctionnait dans des conditions voisines de la résonance. En 1902, M. le commandant Ferrié (aujourd'hui général) entreprit une expérience plus en grand de ce dispositif, au Phare des Baleines, puis au poste de la Tour Eiffel. L'emploi de cette méthode s'est généralisé, et l'on a surtout employé les transformateurs d'Arsonval et Oudin (1898).

On construisit également des alternateurs à haute fréquence : le premier en date semble être celui de Tesla (1893), qui donnait un courant de plusieurs ampères à une fréquence pouvant varier entre 10.000 et 30.000 périodes par seconde. En 1903, Duddell réalisa un alternateur produisant, environ, un dixième d'ampère à la fréquence 120.000. Dans l'alternateur d'Alexanderson (1), la seule partie tournante est un disque denté, ce qui a permis d'atteindre la fréquence 200.000; enfin, celui de Goldschmidt (1911) est basé sur le principe de la *multiplication*

(1) G. Viard, *Cours de Télégraphie sans fil*, Paris 1918, p. 129.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des fréquences (1) : la machine est construite pour donner un courant à la fréquence fondamentale de 15.000 périodes; ce courant produit un champ magnétique tournant de vitesse double de celle du rotor : le courant de fréquence 30.000, ainsi induit dans le stator, réagit sur le rotor, et donne une fréquence de 45.000, et ainsi de suite.

Pour clore cette énumération, on doit mentionner encore l'alternateur à fréquence musicale de M. Béthenod, et le transformateur multiplicateur de fréquence de M. Maurice Joly.

Eclateurs. — La forme et la disposition des éclateurs varient à l'infini : celui de Marconi (1907) se compose de deux disques tournant à grande vitesse, entre lesquels est placé, dans un plan perpendiculaire, un troisième disque, également animé d'un mouvement de rotation et relié au circuit oscillant agissant sur l'antenne : les décharges se produisent entre les disques extérieurs et celui du milieu.

Divers autres éclateurs sont à signaler : l'éclateur Lepel (1909), dans lequel l'étincelle jaillit entre des plaques métalliques parallèles, refroidies par une circulation d'eau; l'éclateur à étincelles multiples, de M. Petit (1910), composé de barreaux cylindriques en cuivre, placés parallèlement; l'éclateur Peukert, qui consiste en deux disques parallèles, tournant en sens inverse dans un bain d'huile; celui de M. Blondel, qui comporte quatre boules et offre l'avantage de fractionner l'étincelle.

Les Ministères français de la Guerre et de la Marine emploient un éclateur, dû à M. le général Ferrié, formé de deux gros cylindres de zinc, placés parallèlement, et dont on peut, à volonté, régler l'écartement; l'étincelle jaillit par la génératrice située dans le plan horizontal. Si le parallélisme est parfait, le point d'où elle part varie à chaque instant; on peut, en outre, faire tourner les cylindres sur leurs supports, pour substituer une génératrice à une autre (2).

L'Administration des Postes et Télégraphes fait usage d'un éclateur constitué par deux plateaux horizontaux, aux bords arrondis et à écartement réglable; ces plateaux sont percés de trous, qui favorisent le refroidissement. Là encore, le point d'écla-

(1) G. VIARD, *Cours de Télégraphie sans fil*. Paris 1918, 132.
(2) Ministère de la Guerre, *Notice sur le matériel de télégraphie sans fil*, 3 mars 1909, p. 144.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tement change à tout instant, si les deux plateaux sont bien parallèles.

Divers autres modèles d'éclateurs ont été indiqués au paragraphe « Syntonie » et sont dûs à MM. de Valbreuze, Poulsen, Ferrié, Petit, etc. (v. p. 664).

Condensateurs. — Les boules de l'oscillateur de Hertz ont été remplacées par la bouteille de Leyde ou par divers systèmes de condensateurs. On rechercha d'abord, pour les constituer, des isolants avec lesquels l'hystérésis diélectrique soit aussi faible que possible; divers savants, notamment Fleming, ont proposé l'air, comprimé à quelques atmosphères, qui convient pour les condensateurs soumis à de forts courants de haute fréquence; d'autres ont préconisé l'huile de résine; Marconi, en 1908, construisit des condensateurs formés simplement de plaques métalliques, espacées de quelques centimètres et suspendues dans l'air, à la seule pression atmosphérique. Toutefois, des considérations de prix de revient et surtout d'encombrement entrèrent en ligne de compte, et l'on en revint bientôt au verre, qui est maintenant à peu près exclusivement employé.

Parmi les premiers modèles qui ont été successivement en usage, on peut citer celui de M. Gaiffe, qui donne une grande capacité sous un volume relativement faible : il est formé de lames de verre, séparées par de minces feuilles d'étain, assemblées en deux groupes, comme dans les condensateurs ordinaires; le tout est plongé dans un liquide isolant, pétrole ou huile de vaseline.

On emploie aussi le tube Moscicki, en verre, d'une longueur de 60 centimètres à 1 m. 50, dont les deux faces sont argentées et recouvertes d'un dépôt de cuivre électrolytique; la connexion intérieure est prise au moyen d'une fourche en cuivre, passant dans un bouchon en porcelaine; l'armature extérieure est protégée par un tube de cuivre; le tube de verre est rempli d'eau glycérinée (1).

Manipulateurs. — Afin d'éviter, au point de rupture, les étincelles résultant de la grande intensité, les manipulateurs

(1) Boulanger et Ferrié, *La Télégraphie sans fil et les ondes électriques*, Paris 1907, p. 188.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Morse ont subi de nombreuses modifications ou adaptations. Marconi avait placé, à cet effet, un condensateur dans le socle; M. Rochefort disposa le condensateur en dérivation, à la fois, sur l'enclume de pile et sur le primaire de la bobine; M. le général Ferrié a construit un manipulateur, dans lequel la prise de pile a lieu dans un récipient rempli de pétrole (1). E. Ducretet employa un manipulateur à levier vertical qui, lorsqu'on l'abaisse, ferme également le circuit dans un récipient rempli de pétrole ou d'huile de vaseline.

Lorsque la transmission a lieu à l'aide de courants alternatifs, on fixe, sur la face inférieure du levier manipulateur, une armature en fer doux, qui, à l'état de repos, se trouve, vis-à-vis du noyau d'un électro-aimant, intercalé dans le circuit que ferme le manipulateur; celui-ci, quand on l'abaisse, reste maintenu et ne peut se relever que lorsque l'intensité est nulle, c'est-à-dire à chaque demi-période. Plus simplement encore, on fait usage d'un manipulateur ordinaire commandant un relais (v. p. 689).

ORGANES DE RÉCEPTION

Cohéreurs. — Le cohéreur type est celui de M. Branly, dont le principe a été indiqué plus haut (v. p. 654); il a subi, par la suite, une foule de modifications, ayant pour but de lui donner la durée, la sensibilité, etc.; en particulier, on s'est efforcé de soustraire la limaille à l'oxydation, en assurant une dessiccation convenable de l'air enfermé dans le tube, ou bien en y faisant le vide, ou encore en le remplissant d'un gaz inerte.

On employa aussi des substances, telles que le charbon ou certains oxydes métalliques, qui reprennent d'elles-mêmes leur résistance maxima dès que disparaissent les ondes : on les nomme *cohéreurs auto-décohérents*; d'autres corps comme, par exemple, des feuilles minces d'or ou d'argent, collées sur des lames de verre, jouissent de cette propriété inverse d'augmenter considérablement de résistance sous l'action des ondes électriques : on les appelle *anticohéreurs*; on admet qu'ils sont recouverts d'une couche d'électrolyte et que les gaz, résultant du passage du courant, forment sur leur surface une sorte de polarisation. Si la résistance revient d'elle-même à sa valeur

(1) Boulanger et Ferrié. *La Télégraphie sans fil et les ondes électriques*. Paris, 1907, p. 180.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

primitive, après le passage des ondes, on a un *anticohéreur auto-décohérent*.

M. Blondel établit, en 1903, l'existence d'une certaine *tension critique de facile cohérence*, dépendant des métaux employés, et indiqua l'amélioration de sensibilité qui résulte du montage du cohéreur sur potentiomètre.

Parmi les principaux modèles de cohéreurs, dérivés de celui de M. Branly, on peut citer :

Le cohéreur du professeur Popoff (1895) : un tube de verre, sur la surface intérieure duquel sont collées deux bandes de platine, séparées par une distance de quelques millimètres; le tube est ensuite rempli de limaille; sa résistance, sous l'action des ondes, tombe de 10.000 à 750 ohms.

Le cohéreur de Marconi (1896), formé de deux pistons en argent, placés dans un tube vide d'air, et distants d'un demi-millimètre, environ; l'intervalle est rempli d'un mélange de 96 parties de nickel et 4 d'argent, avec, en plus, des traces de mercure.

Celui de E. Ducretet (1897), dont l'une des électrodes est mobile, ce qui permet de régler la pression de la limaille (v. p. 679).

Celui de M. Rochefort (1898), comportant trois électrodes; les deux premières sont rattachées aux bornes d'un résonateur bipolaire et celle du milieu à un relais (v. p. 679).

Celui de M. Blondel, ou *cohéreur régénérable*, construit également en 1898, dans lequel une réserve de limaille est contenue dans une sorte d'ajutage soudé au tube. Lorsque la limaille active semble fatiguée par un usage prolongé, on déplace le tube pour la ramener dans l'ajutage, on la mélange avec celle en réserve, puis on fait couler la quantité convenable entre les électrodes.

Celui de M. le général Ferrié (1900), modification du précédent, dans lequel l'une des électrodes est entaillée d'une cavité contenant la limaille en réserve (v. p. 680).

Le second modèle de M. Branly (1901), constitué par un trépied, dont les pointes en acier sont simplement posées sur un plateau métallique (v. p. 681).

Dans la catégorie des cohéreurs auto-décohérents, il convient de noter, entre autres :

Celui de M. Tissot qui, en 1900, employa des limailles de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

métaux magnétiques, fer ou nickel, et plaça l'instrument dans un champ magnétique, produit par une bobine entourant le tube; un tel dispositif accroît notablement la sensibilité; la décohération est obtenue par la suppression du champ magnétique.

Celui de E. Ducretet, dont les contacts sont établis par des tiges d'acier sur une surface de charbon;

Celui de M. le général Ferrié, constitué par des grains de charbon enfermés entre deux électrodes métalliques (zinc, fer ou acier) et immergés dans du pétrole ou de la paraffine;

Celui de M. Michin, dans lequel un cylindre de charbon est soutenu par deux crochets en aluminium;

Celui de M. Castelli, formé de deux électrodes de fer, entre lesquelles est placée une goutte de mercure, de 1,5 à 3 millimètres;

Celui de MM. Lodge et Muirhead, dans lequel un disque de fer tourne, en effleurant la surface d'une colonne de mercure recouverte d'une mince couche d'huile.

Enfin, parmi les *anticohéreurs*, il convient de mentionner celui de M. de Forest : à l'intérieur d'un tube de verre sont placées deux électrodes métalliques; l'intervalle qui les sépare est rempli d'une pâte, formée de litharge, de glycérine et d'un peu d'alcool, dans laquelle on a mélangé une limaille métallique. L'instrument, à l'état de repos, shunte un récepteur téléphonique : dès que des oscillations viennent à le frapper, l'alcool est électrolysé et les bulles de gaz, libérées, viennent se placer entre les grains de limaille, qu'elles tendent à isoler les uns des autres : la résistance se trouve augmentée et le courant local traverse le récepteur. Dès que cesse l'action des ondes, l'hydrogène est absorbé par l'oxyde de plomb, l'oxygène attaque les surfaces métalliques et l'appareil retrouve sa résistance primitive.

Détecteurs. — On désigne sous ce nom les instruments qui, bien que ne rentrant pas dans la catégorie des cohéreurs, sont cependant propres à déceler la présence d'ondes électriques.

Un détecteur à tube de Geissler fut construit, en 1899, par M. Blondel, pour les expériences à petite distance; les électrodes sont à large surface et très rapprochées; le circuit est complété par une pile et un récepteur téléphonique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le premier détecteur électrolytique fut imaginé, en 1900, par M. le général Ferrié, alors capitaine (v. p. 681) : d'autres, peu après, par MM. Péricaud, Ancel, Jégou, etc.; tous ces dispositifs présentent une conductibilité unipolaire, et agissent comme des *soupapes* en présence des courants alternés : les ondes qui les frappent déterminent, dans un téléphone, un bruit qui permet de lire les signaux sans le concours d'un relais.

Les *détecteurs à cristaux* présentent également une conductibilité unipolaire, et peuvent, par suite, fonctionner sans pile : le principe en a été indiqué, en 1907, par M. Pickard, et fit l'objet d'une étude approfondie de la part de Tissot (1). D'autre part, le Docteur Eccles expose ainsi, en substance, la théorie des détecteurs à cristaux : au point de contact entre le style et le cristal, il se produit simultanément deux phénomènes : un effet Peltier, élévation ou abaissement de la température suivant la direction et l'intensité du courant, et un effet Joule, c'est-à-dire production de chaleur.

Si l'on applique à un tel système une tension alternative, telle que celle qui est reçue par une antenne, les deux effets s'ajoutent pendant une demi-période, tandis que, pendant la seconde, l'échauffement, dû à l'effet Joule, est compensé par le refroidissement résultant de l'effet Peltier : si l'on suppose que la résistance décroît quand la température augmente, l'intensité sera maxima dans le premier cas et minima dans le second (2).

Les substances employées, dans les détecteurs à cristal, sont généralement des oxydes ou des sulfures; on peut citer, entre autres : le carborundum (carbure de silicium), le silicon, la galène (sulfure de plomb), le pyrite de fer, le chalcopyrite (sulfure de cuivre et de fer), etc., etc. (3). On emploie fréquemment, en France, le détecteur de M. Meunier (1910) comprenant un fragment de pyrite de fer, enchassé dans une capsule de plomb, sur lequel s'appuie une pointe en cuivre. Le capitaine Brenot a produit un détecteur analogue, dans lequel un cristal de carbure de silicium s'appuie, par une arête vive, sur deux blocs de cuivre.

Une autre catégorie de détecteurs d'ondes est celle des *tubes*

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 6 et 27 Juillet 1908.
(2) *Electrician*, London, 12, 19, 20 août, 11 novembre 1910.
(3) G. Viard, *Cours de télégraphie sans fil*, Paris 1918, p. 203.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à vide, dont le prototype est la *valve* de Fleming (1904), basée sur l'effet Edison, qu'on observe dans les lampes électriques à incandescence (1); l'ampoule renferme, en outre du filament, alimenté par une batterie d'accumulateurs, une plaque de platine, qui communique avec un circuit oscillant secondaire, placé sous l'action de l'antenne, et un téléphone; la plaque est reliée, d'autre part, au pôle négatif de la batterie d'éclairage. Dès que le filament est porté à l'incandescence, il émet de petites charges négatives, ou *électrons*, qui se déplacent le long des lignes de force du champ électrique aboutissant au filament, mais en sens inverse de la direction de ces lignes : l'espace, qui sépare le filament de la plaque de platine, acquiert ainsi une conductibilité unipolaire : dès que des oscillations électriques viendront agir sur le circuit local, un courant pourra passer de la plaque au filament, lorsque la première sera positive par rapport au second, mais sera intercepté pendant l'alternance opposée.

M. de Forest a réalisé, en 1906, sous le nom d'*audion* (fig. 706), un détecteur très sensible, basé sur ce principe, en plaçant, de part et d'autre du filament, une plaque de platine, et en reliant ces plaques à une source électrique distincte et de plus haut voltage que celle qui alimente le filament. Le courant très faible, qui circule à l'état de repos, se trouve augmenté par l'action des ondes, comme précédemment, et les signaux deviennent audibles dans le téléphone.

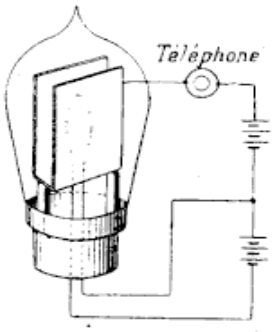


Fig. 706.

On fait usage, depuis quelque temps de la *lampe-valve à trois électrodes* (2), sorte de valve de Fleming, dans laquelle on intercale, entre le filament et la plaque, une troisième électrode, constituée parfois par une plaque percée de trous, d'où son nom de *grille*, mais qui, souvent aussi, consiste en un fil métallique très fin, enroulé en spirale, à une petite distance autour du filament. Le fonctionnement de ce détecteur est décrit plus loin (v. p. 683); disons seulement ici que la plaque est portée à un potentiel positif assez élevé par rapport au filament, tandis que la grille est rattachée au circuit oscillant secondaire de l'antenne.

(1) G. Viard, *Cours de télégraphie sans fil*, Paris 1918, p. 205.
(2) E. Rothé, *Les applications de la télégraphie sans fil*, Paris 1921, p. 114.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque celle-ci est frappée par des oscillations, un potentiel alternatif agit sur la grille, les demi-périodes positives produisent une augmentation du courant filament-plaque, tandis que les demi-périodes opposées l'affaiblissent légèrement : le téléphone, inséré dans ce circuit, est donc actionné.

La lampe-valve à trois électrodes, est également utilisée comme *générateur d'oscillations entretenues* (v. p. 685); enfin, on l'emploie encore comme *amplificateur*, notamment dans les relais téléphoniques (v. p. 626).

Instruments de mesure. — Les courants fournis par les alternateurs de haute fréquence peuvent être mesurés à l'aide du *thermo-galvanomètre* et de l'*ampèremètre* inventés, vers 1902, par Duddell; le *pont bolométrique* de Tissot (1906) permet d'effectuer des mesures de grande précision sur les oscillations reçues dans les antennes (1). Parmi les instruments en usage, on peut citer encore : les ampèremètres de haute fréquence de M. Broca et de M. Louis Joly, ainsi que le galvanomètre et le voltmètre-amplificateur de M. Abraham.

La fréquence des oscillations peut être mesurée à l'aide du *fréquencemètre* Ferrié-Carpentier, construit d'apres le principe établi, en 1910, par le général Ferrié; ou encore par la méthode indiquée, en 1910, par M. C. Dowse (2). La mesure des longueurs d'ondes peut s'effectuer par les *ondemètres* de Ferrié, Turpain, Slaby, Fleming, etc. Enfin Tissot a publié, en 1905, un résumé de la théorie de la résonance électrique, établie par Bjoerkness, et indiqué la méthode imaginée par lui-même pour la mesure des amortissements (3).

(1) *Bulletin de la Société Internationale des Électriciens*, t. VI, 1906, p. 319.
(2) *Electrician*, London, 19 août 1910.
(3) C. Tissot, *Etude de la résonance des systèmes d'antennes*, Paris 1905, 3e partie, p. 105.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXX

COHÉREURS ET DÉTECTEURS

Radioconducteurs ou cohéreurs, de Branly (1890). — Le premier radioconducteur de Branly (fig. 707) consiste en une lame de verre platiné, encastrée par ses extrémités dans deux mâchoires à vis, isolées l'un de l'autre par deux entretoises en ébonite, formant socle; deux bornes permettent d'insérer l'instrument dans le circuit d'expérience. Ainsi qu'il a été dit plus haut (v. p. 655), cet instrument avait été construit pour étudier l'influence de la lumière sur la conductibilité des métaux en couches minces, et c'est en éclairant la lame à l'aide d'une étincelle électrique que le savant physicien découvrit la radio-conductibilité.

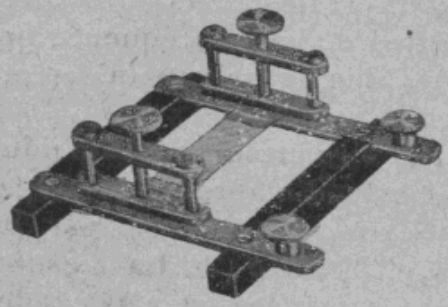


Fig. 707.

Il construisit, peu après, son premier tube à limaille : un tube en ébonite, de 17 millimètres de diamètre intérieur, fermé à sa base par un bouchon en laiton, solidaire de l'embase de même métal (fig. 708); dans ce récipient, on déposait la limaille, puis on introduisait dans le tube un cylindre de laiton jointif, qui venait ainsi comprimer la limaille; cette compression pouvait encore être augmentée à l'aide de poids additionnels, dont on chargeait une sorte de plateau surmontant le cylindre.

