

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Turpain, Albert (1867-1952)
Titre	Notions fondamentales sur la télégraphie : envisagée dans son développement, son état actuel et ses derniers progrès (du Bréguet au Pollak & Virag & aux téléphotographes)
Adresse	Grenoble : Jules Rey, éditeur ; Paris : Gauthier-Villars, éditeur, 1910
Collection	Bibliothèque de l'Élève-Ingénieur
Collation	1 vol. (180 p.) : ill. ; 25 cm
Nombre de vues	182
Cote	CNAM-BIB 8 Ca 423
Sujet(s)	Télégraphe
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	16/01/2023
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8CA423

NOTIONS FONDAMENTALES

sur la

TÉLÉGRAPHIE

Bibliothèque de l'Elève-Ingénieur

8=Ca 423

NOTIONS FONDAMENTALES
SUR LA
TÉLÉGRAPHIE

ENVISAGÉE DANS

*Son développement, son état actuel
et ses derniers progrès*

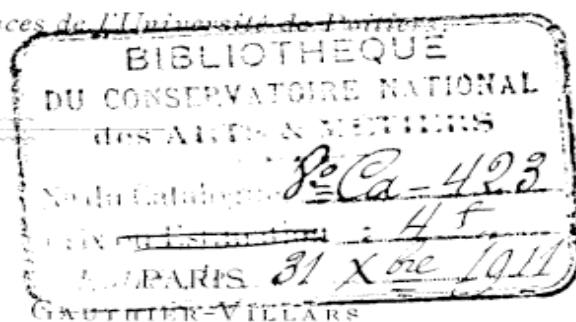
(DU BRÉGUET AU POLLAK & VIRAG & AUX TÉLÉPHOTOGAPHES)

PAR

ALBERT TURPAIN

Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de l'Université de Poitiers

GRENOBLE
Jules REY, éditeur
(Succ^r de A. GRATIER et J. REY)
23, Grande-Rue, 23



Quai des Grands-Augustins, 55

1910

INTRODUCTION

La télégraphie électrique est la plus ancienne application industrielle de l'électricité. Son étude un peu approfondie fournirait aisément la matière d'un gros traité. Non seulement la description des premiers télégraphes, aujourd'hui désuets, ne serait pas sans intérêt en montrant la genèse d'idées fécondes chez les divers inventeurs, mais encore la description des perfectionnements incessants auxquels elle donne lieu tous les jours fournirait ample matière à d'intéressants développements.

En laissant de côté tout ce qui n'est pas la télégraphie électrique : les procédés nombreux et divers qui, à l'origine des civilisations et chez les peuples anciens, servirent à la transmission de la pensée (clepsydre à signaux des Romains, feux colorés et intermittents qui servaient aux Gaulois comme signes de ralliement et qui constituèrent chez les Chinois tout un art très avancé de communications à distance) ; en omettant même l'exposé de la si utile invention des frères Chappe, qui ne se perfectionna et parvint à conquérir peu à peu tous les postes d'Europe, qu'au prix d'incessants et très nombreux travaux ; en ne commençant,

enfin, l'étude de la télégraphie qu'au moment où elle emprunte le courant de la pile de Volta, comme mode d'action et le solénoïde d'Ampère, comme âme de ses appareils, on pourrait consacrer plusieurs chapitres à l'exposé des nombreux types de télégraphes, les uns qui furent seulement décrits, d'autres qui fonctionnèrent et assurèrent même le service pendant plusieurs années, dispositifs souvent très ingénieux et parmi lesquels nous découvririons l'origine de nombre d'inventions qui devinrent heureuses lorsqu'elles furent transportées, plus tard, dans d'autres domaines des applications électriques ou même purement mécaniques.

Quand on compulse les traités de télégraphie édités vers 1850, on est étonné du grand nombre d'appareils qui ont été imaginés et qui retinrent même l'attention des administrations et des savants.

C'est d'abord toute la classe des télégraphes à aiguilles dont certains, tel le télégraphe à deux aiguilles, de Walker, fut alors considéré comme le plus parfait des télégraphes électriques. Ces télégraphes étaient à signaux. Celui imaginé par Bréguet et utilisé en France s'ingéniait à répéter et à représenter au moyen de deux aiguilles les signaux adoptés par le télégraphe Chappe. Après avoir accumulé contre l'invention des Chappe toute une série d'obstacles ; lorsque l'ingénieuse idée de Claude Chappe, qui permit aux trois frères, pensionnaires dans des établissements différents, de communiquer, malgré la distance, à l'aide de simples réglettes de bois ; lorsque cette idée eut été adoptée et fut devenue le mode officiel de communication télégra-

plique, on ne conçut plus qu'un télégraphe, fût-il électrique, et employa-t-il le secours d'un fil de ligne pût se servir d'autres signaux que des signaux Chappe. Aussi, les premiers inventeurs, Bréguet, en particulier, se virent-ils obligés de concevoir des dispositifs électriques réalisant des signaux Chappe pour faire adopter leurs télégraphes par les administrations intéressées. Tellement puissante est la routine et la force de l'habitude !

Il eût été si simple, cependant, puisque les procédés de transmission étaient tout autres de se proposer de suite la désignation des lettres sur un cadran, comme le réalisa plus tard celui des appareils Bréguet, qui devait desservir, longtemps encore, les lignes télégraphiques des chemins de fer.

On ne compte pas moins de six à huit télégraphes à aiguilles : Cooke, Wheatstone, Walke, Bréguet, Bain exercèrent leur ingéniosité à les combiner.

Puis vint la classe des télégraphes à cadran, qui comprend encore des types de Wheatstone, de Bréguet, de Paul Garnier, de Pelchurzim, de Drescher, de Siemens et Halske, du D^r Kramer et de Froment.

Enfin, les télégraphes écrivants font leur apparition : celui de Morse, les modifications de Stoechner, l'appareil de Froment, ceux de Dujardin, de Siemens, de Brett et, enfin, de Bain. C'est le dispositif de Morse qui, par sa simplicité et sa robustesse, a seul subsisté.

En même temps que ces divers télégraphes se perfectionnaient, bien des appareils, empruntant les dispositifs du télégraphe électrique, étaient imaginés : telles

sont les horloges électriques, celle de Bain, celle de Paul Garnier, celle de Weare, enfin, celle de Froment. Aux applications diverses de la télégraphie à la transmission du temps viennent se joindre des appareils propres à mesurer la vitesse des projectiles, celui de Bréguet ; l'enregistreur électromagnétique des observations météorologiques de Wheatstone ; l'anémomètre inscripteur Abria ; l'appareil de Bond, pour noter électriquement l'époque du passage des étoiles sous le fil du réticule d'une lunette d'observation.

Nous pourrions, on le voit, consacrer plusieurs pages rien qu'à la description sommaire des premiers types de télégraphes électriques.

Mais, l'appareil télégraphique n'est pas le seul organe d'une communication électrique ; la ligne en constitue l'un des importants dispositifs.

La ligne est-elle aérienne, son étude nous amène à la description des fils de natures diverses successivement utilisés. Tout d'abord de fer, bientôt après de cuivre, le fil de ligne fut de nouveau choisi en fer, la rupture des fils de cuivre se produisant trop souvent. Aujourd'hui on utilise généralement le bronze. Quelques fils de fer sont encore utilisés ; ils présentent de 4 à 5^m/m de diamètre, offrant ainsi une résistance de 10⁹ à 7⁹ par kilomètre. On emploie encore, dans certains cas (climats spéciaux qui nécessitent des fils très résistants à la rupture) le cuivre phosphoreux ou les fils bimétalliques dont l'âme est en acier et le revêtement en cuivre.

L'étude de la ligne nous conduirait à la description

des divers systèmes d'attaches : poteaux de bois ou de fer de hauteur variant depuis 6 mètres jusqu'à 12 mètres, cloches, isolateurs divers en porcelaine, en terre, protégés ou non par des revêtements d'acier. Enfin, il n'est pas jusqu'aux procédés utilisés pour empêcher les vibrations des fils de produire des sons désagréables pour les habitants des maisons qui les supportent, qui n'aient à retenir quelque peu l'attention, en indiquant les sourdines dont on munit alors le conducteur.

Après la ligne, l'appareillage des bureaux mériterait une description détaillée :

1° Parafoudres à pointes ou à fil, destinés à protéger l'employé contre la chute accidentelle de la foudre sur ligne ;

2° Commutateurs divers servant, d'une part, à relier les nombreuses lignes arrivant au bureau avec les appareils divers permettant, d'autre part, de munir de piles, plus ou moins puissantes, suivant la distance à franchir, tel ou tel appareil ;

3° Indicateurs d'appel ;

4° Piles de divers modèles, aujourd'hui remplacés quelques fois par des batteries d'accumulateurs.



Les lignes souterraines et sous-marines pourraient encore nous retenir assez longtemps. La description des procédés différents utilisés pour constituer des câbles souterrains bien isolés, l'ingéniosité déployée pour constituer, sans avoir recours à la coûteuse gutta, des câbles

à fort isolement, ne laisserait pas de présenter un grand intérêt. Nous y verrions que, dans le but de remédier à la trop grande capacité électrique que présentent les câbles télégraphiques à la gutta (capacité due au pouvoir inducteur spécifique élevé de la gutta qui égale 4, 2 fois celui de l'air), Fortin Hermann créa, vers 1882, un type de câble de capacité trois fois moindre que ceux à la gutta. A cet effet, des chapelets de perles en bois étaient enfilés sur un fil de cuivre nu et l'on recouvrit le tout d'un tuyau de plomb. L'isolement était assuré par l'air. On obturait à la paraffine les extrémités de chaque section de câble sitôt après fabrication.

Il faut, évidemment, que l'air enfermé soit sec. L'isolement devient nul si de l'humidité pénètre dans le câble. Pendant la pose, le magasinage ou même durant la fabrication, le bois étant très hygroscopique, l'air interposé entre le fil de cuivre et le revêtement de plomb, peut devenir humide. C'est ainsi qu'il suffit que le revêtement de plomb soit mordu par les rats, ce qui a lieu parfois dans les égouts des grandes villes où sont disposés les câbles d'entrée des lignes télégraphiques, pour que l'isolement du câble disparaisse.

L'ingénieur des télégraphes Jacquin eut l'idée de régénérer les câbles Fortin par circulation d'air sec. Cette idée fut des plus utiles. C'est sur le principe de cette régénération par circulation d'air sec que fut basée la création de câbles télégraphiques ou téléphoniques sous papier à courant d'air sec. Tant par leurs qualités remarquables de faible capacité que par leur bon marché ces câbles, dont la création date de 1893

et est due à M. Barbarat, sont aujourd'hui adoptés d'une façon générale non seulement en France, mais dans tous les autres pays d'Europe.

Ce simple exemple montre quel intérêt présenterait l'étude des câbles télégraphiques souterrains.

Combien plus intéressante encore serait celle des câbles sous-marins. Leur fabrication ; les mille précautions prises pour leur assurer un isolement régulier et constant ; leur embarquement dans les soutes des navires qui doivent les poser ; le choix des fonds marins sur lesquels on les déposera et la description des procédés de pose ne manqueraient, certes pas, de nous retenir. Les précautions toutes spéciales que nécessitent les soudures successives des divers tronçons d'un câble, sa jonction avec les parties plus robustes qui constituent, de part et d'autre, le câble d'atterrissage, les procédés permettant de reconnaître, en cas de rupture ou simplement d'endommagement, à quel endroit exactement le câble est rompu ou endommagé sont également des questions du plus haut intérêt.



Cette rapide nomenclature des sujets divers qui peuvent tous être compris dans une étude de la télégraphie électrique, montre combien sont vastes et nombreuses les questions qu'elle pose. Au lieu d'esquisser, ici, chacune d'elles et de dresser comme une table des matières détaillée de tous les sujets intéressant la télégraphie électrique ou faisant partie de son domaine, il m'a paru plus utile de me tenir à un cadre plus restreint,

mais bien défini, et d'en approfondir un peu plus l'étude.

Tous les dispositifs auxiliaires d'un télégraphe électrique : lignes, câbles, fils, appareil de mesure, de recherches des défauts, de préservation ou de connexion peuvent être considérés sinon comme connus, du moins comme aisés à imaginer. Aussi me bornerai-je à étudier, ici, les dispositifs télégraphiques eux-mêmes, les appareils qui, le plus usuellement employés à l'heure présente, permettent la transmission de la pensée. Parmi eux un choix est encore à faire, car trop nombreux sont les procédés de communication électrique et trop variés les appareils qui les réalisent.

La télégraphie par ligne terrestre,

La télégraphie par ligne sous-marine,

La téléphonie,

La télégraphie dite sans fil,

présentent déjà quatre procédés différents, partant quatre sortes d'appareils à décrire.

Nous n'étudierons, ici, que les seuls télégraphes électriques utilisés sur les lignes terrestres. Nombreux sont-ils encore, et rien qu'en rappelant tout à l'heure les types disparus, il m'est arrivé d'en citer plus de trente.



L'étude des appareils successivement utilisés en télégraphie peut se faire en suivant deux époques qui constituent deux phases bien nettes de la télégraphie électrique.

Une première époque, durant laquelle on ne se préoc-

capait nullement de faire rendre à la ligne tout ce qu'elle pouvait fournir. Des appareils simples : le **Bréguet**, le **Morse** répondirent alors parfaitement par leur robustesse et leur simplicité même aux besoins des transactions. Mais bientôt le public s'habitue à ce mode nouveau de correspondance ; ses exigences s'accroissent et le désir se fit jour, pour éviter des erreurs de lecture, d'obtenir les télégrammes sous formes typographiques. En même temps l'encombrement des fils s'accroît.

Alors débute la seconde époque : celle des appareils rapides. L'appareil imprimeur du professeur **Hughes** résolut le problème de l'impression du télégramme en caractères typographiques. Mais le développement économique si rapide de notre Société actuelle ne pourrait se contenter longtemps de dispositifs écoulant 50 à 60 télégrammes à l'heure en moyenne, fussent-ils imprimés.

L'ère des transmissions rapides s'ouvre et avec elle la mise en exploitation vraiment raisonnée d'un fil de ligne.

Le fil qui relie deux cités est l'organe vraiment coûteux du télégraphe. Aussi, dès que la nouvelle invention passe du domaine du luxe dans celui de l'utile, aujourd'hui de l'indispensable, se préoccupe-t-on de tirer d'un fil tout ce qu'il peut rendre.

Trois solutions furent apportées au problème :

Une première par les Appareils à composition préalable : le **Wheatstone automatique**.

Une deuxième par les Appareils multiples qui présentent deux modes :

Les mises en duplex et en quadruplex du Morse ou du Hughes.

*Les **multiplex**, dont le plus parfait est le **Baudot**.*

*Une troisième solution est donnée par les Multicom-
municateurs qui se rapportent à deux types généraux :*

1^{re} Les multicommunicateurs à courants vibrés ou à diapason, dont le principe fut indiqué, dès 1860, par l'abbé Laborde, et que réalisent le télégraphe de Paul Lacour, mis en pratique en 1873, et plus récemment le duodéciplex de M. Mercadier (1900) ;

2^o Les multicommunicateurs à ondes électriques, dont j'ai indiqué moi-même le principe en 1898 (1).



*C'est en suivant ces développements que nous étu-
dierons successivement :*

Le télégraphe à cadran de Bréguet.

*Le télégraphe ou système Morse, qui nous amène à l'exposition des appareils utilisés en télégraphie mili-
taire comme à celle de la Réception d'un signal télégra-
phique.*

*Nous pourrions, comprenant alors les raisons de
leurs complications, étudier :*

Le télégraphe imprimeur de Hughes.

*Le télégraphe automatique à composition préalable
de Wheatstone.*

(1) A. TURPAIN. *C. R. de l'Académie des Sciences*, 26 décem-
bre 1898. — *Recherches expérimentales sur les ondes électriques*
(Paris, A. Herman, 1899). — *Les applications pratiques des ondes*
électriques (Gauthier-Villars, 1902).

Les principes des méthodes de mise en duplex et en quadruplex du Morse, du Hughes, du Wheatstone.

Le télégraphe Baudot, qui est la meilleure des solutions par multiples.

La multicommutation télégraphique, exposée dans ses principes et dans ceux de ses appareils qui commencent à être réalisés, ouvre une nouvelle ère pour la télégraphie, celle des télégraphes extrêmement rapides.

Cette incursion dans le domaine de la future exploitation télégraphique nous amènera à décrire des appareils vraiment merveilleux et par le problème qu'ils résolvent et par la répercussion d'ordre économique qu'ils vont produire.

Je veux parler du Télégraphe Pollak et Virag qui mérite, malgré sa vitesse incroyable de 40.000 mots à l'heure, de prendre place dans une classe antérieure, celle des appareils à composition préalable. Je fais allusion aux téléphotographes et, en particulier, au Télautographe Carbonelle, qui réalise une vitesse de transmission aussi étonnante, presque double de la précédente, et cela en restaurant d'une manière bien ingénieuse le principe d'un télégraphe écrivant déjà ancien, l'appareil Casselli.

Je fais allusion enfin à l'Electrotypographe (1), qui va bientôt révolutionner une industrie, celle du livre, et un rouage tout récent de la vie moderne, le journal.

(1) Voir *Revue générale des Sciences*, 30 oct. et 15 nov. 1907. « De la Presse à bras à la Linotype et à l'Electrotypographie. »

PREMIÈRE PARTIE

TÉLÉGRAPHIE SIMPLE

2. — Télégraphie

CHAPITRE PREMIER

Principes du Télégraphe électrique

Première époque : Appareils télégraphiques simples. — La description rapide, mais cependant complète des deux types :

Télégraphe à cadran de Bréguet,

Télégraphe de Morse,

nous initiera aux conditions d'établissement d'un télégraphe simple.

Le Morse, en particulier, peut être considéré comme constituant le schéma même, le principe, réduit à sa partie essentielle de tout télégraphe.

C'est son extrême simplicité qui fit la fortune du télégraphe Morse, qui l'impose encore et qui l'imposera toujours pour les échanges télégraphiques de peu d'intensité. Son dispositif est tellement simple qu'il est susceptible d'être compris même par ceux qui ne possèdent aucune notion préalable de physique. Il met, en évidence, le principe de tout télégraphe, l'existence de l'électro-aimant, et par le seul jeu d'un levier, l'utilise à la transmission de la pensée.

Tout télégraphe, en effet, est réalisé, grâce à la mise en œuvre du principe expérimental suivant :

•

Chaque fois qu'un courant électrique contourne les spires d'un solénoïde, il développe, à l'intérieur, un champ magnétique uniforme ou tout au moins constant. Le champ magnétique dure tant que le solénoïde est actif. Dès que le courant cesse de traverser le solénoïde, le champ magnétique disparaît.

Armez l'intérieur d'un solénoïde d'un cylindre de fer doux, en augmentant par là même la perméabilité magnétique du milieu qu'entourent les spires du solénoïde, vous en augmentez la puissance magnétique. Vous avez réalisé alors l'électro-aimant, cet aimant qui ne garde la propriété d'attirer le fer et les métaux magnétiques que temporairement, que pendant le temps et rien que pendant le temps durant lequel les spires conductrices qui l'entourent sont parcourues par le courant électrique.

Par l'invention du solénoïde, Ampère mérite d'être considéré comme l'inventeur premier, comme le père de la télégraphie électrique, au même titre que Faraday est le père de la machine dynamo.

Une expérience simple montre l'activité magnétique qu'acquiert un simple solénoïde, dès qu'un courant électrique le parcourt. Les spires, inertes en face de la limaille, l'aspirent dès qu'elles sont le siège d'un courant. Ce n'était, dès lors, plus qu'un pas aisé à franchir que celui que fit Arago et qui consistait à armer l'intérieur du solénoïde d'Ampère d'un cylindre de fer doux, pour en exagérer l'aimantation. Les relations journalières et fréquentes d'Ampère et d'Arago laissent difficiles à déterminer qui des deux savants eut le premier l'idée de

•

ce perfectionnement, d'ailleurs, facile à imaginer, si on le compare surtout au solénoïde lui-même, qui constitue la véritable invention géniale et féconde.

Comme le montre, d'ailleurs, une seconde expérience, un solénoïde peut suffire à attirer une palette de fer, pourvu qu'elle soit suspendue d'une manière sensible ; toutefois, la présence d'une âme de fer doux accroît cependant dans de très grandes proportions la puissance de cette attraction.

L'électro-aimant, qui découle immédiatement du solénoïde, se présente bien comme le principe même de tout télégraphe, puisqu'il nous met à même de pouvoir, à volonté et à distance, attirer une palette de fer solidaire d'un ressort antagoniste et de faire durer l'attraction le temps qu'il nous plaît.

Nous allons voir comment les divers inventeurs de télégraphes mirent à profit cette possibilité :

1° *De produire à distance, à un instant voulu, l'attraction d'une armature,*

2° *De produire à distance cette attraction pendant un intervalle de temps quelconque et limité, à la volonté de l'opérateur,*

pour réaliser divers types de télégraphes.

CHAPITRE II

Télégraphe Bréguet

Le problème qu'on se propose est l'arrêt d'une aiguille sur un cadran portant sur son pourtour, à la manière des heures d'une horloge, les diverses lettres de l'alphabet.

Deux cadrans, ainsi munis des lettres de l'alphabet, sont reliés par le fil de ligne. L'un d'eux, le manipulateur (*fig. 1*), porte en son centre une manivelle susceptible d'être amenée sur l'une quelconque des 26 lettres ou signes A, B, ..., Z, +.

La rotation de cette manivelle entraîne un cercle de cuivre creusé d'une rainure sinueuse à 13 sinuosités qui impose au levier *lo'l'* mobile, autour de *o*, autant d'allées et venues qui le portent alternativement en contact avec *p'* et avec *p*. Chaque fois que la manivelle passe au-dessus d'une lettre de rang impair A, C, E, ..., le levier appuyant sur *p'*, un courant est envoyé de la pile sur la ligne. Ce courant cesse dès que la manivelle du manipulateur est amenée sur une lettre de rang

pair B, D, F, ... L'aiguille du cadran récepteur, représenté en pointillé (*fig. 2*), est à l'extrémité d'un axe

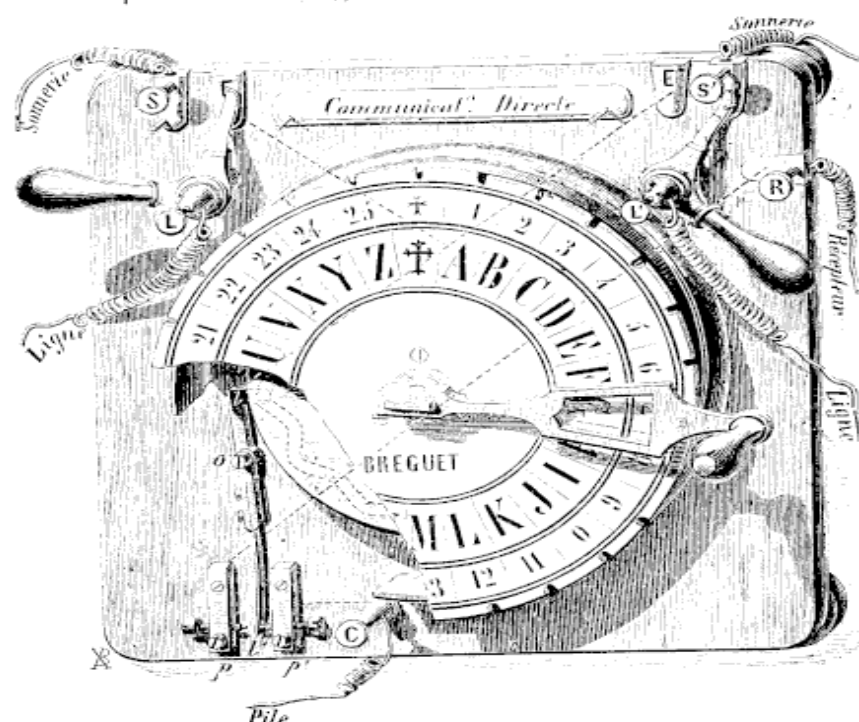


FIG. 1. — Télégraphe Bréguet: Manipulateur.

Le déplacement d'un levier (manivelle) autour d'un cadran présentant la suite de 26 signes des 25 lettres de l'alphabet et la croix produit, par le déplacement d'une rainure sinuée circulaire à 13 sinuosités, le déplacement alternatif d'un levier *a* contre deux butoirs *f* et *f'*. Lorsque la manivelle est en face d'une lettre de rang impair A, C, E, ... le courant de la pile reliée à *f'* est envoyé sur la ligne. Ce courant cesse d'être envoyé lorsque la manivelle est sur une lettre de rang pair, B, D, F, ...

sollicité à tourner par un train d'engrenage ; l'autre extrémité de cet axe porte une double roue à rochets, de 13 dents chacun, contre les dents desquelles bute un doigt P solidaire d'une palette A de fer doux, susceptible d'être attiré par l'électro-aimant E. Quand un courant envoyé sur la ligne traverse l'électro E, la palette A est attirée, le butoir B échappe à l'une des dents et vient arrêter la dent suivante. L'aiguille du

cadran récepteur tourne de $1/26$ de circonférence. Dès que le courant cesse le ressort antagoniste ramène

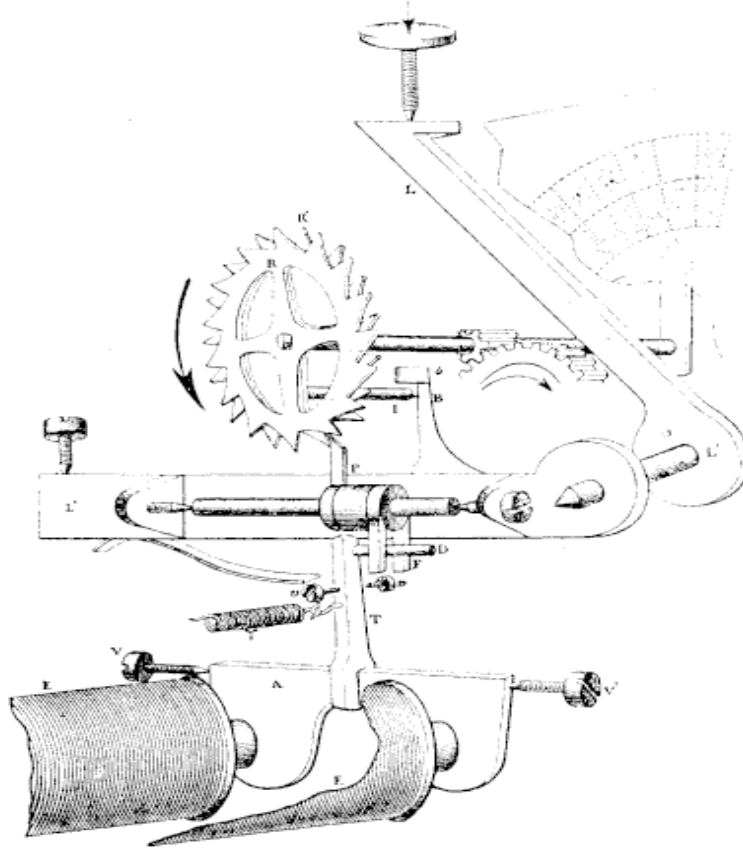


FIG. 2. — *Télégraphe Breguet: Récepteur.*

Les émissions et ruptures successives et alternées du courant parcourant l'électro-aimant E déterminent des attractions de la palette de fer doux A, suivies du retour de cette palette à sa position de repos (ressort antagoniste r). Le doigt P, solidaire des mouvements de cette palette, échappe dès lors à chaque mouvement à l'une des 26 dents d'une double roue à rochets de 13 dents chacune, qu'un train d'engrenage sollicite ainsi que l'aiguille du cadran dans le sens de rotation indiqué. Chaque mouvement de la palette A correspond ainsi à l'avancement de l'aiguille de $1/26^e$ de circonférence sur son cadran. Si cette aiguille et la manivelle du manipulateur (fig. 1) sont originairement sur +, les mouvements de rotation de la manivelle sont exactement suivis par l'aiguille.

doigt P et palette A à la position de repos : une nouvelle dent des roues R et R' échappe au doigt P et l'aiguille du cadran récepteur tourne encore de $1/26$ de circonférence.

Si, à l'origine, aiguille du récepteur et la manivelle du manipulateur sont sur la +, aucun courant ne circule sur la ligne. Dès qu'on déplace la manivelle du manipulateur une suite d'émissions et d'interruptions du courant se produit, et dès lors l'aiguille du récepteur parcourt son cadran par sauts brusques de $1/26$ de circonférence, suivant ainsi d'une manière synchrone les mouvements de la manivelle du manipulateur qui, en parcourant son cadran, produit la série des émissions et interruptions de courant. La manivelle s'arrête-t-elle un instant sur une des lettres du cadran manipulateur, l'aiguille s'arrête également sur la lettre correspondante du cadran récepteur.

On conçoit, dès lors, comment on peut transmettre, par la manœuvre de ce télégraphe, les lettres successives des mots d'une phrase. On convient de passer de la lecture de la série des lettres à la série des chiffres, par une double rotation complète de l'aiguille du cadran.

Ce télégraphe présente l'avantage de transmettre les télégrammes en langage clair, mais la lenteur avec laquelle on doit mettre en rotation la manivelle du manipulateur pour permettre à l'aiguille du récepteur d'en suivre bien exactement tous les déplacements, ne permet pas de transmettre, en moyenne, plus de 15 à 20 télégrammes de 20 mots à l'heure.

CHAPITRE III

Télégraphe Morse

On se propose, au moyen de cet appareil, d'échanger des signaux suivant un code déterminé. L'appareil produit, à volonté, sur une bande, des traits ou des points

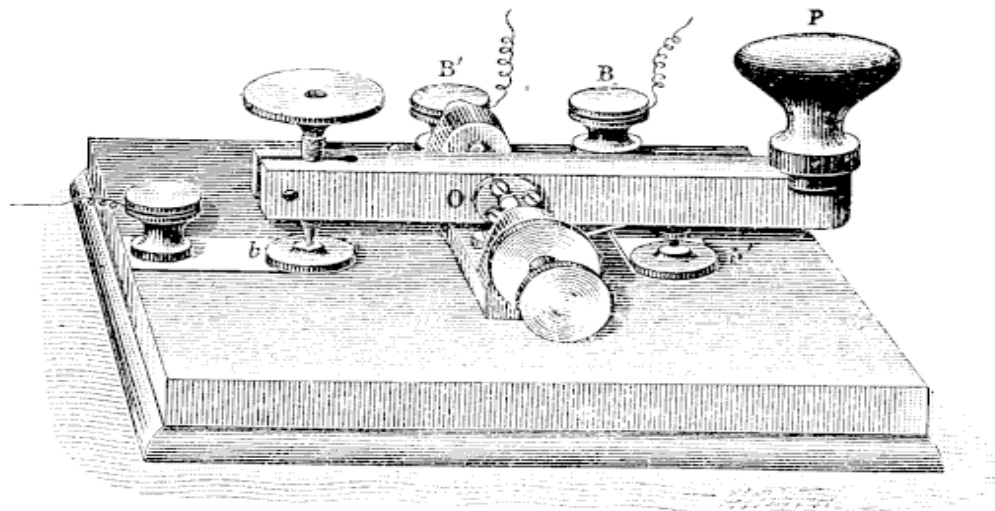


FIG. 3. — *Télégraphe Morse: Manipulateur dit Clef de Morse.*

Au repos, la ligne liée à B' communique, par b, avec le récepteur. L'abaissement du levier P réunit B' à une pile B qui entretient un courant sur la ligne tant que dure le contact P b'.

plus ou moins espacés, provenant d'émissions de courant longues ou brèves.

Le manipulateur, que représente la figure 3, est la classique clef de Morse, levier mobile autour d'un axe

conducteur L lié à la ligne. Dans la position de repos le levier en contact avec le butoir R assure la communication avec le récepteur. En abaissant la poignée on amène le levier sur le butoir P, relié à une pile, et tant que dure le contact un courant est envoyé sur la ligne.

Le récepteur consiste essentiellement en un levier (fig. 4) muni à une extrémité d'une palette de fer doux disposée au voisinage des pièces polaires d'un électroaimant. Au repos, un ressort antagoniste maintient cette palette à quelques millimètres de l'électro. Dès que ce dernier est parcouru par le courant la palette s'abaisse, l'extrémité opposée se relève et reste relevée tant

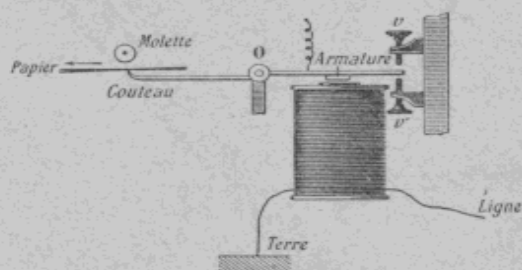


FIG. 4. — Récepteur Morse.

Organe essentiel: Levier maintenu par un ressort à quelque distance d'un électro qui l'attire et le maintient attiré tant que durera le courant envoyé sur la ligne. Le papier entraîné frotte sur la molette encrée pendant tout le temps du contact.

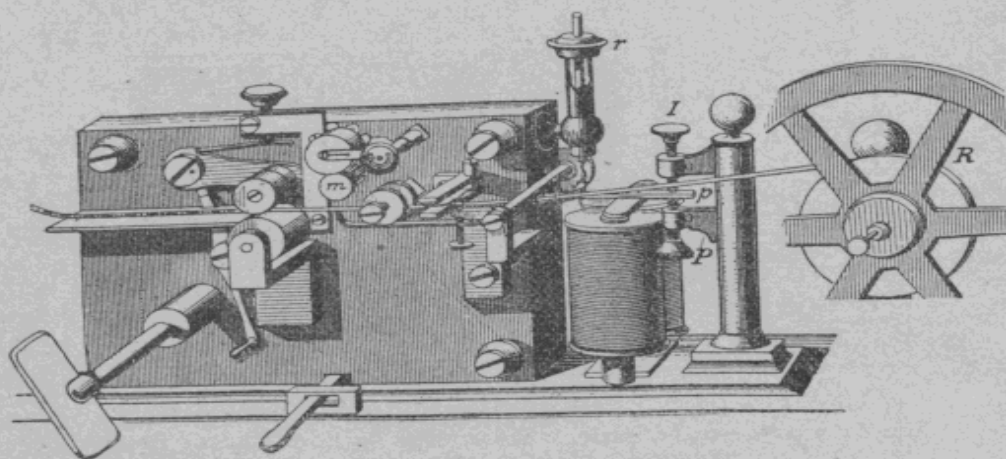


FIG. 5. — Récepteur Morse: vue d'ensemble.

Les mouvements du levier a provoquent le frottement d'une bande de papier mobile contre une molette encrée *m*. Il s'y inscrit une succession de traits et de points correspondant, suivant un code convenu, aux lettres de l'alphabet.

que dure le courant. On traduit ces mouvements du levier en traits tracés sur une bande, en faisant dérouler cette bande (*fig. 5*) au moyen d'un mouvement d'horlogerie

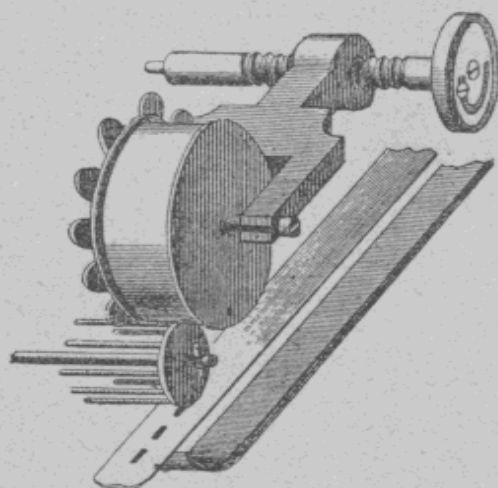


FIG. 6.

Dispositif d'encrage de la molette contre laquelle la bande de papier se trouve momentanément appuyée.

entre cette extrémité du levier et une molette *m* garnie d'encre d'imprimerie. Quand le levier se lève il appuie la bande contre la molette et un trait, dont la longueur dépend de la durée du contact, se trouve tracé sur la bande. Le dispositif d'encrage de la molette est vu en détail (*fig. 6*).

La figure 5 montre l'ensemble des organes du récepteur assurant le cheminement de la bande, grâce

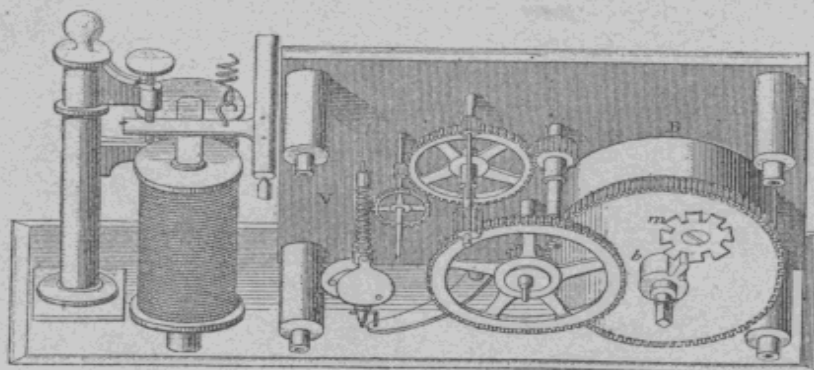


FIG. 7. — Récepteur Morse.

Vue du mouvement d'horlogerie assurant le déroulement de la bande de papier et la rotation de la molette.

à la mise en marche d'un mouvement d'horlogerie, représenté (*fig. 7*). Ce mouvement est entretenu par

le déroulement d'un fort ressort contenu dans un barillet dont la tension, lors du remontage, est limitée,

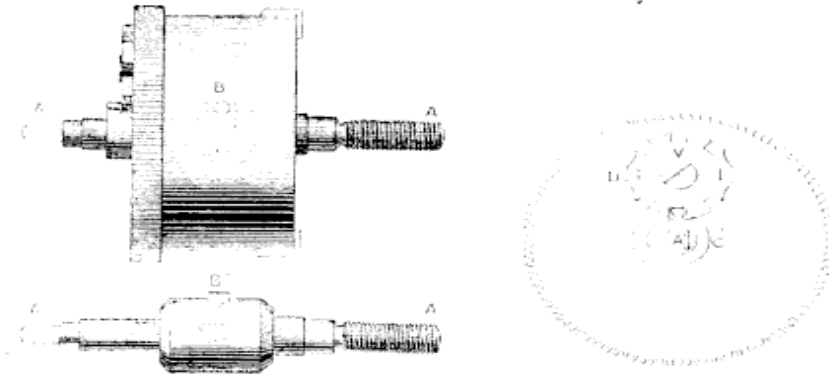


FIG. 8. — Récepteur Morse.
Barillet contenant le ressort moteur et muni de la croix de Malte, limitant la tension à donner au ressort.

à la manière usuelle en horlogerie, par une croix de Malte (*fig. 8*). La régularisation du mouvement est assurée par deux ailettes qu'on voit figure 9; ces ailettes s'éloignent plus ou moins de l'axe qui les met en rotation, elles sont sollicitées par deux ressorts qui tendent à les ramener vers l'axe. Un levier mobile *L* peut venir en contact ou libérer le doigt *d* porté par l'axe et permet ainsi la mise en marche ou l'arrêt du mécanisme.

Quelques critiques peuvent être faites au mouvement d'horlogerie et au dispositif d'enerage. Ce dernier est, en effet, d'un encrassement trop rapide. Quant au mouvement d'horlogerie, sa

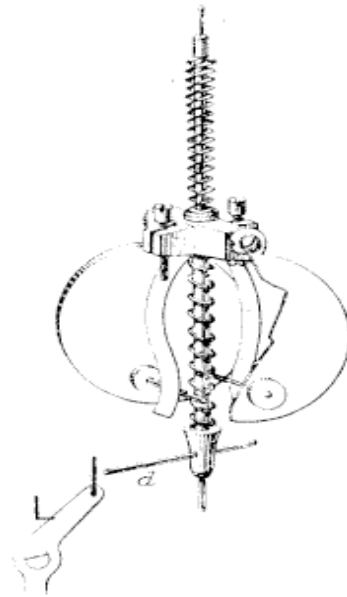


FIG. 9. — Récepteur Morse.
Régulateur du mouvement avec levier *L* de mise en marche ou d'arrêt.

complication exige un ressort hors de proportion avec la force utilement développée. Le régulateur, en particulier, absorbe du travail moteur et est incapable de le rendre.

Réduits à ses éléments essentiels, manipulateur réalisant une simple clef de contact, récepteur constitué par un électro-aimant pouvant attirer une palette, le télégraphe de Morse se présente comme le plus simple des télégraphes électriques. La figure 10 donne le schéma des

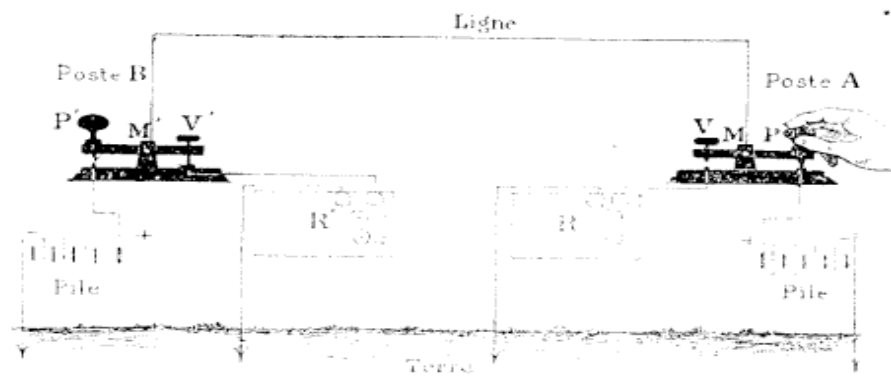


Fig. 10. — Schéma des communications entre deux postes télégraphiques équipés avec des Morse.

connexions entre les appareils (manipulateur et récepteur) de deux postes A et B, équipés avec des Morse et reliés par une ligne à fil unique, le retour du courant se faisant par la terre. La figure représente l'état des circuits le poste A transmettant.

On réduit très souvent le récepteur Morse au dispositif essentiel : électro-aimant et palette de fer doux attirable. On supprime alors toute inscription et tout mouvement d'horlogerie. Les signaux brefs ou longs se lisent au son. Dans ces récepteurs, qu'on dénomme *parleur* ou *sonneur*, on fait en sorte que le bruit d'at-

traction de la palette par l'électro soit très net et très perceptible. On concentre même souvent le son vers l'oreille du télégraphiste attentif, au moyen d'un pavillon. La figure 11 représente un parleur Morse. L'électro-

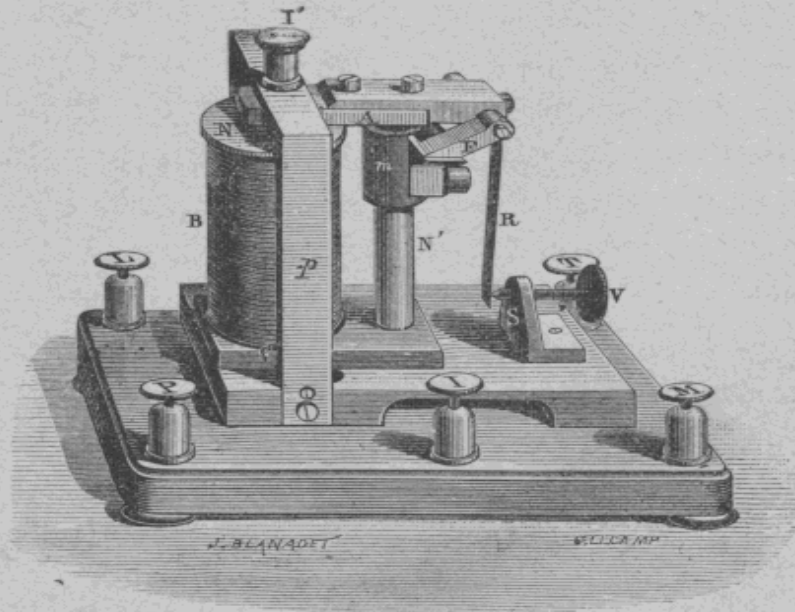


FIG. 11. — Parleur Morse.