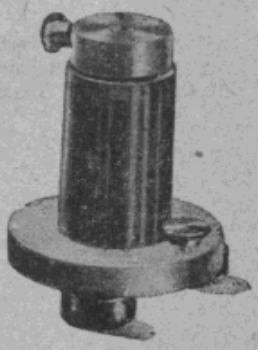


Fig. 708.

Ce modèle, légèrement modifié, devint ensuite un tube en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

verre, de 2 millimètres de diamètre intérieur; la tige de cuivre, qui comprime la limaille, est munie, de même, d'un plateau, destiné à recevoir des poids additionnels (fig. 709).

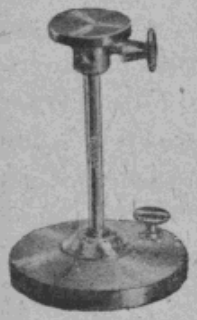


Fig. 709.

Enfin, un quatrième type, créé la même année, se compose d'un tube de verre de 4 millimètres de diamètre intérieur, dans lequel s'engagent deux tiges de cuivre, terminées chacune par un petit cylindre en argent (fig. 710); ces tiges sont, elles-mêmes, supportées par des colonnettes munies de vis de serrage : on peut ainsi régler, à volonté, l'enfoncement des tiges dans le tube de verre, et faire varier la compression de la limaille placée entre les deux cylindres d'argent.

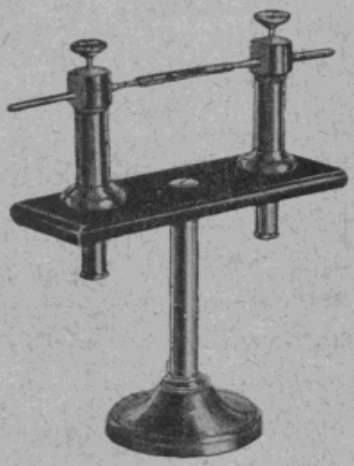


Fig. 710.

Cohéreur réglable, de Ducretet (1897). — Le tube, T, en écaille (fig. 711) contient deux électrodes, E, dont l'une est en argent et l'autre en acier; cette dernière est susceptible d'être déplacée par la manœuvre d'une vis, V, immobilisée ensuite par un contre-écrou, V′: la limaille d'argent, insérée entre les deux

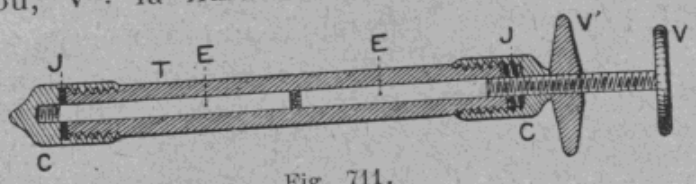


Fig. 711.

électrodes, peut être ainsi plus ou moins comprimée, ce qui permet de régler, à volonté, la sensibilité de l'instrument; des joints de garde, J, assurent l'herméticité; le tube est fermé, à ses deux extrémités, par des calottes métalliques, C, reliées électriquement aux électrodes.

Cohéreur à trois électrodes, de Rochefort (1898). — Ce système équivaut, en réalité, à deux cohéreurs reliés en série; il se compose de deux électrodes extrêmes, E (fig. 712), séparés par une électrode médiane, E′; les deux espaces vides sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remplis partiellement de limaille d'or. Le schéma (fig. 712) indique le montage du cohéreur, qui se trouve placé à un ventre de tension; les deux électrodes extrêmes sont reliées aux deux bornes d'un résonateur bipolaire, et sont ainsi soumises à des tensions égales et de signes contraires; l'électrode médiane communique avec le point milieu, par l'intermédiaire d'un relais, R, et d'une pile, P.

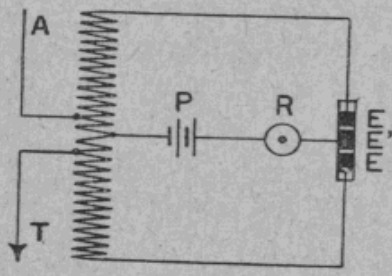


Fig. 712.

Cohéreur réglable, de Slaby (1899). — Perfectionnement de celui de Marconi (v. p. 673); le tube, vide d'air, est rétréci à sa partie médiane (fig. 713), les deux électrodes, en argent, sont reliées par des fils de platine, soudés d'autre part à des capsules métalliques, cimentées aux extrémités du tube. Le réglage est obtenu comme dans le sys-

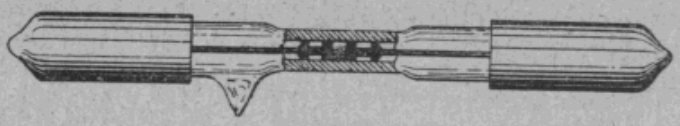


Fig. 713.

tème Marconi : les électrodes sont légèrement taillées en biseau; si l'on place le tube de manière que la partie la plus large soit en haut, la limaille s'accumule dans la partie étroite et se trouve relativement pressée : on a le maximum de sensibilité; dans la position inverse, on a le minimum; en faisant tourner convenablement le tube, on obtient, entre ces deux extrêmes, la sensibilité qu'on désire.

Cohéreur régénérable, de Ferrié (1900). — Modification de celui de M. Blondel (v. p. 673) : la réserve de limaille est contenue dans une gorge, *g* (fig. 714) entaillée dans l'une des élec-

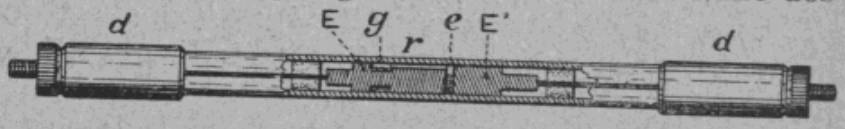


Fig. 714.

trodes, E, en acier poli; une raînure, *r*, pratiquée suivant une génératrice, permet de faire passer la limaille dans l'intervalle, *e*, qui sépare les électrodes. Après un séchage minutieux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la limaille et des électrodes, on enfile, de part et d'autre de celles-ci, de petits bouchons de liège formant obturateurs, puis le tube est fermé à la cire; les extrémités sont munies de douilles, *d*, avec bouton de serrage pour les communications extérieures.

Dans un second modèle, l'une des électrodes, E′, est dorée : la limaille d'or vierge n'a ainsi qu'un seul contact imparfait, celui de l'électrode, E, et la sensibilité de l'instrument se trouve augmentée.

Trépied cohéreur, de Branly (1901). — Le trépied est composé de trois aiguilles en acier trempé, réunies par une embase

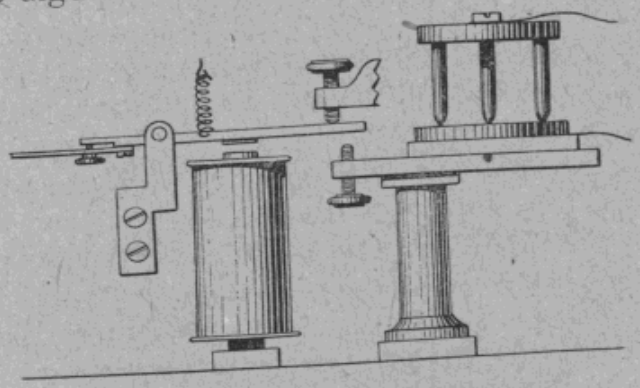


Fig. 715.

de même métal (fig. 715); les trois pointes sont simplement posées sur un plateau, également en acier trempé et poli, et légèrement concave; le tout est protégé par un tube de verre. Les ondes produisent sur les contacts des trois pointes le même effet que sur la limaille. Le cohéreur est monté sur la colonne qui supporte le butoir de travail du récepteur Morse, et le choc de l'armature sur ce butoir suffit pour décohérer le trépied.

Détecteur électrolytique, de Ferrié (1900). — Un vase en verre, fermé par un couvercle en ébonite, C (fig. 716) et dans lequel on verse de l'eau acidulée sulfurique à 25° Baumé; dans ce voltamètre plongent deux électrodes en platine; l'une, E, est nue et constitue la cathode; l'autre, E′, traversant le couvercle, est appelée généralement « électrode à la Wollaston », et consiste en un fil de platine, soudé à un manchon extérieur, M, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

introduit dans un tube de verre effilé, fermé au chalumeau; le fil affleure exactement l'extrémité du tube en verre.

Si l'on intercale ce détecteur dans un circuit parcouru par des courants ondulatoires, on constate qu'il joue le rôle de soupape et que, seules, les alternances positives peuvent franchir le contact imparfait de la pointe avec le liquide. Si on le met en série avec une pile et un téléphone, le pôle positif de la source étant relié à la pointe, et si, enfin, la force électro-motrice est assez grande, on a un voltamètre ordinaire et les gaz, résultant de l'électrolysation de l'eau, se dégagent; si on diminue la force électro-motrice de la pile jusqu'à ce qu'elle fasse seulement équilibre à la force contre-électro-motrice de polarisation, la décomposition s'arrête et les gaz restent adhérents aux électrodes : le téléphone qui, jusque là, faisait entendre un crissement, demeure muet. Dans ces conditions, dès qu'un train d'ondes vient à frapper le détecteur, les demi-oscillations positives diminuent la force contre-électro-motrice de polarisation qui devient inférieure à la force électro-motrice de la pile; il se produit alors un courant qui donne un son dans le téléphone.

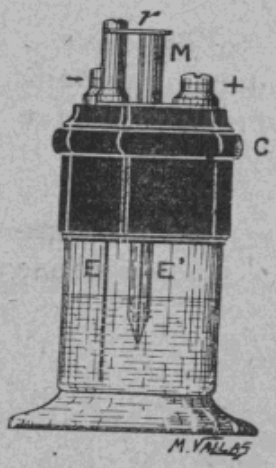
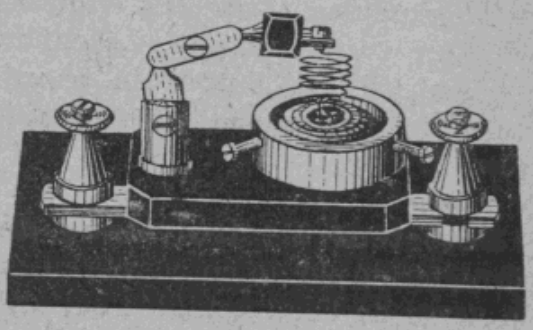


Fig. 716.

Détecteur à cristal, de Ducretet (1909). — Le cristal de galène est enchâssé dans une capsule de plomb, placée elle-même dans une coupelle de cuivre (fig. 717); trois vis permettent de mettre le cristal dans la position qui convient par rapport au ressort; la pression, exercée par celui-ci sur le cristal, est réglée par la manœuvre d'un bras articulé à rotule; une petite pièce en ébonite permet cette manœuvre sans qu'on touche le métal. Le socle d'ébonite porte deux pattes à encoche, communiquant respectivement avec la galène et le ressort, et qu'on serre sous deux bornes, portées par un second socle,


Fig. 717.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

également en ébonite; les encoches et la partie cylindrique des bornes sont de calibres différents, afin de rendre impossible l'interversion des connexions.

La théorie et le fonctionnement des détecteurs à cristaux ont été indiqués plus haut (v. p. 675).

Lampe-valve à trois électrodes (1915). — Perfectionnement de la valve de Fleming (v. p. 675). — Une ampoule de lampe à incandescence, dans laquelle le vide a été poussé aussi loin que possible, renferme un *filament* rectiligne de tungstène, tendu suivant l'axe d'un cylindre en tôle de nickel, qui constitue la *plaque*; entre ce cylindre et le filament est enroulé, pour constituer la *grille*, une hélice en fil de tungstène ou de molybdène.

On porte le filament, F, à l'incandescence, au moyen d'une batterie de 4 volts, B (fig. 718) et on relie la plaque, P, au pôle positif d'une batterie, B', d'une tension supérieure à celle de la batterie de chauffage, B. Dans ces conditions, si la grille, G, n'existait pas, les électrons émis par le filament incandescent se dirigeraient vers la plaque, en suivant les lignes de force du champ électrique, et il se produirait un courant dans le circuit filament-plaque; si le potentiel de la plaque était suffisamment élevé pour que tous les électrons, émis par le filament, pussent l'atteindre, on obtiendrait le maximum possible, ou *courant de saturation*, pour un chauffage déterminé, c'est-à-dire pour une émission donnée d'électrons, et toute augmentation du potentiel de la plaque resterait sans effet utile.

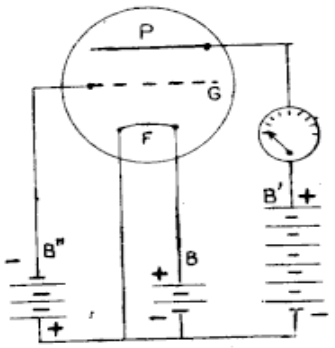


Fig. 718.

La grille, interposée entre le filament et la plaque, a pour objet de créer un champ électrique qui, en se superposant à celui de la plaque, devient susceptible de modifier le nombre des électrons qui atteignent la plaque et, par suite, de faire varier l'intensité du courant filament-plaque. La grille agit donc comme un clapet qui, entre la fermeture hermétique et l'ouverture complète, peut occuper toutes les positions intermédiaires, suivant la tension à laquelle il est porté. Si, donc, on applique une tension auxiliaire à la grille, à l'aide d'une batterie B'' (fig. 718) plusieurs cas peuvent se présenter :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° Si la tension appliquée à la grille est fortement négative par rapport à celle du filament, toutes les lignes de force du champ électrique, partant du filament et de la plaque, vont se concentrer sur la grille, aucun électron n'atteint ni la grille ni la plaque, et il ne passe aucun courant, ni dans le circuit filament-grille, ni dans celui filament-plaque.

2° Si la grille est faiblement négative par rapport aux régions voisines du filament, quelques lignes de force traversent la grille et vont de la plaque au filament : un transport d'électrons peut ainsi s'établir, et on constate un faible courant filament-plaque, tandis qu'aucun courant ne circule dans le circuit filament-grille.

3° Si la grille devient positive par rapport au filament, tout en restant fortement négative par rapport à la plaque, un nombre de lignes de force, plus élevé que précédemment, parvient à atteindre le filament : le courant filament-plaque devient plus intense et, en outre, un faible courant s'établit dans le circuit filament-grille.

4° Si l'on augmente progressivement le potentiel de la grille jusqu'à le rendre positif par rapport à celui de la plaque, on voit augmenter le nombre des lignes de force allant de la grille au filament et diminuer le nombre de celles qui vont de la plaque au filament : le courant filament-plaque cesse d'augmenter puis décroît progressivement, tandis que le courant filament-grille va en augmentant.

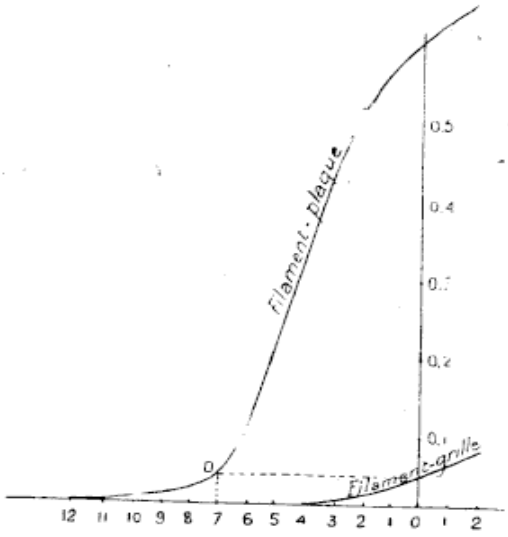


Fig. 719.

L'ensemble de ces phénomènes est montré par la fig. 719, dans laquelle on a porté en abscisses les tensions de la grille par rapport au filament, et en ordonnées les intensités, qui parcourent les circuits filament-plaque et filament-grille. La courbe caractéristique, que l'on obtient ainsi, dépend de la nature des électrodes, de la distance qui les sépare, du degré de vide obtenu dans l'ampoule, du chauffage du filament, et aussi du potentiel appliqué à la plaque. Cela

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

revient à dire qu'on obtient des courbes très différentes, non seulement suivant les types de lampes, mais encore, pour un type donné, suivant qu'on force plus ou moins le chauffage ou la tension de la plaque.

On peut choisir, comme *point détecteur* de la lampe, le point D, où la courbe du courant filament-plaque se redresse fortement; à cet effet, on relie à la grille le potentiel négatif qui correspond à cette intensité; si, ensuite, on applique à la grille des tensions alternatives produites par des oscillations (fig. 720), l'intensité du courant filament-plaque est augmentée ou diminuée, suivant que les alternances sont positives ou négatives, et un téléphone, T, placé dans le circuit, est actionné.

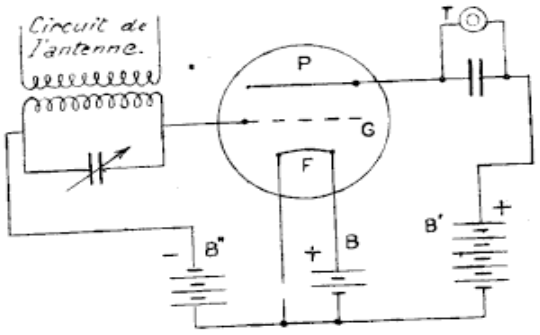


Fig. 720.

Cette lampe est aussi employée comme *amplificateur téléphonique* : il suffit, pour cela, de remplacer, dans la fig. 720, le téléphone par un circuit oscillant, accordé pour la fréquence des oscillations à enregistrer, et de le faire agir sur le circuit filament-grille d'une seconde lampe, montée en détecteur, comme ci-dessus; on peut même amplifier les oscillations dans plusieurs lampes successives, avant de les enregistrer dans le détecteur.

Tout récemment, l'auteur de ces lignes vient de l'adapter, comme *amplificateur télégraphique*, au câble sous-marin Brest Dakar : en diminuant de moitié la tension des batteries de transmission, afin de réduire la charge du conducteur, puis en amplifiant les signaux à l'arrivée, on parvient à augmenter la vitesse de la transmission d'environ 30 p. 100 (1).

Le montage en amplificateur peut également servir à constituer un *relais téléphonique* remarquablement fidèle; un type de ce genre d'intrument est décrit par ailleurs (v. p. 626).

Enfin, la lampe-valve est encore employée comme *génératrice d'oscillations entretenues* de faible puissance, notamment

(1) *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, janvier-février 1922, p. 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en radiotéléphonie (1). Si, en effet, on intercale, dans l'antenne et dans le circuit de plaque, une bobine, S (fig. 721) le brusque appel de courant, produit au moment de l'allumage de la lampe, commence à faire osciller l'antenne; ces oscillations réagissent par induction sur une seconde bobine, S', couplée avec S et intercalée dans le circuit de grille, et provoquent des oscillations périodiques du potentiel de celle-ci; il en résulte, dans la bobine, S, et dans l'antenne, A, une force électromotrice de self-induction qui, si elle est assez grande et a la phase convenable, augmente l'amplitude des oscillations. Cette augmentation continue jusqu'à ce que l'amplitude des variations du potentiel de la grille amène le courant du circuit de plaque jusqu'à une intensité nulle lors des alternances négatives et jusqu'au courant de saturation lors des alternances positives : les oscillations de l'antenne se fixent alors à une amplitude constante. Dans ces conditions, si l'on parle devant le microphone, M, l'induction mutuelle, entre le circuit microphonique, de résistance variable, et la bobine, S, modifie les conditions d'entretien des oscillations et, par suite l'amplitude de celles-ci.

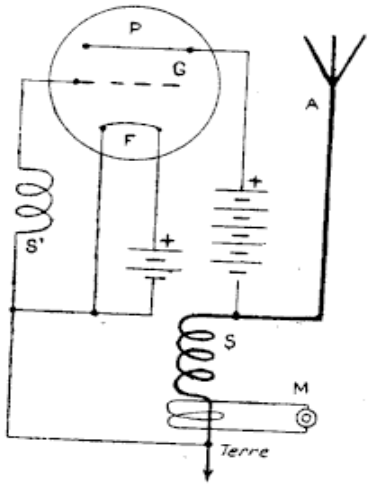


Fig. 721.

(1) C. Gutton, *Bulletin de la Société française des Electriciens*, mai 1919, p. 327.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXXI

APPAREILS ACCESSOIRES

Bobine d'induction, de Ruhmkorff (1890). — Construite suivant le type classique : les deux bornes du primaire aboutissent à un commutateur à bouton; à l'extrémité opposée, se trouve l'interrupteur, constitué par une armature, mobile en son point milieu, et maintenue par un ressort plat; la coupure s'effectue entre cette armature et sa vis de butée ; deux bornes, placées sur le dessus de la bobine, prennent l'entrée et la sortie du secondaire; un condensateur à lames d'étain, enfermé dans le socle, est placé en dérivation sur l'arrivée et le départ de l'interrupteur.