Un électro-aimant à un seul enroulement (dit *boiteux*) agit sur une palette dont le bruit d'attraction est très net et très perceptible. La lecture des signaux se fait au son.

aimant est dit *boiteux*, une seule des branches étant pourvu d'un solénoïde. Au bureau central de Copenhague on vient d'essayer un nouveau parleur, relais logé dans une capsule cylindrique munie d'une trompe. L'ensemble est mobile et constitue un écouteur que l'employé peut mettre à son oreille. Des machines à écrire mises entre les mains des employés, d'ailleurs dactylographes, leur permet de fournir un texte imprimé de la dépêche, au lieu de la transcrire à la main.

Relais. — Une seule pile d'un grand nombre d'éléments ne suffit pas toujours à envoyer, sur une ligne très longue, un courant assez intense pour actionner l'électro-aimant d'un Morse ou d'un parleur. On utilise alors le dispositif dit du *relais*. Ce dispositif consiste à placer en un point de la ligne par trop longue (à 200 kilomètres, par exemple, d'une extrémité et à 300 kilomètres de l'autre extrémité d'une ligne mesurant 500 kilomètres), un système d'électro-aimants reliés, comme le montre la figure 12. Le courant venant du poste

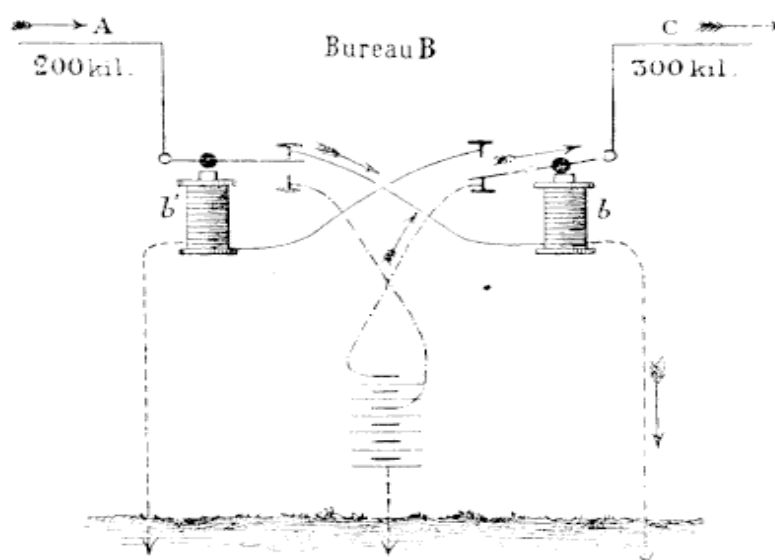


FIG. 12. — Relais télégraphique. Dispositif dit de translation.

Le courant venant de A, étant incapable d'arriver avec assez d'intensité au poste C, agit en B sur l'armature d'un électro *b*. La palette de *b*, abaissée envoie des lors sur la ligne C, le courant de la pile du bureau B. De même, lorsque C transmet, la palette de *b'* envoie sur la ligne de A le courant issu de la pile de B.

extrême A actionne au poste intermédiaire B l'électro *b*. Le levier que commande cet électro en s'abaissant met la ligne allant de B jusqu'au poste extrême C en relation avec une pile disposée en B et susceptible d'envoyer un courant intense jusqu'en C.

Tout appareil Morse ou tout parleur peut ainsi être équipé en relais. On met, à cet effet, à profit, les contacts que réalisent les vis-butoirs qui limitent les excursions du levier entre sa position de repos et sa position de travail. Ces butoirs sont alors isolés l'un de l'autre. On voit (*fig. 12*) qu'à un Morse équipé en relais aboutissent cinq conducteurs : ligne L, butoir de repos I, butoir de travail ou pile P, extrémité de l'enroulement de l'électro reliée à la terre T, extrémité du même enroulement reliée au butoir de repos de l'autre électro M. C'est pour assurer l'établissement de ces cinq connexions qu'on trouve autour du socle du parleur, représenté figure 11, les cinq bornes L, T, I, P, M. Le dispositif réalisé (*fig. 12*) au moyen de deux récepteurs Morse, est dit *dispositif de translation*.

CHAPITRE IV

Télégraphie militaire

A l'étude du télégraphe Morse se rattache immédiatement les procédés employés en télégraphie militaire. Trois procédés, dont deux électriques, sont actuellement utilisés en télégraphie militaire : 1° Le *télégraphe Morse*, par poste fixe ou par postes mobiles installés en voiture légère. On y utilise des Morses à bandes et des parleurs ;

2° Le *télégraphe optique*, dont nous dirons quelques mots, car il utilise les signaux Morse ;

3° Le *téléphone* employé comme dispositif de télégraphie légère, en particulier, dans les régiments de cavalerie, l'équipement d'un poste téléphonique pouvant être complètement transporté, ligne comprise, par 2 ou 3 cavaliers, dont les chevaux portent chacun 2 sacs. Le téléphone est encore employé comme mode de communication en montagne (chasseurs alpins).

A ces procédés il y aurait lieu d'ajouter le fonctionnement des colombers militaires et des télégraphes sans fil, que nous nous contenterons de signaler.

Télégraphe militaire Morse. — Poste de forteresse.
— Le manipulateur et le récepteur ne présentent rien de particulier ; ils sont identiques à ceux du service civil. A signaler le mode d'attache de l'appareil à la table, dit borne Combette (*fig. 13*), destiné à prévenir le desserrement dû aux vibrations de la manipulation ; ce mode d'attache est surtout utile dans les voitures-postes.

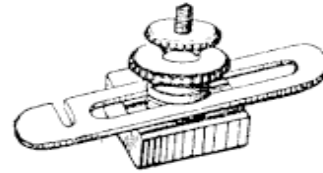


FIG. 13.
Borne Combette.

Appareils de campagne. — La figure 14 représente le Morse de campagne, ancien modèle, qui renferme les mêmes organes que le poste de forteresse, mais disposés de manière à réduire au minimum le volume occupé. Le galvanomètre se trouve fixé sur le devant de l'appareil ; le manipulateur entre le rouet au papier et l'électro-aimant. Le papier se trouve alors guidé comme l'indique la figure 15. Le tout est logé dans une cantine repré-

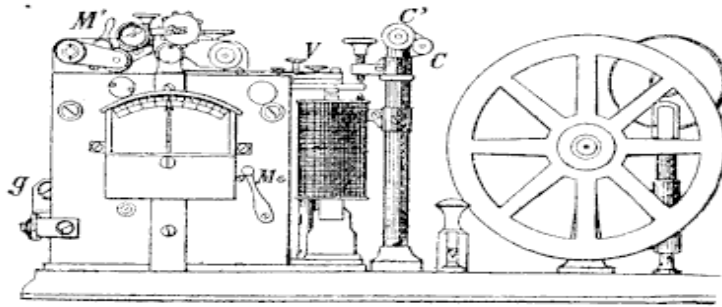


FIG. 14. — *Morse de campagne, ancien modèle.*
Vue d'ensemble.

duire au minimum le volume occupé. Le galvanomètre se trouve fixé sur le devant de l'appareil ; le manipulateur entre le rouet au papier et l'électro-aimant. Le papier se trouve alors guidé comme l'indique la figure 15. Le tout est logé dans une cantine repré-

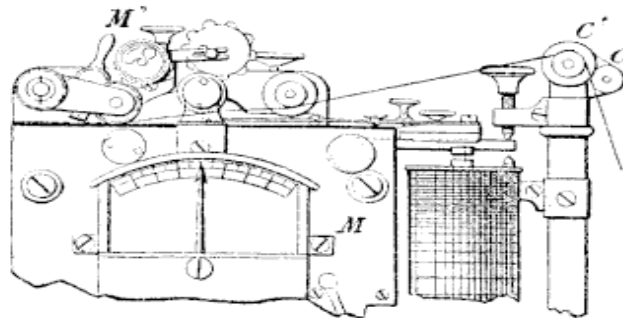


FIG. 15 — *Morse de campagne, ancien modèle.*
Déroulement du papier.

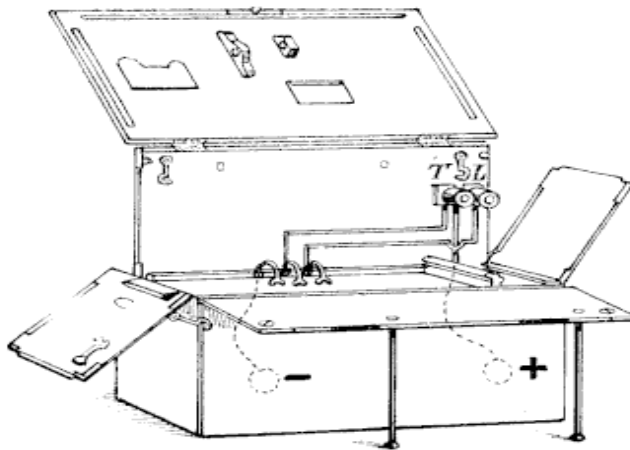


FIG. 16.

Cantine contenant le Morse de campagne, ancien modèle, représentée ouverte.

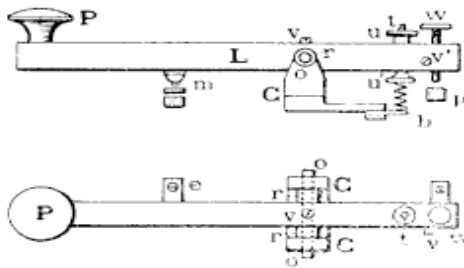


FIG. 17. — Morse de campagne, Modèle 1898. Manipulateur.

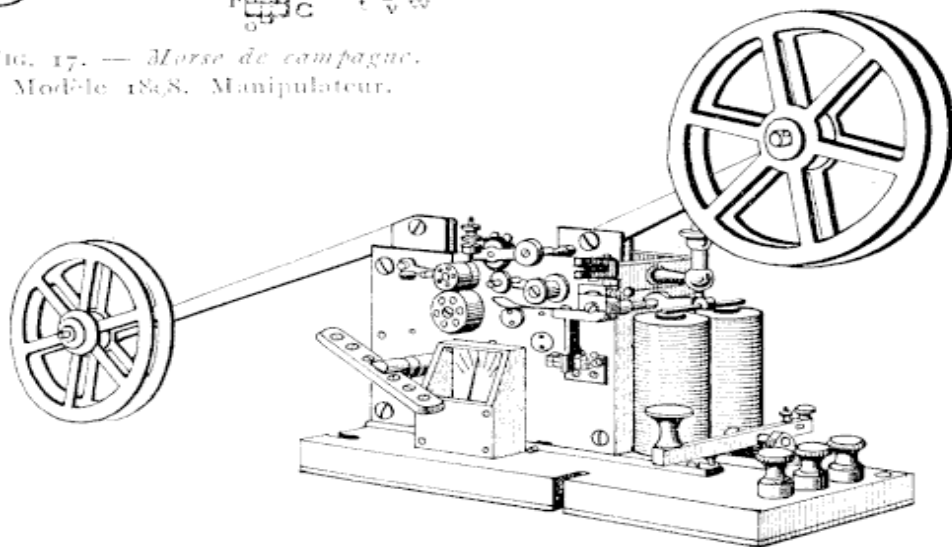


FIG. 18. — Morse de campagne, modèle 1898. Récepteur.

sentée ouverte dans la figure 16. Le Morse de campagne, modèle 1898, est représenté dans les figures 17 et suivantes. Le manipulateur (*fig. 17*) est un levier de 10 centim., suspendu au tiers de sa longueur. Les bobines de l'électro du

récepteur (*fig. 18*) sont protégées par une gaine d'aluminium. Les plaques de la boîte du mouvement d'horlogerie sont formées de plaques d'alu-

minium fixées sur des cadres en cuivre. La boîte de l'appareil est en deux parties : une première (*fig. 19*) forme couvercle et est composée de deux planchettes réunies à angle droit. Deux boulons à charnière servent à y fixer l'appareil. Un pinceau et porte-pinceau servent à alimenter l'enerage. La seconde

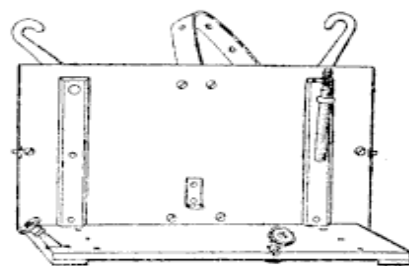


FIG. 19.
Boîte de l'appareil de campagne, modèle 1858 (1^{re} partie).

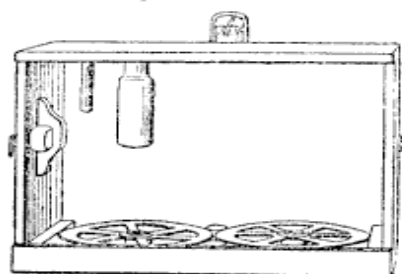


FIG. 20.
Boîte de l'appareil de campagne, modèle 1858 (seconde partie).

partie de la boîte (*fig. 20*) est formée par une caisse à laquelle il manque une face; sur le fond, des cales maintiennent le rouet au papier; sur les parois latérales sont fixés un tournevis et deux étuis contenant, l'un des ressorts de rechange, l'autre une bouteille d'encre oléique.

Une simplification du Morse

de campagne est réalisée dans le parleur-ronfleur que représente la figure 21. Sur le couvercle du parleur se trouve fixé le manipulateur. La réception se fait au son.

Lignes de campagne. — Le fil des lignes de télégraphie militaire est constitué par un câble, toron de 7 fils de 0^{mm} 4 (ensemble 1^{mm} 2 de diamètre) qui peut supporter sans rupture une traction de 90 kilo-

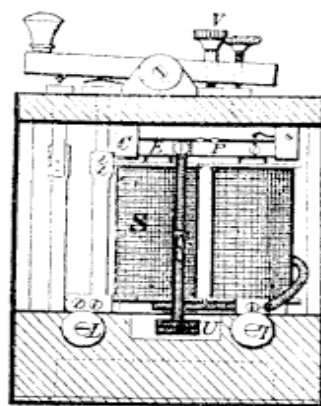


FIG. 21.
Parleur ronfleur, simplifiant le Morse de campagne.

grammes. Le kilomètre pèse 28 kilogrammes. On emploie encore le câble léger (3 fils de 6^{mm} 4, ensemble 1^{mm} de diamètre) qui supporte sans rompre une traction de 10 kilogrammes et pèse 10 kilog. 800 au kilomètre.

Les isolateurs en ébonite du modèle dit à simple

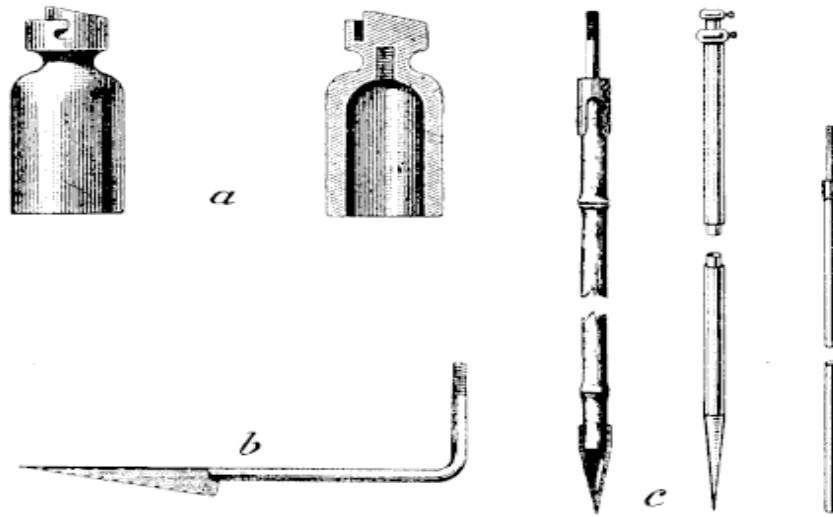


FIG. 22.
Isolateurs (a), pitons (b) et perches (c) servant à la confection des supports de ligne de télégraphie militaire.

cloche (*fig. 22 a*) se fixent soit à des pitons à patte (*fig. 22 b*), soit à des perches de bambou à tête, portant une fourrure en chêne (*fig. 22 c*). On utilise encore des crampons avec tube de caoutchouc (*fig. 23*) servant à supporter le câble de campagne.

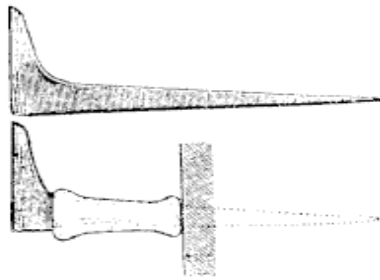


FIG. 23.
Crampon à manchon de caoutchouc pour support de câble de campagne.

Les figures 24 et 25 représentent des dispositifs démontables servant à dérouler un câble de campagne dont la bobine (*fig. 24 b*) fixée sur l'axe (*fig. 24 a*) est supportée

soit par un léger chariot (*fig. 24*), soit par un cadre

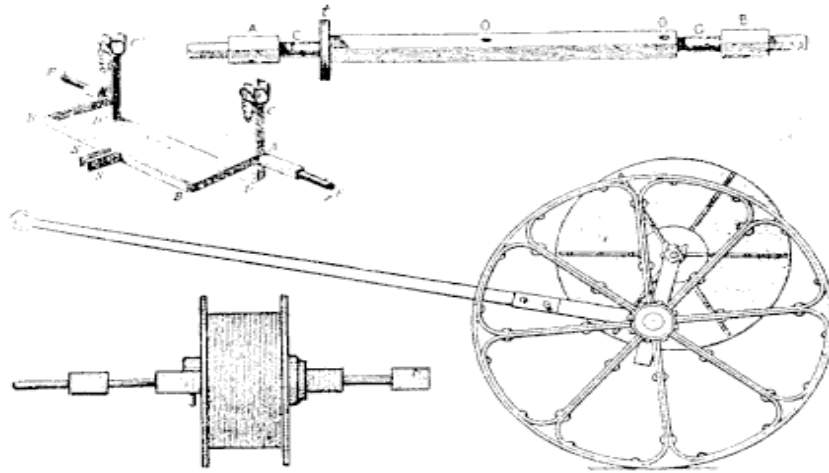


FIG. 24.

Chariot léger et démontable servant à dérouler câble de campagne.

matelassé (*fig. 25*) qui se porte à dos d'homme.

Le commutateur de ligne (*fig. 26*) permet d'intercaler rapidement un poste sur une ligne établie. A cet effet, les deux serre-fils fixés aux extrémités d'une solide pièce isolante permettent de fixer la ligne en deux tronçons isolés l'un de l'autre, l'appareil du poste intermédiaire communiquant d'un côté par la borne A, de l'autre côté par la borne A'.

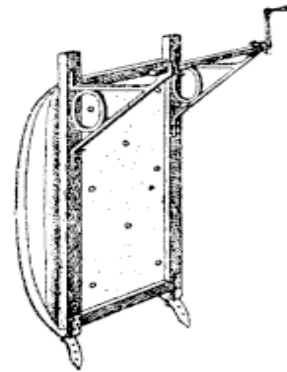


FIG. 25.

Cadre matelassé permettant de porter à dos d'homme et de dérouler ou d'enrouler un câble de campagne.



FIG. 26. — Commutateur de ligne.

Télégraphe optique. — *Principe.* — On concentre la lumière du soleil ou à défaut celle d'une forte lampe en un faisceau parallèle de lumière (*fig. 27*). Un

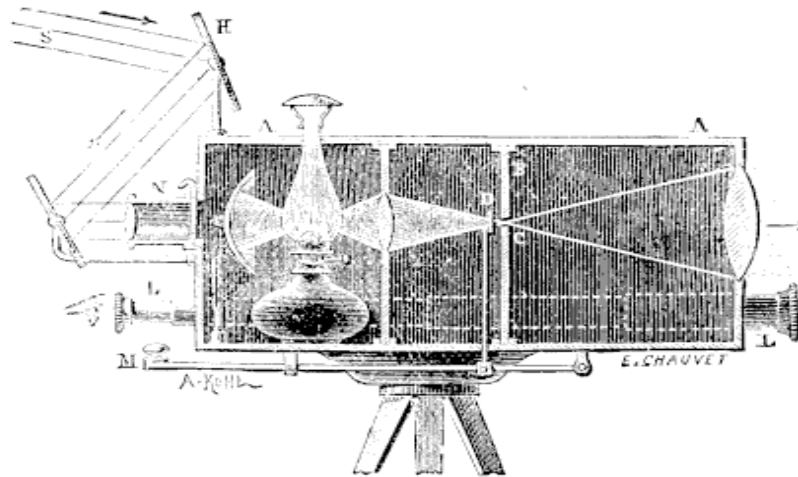


FIG. 27. — Principe de la télégraphie optique.

La lumière du soleil ou à défaut celle d'une lampe est concentrée en un faisceau parallèle. Un écran D, manœuvré au moyen d'un levier M, à la manière d'un manipulateur Morse, permet d'interrompre plus ou moins longtemps le faisceau lumineux, ce qui correspond à des signaux Morse pour le télégraphiste qui, au poste récepteur, l'observe à l'aide d'une lunette L.

écran D, manœuvré au moyen d'un levier en M, permet de démasquer, pendant des intervalles de temps plus ou moins longs, le faisceau lumineux qu'au poste correspondant le télégraphiste qui reçoit les signaux observe au moyen d'une lunette L.

Deux catégories d'appareils optiques sont utilisés : les appareils de campagne numérotés 10, 14, 24 et 30 et les appareils de forteresse 40, 50 et 60. Ces numéros se rapportent au diamètre de l'objectif exprimé en centimètres. La figure 28 représente l'appareil de 10. La partie cylindrique où se fixe, par une monture à baïonnette, l'objectif d'émission, est percée de quatre trous qui, en assurant l'aération, empêchent le dépôt de buée de se

produire sur la lentille. La figure 29 représente l'appareil de 60 démontable, modèle de 1890. L'objectif comprend deux lentilles,

l'une biconvexe, l'autre convexe-concave, montées dans un barillet muni de portes permettant le nettoyage des surfaces intérieures des lentilles. Pour les communications à

grande distance la lumière du pétrole n'a pas un éclat suffisant, on emploie l'arc électrique, ce qui exige des installations encombrantes et coûteuses.

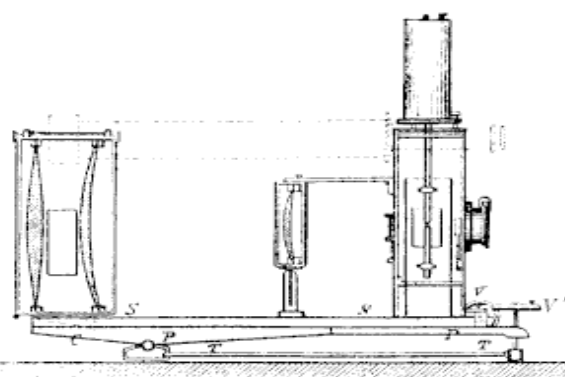


FIG. 29 — *Télégraphe optique.*
Appareil dit de 60 (objectif de 60 centimètres de diamètre), à arc électrique.
(Modèle de 1890)

dérivation : un tableau de distribution et ses accessoires.

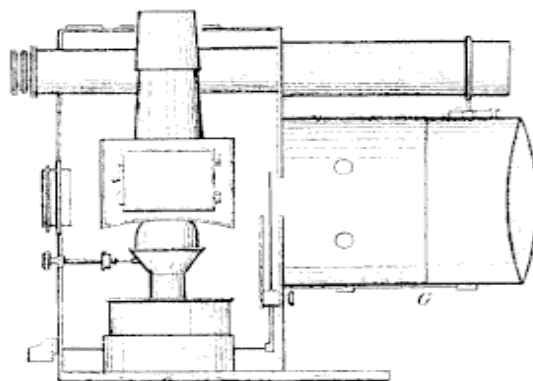


FIG. 28. — *Télégraphe optique.*
Appareil dit de 10, c'est-à-dire dont l'objectif mesure 10 centimètres de diamètre

Tout un outillage spécial aussi réduit en volume que possible a été étudié à cet égard : un moteur à pétrole, les postes optiques étant le plus souvent placés dans des sites où l'eau est rare ; une dynamo à excitation

CHAPITRE V

Propagation du courant sur une ligne télégraphique

L'appareil Morse ne permet l'échange de télégrammes entre deux postes qu'avec une rapidité modérée. C'est ainsi qu'en service courant, l'échange de 20 télégrammes de 15 mots à l'heure est un maximum. La rapidité du récepteur, celle même de l'employé sont, en effet, limités. Que se passerait-il si nous supposons ces rapidités accrues à l'extrême ? Il nous faut alors regarder d'un peu plus près comment une émission de courant se propage sur une ligne télégraphique. Cette étude est, en effet, la préface nécessaire de celle des appareils télégraphiques rapides.

Considérons donc l'état de la ligne sur laquelle on envoie des courants. En télégraphie il est surtout important de considérer l'état variable du courant à l'extrémité de la ligne. C'est, en ce point seulement, qu'il intéresse, en effet, le fonctionnement des appareils. Dans le cas d'une émission de courant, de durée illimitée, la ligne étant reliée à la terre, la figure 30

donne la courbe du courant à l'arrivée. Si la pile a une force électromotrice E , l'intensité maxima limite est I_1 ,

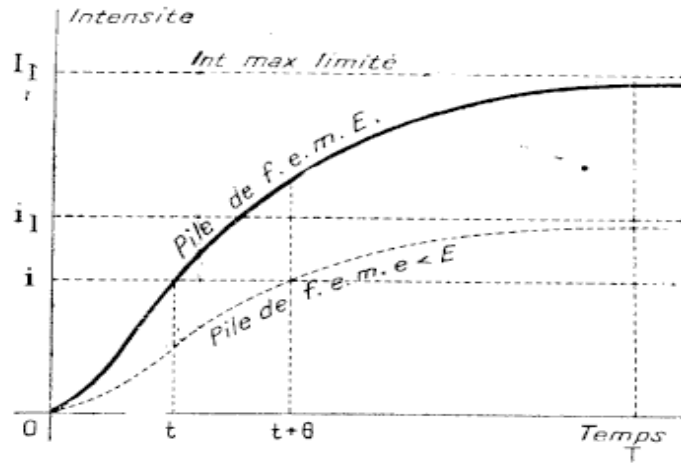


FIG. 30. — Courbe du courant à l'arrivée : cas d'une émission de durée illimitée, avec une pile de force électromotrice e l'intensité limite serait i_1 , toutes les ordonnées de la nouvelle courbe étant déduites de la précédente dans le rapport $\frac{e}{E}$.

La durée d'obtention de l'intensité limite maximum n'est pas diminuée, mais un appareil dont l'électro nécessitait pour fonctionner l'intensité i , qui fonctionnait avec E au bout du temps t , ne fonctionnera avec e qu'au bout du temps $t + \theta$.

La durée T de l'état variable dépend de bien des causes : de la capacité, de la résistance, de la self-induction de la ligne, c'est-à-dire non seulement de ces quantités relatives au seul fil de ligne, mais aussi des résistances de la pile, de la terre et du récepteur, de la self-induction du récepteur que la présence d'électros rend très notable. Cette self-induction développe un courant de sens inverse qui diminue l'intensité I_1 .

Enfin, les courants étrangers qui circulent dans le fil, *courants d'induction, courants telluriques*, ont également une action sur la durée d'établissement de I_0 .

On peut étudier expérimentalement ce phénomène, en disposant une série de galvanomètres sensibles étagés sur une ligne. Le plus rapproché de la pile dévie le premier, un instant après le deuxième dévie et c'est le plus éloigné de la pile qui entre le dernier en jeu.

Pour ceux qui sont situés sur la première partie de la ligne, les déviations augmentent rapidement ; pour ceux les plus éloignés les déviations croissent lentement d'une manière continue. Un galvanomètre sensible placé à l'extrémité de la ligne permet de construire la courbe précédente par points ; mais on obtient ainsi difficilement le moment précis où la courbe se sépare de l'axe des temps, ainsi que le moment précis où l'intensité atteint sa valeur maximum.

Rien d'étonnant à cela : la théorie n'indique-t-elle pas par un calcul simple que le temps nécessaire à l'établissement d'un courant constant est infini. Pratiquement, l'augmentation cesse d'être appréciable à partir d'un moment donné, qui varie avec la sensibilité de l'instrument. On peut considérer l'état stable établi à partir de ce moment.

Le temps qui s'écoule, entre le moment où le contact est établi avec la pile au poste de départ et la production d'un signal au poste d'arrivée, varie avec l'appareil employé, avec la nature et la longueur de la ligne.

On admet que $T = \frac{2 \text{ à } 3}{1000}$ de seconde, pour un appa-

reil Hughes, avec une ligne aérienne de 500 kilom. en fil de fer de 4^{mm} de diamètre, il est 30 fois plus long, égal à $\frac{9}{100}$ de seconde, pour le même appareil, avec une ligne souterraine ou sous-marine de même conductibilité.

Cas d'un signal télégraphique. — Supposons maintenant que l'émission de courant n'ait duré qu'une fraction, notable toutefois, de la durée T d'établissement au régime constant I_1 , et qu'il soit ensuite interrompu, la courbe obtenue est alors celle de la figure 31.

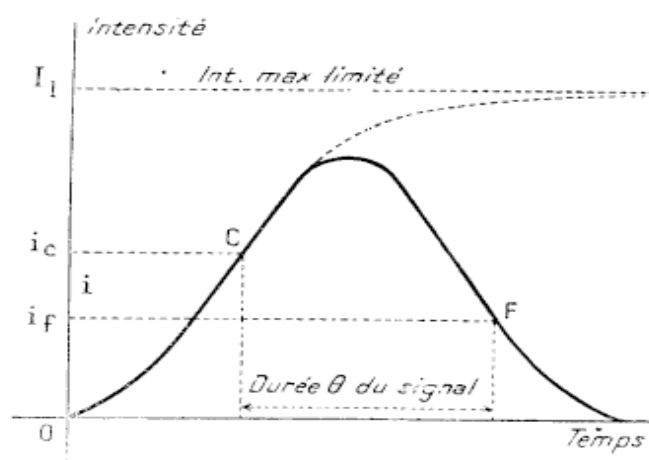


FIG. 31. — Courbe du courant à l'arrivée : cas d'un signal télégraphique.

Comme la palette de l'électro est au début plus éloignée, le courant de fonctionnement est $i_c > i$; la palette est, à la fin, plus près de l'armature, elle restera donc en contact jusqu'à une valeur de l'intensité $i_f < i$. La durée du signal de i_c en i_f est θ .

Cette durée constitue la vraie sensibilité de l'appareil plutôt que la sensibilité même de l'électro qui est marquée par i_c . C'est, en effet, θ , qui influe sur la rapidité de la transmission.

On voit que la production du signal, au début, se fait avec netteté et précision, jusqu'en un point où la courbe monte avec rapidité. La fin du signal est beaucoup moins nette; F est un point d'une région où la courbe s'abaisse par degrés insensibles; il se produit ce qu'on appelle une *queue de courant*. Dans certains appareils (Hughes) le point C seul est à considérer.

Lorsque les appareils fonctionnent entre deux limites de courant, il y a avantage à ce que les courbes aient une allure aussi raide que possible, tant dans la partie montante que dans la partie descendante. Cela atténue les effets de la queue de courant. A cet égard, la self-induction des lignes peut être utile (Vaschy).

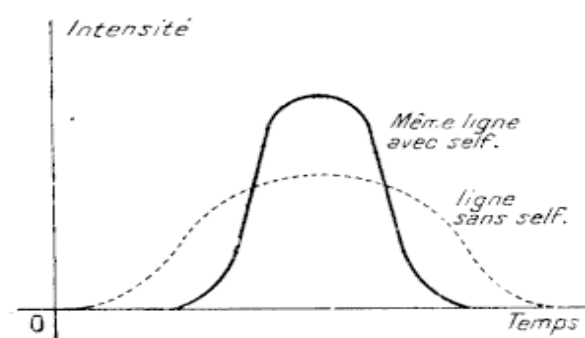


FIG. 32. — Influence de la self-induction

La figure 32 montre l'influence de la self-induction sur la forme de la courbe d'arrivée.

On croyait, avant Vaschy, que la self-induction des lignes était nuisible comme

celle des appareils. Il est vraisemblable qu'on améliorerait les transmissions en embrochant, de distance en distance, sur les longues lignes, des bobines de self de faible résistance, convenablement choisies.

M. Estaumié cite le cas d'une communication qui ne pouvait excéder 96 kilom. et fut portée à 352 kilom., par l'emploi de self répartie sur la ligne.

Cas d'émissions brèves faites à intervalles (série de points). — Le courant n'atteint pas à l'arrivée le régime permanent. Entre deux émissions la décharge du conducteur ne peut se faire complètement.

Les sinuosités de la courbe (*fig. 33*), après les deux ou trois premiers points, sont d'autant plus accentuées que

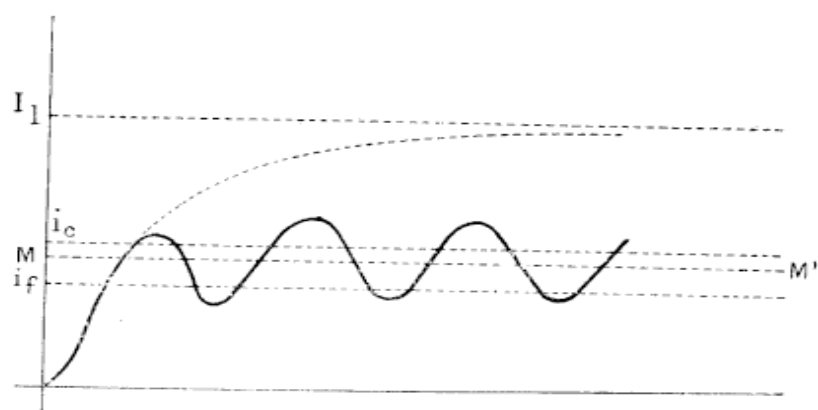


FIG. 33. — Cas de la transmission d'une série de points (très bon fonctionnement). La durée de l'émission égale la durée de l'intervalle.

les émissions se succèdent à des intervalles plus éloignés, elles se rapprochent au contraire de la ligne médiane MM' , en différent très peu, si la manipulation est très rapide. Comme l'appareil nécessite pour fonctionner que l'intensité i soit supérieure à i_c au début, inférieure à i_f à la fin de chaque signal, si les émissions sont trop rapides, l'électro à l'arrivée n'y répondra pas. Plusieurs cas sont à considérer :

1^o Les sinuosités sont comprises entre i_c et i_f : pas de fonctionnement ;

2^o i_c au-dessus de MM' , i_f au-dessous : bon fonctionnement ;

3° i_c et i_f au-dessous de MM' : longs traits séparés par des intervalles courts ; l'appareil est trop sensible ;

1° i_c et i_f au-dessus de MM' : petits traits séparés par de longs intervalles ; l'appareil n'est pas assez sensible.

Cas d'émissions longues faites à intervalles égaux (séries de traits). — On a encore (fig. 34) des sinuosités régulières (on suppose que la

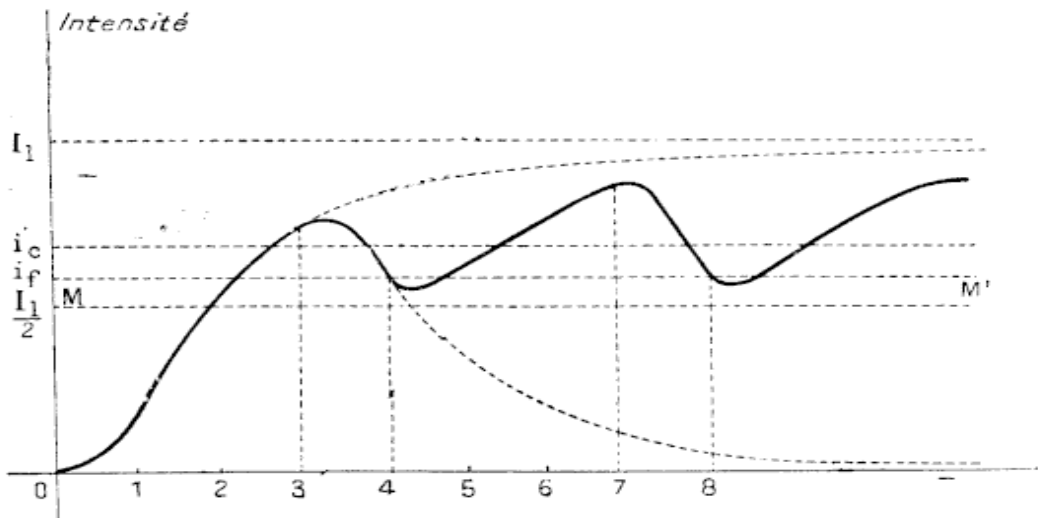


FIG. 34. — Cas de la transmission d'une série de traits (très bon fonctionnement). La durée de l'émission est triple de la durée de l'intervalle.

durée de l'émission est le triple de celle de l'intervalle, mais les parties ascendantes de la courbe sont plus longues que les parties descendantes. Si l'appareil est réglé pour transmettre des points, on aurait de longs traits séparés par des intervalles courts ou même un trait continu, à moins que l'on n'espace davantage les émissions. On voit, en particulier, qu'ici, les limites de la sensibilité pour une réception convenable doivent être toutes deux au-dessus de la ligne MM' , condition contradictoire de la précédente.

Si donc on veut accroître la rapidité des signaux, il faut se préoccuper des moyens d'atténuer les effets de la période variable.

Quatre méthodes ont été préconisées à cet effet :

1^{re} *La méthode de la décharge directe* de la ligne, qui consiste à mettre la ligne à la terre à ses deux extrémités, à la fin de chaque émission (décharge Schwendler, l'arjour). Cette méthode est, d'ailleurs, peu employée.

2^{re} *La méthode des courants de compensation*, qui consiste à sectionner les émissions longues en deux périodes, la première durant laquelle la ligne est reliée à une pile débitant un fort courant ; la seconde pendant laquelle la ligne est reliée à une pile débitant un courant faible. On obtient ainsi une charge sensiblement constante de la ligne. Le transmetteur Wheatstone automatique (modèle ancien) réalise un dispositif de ce genre.

Un dispositif simple, indiqué par M. Godfroy, consiste à placer une forte self-induction en dérivation sur la ligne (fig. 35). Au commencement de l'émission la résistance apparente de A est très grande par suite de la variation notable d'intensité, la dérivation du courant est presque nulle. Quand la période variable s'avance la résistance de A diminue et la dérivation du courant

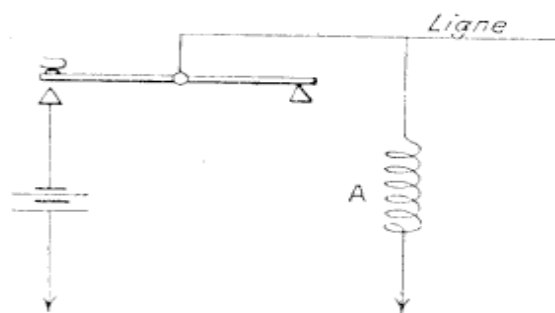


Fig. 35. — Atténuation des effets de la période variable. Emploi de courants de compensation (procédé Godfroy).

1. — Télégraphie

devient notable. On a là une compensation véritablement automatique.

3° *La méthode des courants de décharge ou de repos.* — Elle consiste à envoyer, après chaque émission, une émission de sens inverse et de durée appropriée. C'est le procédé le plus efficace. Aussi tous les

appareils rapides en font usage.

La figure 36 donne la forme de la courbe représentant l'intensité du courant à l'arrivée dans le cas de courants inversés.

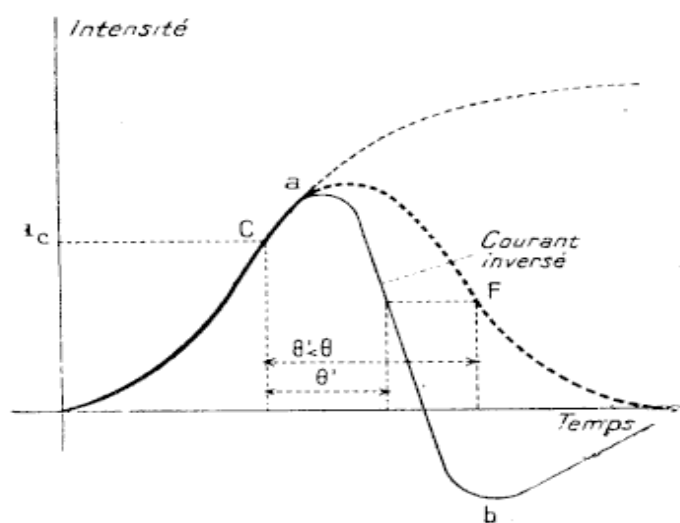


FIG. 36. — Influence des courants inversés sur la forme de la courbe du courant à l'arrivée.

4° *La méthode du condensateur*

qui consiste à couper la ligne au départ et à l'arrivée par des condensateurs

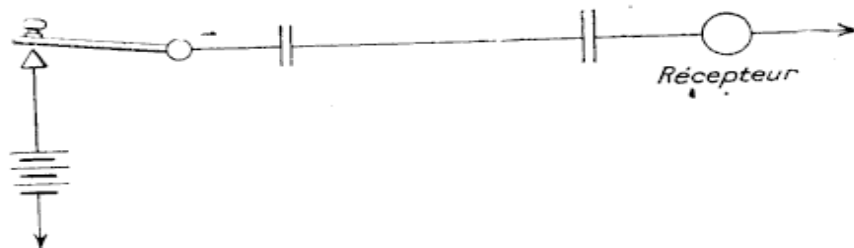


FIG. 37. — Atténuation des effets de la période variable. Méthode du condensateur.

(fig. 37). Les courants sur la ligne sont dus alors aux charges et décharges successives de condensateur.

DEUXIÈME PARTIE

TÉLÉGRAPHIE RAPIDE

CHAPITRE PREMIER

PREMIÈRE SOLUTION :

Télégraphe automatique à composition préalable de Wheatstone.

Le premier des télégraphes rapides, le Wheatstone automatique met à profit l'étude que nous venons de faire de la propagation d'un courant. Les effets de la période variable se trouvent atténués ; les émissions peuvent se succéder avec une grande rapidité.

Principe. — La transmission a lieu suivant les signaux du code Morse, mais on charge un mécanisme de transmettre avec une très grande rapidité la série des combinaisons de traits et de points traduisant les mots. Aucun employé ne pourrait, en effet, atteindre la vitesse de transmission que l'appareil procure. La transmission se fait, dès lors, au moyen d'une bande préalablement perforée de traits et de points. Pour fournir à un transmetteur, il faut donc toute une équipe d'*employés-perforateurs* qui préparent, à l'avance, les bandes dont l'appareil transmettra les signaux. A l'arrivée, le

récepteur fournit une bande imprimée en signaux Morse, qui se déroule avec une telle vitesse que, là encore, une équipe d'*employés-lecteurs* est nécessaire pour traduire rapidement en langage clair le flot de signaux que fournit le récepteur.