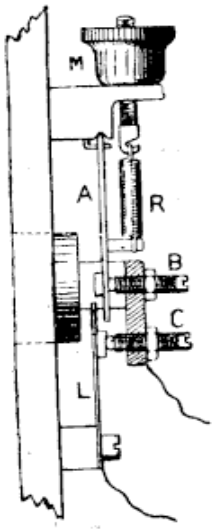


Fig. 722.

Bobine d'induction, de Carpentier (1895). — Le primaire est constitué par deux ou trois couches de gros fil, enroulé sur le noyau en fils de fer doux; les interruptions sont produites par le *rupteur atonique*, dont il a été fait mention plus haut (v. p. 668) : l'armature, A (fig. 722) taillée en couteau, s'appuie dans une raînure triangulaire; elle est guidée par un crochet et maintenue par un ressort à boudin, R, qu'on règle à l'aide du bouton, M; les deux côtés du circuit à interrompre aboutissent, non pas à l'armature et à sa butée, B, comme dans le système précédent, mais à une lame, L et à sa butée, C; à l'état de repos, la lame, L, se trouve à une petite distance de l'armature, A; lorsque celle-ci est attirée, elle est déjà animée d'une certaine vitesse quand elle vient rencontrer la lame et la rupture a lieu brusquement; de plus, cet inter-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rupteur n'ayant pas de fréquence propre, le réglage se fait avec facilité. L'étincelle de rupture est à peu près éteinte par un condensateur réglable, placé dans le socle, et dont les quatre sections aboutissent à un commutateur, situé au-dessous du rupteur.

Le secondaire est séparé du primaire par un tube en ébonite; il est bobiné en spirales, ou *galettes*, perpendiculaires à l'axe et séparées les unes des autres par des galettes isolantes : on évite ainsi que deux fils voisins se trouvent à des potentiels très différents, comme cela se produirait inévitablement avec le bobinage par couches successives. Les extrémités du secondaire sont reliées à un éclateur, constitué par deux cylindres de cuivre supportés par deux colonnettes d'ébonite; à leur partie supérieure, ces cylindres sont traversés chacun par une tige de cuivre, terminée par une sphère, également en cuivre; les boutons de serrage, qui maintiennent les tiges, permettent de régler à volonté l'écartement des sphères.

Cette bobine peut donner des étincelles de 30 centimètres à vide, c'est-à-dire lorsqu'aucun circuit extérieur n'est rattaché à l'oscillateur.

Interrupteur à mercure, de Foucault (1855). — Destiné à remplacer l'interrupteur à marteau des bobines de Ruhmkorff. Il se compose d'un électro-aimant, E (fig. 723), dont l'armature est solidaire d'un long bras de levier, L; à sa partie médiane, ce bras est monté sur un ressort lame, *r*, porté par une colonne, C, et peut ainsi osciller dans un plan vertical. A l'autre extrémité du levier, L, sont fixées deux tiges de platine, T, et T′, qui, à l'état de repos, plongent dans du mercure contenu dans les godets, G, et G′; au-dessus du mercure est une couche d'alcool.

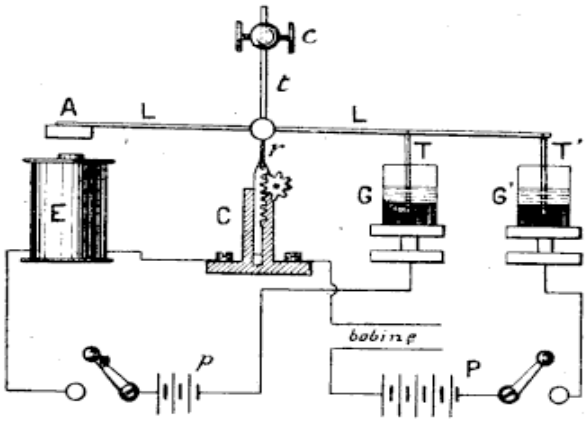


Fig. 723.

L'appareil est mis en mouvement par une petite pile auxiliaire, *p*, dont l'un des pôles est rattaché au godet, G, et l'autre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la sortie de l'électro-aimant, E : dès que l'armature est attirée, les deux tiges sortent du mercure, le circuit de la petite pile est interrompu, et le système fonctionne comme un trembleur; le courant inducteur, fourni par la pile, P, et qui gagne le primaire de la bobine par le godet, G′, et la tige, T′, se trouve également interrompu, puis rétabli à chaque oscillation du levier, L, et l'on peut obtenir environ 60 coupures par seconde; ce nombre est d'ailleurs réglable par le déplacement d'un contre-poids, *c*, monté sur une tige, *t*, solidaire du levier, L.

La distance, entre l'armature, A, et les noyaux de la bobine, se règle en faisant monter ou descendre le levier, L, à l'aide d'une crémaillère, solidaire du ressort, *r*, et d'un pignon porté par la colonne, C. Les godets, G et G′, sont montés à baïonnette sur une embase en laiton, portée par une tige filetée, qu'on visse plus ou moins dans une colonne ; un serrage à mâchoire permet d'immobiliser l'embase, après qu'on lui a donné la hauteur qui convient.

L'alcool, qui recouvre le mercure, s'oppose à l'échauffement des points de rupture sous l'action de l'étincelle; en outre, il évite l'oxydation, aux points où elle éclate, en supprimant le contact avec l'oxygène de l'air.

Résonateur, de Oudin (1900). — Un solénoïde, enroulé en spires serrées sur un cylindre, et dont le fil est dénudé sur deux génératrices situées à 90° l'une de l'autre. En face de chacune de ces génératrices est une barre métallique, sur laquelle glisse un curseur, qui peut ainsi prendre contact avec l'une quelconque des spires; l'une des barres est reliée à l'antenne, l'autre à la pointe d'un détecteur électrolytique (v. p. 681), dont la seconde borne est reliée à l'une des faces d'un condensateur; l'autre face est à la terre, de même que l'une des extrémités de l'enroulement de la bobine.

Manipulateur-verrou, à métronome, de Rochefort (1902). — Cet instrument permet de transmettre des points successifs, de puissance réglable, et distants les uns des autres d'un temps déterminé; en outre, tandis que, dans les autres systèmes, l'interrupteur de la bobine d'induction fonctionne en permanence, dans celui-ci, l'interrupteur n'entre en action que lorsque le manipulateur est abaissé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'on manœuvre ce dernier, M (fig. 724) on ferme le circuit d'une pile locale, P, par l'intermédiaire du contact de rupture, C, sur les électro-aimants E, E′ et E″; le premier, E, retient l'armature, placée sous le levier-manipulateur, qui se trouve ainsi maintenu abaissé; l'électro, E″, de l'interrupteur décrit ci-après, ferme le circuit de la pile, P′, sur le primaire, *p*, de la bobine d'induction; l'électro, E′, déplace le levier d'ar-

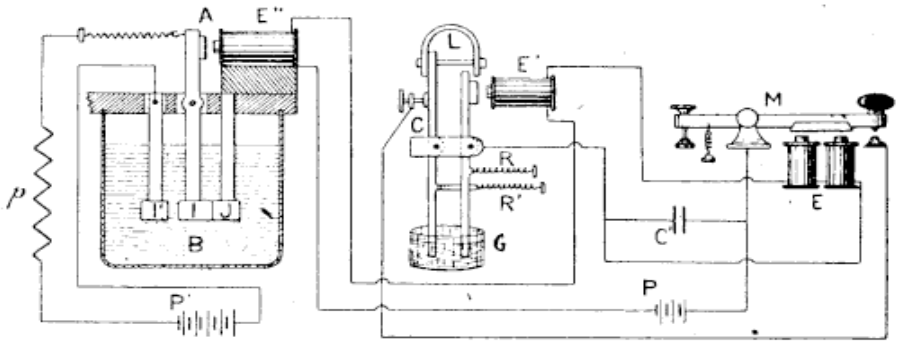


Fig. 724.

mature, qui vient bientôt frapper la partie en demi-cercle du levier-métronome, L : le circuit local est alors rompu au point C, le manipulateur, M, redevient libre, l'armature, A, de l'interrupteur revient en arrière et le courant d'excitation est interrompu, jusqu'à ce que le métronome, L, ait terminé son oscillation complète et rétablisse le contact en C : on a ainsi transmis un point; pour expédier un trait, on maintient le manipulateur abaissé et on provoque l'émission de plusieurs points consécutifs. Le ressort, R, du levier d'armature, règle la durée du courant d'excitation; le ressort, R′, permet de faire varier la durée du mouvement du métronome, L, c'est-à-dire l'intervalle entre deux points. Les deux leviers baignent, par leur extrémité inférieure, dans un godet, G, contenant de la glycérine, qui régularise leur mouvement. Enfin, un condensateur, C′, placé verticalement derrière le métronome, absorbe les étincelles, qui se produiraient, à la rupture, au point C.

Interrupteur pour bobine d'induction, de Rochefort (1902). — Appelé, par son auteur, *interrupteur-asservi*, il est associé au manipulateur-verrou décrit ci-dessus; il se compose de trois leviers terminés, à leur partie inférieure, par une tête

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en cuivre, et baignant dans un bac, B, rempli de pétrole; le levier intermédiaire I (fig. 724), solidaire de l'armature de l'électro-aimant, E″, s'appuie, au repos, sur le levier isolé, J, dès que l'armature est attirée, I vient rencontrer I′ qui, formant ressort, fléchit vers la gauche, et le primaire de la bobine d'induction est fermé. Lorsque cesse l'excitation de E″, l'armature est rappelée par son ressort, et I revient en arrière : grâce à l'élasticité de I′, la séparation se produit au moment où la vitesse de I est maxima, ce qui favorise la rupture de l'arc.

Relais, de Rochefort (1902). — Deux aimants en fer à cheval, opposés par leurs pôles de même nom, sont réunis par des pièces polaires; dans ce puissant champ magnétique est placée une bobine circulaire, montée sur un pivot métallique, et portant deux enroulements, l'un de 1070 ohms, appelé *circuit direct*, qu'on insère dans le circuit du cohéreur, l'autre de 550 ohms, formant le *circuit antagoniste* dont le rôle est de ramener la bobine à la position de repos. L'index de la bobine porte une petite pointe en acier plongeant dans un godet à mercure, qui lui amène la pile; le butoir de travail est constitué par un cylindre d'argent, placé au bout d'un ressort très flexible et solidaire d'un chariot, qui permet de le déplacer parallèlement

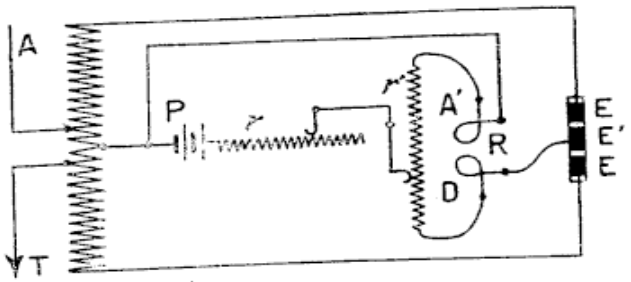


Fig. 725.

à lui-même. Deux vis limitent l'amplitude des mouvements du cadre mobile.

L'appareil est préalablement réglé de telle sorte que, lorsque les enroulements ne sont parcourus par aucun courant, l'index s'appuie sur la butée de travail : le dispositif de la fig. 712 (v. p. 680) se trouve modifié comme l'indique le schéma ci-dessus (fig. 725) : l'enroulement direct, D, du relais, R, et le cohéreur, EE′, sont en dérivation sur un circuit complet, comprenant la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pile, P, des résistances, r et r', et d'enroulement antagoniste, A'; le courant, qui circule dans ce circuit, maintient le cadre mobile sur repos tant que le cohéreur n'est pas cohéré; dès que ce dernier se trouve sous l'action des ondes, un courant s'établit dans l'enroulement direct, D, et, en même temps, celui qui parcourait l'enroulement antagoniste se trouve considérablement affaibli : le cadre mobile se déplace et son index vient fermer le circuit local. Les deux résistances, r et r', étant réglables, on peut faire varier à volonté la sensibilité de cette sorte de balance électrique, qui peut fonctionner sous l'action d'un courant de 30 microampères.

Dispositif d'accord à spirales, de Ducretet (1903). — Transformateur dans lequel les deux enroulements sont constitués chacune par une « galette » ou spirale plate; le primaire est posé directement sur le socle, le secondaire est placé au-dessus, à une petite distance; deux commutateurs à manette, dont les 10 plots aboutissent à des prises pratiquées sur les deux galettes, permettent de faire varier le nombre de spires en jeu.

Self d'antenne pour réception, modèle militaire (1907). — Sur un cylindre en ébonite est enroulé, en spires jointives et d'une seule couche, un fil de cuivre argenté, de 1 millimètre, sous soie; les spires sont dénudées suivant une bande verticale, sur laquelle peut se déplacer un curseur, C (fig. 726), monté sur une colonne métallique graduée; l'antenne est rattachée à la borne, A, et à l'entrée de l'enroulement; la colonne communique avec le plot principal d'un commutateur bavarois à trois directions, dont les plots secondaires correspondent à des récepteurs divers.

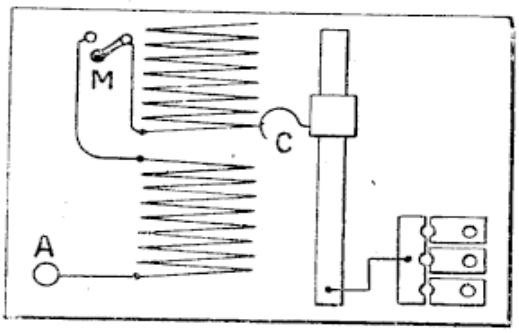


Fig. 726.

Afin de réduire la perte d'énergie, qui se produit dans la partie non utilisée de la self, l'enroulement est divisé en deux parties, qu'on peut réunir à l'aide de la manette, M : si la self doit être courte, on met seulement en circuit la partie inférieure et l'on n'ajoute l'autre que lorsque la première est insuffisante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Boîte pour détecteurs, modèle militaire (1907). — A l'arrière sont quatre bornes (fig. 727), qu'on relie à la pile de détecteur et au circuit de résonance; trois détecteurs électrolytiques (v. p. 681) D, D′ et D″, peuvent être mis en circuit à l'aide d'une manette, M; à la partie médiane se trouve le potentiomètre, comprenant une résistance fixe de 100 ohms, constamment en circuit avec les téléphones et le détecteur, et 11 bobines, de 10 ohms chacune, qu'on peut intercaler par la manœuvre de la manette, M′.

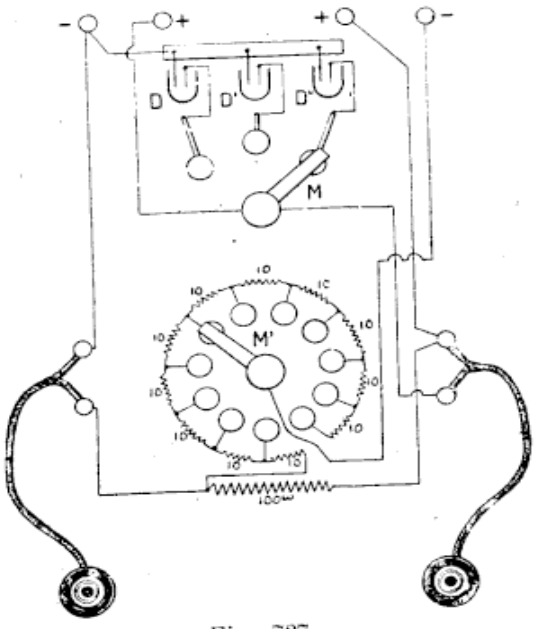


Fig. 727.

Boîte à valves, modèle militaire (1912). — Destinée à recevoir deux valves-détecteurs à deux électrodes, du modèle Holweck, analogues à celles de Fleming, de Forest, etc., (v. p. 675). Les différents organes de manœuvre sont placés sur le dessus de la boîte; à la partie arrière sont les douilles, dans lesquelles on engage des branches métalliques, constituant les prises de communications des valves; à l'avant et au milieu est un commutateur, permettant de mettre en communication avec la pile de chauffage des filaments, F (fig. 728), l'une ou l'autre des deux valves; les deux pôles de cette pile sont amenés à deux bornes placées à droite; du côté opposé sont deux autres bornes, D, recevant les deux fils des plaques, P, et du circuit de détecteur; enfin, trois commutateurs à manette servent à intercaler des résistances dans le circuit de chauffage de l'une et l'autre valve et dans le circuit commun.

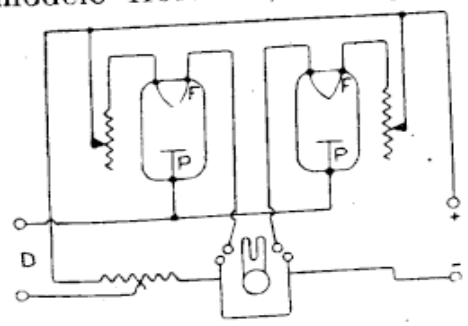


Fig. 728.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXXII

POSTES RADIOTÉLÉGRAPHIQUES

Poste récepteur, de Ferrié (1902). — Le montage est du type à *action indirecte par induction*; le transformateur de réception, aussi appelé de son nom anglais, *jigger* (résonateur), se compose d'un primaire, P (fig. 729) et de deux enroulements secondaires, dumême sens, S et S′; les oscillations induites se propagent comme le long d'une antenne, et se réfléchissent aux bornes, C et C′, du cohéreur, où elle forment, par interférence, des ventres de tension de sens contraire; les oscillations sont arrêtées, dans le reste du circuit, par la self du relais, R, et par celle de deux bobines additionnelles, *s* et *s′*.

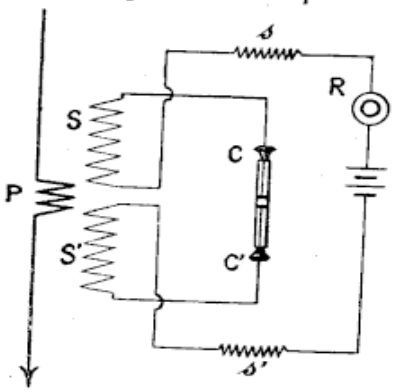


Fig. 729.

Le transformateur est enfermé dans une boîte portant six lames de cuivre, dont les encoches s'engagent sous des bornes placées à cet effet; on peut ainsi le remplacer facilement par un autre, suivant la longueur des ondes à recevoir.

Les appareils de réceptions, sauf le Morse, la sonnerie et la pile, sont placés dans une boîte blindée à couvercle mobile; celui-ci est abaissé pendant la transmission ce qui, grâce à un commutateur à trois lames, placé sur le côté gauche, a pour effet de couper automatiquement les connexions M, + et —, réunissant la boîte au Morse et à la pile (fig. 730). Cette dernière alimentant à la fois le circuit du cohéreur et celui du Morse, un potentiomètre, P′, permet d'amener aux bornes du cohé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reur la force électro-motrice qui convient, suivant la construction et les conditions d'emploi de cet instrument.

Le relais, R, est du type Claude (v. p. 412), deux shunts, de

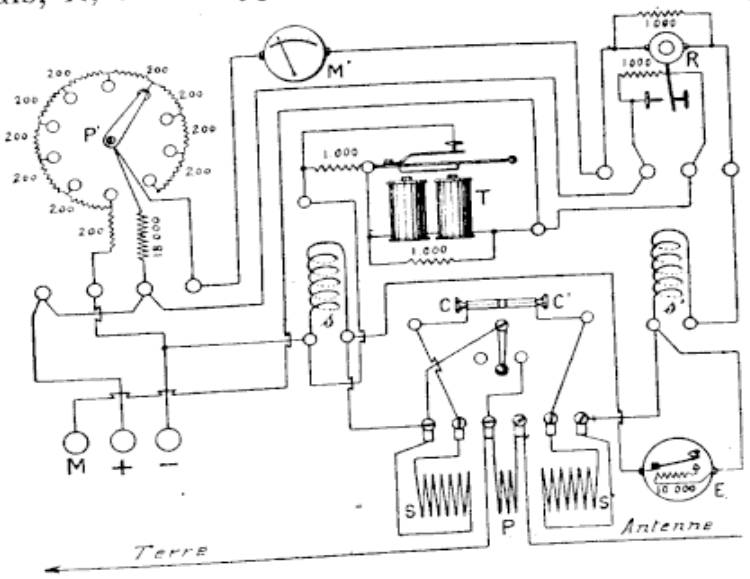


Fig. 730.