Perforateur. — Les bandes à préparer passent dans un appareil où elles sont perforées par la manœuvre

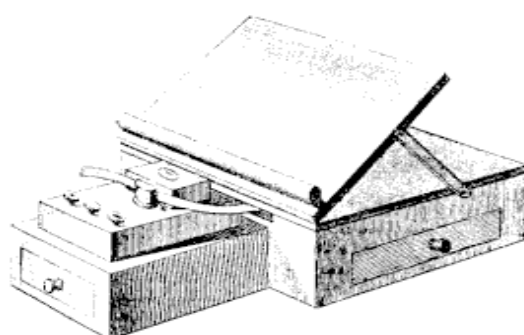


FIG. 38. — *Perforateur Wheatstone.*
Vue d'ensemble

de trois touches (*fig. 38*). Ces touches correspondent à trois combinaisons de cinq perforations 1, 2, 3, 4, 5, que représente la figure 39. Les perforations médianes, 2 et 4, de petit diamètre, sont

destinées à assurer l'entraînement de la bande ; aussi sont-elles produites d'une manière constante, quelle que soit la touche abaissée. La touche de droite du



FIG. 39. — *Perforations de la bande Wheatstone.*

(a). ensemble des perforations ; Combinaisons de perforations correspondant : (b). au trait ; (c). au point ; (d). à l'espacement.

perforateur (*fig. 38*) correspond à un trait ; elle produit la perforation figurée 39, *b* ; la touche de gauche correspond à un point, la perforation qui lui correspond est celle de la figure 39, *c* ; la touche médiane corres-

pond à un espacement et ne produit que la petite perforation 2 (*fig. 39, d*). Ainsi, le mot « Paris », donnant lieu à la combinaison de traits et points représentée

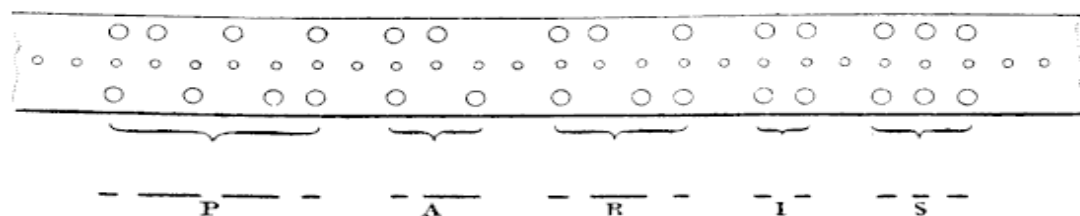


FIG. 40. — Bande perforée du télégraphe Wheatstone.

figure 40, produira une bande présentant les perforations que montre la figure.

Voici par quel mécanisme ingénieux la manœuvre des trois leviers produit les perforations combinées ci-dessus indiquées : Les cinq perforations possibles sont assurées par cinq poinçons que l'on voit en 1', 2', 3', 4', 5' (*fig. 41*) ; les touches *b* (trait), *c* (point), *d* (espace)

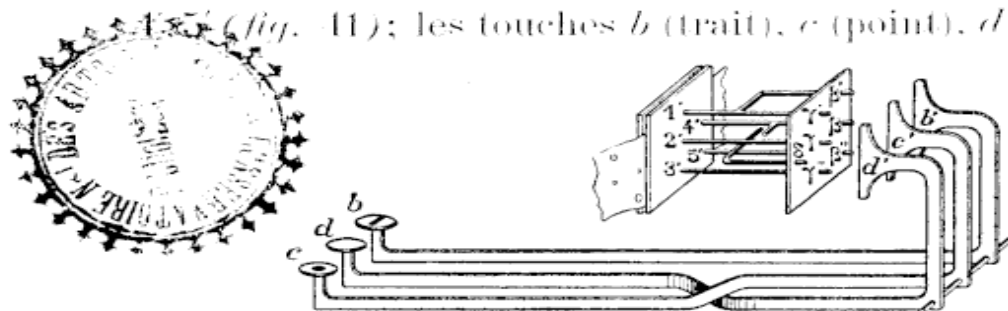


FIG. 41.

Perforateur du télégraphe Wheatstone.
Mécanisme de perforation.

commandent des talons *b'*, *c'*, *d'* qui viennent appuyer chacun sur l'une des trois rangées de doigts qui actionnent un ou plusieurs poinçons. Si l'on considère les trois sortes de perforations de la figure 39, correspondant au trait, au point et à l'espace, on constate que la perforation 2 est partout, aussi son poinçon 2' se trouve-

est-il commandé par les trois talons, en δ par d , en γ par c , en β par b . Quand le talon b (trait) s'abaisse il agit sur les doigts β , β' et β'' , les perforations 1, 2, 4, 5 sont assurées par les poinçons 1', 2', 4', 5'. En effet, β entraîne 1', β' commande 5'. Quand le talon c (point) s'abaisse, ce sont les doigts γ , γ' et γ'' qui entrent en jeu et les poinçons 1', 2' et 3' qui fonctionnent. Enfin, le talon d (espace) n'agit que sur le doigt δ qui entraîne 2'.

Il reste un détail à préciser : la perforation d'un trait intéresse une longueur de bande double de celle que demande la perforation d'un point ou d'un espace. Lors donc que la perforation d'un trait est faite la bande doit

avancer doublement hors du perforateur. A cet effet, les trois touches sont munies de talons T_1 , T_2 , T_3 (fig. 12) qui, par l'intermédiaire de leviers H , H' commandent le cliquet E , lequel fait tourner d'un pas la roue à molette r , dont les doigts, s'insérant dans les perforations médianes de la bande, la fait avancer

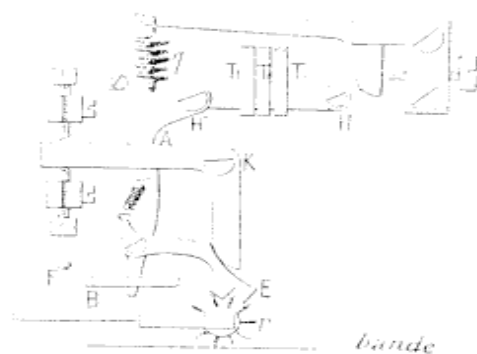


FIG. 420. Perforateur Wheatstone.

Mécanisme assurant la progression du papier.

La limite de la course du cliquet E est en E' , au lieu d'être en B , lorsqu'on perce un trait. Cela assure alors un pas double de la bande et dégage toute la perforation « trait, de largeur double des deux autres.

d'un pas chaque fois. La course du levier H A est limitée par le butoir B , sauf lorsque la touche du trait est actionnée, alors le talon T fait effacer B et c'est le butoir F qui limite la course du levier à cliquet E ; la molette r tourne d'un angle double et la bande fait

deux pas, dégageant, par suite, toute la perforation correspondant au trait.

Manipulateur ou transmetteur. — La bande perforée, il faut la transmettre, en traduire les perforations en signaux Morse. C'est le rôle qui incombe au transmetteur Wheatstone, dont la figure 43 donne une

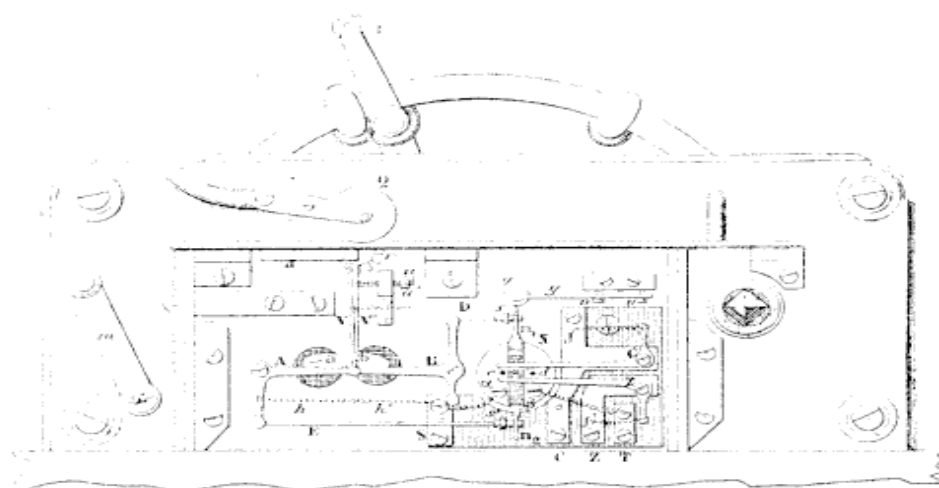


FIG. 43. — Transmetteur Wheatstone.
Vue d'ensemble.

La bande passe sous la roue Q et progresse au moyen de la roue à molette *r*.

vue d'ensemble. La bande, entraînée sous la roulette Q, progresse par l'effet de la molette *r*. L'organe essentiel de transmission est un balancier B (*fig. 44*), pièce d'ébonite, munie de deux goupilles conductrices *b*, *b'*. Un mouvement d'horlogerie imprime au balancier un mouvement de va et vient. Deux aiguilles A et A' solidaires de leviers *L*, *L'*, que des ressorts *h*, *h'* sollicitent à s'élever, tentent de pénétrer dans les perforations de la bande. C'est la pénétration des aiguilles dans les perforations qui produit les envois de courants. La figure 44 représente une position neutre du balancier. Dans cette

position les branches horizontales C et D, des leviers l et l' , laissent verticale la tige d'un levier inverseur n_1, n_2 qui, lorsqu'il bascule, met, suivant le sens de

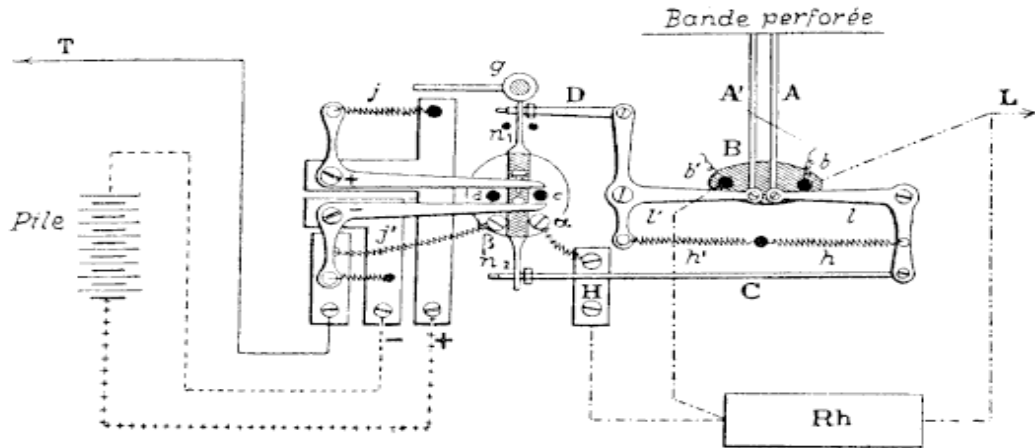


Fig. 11. — Transmission de la bande Wheatstone; Traduction des perforations en signaux Morse.

Balancier B du transmetteur, position neutre, correspondant à aucune perforation de la bande. Les aiguilles A, A' ne peuvent s'enfoncer dans aucune perforation de la bande perforée, le balancier B, mu par un mouvement d'horlogerie, oscille sans faire basculer le levier inverseur n_1, n_2 . Dès lors les pôles +, —, de la pile ne sont aucunement mis en relation, ni avec la ligne L, ni avec la terre T. Aucun courant n'est envoyé.

son inclinaison, les goupilles c et d et par suite la ligne L, d'une part, la terre T d'autre part, en communication avec les deux pôles d'une pile, pôles communiquant avec les leviers + et —. Dans la position neutre du balancier les pôles de la pile restent isolés, aucune émission de courant n'est envoyé sur la ligne.

Considérons ce qui se produit lorsque la perforation correspondant à un point se présente sous les aiguilles; alors, au cours d'une oscillation complète du balancier l'une des aiguilles A', puis après l'autre A, pénétreront successivement dans chaque perforation constituant le point. La première phase de l'oscillation du balancier déterminera donc les mouvements que représente la fi-

gure 15 (*première phase*). Une émission de courant positif est envoyée sur la ligne par $+czH'h'hbL$, le pôle négatif étant relié à la terre par $-d\beta'T$. Lors de la seconde phase de l'oscillation du balancier, les

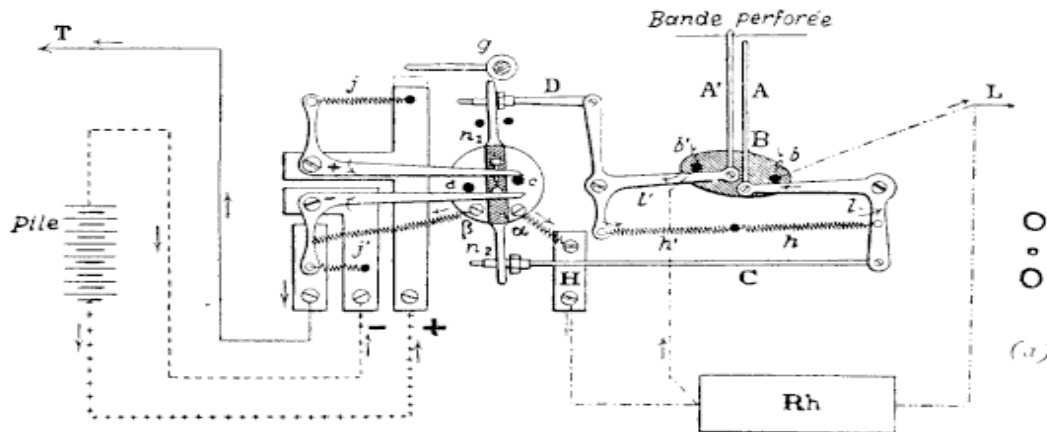


FIG. 15. -- Transmission d'un point (*Première phase*).

Le point correspondant aux deux perforations (a), les aiguilles A' et A pénètrent dans la bande successivement. A la première oscillation (que représente la figure) le circuit $Lbh'h'T'h'dc + \text{pile} - dT$ tout entier conducteur permet l'émission d'un courant positif sur la ligne.

connexions deviennent ce qu'indique la figure 16 et, alors, c'est une émission négative qui est envoyée sur la ligne.

Ainsi donc, la transmission d'un point donne lieu à l'envoi sur la ligne de deux émissions successives de courant : la première positive, la seconde négative.

Dans le cas de la transmission d'un trait, l'émission demande deux oscillations successives du balancier. La première phase de la première oscillation détermine, comme précédemment, l'envoi d'un courant positif ; la seconde phase n'étant pas suivie de la pénétration de l'aiguille A dans une perforation, que le trait ne comporte pas, les connexions deviennent ce que la figure 17

les représente : le courant positif continue à être émis par la pile, puisque le mouvement du balancier n'a pu

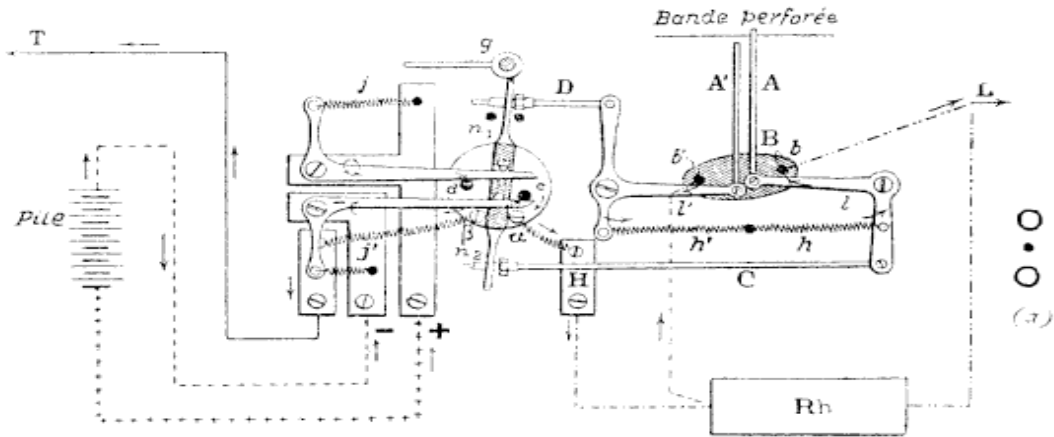


Fig. 10. Transmission d'un point (Seconde phase).

A la seconde oscillation du balancier le levier inverseur s'incline comme le représente la figure. C'est alors une émission négative qui est envoyée sur la ligne.

ramener le levier inverseur dans une position différente, mais ce courant n'est plus envoyé directement sur la ligne, mais passe à travers un rhéostat Rh qui lui fait subir un notable affaiblissement. Le contact entre *b* et *l* se trouve, en effet, rompu, et le courant de *l* à la ligne L doit emprunter la voie du rhéostat. Cet artifice a pour effet d'empêcher que la longueur de l'émission de courant positif ne charge par trop la ligne et nuise par suite à la rapidité des transmissions. Aussi désigne-t-on cette émission de courant sous le nom de *courant de compensation*.

A la première phase de la seconde oscillation du balancier, le levier inverseur reste toujours en place, puisque l'aiguille A' ne trouve pas de perforation où pénétrer; c'est encore un courant positif atténué qui est envoyé sur la ligne, l'interruption se faisant cette fois-ci

entre B' et I' et obligeant le circuit à se compléter par le rhéostat. La seconde phase de la seconde oscillation fait, enfin, pénétrer l'aiguille A dans une perforation,

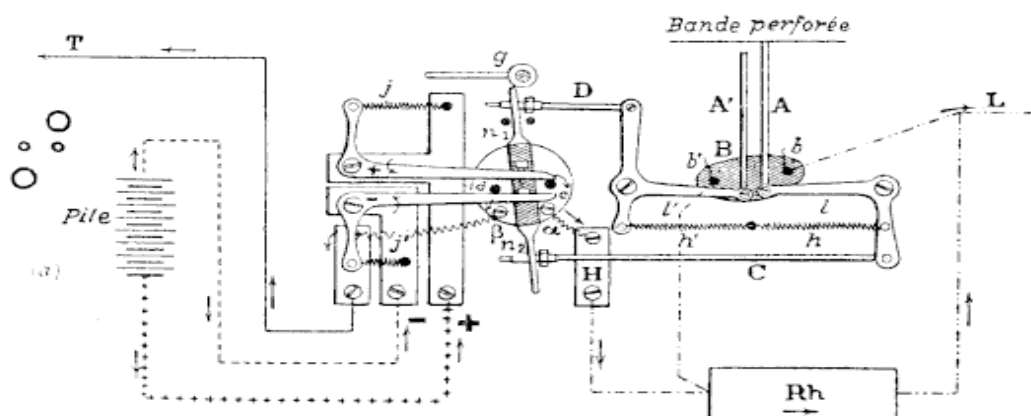


Fig. 17. - Transmission d'un trait : Courant de compensation.

Le trait correspondant aux perforations (a), l'aiguille A s'enfonce dans la première perforation (d'où l'envoi d'un courant positif, voir figure 15) puis, à l'oscillation suivante l'aiguille A ne peut pénétrer dans la bande, l'émission positive se continue, mais son intensité est diminuée, le courant de I' à la ligne L s'achevant comme le montre la figure par l'intermédiaire du rhéostat Rh . Il en est de même à la troisième oscillation du balancier, A ne trouvant plus de perforation. La quatrième oscillation déterminant l'entrée de A dans la seconde perforation (a) une émission négative finit la transmission.

Le trait se transmet donc comme le point, par une émission positive, suivie d'une émission négative, l'émission positive durant trois fois ce que dure celle d'un point, mais étant atténuée (courant de compensation), pendant les deux derniers tiers de sa durée.

la dernière du trait ; le levier inverseur change de position, un courant négatif est envoyé directement sur la ligne. Ainsi donc la transmission du trait donne lieu à l'envoi d'un courant positif qui dure trois fois autant que pour le point, mais pendant les deux derniers tiers de cet intervalle de temps, ce courant positif est atténué, puis il se produit un envoi de courant négatif. Grâce à l'atténuation produite, la ligne ne se trouve pas plus chargée que si l'émission avait duré le temps d'une demi-oscillation du balancier et, dès lors, la vitesse de

la transmission peut être très grande sans cesser d'être régulière.

Dans un modèle nouveau de transmetteur Wheatstone, employé actuellement en Angleterre et représenté par la figure 48, on ne fait plus usage de courant de

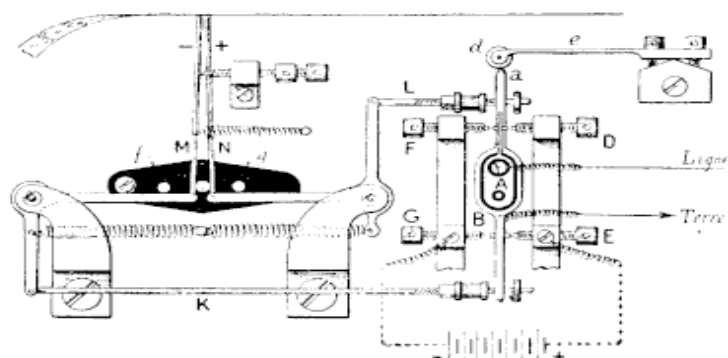


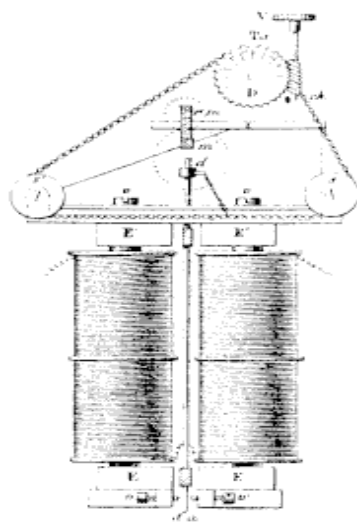
FIG. 48. — *Transmetteur Wheatstone, nouveau modèle.*

Tout signal est produit par un courant de travail auquel succède un courant de repos qui dure l'intervalle de deux signaux. Tout courant de compensation est supprimé et la vitesse de transmission est triple.

compensation. Tout signal, bref ou long, est produit par un courant de travail auquel succède un courant de repos de sens inverse qui occupe la ligne pendant tout l'intervalle, entre deux signaux consécutifs. On produit les renversements de courants avec une rapidité plus grande encore qu'avec l'ancien modèle et telle qu'alors que la vitesse de transmission était de 180 mots à la minute, elle est portée dans le nouvel appareil à 600 mots à la minute.

Récepteur Wheatstone. — L'organe actif du récepteur Wheatstone est un électro-aimant à armature polarisée. Cette armature, que la figure 49 représente, comporte deux doigts *a*, *b* (fig. 49, *a*), solidaires d'un même axe, aimantés par l'aimant permanent A

(fig. 49, *b*) et qui se déplacent entre les pôles $A_1 B_1$, $A_2 B_2$ de l'électro-aimant. Les actions magnétiques sont très rapides. L'axe qui porte ces deux doigts ou pa-



lettes *d*, *d*, supporte une molette *m* qui, bien que solidaire de l'axe, n'en est pas moins animée d'un mouvement de rotation. Un ressort antagoniste, mu par une chaîne sans fin et une vis micro-

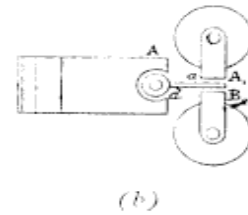
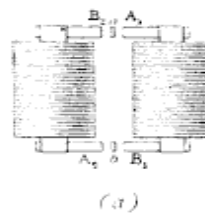


FIG. 49. — Electro-aimant à armature polarisée du récepteur Wheatstone.
(a) Coupe horizontale. — (b) Coupe verticale.

La vis micrométrique *V* sert à agir sur le ressort antagoniste au moyen d'une chaîne sans fin.

métrique *V*, permet de faire varier la sensibilité de l'armature. La figure 50 comporte l'électro-aimant du récepteur, dont le bobinage, scindé en deux enroulements superposés, permet, par une association, soit en série, soit en dérivation, de faire varier la résistance de 50^{ohm} à 200^{ohm} . L'aimant permanent *A B*, les doigts ou palettes *a*, *b*, la molette *M* et la chaîne tendant le ressort antagoniste *V* s'aperçoivent nettement dans la figure en perspective 50. L'ensemble du récepteur se voit figure 51. La molette *m* s'encre, sans frottement, par l'intermédiaire d'un disque encreur *m'* qui, mu par le mouvement d'horlogerie, se recouvre d'une couche

d'encre suffisante pour garnir l'intervalle de 1^{mm} entre les deux disques. Le tout est préservé de la poussière par

un couvercle P et une paroi i, i' portant une fenêtre qui laisse juste passage à la molette m lorsque les palettes de l'électro-aimant la porte, par

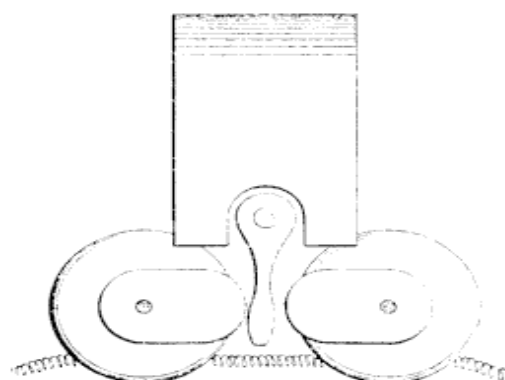
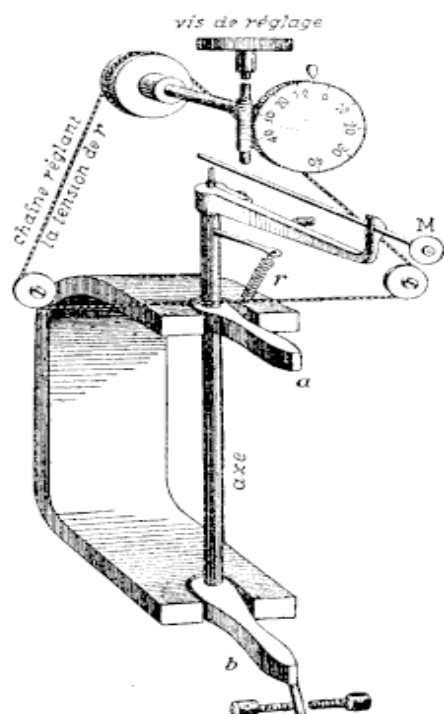


FIG. 50. — Molette encruse M du récepteur Wheatstone et sa liaison à l'armature de l'électro-récepteur.

La molette M, solidaire des palettes a, b , et mobile comme elles autour de l'axe, s'approche jusqu'au contact de la bande de papier réceptrice ou s'en éloigne, suivant le sens de l'attraction de l'électro-récepteur, c'est-à-dire suivant l'émission positive ou négative reçue.

mouvements rapides, contre la bande de papier qui, guidée, se déroule suivant T h Q et S, entraînée par les tambours Q, Q'.

L'appareil automatique de Wheatstone, très employé encore sur les lignes télégraphiques anglaises, permet d'accroître la rapidité de transmission dans d'énormes proportions. Alors que le Morse ne permet guère de dépasser 25 télégrammes moyens à l'heure, ce qui correspond à 5 à 600 mots à l'heure, l'appareil Wheatstone

atteint, par l'emploi des courants de repos et du condensateur shunté, la vitesse de 600 mots à la minute, c'est-

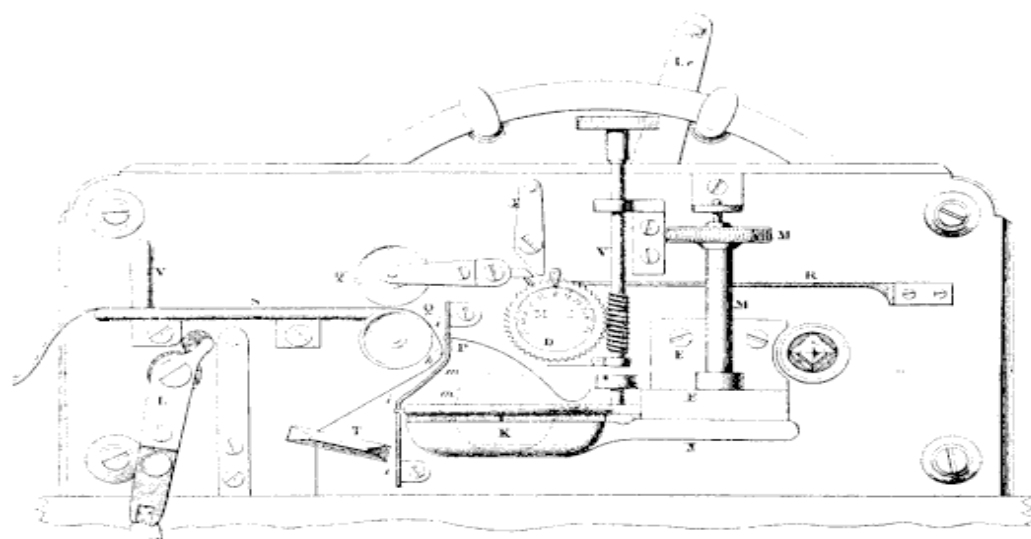


FIG. 51. — Récepteur Wheatstone.
Vue d'ensemble.

La palette m' encree, sans contact, par le voisinage du disque encreur m , (par simple capillarité) est portée par les mouvements de l'armature contre la bande entraînée de T vers S, par les timbours Q et Q'.

à-dire une vitesse 60 fois plus grande. Il est vrai de dire qu'avec le parleur on accroit des $\frac{3}{5}$ la vitesse de transmission du Morse, qui passe à 40 télégrammes (800 à 1,000 mots). Il faut remarquer également que l'appareil Wheatstone nécessite une équipe de perforateurs au départ, une autre équipe de lecteurs à l'arrivée, mais l'économie de matériel (lignes surtout) est énorme.

CHAPITRE II

Télégraphes imprimeurs : Télégraphe Hughes

Principe. — Le télégraphe imprimant de Hughes se propose de fournir la réception du télégramme sous la forme d'une bande imprimée en caractères typographiques. Le principe en est simple : Imaginez deux roues

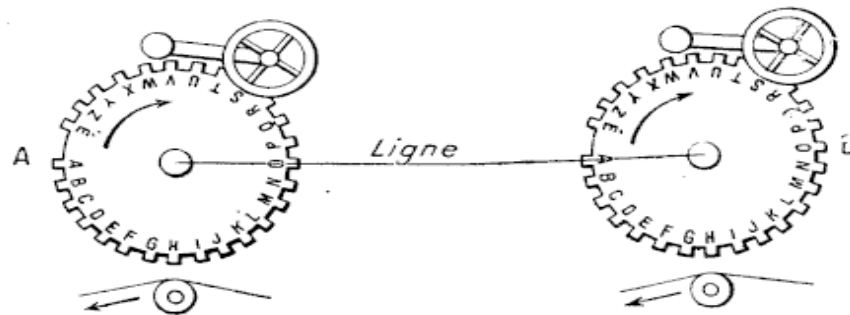


FIG. 52. — Principe du télégraphe imprimant Hughes.

Deux roues des types, disposées aux postes extrêmes, sont animées de mouvements synchrones. Cela permet, en B, l'impression d'un caractère H, lorsqu'en A, ce caractère se présente sous la verticale.

portant gravées sur leur jante les caractères de l'alphabet en relief (*roues des types*). Placées aux deux extrémités de la ligne, ces roues se trouvent animées l'une et l'autre de mouvements rigoureusement synchrones, si bien que lorsqu'en A (*fig. 52*) la lettre H passe par la

verticale, au poste B la même lettre se trouve également sur la verticale. Si par l'intermédiaire de la ligne et d'électros-aimants les mouvements de frappe de bandes de papier contre chaque roue des types sont rendues solidaires, lorsqu'on produira un A le rapide contact de la bande contre la jante de la roue, d'ailleurs encrée, le même contact se produisant au poste B déterminera sur la bande de B l'impression de la lettre H.

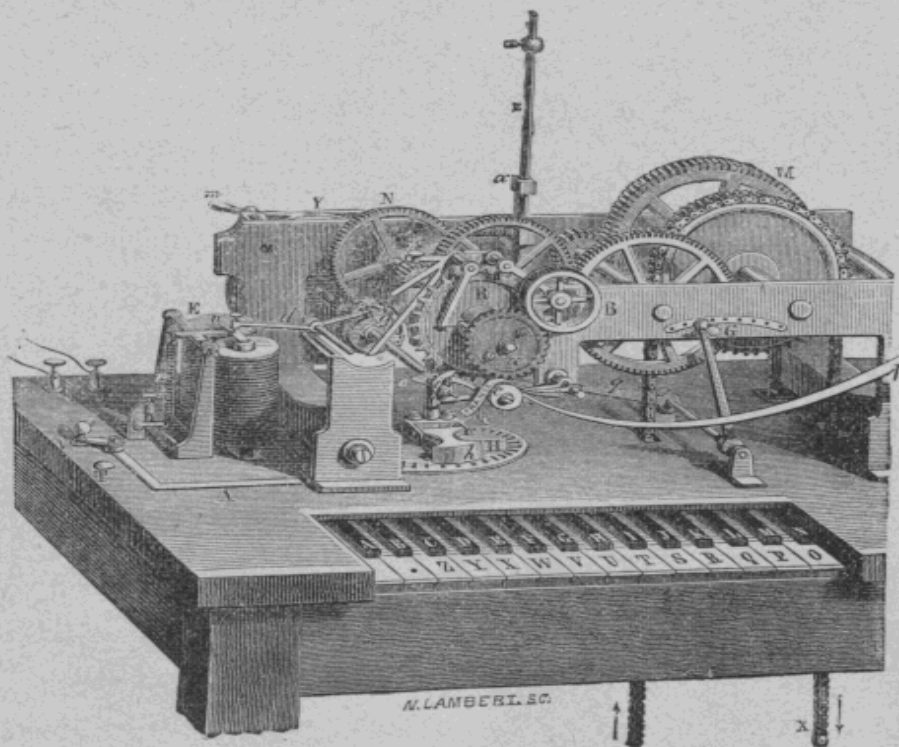


FIG. 53. — Télégraphe Hughes : vue d'ensemble.

Ce principe posé, nous allons donner tout d'abord une description générale de l'appareil; puis, par une étude particulière du manipulateur et du récepteur, nous montrerons comment s'effectuent les opérations

multiples, avancement du papier, maintien du synchronisme, etc. . . . que ce schéma descriptif suppose.

Description générale. — La figure 53 donne une vue d'ensemble de l'appareil qui montre les organes du manipulateur (clavier à touches correspondant à chaque lettre ou signe, levier de contact produisant les émissions de courant, etc. . .), intimement liés aux organes

récepteurs (électro, roue des types et arbre des canes mis en rotation par un train d'engrenage qui commande également certains organes transmetteurs). Le tout est disposé sur une table. Le train d'engrenage est mis en mouvement par la chute d'un poids de 60 à 70 kilogrammes, dont une pédale, agissant sur une chaîne $C' C'$ (fig. 54) qui commande la roue dentée à cliquet R' , permet le remontage ; l'action d'un petit contrepoids sur le levier d'un timbre t annonce que le poids est à bout de course. Dans quelques

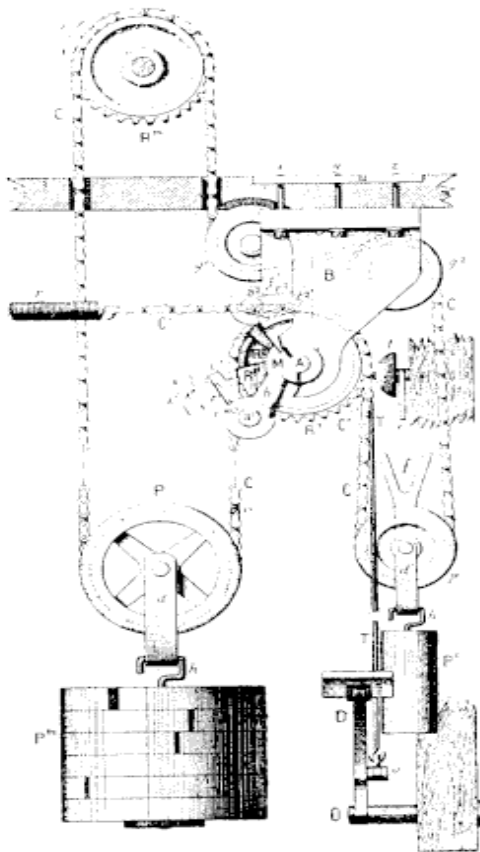


FIG. 54.
*Remontage mécanique du poids
moteur du mécanisme de l'appareil
Hughes.*

grands bureaux le remontage automatique est assuré par l'action d'un moteur électrique M (fig. 55), dont un levier B commande la marche intermittente. Ce

levier, relevé par le poids P interrompt, par son propre poids, lorsqu'il remonte, le circuit du moteur.

La figure 56 représente une coupe verticale de l'appareil Hughes qui montre bien la commande des arbres horizontaux successifs du mécanisme, munis de roues dentées A, B, C, D, E, l'arbre de D agissant par roues d'angle sur un arbre vertical V qui entraîne un chariot W, dont le détail se voit au bas de la figure et qui balaie les ouvertures d'une boîte ronde dite *boîte des goudjous*.

Une projection horizontale de cet ensemble, ainsi que du clavier, dont chaque touche commande un des goudjous de la boîte en question, est représentée figure 57. On y voit comment le mouvement du train d'engrenage est régularisé : un fort ressort spirale fixé en III est excentriquement lié au volant G, que porte à l'arrière l'axe E (voir *fig.* 56). Une sphère de plomb I peut être graduellement déplacée le long de l'extrémité du ressort

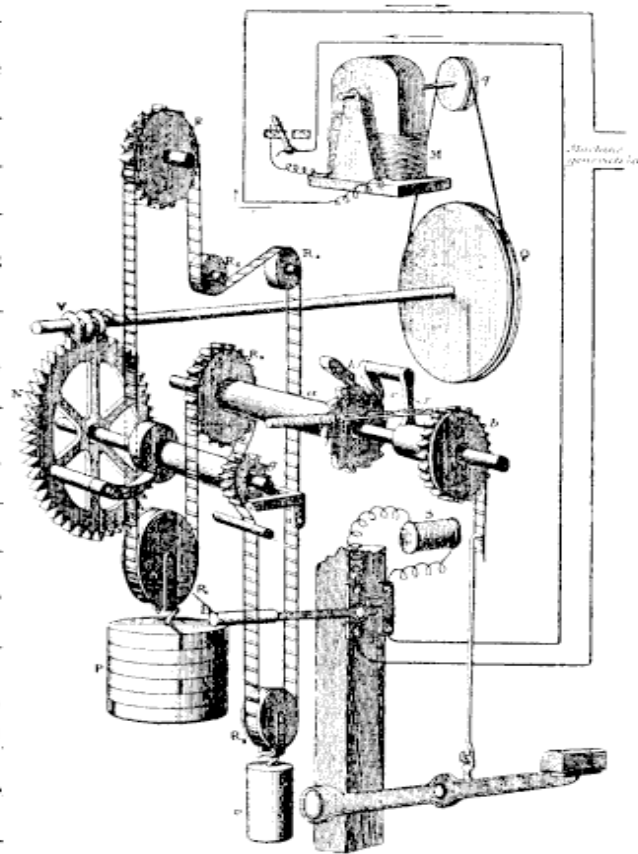
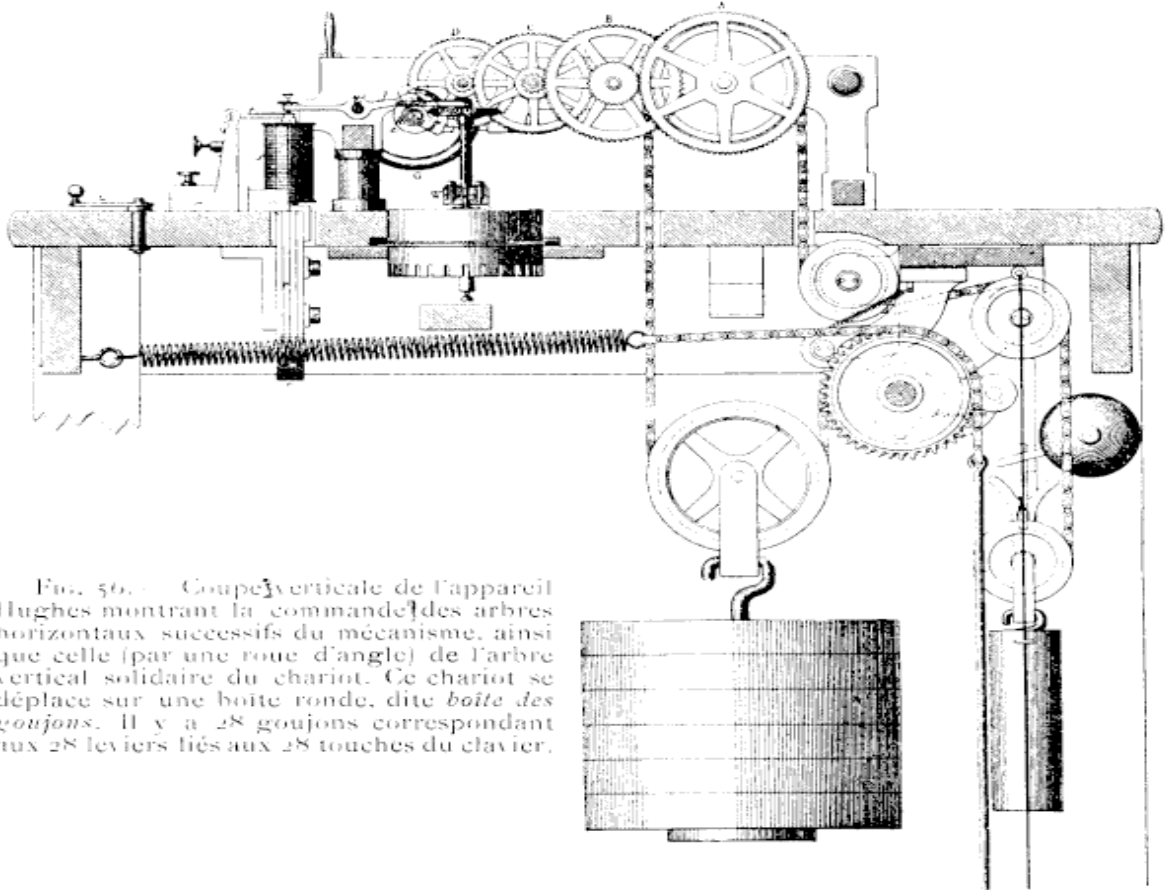


FIG. 55. — Moteur du mécanisme Hughes.
Remontage électrique automatique.

et sert à faire varier la vitesse de rotation que le ressort maintient constante, une fois ce réglage effectué.



La coupe de la figure 57 met bien en relief cet organe régulateur en même temps qu'elle montre la liaison des touches aux goujons et le rappel de ces goujons dans leurs logements au moyen des ressorts qui sollicitent chacun d'eux.

Manipulateur, étude détaillée. — La manipulation du Hughes consiste à envoyer un courant sur la ligne au moment où la lettre qu'on désire transmettre

passé sous la verticale. Deux appareils Hughes ayant été amenés, par le réglage convenable de leur régulateur, à présenter des vitesses de rotation exactement syn-

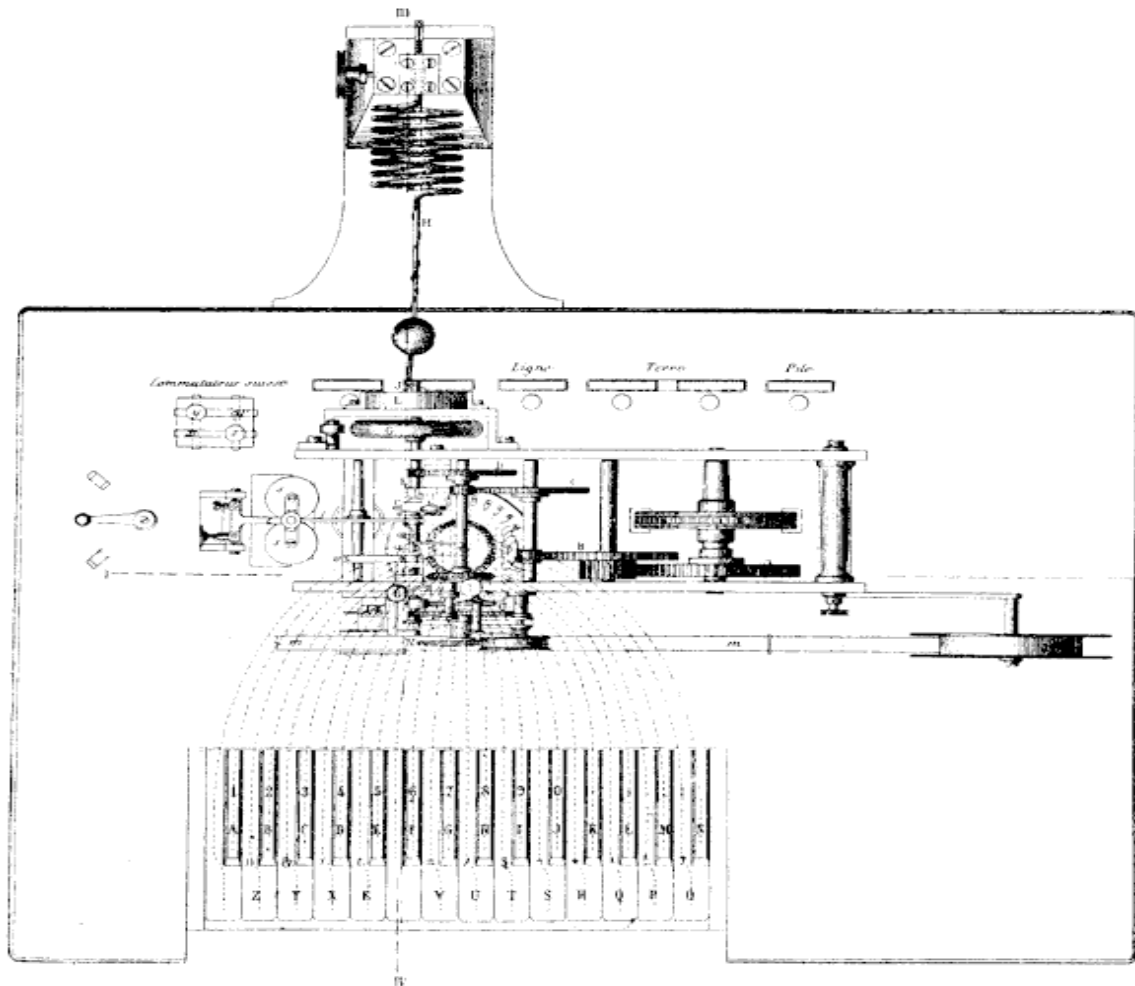
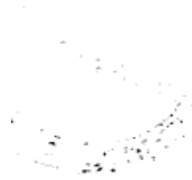


FIG. 57. — Coupe horizontale de l'appareil Hughes montrant la relation des 28 touches du clavier aux 28 goujons ainsi que la régularisation du mouvement du train d'engrenage par un fort ressort spirale lié au volant G. Une sphère de plomb I qu'on éloigne plus ou moins sur la tige H permet de régler la vitesse.

chrones, on voit que dans chacun des deux appareils la roue des types et le chariot qui se meut sur la boîte à goujon effectue un tour en un même intervalle de temps.



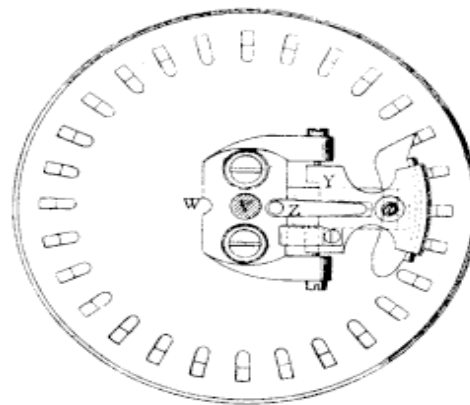
On profite de ce mouvement synchrone du chariot et de la roue des types, assuré, d'ailleurs, mécaniquement dans chaque appareil, pour envoyer le courant au moment convenable. Chaque touche se trouvant reliée à l'un des 28 goujons distribués régulièrement à la périphérie de la boîte des goujons, on conçoit que l'abaissement d'une touche levant un goujon provoquera par l'entremise du chariot une émission de courant sur la ligne. Mais cette émission se produira pour chaque goujon à une époque distincte de la durée d'une rotation du chariot, c'est-à-dire d'une rotation de la roue des types. Cette émission trouvera donc la roue des types de l'appareil d'arrivée dans une position différente pour chaque goujon, c'est-à-dire pour chaque lettre. On dispose ainsi très exactement de 28 moments régulièrement espacés dans la durée d'une rotation et qui correspondent aux 28 passages sous la verticale des caractères successifs de la roue des types.

Voici comment les organes de cette émission sont liés : la touche noire T N (*fig. 58*) ou blanche T B commande un goujon (*voir fig. 57*) qui se relève, dès lors, au-dessus du couvercle de la boîte des goujons par la fenêtre qui lui est destinée et qui se voit *figure 55 (a)* ; au passage du chariot H f (*fig. 58*) le goujon force le levier *a c*, que porte ce chariot, à basculer. Dès lors, *c* agit sur la bague *i*, dont est munie l'axe D laquelle entraîne, en s'abaissant, le levier L L' en relation avec la ligne. Ce levier porte le contact de U sur le plot B, en relation avec la pile.

On profite de l'intime liaison du manipulateur et du

récepteur Hughes pour agir en même temps mécaniquement par le moyen du levier T sur le mécanisme imprimeur du poste manipulateur. On obtient ainsi l'impression à ce poste du caractère même que l'émission produite a fait imprimer à l'appareil du correspondant. Ceci constitue un contrôle précieux de la manipulation.

La vitesse de rotation du chariot du Hughes est assez rapide. Si donc l'employé ne relève pas



Projection horizontale du chariot sur le dessus de la boîte à goudrons.

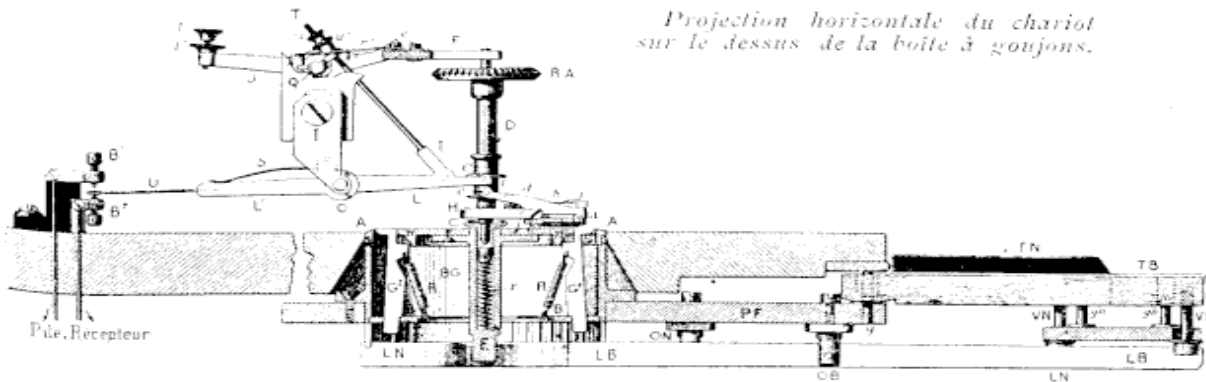


FIG. 58. — Manipulateur Hughes.

L'abaissement de la touche T B lève le goudron G, qui, au passage du chariot, fera basculer les leviers *a, e, L, L'* par l'intermédiaire de la bague *i*. La ligne, reliée à *L*, est mise à cet instant en relation avec la pile (contact entre *U* et *B*). En même temps le levier *T* détermine l'impression de la lettre en local (contrôle de la manipulation).

assez tôt la touche ou encore s'il l'abandonne trop tôt, il faut assurer l'émission de courant et éviter qu'elle ne se répète au retour du chariot. A cet effet le chariot, dès qu'il saisit un goudron tant soit peu relevé, le rejette en arrière comme le montrent les figures 59 *a* et 59 *b*, l'em-

pêchant de revenir dans son logement, tant que l'émission n'a pas été produite. L'émission terminée, le goujon est, par la forme même qu'il présente et par celle qu'on donne à la plaque de sûreté (*fig. 59*) dont est

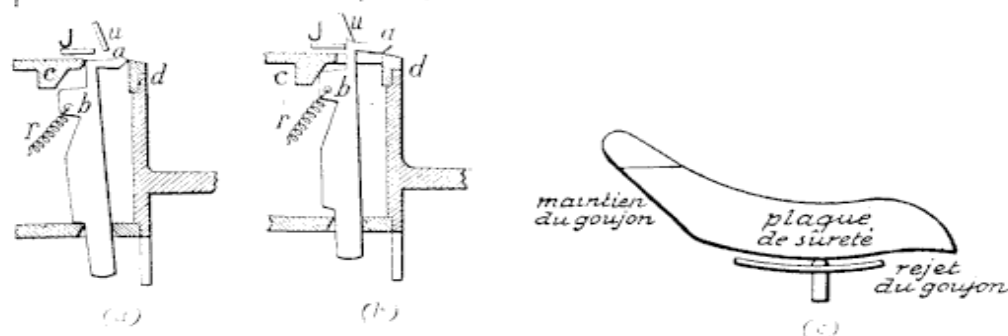


FIG. 59.

Forme particulière donnée au goujon (*a*), assurant l'émission dès lors qu'il est saisi par le chariot. La plaque de sûreté (*c*), en rejetant le goujon hors de l'atteinte du chariot, évite une nouvelle émission si au retour du chariot le goujon n'a pas regagné son logement (*a*).

muni le chariot, mis hors d'une nouvelle atteinte. Il se loge, en effet, de manière que *b* s'appuie contre la paroi *d* (*fig. 59, b*) en dehors du champ du chariot, jusqu'à ce que l'employé, ayant abandonné la touche, le ressort *r* ramène le goujon dans son logement.

Récepteur, étude détaillée. — La réception des émissions de courants envoyés sur la ligne est assurée par un électro-aimant polarisé que la figure 60 représente en coupe et profil. Au repos cet électro maintient attirée une palette *P* que deux ressorts *R R* sollicitent, au contraire, à s'éloigner de l'électro. Cette attraction est assurée par l'action d'un fort aimant permanent *N S* qui fait partager son aimantation aux âmes de fer doux des bobines de l'électro. Le sens du courant, dans les bobines, est tel qu'il tend à diminuer le magnétisme de chaque pôle : dès lors, dès qu'une

émission de courant est produite, l'attraction de la palette P n'est plus assez énergique pour s'opposer à l'action des ressorts R, R' qui prédominent et renvoient

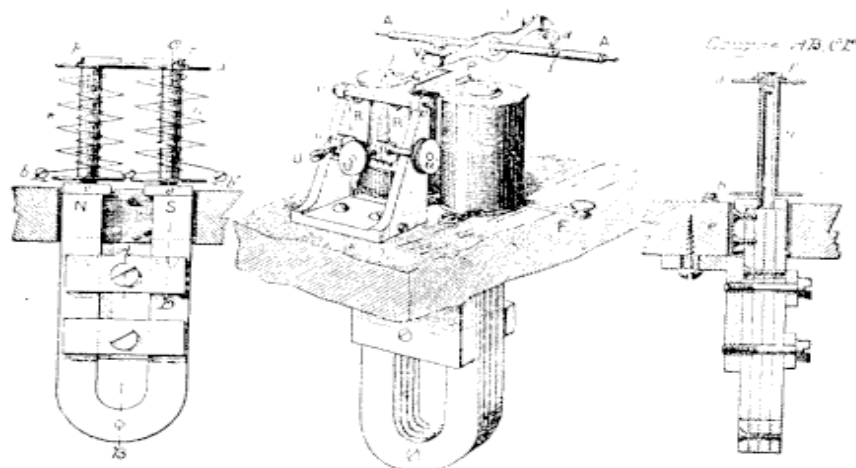


FIG. 6a. -- Récepteur Hughes : Organes électriques.

L'émission est reçue par un électro polarisé. Au repos, la palette P est maintenue au contact de l'électro malgré l'action des ressorts R, R'. Une arrivée de courant diminuant le magnétisme des pôles, produit le brusque choc de la palette P contre le levier E J.

brusquement la palette contre la tête V du levier E J, mobile autour de l'axe A A.

Voyons comment cette action va déterminer l'impression de la lettre et les opérations multiples qui doivent l'accompagner pour permettre une impression ultérieure.

Alors que le chariot, organe manipulateur, participe d'une manière constante au mouvement de rotation qui anime tout le mécanisme du Hughes, les organes qui servent à l'impression du caractère, à l'avancement du papier, ne sont que momentanément mis en rotation. Ils participent pendant un tour seulement à la rotation, puis reviennent au repos ; ou bien encore, tout en par-

ticipant au mouvement de rotation du mécanisme ils peuvent, par la rencontre de pièces appropriées, être légèrement décalées soit en avant, soit en arrière de leur position première.

L'embrayage momentané, et pendant un seul tour, d'un arbre O' au repos, par un arbre O en mouvement, est schématisé par la figure 61 (*a*) : un cliquet K est maintenu par l'obstacle p au-dessus de la roue à rochet r . Que l'obstacle K s'efface, le cliquet K tombe sur la

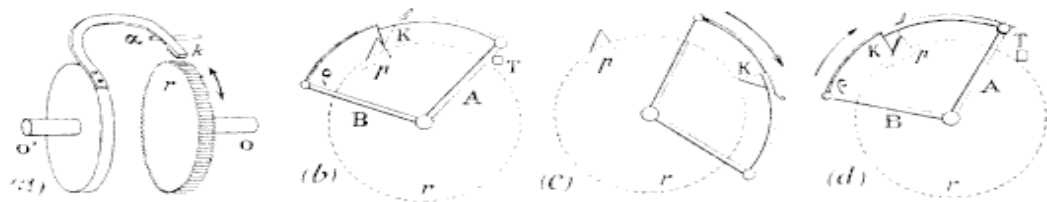


FIG. 61. — Schéma de l'embrayage.

(*a*) L'arbre O communique son mouvement à l'arbre O' dès que le cliquet k ayant échappé à l'obstacle touche la roue à rochet r . Le cliquet est maintenu au sommet d'un plan incliné fixe p (*b*). Le ressort assure l'embrayage lorsque k échappe à p (*c*). Au bout d'un tour, k remonte le plan p et l'axe solidaire de $A B$ revient au repos (*d*).

roue r et, dès lors, l'arbre O' participe au mouvement de O et cela durant un tour, c'est-à-dire jusqu'à ce que le cliquet ayant retrouvé l'obstacle p soit à nouveau séparé de la roue r .

Les figures 61, *b*, *c* et *d* indiquent nettement comment la roue à rochet r , en mouvement, entraîne l'arbre des canes lié à $A B$, dès que le cliquet K placé au repos au sommet d'un plan incliné fixe p vient à échapper à ce plan et, cédant au ressort z , à embrayer la roue r . Alors (*fig. 61, b*), l'arbre des canes fait corps avec la roue r et tourne avec elle (*fig. 61, c*) jusqu'à ce que le cliquet, retrouvant le plan incliné p sur lequel il s'élève, échappe à cette roue r et revienne au repos.

La figure 62 montre en détails comment le choc de la palette P contre le levier E J produit l'embrayage dès l'arrivée d'un courant. Le cliquet C, au repos (*fig. 62, a*) sur l'extrémité élevée du levier J', échappe à ce levier dès que la détente de la palette P se produit (*fig. 62, b*) ; dès lors, le ressort R produit l'embrayage. La figure 62, c montre comment les deux axes A_5 , *moteur* et A_6 , *axe des cames ou imprimant*, bien que dans le prolongement l'un de l'autre, sont indépendants et ne deviennent soli-

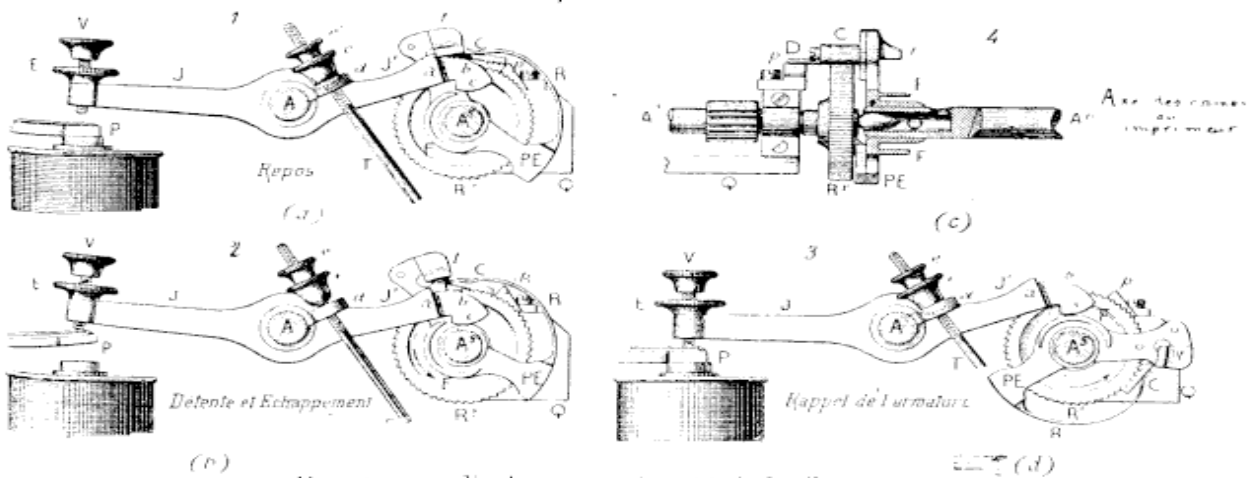


FIG. 62. — Embrayage et rappel de l'armature.

Au repos (*a*), l'arbre des cames est immobile, le cliquet C étant maintenu au-dessus de la roue à rochet R par le levier d'embrayage J J'. Le choc de la palette P contre ce levier détermine l'embrayage (*b*). Dès lors, l'axe A_5 moteur et l'axe des cames A_6 , indépendants au repos, deviennent solidaires (*c*). Au bout d'une révolution, le cliquet revient au repos, le débrayage s'effectuant par la montée du colimaçon C en même temps que le levier J ramène la palette P au contact de l'électro (*d*).

dares qu'à la chute du cliquet C. D'ailleurs, dès que l'axe des cames a fait un tour le cliquet, remontant le plan incliné en colimaçon du levier J', l'embrayage cesse. Un peu avant que ce mouvement d'ascension se produise, un ressort F, solidaire de l'axe des cames, appuyant sur le bec e du levier J J', oblige ce levier à ramener la palette P au contact des pièces polaires de

et roue correctrice R_c , solidaires de l'axe D, mais cet embrayage, une fois produit, se conserve pendant plusieurs révolutions. Par contre, alors même que cet embrayage est produit, l'ensemble R_c et R_f n'est pas absolument fixe sur l'axe D, mais peut s'y décaler légèrement en avance ou en retard. A cet effet, la roue à cliquet R_c , sur laquelle se produit l'embrayage, n'est pas absolument fixée à l'axe D, mais y est seulement maintenue à frottement dur, de là son nom de *roue de frottement*. Les figures 64 et 65 montrent les détails qui assurent cette indépendance relative des roues des types, correctrice et de frottement, par rapport à l'axe D, alors même que l'embrayage avec cet axe est effectué.

L'arbre des casmes doit, en une seule révolution, produire les trois opérations suivantes :

1° Assurer la position exacte du caractère à imprimer et, au besoin, corriger cette position de manière à produire une impression nette :

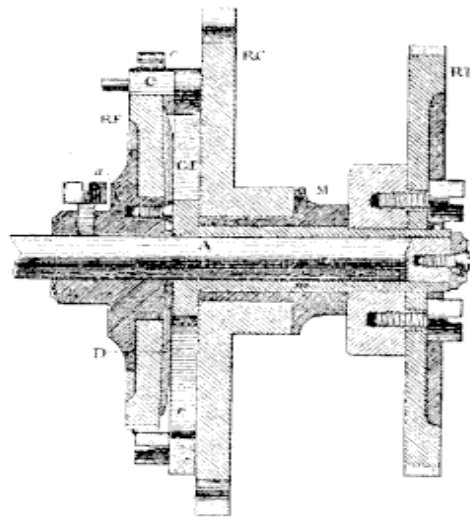


FIG. 64. — Axe de la roue des types.

Roue des types RT et roue correctrice RC en poulie folle sur l'axe A par rapport auquel la roue de frottement RF peut aussi glisser. C, cliquet d'embrayage de l'ensemble RC, RT avec RF.

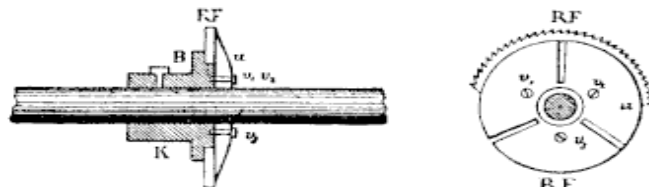


FIG. 65. — Détails de la roue de frottement et de sa fixation sur l'axe.

- 2° Lancer le papier contre le caractère ainsi placé ;
- 3° Faire progresser le papier.

Ce sont les cames C_c , C_i , C_p qui se chargent de

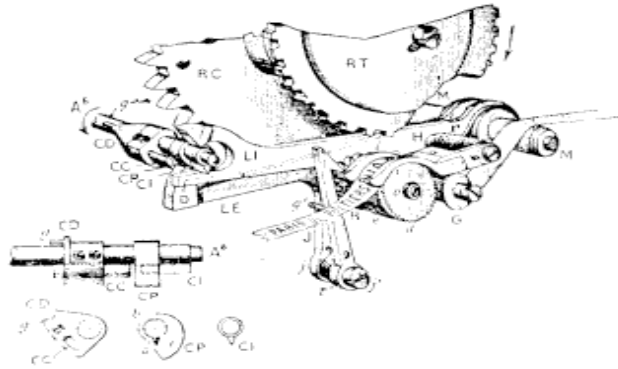


FIG. 66. — *Forme de l'axe des cames et des cames.*
Ensemble du dispositif d'impression. Jeu suc-
cessif des trois cames CC, CI, CP.

cette série d'opé-
rations. Le profil
de l'arbre des ca-
mes se voit figure
66, ainsi que la
forme des cames
qui nous intéres-
sent : came de
correction CC, ca-
me d'impression

CI, came d'avancement du papier CP.

La came de correction pénètre au cours de la révolu-
tion de l'arbre des cames en-
tre deux dents $d_1 d_2$ de la roue
de correction RC (*fig. 67*) et
s'y loge exactement. Si le ca-
ractère à imprimer est bien
sous la verticale, ce logement
se fait sans effort. Si la roue
des types est en retard, la
came frappant la dent supé-
rieure d_1 de RC, fait avancer
l'ensemble des roues sur leur
axe et leur rend ainsi l'avance
voulue. Si la roue des types est
en avance, la came arrête la dent postérieure d_2 de
RC, les roues s'arrêtent un instant et l'avance est

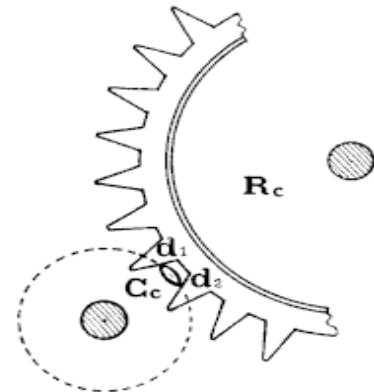


FIG. 67. — *Jeu de la came de
correction Cc.*

La came C_c en se logeant
entre d_1 et d_2 , retarde ou avance
la roue R_c , et en même temps la
roue des types sur leur axe. Elle
restaure par suite le synchro-
nisme.

annulée. De toutes manières, à chaque tour de l'arbre des cames, la correction du synchronisme est assurée.

La came d'impression agit sur le levier d'impression L (fig. 68), qui porte le tambour sur lequel est tendue la bande de papier prête pour l'impression. Lorsque l'arête de cette came balaie la partie supérieure de la fourchette D du levier L, le papier se trouve brusquement projeté contre la roue des types.

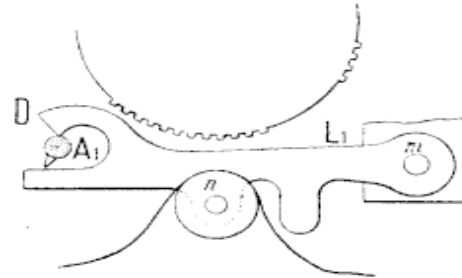


FIG. 68. — Jeu de la came d'impression.

Par la fourchette D cette came projette brusquement le tambour à papier *n* contre la roue des types.

La came d'avancement du papier agit sur le levier L₂ (fig. 69). Ce levier porte un cliquet C_e qui, sollicité par un ressort, engrène avec une roue à rochet dont est muni le tambour de la bande de papier. Quand, par le jeu de la came, le levier L₂ se relève, le cliquet C_e avance d'une dent,

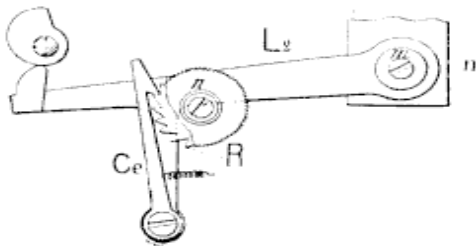


FIG. 69. — Jeu de la came de progression du papier.

Par son profil, la came: 1° permet au cliquet de remonter d'une dent sur le tambour R; maintient un instant l'ensemble de L₂ en repos; 3° abaisse progressivement C_e et fait par suite avancer le papier.

un ressort, engrène avec une roue à rochet dont est muni le tambour de la bande de papier. Quand, par le jeu de la came, le levier L₂ se relève, le cliquet C_e avance d'une dent, quand il s'abaisse le cliquet entraîne le tambour R et, par suite, la bande

de papier qui avance de la quantité nécessaire.

Voici dans quel ordre se produisent ces diverses opérations au cours d'une rotation de l'arbre des cames,

laquelle ne dure pas plus de $\frac{3}{40}$ de seconde :

o. — Télégraphie

1^{er} quart de tour : l'extrémité du levier L_2 parcourt la partie plane de la came CP, le cliquet C_c avance d'une dent, préparant la progression du papier.

2^e quart de tour : L_2 ne bouge plus, la partie circulaire de CP roulant sur l'extrémité de L_2 . A la fin de ce 2^e quart de tour, la came d'impression CI atteint brusquement l'arête vive de la fourchette de L_3 , d'où lancement brusque du papier contre la roue des types. C'est le moment où la came de correction CC est engagée au fond d'un creux de la roue correctrice et la maintient ainsi que la roue des types, momentanément immobile et dans sa position corrigée.

3^e quart de tour : L_4 retombe ramenant le papier à quelque distance de la roue des types ; L_2 parcourant la partie excentrique de la came d'avancement du papier CP s'abaisse progressivement.

4^e quart de tour : L_2 continue à s'abaisser progressivement, entraîne par l'action du cliquet C_c la roue R et par suite le papier et le déplace de la longueur voulue.

Il est une dernière came sur le jeu duquel nous n'avons rien dit, celle de dégagement CD (*fig.* 63 et 66). Sa fonction est liée au départ de la roue des types. L'ensemble des roues des types et correctrice n'est pas toujours en mouvement. Lorsqu'on abaisse un levier dit *levier de rappel au blanc* B (*fig.* 70), le cliquet qui embraye les roues à la roue de frottement trouve sur son chemin un plan incliné qui, le remontant légèrement, débraye le système des deux roues RT et RC qui, dès lors, demeurent immobiles. C'est l'opération que l'on effectue au début de toute communication.

entre deux appareils Hughes, en appuyant le doigt sur le bouton *b* du levier B.

Les roues des types des deux appareils se trouvant ainsi arrêtées au même point, la touche que tout d'abord le manipulant doit abaisser, est le blanc des lettres qui

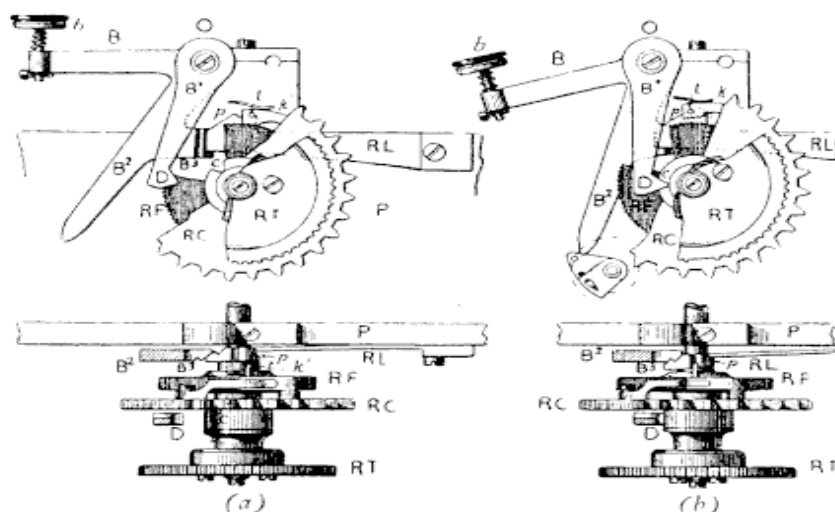


FIG. 70. — Levier de rappel au blanc.

(a) L'abaissement du levier B par pression en *b* engage un obstacle entre RF et RC, RT et au passage soulève, par *B_s*, le cliquet d'embrayage *p*. RC et RT se fixent. A l'abaissement de la touche, blanc des lettres, la came de dégagement renvoie le levier B à gauche (b); l'embrayage se produit et demeure.

détermine, mécaniquement au poste manipulateur (voir *fig.* 58, levier T), électriquement au poste récepteur, le départ simultané des deux roues dans des positions identiques, par rapport à l'axe autour duquel elles se trouvent fixées par l'embrayage avec RF. La came de dégagement a pour fonction, lorsque le plan incliné dont est muni le levier de rappel au blanc s'est effacé, pour permettre l'embrayage, de renvoyer tout ce système de rappel au blanc, bien en dehors du champ du cliquet d'embrayage, afin qu'au cours des révolutions suivantes aucun désembrayage ne se produise.

Enfin, une roue des types d'appareil Hughes permet non seulement l'impression d'une série de 27 lettres (28 places en comptant le blanc des lettres, d'où 28 touches et 28 goujons), mais aussi celle de 27 chiffres ou signes de ponctuation, dont la série se trouve, d'ailleurs, alterner à la jante de la roue des types où l'on trouve les caractères gravés dans l'ordre suivant : blanc des lettres A, 1, B, 2, C, 3, D, 4, etc., C'est la came de correction qui permet de passer de la série des lettres à la série des chiffres et inversement. Pour cela les deux roues des types RT et correctrice RC ne sont pas absolument immuables l'une par rapport à l'autre. La roue des types fait bloc avec le levier MN (*fig. 71*) qui est fixé dans l'une des deux encoches *a*, *b* que porte la pièce B qui fait bloc avec la roue correctrice. Quand MN passe de l'une des encoches à l'autre, la roue des types se déplace par rapport à la roue de correction de $\frac{1}{2 \times 28}$ ou $\frac{1}{56}$ de circonférence, substituant ainsi pour l'impression la série des chiffres à la série des lettres ou *vice versa*. Or, ce déplacement angulaire de $\frac{1}{56}$ de circonférence des deux roues RT et RC, l'une par rapport à l'autre, s'obtient par la rotation de la pièce AA' (*fig. 71*), munie en A et en A' de protubérances qui viennent masquer soit l'un, soit l'autre de deux creux à la périphérie de la roue correctrice dentée. La situation étant celle de la figure et la série des lettres s'imprimant, vient-on à abaisser la touche « *Blanc des chiffres* », on détermine ainsi l'embrayage de l'arbre des

comes, de manière que la came correctrice vienne s'engager entre les deux dents de RC que masque A ; A est démasqué, A' masque un entredent de RC, mais en même temps MN passe de l'encoche *a* à l'encoche *b*, la roue des types se trouve, dès lors, décalée de $\frac{1}{56}$ de circonférence, par rapport à RC, c'est la série des chiffres qui se substitue pour l'impression à la série des lettres. L'abaissement de la touche « *Blanc des lettres* » provoquant la pénétration de la came correctrice, de manière à démasquer A' et à masquer A, restituerait la position dessinée sur la figure et, par suite, la série des lettres.

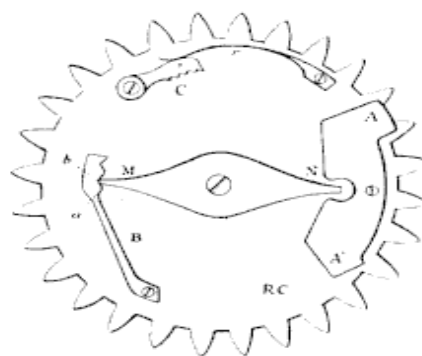


FIG. 71. — Impression des lettres ou des chiffres à volonté.

La came correctrice, en déplaçant la pièce A A', décale de $\frac{1}{56}$ de circonférence la roue des types par rapport à la roue correctrice et substitue la série des chiffres à la série des lettres ou inversement, chiffres et lettres alternant sur le pourtour de la roue des types.

Communications électriques du Hughes.

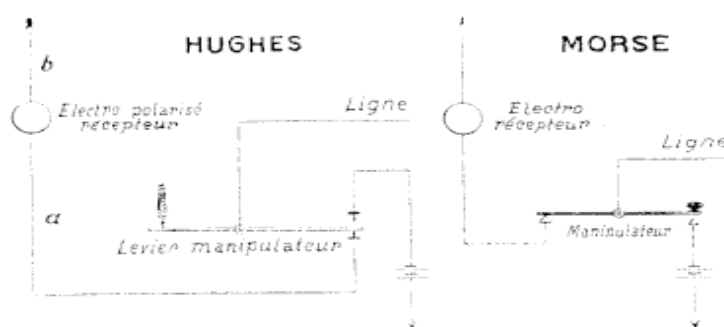


FIG. 72.

Schéma comparatif des connexions électriques du Morse et du Hughes

— En principe, ainsi que le montre le schéma comparatif de la figure 72, les connexions du Morse et du

Hughes sont semblables, la clef du Morse étant remplacée par le levier d'émission et, l'électro du récepteur Morse, par un électro polarisé. Il est utile, pour atténuer les effets de désaimantation du courant qui parcourt les bobinages de l'électro polarisé, que ce courant n'y passe

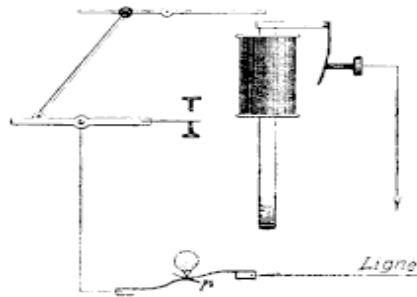


FIG. 73.

Mise automatique de la ligne au sol dès que le déclenchement de la palette est produit.

que le temps strictement nécessaire au déclenchement. A cet effet, on charge l'une des cames de produire un contact entre deux ressorts *r* (fig. 73) connectés de telle sorte que, aussitôt que l'armature est déclanchée, elle met automatiquement la ligne au sol.

Ce contact supplémentaire, la nécessité de rendre l'électro polarisé du Hughes sensible soit aux courants

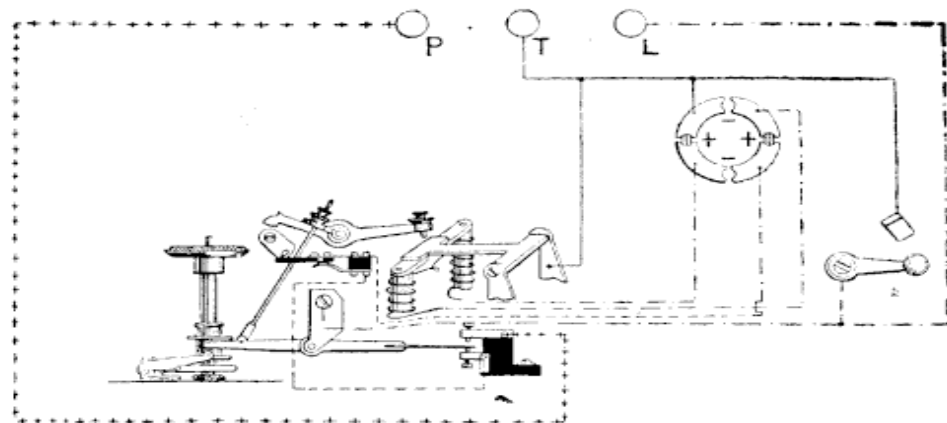


FIG. 74.

Communications électriques de l'appareil Hughes.

positifs, soit aux courants négatifs, la liaison momentanée de la ligne au sol, avant l'électro, pour permettre de vérifier le degré de synchronisme réalisé, constituent

autant de complications aux connexions du Hughes qui deviennent, dès lors, celles représentées figure 74. Dans le but d'assurer un meilleur isolement, on constitue le levier d'émission de deux parties isolées l'une de l'autre ; l'extrémité du levier est alors reliée à la ligne, alors que le corps de ce levier est, ainsi que le massif de l'appareil, réuni à la terre. Les connexions deviennent alors telles que la figure 75 les représente.

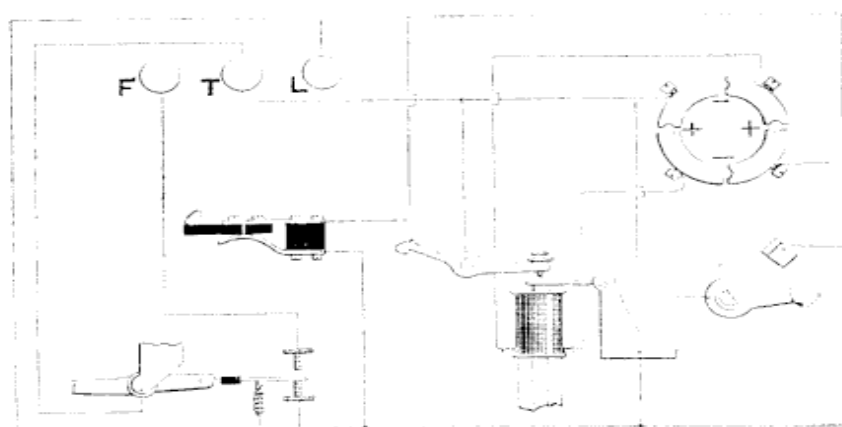


FIG. 75.

Communications électriques de l'appareil Hughes avec isolement du levier d'émission.

Critique de l'appareil Hughes. — Ce qui caractérise le mécanisme du Hughes, c'est que toutes les actions s'y produisent par choc : embrayages, correction, fonctions diverses des cames ; de là une rapide usure des pièces qui entrent ainsi en contact, animées de vitesses notables. Au point de vue de l'embrayage on a substitué au cliquet portant quelques dents qui agissent à la périphérie de la roue à embrayer deux coquilles B, D, munies de dents qui, venant au contact, provoquent l'embrayage de l'arbre C par l'arbre A. Ce dispo-

sitif d'embrayage, que représente la figure 76, est moins sujet à usure. C'est celui que présentent les appareils Hughes de l'Administration hongroise.

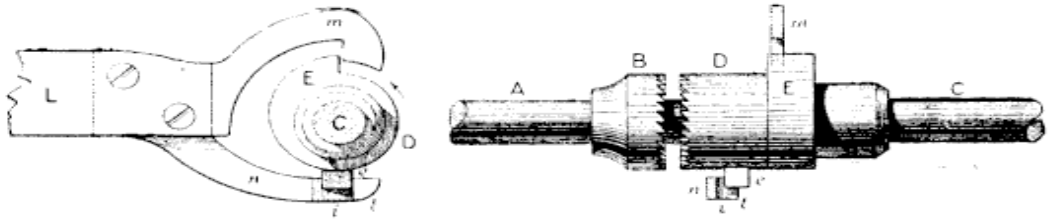


FIG. 76. — Embrayage par coquilles des Hughes de l'administration hongroise.

L'action par choc nécessite la réalisation de grandes vitesses. C'est ainsi que l'arbre des cames tourne sept fois plus vite que l'axe de la roue des types qui elle-même fait 120 tours à la minute. C'est donc en $\frac{1}{14}$ de seconde que les quatre cames accomplissent toutes leurs fonctions. Il faut donc espacer les émissions successives d'au moins $\frac{1}{14}$ de seconde pour laisser aux cames le temps de procéder à l'impression d'une lettre et aux opérations subséquentes qui l'accompagne avant de leur demander l'impression d'une seconde lettre. En $\frac{1}{14}$ de seconde la roue des types avance de $\frac{1}{7}$ de tour : quatre lettres défilent donc sous la verticale, pendant la durée d'une révolution de la roue des types. L'impression se produit à la fin du premier demi-tour de l'axe des cames, alors que deux lettres ont défilé sous la verticale. On doit donc décaler de $\frac{1}{14}$ de circonférence ou

de deux lettres, la roue des types par rapport au chariot ; au moment où le goujon correspondant à la lettre C est saisi par le chariot et où, par suite, l'émission de courant destinée à imprimer C est produite, c'est la lettre A de la roue des types qui doit passer sous la verticale, puisque l'impression ne se produira que $\frac{1}{14}$ de seconde après l'émission, temps pendant lequel la roue des types se sera déplacée par rapport à la verticale de $\frac{1}{14}$ de tour ou de A en C.

Cette obligation d'espacer, de $\frac{1}{14}$ de seconde au moins, deux émissions successives, oblige d'espacer de quatre intervalles les lettres successives susceptibles d'être imprimées pendant un même tour de chariot, c'est-à-dire en une révolution de la roue des types. Cette obligation limite la vitesse de transmission, en même temps qu'elle constitue la difficulté de l'apprentissage du Hughes. L'employé doit, en effet, ne jamais laisser passer l'occasion d'émettre, dans un seul tour de chariot, deux lettres ou deux signes espacés d'au moins quatre autres signes et ne jamais tenter d'envoyer, en un même tour, deux signaux qui ne présenteraient pas cette distance. De là la nécessité d'une connaissance approfondie du clavier que les doigts doivent posséder pour ainsi dire d'instinct. Cette connaissance ne s'acquiert qu'à la longue, et il est rare qu'on devienne bon hughiste avant plusieurs mois d'exercice, près d'un an en moyenne. Par contre, l'habitude, aidée d'une grande

dextérité, permet à certains employés d'accomplir au Hughes de véritables tours de force. C'est ainsi qu'il nous est arrivé de constater, à l'époque où nous appartenions à l'Administration des Postes et Télégraphes, au cours d'un essai de vitesse fait, sur le fil Paris-Bordeaux, qu'en sept heures la transmission de 500 télégrammes fut faite par un hughiste hors de pair, sans une erreur et sans qu'au cours de cette longue séance il ait pu voir un seul instant le clavier qui était soustrait à ses regards par une feuille de papier étendue sur les mains.

Cette restriction de ne combiner l'envoi de deux ou plusieurs lettres dans un tour de chariot qu'autant qu'elles comprennent entre elles un intervalle de quatre lettres, permet le calcul de la vitesse de transmission. Ayant émis la lettre de rang n , on ne peut émettre comme plus prochaine lettre que la lettre de rang $n + 5$; quant à la plus éloignée, c'est celle de rang $n + 4$, qui ne pourra venir qu'après un intervalle de $n + 28 + 4$ ou $n + 32$.

L'intervalle moyen entre une lettre de rang n et celle qui la suit sera donc

$$n + \frac{5 + 32}{2} \text{ ou } n + 18,5$$

La distance moyenne entre les lettres successives est par suite de 18,5 rangs. On peut donc, par tour, transmettre $\frac{28}{18,5} = 1,51$ lettres soit, à la vitesse de 120 tours à la minute, 180 lettres à la minute, ce qui correspond à 60 à 70 télégrammes de 15 à 20 mots à l'heure.

L'obligation de quatre intervalles entre chacune des

lettres susceptibles d'être transmises en un seul tour de chariot nécessite quatre tours de chariot pour transmettre le nom, cependant court, de l'opticien *Abbe* ; par contre, le nom *Ejotychouze*, malgré trois fois plus de caractères, ne demande que deux tours de chariot par la disposition même de ses lettres choisies sur le clavier exactement de cinq en cinq, les unes des autres. Ainsi s'explique l'invocation à un saint imaginaire du nom d'*Ejotychouze*, qu'un visiteur curieux pourrait s'étonner de trouver inscrite, parfois, sur les pupitres des Hughes.

CHAPITRE III

Télégraphie rapide, 2^{me} solution . Télégraphie multiple

La rapidité que présentait déjà le télégraphe automatique à composition préalable de Wheatstone, la commodité et la sécurité que vint apporter à l'échange des dépêches l'appareil imprimant de Hughes, déterminèrent bientôt un tel accroissement des échanges télégraphiques qu'on dut se préoccuper d'accroître le rendement des lignes. On y parvint tout d'abord en réalisant avec les appareils en usage des systèmes de transmissions duplex, diplex, quadruplex et, enfin, multiplex.

Définitions. — Le problème de la transmission *duplex* consiste à envoyer deux télégrammes à la fois, par un même fil, en sens inverse. Deux postes A, B sont reliés par un fil unique : A transmet à B et reçoit de B simultanément.

La transmission *diplex* est la réalisation de la transmission simultanée de deux télégrammes dans le même sens : A transmet à B deux télégrammes à la fois.