1000 ohms chacun, sont placés entre l'entrée et la sortie de la bobine et entre l'index et la butée flexible.

L'armature du décohéreur, ou *tapeur*, T, est disposée de manière que le marteau puisse venir frapper sur le cohéreur; les bobines et l'interrupteur sont shuntés de 1.000 ohms chacun; un milliampéremètre, M', est inséré dans le circuit du cohéreur; enfin, une résistance d'essai, E, de 10.000 ohms, peut être substituée au cohéreur pour le réglage du relais.

Poste récepteur, de Rochefort (1905). — Sur un même socle sont montés : le cohéreur, le frappeur et un commutateur-interrupteur automatique. Le cohéreur est soutenu par trois pinces en cuivre, supportées par une barre en ébonite, et espacées de manière que chacune d'elles embrasse l'une des électrodes (v. p. 691), les connexions des deux pinces extrêmes sont amenées par des lames de cuivre, rattachées d'autre part à des bornes, isolées de l'embase métallique; la pince du milieu est reliée électriquement à cette embase, connectée elle-même avec l'extérieur par l'intermédiaire d'un interrupteur à ressort, dont il sera question plus loin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le frappeur consiste en un électro-aimant, dont l'armature porte un appendice en laiton, taillé en équerre à son extrémité; la partie horizontale de cette équerre, soutenue par une butée réglable, se trouve, à l'état de repos, un peu au-dessous du cohéreur, contre lequel elle vient frapper lorsque l'armature est attirée. On règle la distance, entre le frappeur et le cohéreur, en faisant monter ou descendre le support de ce dernier à l'aide d'une vis à bouton moleté, taraudant dans un pont métallique. Contrairement à la disposition généralement adoptée, le frappeur n'est pas monté en trembleur et donne un seul choc au moment de la fermeture du circuit.

A la partie antérieure du socle se trouve un commutateur automatique, commandé par un commutateur d'antenne; le commutateur automatique a pour but de soustraire le cohéreur à l'action des ondes émises pendant la transmission. Il se compose d'un électro-aimant, E (fig. 731), dont l'armature, *a*, est montée sur un appendice en ébonite, pivotant entre pointes et terminé en forme de fourche : sur chacune des branches de celle-ci sont montés une mâchoire, M, et un godet, G, contenant du mercure; pour faire échec à la pesanteur, un ressort antagoniste est attaché en *r*, de l'autre côté des pivots; enfin, l'appendice porte, à sa partie antérieure, une équerre, sur laquelle est articulée la tige d'un piston, mobile dans un cylindre, C : la compression de l'air dans le piston, au moment de l'abaissement de l'armature, empêche la brusquerie du mouvement et évite la projection du mercure hors des godets.

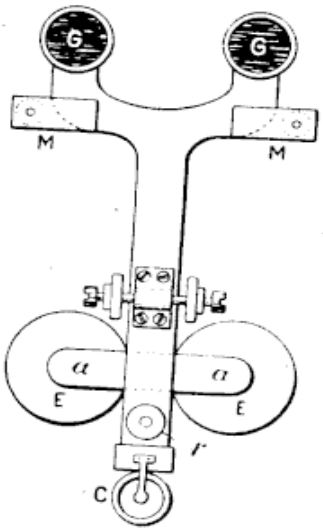


Fig. 731.

A l'état de repos, les mâchoires, M (fig. 731) se trouvent au-dessous des ressorts, R′ (fig. 732) qui s'appuient sur leurs butées respectives; les godets, G, reposent également à une petite distance des connexions recourbées, reliant les électrodes extrêmes, E, du cohéreur, aux bornes extérieures; c'est la position de réception : l'électrode médiane, E′, du cohéreur communiqué avec le circuit, D, du relais, R (v. aussi fig. 724, p. 690) par le ressort, R′, de gauche; la pile, P, avec le résonateur par celui de droite: l'index du relais est relié, par le commutateur, C, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'électro-aimant frappeur, F, et, en outre, soit au récepteur Morse, M, soit à la sonnerie, S; la sortie de ces divers appareils est rattachée au pôle négatif de la pile, P'. Lorsqu'on place le commutateur d'antenne dans la position de transmission, un courant est envoyé dans l'électro-aimant commutateur, E, dont l'armature entraîne son appendice (v. fig. 731) : les mâchoires, M, écartent les ressorts, R', de leurs butées, tandis que le mer-

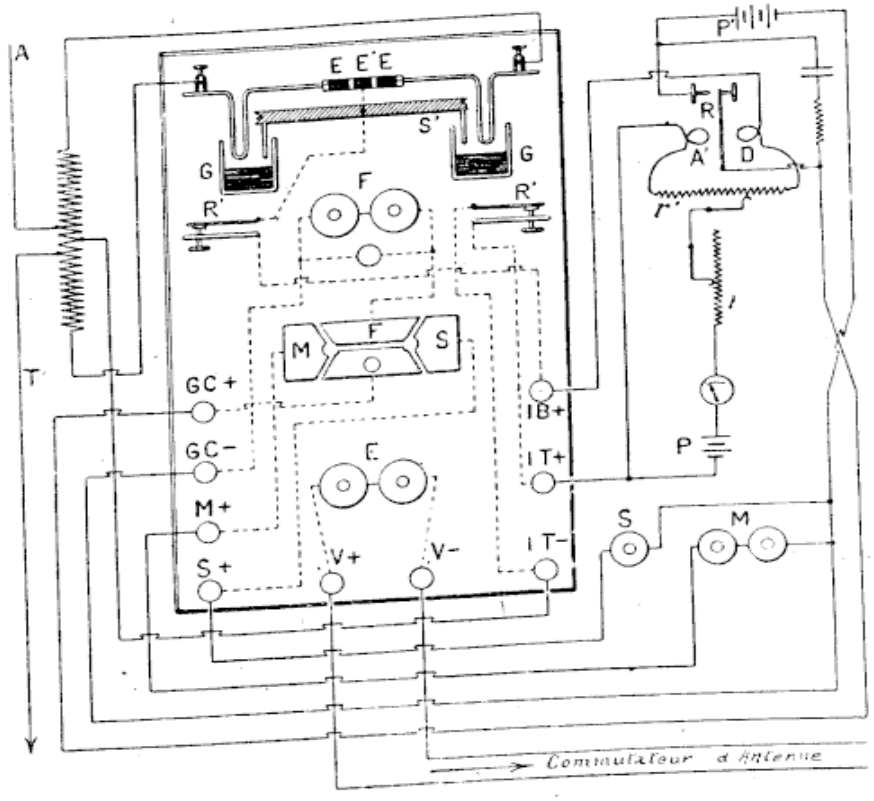


Fig. 732.

cure contenu dans les godets, G, vient baigner à la fois les connexions extrêmes du cohéreur et des tubes rattachés au socle métallique, S' : le circuit de l'électrode médiane est interrompu, tandis que les trois électrodes sont mises en court-circuit, et les choses restent en cet état jusqu'à ce que le commutateur d'antenne soit replacé dans la position de réception.

Poste récepteur portatif, de Ducretet (1910). — Destiné spécialement à recevoir les signaux horaires et autres, émis par le poste de la Tour Eiffel, par exemple pour l'unification de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'heure dans les gares de chemin de fer. Comprend, à l'arrière, une bobine d'accord à curseur, B (fig. 733) reliée en série à une seconde bobine, B', dont la sortie est rattachée à la borne de terre, T; cette dernière bobine peut être mise en court-circuit à l'aide du verrou, V. L'antenne est amenée à la borne, A, qui communique, d'autre part, avec le curseur, *c*; l'extrémité de droite de l'enroulement de B est rattachée au pivot, M, de la manette d'un commutateur à trois directions; le plot du milieu, R, est isolé et correspond à la position de repos; lorsque la manette est amenée sur le plot de droite, E, le circuit se trouve complété par une pile, P, de deux petits éléments à liquide immobilisé, un détecteur électrolytique de Ferrié (v. p. 681), D, un récepteur téléphonique, T, shunté par un petit condensateur, C', et la terre. On peut substituer au détecteur électrolytique, D, un détecteur à cristal de galène (v. p. 682) calibré pour s'adapter aux mêmes bornes; dans ce cas, la manette du commutateur est placé sur le plot de gauche, C, et la pile, P, se trouve hors circuit.

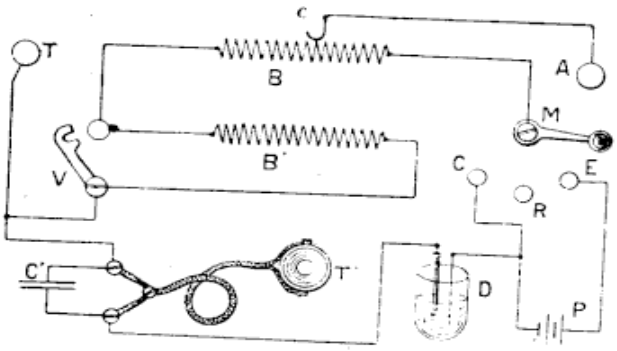


Fig. 733.

Boîte de réception, modèle militaire (1911). — Le montage, mettant en relation l'antenne et le détecteur, est celui dit « par dérivation ». La bobine est constituée par un enroulement d'une seule couche de fil, porté par un cadre en bois occupant toute la largeur intérieure de la boîte; des dérivations, établies sur les différentes spires, sont amenées aux plots de trois commutateurs, placés sur la paroi antérieure de la boîte; les deux premiers servent à brancher entre l'antenne, A (fig. 734) et la terre, T, le nombre de spires qui convient; le troisième règle également le point où est prise la dérivation allant aux détecteurs, D; deux petits commutateurs, *c* et *c'*, placés à droite et à gauche de l'avant du couvercle, permettent d'éliminer les spires non utilisées.

Les détecteurs, D, au nombre de trois, sont du modèle élec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trolytique militaire (v. p. 681), un commutateur, M′, sert à mettre l'un ou l'autre en service; un potentiomètre, P, règle la force électro-motrice auxiliaire amenée aux bornes du détecteur.

Les capacités sont fournies par trois condensateurs, C, C′,

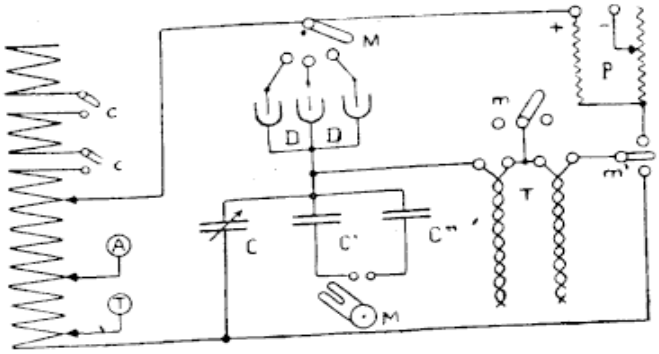


Fig. 734.

et C″, les deux derniers sont reliés, ensemble ou séparément, à la bobine par le commutateur, M; le premier C, est constitué par deux séries de plaques demi-circulaires, réunies de manière à former les deux armatures; l'une est fixe, l'autre peut pivoter sous l'action d'un bouton placé sur le dessus de la boîte, et vient engager plus ou moins ses plaques entre celles de la première série : on a ainsi un réglage aussi précis qu'on le désire; l'air est le diélectrique de ce condensateur.

Un *verrou de sécurité* permet d'isoler de la terre les circuits de réception pendant la transmission : il se compose d'un disque de laiton, pivotant autour de son centre, et maintenu dans la position de repos par un ressort, R (fig. 735); avant d'enfoncer la fiche d'antenne dans le plot, A, on doit déplacer le verrou de manière que le trou de la tige, *t*, vienne se superposer à celui de A : dans cette nouvelle position, deux petits bras métalliques réunissent les plots, T et B, reliés respectivement à la terre et à la bobine; en même temps, du côté droit, les plots, T et P, sont réunis de la même façon, et le pôle négatif de la pile auxiliaire est amené au potentiomètre. Dès qu'on retire la fiche, le verrou reprend, sous l'action de son ressort, la position indiquée

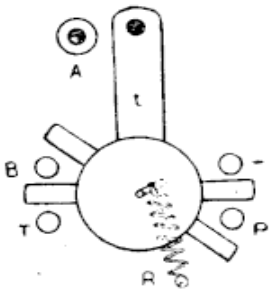


Fig. 735.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur la fig. 735, la terre et la pile se trouvent automatiquement isolées.

L'installation est complétée par deux petits commutateurs, l'un m, pour mettre hors circuit l'un ou l'autre des deux téléphones, T (fig. 734), l'autre, m', pour isoler la pile auxiliaire, lorsqu'on fait usage de détecteurs à cristaux.

Boîte de réception, modèle militaire (1914). — Sur le couvercle de la boîte et vers l'arrière sont les détecteurs électrolytiques, D (v. p. 681) mis en circuit à l'aide d'un commutateur M (fig. 736); un potentiomètre, P, règle la force contre-électromotrice. A peu près au milieu du couvercle se trouve un gros

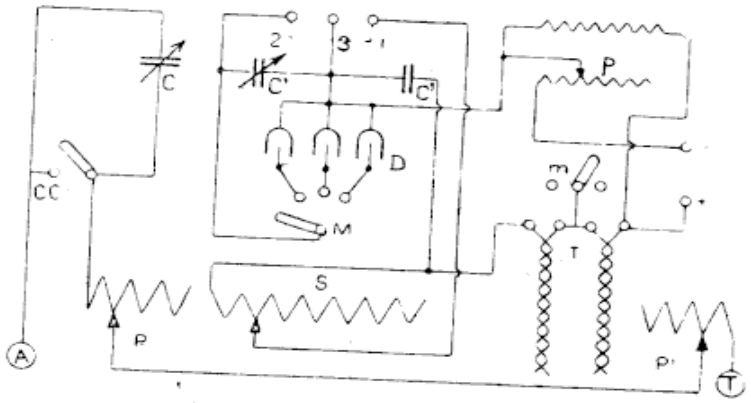


Fig. 736.

bouton servant à régler l'accouplement, qui a lieu par induction; à cet effet, la bobine primaire, p, consiste en un cylindre creux sur le pourtour duquel le fil est enroulé en une seule couche; la bobine secondaire, s, est également cylindrique, mais de diamètre plus petit, et montée sur un cadre mobile. Le bouton de réglage est solidaire d'une vis à pas très large qui, taraudant dans le cadre, permet de le déplacer verticalement : on peut ainsi introduire la bobine secondaire plus ou moins à l'intérieur de la bobine primaire. En outre, sur la paroi antérieure de la boîte se trouvent deux boutons, à l'aide desquels on fait varier le nombre des spires actives du primaire et du secondaire.

A droite et à gauche du bouton d'accouplement sont deux autres boutons, destinés au réglage des condensateurs primaire, C, et secondaire, C', construits comme dans les deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

modèles précédents ; le premier peut être mis en court-circuit par un petit commutateur, *cc*, placé tout à fait à l'avant ; du côté opposé se trouve un autre commutateur, *m*, susceptible de mettre en court-circuit l'un ou l'autre des deux téléphones, T.

Poste portatif militaire (1917). — La boîte renferme un poste complet, émission et réception, pour ondes amorties.

Le dispositif d'émission, placé à droite, est à excitation indi-

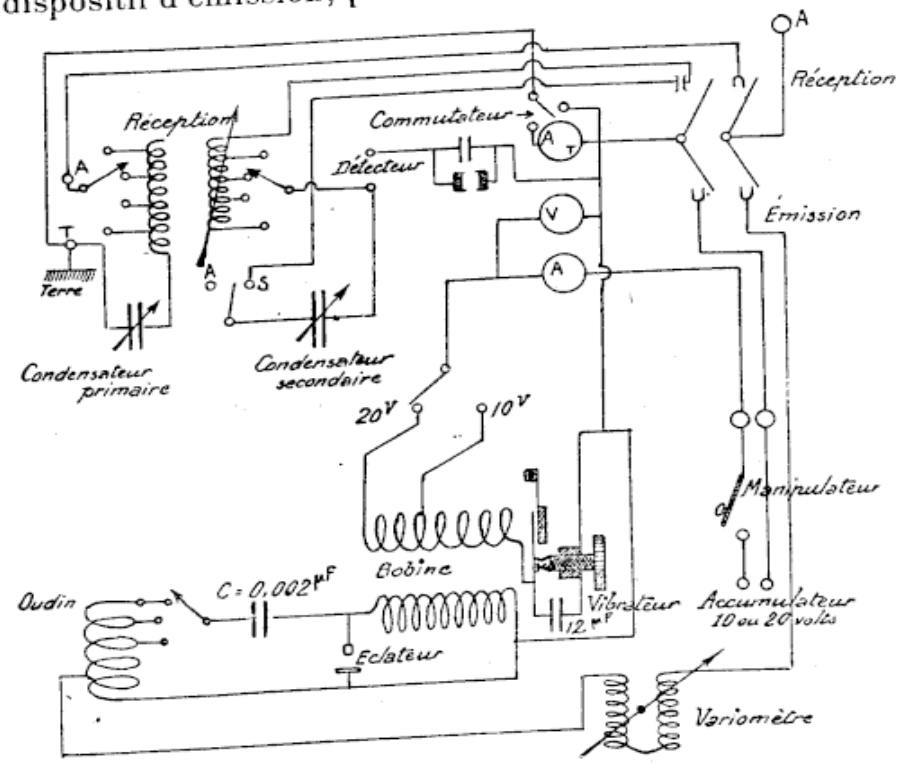


Fig. 737.

recte, avec montage de l'antenne en dérivation. Le circuit oscillant est alimenté par le secondaire d'une bobine de Ruhmkorff (fig. 737) à noyau rectiligne et à rupteur ; l'enroulement primaire comporte deux prises, permettant le fonctionnement sous 10 ou sous 20 volts, l'intensité étant de 5 ampères ; le secondaire de la bobine est relié à un condensateur, C, de 0,002 microfarad, et à une self, dont les trois prises de sortie correspondent aux longueurs d'ondes de 210, 270 et 350 mètres ; le nombre de spires communes au circuit oscillant et à l'antenne est le même pour les trois longueurs d'ondes. L'accord de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

période de l'antenne sur celle du circuit oscillant est réalisé à l'aide d'un variomètre, formé de deux bobines sphériques, l'une fixe, l'autre mobile à l'intérieur de la première. L'éclateur est du type à plateau ; deux tubes de diamètres différents permettent d'obtenir une étincelle sans arc, pour le fonctionnement du poste sous 10 volts ou sous 20 volts.

Du côté de la réception, l'accouplement a lieu à l'aide de deux bobines dont l'une, reliée à l'antenne par l'intermédiaire d'un commutateur, A, est fixe et forme un cylindre creux vertical ; l'autre est également cylindrique, mais elle est mobile sur un axe horizontal muni d'un bouton extérieur ; sa hauteur réduite permet de la déplacer à l'intérieur de la première et de lui donner toutes les positions comprises entre la verticale et l'horizontale ; ses spires sont, dans le premier cas, parallèles et, dans le second, perpendiculaires à celles de la première bobine ; enfin, chacune des deux bobines porte des prises reliées à des plots, et l'on peut ainsi mettre en jeu, dans chacune d'elles, le nombre de spires qu'on désire.

Deux condensateurs réglables sont placés respectivement sur les circuits primaire et secondaire de réception. Le poste comprend, en outre, un manipulateur et un voltmètre, V, qui indique la tension dans le circuit d'alimentation pendant la transmission ; un ampèremètre, A, gradué de 0 à 8, qui mesure l'intensité du courant absorbé, à l'émission, dans le circuit primaire de la bobine, un détecteur à galène, enfin un ampèremètre thermique, gradué de 0 à 1, indiquant l'intensité du courant qui circule dans l'antenne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES NOMS DES PRINCIPAUX SAVANTS ET INVENTEURS CITÉS DANS CET OUVRAGE

Abdank-Abakanowicz, Ingénieur-Electricien, né au Lithuanie, mort à Paris, (1852-1900) 606, 619
Aboilard (Georges), Constructeur-Electricien, mort à Paris en 1908. . 376, 616, 644
Abraham (Henri), Maître de Conférences à l'École Normale Supérieure, né à Paris en 1868 677
Ader (Clément), Ingénieur, né à Muret, en 1841. . . . . 409, 577 595
Ailhaud (François-Joseph-Fortuné), Inspecteur Général des Lignes Télégraphiques (1824-1879) 97, 106, 160, 192, 201
Amontons (Guillaume), Physicien, né à Paris (1653-1705) 5
Ampère (André-Marie), Mathématicien et physicien, né à Lyon, mort à Marseille (1775-1836). 24, 26, 29, 30 52
Ancel (Louis), Ingénieur, Constructeur d'appareils scientifiques, né en 1873 . . . 675
André, Ingénieur civil, né vers 1840. 499
Anfonso (Louis-Alfred), Chef de Station des Lignes Télégraphiques (1829-1877). 94
Anizan (Michel-Joseph), Directeur des Postes et Télégraphes, né en 1858. . . . 614
Antheaume, Physicien français du XVIII[e] siècle. 23
Arago (Dominique-François), Physicien, né à Estagel (Pyrénées-Orientales), mort à Paris (1786-1853). 27, 29, 30, 57
Arlincourt (Ludovic, Comte d'), Electricien, né et mort à Paris, (1838-1884), 131, 133, 134, 135, 183 398
Arnauné (Antoine-Pierre), Inspecteur des Postes et Télégraphes (1848-1915) . . 108
Arsonval (Arsène d'), Physicien, Membre de l'Institut, né à Laborie (Haute-Vienne), en 1851. . . . . 440, 444, 578, 599, 669
Aubry (Jules-Ernest), Contre-maître mécanicien, né et mort à Paris, (1847-1908) . 599

Backwell, mécanicien-électricien anglais, 1850. 176
Bain (Alexandre), électricien anglais (1811-1877) . . . 53, 55, 82, 141, 176, 190, 195
Barbarat (Eugène-Aimé), Inspecteur Général, Directeur de l'Office des Postes et Télégraphes de Tunisie, né en 1859. . . . . 45, 529
Barbier (E.), Ingénieur-Electricien (1831-1887) 327
Bardez (Louis), Agent Mécanicien Principal des Télégraphes, né en 1845. . 125. 356
Barlow, Professeur à l'Académie de Woolwich, né à Norwich (1780-1862) . . 24 34
Baron (Henri), Directeur des Postes et Télégraphes, né à Orly (Seine), mort à Bruxelles (1831-1900). 517
Bassompierre (Louis), Agent spécial des Lignes Télégraphiques (1849-1911) . . . 601
Baudot (Emile), Commis puis Ingénieur des Postes et Télégraphes, né à Magneux (Haute-Marne), mort à Sceaux (Seine) (1845-1903), 112, 120, 194, 243, 325, 357, 358, 405, 452, 457, 460, 464 467
Bayol (Paul-Jean-Antoine), Ingénieur en chef du service des câbles sous-marins et de l'Usine de la Seyne, né en 1853. 453
Beau (Nicolas), Contrôleur des Postes et Télégraphes, né en 1836. 488

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Beccaria (Jean-Baptiste), Professeur de Physique, né à Mondovi, mort à Turin (1716-1781). 20
Becquerel (Anthoine-César), Physicien, Membre de l'Académie des Sciences, né à Châtillon-sur-Loing, mort à Paris, (1788-1878), 24, 34, 36, 319, 330, 331, 419, 420, 422
Becquerel (Alexandre-Edmond), fils du précédent, Physicien (1820-1891) 35
Bell (Alexander-Graham), Professeur à l'Institut des Sourds-Muets de Boston, né à Edimbourg en 1847 (naturalisé américain). 571, 579, 581, 593, 620, 649
Bellini (Ettore, Adalbert), Ingénieur-Electricien, né en 1875. 666
Belz (Jules-Edmond), Inspecteur des Lignes Télégraphiques (1830-1898) 218
Bergonié (Dr. Jean-Alban), Professeur à l'Université de Bordeaux, né en 1857. . 669
Berliner (J.), Inspecteur à la « Bell Telephone Company ». 578, 604
Bernier, Contrôleur du télégraphe au chemin de fer d'Orléans, 1875. 370
Bernon (Jules), Commis Principal des Lignes Télégraphiques (1841-1912). 352
Bert (Paul) Physiologiste, né à Auxerre, mort à Hanoï (1833-1886) 578, 597
Berthon (Louis-Alfred), Directeur de la Société du Téléphone Edison, puis de la Société Générale des Téléphones, né en 1838 597
Bertsh, Ingénieur à la Société du câble transatlantique français. 344, 347
Bethenod (Joseph-Frédéric), Ingénieur-électricien, né en 1883 670
Bewis, Astronome anglais (1696-1771) 19
Biot (Jean-Baptiste), Astronome, physicien et chimiste, né et mort à Paris (1774-1862) 24, 27, 34
Bizot (Joseph) Chef de Station des Lignes Télégraphiques (1833-1909). 383
Bjoerkness (Dr. Wilhelm), Professeur aux Universités de Stockholm et de Christiania, né à Christiania, en 1862.. 677
Blanchon (Wilfrid), Chef de Bureau de l'Administration des P. T. T., né en 1864 . . . . . 361, 366
Blavier (Edouard-Ernest), Inspecteur Général des Postes et Télégraphes, Directeur de l'Ecole Supérieure de Télégraphie, né et mort à Paris (1826-1887), 41, 42, 43. 523
Blondel (André), Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Membre de l'Institut, né en 1863. . . . . 47, 661, 663, 665, 667, 669, 670, 673, 674
Blondlot (Prosper-René), Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Nancy, né en 1849 653
Blot (Georges-René), Ingénieur-électricien, à Paris. 333
Bontemps (Charles), Inspecteur-Ingénieur des Lignes Télégraphiques, né à Belfort, mort à Paris (1839-1884). 468
Bose (Mathias), Professeur de Physique, né à Leipzig, mort à Magdebourg (1710-1761) 18
Boucherie (Auguste), Médecin et chimiste, né et mort à Bordeaux (1801-1871). . 474
Boulanger (Julien-Auguste), Colonel du Génie (1850-1915). 660, 666
Bourbon (Joseph), Chef de Station des Lignes Télégraphiques (1821-1887). . . . 403
Bourbouze (G.), Professeur de physique à Paris, en 1870. 649
Bourseul (Charles), Directeur des Postes et Télégraphes, né à Bruxelles (de parents français), mort à Saint-Céré (Lot) (1829-1912). . . . 355, 356, 376, 568, 608
Bradley (John), Ingénieur anglais 116
Brahic (Adolphe-Louis), Inspecteur des Lignes Télégraphiques (1842-1913). . . . 218
Branly (Edouard), Professeur à la Faculté catholique de Paris, Membre de l'Institut, né à Amiens, en 1846. . . . . 654, 658, 672, 673, 678, 681
Bréguet (Louis), Horloger et physicien, Membre du Bureau des Longitudes et de l'Académie des Sciences, né et mort à Paris (1804-1883), 10, 32, 55, 58, 66, 67, 72, 88, 102, 117, 118, 336, 339, 369, 370, 371, 375, 379, 384, 385, 390, 394, 397, 425, 431, 450, 581 601
Breisig (Dr. F.), Ingénieur en Chef des Télégraphes à Berlin, en 1910. 47
Brenot (Paul-Jacques), Commandant du Génie, né en 1880. . . . . 661, 665, 675
Brett (Jacques), Ingénieur, né et mort à Londres (1808-1897). 129, 131
Bright (sir Charles), Ingénieur en Chef à l'Atlantic Telegraph Cº (1832-1888), 37. 338 493
Broca (Elie, André), Professeur agrégé de physique à la Faculté de Médecine de Paris, né en 1863. 677
Brunner (Emile), Constructeur d'instruments de précision, mort à Paris, en 1896. 509

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bunsen (Robert-Guillaume), Chimiste, né à Coettingen, mort à Heidelberg (1811-1899). 321, 325

Cacheleux (Alexis-Firmin), Chef de transmissions des Lignes Télégraphiques (1823-1892). 82, 91
Caël (Emile, Joseph), Directeur, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1831-1909). 488
Cailho (Sébastien-Marius), Ingénieur des Postes et Télégraphes, né en 1857. . . 622
Callaud (A.), Horloger-Mécanicien, attaché aux lignes électriques du Chemin de Fer de Paris à Nantes, mort en cette ville en 1884. . . . . 320, 323, 384, 390
Campbell (George-William), Directeur de la Cie anglaise « Telegraph Construction and Maintenance » (1822-1896) 47
Carème (Félix-François), Inspecteur des Postes et Télégraphes (1833-1914). . . . 467
Carlisle (Antony), Chirurgien et savant anglais, né près de Durham, mort à Londres (1768-1840) 319
Carpentier (Jules), Ingénieur-Constructeur, Membre du Bureau des Longitudes et de l'Académie des Sciences (1851-1921), 84, 103, 195, 253, 295, 331, 422, 435, 453, 457, 667, 668, 669, 677. 687
Cartier (Victor), Ingénieur, né à Paris, 1850. 252
Carty (John, Joseph), Ingénieur en Chef de l'American Telephone and Telegraph Cy, né à Cambridge (Mass.) en 1861. . . . . 47, 531
Caselli (Giovanni), abbé, né à Sienne, mort à Florence (1815-1891). 177, 422
Cavendish (Henri). Physicien et chimiste, né à Nice, mort à Londres 1731-1810. 319
Chaperon (Charles), Ingénieur-électricien, mort à Paris en 1903 . . . 322, 328, 580
Chappe (Claude abbé), Ingénieur, né à Brûlon (Sarthe), mort à Paris (1763-1805). 6
Charles (Charles), Directeur des Ateliers des Lignes Télégraphiques, né et mort à Paris (1836-1881) 121, 438, 439
Charles (Lucien), fils du précédent, Contrôleur des Postes et Télégraphes, né en 1874. 447
Charrière (Eugène-Edouard), Agent spécial des Lignes Télégraphiques, né en 1844. 103
Chassan (Eugène-Emile), Agent spécial des Lignes Télégraphiques, né en 1840, 107, 123 125
Chauvassaigne (Paul, Antoine), Inspecteur des Lignes Télégraphiques (1832-1911), 193 204
Clark (Latimer), Ingénieur-électricien anglais (1822-1898) 37
Clarke (Edward, M.), Ingénieur, né et mort à Londres (1815-1895) 31, 53
Claude (Georges), Ingénieur-Electricien à Paris, né en 1870 412
Clérac (Hippolyte-Louis-Guillaume), Directeur des Postes et Télégraphes, né en 1835. 575
Coincy (Léon de), Employé des Lignes Télégraphiques (1838-1879) 386
Colson (R.), Officier du Génie. 603
Cooke (William), Electricien, né Ealing (Middlesex), mort à Farnham (1806-1879), 53, 54, 64, 66, 368, 478, 480. 519
Cooper Hewitt (Peter), Docteur honoraire de la Columbia University, né à New-York, mort à Neuilly-sur-Seine (1861-1921). 591, 664
Coulomb (Charles-Augustin), Physicien, né à Angoulême, mort à Paris (1736-1806) 21, 23, 417
Courréjoles (de), Capitaine de vaisseau de la Marine française. 6
Coxe (John). Professeur de chimie à Philadelphie. 49
Crampton (Thomas, Russel), Ingénieur-mécanicien, né à Broadstairs (Kant) (1816-1888). 552
Creed, Ingénieur anglais 193, 194
Croossley (Louis-John), Ingénieur, mort à Halifax en 1891 . . . . . 577, 594
Cruikshank (William), anatomiste, né à Edimbourg (1746-1808) 318
Cuche (Emile-Alexandre), Inspecteur des lignes Télégraphiques, né à Besançon (1830-1912). 95, 373
Curie (Pierre), Physicien, né et mort à Paris (1859-1906). 442

Dalibard (Thomas-François), Physicien, né à Crannes (Maine), mort à Paris (1703-1799). 20

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Daniell (Jean-Frédéric), Physicien et chimiste, né et mort à Londres (1790-1845), 320, 322. 325
Darcq (Edouard), Directeur des Postes et Télégraphes, né en 1844 385
Daumarie (Jules), Agent-Mécanicien des Postes et Télégraphes, né en 1851 . . . 154
Davy (Marié), v. Marié Davy.
Davy (sir Humphry), Chimiste, né à Penzance, mort à Londres (1778-1829), 27, 34, 81, 244, 320 389
Decamp (Jean-Baptiste-Alfred), Inspecteur des Postes et Télégraphes, né à Paris (1837-1911). 127
Dejongh (Alphonse-Pierre), Inspecteur des Télégraphes Belges (1852-1910). . . 604
Delafon (Philippe), Ingénieur-électricien (1858-1913) 328
Delâtre (Gustave), Employé des Lignes Télégraphiques, né en 1856 354
Demeaux (Henri), Inspecteur des Lignes Télégraphiques (1831-1899). 384
Deprez (Marcel), Mathématicien et électricien, né à Aillant-sur-Milleron (Loiret), mort à Paris (1843-1918). 435, 440, 460
Deriès (Armand), Ingénieur des Postes et Télégraphes, né en 1860. 453
Devaux-Charbonnel (Xavier-Georges), Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes (1865-1919). 47, 662
Digney, Constructeur d'appareils de précision (1823-1903), 82, 95, 123, 126, 131, 190, 199 200
Dini (Urbain), Ingénieur à Paris 95
Dolbear (A.-E.), Professeur de Physique au Massachusset. 575
Dove (Henri-Guillaume), Physicien, né à Liegnitz, mort à Berlin (1803-1879). . . 31
Dubreuil (Georges), Directeur départemental des Postes et Télégraphes, né en 1867 . . . . . 297, 299
Ducretet (Eugène-Adrien), Constructeur d'instruments de précision, né et mort à Paris (1844-1915) 658, 666, 667, 668, 672, 673, 674, 679, 682, 692, 697
Duddell (William), Président de l'Institut des Ingénieurs électriciens anglais, mort à Londres (1872-1917). 664, 669, 677
Du Fay (Charles-François de Cisternay), Chimiste, né et mort à Paris (1698-1739), 18. 34
Duhamel (Jean-Pierre), Métallurgiste, né à Nicorps (Manche), mort à Paris (1730-1816). 23
Dujardin (Pierre-Anthoine), Horloger-constructeur à Lille (Nord) . 82, 85, 102, 131 138
Du Moncel (v. Moncel). . . . . .
Dupuis (Charles-François), érudit et philosophe, né à Trie-Château (Oise), mort à Is-sur-Tille (Côte-d'Or) (1742-1809) 6

Edison (Thomas-Alva), Physicien, né à Milan (Ohio) en 1847. 223, 329, 528, 575, 590, 593. 649
Ericsson (John), Ingénieur Suédois (1803-1889). 588
Estienne (Edouard-Marie), Commis Principal des Postes et Télégraphes, né à Bourg en 1831, 85 113

Faraday (Michael), Physicien et Chimiste, né à Londres, mort à Hampton-Court (1791-1867) 29, 30, 31, 32, 39, 319, 335, 562, 649
Fardely (William), Ingénieur anglais. 66, 389, 478
Farjou (Auguste), Contrôleur des Lignes Télégraphiques (1844-1892). 110, 111, 412 447
Faure (Camille), Ingénieur, mort à Paris (1841-1898) 333
Fechner (Gustave-Théodore), Physicien, né à Muskau (Prusse Orientale), en 1801, 34. 35
Feddersen, Physicien anglais, né en 1832 650
Ferrié (Gustave-Auguste), Général de Brigade, Inspecteur Général des services de la Radiotélégraphie Militaire, né en 1868. 659, 660, 661, 664, 666, 667, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 677, 680, 681. 694
Féry (Charles), Professeur à l'Ecole de Physique et de Chimie né en 1865 329
Fizeau (Hippolyte-Louis), Physicien, né à Paris, mort à Nanteuil (1819-1896). 39, 41, 425 427

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fleming (Jenkin), Professeur à l'Université d'Edimbourg, né à Stowting-Court (Kent), mort à Edimbourg (1833-1885). 592
Fleming (John-Ambrose), Professeur à l'University College, Londres, né en 1849, 47, 592, 667, 675, 676, 677, 683 693
Forest (Lee de), Ingénieur américain. 591, 667, 674, 676. 693
Fortin-Hermann (Adolphe), Ingénieur, mort à Paris, en 1902 . . . . . 529, 535
Foucault (Léon), Physicien, né et mort à Paris (1819-1868) 31, 668, 688
Fourier (Jean-Baptiste, baron), Géomètre, né à Auxerre, mort à Paris (1768-1830) 38, 330
Foy (Alphonse), Administrateur en Chef des Lignes Télégraphiques, né et mort à Paris (1797-1888). 58
Franklin (Benjamin), Physicien, né à Boston, mort à Philadelphie (1706-1790) . . 19
Fresnel (Augustin-Jean), Physicien, né à Broglie (Eure), mort à Ville-d'Avray (Seine-et-Oise) (1788-1827) 651
Froment (Gustave-Paul), Ingénieur-Constructeur d'instruments de précision, né et mort à Paris (1815-1865) . . . . . 32, 66,68, 129, 397. . 459
Fuller (Thomas), Directeur de diverses Cies anglaises de Câbles sous-marins (1832-1895). 321, 326

Gaiffe (Ladislas-Adolphe), Ingénieur-Constructeur électricien, né et mort à Paris, (1832-1887) 324, 327, 329, 667, 668, 669, 671
Galvani (Louis), Physicien et professeur d'anatomie, né et mort à Bologne (1737-1798) 21, 317
Gâti (Bela), Ingénieur supérieur des Télégraphes de Hongrie. 47
Gaugain (Jean-Mothée), Physicien, né à Sully (Calvados), mort à Bayeux (1811-1880). 29, 32, 39, 43, 419
Gauss (Charles-Frédéric), Mathématicien et astronome, né à Brunswick, mort à Goettingen (1777-1855) 53, 244, 420
Gautherot (Nicolas), Professeur, né à Is-sur-Tille (Côte-d'Or), mort à Paris (1753-1803). 319, 331
Gauthey (Marie), Bénédictin, né et mort à Châlon-sur-Saône (1732-1806) 6
Geffroy (Philippe-Pierre), Agent spécial des Lignes Télégraphiques, né en 1840. 119
Germain (Pierre), Employé des Télégraphes, né en 1850 328
Gilbert (William), Médecin particulier de la reine Elisabeth, né à Colchester (1540-1603) 17, 23
Giltay (J.-W.), Ingénieur-électricien, à Delft (Pays-Bas) 442
Gintl (Julius-Wilhelm), Directeur de la Télégraphie, à Wien, né et mort à Prague (1804-1884). 99 222
Gloesener (Michel), Professeur à l'Université de Liège, Membre puis Directeur de l'Académie des Sciences de Bruxelles, né à Haut-Charage (Luxembourg), mort à Bruxelles (1794-1876) 28
Godfroy (Fernand), Inspecteur des Postes et Télégraphes, né en 1858 . . . 410, 411
Gould (Benjamin), Astronome américain, né à Boston, en 1824. 39
Gounelle, Inspecteur des Lignes Télégraphiques, né et mort à Paris (1821-1864), 39, 41, 42, 421, 425. 427
Gower, savant anglais, mort en 1885. . . . . 528, 574, 577, 594
Gray (Elisha), Ingénieur, né à Barnesville (Ohio), mort à Newton-ville (Mass), (1835-1901) 226, 571, 573
Grey (Etienne), Physicien anglais du XVIIIe siècle. 18, 34
Grotthuss (Théodore-Christian), savant, né à Leipzig, mort à Gedduz (1785-1822). 319
Growe (William), Physicien, né à Swansea, mort à Londres (1811-1896). . 321, 331
Guerike (Otto de), Bourgmestre de Magdebourg, né en cette ville, mort à Hambourg (1602-1686). 18
Guillemin (Alexandre), Professeur de Physique et de Chimie (1822-1874) . . 39, 42
Guyot (Abel), Inspecteur des Lignes Télégraphiques, né à Vannes, mort au Hâvre (1830-1875) 78, 92, 396

Hawkesbee (Francis), Physicien anglais (1650-1709). 18
Heaviside (Oliver), Mathématicien et Physicien, Membre de la Société Royale de Londres. 45, 47, 482