La transmission *quadruplex* réalise la combinaison du duplex et du diplex : A transmet simultanément deux télégrammes à B et reçoit en même temps de B deux télégrammes.

La transmission *multiplex* consiste dans l'envoi simultané de plusieurs télégrammes dans un même sens. On réserve le nom de *multicommutateur* au dispositif qui permet de transmettre et de recevoir simultanément plusieurs télégrammes par un même fil.

Principe du duplex. — Deux solutions simples et classiques du problème du duplex nous permettent de saisir, dans ce qu'il a d'essentiel, le procédé qui permet deux relations simultanées entre deux postes X et Y.

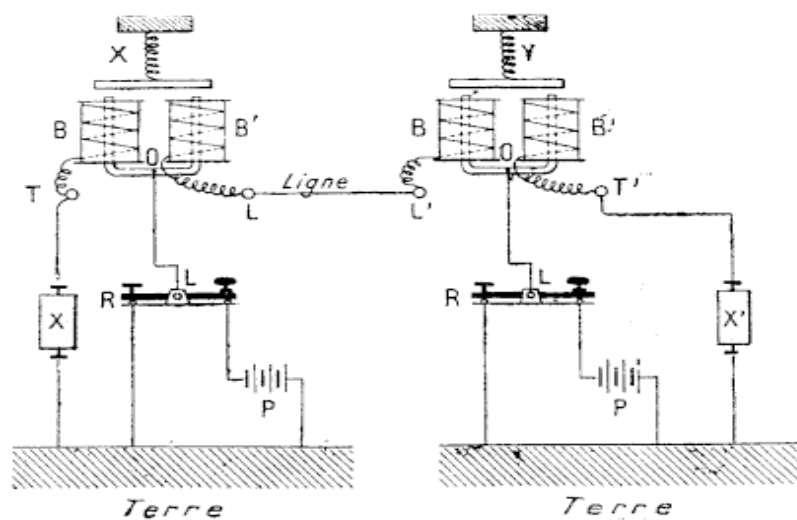


FIG. 77. — Système duplex différentiel.

Chaque manipulateur abaissé isolément n'actionne que l'électro-récepteur du poste correspondant. Lorsque les deux manipulateurs sont simultanément abaissés, les piles de chaque poste déterminent la mise en action des électro-récepteurs de leur poste même.

1° Le système *différentiel* que représente la figure 77 montre comment se résout le problème. L'axe de

chaque manipulateur au lieu d'être directement lié à la ligne, est réuni à l'armature de l'électro-récepteur. L'une des extrémités de chaque bobinage de cet électro est également relié à cette armature. Les deux extrémités libres sont réunies l'une à la ligne, l'autre à la terre, par l'intermédiaire d'une résistance calculée de manière que les deux circuits bifurqués, à partir de O, aient la même résistance.

Ceci étant, supposons que le poste X transmette; le manipulateur étant abaissé, le courant de la pile P se partage en O et traverse les deux bobines B et B' du récepteur de A, en sens inverse et avec une même intensité, de telle manière que le magnétisme développé dans la bobine B étant identique à celui développé dans la bobine B, la palette de A demeure non attirée. Au poste Z le courant parcourt la bobine B, se rend au sol par L et R: une partie se dérive en O vers B' et le sol à travers X', traversant la bobine B' dans le même sens que B. La palette du récepteur Z sera donc attirée.

De même, lorsqu'en Z et en Z seulement le manipulateur est abaissé, il détermine l'attraction de la palette du récepteur de Y et nullement celle de son propre poste.

Supposons, enfin, que les deux manipulateurs soient simultanément abaissés; aucun courant ne parcourt alors la ligne, les deux piles se trouvant disposées en opposition par la ligne même et les bobines B de Z et B' de Y. Par contre, à chaque poste le courant de chacune des piles se dérive à la terre à travers l'enroulement de l'une des bobines du récepteur. Ainsi, pendant l'abaissement simultané du manipulateur, chaque pile

détermine l'attraction de la palette du récepteur de son propre poste.

Les deux manipulateurs peuvent donc être actionnés simultanément et chaque récepteur traduira par les attractions de sa palette les mouvements, même imprimés, au manipulateur, du poste correspondant. La transmission duplex est donc assurée.

2° Le système du *pont de Wheatstone*, dans lequel on met en complète indépendance le manipulateur M

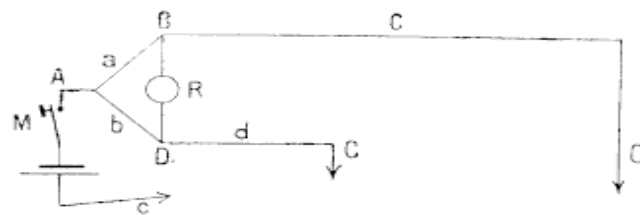


FIG. 78. — Principe du pont de Wheatstone.

Indépendance complète entre le manipulateur M et le récepteur R d'un même poste.

et le récepteur R d'un même poste. Si, en effet (*fig. 78*), *a*, *c*, *b*, *d*, sont les résistances des branches

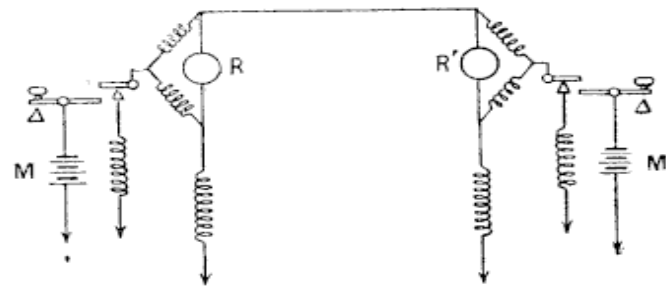


FIG. 79. — Système duplex par pont de Wheatstone.

Le manipulateur M actionne le récepteur R', en même temps que le manipulateur M' actionne le récepteur R, et d'une manière indépendante.

A B, B C, A D, D C aucun courant ne passera en B D par le récepteur M R si l'on a $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ et cela que le manipulateur M ferme ou non le courant de la pile. Le

schéma de la figure 79 montre, dès lors, comment on applique cette propriété du pont de Wheatstone à la mise en relation duplex des appareils M et R', M' et R.

Principe du diplex. — Supposons que deux manipulateurs m , m' soient susceptibles d'être actionnés simultanément à un même poste, quatre combinaisons correspondent aux positions respectives de ces manipulateurs, on utilise ces quatre combinaisons à mettre la ligne en relation avec l'un des pôles d'une pile faible P ou d'une pile à plus grand nombre d'éléments $P + Q$. Ainsi, les deux manipulateurs sont-ils au repos, le pôle — de P est à la ligne ; sont-ils tous les deux actionnés, le pôle + de P est à la ligne ; l'un des manipulateurs m est-il au repos, l'autre m' étant actionné, le pôle + de $P + Q$ est à la ligne, alors que si m' est au repos et en est actionné, c'est le pôle — de $P + Q$ qui est mis à la ligne. Ces courants positifs ou négatifs, faibles ou forts, traversent à l'arrivée deux relais polarisés qu'ils actionnent, soit l'un, soit l'autre, soit tous les deux ensemble. Les relais commandent deux récepteurs et la transmission diplex est aussi assurée.

Principe du quadruplex. — Quel que soit le dispositif employé pour la transmission diplex, on peut combiner ce dispositif avec un système de transmission duplex assuré, soit par la méthode différentielle, soit par la méthode du pont de Wheatstone. On réalise ainsi une transmission quadruplex. De même que la transmission duplex, la transmission quadruplex nécessite l'établissement d'une ligne factice plus ou moins coûteuse.

CHAPITRE IV

Principe des Télégraphes multiples

Etude du Baudot



Distributeur. — Le principe des télégraphes multiples dont nous allons maintenant étudier l'un des plus parfaits, le Baudot, réside dans l'emploi du distributeur qui fut imaginé par Rouvier, en 1860.

Supposez qu'un certain nombre de secteurs conducteurs isolés les uns des autres, six, par exemple, soient balayés par un organe mobile, un balai conducteur relié à la ligne L (*fig. 80*). Plaçons, à chaque poste, un dispositif de ce genre, qu'on nomme *distributeur* et animons les balais de mouvements rigoureusement isochrones, nous avons par là le moyen de réunir entre eux, à chaque tour du balai distributeur, les quatre couples d'appareils reliés, de part et d'autre, aux quatre sections, chacun d'eux travaillant dans une complète indépendance.

Soient $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$, les six secteurs du poste A ; $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$, ceux du poste N. En A, trois mani-

7. — Télégraphie

pulseurs sont reliés aux secteurs impairs a_1, a_3, a_5 , trois

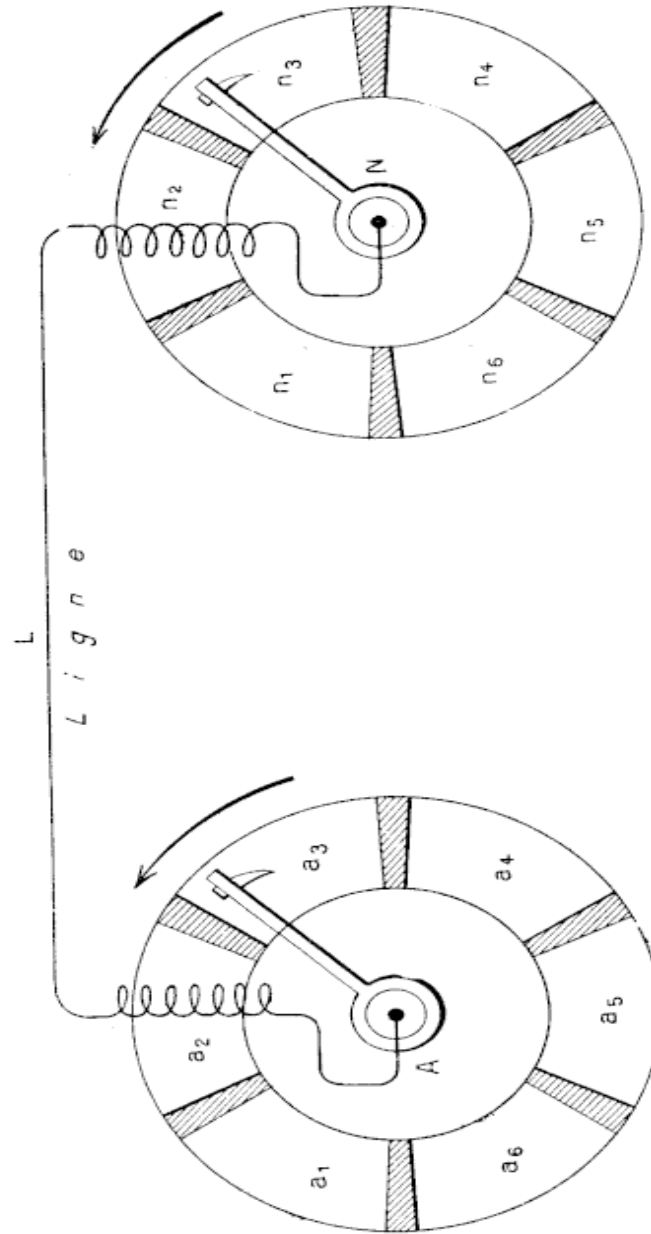


FIG. 80. — Principe des télégraphes multiples.

Distributeur : Deux balais A, N, animés de mouvements synchrones, se déplacent simultanément chacun au-dessus d'une rangée circulaire de secteurs. La ligne est successivement accordée aux couples d'appareils réunis aux secteurs de même numéro d'ordre. Chaque couple se trouve ainsi réuni pendant le 1/6 de la durée d'une révolution.

récepteurs ; aux secteurs pairs a_2, a_4, a_6 . En N, au contraire, ce sont les secteurs pairs n_2, n_4, n_6 qui sont réunis

à trois manipulateurs et les secteurs impairs m_1, m_3, m_5 qui communiquent avec trois récepteurs. Les balais frottant au même instant sur deux secteurs affectés du même numéro d'ordre, les trois manipulateurs du poste A seront, une fois par tour, reliés aux trois récepteurs du poste N ; il en sera de même pour les trois manipulateurs de N, qui seront réunis aux récepteurs de A, chacun une fois par tour. Si les signaux qui émanent de chaque manipulateur sont émis au moment propice, on conçoit que grâce au synchronisme des distributeurs, les six groupes d'appareils associés puissent échanger des signaux. Bien que six télégrammes puissent ainsi être échangés simultanément entre A et N, il n'y a pas, à vrai dire, communications simultanées entre les divers appareils qui les échangent. Les deux distributeurs permettent simplement de rapprocher les communications successives entre les divers manipulateurs et récepteurs reliés par

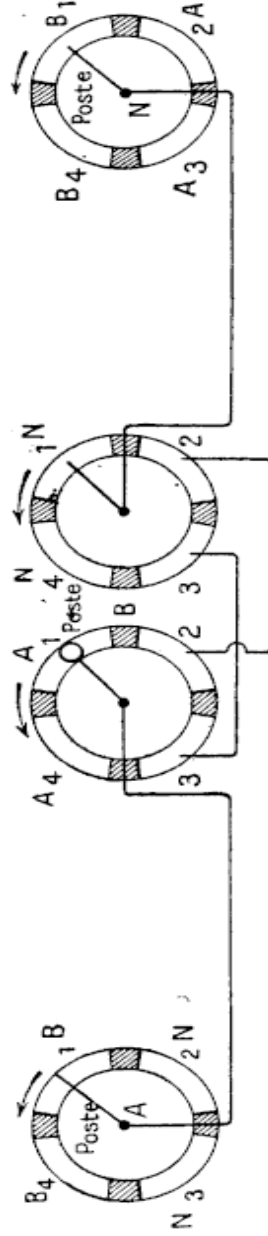


Fig. 81. — Schéma des communications obtenues à l'aide de distributeurs, entre trois postes A, B, N, échelonnés sur une même ligne. La figure représente la position des balais permettant la communication de A vers B et de B vers N.

la même ligne. Ils suppléent à la lenteur de la transmission manipulée, en utilisant le temps perdu entre deux signaux consécutifs, pour utiliser la ligne, en la distribuant à d'autres couples d'appareils.

On conçoit qu'on puisse, à l'aide de distributeurs, faire communiquer entre eux et avec A et N des postes échelonnés sur la ligne A N. Ainsi, des distributeurs à quatre secteurs permettent les relations, deux à deux, entre trois postes échelonnés A, B, N, ainsi que l'indique le schéma de la figure 81.

ÉTUDE DU TÉLÉGRAPHE MULTIPLE BAUDOT

Principe du Baudot. — Baudot s'est proposé de réaliser un télégraphe multiple qui fournisse la dépêche en caractères typographiés. Une discussion approfondie et détaillée des divers codes de signaux l'amena à choisir, pour produire l'impression de chacun des trente-deux caractères distribués sur le pourtour d'une roue des types, trente-deux combinaisons de cinq signaux successifs.

Si l'on se reporte à l'étude que nous avons faite de la propagation du courant sur une ligne télégraphique, on conçoit aisément qu'un signal aura d'autant plus de chance d'arriver sans perturbation que le dispositif de réception (électro, relais polarisés, par exemple) sera tel qu'il demande pour fonctionner le minimum d'effort. Toutefois, ce dispositif devra, malgré sa sensibilité, être rendu insensible à l'action des courants parasites traversant la ligne. Un moyen simple et très pratique

est d'envoyer, d'une manière constante, dans le dispositif de réception, un courant de sens contraire à celui qui est destiné au signal. Ce courant est dit *courant de repos*, par opposition au courant de travail qui est celui réservé à la production du signal.

La figure 82 donne le code de signaux employés avec usage d'un courant de repos dans le télégraphe Baudot. La réalisation de ces combinaisons de signaux se fait au moyen de cinq touches abaissées : trois, 1, 2 et 3, au moyen de l'index, du médium et de l'annulaire de la main droite ; deux, 4 et 5, au moyen du médium et de l'annulaire de la main gauche. La figure donne un tableau des trente-deux lettres ou chiffres et de leur réalisation par la manipulation.

Ceci étant, voici comment le système réalise, dans ses lignes essentielles, la transmission de ces groupes de signaux, tout en permettant la multiplicité des communications. Au départ, un distributeur I (*fig. 83, voir p. 104 et 105*) permet de mettre successivement un grand nombre de secteurs ou plots en relation avec la ligne ; à l'arrivée un second distributeur synchrone II identique assure, au même instant, la relation avec la ligne des plots de même numéro d'ordre. La transmission d'une lettre est obtenue, au départ, par l'abaissement d'un certain nombre de touches, par exemple L₂ et L₄, correspondant à la lettre J. Chacun des cinq leviers transmetteurs se trouve relié aux cinq plots 1, 2, 3, 4 et 5 du distributeur I. Dans leur position de repos les leviers envoient sur la ligne le courant négatif d'une pile P lorsque le balai du distributeur passe sur

TABLEAU DE MANIPULATION

DOIGTS

TOUCHES

Main gauche		Série des lettres	Série des chiffres	Main droite			Combinaisons transmises (Sens des courants)				
Index	Moyen			Index	Moyen	Annulaire	1	2	3	4	5
		A	1	×			+	—	—	—	—
	×	B	2			×	—	—	+	+	—
	×	C	9	×		×	+	—	+	+	—
	×	D	0	×	×	×	+	+	+	+	—
		E	3 ^{re}		×		—	+	—	—	—
		E	&	×	×		+	+	—	—	—
	×	F	5		×	×	—	+	+	+	—
	×	G	7		×		—	+	—	+	—
	×	H	8	×	×		+	+	—	+	—
		I	6		×	×	—	+	+	—	—
	×	J	6	×			+	—	—	+	—
×	×	K	1	×			+	—	—	+	+
×	×	L	—	×	×		+	+	—	+	+
×	×	M	1		×		—	+	—	+	+
×	×	N	N ^o		×	×	—	+	+	+	+
		O	5	×	×	×	+	+	+	—	—
×	×	P	9/10	×	×	×	+	+	+	+	+
×	×	Q	/	×		×	+	—	+	+	+
×	×	R	—			×	—	—	+	+	+
×		S	.			×	—	—	+	—	+
×		T	1	×		×	+	—	+	—	+
		U	4	×		×	+	—	+	—	—
×		V	.	×	×	×	+	+	+	—	+
×		W	?		×	×	—	+	+	—	+
×		X	.		×		—	+	—	—	+
		Y	3			×	—	—	+	—	—
×		Z	:	×	×		+	+	—	—	+
×		.	.	×			+	—	—	—	+
×	×	*	*				—	—	—	+	+
	×	Blanc des chiffres.					—	—	—	+	—
×		Blanc des lettres.					—	—	—	—	+

Le signe × indique les touches qu'il faut abaisser.

Fig. 82. — Code de signaux Baudot.

Combinaison des cinq courants transmis correspondant à chacune des 32 lettres ou chiffres. Les émissions de courants négatifs correspondent au courant de repos.

les plots réunis aux leviers. A l'arrivée, les cinq plots 1', 2', 3', 4' et 5' du distributeur II sont réunis aux organes récepteurs qui sont cinq électros-aimants polarisés, dont les palettes demeurent sur le butoir de repos, tant qu'un courant négatif vient de la ligne dans les électros et se porte, au contraire, sur le butoir opposé ou de travail, lorsqu'une émission positive est apportée par la ligne dans les électros.

Ainsi donc, une combinaison des leviers manipulateurs étant réalisée au départ, le distributeur I en cueille les émissions au passage des plots 1 à 5 et, par la ligne et les plots 1' à 5', la transporte aux organes récepteurs qui se trouvent, dès lors, après le passage du balai du distributeur II sur le dernier plot 5', présenter à l'arrivée la combinaison réalisée au départ. Voici comment cette combinaison transportée ainsi au poste d'arrivée va être traduite en l'impression d'une lettre déterminée, dans le cas représenté, de la lettre J.

A l'arrivée cinq leviers l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 dits *chercheurs*, mobiles entre butoirs de repos et de travail, sont liés entre eux et avec les butoirs des organes récepteurs, comme le représente la figure et de telle manière que le courant d'une pile locale P ne peut traverser l'électro d'impression E et projeter le papier contre la roue des types qu'autant que la combinaison des leviers chercheurs répète exactement la combinaison des leviers récepteurs. Or, la roue des types, à mesure qu'elle effectue son tour, fait déplacer alternativement chaque levier chercheur d'un de ses butoirs sur l'autre, de telle manière que ces cinq leviers chercheurs présentent

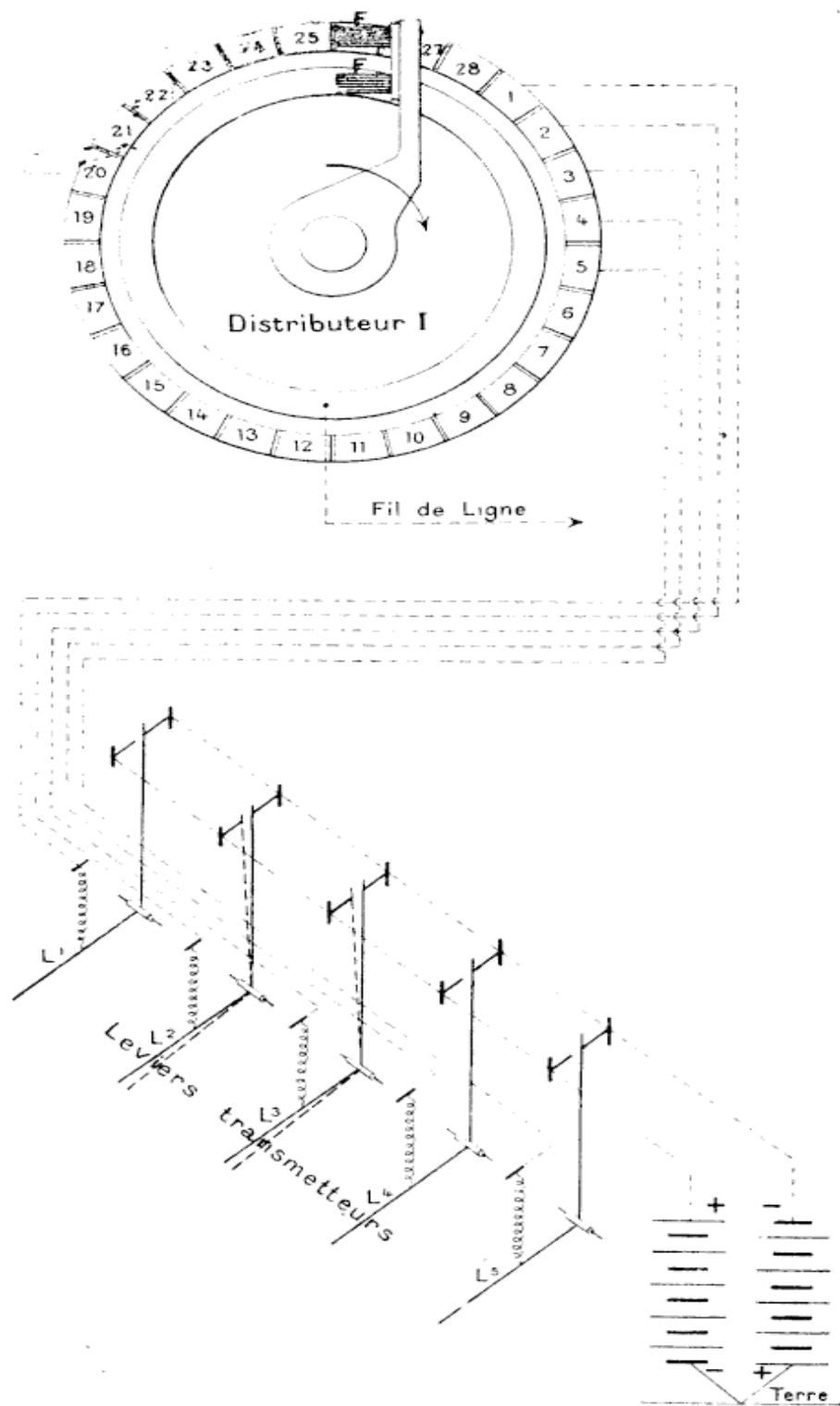
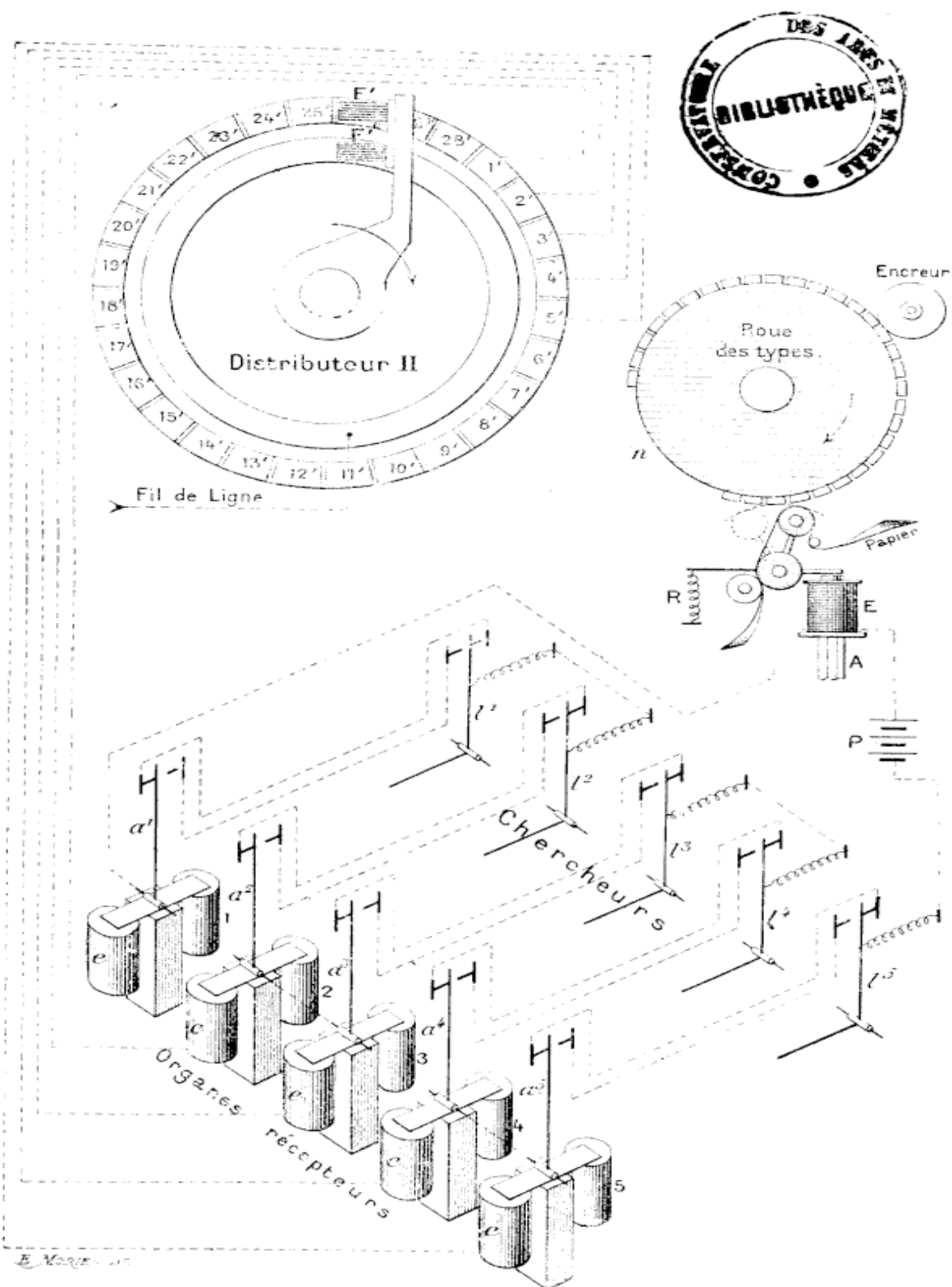


FIG. 83. -- Principe du télégraphe Baudot.

La combinaison des cinq leviers transmetteurs est transmise par le distributeur I, reçue par le distributeur II et copiée par les électro-écepteurs. Lorsque



la combinaison des cinq leviers chercheurs devient identique à la combinaison des cinq leviers récepteurs — ce qui correspond au passage de la lettre combinée sous la verticale — la pile P actionne l'électro-imprimeur.

successivement la série des trente-deux combinaisons correspondant aux trente-deux lettres. A chaque combinaison produite, d'ailleurs, la lettre correspondante de la roue des types passe sous la verticale. C'est donc lorsque la combinaison correspondant à la lettre J (I_2 et I_3 sur butoir de travail) sera réalisée par les leviers chercheurs que cette lettre J se trouvera en face du papier bande. Etant donnée la combinaison présentée par les leviers récepteurs (α_2 et α_3 sur butoir de travail), c'est pour cette seule combinaison des leviers chercheurs que la pile P peut, actionnant l'électro E, projeter la bande contre la roue des types. L'impression se produira donc au moment même où J sera sous la verticale.

Comme on n'utilise que cinq des secteurs ou plots de chaque distributeur, on voit qu'il sera aisé de multiplier le nombre de dispositifs identiques à celui que nous venons de décrire. Il suffit d'affecter les plots 6, 7, 8, 9 et 10, ainsi que 6', 7', 8', 9' et 10' à desservir les combinaisons d'une deuxième roue des types. On conçoit qu'on puisse étager ainsi autour de chaque distributeur un certain nombre de groupes de cinq leviers transmetteurs, de cinq leviers récepteurs et de cinq leviers chercheurs.

Remarquons, d'ailleurs, que le signal à transmettre peut être préparé à l'avance. A chaque manipulateur, qui n'est que la réunion de 5 leviers transmetteurs, on a pour effectuer cette préparation tout le temps que met le balai du distributeur pour passer du plot 6 au plot 1, c'est-à-dire dans le cas de la figure, plus des $\frac{1}{5}$ de la

durée d'une révolution du distributeur. De même, à l'arrivée, les cinq électros-récepteurs peuvent garder, pendant le même temps, la combinaison qu'ils ont reçue et qui copie celle des leviers transmetteurs : aussi, leur donne-t-on le nom d'*organes d'attente*. Pendant ce temps les leviers chercheurs peuvent développer leurs trente-deux combinaisons successives dans la série desquelles la pile saisit celle qui calque la combinaison des organes d'attente pour actionner l'électro d'impression. Il faut, évidemment, qu'au moment où les distributions reviennent simultanément balayer le plot 1 et 1' tous les leviers récepteurs et chercheurs soient revenus sur leurs boutons de repos. Ceci se produit, d'ailleurs, par l'envoi d'un courant convenable envoyé par le plot 28, qui prépare ainsi la réception.

Cette description générale nous fait saisir l'esprit du système Baudot ; pénétrons-en, maintenant, le mécanisme, par une étude plus détaillée des divers organes que, d'ailleurs, la connaissance du Hughes nous aidera, en partie, à comprendre.

Manipulateur Baudot. — Un clavier à cinq touches commande cinq contacts qui substituent l'envoi de cinq courants positifs à l'émission négative qu'assurent les touches à leur position de repos. Deux détails à signaler : la *cadence* et l'*accrochage*. La cadence n'est autre qu'une sorte de parleur qui reçoit un courant au moment où le balai distributeur quitte le plot 5 et indique ainsi à l'employé attentif au toc de l'électro de cadence que le signal à combiner peut être émis. Le transmetteur règle donc l'abaissement des touches sur

le rythme que bat la cadence. La figure 84 représente un

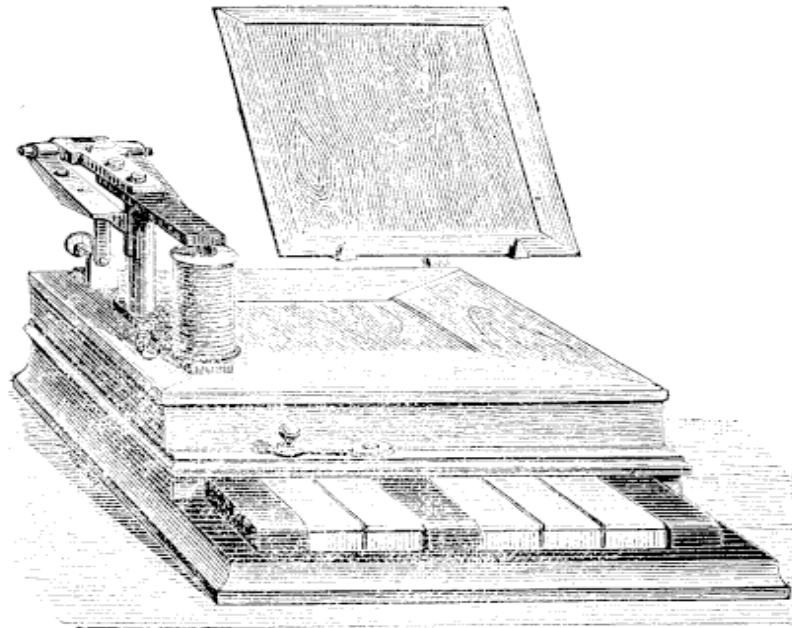


FIG. 84. — Manipulateur Baudot à cinq touches avec sa cadence à l'anche du pupitre.

clavier de Baudot sur lequel se trouve l'électro de cadence et sa palette.

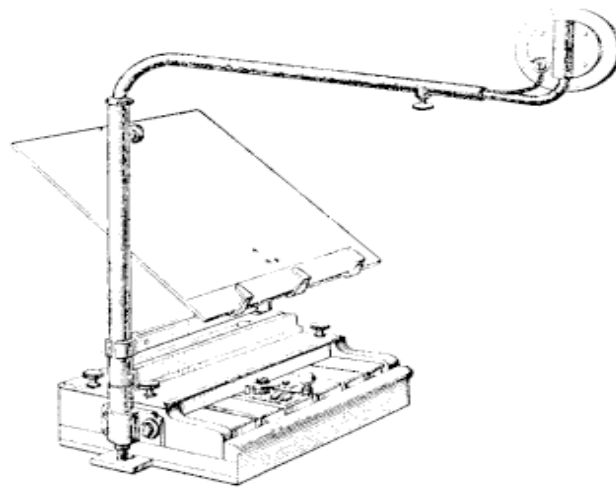


FIG. 85. — Clavier du manipulateur Baudot, modèle 1896.

La cadence est assurée par le toc d'un téléphone, fixé à la hauteur de l'oreille du manipulant.

Actuellement on transmet la cadence par le toc d'un téléphone (fig. 85). Cela présente l'avantage d'atténuer le bruit fastidieux des cadences qui n'ont besoin d'être perçues que

par chacun des employés manipulateurs qu'elles intéressent. Il peut arriver que le manipulant abandonne la touche abaissée avant que le balai distributeur ait atteint le plot correspondant à cette touche. Pour assurer l'émission du courant positif pour toute touche abaissée, celle-ci se trouve accrochée et maintenue abaissée par un électro polarisé E placé, comme l'indique la coupe que représente la figure 86, en dessous

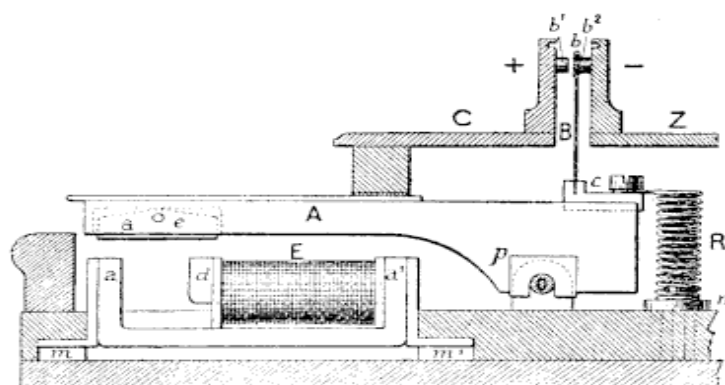


Fig. 86. — Coupe d'un clavier Baudot.

On y voit le dispositif d'accrochage qui maintient la touche abaissée tant que le balai distributeur n'a pas atteint le plot correspondant à la touche abaissée.

de la touche, laquelle porte une pièce de fer doux *e* que l'électro retient lorsqu'elle est arrivée au contact de l'armature. A la fin du tour un courant local envoyé par le distributeur désaimante l'électro qui lâche la touche accrochée.

Synchronisme. — Les distributeurs sont munis de régulateurs à force centrifuge. Le synchronisme est assuré par une correction électrique. La figure 87 donne le schéma de cette correction qui nécessite un plot spécial *p* sur le distributeur-correcteur F et deux plots

p_1 et p_2 sur le distributeur corrigé F' . Les vitesses sont réglées de manière que le distributeur à corriger avance légèrement sur le distributeur-correcteur. Tant que le

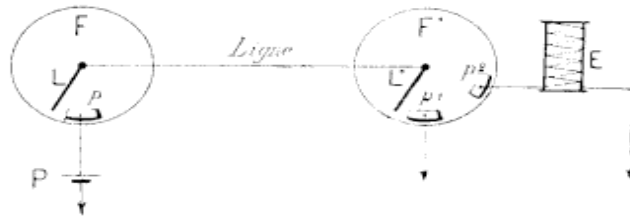


FIG. 87. — *Synchronisme. Principe de la correction électrique.*

Le distributeur correcteur F envoie un courant de correction qui, dans le cas d'une avance du distributeur à corriger F' , traverse l'électro E , lequel agit pour retarder F' . On règle les vitesses de façon que F' tende à avancer sur F .

synchronisme se maintient, le courant de la pile de correction P parcourt, à chaque tour, la ligne sans produire aucun effet; mais, dès que F' avance le balai de F' attein-

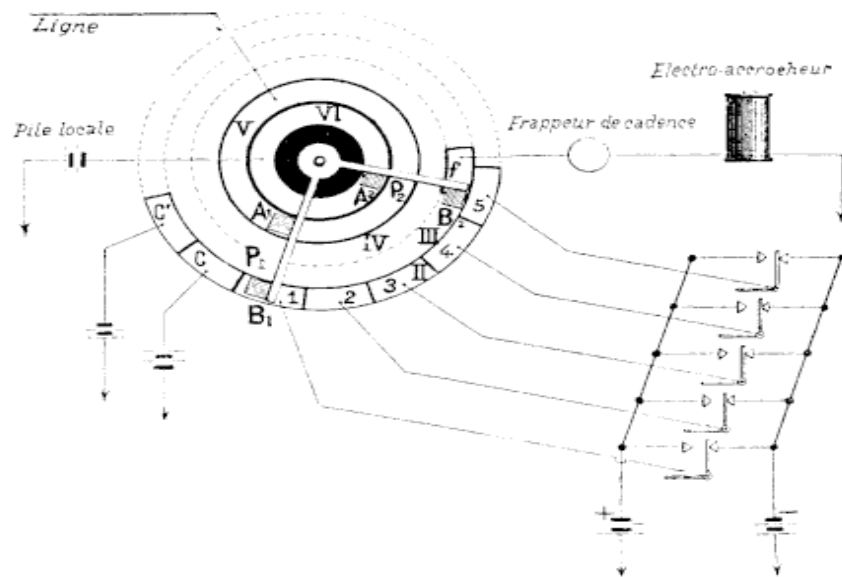


FIG. 88. — *Schéma de la distribution au départ.*

Deux bras porte-balais parcourent les couronnes et assurent (couronnes II et V) la relation des plots de correction et de transmission avec la ligne ainsi que l'envoi (couronnes III et VI) d'un courant local pour la cadence et l'accrochage.

gnant le plot p_2 , alors que le balai de F est encore sur le plot p , le courant de P traverse l'électro de correction E

qui agit sur le distributeur à corriger pour en diminuer la vitesse. En pratique, le distributeur-correcteur porte deux plots de correction, l'un émettant un courant positif, le second un courant négatif. Le courant de correction est ainsi immédiatement suivi d'un courant de repos qui a pour but de décharger la ligne, mais qui n'intervient pas pour la correction proprement dite. La figure 88 représente, dès lors, le schéma des communications du distributeur. Quatre couronnes balayées par deux bras porte-balais assurent les émissions sur la ligne et l'envoi d'un courant local pour la cadence et l'accrochage. Les plots de correction précèdent immédiatement ceux de transmission, la correction devant être effectuée avant celle-ci.

Récepteur Baudot. — La réception comporte les trois opérations suivantes :

1^{re} Réception des signaux envoyés dans cinq récepteurs ;

2^{re} Traduction de la combinaison ainsi formée par les armatures des récepteurs ;

3^{re} Impression du caractère traduit.

Le récepteur comprend un distributeur synchrone de celui du poste d'émission et cinq électros récepteurs.

Au lieu d'être directement relié à la ligne, le distributeur de réception est lié à l'armature d'un relais polarisé qui, lui, reçoit les courants de la ligne et est actionné par les courants de travail. Cela réalise un double but : L'organe de réception placé sur la ligne est rendu plus sensible et en même temps plus sûr ; les organes de traduction, commandés par le relais, entretenus par des

courants locaux, toujours semblables à eux-mêmes se trouvent soustraits aux variations qui affectent la ligne. D'où une parfaite régularité de fonctionnement.

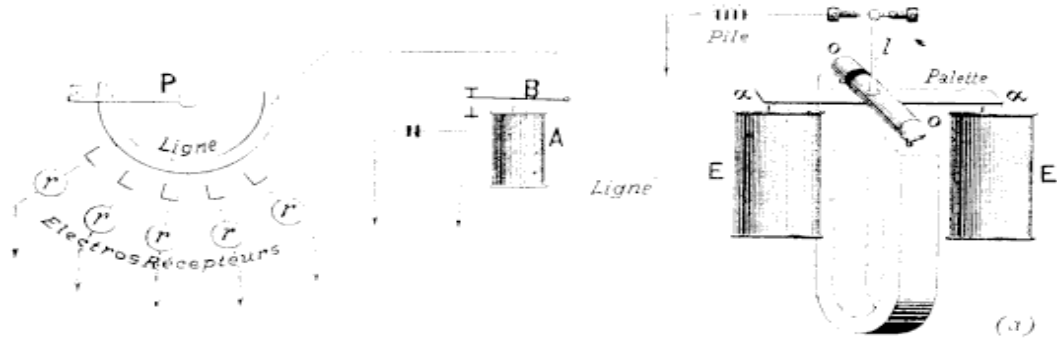


FIG. 89. — Récepteur Baudot. (a) Relais polarisé.

La ligne aboutit à un relais polarisé Baudot (a) dont la palette B est connectée à la couronne « ligne » du distributeur d'arrivée. Elle établit, grâce au courant d'une pile locale, les palettes des 5 électro-récepteurs *r* suivant la combinaison transmise.

Le récepteur proprement dit se trouve, dès lors, répondre au schéma de la figure 89. Le relais polarisé

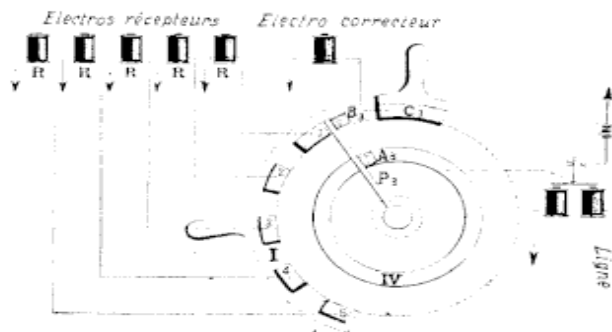


FIG. 90. — Schéma de la distribution à l'arrivée.

Tous les courants émis sur la ligne sont reçus par le relais polarisé qui les transmet sous forme d'un courant local au distributeur. Le plot C₃ de correction est disposé avant les 5 plots de réceptions. C₃ et l'ensemble des plots 1 à 5 sont montés sur secteurs isolants qui permettent de leur donner de légers déplacements par rapport au bras porte-balais β_3 . Cela permet un décalage nécessaire par le retard dû à la présence du relais.

Baudot, d'une extrême sensibilité, est représenté, en détails, sur le côté de la figure (fig. 89 a).

Le distributeur de réception est alors disposé comme le montre la figure 90.

Traducteur. —

Les électros-aimants récepteurs (fig. 91), au nombre de cinq, ont pour objet de

mettre en position de travail des leviers coudés dits *aiguilleurs*. Il y a cinq électros-récepteurs ou électros-aiguilleurs, commandant cinq aiguilleurs.