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Helmholtz (Hermann, von), savant, né à Potsdam, mort à Berlin (1821-1894) . . 650
Henley (William), Membre de la Société Royale de Londres, mort en 1779 . . . 417
Henry (Joseph), Physicien, né à Albany, mort à Washington (1799-1878). 31, 32, 81. 650
Héquet (Théophile-Adolphe), Inspecteur des Lignes Télégraphiques (1833-1899), 125 403
Herodote (Joseph-Adrien), Commis des Postes et Télégraphes, né en 1860. . 85, 114
Herschel ((Jean-Frédéric-William), Astronome, né à Slough, mort à Collingwood (1792-1871). 30
Hertz (Henri-Rudolph), savant, né à Hambourg, mort à Bonn (1857-1894). 338, 651, 661, 665 671
Herz (Cornélius), Ingénieur, né à Besançon, de père bavarois, mort à Bournemouth (Angleterre) (1845-1898). 575
Highton (Edward), Ingénieur à la London and N.-W. Railway Cy. 53
Highton (Henry), frère du précédent. 53, 337
Hipp (Mathias), Horloger à Neuchâtel (Suisse) (1813-1893). 90, 391. 393
House (R.-E.), Ingénieur américain. 130, 131
Houzeau (Louis-François), Contrôleur des Lignes Télégraphiques (1838-1909). . 467
Hughes (David), Physicien, né à Londres, mort aux États-Unis (1831-1900). 25, 143, 355, 401, 436, 482, 576, 588 654
Hultmann, Ingénieur suédois 482, 530, 531
Humblot (Pierre-Césaire), Contrôleur à l'École Supérieure de Télégraphie (1835-1885). 460
Hunning (Henry), pasteur anglais 578

Jackson (Charles), Chimiste, né à Plymouth (Massachussets), mort à Somerville (1805-1880) 80
Jacobi (Charles-Gustave-Jacob), Mathématicien, né à Potsdam, mort à Berlin (1804-1851) 28, 36, 331, 421, 519
Jacot (Joseph-Eugène), Contrôleur des Postes et Télégraphes (1835-1908). 547
Jacquez (Ernest), Bibliothécaire de l'Administration des Postes et Télégraphes (1841-1899). 441
Jégou (Paul-Francis), Ingénieur (1883-1917) 675
Joly (Amédée), Directeur divisionnaire des Lignes télégraphiques (1824-1889), 131, 136. 192
Joly (Louis), Ingénieur-électricien, à Paris, né en 1879. 677
Joly (Maurice), Ingénieur civil, à Paris (1882-1911) 670
Jordery (C.), Ingénieur à Paris 183
Joule (James-Prescott), Physicien, né à Salford, mort à Manchester (1818-1889), 28, 35 517

Kelvin (Lord), v. Thomson (sir William).
Kennelly (Arthur-Edwin), Professeur à la « Harvard University », né à Bombay en 1861 47
Kirchhoff (Gustave-Robert), Physicien, né à Kœnigsberg, mort à Berlin (1824-1887). 35, 42
Knight, Physicien anglais du XVIIIe siècle. 23
Koch (Emile), Agent-Mécanicien des Postes et Télégraphes, né en 1872 . . 156, 158
Krarup (Carl-Emil), Ingénieur en Chef des Télégraphes Danois, né à Copenhague (1872-1909). 46, 482, 530

Laborde (Abbé), savant électricien du XIXe siècle. 224, 568
Lacour (Dr Paul), Sous-Directeur du Bureau météorologique de Copenhague, né à Sajaersoe (Danemark) (1846-1908). 225, 308, 309
Lagarde (Joseph), Ingénieur des Télégraphes (1830-1898). 481, 488, 529
Lair (César), Inspecteur Général des Lignes Télégraphiques (1808-1885). . . 11, 559
Lalande (Félix de), Ingénieur civil, mort en 1921. . . . . 322, 328, 609
Lambrigot, Chef de transmissions des Lignes Télégraphiques (1829-1907). 92, 179, 193. 204

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Laplace (Pierre-Simon, marquis de), Mathématicien et astronome, né à Baumont-en-Auge (Calvados), mort à Paris (1749-1827). 27, 320
Lapparent (Albert-Auguste, de), Géologue, né à Bourges, mort à Paris (1839-1890). 475
La Presle (Guillaume de Sauville de), Employé des Lignes Télégraphiques, né en 1844. 122
Latimer Clark, v. Clark.
Latour (Marius), Ingénieur, né en 1867. 626
Laurent-Cély (François), ex-employé au télégraphe de la Cie P.-L.-M., né à Combronde (Puy-de-Dôme) en 1843. 333
Lauritzen (Séverin), Ingénieur à la Grande Compagnie des Télégraphes du Nord, né à Assens (Danemark) en 1850 215
Lavoisier (Antoine-Laurent), Chimiste, né et mort à Paris (1743-1794). 320
Lecat (Claude-Nicolas), Chirurgien, né à Blérancourt (Aisne) (1700-1768). 19
Leclanché (Georges), Ingénieur-électricien à Paris 322, 327
Le Grand (Emile-Marie), Contrôleur des Postes et Télégraphes, né en 1862. 310, 414
Lemonnier (Louis-Guillaume), Médecin et physicien, né à Paris, mort à Montreuil (1717-1799) 20
Lemonnier (Paul), Constructeur-Electricien, mort à Paris (1837-1894). 460
Le Moyne (Charles-Camille), Directeur divisionnaire des Lignes Télégraphiques (1829-1904). 374
Lenoir (Etienne), Ingénieur, né à Mussy-la-Ville, mort à la Varenne-Saint-Hilaire, (1822-1900). 180
Lenz (Henri-Frédéric), Physicien russe, né à Dorpat (Livonie), mort à Rome, (1804-1885). 28, 31, 35, 36, 419
Le Sage (Georges-Louis), Professeur de mathématiques, né et mort à Genève (1724-1803). 49
Leseurre (Jules-Emile), Inspecteur des Lignes Télégraphiques, né à Boesse (Loiret), mort à Paris (1828-1864). 11
Linguet (Simon-Nicolas-Henri), Avocat, né à Reims, mort à Paris (1736-1794). . 6
Lippens, Horloger à Bruxelles. 369
Lodge (sir Oliver-Joseph), Professeur de physique à l'University College de Liverpool, né à Penkull, en 1851. . . . . 338, 652, 657, 662, 667, 674
Lomond, Mécanicien français du XVIIIe siècle. 49
Lorain (Pierre-Adolphe), Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes, né en 1859. 500

Magne (Jacque-Antoine-Fernand), Inspecteur des Postes et Télégraphes, né en 1863. 667
Magrini (Dr Luigi), Professeur de Physique, né à Udine, mort à Florence (1802-1878). 341
Maiche (Louis-Eugène), Ingénieur civil, né au Mans en 1843 . . . . . 578, 599
Mandroux (Louis-Victor), Inspecteur des Postes et Télégraphes, né à Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise) (1843-1913). 146, 160, 358, 403, 640, 645
Marconi (Guglielmo), Ingénieur-électricien, né à Bologne en 1874. . 657, 660, 670, 671 673
Marié Davy (Edme-Hippolyte), Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, né à Clamecy, mort à Dornecy (1820-1893). 324
Marqfoy, Ingénieur à la Compagnie des Chemins de Fer du Midi 190, 197
Mascart (Eleuthère-Elie-Nicolas), Physicien et météorologiste, né à Quarouble (Nord), mort à Poissy (1837-1908). 32, 440
Massin, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes, né en 1857. 615
Masson (Antoine-Philibert), Professeur de Physique, né à Auxonne (Côte-d'Or), mort à Paris (1806-1858). 31, 32, 341
Maxwell (James-Clerk), Physicien, né à Edimbourg, mort à Cambridge (1831-1879), 25, 33 651
Meidinger (Henry), Professeur à l'Universi[illegible] de Heidelberg, né à Francfort, mort à Berlin (1831-1905). 320, 323
Meissner, professeur à l'Université de Brunswick. 337
Melloni (Macédoine), Physicien, né à Parme, mort à Portici (1798-1854). . 331, 418
Mercadier (Ernest), Ingénieur des Lignes Télégraphiques, né à Montauban, mort à Paris (1836-1911). 226, 578, 580, 605, 614
Mercier (Paul-François), Agent spécial des Lignes Télégraphiques (1833-1908). . . 356
Meyer (Bernard), Contrôleur des Lignes Télégraphiques, né à Maizéville (1830-1884),

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

182, 193, 216, 235, 237. 397
Minotto (Giovanni), Sous-Directeur des Télégraphes de Sardaigne, né et mort à Venise (1803-1869) 320, 324
Mitchel, Electricien et Physicien américain 39
Moncel (Théodore-Achille-Louis, Comte du), Ingénieur-Conseil de l'Administration des Lignes Télégraphiques, né à Caen, mort à Paris (1821-1884). 28, 32, 418, 569 588
Montagnole (Joseph), Chef de Transmissions des Lignes Télégraphiques (1834-1877). 346
Montgomery (Dr), Chirurgien à Singapore 562
Montillot (Philippe-Louis), Inspecteur des Postes et Télégraphes (1839-1905). . . 610
Morse (Samuel), Peintre et Physicien américain, né à Charlestown (Massachussets), mort à Poughkeepsie (1791-1872). 80, 82, 649
Mouilleron, Constructeur d'instruments de précision à Paris en 1860. . 126, 130, 342, 390 451
Mourlon (Charles), Directeur de la Cie de Télégraphie internationale, Bruxelles, 1889. 620
Muirhead (John), Ingénieur anglais (1807-1885). 84
Muirhead (Alexandre), fils du précédent (1848-1920) 663, 667, 674
Muller (H.-W.), Physicien anglais, Membre de la Société Royale de Londres. . . . 28
Murray (Donald), Ingénieur, né à Invercargill (Nouvelle-Zélande) en 1865. 84, 194, 297
Muschenbroek (Pieter van), Professeur de Mathématiques et de Physique, né et mort à Leyde, (1692-1761). 19

Newton (Isaac), Mathématicien anglais, né à Woolsthorpe (Lincoln), mort à Londres (1642-1727). 18
Nicholson (William), Chimiste et Physicien, né et mort à Londres (1763-1815). . 319
Nobili (Léopold), Physicien, né à Reggio, mort à Florence (1784-1835). 30, 331, 419
Nollet (Abbé Jean-Antoine), Physicien, né à Pimprez (Oise), mort à Paris (1700-1770). 19, 417

Ochorowicz (Dr Jules), Ingénieur à Paris 602
Oepinus (Ulrich-Théodore), Physicien, né à Rostock, mort en Livonie (1724-1802). 23. 29
Oerstedt (Hans-Christian), Physicien, né à Rudkjoeping, mort à Copenhague (1777-1851). 26, 330, 418
Ohm (Georges-Simon), Physicien, né à Erlangen, mort à Munich (1787-1854). 34, 35, 38, 39 42
Olsen, Mécanicien à Christiania 161, 193
Oudin (Paul-Marie), Docteur-médecin, né à Epinal, en 1851. . . . . 662, 669, 689
O'Saughnessy (Dr), Superintendant général des Télégraphes Indiens, 1839. 551

Page (Charles), Professeur au Medical College de Washington, né à Salem (Mass.) (1812-1855). 31, 567
Parment, Fonctionnaire des Postes et Télégraphes. 173
Pasquet (Louis), Secrétaire général des Postes et Télégraphes, né en 1867. 613, 617
Pellat (Henri), Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris (1850-1909). 443
Pellier (Jean-Charles-Athanase), électricien, né à Ham (Somme), mort à Paris (1785-1845) 330, 418, 423
Pépin-Malherbe (Joseph-Gustave), Agent spécial des Lignes Télégraphiques, né en 1842 517
Petit (Gaston-Emile), Ingénieur des Postes et Télégraphes, né en 1877. 231, 664, 670 671
Pétritsch (Ernest-Félix), Ingénieur supérieur des Télégraphes à Wien en 1910. . 47
Phelps (Georges-M.), Ingénieur à la Western Union Cy, New-York. 168
Picard (Pierre), Inspecteur des Postes et Télégraphes, né à Grenoble, mort à Massy-Palaiseau (Seine-et-Oise) (1853-1910). 232, 251, 291, 307, 413, 414, 455. 623
Pickard (G.-W.), Ingénieur américain. 675
Pixii (Hippolyte), Constructeur d'instruments de physique, à Paris 31
Planté (Gaston), Physicien et Professeur, né à Orthez, mort à Paris (1834-1889). 332
Pleijel (A.), Chef des essais techniques, à Stockholm. 47

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Poggendorff (Jean-Chrétien), Physicien et chimiste, né à Hambourg, mort à Berlin (1796-1877) 36, 321, 331, 419
Poincaré (Jules-Henri), Mathématicien, né à Nancy, mort à Paris (1854-1912). 46, 653 665
Poisson (Siméon-Denis), Mathématicien, né à Pithiviers (1781-1840). . . 21, 24, 38
Pollak (Anton), Ingénieur hongrois 194
Pollard (Jules-Ambroise), Ingénieur des constructions navales, à Cherbourg (1852-1915). 600
Popoff (A.-S.), Ingénieur russe, Professeur à l'Ecole des torpilles de Cronstadt 657, 673
Porentru (Auguste-Eugène), Employé des Lignes Télégraphiques, né en 1835 . . 126
Pouget-Maisonneuve (Alexandre-Louis), Inspecteur des Lignes Télégraphiques (1824-1898). 60, 82, 89, 91, 342
Pouillet (Claude), Physicien, né à Cuzance (Doubs), mort à Paris (1790-1868). 34, 36, 82, 85, 331, 419, 420. 423
Poulsen (Dr Valdemar), Ingénieur à la Société des Téléphones de Copenhague, né en cette ville en 1869. . . . . 664, 671
Preece (William Henry), Vice-Président de la Société des Ingénieurs Télégraphiques de Londres, né à Carnavan, mort à Londres (1834-1913). . . 28, 569, 649
Priestley (Joseph), Chimiste et Physicien, né à Fieldhead, mort à Northumberland (1793-1804). 20, 34
Pupin (Dr Michaël J.), Professeur de physique à la « Colombia University » U. S. A., né en Hongrie, de parents serbes, en 1858. . . . . 46, 482, 531

Radou (Louis-Henri), Employé des Lignes Télégraphiques (1831-1889). 343
Rault (Jean-Marie), Inspecteur des Lignes Télégraphiques, né en 1844. 107, 123, 125
Ravasse (Marie-Léon), Inspecteur des P. T. T., né en 1854 512
Raynaud (François-Edmond-Jules), Ingénieur des Postes et Télégraphes, né à Trans (Var), mort à Paris (1843-1888). 28, 44
Reid (James D.), Ingénieur américain. 337
Reis (Philippe), Physicien, né à Gelnhausen (1834-1874). 420, 424, 569
Riess (Pierre-Théophile), Professeur à l'Université de Berlin, né et mort à Berlin (1805-1883). 29
Righi (Augusto), Professeur à l'Université de Bologne, né et mort en cette ville (1850-1920). 660
Rive (Auguste-Arthur de la), Professeur de Physique à l'Académie de Genève, né en cette ville, mort à Marseille (1801-1873). 24, 27, 31, 322, 368, 567
Rive (Lucien de la), Mathématicien, fils du précédent, né à Genève, en 1834. 419, 653
Robichon (Noël-Jean-Gabriel), Directeur départemental des Postes et Télégraphes, né en 1855. 415
Rochefort-Luçay (Octave de), Ingénieur électricien à Paris. 667, 669, 672, 673, 689, 690, 691 695
Ronalds (Sir François), Physicien, né et mort à Londres (1788-1873) 49, 519
Rouvier (Joseph-Antoine), Directeur divisionnaire des Lignes Télégraphiques (1825-1885). 233
Rowland (Henry A.), Physicien, mort à Baltimore (1848-1901) 309
Ruhmkorff (Henri-Daniel), Ingénieur-Constructeur d'instruments de Physique, né à Hanovre, mort à Paris (1803-1877). 32, 324, 452, 687

Sabine (Robert-H.), Ingénieur-Electricien, né à Dorchester, mort à Richemond (1837-1884). 435
Sambourg (Louis-Charlemagne), Inspecteur des Lignes télégraphiques (1829-1898), 118 391
Sarasin (Edouard), Physicien génevois (1843-1917). 653
Sarrazy (Jean-Baptiste), Employé des Lignes Télégraphiques (1831-1879). 343
Sautter (Gaston), Ingénieur-constructeur à Paris, mort en 1907. 460
Savart (Félix), Physicien, né à Mézières, mort à Paris (1791-1841). 27
Schaeffer (Xavier), Ingénieur des Lignes Télégraphiques (1857-1890). 109
Schilling (baron), Conseiller d'État russe, Ambassadeur de Russie à Munich. 18, 52
Schils (Julian), Inspecteur des Postes et Télégraphes, né en 1861. 158

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Schweigger (Salomon-Christophe), Physicien et chimiste, né à Erlangen, mort à Halle (1779-1857). 28, 50, 418
Seebeck (Jean-Thomas), Physicien, né à Reval, mort à Berlin (1770-1831). . . 30, 330
Seligman-Lui (Gustave), Inspecteur Général des Postes et Télégraphes (1855-1915), 442 563
Siemens (Ernest-Werner de), Ingénieur, né à Lenthe, mort à Berlin (1816-1892). . 31, 37, 42, 43, 66, 69, 73, 82, 92, 94, 98, 100, 130, 131, 153, 192, 195, 223, 299, 338, 342, 353, 369, 372, 389, 393, 477, 520, 562, 574. 595
Siemens (William), Ingénieur, naturalisé anglais, né à Lenthe (Hanovre), mort à Londres (1823-1883). 96
Sieur (Jules-Xavier-Eugène), Chef de station des Lignes télégraphiques (1838-1913). 223, 231, 401, 414, 583, 601, 630, 638. 642
Slaby (Adolf), Professeur à l'Université technique de Berlin, né et mort en cette ville (1849-1913) 677, 680
Smith (Willoughby), Ingénieur, né à Yarmouth, mort à Eastbourne (1828-1891). . 552
Soemmerring (Samuel-Thomas de), Physicien, né à Thorn (1755-1830). . . 49, 551
Stearns (Joseph-Barker), Président de la « Franklin Telegraph Cy » à Boston, né à Weld (Maine), mort à Camdem (Maine) (1831-1895). 223
Steinheil (Charles-Auguste), Electricien, né à Ribeaupierre (Alsace), mort à Munich (1801-1870). 53, 80, 336, 389
Stöhrer (Emile), Mécanicien à Leipzig vers 1850. . . . . 31, 39, 66
Stroh (Augustus), Ingénieur au Post-Office de Londres (1827-1914). 402

Terral (Auguste-Paul), Agent spécial des Lignes télégraphiques, né en 1842. 146, 158
Terrin (Marius-Théophile), Chef de Centre de Dépôt des Postes et Télégraphes, né en 1855. . . . . 219, 220
Tesla (Nicolas), Physicien, né à Smiljan (Croatie), en 1856 . . . . . 650, 669
Testu (Hyacinthe), Agent-mécanicien des Postes et Télégraphes, né en 1845. . . . 608
Thalès, de Milet, Philosophe grec, l'un des Sept Sages (640-548) avant J.-C. . . . 17
Thompson (Silvanus-Phillips), Electricien, né à York, mort à Londres (1851-1917). 47
Thomson (Lord Kelvin, sir William), Physicien, né à Belfast, mort à Londres (1824-1907). 25, 33, 37, 38, 41, 42, 43, 45, 84, 97, 418, 432, 433, 446, 554. . 650
Tissot (Camille), Capitaine de frégate de la Marine française (1868-1917). 659, 664, 667, 673, 675. 677
Tosi (Alexandre), Ingénieur-électricien, né à Modena (Italie) en 1866. 666
Trouvé (Gustave), Ingénieur-électricien, né à la Haye-Descartes (Indre-et-Loire), mort à Paris (1838-1902). 121
Trowbridge, Professeur au Collège américain Harward. 649
Turpain (Albert), Professeur de physique à la Faculté des Sciences de Poitiers, né à La Rochelle en 1867. . . . . 653, 668, 677