Ces cinq aiguilleurs ayant été placés dans la position qui correspond à la combinaison à traduire, il s'agit de s'en servir pour produire l'impression sur la bande de papier, au moment où la lettre qui correspond à cette combinaison passe sous la verticale. C'est là l'opération qui constitue la *traduction* et qui est, en fait, la partie véritablement originale du système Baudot.

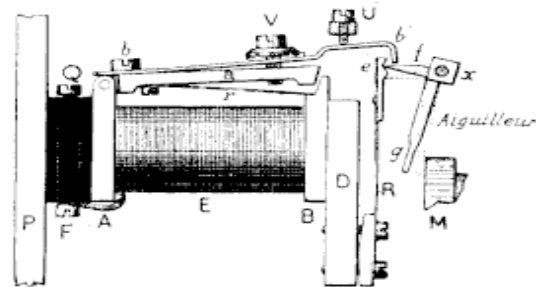


FIG. 91. — *Electro-aimant récepteur.*

Chaque électro récepteur, dit encore *électro-aiguilleur*, agit sur un levier coudé dit aiguilleur. Les cinq aiguilleurs préparent la traduction au moyen des chercheurs qu'ils dirigent.

Cette traduction, qui se fait actuellement mécaniquement, est réalisée :

1^{re} Au moyen de cinq leviers dits *chercheurs* ;

2^{re} Au moyen de cinq couronnes tournant en regard des leviers chercheurs et comportant une série de creux et de pleins disposés de telle sorte que les trente-deux combinaisons possibles des cinq émissions se trouvent toutes réparties et représentées par le pourtour de ces cinq couronnes.

A côté de chaque couronne se trouve une couronne complémentaire, couronne qui est divisée comme la couronne principale qu'elle complète, à cela près qu'elle présente des saillies à la place des creux et inversement.

Le tambour du traducteur comporterait donc, en fait,

dix couronnes juxtaposées 11', 22', 33', 44', 55', formant cinq bandes circulaires 11', 22'....., 55', formée chacune d'une couronne principale et de sa complémentaire, et de telle sorte que les cinq couronnes 1, 2, 3, 4, 5 reproduisent, au cours d'un tour complet, les trente-deux combinaisons par leurs creux associés ou encore que les cinq couronnes complémentaires 1', 2', 3', 4', 5' reproduisent, au cours d'un tour complet, les mêmes combinaisons tracées par leurs saillies.

La figure 92 représente ce *combinateur* primitif à dix couronnes formant cinq travées ayant chacune deux voies : la voie de repos ou couronne principale, la voie de travail ou couronne complémentaire.

Ce plateau combinateur fait corps avec la roue des types. Au passage du secteur neutre les chercheurs suivent les impulsions que leur donnent les aiguilleurs et s'engagent soit dans leur voie de travail, soit dans leur voie de repos, suivant la combinaison même qu'ils répètent. Si, par exemple, le deuxième, le troisième et le cinquième chercheurs se sont engagés seuls dans les voies de travail, les deux autres étant restés dans leur voie de repos, ce qui correspond à l'abaissement des touches 2, 3 et 5, c'est-à-dire à la lettre W, on voit que les cinq pieds des chercheurs représentés par cinq points noirs sur la figure, ne trouveront, tous ensemble, un vide au-dessous d'eux, que lorsque le plateau combinateur leur présentera le secteur W. A ce moment aucun des chercheurs ne trouve son pied appuyé à une saillie, leur ensemble bascule et, guidé par une couronne dentée, permet la chute du cadre que soutient la tête des

chercheurs, lequel met en œuvre l'organe imprimeur.

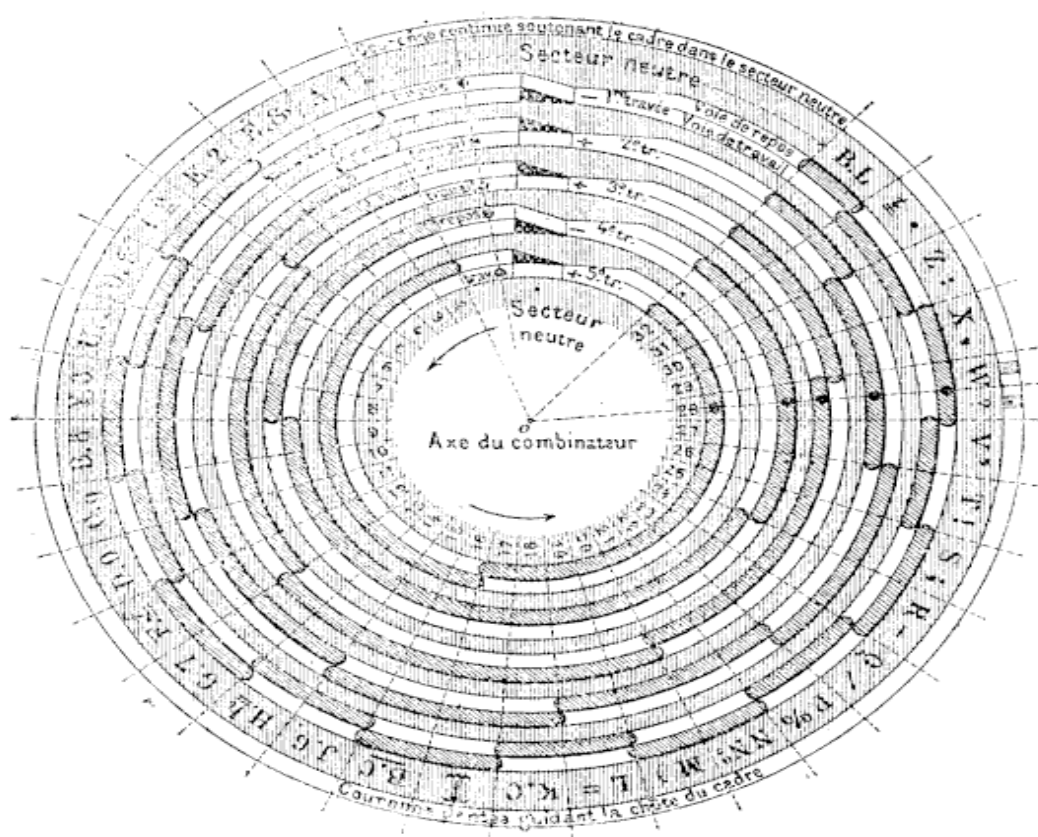


Fig. 92. — Combinateur Baudot (modèle primitif).

Il s'agit, à l'arrivée, de choquer la bande de papier contre la roue des types au moment où la lettre W qui correspond à la combinaison des touches abaissées au manipulateur arrive sous la verticale (W: 2^e, 3^e et 5^e touches abaissées). Chacun des cinq chercheurs peut s'engager dans la travée du combinateur qu'il parcourt, soit sur une voie de repos, soit sur une voie de travail. Pour l'émission de W, les seuls 2^e, 3^e et 5^e chercheurs auront leurs pieds engagés sur la voie de travail; les 1^{er} et 4^e restant sur la voie de repos. Or, c'est seulement lorsque l'ensemble des chercheurs est sur le 28^e secteur du combinateur, secteur qui porte gravé la lettre W, qu'aucun pied de chercheur n'appuie plus sur un plein des travées. Les cinq chercheurs se trouvent tous en face de creux des travées (position que la figure indique, les points noirs, pieds des chercheurs, étant sur les parties ombrées des travées) l'ensemble bascule donc et agit sur l'organe d'impression qui projette alors la bande de papier contre le type W.

Simplification du combinateur. — En rangeant dans un ordre convenable les trente-deux combinaisons du code Baudot, on peut réduire, ainsi qu'on va

	1	2	3	4	5
A	+	-	-	-	-
E	-	+	-	-	-
Y	-	-	+	-	-
J	+	-	-	+	-
X	-	+	-	-	+
U	+	-	+	-	-
G	-	+	-	+	-
T	+	-	+	-	+
H	+	+	-	+	-
W	-	+	+	-	+
C	+	-	+	+	-
M	-	+	-	+	+
S	-	-	+	-	+
□	-	-	-	+	-
t	+	-	-	-	+
É	+	+	-	-	-
I	-	+	+	-	-
B	-	-	+	+	-
K	+	-	-	+	+
Z	+	+	-	-	+
O	+	+	+	-	-
D	+	+	+	+	-
P	+	+	+	+	+
N	-	+	+	+	+
Q	+	-	+	+	+
L	+	+	-	+	+
V	+	+	+	-	+
F	-	+	+	+	-
R	-	-	+	+	+
*	-	-	-	+	+
□	-	-	-	-	+

Fig. 93. — Simplification du combinateur (combinateur à deux voies).

En plaçant les chercheurs, non plus côte à côte, mais à la suite les uns des autres, on peut réduire les cinq couronnes du combinateur à une seule. Il suffit de ranger pour cela les 32 combinaisons dans un ordre convenable tel que celui réalisé ici. On y voit en effet que la colonne 2, décalée d'un rang, reproduit la même suite de signes, c'est-à-dire d'envois, que la colonne 1. De même pour la colonne 3 décalée de deux rangs, pour la colonne 4 décalée de trois rangs, la colonne 5 décalée de quatre rangs.

le voir, à deux couronnes (une principale et une complémentaire) les dix couronnes du combinateur.

Considérons les cinq chercheurs placés côte à côte et appuyant chacun sur sa couronne principale, que nous représenterons (*fig. 93*) par le tableau rectifié des envois de courant correspondants aux diverses combinaisons.

Au cours d'un tour les combinaisons se trouvent réalisées chacune une fois. Si au lieu de placer les chercheurs tous côte à côte nous les plaçons à la suite les uns des autres, nous allons, par là même, pouvoir réduire les cinq couronnes principales à une seule. Il suffit, pour cela, de ranger les trente-deux combinaisons dans un ordre convenable.

Parmi les millions de milliards de permutations possibles auxquelles trente-deux objets peuvent donner lieu: $(1 \times 2 \times 3 \dots \times 31 \times 32 =$ de 8 à 9×10^{32} ou 8 à 900 nonillions) il y avait avantage, au point de vue de la construction, à trouver un ordre qui permit de répartir les saillies et les vides de la même façon dans chacune des cinq voies circulaires d'un combinateur.

Considérons justement le code Baudot de la figure 93, on constate que chacune des rangées est identique à sa voisine, au point de vue de la répartition des signes (disons de la répartition des creux et des vides), mais que leurs points d'origine sont échelonnés à une division les uns des autres, c'est-à-dire décalés d'une division en arrière.

Supposons les cinq chercheurs à la suite les uns des autres dans la colonne 5 : le chercheur 4 parcourant cette colonne à partir de E et revenant en E traversera tous les creux et toutes les saillies qu'il aurait trouvés, en partant de A dans sa colonne 4. De même pour 3, pour 2 et pour 1, supposés débutant respectivement sur la colonne 5 en Y, en J et en X.

Considérons donc le combinateur réduit à deux couronnes, une principale et sa complémentaire, où les saillies et les creux se trouvent rangés comme le montre la figure 94 (a), qui correspond à la colonne 1 du code de signaux précédent. On voit que si les cinq chercheurs restent sur la voie de repos, c'est-à-dire si aucune émission n'a été faite au manipulateur, jamais, au cours d'un tour des deux disques combinateurs, les cinq pieds des chercheurs ne trouveront, tous ensemble, un vide au-dessous d'eux et jamais, par suite, leur ensemble ne pourra basculer et mettre en œuvre l'organe imprimeur.

Si, au contraire, une combinaison a été réalisée, celle correspondant à la lettre E : — + — — — par exemple, seul, le deuxième chercheur sera passé de la voie de repos sur celle de travail. A ce moment, grâce à la forme même des têtes des chercheurs (fig. 94, b), aucun

mouvement de bascule de leur ensemble ne pourra avoir lieu, mais lorsque le secteur compris entre a et b (*fig. 94, a*) du disque combinateur sera venu sous

le jeu des chercheurs, aucun d'eux ne trouvant son pied appuyé à une saillie, tout leur ensemble basculera et mettra en œuvre le mécanisme d'impression qui consiste à projeter brusquement le tambour muni de la bande de papier sur la roue des types.

Or, la roue des types est solidaire du disque combinateur et c'est lorsque le secteur ab (*fig. 94, a*) est sous l'ensemble des chercheurs que la lettre E gravée au pourtour de la roue des types passe sous la verticale.

La figure 95 montre comment les leviers aiguilleurs g , de chacun des cinq électros-aiguilleurs (voir *fig. 91*) actionnent les chercheurs et les font passer de

la voie de repos à la voie de travail et comment ils sont ramenés, au bout d'un tour du combinateur à la position de repos. La

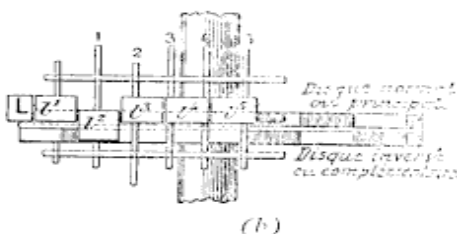
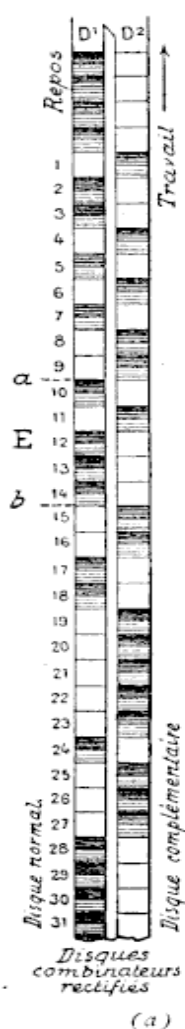


FIG. 94. — Combinateur Baudot. Modèle actuel supposé rectifié.

Le combinateur est réduit à 2 couronnes ou disques supposés rectifiés (*a*), disque principal ou normal et disque complémentaire offrant les creux du précédent en reliefs et inversement les reliefs en creux. Une combinaison E, par exemple (— + — —), trouvera par suite, au cours d'une révolution complète, une position, celle entre a et b , pour laquelle les cinq pieds des chercheurs seront tous en face de creux; leur ensemble (*b*) basculera et projettera dès lors le papier sur le type E qui passe à ce moment sur la verticale.

figure 96 montre comment l'ensemble des chercheurs, en basculant, met en œuvre l'organe d'impression.

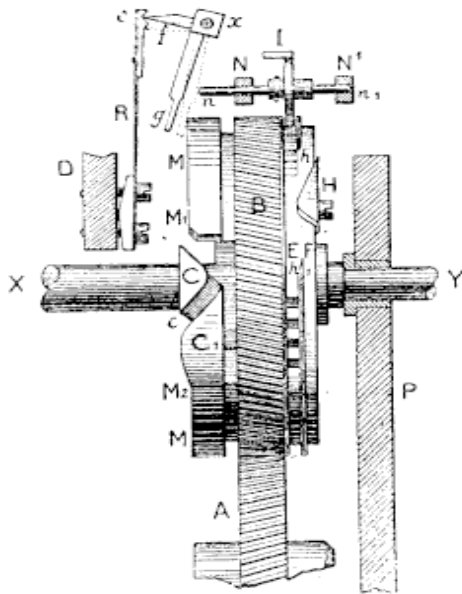


FIG. 95. — Relation des aiguilleurs et des chercheurs.

Chaque aiguilleur g , s'il est actionné par un courant positif reçu par son électro, appuie contre la butée M et, au passage de la came-navette C , pousse le chercheur correspondant I dans la voie de travail F . Le levier g est renvoyé à sa position de repos par le retour de came c . De même, à la fin du tour de combinateur, la came H ramène tous les chercheurs sur la voie de repos E .

Enfin, la permutation de la série des lettres à la série des chiffres se fait d'une manière analogue à celle du Hughes, ainsi que l'indique la figure 97. L'effacement de la pièce d , produit par la came d'impression, au passage de la combinaison « *Blanc des chiffres* », décale

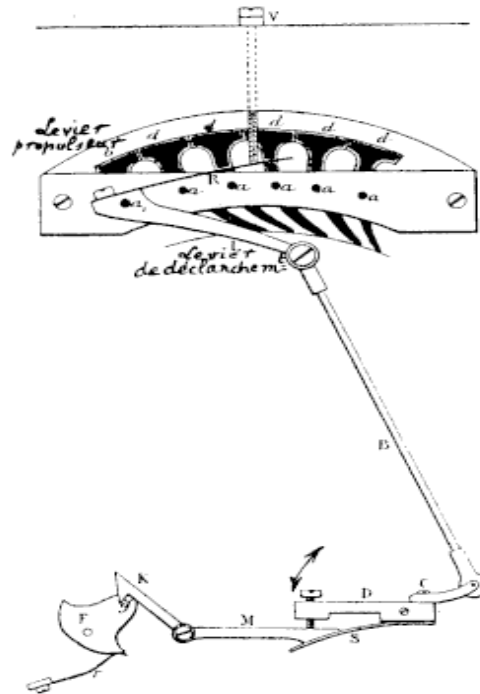


FIG. 96. — Déclanchement des organes d'impression par le mouvement de bascule des chercheurs.

Lorsque les 5 chercheurs d perdent simultanément pied, le levier propulseur b , obéissant au ressort R , fait basculer l'ensemble autour des axes a . Le levier de déclanchement L , solidaire de B , lève la pédale D qui revient brusquement frapper M et déclancher la came F , dès que le mouvement de bascule des chercheurs s'achève, par le passage d'une nouvelle combinaison du combinateur. La came F , déclanchée, projette le tambour au papier contre la roue des types.

de $\frac{1}{64}$ de circonférence la roue des types par rapport au plateau combinateur. La combinaison « *Blanc des lettres* » en délogeant d et restituant d' dans la position

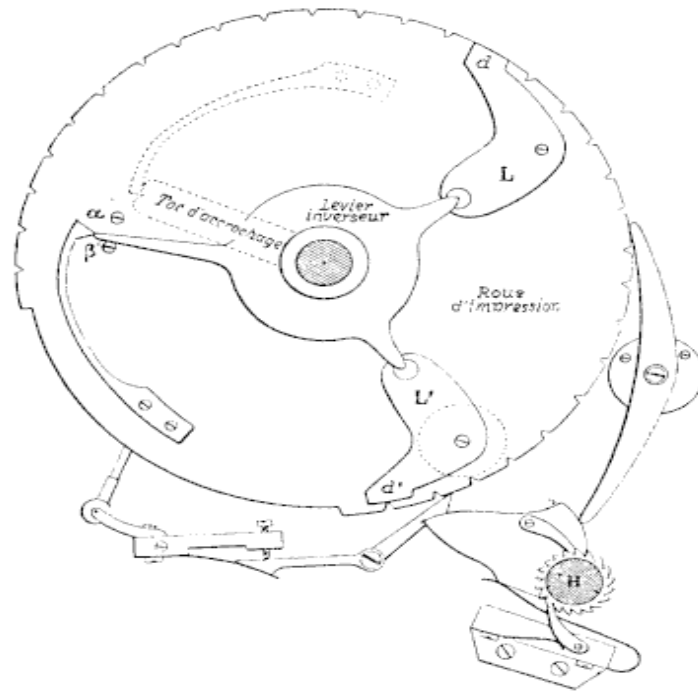


Fig. 97. — Passage de l'impression des lettres à celle des chiffres.

Dispositif analogue à celui employé dans l'appareil Hughes. L'introduction d'une came en d , démasque d , et masque d' et par là décale de $\frac{1}{80}$ de circonférence par rapport à la roue d'impression la roue des types liée au levier inverseur. Comme sur la partie gravée du pourtour de la roue des types les lettres alternent avec les chiffres et signes, la série des chiffres et signes se substitue, quant à l'impression, à celle des lettres. Le démasquage de d concordant avec le masquage de d' substitue inversement l'impression des lettres à celle des chiffres et signes.

de la figure, déterminera un nouveau décalage de $\frac{1}{64}$ de circonférence en sens inverse et restituera la série des lettres.

Synchronisme entre le distributeur et le combinateur. — La traduction de la combinaison reçue par le distributeur d'arrivée au moyen du traduc-

teur, nécessite qu'un synchronisme existe entre le mouvement des balais du distributeur et le mouvement de rotation du traducteur. Toutefois, ce synchronisme peut être approximatif; il suffit, en effet, que le combinateur ait achevé sa fonction à la fin de chaque tour du distributeur. Le synchronisme est assuré par un système de correction électrique identique à celui déjà décrit pour le synchronisme entre les deux distributeurs de départ et d'arrivée.

La figure 98 (a) en indique schématiquement le dispositif.

Le traducteur est supposé en avance sur le distributeur et reçoit la correction. Lorsque cette avance s'exagère, le courant d'une pile locale traverse l'électro-correcteur qui agit pour retarder le mouvement du moteur du traducteur. Dans la pratique on ne munit pas

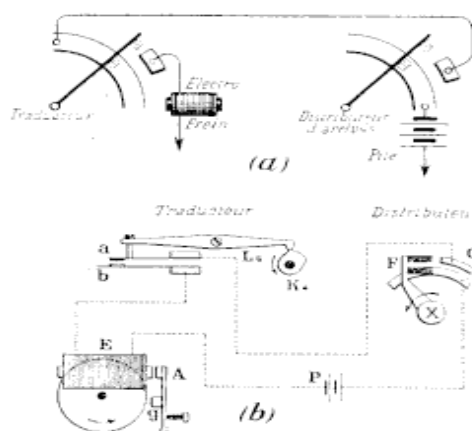


FIG. 98. — Synchronisme entre le distributeur et le traducteur.

Le principe de la correction est rappelé (a), le distributeur envoyant la correction lorsque l'avance du traducteur s'exagère. En pratique, au distributeur, le traducteur ne comporte qu'un contact a b (b) commandé par une came K.

le traducteur d'un distributeur, mais d'un simple contact commandé par une came (fig. 98, b) et fermant, une fois par tour, le circuit de l'électro-correcteur. Quant au distributeur d'arrivée il doit comprendre, en supplément, pour envoyer la correction au traducteur, deux nouvelles couronnes (fig. 99), l'une reliée à une pile locale, l'autre au traducteur.

Si l'on disposait à chaque poste Baudot deux distributeurs, l'un d'arrivée, l'autre de départ, l'installation serait extrêmement complexe, étant donnée la réunion sur chaque distributeur de la série des contacts relatifs

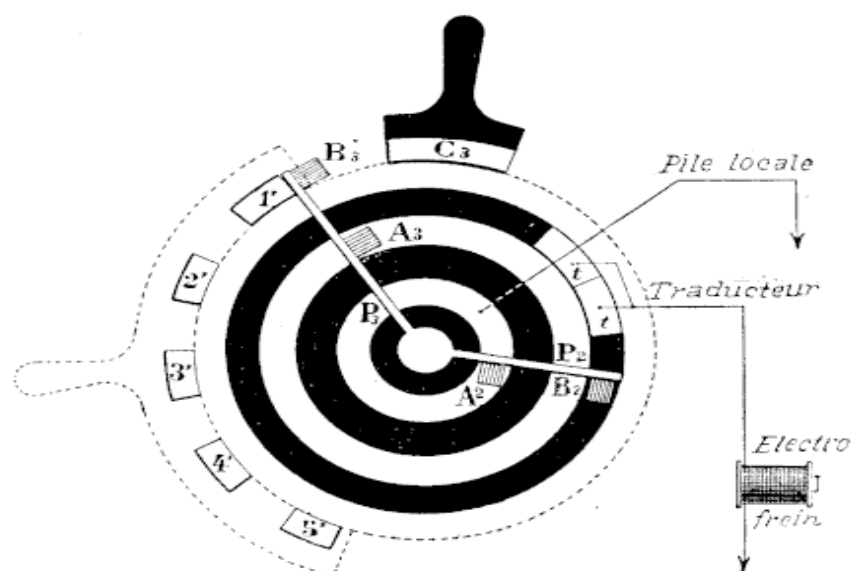


FIG. 99. — Distributeur d'arrivée avec envoi de correction au traducteur.

Le synchronisme à maintenir entre traducteur et distributeur d'arrivée oblige de munir ce dernier de deux couronnes supplémentaires et d'un second porte-balais P_2 .

à chacune des unités travaillant en multiple. On simplifie beaucoup les choses en réunissant en un seul les deux distributeurs. La figure 100 représente un secteur complet de distributeurs avec toutes ses communications schématisées.

On peut, évidemment, garnir tout le pourtour des couronnes de distributeur de groupes de cinq plots, afin d'utiliser tous les instants de la rotation du distributeur. C'est même là le but du distributeur et du système Baudot. Aussi a-t-on réalisé des Baudot double, qua-

druple et même sextuple, dont les distributeurs assurent l'échange de six lettres par tour, lettres empruntées, d'ailleurs, à six télégrammes différents.

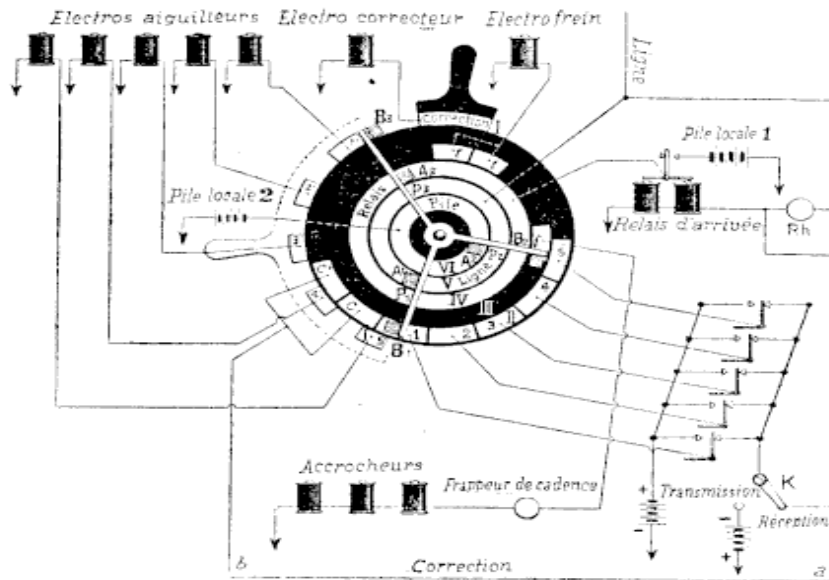


FIG. 100. — Ensemble des communications d'un secteur de distributeur Baudot (départ et arrivée).

Rendement. — A la vitesse de 180 tours à la minute, pour le distributeur, un secteur Baudot transmet 180 lettres à la minute ; un Baudot double 360 ; un Baudot quadruple échange 720 lettres et un Baudot sextuple 1.080. Une installation quadruple fournit pratiquement 7.060 mots à l'heure et une installation sextuple 10.590.

CHAPITRE V

Télégraphie rapide, 3^{me} solution : Multicommutateurs

Les multicommutateurs permettent la communication réellement simultanée de plusieurs appareils par un même fil. Deux solutions ont été proposées au problème de la multicommutation télégraphique, l'un emprunte l'usage de courants vibrés, l'autre les ondes hertziennes.

1^o **Multicommutateurs à courants vibrés.** — *Principe.* — Le principe de ces appareils repose sur une remarquable expérience signalée à l'Académie des Sciences, en 1860, par l'abbé Laborde. Une lame métallique faisant 40 à 50 vibrations à la seconde, porte une pointe métallique plongeant dans le mercure. Ce vibreur électrique commande les émissions et interruptions d'un courant dans un électro-aimant, en face des pôles duquel est disposée une tige vibrante. Quand cette tige est accordée sur la lame métallique formant vibreur, elle vibre ; si l'accord n'est pas réalisé, aucune vibration ne se produit. Ce fait

contient, ainsi que le signale l'abbé Laborde, tout l'intérêt et toute la nouveauté de l'expérience. C'est ce fait qui est utilisé dans les dispositifs de M. Mercadier, comme dans ceux de Paul Lacour qui, le premier, utilisa le phénomène découvert par l'abbé Laborde, pour l'utiliser télégraphiquement.

L'abbé Laborde s'assura de la constance du phénomène qu'il avait découvert en fixant sur un même support six lames interruptrices donnant les notes *ut, ré, mi, fa, sol, la*, et en accordant sur elles six tiges de fer doux fixées également sur un même support et présentées aux pôles d'un électro-aimant courbé en fer à cheval. Si l'on fait vibrer successivement les lames interruptrices, on entend vibrer successivement les tiges de fer doux, chacune d'elles répondant exactement à la lame avec laquelle elle s'accorde. On peut *entremêler les notes de mille manières* comme dans un morceau de musique, sans que les tiges de fer doux correspondantes fassent jamais défaut.

On pourrait, évidemment, ajoute l'abbé Laborde, fonder sur cette expérience *un nouveau système de télégraphie*, puisque chaque lame du transmetteur choisit au récepteur la lame correspondante et la fait vibrer de préférence à toutes les autres.

On doit donc bien considérer l'expérience de l'abbé Laborde comme réalisant le premier multiplex à courants vibrés ; c'est un sextuplex que constitue l'expérience imaginée et réalisée pour la première fois par l'abbé Laborde. Comme nous le verrons, M. Mercadier a repris l'expérience de 1860 et, l'appliquant aux pro-

cédés actuels de télégraphie, il l'a répétée en utilisant toutes les facilités que les progrès de la technique ont créées depuis cinquante ans. Il est ainsi arrivé à baser, sur le principe expérimental découvert par l'abbé Laborde, un dispositif télégraphique qui semble des plus pratiques et des plus rapides.

Multicommunicateur de P. Lacour. — C'est sur le principe, indiqué par l'abbé Laborde, que Paul Lacour, de Copenhague, réalisa plus tard, en 1873, un télégraphe multicommunicateur. Les différents courants intermittents produits par des diapasons à la station de départ cheminaient ensemble, venaient impressionner à la station d'arrivée, au moyen d'électros-aimants, une série de diapasons qui étaient des copies exactes de ceux disposés au départ. Le triage des transmissions se trouvait ainsi assuré, les diapasons communiquant entre eux par couple et indépendamment les uns des autres.

En 1878, Paul Lacour utilisa les courants vibrés à

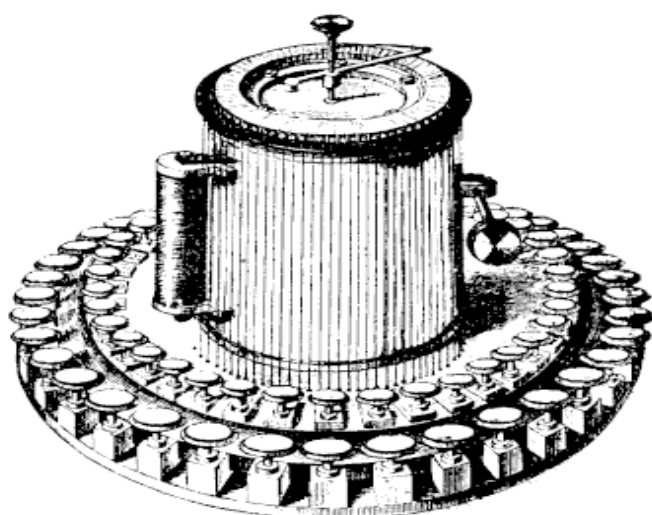


FIG. 101. — *Roue phonique de Paul Lacour.*

l'entretien d'un dispositif particulier, dite roue phonique (*fig. 101*), qui lui permettait la réalisation d'un parfait synchronisme entre les mouvements de deux appareils éloignés.

« On conçoit —

dit-il, en parlant des courants vibrés — que cet arrangement pourra servir de base à plusieurs genres de télégraphies, surtout *aux systèmes télégraphiques imprimeurs et à transmission multiple.* » Il prévoit donc ainsi l'utilisation que vient de réaliser M. Mercadier, en mettant en œuvre, avec beaucoup de persévérance, des procédés vieux de près de cinquante ans.

Dispositifs de M. Mercadier. — Voici quelles sont les particularités des dispositifs de M. Mercadier qui, en principe, ne diffèrent pas de ceux réalisés, en 1860, par l'abbé Laborde, et se trouvent seulement réalisés au moyen d'appareils faciles à régler et offrant toutes les garanties de sûr et continu fonctionnement qu'on doit exiger d'un appareil télégraphique pour qu'il soit pratique.

Producteur des courants vibrés : Electro-diapason. — Pour produire les courants vibrés, M. Mercadier emploie un électro-diapason que la figure 102 représente. Le diapason, solidement fixé en A, contient entre ses branches un électro-aimant E. Chaque branche du diapason porte un petit style, fait d'un fil d'acier de 0,45 ^m/_m de diamètre, qui, lors de l'élongation maxima des branches vibrantes, vient toucher des plaques de platine A dont le réglage est assuré au moyen de vis V à contre-écrou C et de ressorts de rappel. Les connexions avec les pôles P +, P —, d'une pile étant celles de la figure, on voit que le mouvement vibratoire du diapason sera entretenu par l'attraction qu'exerce l'électro E sur les branches d'acier du dia-

pason, attraction qui, par le jeu même des styles, se trouve produite au moment convenable.

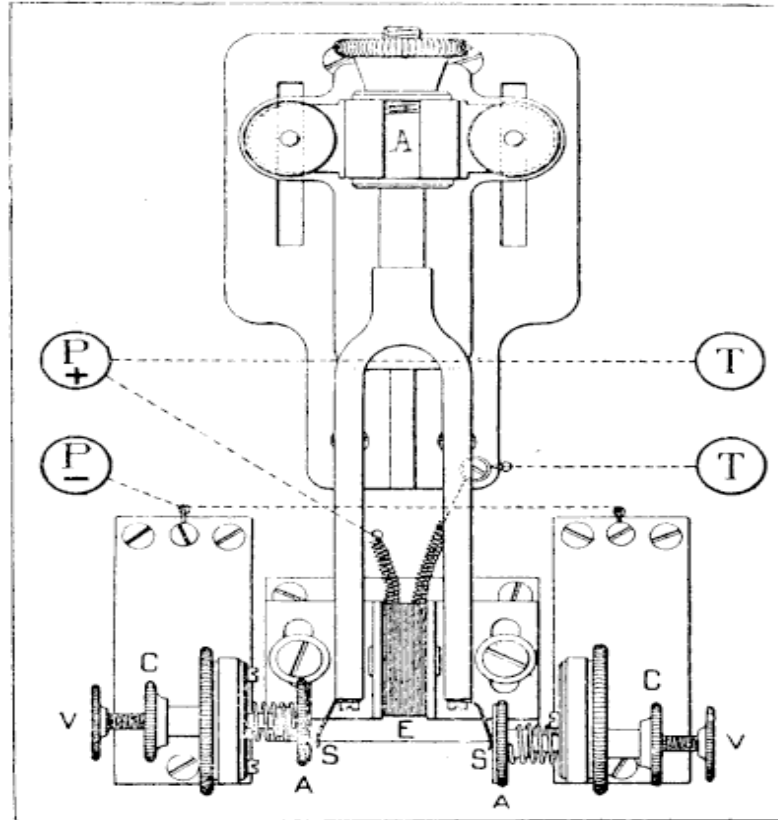


FIG. 102. — Electro-diapason de M. Mercadier pour produire des courants vibrés.

Le courant vibré, réglé par le mouvement du diapason et qui possède sa période, se trouve parcourir une dérivation formée par le primaire d'un transformateur dont les extrémités viennent prendre contact en T.T.

Récepteur des courants vibrés : Monotéléphone. — Comme récepteur sélectif de courants vibrés d'une période déterminée, M. Mercadier utilise, au lieu des lames vibrantes de l'abbé Laborde, des plaques vibrantes circulaires soutenues en des points qui appar-

tiennent à des sections nodales de la plaque en état de vibration. Ces plaques, ayant leurs centres disposés au-dessus et à peu de distance d'un électro-aimant, entrent en vibration lorsque l'électro-aimant se trouve parcouru par des courants vibrés de période identique à la leur.

Appareil multiplex à courants vibrés. —

La figure 103 donne les détails d'un dispositif de production et de réception de courants vibrés. On a représenté le cas de trois transmetteurs et de trois récepteurs utilisant des courants vibrés de périodes correspondantes aux notes *sol*₃, *la*₃, *si*₃.

Chaque électro-diapason E envoie un courant vibré de période déterminée par la note qu'il émet dans le primaire 1 de transformateurs T. Les secondaires 2 de tous ces transformateurs sont branchés en dérivation sur un circuit C t. Les électro-diapasons vibrant tous d'une manière continue, l'émission de courants vibrés de chaque tonalité se fait par la fermeture de manipulateurs *m*_n, *m*_n, *m*_n, qui ferment les circuits 2 des transformateurs sur le circuit de transmission C_t. Ce circuit comprend le primaire à gros fil d'un transformateur *Ble* à deux secondaires à fils longs et fins et à circuit magnétique fermé. L'un des secondaires est en série avec les deux fils de lignes 1 et 2 et avec le secondaire *f* l d'un transformateur à trois enroulements, dit transformateur différentiel *Td*. Le second fil secondaire fait partie d'un circuit, dit d'extinction *Ce*, qui comprend le 2^e secondaire *f* e du transformateur *Td*. Des condensateurs à capacités réglables *Ke*, *Le* permettent de régler la

9. — Télégraphie.

phase des courants vibrés induits circulant dans les secondaires des transformateurs.

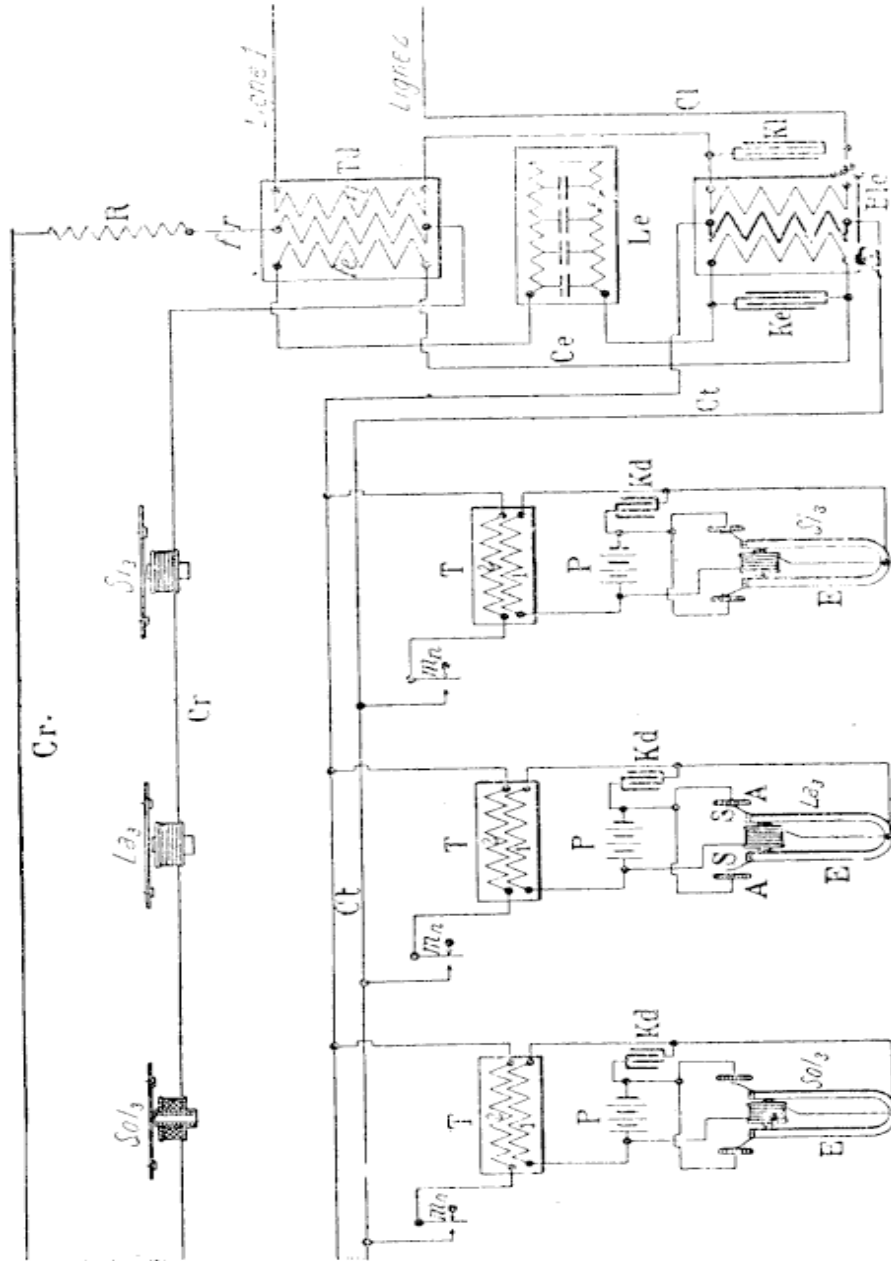


FIG. 103. — Schéma d'un appareil multiplex à courants vibrés.

Le transformateur différentiel Td a son enroulement

primaire f_r en relation avec la série des monotéléphones sélectifs étagés dans le circuit de réception Cr .

Tout courant vibré parcourant le primaire de Blc induit dans les deux secondaires identiques des courants induits identiques, dont l'un parcourt la ligne ainsi que l'enroulement fl , l'autre, l'enroulement fe . On règle les capacités intercalées sur le circuit de fe , de manière que le courant induit parcourant fe présente un décalage d'une demi-période sur le courant induit qui parcourt fl . De cette manière, les effets d'induction de fl et de fe sur f_r s'annulent complètement et le circuit récepteur ne se trouve nullement parcouru par les courants vibrés émis en Ct . Par contre, si la ligne reçoit du poste en correspondance des courants vibrés, ces courants traversant l'enroulement fl déterminent des courants induits en f_r , lesquels sont susceptibles, pourvu que leur tonalité soit de période convenable, de faire vibrer les monotéléphones de mêmes périodes étagés dans le circuit Cr .

Pour régler les capacités Ke , Le et Kl , qui doivent être tels que les deux courants induits en fl et fe se trouvent exactement décalés, l'un par rapport à l'autre, d'une demi-période, on effectue une transmission continue de courants vibrés, telle que celle correspondant à l'électro-diapason *sol* par exemple. Il est à remarquer que le réglage effectué pour le courant vibré *sol* est le même pour tout autre courant vibré compris dans l'intervalle employé qui va du *sol* au *fa dièze*.

Grâce à l'extinction produite dans un dispositif récepteur bien réglé pour les courants émis par le transmet-

teur du même poste, on voit qu'il est possible d'effectuer entre deux postes autant de réceptions et de transmissions simultanées qu'il y a de transmetteurs et de récepteurs différents installés.

Relais monotéléphonique. — Jusqu'à ces derniers temps les dispositifs à courants vibrés, établis par M. Mercadier, n'avaient permis que l'échange des signaux longs et brefs du code Morse, reçus au téléphone, mais ne semblaient pas susceptibles de permettre l'usage des divers appareils télégraphiques rapides. Grâce à la construction d'un relais monotéléphonique, M. Mercadier est parvenu à pouvoir résoudre d'une manière plus générale le problème de la multicommutation.

Le relais est constitué par une plaque monotéléphonique circulaire suspendue en trois points de la circonférence de la première ligne nodale au moyen de tiges telles que 5 (*fig.* 104). Au centre de la plaque vibrante on a soudé une petite rondelle d'argent vierge sur laquelle vient prendre contact l'extrémité, en argent vierge également, d'un levier 8 très bien suspendu et équilibré en 11. Le contrepoids 11 est réglé de manière que la période du levier soit plus grande que celle de la plaque 4 et que la pression supportée par cette plaque n'altère en rien sa monophonie. Chaque membrane de relais étant exactement accordée avec un électro-diapason E, lorsque la bobine 3 est traversée par le courant vibré capable de faire vibrer la plaque, le levier 8 ne pouvant suivre la plaque, le contact entre les deux pièces devient imparfait. Pour assurer le contact lorsque la plaque est silencieuse, un léger ressort 26, réglé

par une vis micrométrique 24, exerce, par l'intermédiaire

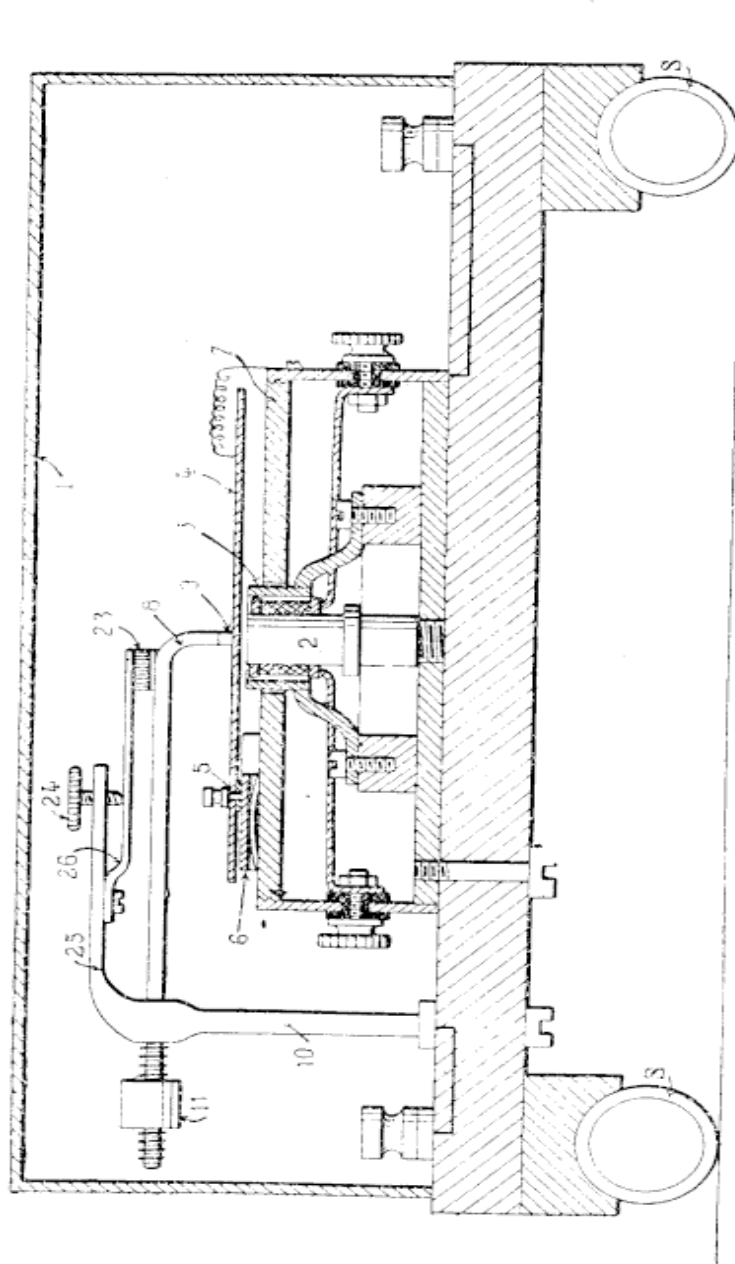


Fig. 104. — Relais monotelephonique de M. Mercadier

d'une rondelle de feutre 23, une pression excessivement légère sur le levier 8.

L'interruption du contact entre le levier 8 et la pastille d'argent 9 sert à actionner l'appareil disposé sur le relais à la manière dont l'indique la figure 105 qui représente deux relais monotéléphoniques disposés en dérivation

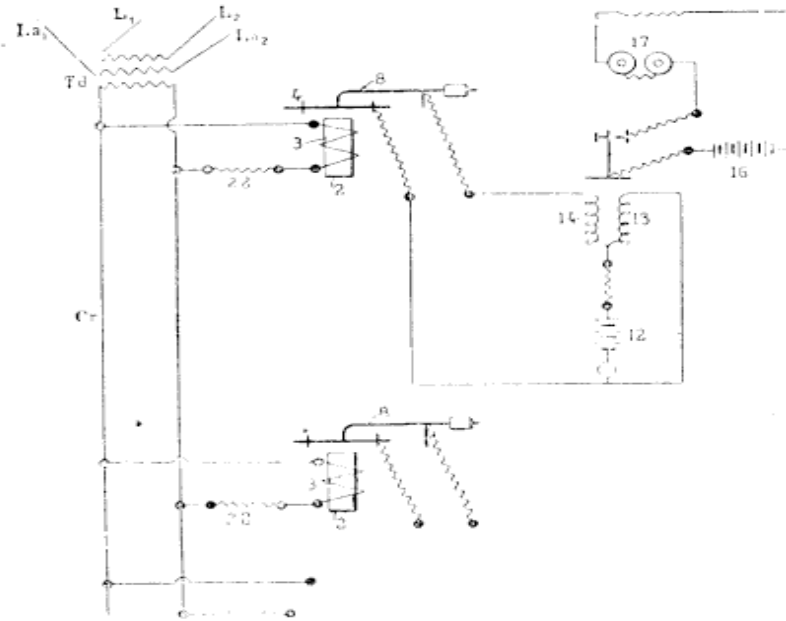


FIG. 105. — Schéma de deux relais monotéléphoniques disposés en dérivation sur un circuit de réception de courants vibrés Cr .

vation sur un circuit de réception de courants vibrés Cr . Entre la plaque 4 et le levier 8 est disposé le circuit d'un relais Baudot dont les enroulements d'électros 13 et 14 sont connectés par rapport à la source 12, à la manière dont le représente la figure. Lors donc que le relais monotéléphonique est silencieux, le courant de la pile se partageant également entre les deux enroulements du relais Baudot, la palette dudit relais reste sur le butoir de repos. Dès que le relais monotéléphonique fonctionne, l'interruption produite entre 4 et 8 a pour

effet de faire attirer la palette du relais Baudot par l'enroulement 13 ; la palette se porte sur le butoir de travail et y demeure tant que le relais monotéléphonique vibre. Alors un circuit local, 16, 17, se ferme à travers l'électro-aimant de l'appareil télégraphique desservi par les courants vibrés.

La figure 106 montre schématiquement comment l'entretien d'un appareil Hughes peut être assuré, à la transmission comme à la réception, par courants vibrés. La manœuvre d'une touche, actionnant, par l'intermédiaire d'un goujon, le levier manipulateur, a pour effet de fermer sur la ligne L_1 , L_2 , le secondaire s du transformateur F dans le primaire p duquel circule d'une manière continue les courants vibrés engendrés par l'électro-diapason E .

A l'arrivée, ces courants vibrés traversent la bobine du relais monotéléphonique R accordé sur l'électro-diapason E . Le contact argent vierge de ce relais devient imparfait par suite de la mise en vibration de la plaque et, dès lors, la palette 15 du relais Baudot 13 est attirée sur le butoir de travail et la pile 16 se trouve fermée à travers l'électro-aimant du récepteur Hughes 17.

C'est à l'aide de dispositifs ainsi combinés que M. Mercadier a fait fonctionner, récemment, entre Paris et Le Havre, cinq appareils Hughes, travaillant simultanément à chaque extrémité.

En utilisant concurremment aux courants vibrés du courant continu, on peut mettre en action, indépendamment de six appareils Hughes, un Baudot sextuple et

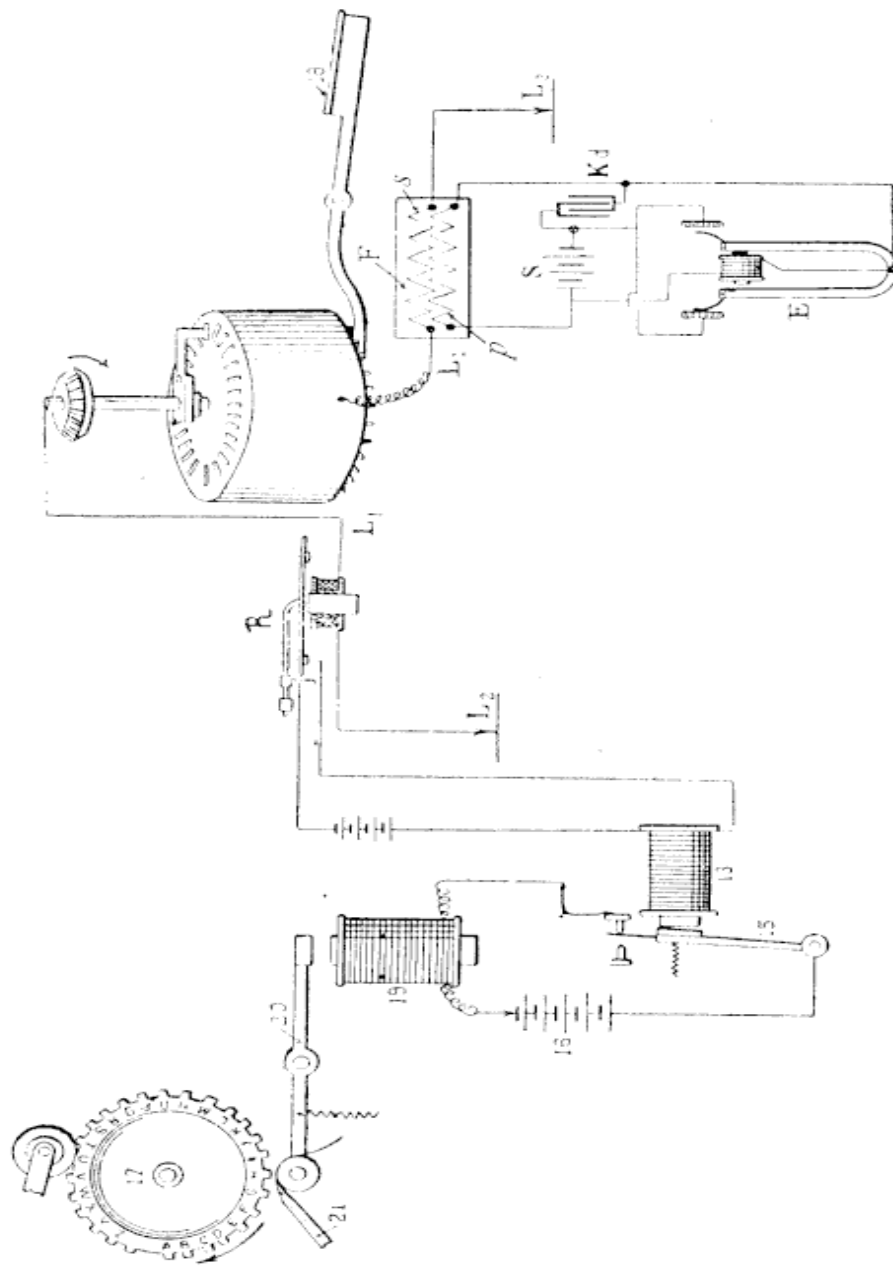


Fig. 106. — Entretien d'un appareil Hughes par courants vibrés.

accroître, par suite, dans des proportions énormes, le rendement d'une ligne.

II^e Multicommunicateurs à ondes électriques. — Nous avons indiqué, à la fin de 1898, un certain nombre de principes expérimentaux à partir desquels il paraît possible de solutionner le problème de la multicommutation de la manière la plus générale.

Ce problème doit être ainsi posé :

Un fil conducteur unique relie deux postes extrêmes A et N et passe par une série d'autres postes intermédiaires B, C, D, L. Trouver un dispositif qui permette l'échange de communications télégraphiques simultanées (communications pouvant être assurées au moyen d'appareils télégraphiques divers : Morse, Hughes,) entre A et B, A et C, A et N et aussi entre B et C, B et D, B et N et ainsi de suite jusqu'à la communication entre L et N ; en un mot, entre tous les groupes que l'on peut former en combinant, deux à deux, de toutes les manières possibles, les postes que relie le fil unique.

L'exposé de nos expériences qui utilisent les ondes électriques sort du cadre de cette étude. Nous nous bornerons à en indiquer brièvement l'économie par une comparaison empruntée au domaine de l'acoustique. Qu'on suppose un tube acoustique reliant les divers postes A, B, N et muni à l'arrivée et au départ de plusieurs embouchures. Les embouchures au départ concentrent les mouvements sonores qu'émettent différents tuyaux sonores que, pour plus de simplicité, nous supposerons au nombre de deux seulement, l'un donnant le *la*, l'autre le *sol*. A l'arrivée, en face des embouchures, se trouvent des résonnateurs acoustiques de

Helmholtz, l'un capable de renforcer le *la* et sourd au *sol*, l'autre capable de renforcer le *sol* et sourd au *la*. Les transmissions faites au départ sur le *sol* et sur le *la* ont cheminé de concert : à l'arrivée le partage se fait grâce à la présence des résonnateurs acoustiques.

Il se passe un phénomène analogue dans le dispositif à ondes électriques que nous avons préconisé. Un cortège d'oscillations électriques de périodes différentes se propage sur la ligne de A en N. Le triage de ces oscillations électriques se fait à chaque résonnateur électrique qui garde et renforce celles de ces oscillations correspondant à sa période et laisse cheminer toutes les autres ; ces dernières, à leur tour, sont reçues chacune par le résonnateur qui lui est propre.

Ce rapprochement d'expériences empruntées à deux domaines différents de la Physique, n'a d'autre but que de faciliter l'exposé des faits sans rien inférer en ce qui concerne l'explication des phénomènes électriques qui se produisent.

Les dispositifs auxquels je fais allusion ont été expérimentés sur une ligne de 170 mètres, avec trois postes échelonnés. Ces expériences ont parfaitement mis en évidence les principes expérimentaux sur lesquelles elles s'appuient et montré la possibilité du triage des oscillations. Le jour où l'engouement pour l'unique emploi des ondes électriques en télégraphie sans fil cessera et où on se bornera à utiliser sans fil ces ondes, — non à des communications intermondiales forcément précaires, mais aux seuls cas particuliers auxquels elles s'appliquent

avec utilité — ce jour-là, on songera à l'application des ondes électriques à la télégraphie avec conducteur. Nous sommes persuadé que les télégraphistes pourront alors — en partant des principes que nous avons découverts et établis par l'expérience, grâce au triage possible des ondes électriques de périodes différentes — appliquer ces principes à la solution totale et complète du problème de la multicommutation télégraphique et peut-être même de la multicommutation téléphonique.

TROISIÈME PARTIE

L'AVENIR
DE LA TÉLÉGRAPHIE

CHAPITRE PREMIER

Les Télégraphes extra rapides

Télégraphe Pollak et Virag. — Ce système, imaginé par M. Antoine Pollak et par M. Virag (décédé en 1902), a figuré à l'Exposition de 1900, mais depuis a été notablement perfectionné et simplifié.

Son rendement est incomparable ; il permet, en effet, de transmettre près de 50.000 mots, c'est-à-dire 300.000 lettres à l'heure. Décuplant presque le Baudot, avec ses 5.000 mots, il est quarante fois plus actif que le Hughes, avec 1.000 à 1.200 mots, et il centuple le Morse, avec ses 500 mots à l'heure.

Ce télégraphe écrit directement, comme à la main, les lettres de l'alphabet. Les télégrammes doivent être préparés. Cette préparation est réalisée, au départ, par la perforation d'une bande de papier. L'expéditeur peut préparer lui-même ou par des intermédiaires munis de perforateurs, la bande perforée, si bien que le télégramme peut être apporté, si on le veut, au guichet tout perforé. Ce serait le cas des grands services, banques, maisons de commerce, etc....., qui rédigeraient leurs télégrammes sous forme de bandes perforées.

Le perforateur représenté par la figure 107 est une machine à écrire dont les touches font avancer un certain nombre de barrettes sur lesquelles les aiguilles per-

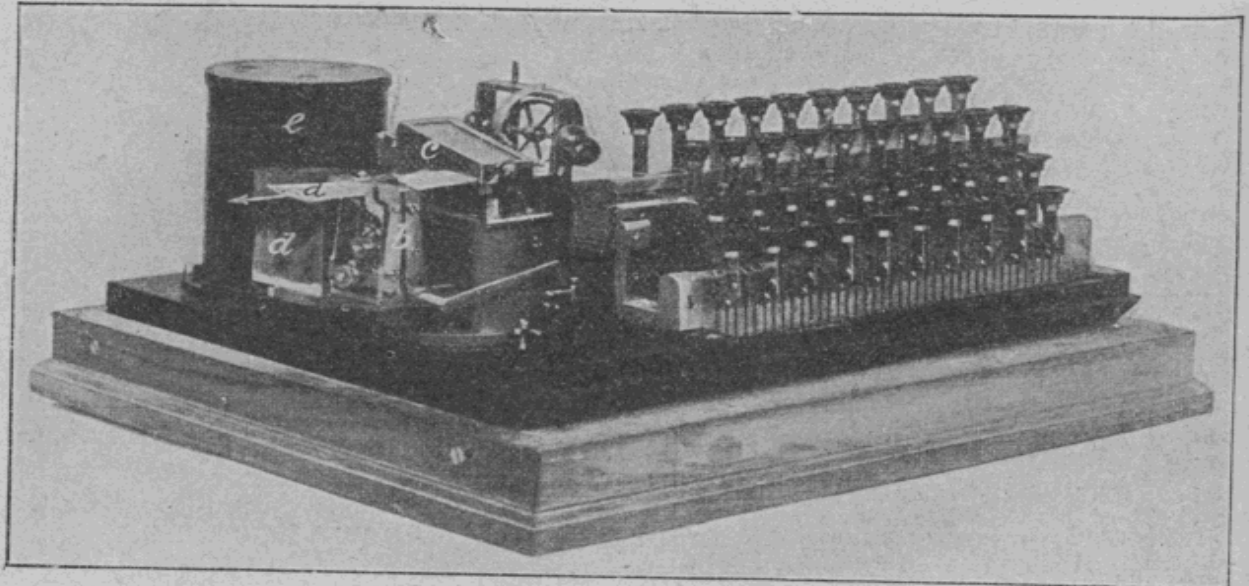


FIG. 107. — *Télégraphe Pollak et Virag. Perforateur.*

C'est une machine à écrire dont les touches perforent une bande de papier : chaque touche perce la bande d'une manière particulière. La vitesse de perforation atteint 2,000 mots à l'heure.

foratrices s'appuient. La bande reçoit donc autant de trous à chaque mouvement de touches que le nombre de barrettes avancées et bloquées par la touche l'indiquent. A chaque lettre à imprimer correspond, d'ailleurs, une disposition particulière des trous. On peut perforer 2.000 mots à l'heure.

Le transmetteur à rotation rapide est animé par un moteur électrique qui entraîne un tambour métallique R (*fig. 108*) sur lequel se déroule la bande perforée. La bande passe ainsi entre six bagues métalliques isolées les unes des autres, *a, b, c, d, e, f* et six balais réunis

ensemble par trois B_1 , B_2 . Les bagues sont reliées à des sources de courants à potentiels divers, constituées par des batteries d'accumulateurs. Un système de capacités

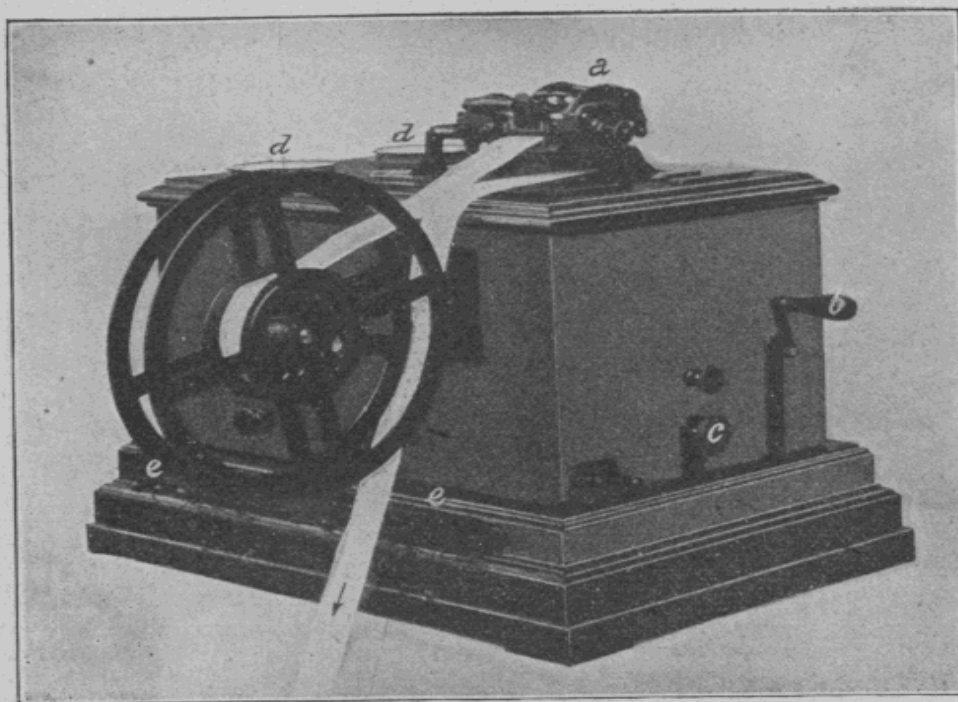


FIG. 108. — Télégraphe Pollak et Virag. Transmetteur : vue d'ensemble.

La bande perforée passe sur le tambour à six bagues et produit une suite d'émission de courants d'intensités différentes.

k_1 , k_2 , K_1 et de résistances W_1 , W_1 , W_2 , convenablement disposées, est intercalé entre le transmetteur et le récepteur qui se trouvent reliés au moyen de deux fils de ligne l_1 , l_2 . La rapidité du passage de la bande sur le tambour du transmetteur et la fréquence des perforations sont telles qu'on peut envoyer 400 émissions par seconde.

Le récepteur se compose de deux téléphones accouplés dont les membranes sont liées à un petit miroir, de

10. — Télégraphie.

telle sorte que les mouvements de la membrane du premier téléphone t_1 (*fig. 109*) déplacent le miroir autour d'un axe horizontal. Un rayon lumineux réfléchi par le miroir décrit alors un trajet vertical. La mem-

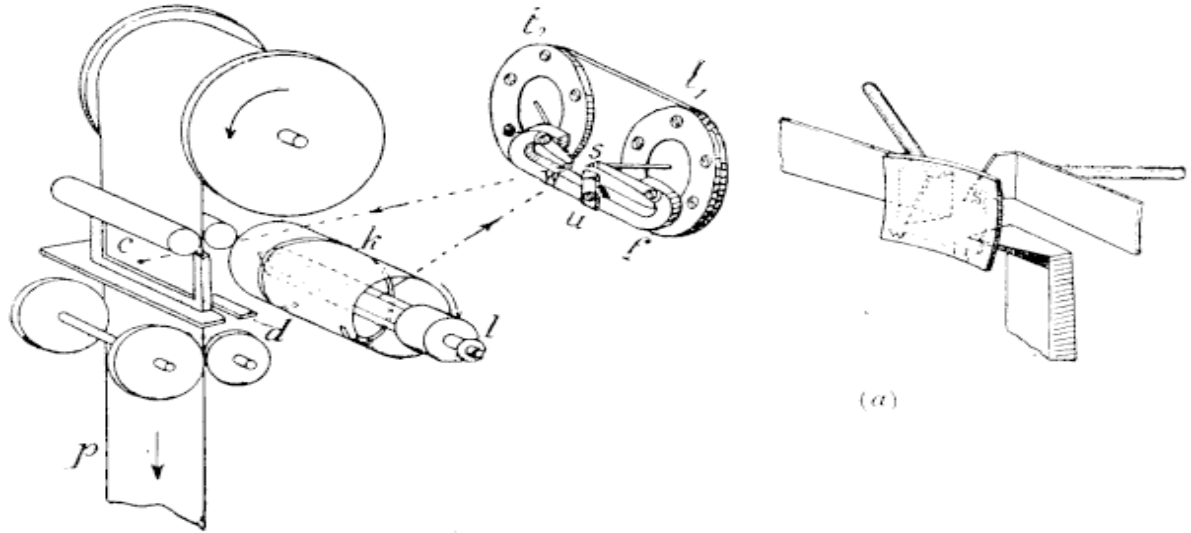


FIG. 109. — Télégraphe Pollak et Virag. Récepteur.

Les rayons lumineux émis par une lampe l se réfléchissent sur un miroir W solidaire des deux membranes téléphoniques t_1 et t_2 . Le rayon réfléchi frappe une bande photographique mobile p et y trace les lettres mêmes correspondant aux perforations de la bande. En (a) se voit la liaison du miroir avec les membranes téléphoniques : t_1 le déplace autour d'un axe horizontal, t_2 , autour d'un axe vertical.

brane du second téléphone t_2 déplace le miroir autour d'un axe vertical faisant alors décrire un trajet horizontal au rayon lumineux réfléchi. Ces deux mouvements peuvent se composer comme dans la méthode classique de Lissajous et le rayon réfléchi peut ainsi décrire toute courbe, si compliquée soit-elle. On étage justement les perforations de la bande et on y fait correspondre les voltages différents des six bagues du tambour du transmetteur, de manière à ce que le rayon lumineux réfléchi trace, sur une bande de papier photo-

graphique sensibilisé, les lettres même qui correspondent à ces perforations. Le papier photographique est automatiquement développé, séché et coupé.

La figure 110 représente une portion de bande perforée et le texte photographié qui y correspond.

Les figures 111 et 112 représentent l'ensemble du transmetteur et du récepteur du télégraphe Pollak et Virag.

Ce télégraphe a été essayé en Hongrie, entre Budapest et Pozsony, sur une ligne constituée par deux fils de cuivre, offrant une résistance de 2^o 5 par kilomètre, soit 1.360^o pour 218 kilomètres. L'appareil fonctionna du 24 octobre au 15 décembre 1902 et permit de transmettre 45.000 mots à l'heure.

Le fonctionnement de l'appareil fut très aisé durant tous les essais, bien que les conditions atmosphériques aient été très variées.

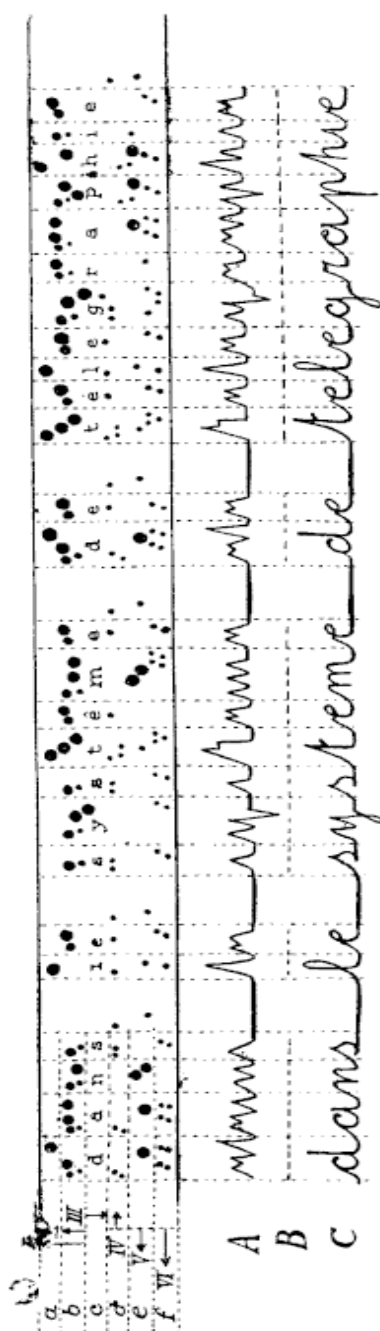


FIG. 110. — Télégraphe Pollak et Virag.
Fac-simile d'une dépêche et de la bande perforée correspondante.

La machine à perforer fit normalement 2.000 mots à l'heure. L'appareil ne fut pas adopté par le gouvernement hongrois, par la seule raison qu'il n'existe pas dans le pays deux bureaux ayant entre eux un trafic suffisant pour justifier l'installation d'un télégraphe aussi rapide.

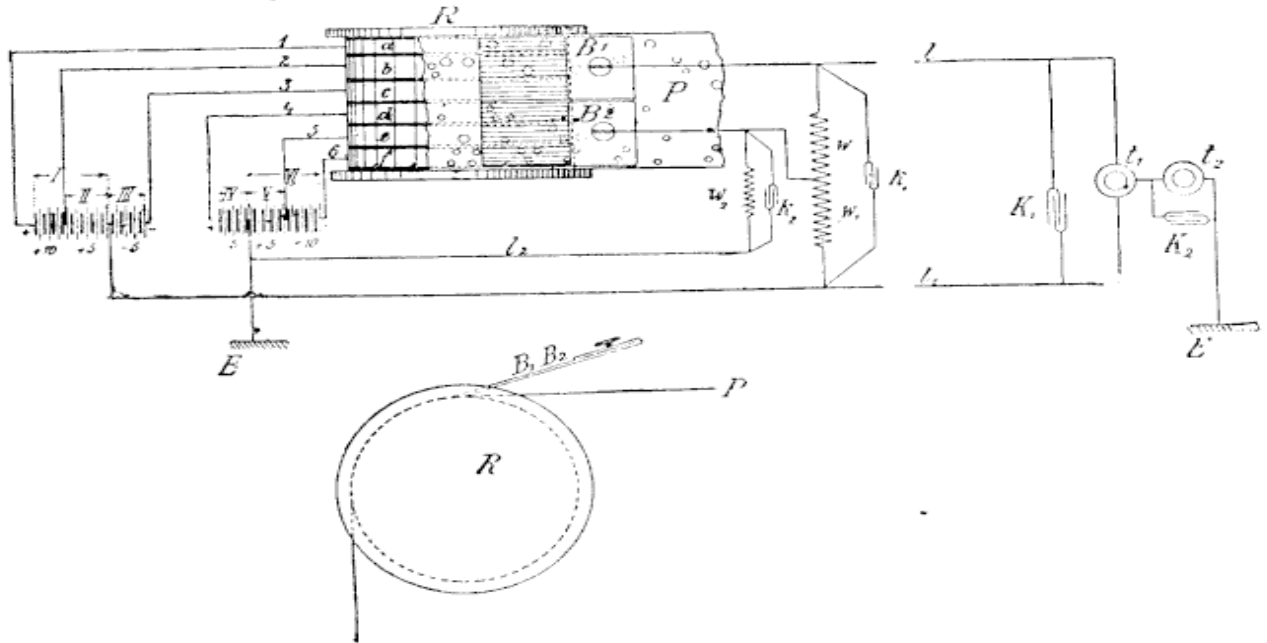


FIG. 111. — Télégraphe Pollak et Virag. Transmetteur.

La bande perforée, passant entre six bagues métalliques isolées les unes des autres et deux groupes de trois balais B_1 , B_2 , détermine l'envoi sur la ligne de nombreux courants d'intensités différentes.

En Allemagne, des essais ont été faits, du 24 février jusqu'au 14 mars 1903, sur deux lignes en fil de bronze (Berlin-Königsberg : 710 kilomètres). On obtint 40.000 mots à l'heure. Il n'y eut pas de trouble pour les lignes voisines, mais des troubles furent apportés aux transmissions téléphoniques par le Pollak et Virag.

Sur la seconde ligne de 600 kilomètres, l'écriture fut très nette, malgré que les autres fils télégraphiques,

soutenus par les mêmes poteaux, fussent en service. L'appareil fonctionna une fois pendant cinq minutes sans interruption et transmit une dépêche de 2.800 mots, dont

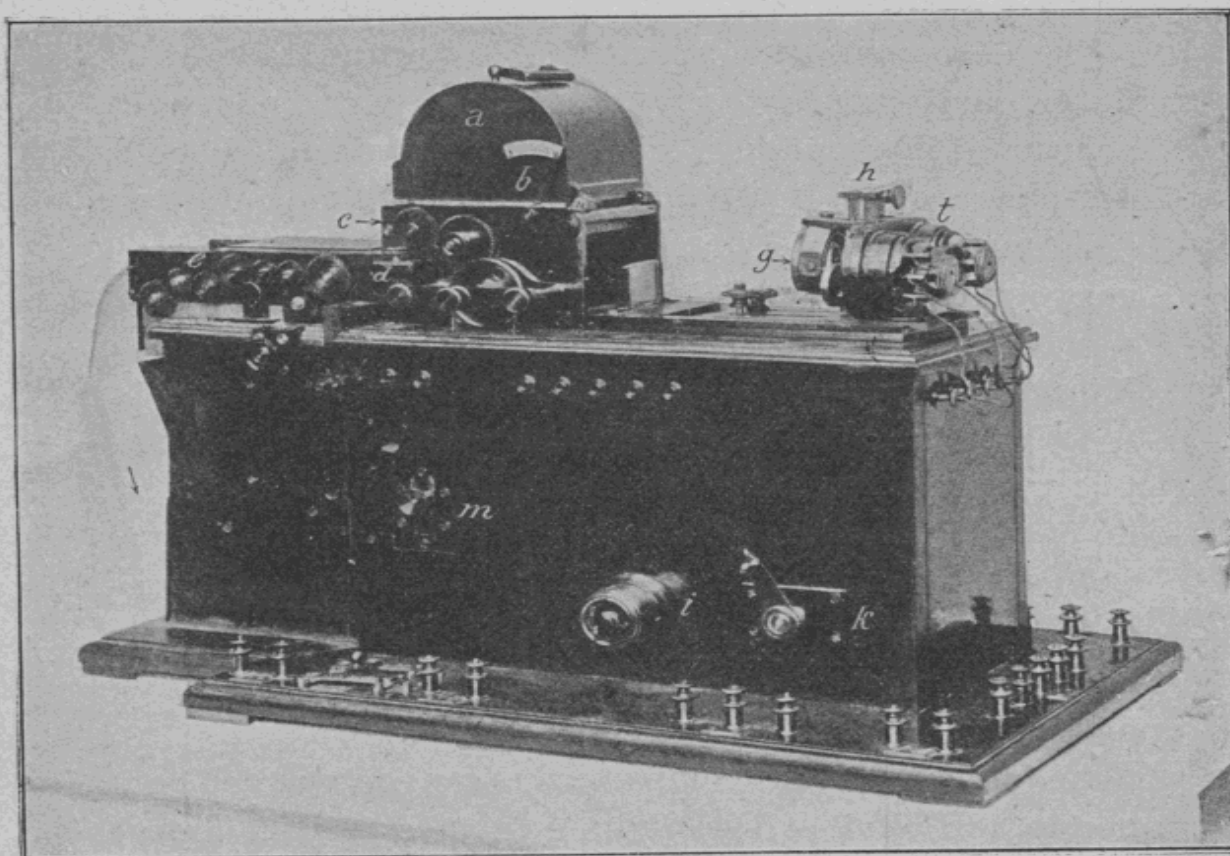


FIG. 112. — Télégraphe Pollak et Virag. Récepteur : vue d'ensemble.

Le mouvement du rayon réfléchi par le miroir que commandent les téléphones accouplés écrit la dépêche sur la feuille de papier photographique qui sort de l'appareil développée, séchée et coupée.

quelques rares endroits seulement étaient illisibles, ce qui doit être rapporté au moteur qui étant usagé tournait trop lentement. La vitesse atteignit 32.000 mots à l'heure. On ne constata pas d'induction dans les fils télégraphiques voisins.

En 1905, des essais faits entre Paris et Lyon, sur deux lignes de 522 kilomètres et 519 kilomètres, ont fourni 40.000 mots par heure, sans trouble sur aucune ligne voisine.

Ce télégraphe n'est pas utilisable sur une ligne en fil de fer, car les courants s'y produisent à la fréquence des courants téléphoniques, c'est-à-dire à raison de 300 à 400 par seconde. Il faut donc recourir au fil de cuivre ou de bronze silicieux. Par contre, il n'est pas nécessaire de se prémunir contre les phénomènes d'induction, les effets d'induction s'éliminant dans les téléphones du Pollak et Virag, par suite de la disposition même des circuits.

Le principal intérêt que présente ce nouveau télégraphe réside dans ce qu'indépendamment de l'économie de conducteur que son emploi assure, il comporte une réduction considérable de main-d'œuvre et de personnel. Le trafic qu'assurent les deux conducteurs nécessaires pour le service d'un télégraphe Pollak et Virag nécessiterait vingt fils avec des Hughes.

Le tableau suivant compare, au point de vue de l'économie, le Pollak et Virag aux systèmes précédemment étudiés :

Systèmes	Mots par heure	6.000 mots à l'heure exigent :					
		Lignes	Employés	Auxiliaires	Entretien		
					Lignes	Personnel	Totaux
Morse	500 à 2.000	20	40	6	120.000 f.	105.000 f.	225.000 f.
Hughes.....	1.000 à 1.200	10	20	6	60.000	57.000	117.000
Baudot.....	5.000 à 6.000	2	20	6	12.000	57.000	59.000
Pollak-Virag.	40.000 à 45.000	2	2	13	12.000	24.300	35.300

Comparaison des divers télégraphes. —

Nous réunissons, dans le tableau suivant, sous une forme abrégée, divers renseignements concernant l'état de la télégraphie en Europe, en 1905, qui permettent de se rendre compte comment les différents télégraphes sont répandus dans les divers pays :

	Morse	Parleur	Hughes	Wheatstone	Bandot	Divers	Nature des Lignes
Allemagne...	—	—	—	—	—	—	Fer galv. 3, 4, 5 et 6 ^{m/m} bronze
Angleterre...	—, 4	—	—, 2	—, 2	—	—	— cuivre durci
Autriche.....	—	—	—	—	—	Pollak-Virag	— 3 à 5 br. ph ^x . 3 à 4
Bade.....	—	—	—	—	—, 4	Estienne	— 3, 4 et 5
Bavière.....	—, 2	—	—, 2	—	—	—	— 4 à 5 br. 3
Belgique.....	—	—	—, 2	—	—	—	— 4, 5 br. ph. 1. 4 à 5
Danemark...	—	—	—	—	—	—	— 4, 5 acier 3 ^{m/m} br. 3
Espagne.....	—	—	—	—	—, 4	—	— 3, 4 à 5 br. sil. 2 à 3
France.....	—	—	—	—câble	—, 6	—	— 3 à 4 cuivre 2, 5 à 3 br. bi-métallique (acier-cuivre)
Hongrie.....	—	—	—, 2	—	—	—	Fer non g. br. sulf. et phos.
Italie.....	—	—	—	—	—, 4	Rowland	Fer galvanisé 3, 4 et 5
Norwège.....	—	—	—, 2, 4	—	—	—	— 3 à 5
Portugal.....	—, 2	—	—	—	—, 4	Bréguet	— 4 br. sil. 2, 3
Roumanie...	—	—	—	—	—	—	— 3, 4, 5 br. 3
Suède.....	—, 2, 4	—	—	—, 2, 4	—	—	— 4, 4, 5 cuivre 3
Suisse.....	—	—	—	—	—, 4	—	— 3, 5
Wurtemberg...	—	—	—	—	—	—	— 4, 5

Les chiffres placés à côté des traits indiquent que l'installation de l'appareil y existe en duplex, 2, quadruplex, 4,... Dans les colonnes relatives aux lignes, les chiffres indiquent les diamètres des fils en millimètres.

CHAPITRE II

La Téléphotographie

Les procédés de transport de l'image photographique à distance, cherchés depuis près de trente ans, sans succès pratique, viennent de s'enrichir de trois ou quatre dispositifs nouveaux dont certains semblent pouvoir constituer des télégraphes extra rapides. C'est d'abord le téléphotographe de M. Korn qui, après tant d'autres, utilise la curieuse propriété du sélénium de graduer sa résistance sur son éclairement et en fait une si judicieuse application que les caprices que cette substance présente dans les variations de résistance que l'éclairement lui fait subir paraissent définitivement annulés. Ce ne sont plus, en effet, des essais faits en laboratoire qui viennent assurer le succès du dispositif de M. Korn, mais des expériences répétées dans les conditions même de la pratique courante et dont le résultat est tel qu'un grand journal, *l'Illustration*, tente l'application du procédé de M. Korn, au service de la Presse. C'est encore le télé-autographe de M. Carbonelle qui, rajeunissant le pantélégraphe de Caselli et, le faisant profiter des progrès

énormes qu'a fait depuis la technique du synchronisme, assure avec rapidité et sans se servir du sélénium, le transport de l'image à distance et du même coup promet, en appliquant son appareil à la télégraphie, de doubler la rapidité déjà si étonnante du télégraphe Pollak et Virag. Ce sont, enfin, trois autres téléphotographes : le téléstéréographe Belin, le phototélégraphe Berjonneau et le téléphotographe Senlecq-Tival qui, sans le secours du sélénium et par des procédés aussi ingénieux les uns que les autres, résolvent le problème de telle manière qu'il semble bien, d'après tous les résultats acquis, que la photographie est sur le point de conquérir le domaine télégraphique, et que si la reproduction à distance d'une image animée est encore à trouver, du moins, celle d'un cliché photographique est définitivement entrée dans le domaine pratique.

Exposons brièvement l'économie de ces divers téléphotographes en nous arrêtant un instant à ceux qui ont déjà été l'objet d'expériences à grande distance et qui paraissent pouvoir être appliqués comme télégraphes extra rapides.

Téléphotographe de M. Korn. —

La partie essentielle est une cellule de sélénium dont M. Korn paraît avoir, enfin, vaincu la décevante inertie. Sur une petite plaquette à faces légè-

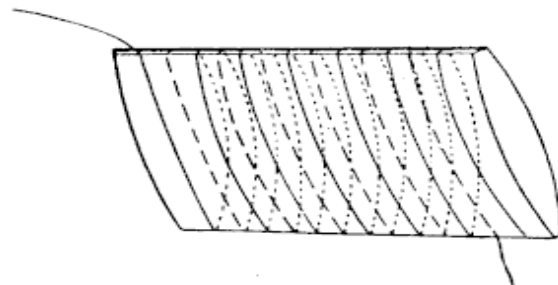


FIG. 113. — Cellule de sélénium du téléphotographe de M. Korn.

Deux fils de cuivre ou de platine enroulés parallèlement sont recouverts de sélénium. L'éclairement double la conductibilité de la cellule qui mesure 20 cmq.

rement bombées deux fils fins de cuivre ou de platine sont enroulés parallèlement très près l'un de l'autre, mais sans contact (*fig.* 113). La plaquette est ensuite enduite de sélénium, par un tour de main gardé secret, qui permet d'obtenir une conductibilité qui varie du simple au double, quand on passe de l'obscurité à la lumière. La surface d'une cellule est de 15^{cm^2} à 20^{cm^2} .

La reproduction photographique se fait élément par élément. Une pellicule photographique transparente porte l'image à transmettre. Elle est enroulée sur un cylindre de verre animé d'un mouvement de rotation lent et uniforme ; de plus, le cylindre monte ou descend en tournant, porté qu'il est par une vis micrométrique.

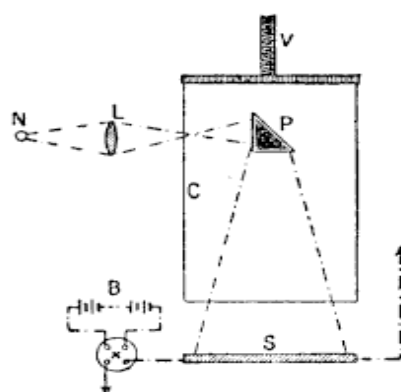


FIG. 114. — Schéma du transmetteur Korn.

La pellicule photographique transparente à transmettre est enroulée sur le cylindre de verre C. Un faisceau de lumière issu de N est envoyé sur la cellule de sélénium S après avoir traversé une région de la pellicule photographique. La rotation hélicoïdale du cylindre C permet au faisceau de lumière de balayer toute la surface de la photographie à transmettre.

envoyé sur la ligne et qui doit traverser la cellule de sélénium éprouvera donc des variations différentes suivant la résistance de la cellule, c'est-à-dire suivant

La figure 113 montre comment un faisceau de lumière est concentré sur le cylindre, en balaie tous les éléments et est reçu par la cellule de sélénium après avoir traversé la pellicule et avoir été plus ou moins absorbé par elle, suivant le degré de transparence du point frappé. L'intensité d'un courant en-

son degré d'éclairement qui dépend de l'opacité de la pellicule photographique au point frappé.

Voici comment ce phénomène est utilisé à la reproduction de l'image à distance.

Le récepteur de M. Korn se compose d'un moteur M' (*fig. 115*) tournant en synchronisme avec le moteur M du cylindre de verre du transmetteur.