Vaes (J.-F.), Fonctionnaire des Télégraphes hollandais. 102
Valbreuze (Robert de), Ingénieur-électricien, né à Paris en 1877. . . . . 664, 671
Vallée (Désiré-Théophile), Chef-surveillant des Lignes Télégraphiques, né en 1834. 516
Van Deth, Ingénieur à la Compagnie Industrielle des Téléphones. 540
Van Rysselberghe (François), Météorologiste à l'Observatoire royal de Bruxelles (1847-1893). 482, 622
Varley (Cromwell), Ingénieur-électricien, né à Kentish-Town, mort à Bexley-Heath (1828-1883). 107, 231, 337, 570 654
Varley (Samuel-Alfred), frère du précédent (1831-1921). 53, 389, 654
Vaschy (Aimé), Ingénieur des Postes et Télégraphes, né à Thone (Savoie), mort à Tournon (1857-1899). 44, 482, 530
Virag (Joseph), Ingénieur, né à Foldvar (Hongrie), mort à Budapest (1870-1901). 194
Voisenat (Jules-François), Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes, né en 1859 . . . . . 338, 339, 348. 667
Volta (Alexandre), Physicien, né et mort à Côme (1754-1827). . . 22, 29, 317, 417
Vorsselmann (de Heer), Physicien hollandais 35, 50

Wagner (J.-P.), Constructeur-mécanicien à Francfort-sur-Mein. 368
Walker (Charles), Electricien, né et mort à Londres (1812-1883) 39

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Wall, Médecin anglais du XVIII[e] siècle. 18
Watson (William), Médecin, né et mort à Londres (1710-1787). 19
Watt (James), Ingénieur anglais, né à Greenock (1736-1819). 141
Webb (E. March), Ingénieur à la C[ie] Silvertown, mort en 1916. 434
Weber (Wilhelm-Edouard), Professeur à l'Université de Goettingen (1804-1891). 25, 31, 53, 244, 419, 420 425
Wheatstone (Charles), Physicien, né à Glocester, mort à Paris (1802-1875). 36, 38, 52, 53, 54, 57, 58, 64, 66, 67, 74, 81, 128, 131, 191, 193, 205, 210, 370, 388, 393, 421, 450, 480, 519. 551
Wiedemann (D[r] G.), Professeur à l'Université de Leipzig, né à Berlin, mort à Leipzig (1826-1899). 441
Willot (Joseph), Inspecteur Général des Postes et Télégraphes, né en 1848, 242, 408 411
Winkler (Johann-Henrich), Professeur de philosophie et de physique, né et mort à Leipzig (1703-1770). 18
Winterer (Eugène), Inspecteur des Postes et Télégraphes, né en 1866. 530, 544, 549
Wollaston (William-Heyde), Physicien et Chimiste, né à East-Dercham, mort à Londres (1766-1826). 35, 318, 322

Zamboni (Giuseppe), Professeur de Physique au lycée de Vérone (1776-1846). . 322

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES PORTRAITS

Ampère 26
Arago 27
Baudot. 244
Becquerel 320
Bell (Graham) 571
Blavier. 41
Blondel 663
Bourseul. 569
Branly. 655
Bréguet 58
Chappe 7
Coulomb. 23
Davy (Humphry). 35
Edison. 575
Elisha Gray 573
Faraday 29
Ferrié. 659
Foucault. 31
Franklin. 19
Galvani. 21
Gaugain 40
Gounelle. 42
Gray (Elisha). 573
Hughes 143
Marconi 658
Maxwell. 651
Mercadier 226
Meyer 235
Morse. 81
Œrstedt. 26
Picard (Pierre) 251
Planté. 332
Poincaré (Henri) 46
Priestley. 20
Raynaud. 44
Reiss 570
Rouvier 233
Thomson (sir William). 33
Vaschy 45
Volta 22
Wheatstone 38

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE. 1

PREMIÈRE PARTIE

TÉLÉGRAPHIE OPTIQUE

I. — SYSTÈMES DIVERS

Historique. 5
Télégraphe de Chappe. 6
— de Bréguet et Bétancourt 10
Télégraphe de nuit. 11
Héliographes de Leseurre 11
Appareils militaires. 14
Héliographe de campagne. 14
Pistolet lance-fusée 15
Lanterne de signaleur 15
Projecteur de signaleur 15

DEUXIÈME PARTIE

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

II. — HISTORIQUE

Electricité. 17
Magnétisme 22
Electro-magnétisme 26
Induction 28
Lois des courants, propagation, etc. 34
Systèmes télégraphiques 49

III. — APPAREILS A AIGUILLES AIMANTÉES

Historique. 52
Appareil de Cooke et Wheatstone. 54
— de Bréguet 55
Appareil de Péring 55
— d'après Bain 55

IV. — APPAREILS FRANÇAIS

Historique. 57
Appareil de Foy et Bréguet. . . . 58
Poste de Pouget-Maisonneuve . . 60
Appareil à trois indicateurs. . . . 62

V. — APPAREILS A CADRAN

Historique. 64
Appareil de Bréguet 67
Manipulateur automatique de Froment 68

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareil de Siemens. 69
Poste portatif de Bréguet. 72
Récepteur de Bréguet 72
Appareil de Siemens. 73
— de Wheatstone 74
— d'Abel Guyot. 78

VI. — APPAREIL MORSE ET SIMILAIRES

Historique. 80
Transmetteur de Dujardin 85
Appareil de Pouillet 86
Récepteur à pointe sèche de Bréguet. 88
Manipulateur de Bréguet. 88
— de Laurenz-Bob. . . 89
Récepteur de Pouget-Maisonneuve. 89
Poste portatif de Hipp. 90
Récepteur de Cacheleux 91
Manipulateur de Pouget-Maisonneuve. 91
Transmetteur à frotteur 92
Bobine d'induction de Siemens. . 92
Récepteur à déclanchement automatique, de Guyot. 92
Récepteur à déclanchement automatique, d'Anfonso 94
Manipulateur à courant de repos de Siemens 94
Récepteur de Dini. 95
— de Digney. 95
— à déclanchement automatique, de Cuche . . 95
Récepteur à déclanchement automatique, de Siemens. 96
Crayon-manipulateur d'Ailhaud . . 97
Manipulateur inverseur de Thomson 97
Récepteur de Siemens 98
Manipulateur pour courant continu. 98
Récepteur de Gintl. 99
Manipulateur à courant de repos de Siemens 100
Récepteur allemand 101
Manipulateur pour duplex, de Vaes. 102
— magnéto-électrique de Bréguet. 102
Manipulateur magnéto-électrique, de Dujardin 102
Récepteur de Charrière. 103
Enregistreur à siphon, de Carpentier 103
Manipulateur, modèle des Ateliers. 105
Récepteur d'Ailhaud. 106
Manipulateur à décharge, de Leydier. 106
Manipulateur inverseur, de Varley. 107
Récepteur de Rault et Chassan . . 107
Manipulateur inverseur d'Arnauné. 108
— allemand. 108
— à décharge de Schæffer. 109
Récepteur modèle de 1889 110
Manipulateurs à décharge de Farjou 110
Manipulateur de Baudot 112
— allemand. 112

APPAREILS A DEUX STYLES

Appareil Estienne 113
— Hérodote. 114

PARLEURS, APPAREILS MILITAIRES ET DIVERS

Parleur-relais de Bradley. 116
Parleur de Bréguet 117
— indicateur de Sambourg 118
— anglais 119
— à indice de Geffroy. . . . 119
— à indice des Ateliers. . 119
— de Baudot. 120
— polarisé allemand. 120
— militaire de Trouvé. . . . 121
— à noyau mobile de Charles 121
— militaire de Vinay 122
— militaire de la Presle. . . 122
Poste de Rault et Chassan 123
— de Digney. 123
Récepteur électro-moteur de Bardez. 125
Electro-aimants divers 125
Modérateurs de vitesse. 126

VII. — APPAREILS IMPRIMEURS

APPAREILS IMPRIMEURS A ÉCHAPPEMENT

Historique. 128
Appareil de Wheatstone 131
— de Baillehache et Hayet 132
— de d'Arlincourt. 133
— de Joly. 136
Appareil de Dujardin 138
— de Higgins. 139

APPAREILS IMPRIMEURS A MOUVEMENT SYNCHRONIQUE

Historique. 140
Appareil Hughes. 143

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Régulateur Siemens 153
— Daumarie. 154
— des ouvriers mécaniciens. 155
— de Koch 156
Appareil Hughes en aluminium. . 158
— Hughes duplex de Terral. 158
Appareil Hughes pour câbles sous-marins, d'Ailhaud et Mandroux 160
— Olsen 161
— Phelps. 168
— Parment 173

VIII. — APPAREILS AUTOGRAPHIQUES

Historique. 176
Appareil Caselli 177
— Lenoir 180
— Meyer 182
Appareil d'Arlincourt 183
Télautographe Jordery. 185
— anglais 187

IX. — TRANSMISSION AUTOMATIQUE

Historique. 189
Appareil de Bain. 195
— de Marqfoy-Garnier. . . 197
Perforateurs de Digney 199
Transmetteur de Digney 200
— Morse d'Ailhaud . . 201
— Morse de Payant . 204
Poste automatique de Chauvassaigne et Lambrigot. 204
Système Wheatstone. 205
Manipulateur-inverseur Wheatstone 210
Perforateur à levier de Goodspeed et Foot 212
Perforateur à clavier de Goodspeed et Foot 213
Transmetteur Goodspeed et Foot. 214
Ondulateur Lauritzen 215
Appareil de Meyer. 216
Perforateur de Belz et Brahic . . 218
Perforateurs à clavier de Terrin. 219

X. — TRANSMISSIONS SIMULTANÉES

Historique. — Duplex, diplex, quadruplex 222
— Transmissions simultanées par courants ondulatoires 224
Système Mercadier. 226
Historique. — Courants vibrés et courants continus. 231
Système Pierre Picard. 232

XI. — TRANSMISSION MULTIPLE

I. — SYSTÈME ROUVIER

Historique. 233

II. — SYSTÈME MEYER

Historique. 235
Installation sextuple 237

III. — SYSTÈME BAUDOT

Historique. 243
Manipulateurs 253
Traducteur à combinateur électrique 259
Traducteurs mécaniques 261
Retransmetteurs automatiques . . 269
Installation quintuple. 271
— quadruple à plateau horizontal 276
Installation double à 5 couronnes. 279
Installation double à 6 couronnes. 280
— quadruple à deux plateaux. 282
Régulateurs de vitesse. 284
Modérateurs de vitesse. 289
Installations Baudot-Picard pour câbles sous-marins. 291
Transmission automatique 295

IV. — SYSTÈMES DÉRIVÉS DU BAUDOT

Historique. 297
Système Baudot-Dubreuil 299
— de la Western-Electric Cy 301

V. — SYSTÈMES DIVERS

Historique. 308
Système Hughes multiple Le Grand. 310

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TROISIÈME PARTIE

APPAREILS ACCESSOIRES

XII. — PILES ET ACCUMULATEURS

PILES HYDRO-ÉLECTRIQUES

Historique. 317
Pile de Volta et ses dérivées. . . 322
— de Daniell et ses dérivées. . 322
— à acide dépolarisant. 325
— à oxyde dépolarisant. 327
Piles diverses. 329

PILES THERMO-ÉLECTRIQUES

Historique. 330

ACCUMULATEURS

Historique. 331
Accumulateurs divers 333

XIII. — PARATONNERRES

Historique. 335
Paratonnerre à peigne, de Bréguet. 339
— à bobine 340
— à pointes mobiles . . 341
— à alcool, de Masson . 341
— à cylindre, de Magrini. 341
— de Pouget-Maisonneuve 342
— de Mouilleron . . . 342
— à peigne et à lame isolante. 342
— de Siemens. 342
— américain. 343
Paratonnerre avertisseur, de Radou. 343
— de Sarrazy 343
— de Bertsch 344
— avertisseur 344
— à bobine 345
— de Montagnol. . . . 346
— à pointes et lame isolante. 346
— à pointes, de Lemasson 346
— automatique, de Bertsch. 347
— à air, de Voisenat. . 348
— à charbons 349

XIV. — COMMUTATEURS

Commutateur rond. 350
— suisses. 350
— d'entrée de poste. . 352
— bavarois. 352
— de pile 353
— inverseur à 2 manettes. 353
— de Siemens 353
— à paratonnerre, pour entrée de poste. . 354
— à paratonnerre, de Delâtre 354
— rosace d'entrée de poste 355
— inverseur à fiche, de Bourseul. 355
— inverseur, pour appareil Hughes . . 355
— inverseur des Ateliers. 356
— inverseur à manette, de Bourseul . . . 356
Commutateur, concentrateur de Bardez et Mercier. 356
— multiple, de Wicart. 357
— multiple, de Baudot. 357
— pour 2 lignes, de Baudot. 358
Tableau-commutateur de Mandroux. 358
Tableau-commutateur Standard. . 360
— de Blanchon. 361
— à capacité variable . 363
Commutateur de mise à la terre. . 363
Tableau de coupures. 364
— de connexions. 365
— de voltages 365
Commutateur, de Blanchon. . . . 366
Boîte d'entrée de poste, de Blanchon 366
Boîte d'entrée de poste, Mle de 1912. 367

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XV. — SONNERIES

Historique. 368
Sonnerie à mouvement d'horlogerie, de Wheatstone 370
Sonnerie à mouvement d'horlogerie anglaise 370
Sonnerie à mouvement d'horlogerie de Bréguet 370
Sonnerie à mouvement d'horlogerie de Bernier. 371
Sonnerie à mouvement d'horlogerie de Bréguet. 371
Sonnerie sans trembleur, de Bréguet. 372
Sonnerie sans trembleur, de Siemens 372
Sonnerie à mouvement continu, de Cuche. 373
Sonnerie à mouvement continu, d'Aubine 373
Sonnerie à trembleur, de Lemoyne. 374
— à bascule, de Dumoulin-Donnier 374
— à trembleur, de Bréguet. 375
— de poste 375
— polarisée, de Bourseul. . 376
— — d'Aboilard. . . 376
— — de Mutel . . . 377
— — de Mambret . . 377

XVI. — RAPPEL DES POSTES ÉCHELONNÉS

Historique. 378
Rappel par inversion de courant, de Bréguet 379
Rappel de Callaud 379
— de Demeaux 380
Rappel de Coincy 382
— de Bizot 383
— de Bréguet. 384
— de Darcq. 385
— omnibus de Bréguet. . . . 385

XVII. — RELAIS ET TRANSLATIONS

Historique. 388
Relais de Mouilleron. 390
— à mercure, de Bréguet . . 390
— polarisé, de Bréguet. . . 390
— de Callaud. 391
— de Parks 391
— de Hipp. 391
— de Sambourg 391
— de Wheatstone 393
— de Siemens. 393
— pour courants d'induction, de Hipp. 393
— de sonnerie, de Bréguet. . 394
— polarisé. 394
— de Chester 395
Translation d'Abel Guyot. 396
Relais polarisé, de Bréguet. . . . 397
Translation de Froment 397
Relais de Meyer. 397
Translation d'Arlincourt 398
Relais différentiel, de Hughes. . . 401
Relais de Sieur 401
— de Stroh 402
Translation de Héquet. 403
— de Bourbon 403
Relais de Mandroux. 403
Translation de Dutertre. 404
Relais de Baudot. 405
Translation de Willot 408
Relais d'Ader 409
Translation de Godfroy. 410
— duplex. 410
— de Godfroy et Willot. 411
— de Farjou. 412
Relais de Claude. 412
— de Picard. 413
— phonique de Sieur. 414
Translation des Ateliers 414
Relais de Le Grand 414
Translation de Robichon 415
Relais de la Western Electric Cy. 416

XVIII. — INSTRUMENTS DE MESURES

Historique. . . . . .
Electroscopes et électromètres . . 417
Galvanoscopes et galvanomètres . 418
Rhéostats 420

ÉLECTROMÈTRES ET GALVANOMÈTRES

Electromètre de Peltier 423
Boussoles des tangentes, de Pouillet 423
Thermo-galvanomètre de Reiss. . 424
Galvanoscope horizontal 424
Electrodynamomètre de Weber. . 425
Thermo-galvanomètre de Bréguet. 425
Appareil pour mesurer la vitesse de propagation de l'électricité, de Fizeau et Gounelle 425
Appareil pour l'étude de la propagation, de Fizeau et Gounelle. . 427

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Boussole des sinus. 429
— — de Bréguet. . 430
— — de Siemens. . 430
— — de Mouilleron. 430
— — de Bréguet. . 431
Galvanomètre de Silvertown. . . 432
— récepteur de Thomson. 432
— de Thomson. . . . 433
Voltmètre thermique de Cardew. 433
Clé de décharge, de Webb 434
— de Sabine 435
Ampèremètre à liquide, de Carpentier. 435
Galvanomètre de Marcel Deprez. 435
Balance d'induction, de Hughes. . 436
Galvanomètre de Charles. 438
Balance électrique de Charles. . . 439
Galvanomètre Deprez-d'Arsonval. 440
Electromètre de Mascart. 440
Céraunomètre de Jacquez 441
Galvanomètre de Wiedeman. . . 441
— de Seligman-Lui. . 442
Electrodynamomètre de Giltay. . 442
Electromètre de Curie 442
Electrodynamomètre absolu de Pellat 443
Galvanomètre d'Arsonval. 444
Voltmètre et ampèremètre, de Thomson 446
Intensiomètre de Farjou 447
Combinateur de Lucien Charles. . 447

RHÉOSTATS

Rhéostat de Wheatstone. 450
— à curseur, de Wheatstone. 450
— à manettes, de Bréguet. 450
— de Mouilleron 451
Pont de Wheatstone, de Ruhmkorff. 452
Pont de Wheatstone, de Silvertown. 452
Rhéostat fixe à écrou, de Baudot. 452
Pont de Wheatstone, de Deriès et Bayol 453
Pont de Weatstone à curseur, de Carpentier. 453
Echelle de potentiels, de Pierre Picard. 455
Ligne artificielle. 455
Rhéostat de réglage, de Baudot . 457
— circulaire de Carpentier. 457
Caisse de résistances. 458

XIX. — REMONTAGE AUTOMATIQUE DES POIDS

Electro-moteur, de Froment . . . 459
Moteur électrique, de Sautter-Lemonnier. 460
Moteur électrique, de Desprez . . 460
Turbine de Humblot. 360
Remontoir de Baudot 460
Remontoir de Roux et Combaluzier. 462
Interrupteur. 463
— à résistances progressives, de Baudot. . 464
— à rupture brusque. . . 464

XX. — OBJETS DIVERS

Borne à contre-écrou 466
— de Combette. 466
— à interrupteur, de Baudot. . 467
Coupe-circuit automatique, de Carême et Houzeau. 467
Chronographe de Bontemps. . . . 468

QUATRIÈME PARTIE

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

XXI. — LIGNES AÉRIENNES

Historique. . . . . .
Premières lignes aériennes. . . . 471
Conducteur 471
Poteaux. 473
Isolateurs 478
Construction. 481

ISOLATEURS FRANÇAIS

Isolateurs divers. 482

ISOLATEURS ÉTRANGERS

Isolateurs allemands. 489
— américains 492
— anglais 493
— belges. 494
— danois. 494
— hollandais. 495
— italiens 496

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Isolateurs norwégiens 497
— russes. 498
— suisses 499

MATÉRIEL DE CONSTRUCTION

Matériel André 499
— Lorain 500

OUTILLAGE ET OBJETS DIVERS

Sextant de Hurlman. 508
Graphomètre de Brunner. 509
Etriers 510
Ceinture de sûreté de Ravasse-Luilier 512
Moufles. 512
Pince-étau. 513
Mâchoires à tendre 513
Crochets à torsader 515
Dynamomètres. 516
Manchons de raccordement . . . 516
Fixe-manchons 518
Tendeur pour hauban 518

XXII. — LIGNES SOUTERRAINES

Historique. 519
Câbles sous isolants divers. . . . 532
Câbles sous plomb. 534
Conduites pour câbles 536
Réseau souterrain de Paris. . . . 539
Matériel de construction.. 546

XXIII. — LIGNES SOUS-FLUVIALES ET SOUS-MARINES

Historique 551
Objets divers. Manchons. 558
Sonde électrique de Guettier. . . 560
Machine à câbler 561
Gutta-percha, production et composition 562
Guttifères de Sumatra 563
Différentes sortes de gutta-percha. 564

CINQUIÈME PARTIE

TÉLÉPHONIE

XXIV. — HISTORIQUE

Découvertes préliminaires 567
Téléphones articulants 571
Microphones. 575
Photophonie. Radiophonie 579
Réseaux téléphoniques 581
Tableaux téléphoniques. 582
Tableaux standards 584
— multiples. 584
Multiples en dérivation 586
— à batterie centrale . . . 587
Systèmes automatiques. 587
Relais et amplificateurs. 588