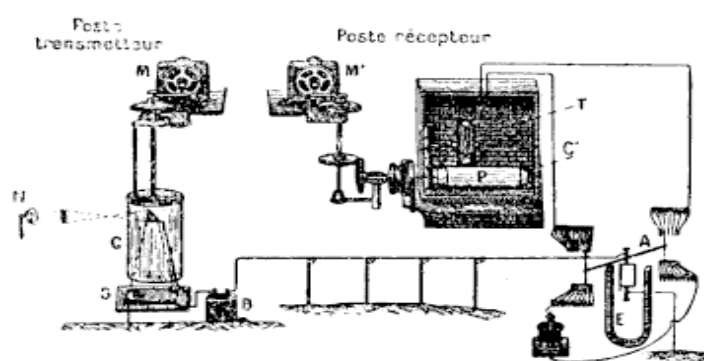


FIG. 115. — Dispositif téléphotographique de M. Korn.

Alors que le faisceau de lumière du poste transmetteur balaie d'un mouvement hélicoïdal la pellicule photographique à transmettre, au récepteur un faisceau lumineux balaie d'un mouvement hélicoïdal synchrone la surface d'un cylindre porteur d'un papier photographique. L'éclairage du récepteur est gradué sur les variations de résistance du sélénium.

Ce moteur M' imprime, dès lors, à un tambour P , un mouvement de rotation synchrone de celui dont est animé le cylindre de verre du transmetteur. Le cylindre P n'est pas animé d'un mouvement suivant son axe. C'est une source de lumière placée en T qui se transporte d'un mouvement de translation parallèle à l'axe du cylindre récepteur. Quoi qu'il en soit, alors que le faisceau de lumière du poste transmetteur balaie d'un mouvement hélicoïdal toute la surface du cylindre de verre portant la pellicule, au récepteur un faisceau de lumière balaie d'un mouvement hélicoïdal synchrone la surface du

cylindre récepteur P, lequel porte une feuille de papier ou une pellicule photographique sensible.

Comment l'éclairage de la lampe électrique du récepteur est-il gradué sur les variations de résistance du sélénium ? C'est ici que le dispositif de M. Korn présente une originalité vraiment nouvelle. Le courant est reçu, à l'arrivée, dans le cadre mobile d'un galvanomètre sensible (type des galvanomètres à cadre mobile) dont le système mobile est muni d'un index très léger en verre portant à ses extrémités deux petits bouts de fil métallique parallèles à l'axe de rotation du cadre. Lorsque l'aiguille de verre de ce galvanomètre se déplace, chaque petit bout de fil se meut en regard d'une paire de collecteurs formés de lames de cuivre isolées par des feuilles de mica. Entre chaque lame de cuivre se trouve insérées des résistances graduées et qui se placent ainsi sur le circuit du courant local qui entretient la lampe. Afin que le galvanomètre conserve sa sensibilité et traduise bien, par des déplacements notables de son aiguille, les variations de résistance de la cellule de sélénium, il est essentiel que l'organe mobile ne frotte aucunement sur les plots du rhéostat d'un nouveau genre, imaginé par M. Korn. Très ingénieusement, M. Korn utilise les courants de haute fréquence pour alimenter la lampe. Ces courants s'accommodent d'un circuit présentant quelque solution de continuité. Comme ici, d'ailleurs, ces solutions de continuité n'intéressent que des fractions de millimètre, les courants de haute fréquence passent, sans dérivation perturbatrice, sous forme de deux petites étincelles, d'un plot du rhéostat inférieur au fil

porté par l'aiguille de verre du galvanomètre, puis de ce fil au plot correspondant du rhéostat supérieur et cela pour chaque paire de collecteur. La figure 116 montre nettement comment le courant de haute fréquence est engendré et mené à la lampe réceptrice par l'intermédiaire de l'aiguille du galvanomètre qui gradue les résistances interposées. Ces résistances varient de quelques ohms à 300.000^Ω ou 400.000^Ω. Elles doivent être dépourvues de self-induction et de capacité. Aussi M. Korn les a-t-il constitués par des rubans ondulés en constantan présentant des résistances allant jusqu'à 600^Ω par mètre. Ces rubans sont enroulés sur des feuilles de mica, afin que la surface embrassée par les spires soit pratiquement nulle.

Tel quel, le dispositif Korn permet d'exécuter des expériences de laboratoire, mais ne put constituer un dispositif vraiment pratique. L'inertie du sélénium, l'échauffement graduel de la cellule par les courants qui

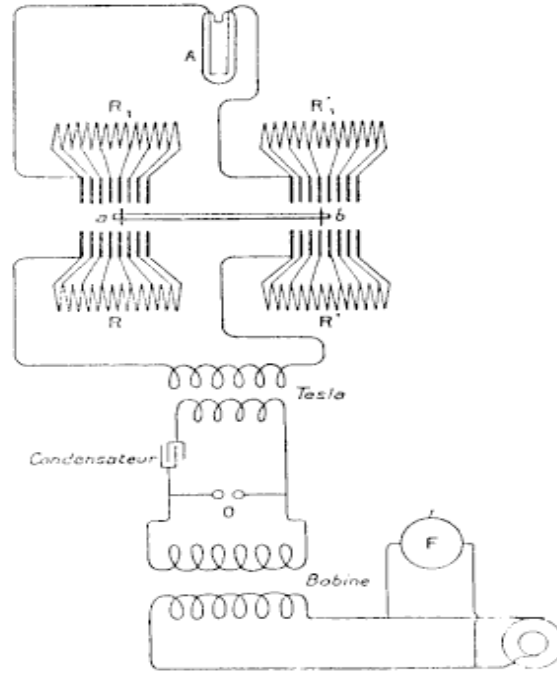


FIG. 116. — L'éclairage du récepteur Korn par une lampe A à courants de haute fréquence est gradué sur la résistance de la cellule de sélénium, c'est-à-dire sur l'intensité du courant qui parcourt la ligne. A cet effet, l'aiguille *a b* d'un galvanomètre placé sur la ligne fait varier, en se déplaçant, la résistance du circuit de la lampe à courants de haute fréquence. Ce procédé permet d'utiliser un rhéostat *R R', R' R'*, dont la manette *a b* est sans frottement.

la parcourent et aussi les modifications que subissent les ampoules cathodiques servant à éclairer le récepteur constituent autant de causes qui s'opposent à un fonctionnement convenable du dispositif pendant des séances un peu longues.

Compensation de l'inertie du sélénium. —

La conductibilité du sélénium soumis à l'action de la lumière dépend non seulement de l'éclairement actuel, mais de l'éclairement antérieur. Pour s'affranchir des actions antérieures susceptibles de produire un trainage du galvanomètre et plus généralement de l'organe sensible aux variations de résistance du sélénium, M. Korn imagina d'utiliser deux cellules de sélénium et de les associer de manière que les actions antérieures soient égales et s'opposent. Comme dans ce cas, le galvanomètre mesure la différence des variations de résistance des deux cellules, il doit être choisi extrêmement sensible. L'ingénieux professeur fit choix du galvanomètre à corde. Deux fils très fins, parallèles, disposés dans un champ magnétique, sont parcourus dans la même direction par le courant, leur déviation sont donc de même sens. Ce dispositif est très sensible, d'indications très rapides, il a permis, de plus, d'abandonner complètement l'usage des courants de haute fréquence au récepteur. Une lamelle d'aluminium disposée sur les deux fils, en leur milieu, joue le rôle d'obturateur, et suivant le degré d'inclinaison des fils, intercepte plus ou moins un faisceau lumineux concentré sur la pellicule sensible du cylindre récepteur. On donne, à l'obturateur, une forme telle que la quantité de lumière interceptée

suivre une loi déterminée à l'avance, de manière à parfaire la compensation.

Le nouveau dispositif est représenté par la figure 117 et le schéma des connexions est donné au-dessous (*fig. 117, a*). Au transmetteur rien n'est changé. Au récepteur le courant traverse deux galvanomètres à

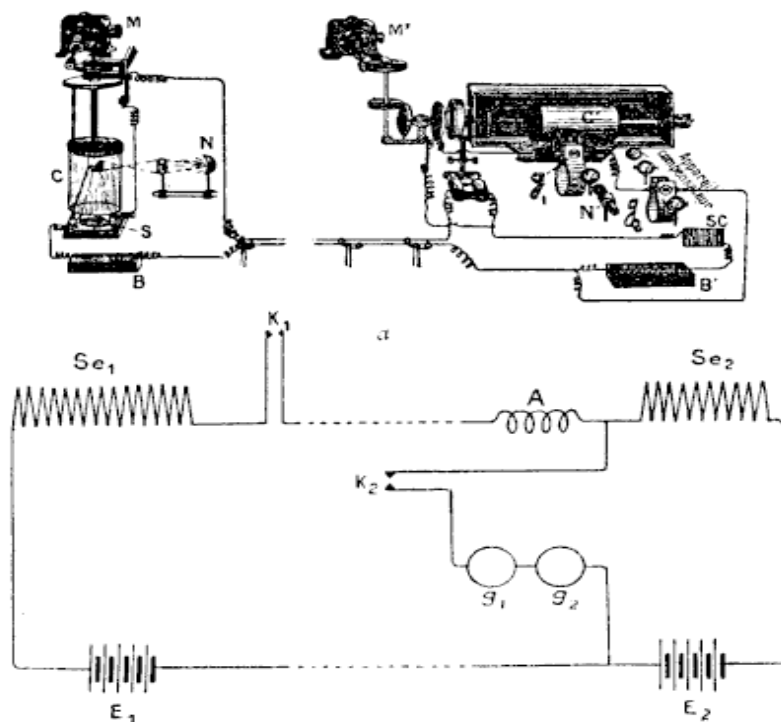


FIG. 117. — Nouveau dispositif téléphotographique Korn avec compensation de l'inertie du sélénium.

(a) Vue d'ensemble;
(b) Schéma des connexions.

Pour s'affranchir de l'influence des actions antérieures (inertie du sélénium) deux cellules Se_1 , Se_2 sont associées de manière à opposer leur inertie. Le galvanomètre à corde g_1 , déplace plus ou moins un obturateur placé sur le trajet du faisceau destiné au papier récepteur. Le galvanomètre g_2 agit de même sur un faisceau frappant la cellule de sélénium Se_2 de compensation : g_2 et Se_2 constituent les organes de compensation.

corde g_1 , g_2 , disposés en série, et la seconde cellule de sélénium Se_2 . Les cordes du galvanomètre g_1 portent un obturateur d'aluminium qui intercepte plus ou

moins le faisceau envoyé par la lampe Nernst N' (*fig.* 116) sur la pellicule ou le papier sensible du cylindre récepteur. L'obturateur que portent les cordes du galvanomètre g_2 intercepte un faisceau lumineux envoyé sur la cellule de compensation Sc . Ce galvanomètre g_2 , associé à la cellule Sc_2 constitue donc le dispositif de compensation. Dans ce dispositif, les deux cellules de sélénium et les deux batteries de pile de force électromotrice identiques, forment les quatre côtés d'un losange dont les galvanomètres relient deux sommets et sont disposés sur le pont. Si l'on fait abstraction des autres résistances du circuit, négligeables devant celles r_1 et r_2 des deux cellules, on voit qu'aucun courant ne traversera le pont si $r_1 = r_2$. Au contraire, si $r_1 \neq r_2$ l'intensité du courant qui traverse le pont est proportionnelle à la différence des conductibilités des cellules $\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}$.

Synchronisme. — Le synchronisme des deux moteurs M et M' est assuré par le procédé qui consiste à donner à l'un d'eux M' une très légère avance sur l'autre et à provoquer son arrêt à chaque tour, la remise en marche étant commandée par le moteur M au moment où il vient d'achever une rotation complète. Le synchronisme se trouve ainsi restauré au début de chaque rotation et les retards ne peuvent s'accumuler.

Les interrupteurs k_1 et k_2 sont destinés à permettre le jeu du synchronisme sans inconvénient pour les galvanomètres. k_1 s'ouvre à chaque tour par le jeu d'une came, pendant un instant très court, pendant lequel le synchronisme se rétablit. Au moment où k_1 s'ouvre

l'armature de l'électro de correction est libérée et le tambour C' est libéré. La clef k_2 s'ouvre pendant la correction pour éviter que le courant de correction ne détériore les galvanomètres.

Grâce à la compensation, le dispositif de M. Korn semble vraiment pratique. La durée de reproduction d'une épreuve $13^{\text{cm}} \times 24^{\text{cm}}$ est de 12 minutes, mais peut être abaissée à 6 minutes. Dans ces conditions l'appareil ne paraît pas susceptible de jouer le rôle de télégraphe extra rapide, même si l'on utilisait au départ la photographie réduite d'un grand nombre de télégrammes disposés côte à côte sur un tableau et à l'arrivée l'agrandissement du cliché transmis, toutes opérations qui accroîtraient la durée de transmission. Par contre, il semble propre à être utilisé avec avantage par la presse illustrée, pour permettre la transmission télégraphique des photographies des scènes intéressantes du jour.

Télautographe de M. Carbonelle. — Dans le télautographe de M. Carbonelle il n'est plus question de sélénium. C'est le principe déjà ancien du pantélégraphe Caselli qui, vers 1860, eut son heure de célébrité, que M. Carbonelle a repris, en y adaptant tous les progrès de la technique actuelle, en fait de synchronisme et d'enregistrement de courants. De telle sorte que l'inventeur est parvenu à faire de l'ancien pantélégraphe, aux mouvements si lents qu'il réclamait plusieurs minutes pour reproduire une signature, un appareil tellement rapide, qu'il laisse derrière lui le télégraphe Pollak et Virag lui-même, dont il doublerait le rendement.

11. — Télégraphie.

Le téléautographe de M. Carbonelle donne du cliché à transmettre (qui peut être un cliché photographique aux sels métalliques, au charbon, à la gélatine bichromatée, une image tramée ou striée, une feuille d'étain sur laquelle on a imprimé ou écrit la dépêche à transmettre) un cliché typographique immédiatement gravé et qui permet, au besoin, de reproduire à distance l'original en milliers d'exemplaires.

Au transmetteur une pointe en communication avec la ligne télégraphique s'appuie sur un cylindre métal-

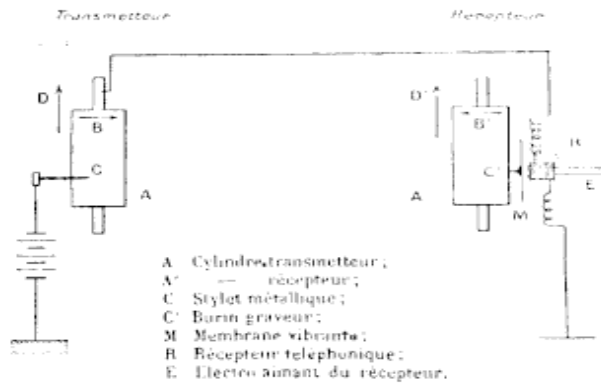


FIG. 118. — Schéma du téléautographe de M. Carbonelle.

Deux cylindres sont animés de mouvements synchrones. Sur le transmetteur est disposée une pellicule photographique que le stylet transmetteur C balaie. Au récepteur, un téléphone porte une membrane M munie d'un burin graveur qui grave la surface du cylindre récepteur chaque fois que le courant cesse de passer sur la ligne. Cette interruption se produit au départ, par l'interception d'une partie non conductrice du cliché entre le stylet et le cylindre.

Le récepteur comprend un cylindre recouvert d'une feuille d'une substance plastique ou d'un métal mou comme le plomb, le régule ou encore de quelques feuilles de papier carbone séparées par des feuilles de papier blanc.

Un téléphone, dont la membrane porte une pointe

lique relié au pôle d'une pile, dont l'autre pôle est à la terre (*fig. 118*). La pointe se déplace par rapport à la surface du cylindre, en traçant une hélice à pas serré. Le cylindre supporte le dessin, le télégramme ou le cliché photographique à transmettre.

Le récepteur com-

d'acier, est disposé au voisinage du cylindre et de telle sorte que la pointe appuie sur le cylindre. Le déplacement du cylindre récepteur, par rapport à la pointe d'acier du téléphone, est synchrone de celui du style, par rapport au cylindre transmetteur.

Un contact se produit-il entre le style du transmetteur et son cylindre, un courant traverse le téléphone, la membrane est attirée et la pointe burin n'appuie plus sur le cylindre récepteur. Lorsqu'au transmetteur le style passe sur une région isolante du cliché ou de l'image à transmettre, la membrane du téléphone n'est plus attirée et presse la pointe burin sur le cylindre.

On obtient, suivant la nature du burin employé et de la surface du cylindre récepteur, soit une gravure du dessin, soit une reproduction en noir sur blanc, à un nombre d'exemplaire égal au nombre de feuilles de papier carbone interposées.

On peut se servir de la feuille gravée elle-même pour un fort tirage, en prenant un métal plus dur que le plomb : le zinc, le cuivre, par exemple. M. Carbonelle a pu, non seulement graver des feuilles de zinc ou de cuivre, mais même la surface de fonte dure du cylindre récepteur ; aussi, se croit-il fondé à admettre la possibilité de la gravure directe sur acier, en employant comme burin une pointe de diamant. Dans ce cas, d'ailleurs, on peut envoyer un courant plus intense dans le téléphone en se servant de l'intermédiaire d'un relais.

L'appareil permet de reproduire les dégradés ou demi-teintes. L'inventeur qui garde à ce sujet une réserve très compréhensible indique quelques principes spéciaux per-

mettant la reproduction des dégradés. Par réticulation spéciale des gommes ou gélatines bichromatées, le support reste couvert de points ou de taches de gomme ou de gélatine bichromatée de dimensions relatives et proportionnelles aux ombres et aux noirs du sujet photographié. Un autre procédé consiste à former une couche de gélatine uniforme, au sein de laquelle les quantités de métal réduit rendent les différents points de la couche plus ou moins conducteurs.

D'après des essais officiels faits le 1^{er} mars 1907, sur la ligne Bruxelles-Anvers et retour (90 kilom.) une photographie $9^m \times 18^m$ peut être transmise en 80 secondes, vitesse bien supérieure (six à huit fois plus grande, toutes choses égales, d'ailleurs) à celle obtenue par M. Korn. Pour la transmission téléphotographique des télégrammes, M. Carbonelle estime obtenir, par réduction de l'original, une vitesse de 500.000 lettres à l'heure, soit 90.000 mots, c'est-à-dire une vitesse double de celle réalisée dans les cas les plus favorables, avec l'appareil Pollak et Virag.

Télestéréographe de M. Belin. — Mettant à profit les creux et reliefs que présente un cliché photographique tiré à la gélatine bichromatée, M. Belin amplifie par un simple levier les mouvements d'une pointe de saphir qui balaie le cliché disposé comme toujours sur un cylindre. L'extrémité du levier (*fig. 119*) balaie, dans ses déplacements amplifiés, les divers plots d'un rhéostat formé de vingt lames d'argent isolées au mica. La longueur totale des vingt plots est de $3^m/m 5$. Les résistances interposées entre chaque lame

sont telles que le courant décroît régulièrement à mesure qu'elles sont intercalées sur le circuit.

Le poste récepteur n'est autre qu'un galvanomètre à miroir très sensible (galvanomètre de l'oscillographe de M. Blondel). Ce miroir dirige le faisceau issu d'une source *s* et qu'y concentre une lentille *l* sur une lentille *L* qui concentre le faisceau reçu, en *T*, petit orifice d'une chambre noire, contre lequel se déroule le cylindre récepteur d'un mouvement hélicoïdal synchrone du transmetteur. Ce cylindre récepteur est recouvert d'une pellicule ou d'un papier sensible. La lentille est choisie de manière que le miroir de l'oscillographe et l'orifice de la chambre noire *T* sont deux points conjugués. Tout faisceau parti du miroir de l'oscillographe est concentré sur l'orifice de la chambre noire, c'est-à-dire sur un point de la pellicule d'arrivée.

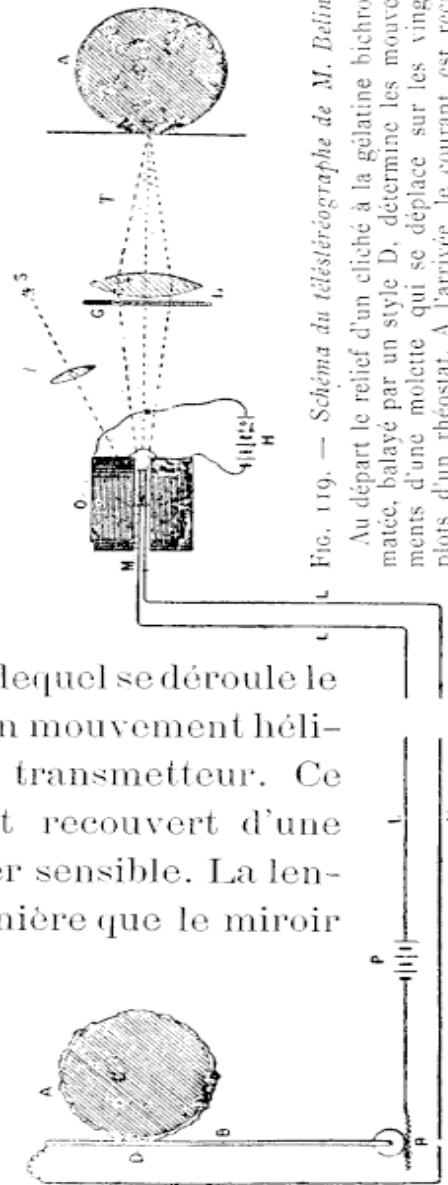


FIG. 119. — Schéma du téléstérographe de M. Delin.

Au départ le relief d'un cliché à la gélatine bichromatée, balayé par un style *D*, détermine les mouvements d'une molette qui se déplace sur les vingt plots d'un rhéostat. A l'arrivée, le courant est reçu dans un galvanomètre d'oscillographe Blondel dont le miroir occupe l'un des points conjugués d'une lentille

dont l'autre point conjugué est à l'orifice d'une chambre noire contenant le cylindre récepteur. Le miroir envoie un faisceau qui doit traverser un écran à vingt nuances dégradées du noir au clair, écran appuyé contre la lentille et que le faisceau frappe en un point d'autant plus éloigné de la page claire que le courant envoyé est plus intense.

Tout contre la lentille L un écran transparent de même largeur présente vingt régions contiguës de transparences graduées (*fig. 120*). Le faisceau lumineux

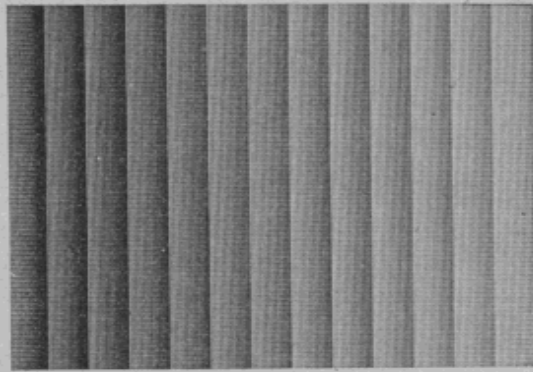


FIG. 120.

Ecran formant la gamme des teintes dans le récepteur du téléstéréographe de M. Belin.

balaie ces vingt régions et passe de l'une à l'autre lorsque, au départ, le levier amplificateur du rhéostat passe d'un plot d'argent à l'autre.

Lorsqu'il s'agit de transmettre, non plus des clichés à demi-teintes, mais des documents au trait, écriture, dessins,

etc..., on peut simplifier les choses. Au départ, le courant est émis à chaque relief seulement du dessin ou à chaque passage du style sur la région écrite ou inversement. A l'arrivée, le faisceau lumineux dirigé à travers en diaphragme sur l'orifice T se trouve dévié et n'insole plus le papier récepteur à l'arrivée du courant. On peut, d'ailleurs, à volonté, disposer les choses à l'inverse; on obtient alors, soit un positif, soit un négatif du dessin reçu.

M. Belin a pu transmettre sur un circuit téléphonique de 1.700 kilomètres une photographie $13^{\text{cm}} \times 18^{\text{cm}}$ et a obtenu une épreuve formée d'environ 850.000 points en trente minutes.

Plus récemment M. Belin a utilisé le fait que les reliefs d'une photographie sur papier carbone sont proportionnels aux intensités des teintes de cette photographie

pour la transmettre à distance par son procédé, utilisant au récepteur l'écran aux transparences graduées.

Il va sans dire que si le principe du procédé de M. Belin est des plus simples, sa mise au point a demandé une très grande habileté et un travail énorme. Les derniers essais, faits sur une ligne de 1.200 kilomètres, ont donné des résultats très satisfaisants; les reproductions sont, paraît-il, beaucoup plus fines que celles que donne l'appareil de M. Korn.

Le phototélégraphe de M. Berjonneau. —

Ce dispositif très simple ne permet que le transport d'une photogravure qui, on le sait, est constituée par un groupement de points plus ou moins rapprochés les uns des autres, pour figurer les parties sombres et claires de la photographie. Il nécessite donc la confection préalable d'une photogravure de l'image à transmettre. Cette photogravure disposée à la surface du cylindre C (*fig. 121*) détermine, au moyen d'un style de platine P et à la manière dont cela est réalisé dans le téléautographe de M. Carbonelle, l'envoi de courant sur la ligne.

Suivant qu'un point ou une partie non pointillée du cliché passe sous le style, un courant est ou non émis sur la ligne. Ce courant reçu par l'électro E R actionne une armature G, qui ferme un circuit local, lequel actionne, par l'électro K, un obturateur qui démasque l'ouverture S d'une chambre noire, ouverture derrière laquelle, comme dans le récepteur de M. Belin, se déplace le cylindre récepteur. Chaque fois qu'un point de la photogravure passe sous le style transmetteur, l'obturateur se démasque un instant et la source de lumière V, par la

lentille T, frappe le papier récepteur comme une pointe car, à chaque point, la durée du mouvement de l'obturateur est très brève.

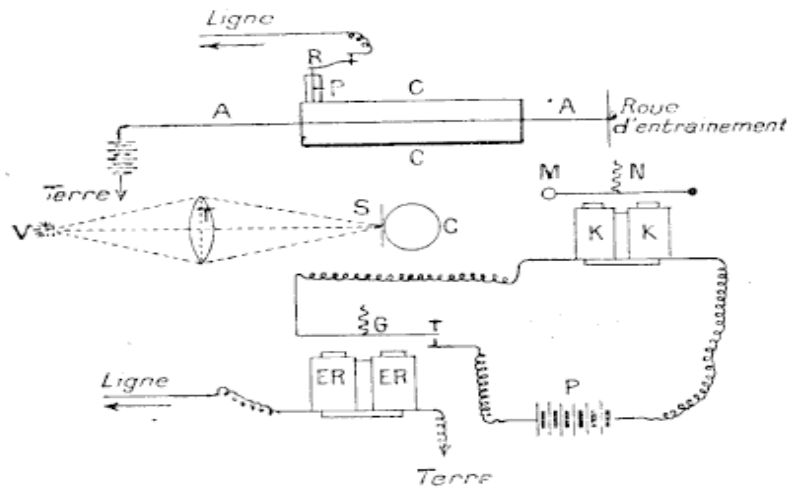


FIG. 121. — Schéma du phototélégraphe Berjonneau.

Le cliché à transmettre est une photogravure. Le style transmetteur envoie un courant sur la ligne chaque fois qu'il passe sur l'un des pointillés de la photogravure. À l'arrivée le courant démasque, pendant un court instant, un obturateur qui permet à un faisceau lumineux de frapper comme une pointe le papier sensible.

L'appareil de M. Berjonneau se prête également à la transmission de dessins ou même de l'écriture tracée à l'aide d'une encre isolante sur un papier conducteur. Il n'a d'ailleurs été, jusqu'à présent, l'objet que d'expériences d'essais.

Phototélégraphe de MM. Senlecq et Tival.

— Dans ce dispositif (*fig. 122*) le transmetteur ne diffère pas du transmetteur du téléautographe de M. Carbonelle ou de celui de M. Belin. Quant au récepteur, il emploie le galvanomètre à corde déjà utilisé par M. Korn et qui, ici, actionne, au moyen d'un levier amplificateur, une mince lamelle de verre analogue à

celle qui joue le rôle de gamme des teintes dans l'appareil de M. Belin. La partie originale du dispositif consiste en ce que les variations d'intensité du courant émis ne sont pas directement utilisés au transmetteur,

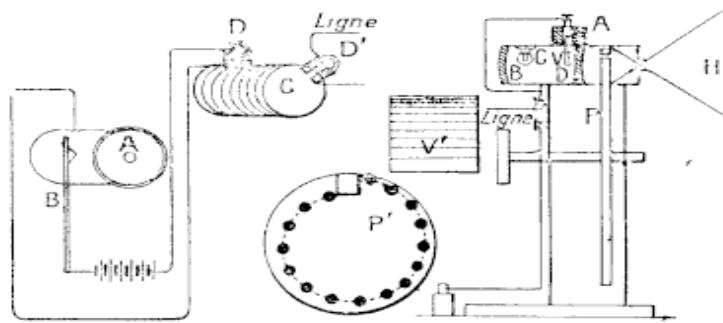


FIG. 122. — Schéma du phototélégraphe de MM. Senlecq et Tival.

Un cylindre transmetteur A porte la photographie à la gélatine métallisée à transmettre. Les courants émis, reçus dans l'électro D, donnent sur le ruban magnétique du cylindre C une image magnétique du cliché qui, en passant sous l'électro D', détermine, sur la ligne, des variations de courants. À l'arrivée, le courant est reçu par un galvanomètre à corde qui actionne et déplace une lamelle à régions variant du noir au clair, laquelle se déplace sur le trajet du faisceau lumineux frappant le cylindre récepteur.

mais servent, comme dans le télégraphone de M. Poulsen, à impressionner un cylindre d'acier qui se trouve ainsi dépositaire d'une sorte d'image magnétique du cliché à transmettre. Le déplacement du ruban cylindrique aimanté devant un électro-aimant envoie dans le galvanomètre des courants variables. La lamelle à teintes dégradées obéissant aux variations du galvanomètre se laisse traverser par un faisceau de lumière en des points plus ou moins transparents, suivant l'impression magnétique plus ou moins intense déposée sur le ruban d'acier qui, elle-même, correspond à une partie plus ou moins ombrée du cliché à transmettre.

L'usage d'une semblable transmission en deux temps

permettrait d'accroître la rapidité de la transmission téléphotographique.

On peut non seulement impressionner une pellicule photographique et reproduire l'image originale, mais étant donnée la rapidité de la transmission, en recevant sur un écran les rayons qui traversent la lamelle, apercevoir directement sur un écran, sinon toute l'image transmise, du moins les diverses parties successives, cela sans être obligé de reproduire l'épreuve photographique. Le dispositif de MM. Senlecq et Tival se présenterait donc comme un essai de téléphotie.

Toutefois, ce dispositif très ingénieusement combiné, mais qui paraît fort délicat, n'a pas encore été, à notre connaissance du moins, l'objet d'essais faits dans les conditions qu'impose la pratique.

L'Electrotypographe.. — Nous devons, pour terminer cette étude, rappeler le problème que résoud l'électrotypographe, appareil que nous avons décrit, en détails, dans une étude sur l'Imprimerie (1) et qui, par certains côtés, doit être rapprochée des télégraphes. Cet appareil permet la composition typographique, qu'il réalise en caractères mobiles fondus et rangés en ligne justifiée, avec un soin tel que, même les travaux en conscience peuvent être faits au moyen de cette nouvelle machine à composer.

L'électrotypographe comporte deux parties dis-

(1) Voir *Revue générale des Sciences*, 30 octobre et 15 novembre 1907 et aussi: *De la Presse à bras à la Linotype et à l'Electrotypographe, Esquisse de l'Histoire technique et sociale de l'Imprimerie*, L. MARETHEUX, Paris 1908 et chez l'auteur.

tinctes : une machine à composer qui, par la mise en action des divers leviers d'une machine à écrire fournit une bande perforée, véritable épreuve avant la fonte qui joue, en quelque sorte, le rôle de cliché et permet, sans nouvelle composition, de proportionner les tirages aux demandes ; une machine à fondre le caractère qui, par le passage de la bande perforée, fournit la composition justifiée et prête à l'impression. L'électrotypographe intéresse le télégraphiste, en ce qu'il est possible, au moyen d'un dispositif analogue à celui du télégraphe Baudot, de transmettre télégraphiquement la bande perforée. Une bande unique, composée à la machine à écrire, pourra donc être reproduite à distance et fournir ainsi, par télégraphe, une bande identique qui, disposée sur une machine à fondre, fournira immédiatement le texte composé prêt à être mis sous presse.

Ainsi, un article de journal expédié de Paris sous cette forme sera reproduit prêt à être imprimé dans différentes villes à Bordeaux, à Lyon, à Marseille..... C'est la possibilité, pour les grands journaux, d'avoir des éditions de province, sans majoration de frais et sans retards ; c'est une profonde modification, par suite, dans les procédés actuels du journal.

Conclusions. — En terminant le programme que nous nous étions tracé pour cette étude, nous attirerons l'attention sur le progrès continu qu'ont fait les pacifiques ouvriers de l'intercommunication, à tous les degrés, répondant aux exigences que le développement social détermine en même temps qu'il se produit et dans la mesure même où il s'impose. Nous signalons

aussi la place importante et brillante que tient à ce point de vue l'Administration française. Bien qu'il soit dans notre tempérament de Français de critiquer surtout les nôtres, nous ne les déprécions pas et nous avons raison. Les étrangers savent reconnaître les mérites de notre Administration des télégraphes qui, quoi qu'on en dise, progresse avec prudence. Et ce n'est pas sans plaisir qu'il y a quelques années nous l'entendions louer par un notable administrateur anglais, et que nous apprenions en quelle estime nos voisins allemands la tiennent. En signalant les progrès de cette importante application de l'électricité qu'est la télégraphie, en marquant son état actuel, ses espoirs et les voies nouvelles qui lui sont ouvertes, nous tenons à signaler le rôle important que la Science et l'Administration française ont su y tenir avec les Vaschy et les Baudot et aussi avec le secours d'un personnel d'élite auquel bien souvent les administrations étrangères et, en particulier les Compagnies de câbles, ont recours, personnel dont on ne saurait suspecter, dans aucun des degrés de la hiérarchie, la bonne volonté digne et intelligente.

TABLE DES FIGURES

Fig.		Pages
1	Télégraphe Bréguet: Manipulateur.....	23
2	— — Récepteur	24
3	Télégraphe Morse: Manipulateur	26
4	Récepteur Morse: Organe essentiel	27
5	— — Vue d'ensemble.....	27
6	— — dispositif d'encrage	28
7	— — mouvement d'horlogerie	28
8	— — barillet et croix de Malte	29
9	— — régulateur	29
10	Télégraphe Morse: Schéma des connexions.....	30
11	Parleur Morse	31
12	Relais télégraphique: dispositif de translation.....	32
13	Télégraphie militaire: Borne Combette.....	35
14	— Morse de campagne, ancien modèle.....	35
15	— — — déroulement du papier... ..	35
16	— — — cantine	36
17	— — — modèle 1898. Manipulateur	36
18	— — — — Récepteur... ..	36
19	— — — — boîte de l'appareil	37
20	— — — — —	37
21	— — — Parleur ronfleur	37
22	Télégraphie militaire: Isolateurs.....	38
23	— — Crampons	38
24	— — Chariot léger	39
25	— — Cadre à dérouler	39
26	— — Commutateur de ligne	39
27	Principe de la Télégraphie optique.....	40
28	Télégraphie optique. Appareil de 10.....	41
29	— — Appareil de 60.....	41
30	Courbe du courant à l'arrivée.....	43
31	— — cas d'un signal télégraphique	45
32	— — influence de la self induction....	46

Fig.	Pages
33 Courbe du courant: Transmission d'une série de points	47
34 — — — — — de traits.	48
35 Courants de compensation (Godfroy)	49
36 Influence des courants inversés	50
37 Atténuation de la période variable. Condensateur	50
38 Perforateur Wheatstone	54
39 Perforations de la bande Wheatstone	54
40 Bande perforée Wheatstone	55
41 Mécanisme de perforation	55
42 — progression du papier	56
43 Transmetteur Wheatstone: Vue d'ensemble	57
44 Transmission de la bande Wheatstone	58
45 Transmission d'un point (première phase)	59
46 — — (seconde phase)	60
47 — d'un trait	61
48 Transmetteur Wheatstone, nouveau modèle	62
49 Electro-aimant du récepteur Wheatstone	63
50 Molette encreuse — —	64
51 Récepteur Wheatstone: Vue d'ensemble	65
52 Principe du télégraphe Hughes	66
53 Télégraphe Hughes: Vue d'ensemble	67
54 Remontage du poids moteur	68
55 Remontage électrique automatique	69
56 Coupe verticale de l'appareil Hughes	70
57 Coupe horizontale — —	71
58 Manipulateur Hughes	73
59 Goujon et plaque de sûreté	74
60 Récepteur Hughes: Organes électriques	75
61 Schéma de l'embrayage	76
62 Embrayage et rappel de l'armature	77
63 Situation respective des axes et des cames	78
64 Axe de la roue des types	79
65 Roue de frottement et sa fixation	79
66 Forme de l'axe des cames et des cames	80
67 Jeu de la came de correction	80
68 — — d'impression	81
69 — — de progression du papier	81
70 Levier de rappel au blanc	83
71 Impression des lettres et des chiffres	85
72 Morse et Hughes: Connexions	85

Fig.	Pages
73 Mise automatique de la ligne au sol.....	86
74 Communications électriques du Hughes.....	86
75 — Isolement du levier d'émission.....	87
76 Embrayage hongrois	88
77 Système duplex différentiel	93
78 Principe du pont de Wheatstone	95
79 Système duplex par pont de Wheatstone.....	95
80 Principe des télégraphes multiples	98
81 Schéma de connexions entre trois postes échelonnés..	99
82 Code de signaux Baudot	102
83 Principe du télégraphe Baudot.....	104-105
84 Manipulateur Baudot.....	108
85 Clavier Baudot à cadence téléphonique.....	108
86 Coupe d'un clavier Baudot.....	109
87 Synchronisme. Correction électrique	110
88 Schéma de la distribution au départ.....	110
89 Récepteur Baudot: relais polarisé	112
90 Schéma de la distribution à l'arrivée.....	112
91 Electro-aimant récepteur	113
92 Combinateur Baudot (modèle primitif).....	115
93 Simplification du combineur	116
94 Combinateur Baudot (modèle actuel)	118
95 Relation des aiguilleurs et des chercheurs.....	119
96 Déclanchement des organes d'impression.....	119
97 Passage des lettres aux chiffres.....	120
98 Synchronisme entre le distributeur et le traducteur..	121
99 Distributeur d'arrivée	122
100 Ensemble des communications d'un secteur Baudot....	123
101 Roue phonique de Paul Lacour.....	126
102 Electro-diapason de M. Mercadier	128
103 Schéma d'un multiplex à courants vibrés.....	130
104 Relais monotéléphonique de M. Mercadier.....	133
105 Relais monotéléphoniques sur circuit de réception....	134
106 Entretien d'un Hughes par courants vibrés.....	136
107 Télégraphe Pollak et Virag: Perforateur	144
108 — — Transmetteur	145
109 — — Récepteur	146
110 — — Fac-simile d'une dépêche..	147
111 — — Transmett ^r , vue d'ensemble	148
112 — — Récepteur, vue d'ensemble.	149

113	Cellule de sélénium (Téléphotographe Korn).....	153
114	Schéma du transmetteur Korn.....	154
115	Dispositif téléphotographique de M. Korn.....	155
116	Eclairement par lampe à haute fréquence.....	157
117	Compensation de l'inertie du sélénium.....	159
118	Schéma du téléautographeur de M. Carbonelle.....	162
119	Schéma du téléstéréographe de M. Belin	165
120	Ecran à gamme de teintes	166
121	Schéma du phototélégraphe de M. Berjonneau.....	168
122	— — — de MM. Senlecq et Tival	169

ERRATUM

La figure numérotée 108, à la page 145 (*Télégraphe Pollak et Virag. Transmetteur : vue d'ensemble*), est la *figure 111*. Elle doit être considérée comme reportée avec sa légende à la page 148.

Inversement, la figure numérotée 111, à la page 148 (*Télégraphe Pollak et Virag. Transmetteur*), est la *figure 108*, appelée avec sa légende à la page 145.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	5
Plan de l'ouvrage	12
Première partie: TÉLÉGRAPHIE SIMPLE	
CHAPITRE PREMIER	
PRINCIPES DU TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE	
Première époque: Appareils télégraphiques simples.....	19
CHAPITRE II	
TÉLÉGRAPHE BREGUET	
Problème qu'on se propose.....	22
Manipulateur	23
Récepteur	24
CHAPITRE III	
TÉLÉGRAPHE MORSE	
Télégraphe Morse: Manipulateur	26
— — Récepteur	27
— — Mouvement d'horlogerie	28
— — Communications entre deux postes....	30
Parleur Morse	31
Relais	32
Dispositif de translation	33
CHAPITRE IV	
TÉLÉGRAPHIE MILITAIRE	
Télégraphe militaire Morse. — Poste de forteresse.....	35
Appareils de campagne	35

12. — Télégraphie.

	Pages
Lignes de campagne	37
Télégraphe optique. Principe	40
— — Appareils.....	41

CHAPITRE V

PROPAGATION DU COURANT SUR UNE LIGNE TÉLÉGRAPHIQUE

Cas d'une émission de durée illimitée.....	43
Cas d'un signal télégraphique	45
Cas d'émissions brèves (série de points).....	47
Cas d'émissions longues (série de traits).....	48
Méthode de la décharge directe.....	49
Méthode des courants de compensation	49
Méthode des courants de décharge ou de repos.....	50
Méthode du condensateur	50

Deuxième partie: TÉLÉGRAPHIE RAPIDE

CHAPITRE PREMIER

PREMIÈRE SOLUTION. — TÉLÉGRAPHE AUTOMATIQUE A COMPOSITION PRÉALABLE DE WHEATSTONE.

Principe du Wheatstone	53
Perforateur	54
Manipulateur ou Transmetteur.....	57
Récepteur Wheatstone	62

CHAPITRE II

TÉLÉGRAPHES IMPRIMEURS: TÉLÉGRAPHE HUGHES

Principe du Hughes	66
Description générale	68
Manipulateur, étude détaillée	70
Récepteur, étude détaillée	74
Communications électriques du Hughes	85
Critique de l'appareil Hughes	87

CHAPITRE III

TÉLÉGRAPHIE RAPIDE : DEUXIÈME SOLUTION. — TÉLÉGRAPHIE MULTIPLE.

	Pages
Définitions	92
Principe du duplex	93
Principe du diplex	96
Principe du quadruplex	96

CHAPITRE IV

PRINCIPE DES TÉLÉGRAPHES MULTIPLES. — ETUDE DU BAUDOT.

Distributeur	97
Etude du télégraphe multiple Baudot.....	100
Principe du Baudot	100
Manipulateur Baudot	107
Synchronisme	109
Récepteur Baudot	111
Traducteur. Combinateur	112
Simplification du combineur	115
Synchronisme entre le distributeur et le combineur.....	120
Rendement	123

CHAPITRE V

TÉLÉGRAPHIE RAPIDE: TROISIÈME SOLUTION. — MULTI- COMMUNICATEURS

I° Multicommmunicateurs à courants vibrés. — Principe..	124
Multicommmunicateur de P. Lacour.....	126
Dispositifs de M. Mercadier.....	127
Producteur des courants vibrés: Electrodiapason....	127
Récepteur des courants vibrés: Monotéléphone.....	128
Appareil multiplex à courants vibrés.....	129
Relais monotéléphonique	132
II° Multicommmunicateurs à ondes électriques.....	137

Troisième partie: L'AVENIR DE LA TÉLÉGRAPHIE

CHAPITRE PREMIER

LES TÉLÉGRAPHES EXTRA-RAPIDES

	Pages
Télégraphe Pollak et Virag.....	143
Comparaison des divers télégraphes	151

CHAPITRE II

LA TÉLÉPHOTOGRAPHIE

Téléphotographe de M. Korn	153
Compensation de l'inertie du sélénium	158
Synchronisme	160
Télautographe de M. Carbonelle.....	161
Téléstéréographe de M. Belin	164
Phototélégraphe de M. Berjonneau	167
Phototélégraphe de MM. Senlecq et Tival.....	168
L'électrotypographe	170
Conclusions	171



Grands Etablissements de l'Imprimerie Générale, Grenoble. — J. BESSON, Directeur.