XXV. — TRANSMETTEURS ET RÉCEPTEURS

Téléphone de Bell. 593
Transmetteur d'Edison. 593
Téléphone de Gower-Bell 594
Transmetteur de Crossley 594
Téléphone magnétique de Siemens. 595
Transmetteur d'Ader. 595
Récepteur d'Ader 597
Microphone de Berthon 597
Transmetteur de Paul Bert. . . . 597
Récepteur d'Arsonval 599
— Aubry. 599
Electrophone de Maiche 599
Téléphone de Pollard 600
Microphone de Bassompierre. . . 601
Récepteur de Sieur 601
Microphone de Bréguet 601
Microphone et récepteur d'Ochorowicz 602
Récepteur de Colson. 603
Microphone de Mix et Genest . . 603
— de Dejongh 604
— de Berliner 604
— de Degryse-Werbrouck 604
Bi-téléphone de Mercadier. . . . 605
Microphones et récepteur de Mors-Abdank 606
Microphone de Bancelin 607
— de Journaux. 607
— de Bourseul 608
Récepteur de Testu 608
Microphone de Roulez. 609
— de Lalande 609
— de Deckert 610
Poste complet de Moutillot. . . . 610
Microphone de Milde 612

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Microphone de Morlé et Porché. . 613
— de Pasquet. 613
— de Mercadier et Anizan 614
Récepteur de Massin. 615
Microphone de Kotyra 165
— d'Aboilard. 616
— de Pasquet. 617
Combiné de Jacquier. 617
Vibrateur d'infanterie 618

XXVI. — APPAREILS ACCESSOIRES

Clefs d'appel. 619
Appel magnétique de Mors-Abdank. 619
— de Bell. 620
Appel phonique de Mourlon. . . . 620
— magnétique de Roulez. . . 621
Électro-aimant de Van-Rysselberghe. 632
Transformateur de Cailho. 622
— de Picard. 623
Bobine toroïdale. 624
Indicateur de durée d'attente . . . 624
Relais téléphonique. 626

XXVII. — TABLEAUX POUR POSTES D'ABONNÉS

Tableau de Sieur. 630
— de Ducousso. 631
— d'Eurieult 632
Tableaux militaires. 633
Poste mobile allemand. 634

XXVIII. — TABLEAUX POUR BUREAUX CENTRAUX

Tableau de la Société des Téléphones 637
— de Sieur. 638
— de Mandroux 640
— standard de Sieur 642
Tableau standard de la Sté des Téléphones 643
— standard d'Aboilard . . . 644
— pour lignes interurbaines, de Mandroux 645

SIXIÈME PARTIE

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

XXIX. — HISTORIQUE

PREMIÈRE PÉRIODE

Premières tentatives. 649
Oscillations électriques. 650
Tube de Branly. 654
Expériences préliminaires. 657

DEUXIÈME PÉRIODE

Antennes 658
Propagation des ondes. 661
Syntonie 662
Ondes dirigées. 665
Montage des antennes 666

ORGANES DE TRANSMISSION

Bobine de Ruhmkorff 667
Alternateurs et transformateurs. . 669
Éclateurs 670
Condensateurs. 671
Manipulateurs 671

ORGANES DE RÉCEPTION

Cohéreurs 672
Détecteurs. 674
Lampes-valves. 675
Instruments de mesure. 677

XXX. — COHÉREURS ET DÉTECTEURS

Cohéreurs de Branly 678
— de Ducretet 679
— de Rochefort 679
— de Slaby 680
— de Ferrié 680
Trépied de Branly. 681
Détecteur électrolytique de Ferrié. 681
— à cristal de Ducretet . . 682
Lampe-valve à trois électrodes. . 683

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXXI. — APPAREILS ACCESSOIRES

Bobine d'induction de Ruhmkorff. 687
— de Carpentier. 687
Interrupteur de Foucault 688
Résonateur de Oudin. 689
Manipulateur de Rochefort. . . . 689
Interrupteur de Rochefort 690
Relais de Rochefort 691
Dispositif d'accord de Ducretet. . 692
Self d'antenne. 692
Boîte pour détecteurs. 693
— à valves. 693

XXXII. — POSTES RADIOTÉLÉGRAPHIQUES

Poste récepteur de Ferrié. 694
— de Rochefort. . . 695
— de Ducretet. . . . 697
Boîte de réception. 698
— de réception. 700
Poste portatif 701

Table des principaux savants et inventeurs. 703

Table des portraits. 714



Coulommiers. — Imp. Ernest Dessaint. — 10-22.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ENCYCLOPÉDIE
D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Directeur : M. André BLONDEL

35 vol. in-8 (16×25) de 300 à 500 p. avec fig., de 20 à 40 fr., environ

PARAIT RÉGULIÈREMENT DEPUIS MAI 1921

1.	*Principes de l'électrotechnique*	M. BLANC, Prof. Univ. de Caen.
2.	*Unités, Mesures et Compteurs*	MM. CHAUMAT, Prof. au Cons. des A. et M. *et* LANGE, Prof. à l'Ec. sup. Electr.
3.	*Matériaux et organes élémentaires*	M. JOUAUST, Prof. à l'Ec. sup. d'Electr.
4.	*Piles et accumulateurs*	MM. FERY, Prof. à l'E. S. E. *et* CHENEVEAU, de la Fac. des Sc. de Paris.
5.	*Dynamos et moteurs à courant continu*	M. MAUDUIT, Prof. Fac. Sc. Nancy.
6.	*Méth. gén. d'étude des courants altern.*	M. BLONDEL, Membre de l'Institut.
7.	*Machines synchrones*	MM. BETHENOD *et* ROTH, Ing. Soc. Const. Mécanique.
8.	*Machines à collecteur*	MM. LATOUR *et* OTS-CHEVALIER.
9.	*Transformateurs statiques et rotatifs*	MM. BUNET *et* ROUGE, I. chef au Creusot.
10.	*Construction et usinage des machines*	M. DE PISTOYE, Ing. ch. des us. Bréguet.
11.	*Essais des machines*	M. GUILBERT, Prof. au Cons. A. M.
12.	*Oscillations électro-mécaniques et régimes troublés*	M. BOUCHEROT, Prof. Ec. Phys. et Ch. et Ec. sup. Electr.
13.	*Centrales électriques*	MM. DROUIN, Dir. de la Cie Gle d'Elect., *et* DUVAL, Dir. de la Soc. gén. d'Entrep.
14.	*Transmission et distribution*	M. THIELEMANS, Ing. Cie Thomson-Houston.
15.	*Appareillage électrique*	M. COURTOIS, Dir. Soc. Ind. des Tél., Prof. Ec. Sup. Electr.
16.	*Canalisations aériennes*	M. LACABE PLASTEIG, Dir. Soc. Gén. Elec.
17.	*Câbles et réseaux souterrains*	M. DELON, Dir. Cie Câbles de Lyon.
18.	*Dangers et réglementation de l'électr.*	MM. de NERVILLE, Prof. Ec. Pts et Chées *et* RUAT.
19.	*Evolution de l'électrotechnique*	M. P. JANET, M. de l'Inst., Dir. de l'Ec. Sup. d'Elec. et du Lab. Cent. Elec.
20.	*Tubes à vide et arcs à mercure*	M. M. LEBLANC, membre de l'Institut.
21.	*Tramways électriques*	M. GUÉRY, Ing. l'Om. Lyon. Ch. de fer.
22.	*Chemins de fer électriques*	M. BACHELLERY, Ing. chef Cie du Midi.
23.	*Matériel de traction électrique*	MM. BACHELLERY *et* GRATZ MÜLLER, Ing. chef Sté Const. Méc.
24.	*Lampes électriques et éclairage*	M. F. LAPORTE, S.-Dir. Lab. Cent. Elec.
25.	*Applications mécan. (mines, treuils, etc.)*	MM. BOY DE LATOUR *et* HACAULT.
26.	*L'électricité dans la marine*	M. RICAUD, Ing. Princip. Marine.
27.	*— dans l'auto et l'aviation*	MM. BAUDOT, Ing. Cons. Fac. Sc. *et* ANDRÉ, Ing. Soc. Paris-Rhône.
28.	*Transmissions télégraph. et téléph.*	M. N., Ing. P. T. T.
29.	*Appareils et installations télégraph.*	M. MONTORIOL, Pr. Ec. sup. des P.T.T.
30.	*Appareils et installations téléphoniques*	M. RAVUT, Ing. Soc. Ind. Téléph.
31.	*Radio-télégraphie*	M. GUTTON, Prof. Fac. des Sc. de Nancy.
32.	*Applications aux travaux publics*	M. TUMERELLE, Ing. Etabl. Schneider.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J. CARPENTIER

20, rue Delambre, PARIS

Appareils Télégraphiques "Baudot"

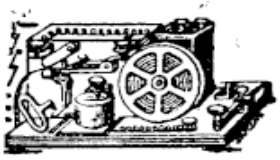
Imaginé par un ingénieur français, E. BAUDOT, étudié dès 1879 et réalisé de toutes pièces sous sa forme définitive par un constructeur français J. CARPENTIER, remarquablement mis en œuvre par le personnel des Télégraphes français, le système BAUDOT n'a cessé de recevoir, depuis son entrée en ligne, les plus utiles perfectionnements.

Desservant presque exclusivement le réseau national, il a conquis une bonne part des réseaux européens et achève de se répandre dans le monde entier.

Il répond aux besoins les plus variés et se prête aux combinaisons les plus complexes.

Postes doubles, quadruples, sextuples, montage en duplex, translation, retransmission, transmission automatique par bandes perforées avec manipulation par clavier alphabétique.

Appareils de Mesures électriques industriels et de précision. -- Appareils d'Optique. -- Appareils de Géodésie. -- Mécanique générale.



AUTOMORSOPHONE
Breveté S.G D.G. Méd. d'or

École de Télégraphie et de RADIOTÉLÉGRAPHIE du Champ-de-Mars

Agréée par l'Etat, les P. T. T., les S^ces de l'Armée, la Marine militaire et les C^ies Maritimes

67 et 69, Rue Fondary, PARIS (XV^e)

COURS ORAUX, le soir, le jour et **PAR CORRESPONDANCE**

PRÉPARATION AUX BREVETS OFFICIELS POUR BONNES SITUATIONS :

P. T. T., Officiers RADIOS pour Marine de Commerce, 8^e GÉNIE, Colonies (7.000 à 15.000 fr.)

Etudes chez soi : Technique avec plus de 500 schémas. Lecture au son apprise en 1 mois sans l'aide de personne au moyen de l'AUTOMORSOPHONE Lesclin, le seul appareil pratique.

Appareils modernes de T. S. F. et de Téléphonie sans Fil. — Demander Notice T : 0 fr. 25

Librairie J.-B. Baillière et C^ie, 19, Rue Hautefeuille, PARIS (6^e)

APPAREILS ET INSTALLATIONS TÉLÉGRAPHIQUES

PAR

E. MONTORIOL

Inspecteur des Postes et Télégraphes, Professeur à l'École supérieure des Télégraphes.

Préface de M. BLONDEL

Membre de l'Institut.

1921, 1 vol. in-8 de 626 pages, avec 450 figures. Broché, 40 fr. Relié, 50 fr.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Librairie J.-B. BAILLIÈRE et FILS, 19, Rue Hautefeuille, à Paris

PRÉCIS

d'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Par R. BUSQUET
Ingénieur en chef de l'éclairage de la ville de Lyon.

et

E. MAREC
Ancien Chef de travaux à l'École supérieure d'Électricité de Paris.

1919, 2 vol. in-8 de 879 pages, avec 669 figures . . . . . 24 fr.

FORMULAIRE AIDE-MÉMOIRE
DE

l'ÉLECTRICIEN-PRATICIEN

Par E. MAREC
Ancien Chef de travaux à l'École supérieure d'Électricité de Paris
Directeur de Station centrale d'Électricité.

1923, 1 vol. in-18 de 522 pages, avec 407 figures et tableaux . . . 12 fr.

BARNI - MONTPELLIER - MAREC

LE MONTEUR ÉLECTRICIEN

5e Édition entièrement refondue

Par E. MAREC

1921, 1 vol. in-16 de 576 pages, avec 350 figures. . . . . 15 fr.

TRAITÉ DE MANIPULATIONS
ET DE
Mesures électriques et magnétiques

Par H. PÉCHEUX
Sous-Directeur de l'École Nationale d'Arts et Métiers de Lille.

1907, 1 vol. in-16 de 536 pages, avec 189 figures. . . . . 10 fr.

Ajouter 10 p. 100 pour port et frais d'emballage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'OUTILLAGE

INDUSTRIEL, COMMERCIAL et MARITIME

DIRECTEUR GÉNÉRAL : H. LARRIEU

DIRECTEUR COMMERCIAL : J. LAUMONIER

est la revue hebdomadaire de l'industrie française.

ELLE PUBLIE SOUS DES SIGNATURES AUTORISÉES DE NOMBREUX ARTICLES SUR :

L'économie industrielle ;
La tendance des marchés (charbons, métaux, frets, transports) ;
Les douanes, l'actualité fiscale, etc. ;

Les questions techniques.

De nombreuses informations industrielles :
Cours, adjudications, sociétés, brevets
complètent utilement sa documentation.

renseigne gratuitement sur toutes les questions techniques ou économiques ;
recherche le matériel et la documentation ;
répond utilement sur tous sujets de transports, impôts, assurances, droit commercial, etc., etc.

SA MEILLEURE RÉFÉRENCE

Lisez un de ses numéros.

LISTE DES COLLABORATEURS

Victor BORET, Député, ancien Ministre, Président de la Commission d'Agriculture de la Chambre des Députés ;
Victor BOTTIN, Ingénieur E. C. P., Directeur technique des Forges et Ateliers de Nantes ;
Victor CAMBON, Ingénieur E. C. P., Conférencier sur l'Organisation Industrielle à l'École Centrale ;
Henry COVILLE, Secrétaire Général du Syndicat des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de France ;
Paul DE CHAMBRIER, Ingénieur-Chimiste à l'École Polytechnique de Zurich, Directeur général des mines de Pechelbronn.
Alexis DUCHON, Secrétaire général de la Fédération des Syndicats de la Construction mécanique électrique et métallique de France ;
J.-M. ESPANA, Ingénieur A. D., Directeur général des Établissements Bonvillain et Ronceray ;
P. FABER, Directeur des Aciéries de Champagnole (Section Métallurgie) ;
Ch. GUERNIER Député, Président de la Commission de la Marine marchande à la Chambre des Députés ;
A. GUISELIN, Ex-Secrétaire général du Comité des Pétroles, Expert en Douane ;
HERRIOT, Député, Maire de Lyon ;
Ct JULIEN, Président de la Chambre Syndicale de Motoculture de France ;
LE GORREC, ancien élève de l'École Polytechnique ex-Directeur du Service industriel du Bas-Rhin Administrateur-Séquestre des Mines d'Alsace ;
H. MICHEL, Industriel, Vice-Président de la Chambre syndicale de Décolletage ;
M. SAINTURAT, Ingénieur A. et M. ;
R. SYLVANY, Ingénieur civil des Mines ;
C.-B. THOMPSON, ancien élève de Taylor, Maître de Conférences à l'Université d'Harvard, Ingénieur-Conseil au Ministère de la Marine, Organisateur scientifique industriel du système Taylor-Thompson ;
Roger WAHL, Administrateur de la Société des Produits métallurgiques, Fonderies Havraises et Fonderies de Rancherolles ;
Aug. WITZIG, Ingénieur, ancien Chef de Service des Forges de Lorraine.

ENVOI GRATUIT D'UN SPÉCIMEN

ABONNEMENTS :

FRANCE : Un an, 40 fr. : Six mois, 25 fr. | ÉTRANGER : Un an, 48 fr. ; Six mois, 28 fr.

TÉLÉPHONE (3 lignes) WAGRAM 02-64 ; WAGRAM 61-44 ; TRUDAINE 38-27

L'OUTILLAGE

INDUSTRIEL, COMMERCIAL et MARITIME

Société anonyme au capital de 700.000 francs

PARIS (8e) - 10, rue de la Pépinière - PARIS (8e)

Suivre sa série d'études sur

" l'Enquête sur l'Exploitation minérale et les Industries métallurgiques "

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la JOURNÉE INDUSTRIELLE

est le véritable journal officiel de l'industrie et du commerce

les INDUSTRIELS
les COMMERÇANTS
les TECHNICIENS y trouvent:

Un résumé des **FAITS politiques et divers,** qui les met rapidement au courant de la situation générale;

des Articles sur l'**ACTUALITÉ** ÉCONOMIQUE, INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE;

des **ÉCHOS** vivants et variés (la vie scientifique et technique; les arts appliqués; sports mécaniques et tourisme);

des **INFORMATIONS** précises et contrôlées sur la **vie des industries** et des **entreprises commerciales,** classées par industrie: Mines et Combustibles, Métallurgie, Mécanique, Électricité, Gaz et Eau, Transports, Textiles, Chimie Industrielle, Bâtiment, Matériaux, Bois, Cuir, Papier, Caoutchouc, Alimentation, Art et Luxe, Entreprises coloniales, etc. (FRANCE, DÉPARTEMENTS, ÉTRANGER);

des **NOTES scientifiques et techniques** de vulgarisation, rédigées par les techniciens les plus qualifiés;

les **DOCUMENTS OFFICIELS** intéressant l'Industrie et le Commerce;

les Avis relatifs aux **ADJUDICATIONS, Concours, Fournitures** et **Ventes,** ainsi que les résultats. Cette rubrique est LA PLUS COMPLÈTE DANS TOUTE LA PRESSE;

une rubrique **EXPANSION-EXPORTATION** (débouchés, situation des marchés et, en général, tout ce qui peut aider à faire des affaires à l'extérieur);

des rubriques très complètes consacrées

au **MOUVEMENT PROFESSIONNEL ET SOCIAL** (activité syndicale, conflits, etc.);

aux **TRANSPORTS** (chemins de fer, transports maritimes et fluviaux, marchés des frets, etc.);

à l'activité des **CHAMBRES DE COMMERCE, Syndicats, Associations, Groupements divers;**

aux **MARCHÉS FINANCIERS** (COURS COMPLETS DES CHANGES), etc.

"la Cote Industrielle"

seule rubrique, dans la presse, donnant pour les matières premières et produits principaux, des COURS QUOTIDIENS COMPLETS ET EXACTS et, notamment, en dernière heure, les COURS DE CLÔTURE DES MARCHÉS ANGLAIS ET AMÉRICAINS (métaux, matières grasses, essences, pétroles, cotons, laines, jute, chanvre céréales, cafés, sucres, etc.)

Cette rubrique est tenue à jour avec un soin minutieux par des rédacteurs spécialistes et grâce aux dépêches, câblogrammes et communications téléphoniques de nombreux correspondants. En la suivant chaque jour, on connait les mouvements en temps utile et avec trois ou quatre semaines d'avance sur les lecteurs des revues périodiques.

PRINCIPALES DIVISIONS
de la **Cote Industrielle:**

(Cours et situation des marchés français et étrangers).
Métaux autres que le fer.
Fontes, fers, aciers, quincaillerie.
Vieux métaux.
Matériaux de construction, bois.
Textiles, (cotons, laines, jute, chanvre, lin, soie)
Papiers, chiffons.
Cuirs, peaux, os, cornes.
Matières grasses, pétroles, essences, résines.
Caoutchoucs, vieux caoutchoucs.
Produits chimiques, engrais.
Produits agricoles et alimentaires (céréales, féculents, cafés, sucres, vins, alcools, bestiaux, etc.)
Produits divers.

Les cours quotidiens sont complétés par des *revues hebdomadaires* des grands marchés.

"la **Cote Industrielle**" est plus nécessaire à l'industriel, au commerçant, au technicien, que la *Cote de la Bourse* au possesseur de valeurs mobilières.

Directeur: **Ét. BERNARD-PRÉCY**
Rédacteur en Chef: **Lucien ROMIER**

ADMINISTRATION & RÉDACTION
7, rue Geoffroy-Marie — PARIS (IX^e^)

ABONNEMENTS	UN AN	6 MOIS	3 MOIS
France, Sarre	45 fr.	25 fr.	14 fr.
Belgique, Luxembourg .	60 fr.	33 fr.	18 fr.
Union postale	85 fr.	46 fr.	26 fr.

Chèques postaux: 3824-PARIS
Le Numéro: **15 CENTIMES**

En vente dans les gares et principaux kiosques de Paris et des départements. — Spécimen sur demande.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires