

Titre : Nouveau manuel complet de la télégraphie électrique et de ses applications

Auteur : Romain, Adolphe

Mots-clés : Lignes télégraphiques

Description : 1 vol. (IV-386 p.-[3 pl. depl.]) ; 16 cm

Adresse : Paris : Librairie encyclopédique de Roret, 1882

Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 12 K 21 (406)

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?12K21.406>

1813 K 21 8v 3/0/3

ENCYCLOPÉDIE-RORET.

TÉLÉGRAPHIE

ÉLECTRIQUE



EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE :

Manuel de l'Electricité atmosphérique, ou Instruction pour établir les Paratonnerres et les Paragrêles, par M. RIFFAULT. 1 vol. accompagné de planches. 2 fr. 50

Manuel de l'Electricité médicale, ou Eléments d'Electro-Biologie, suivi d'un Traité sur la vision, par M. SMEE, traduit de l'anglais par M. MAGNIER. 1 vol. accompagné de planches. 3 fr.

Manuel des Briquets et des Allumettes chimiques, traitant des Briquets électriques, de l'Allumage instantané, de la Lumière électrique et des appareils qui la produisent, par MM. MAIGNE et BRANDELY. 1 vol. orné de figures. 3 fr.

Manuel de Dorure et Argenture sur Métaux, par la Méthode électro-métallurgique, traitant de la coloration des Métaux par les oxydes métalliques et par l'électricité, par MM. MATHEY et MAIGNE. 1 vol. orné de figures. 3 fr.

Manuel de Galvanoplastie, ou Traité des Manipulations électro-métallurgiques, contenant les procédés les plus récents et les plus usités, par M. A. BRANDELY. 2 vols. ornés de figures. 6 fr.

Manuel du Physicien-Préparateur, ou description d'un Cabinet de physique, des Instruments qui le composent et de leur emploi, par MM. CH. CHEVALIER et FAU. 2 forts volumes avec un Atlas in-8 de 88 planches. 15 fr.

MANUELS-RORET

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DE LA

TÉLÉGRAPHIE

ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS

contenant

LES INSTALLATIONS TÉLÉGRAPHIQUES,
LES TÉLÉGRAPHES A SIGNAUX FUGITIFS, ENREGISTREURS, AUTOGRAPHIQUES,
IMPRIMEURS, MULTIPLES,
LE TÉLÉPHONE, LE MICROPHONE, LE PHONOGRAPHE,
LE SERVICE DES CHEMINS DE FER POUR LA CORRESPONDANCE,
LES SIGNAUX ET LES APPAREILS DE PROTECTION,
LES SONNERIES DOMESTIQUES, LES AVERTISSEURS D'INCENDIE, ETC.

Par M. A. ROMAIN,

Ingénieur des Mines,
Ancien Élève de l'Ecole Polytechnique.

OUVRAGE ORNÉ DE FIGURES
ET ACCOMPAGNÉ DE PLANCHES.

PARIS

LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET
RUE HAUTEFEUILLE, 12.

1882

Tous droits réservés.

AVIS

Le mérite des ouvrages de l'**Encyclopédie-Roret** leur a valu les honneurs de la traduction, de l'imitation et de la contrefaçon. Pour distinguer ce volume, il porte la signature de l'Editeur, qui se réserve le droit de le faire traduire dans toutes les langues, et de poursuivre, en vertu des lois, décrets et traités internationaux, toutes contrefaçons et toutes traductions faites au mépris de ses droits.

Le dépôt légal de ce Manuel a été fait dans le cours du mois de Février 1882, et toutes les formalités prescrites par les traités ont été remplies dans les divers Etats avec lesquels la France a conclu des conventions littéraires.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Roret', with a large, stylized flourish underneath.

PRÉFACE



Un des faits qui marqueront dans le cours de l'année 1881 sera, sans contredit, la brillante exposition d'électricité installée à Paris dans le Palais de l'Industrie. Au moment où les applications de l'électricité apportent des modifications importantes dans une foule de services et se glissent petit à petit dans presque toutes les industries humaines, la possibilité fournie par cette exposition de trouver réunies toutes les nombreuses inventions de ce genre, de les voir fonctionner, constituait un spectacle d'un intérêt de premier ordre, même pour bien des personnes étrangères à la science.

Le Manuel que nous offrons à nos lecteurs est le fruit de longues et persévérantes études faites au Palais de l'Industrie. Nous avons pensé qu'au moment où l'esprit public était vivement attiré sur tous les sujets de cet ordre, il serait intéressant d'offrir une revue de tous les divers systèmes d'appareils employés pour les transmissions télégraphiques, en expliquant sur quels principes et à l'aide de quels moyens, leur fonctionnement était établi. Quelques-uns, de nature assez compliquée, pouvaient paraître difficiles à expliquer pour bien des visiteurs de l'exposition. Nous avons cherché à mettre chacun à même de suivre la marche de ces divers systèmes pas à pas, pour pouvoir apprécier les services importants

qu'on en peut retirer, et leur valeur relative les uns par rapport aux autres.

L'usage de la télégraphie devient de jour en jour plus répandu, les services qu'elle rend à tous les degrés de la vie sociale sont tellement considérables, l'emploi que chacun en fait est si fréquent, qu'il n'y a pas de présomption à avancer que la connaissance de ces appareils et de leur mode d'emploi doit faire partie de l'instruction de toute personne soucieuse de connaître les procédés dont elle use journellement dans l'exercice de la vie.

Tout en conservant un mode d'exposition élémentaire et à la portée de tous, nous nous sommes efforcé de fournir ces intéressants documents au public.

La télégraphie ne constitue pas à elle seule les applications que l'on retire de l'électricité ; sans parler ici de la lumière électrique qui fait tous les jours son chemin dans l'ordre des choses usuelles, il est encore une foule de circonstances où l'on retrouve l'emploi de l'électricité.

Le téléphone, bien que d'origine récente, quatre ans à peine, conquiert tous les jours une place de plus en plus importante. Nous lui avons consacré une étude particulière, et sans entrer dans la description détaillée des nombreux systèmes imaginés, nous avons cherché, en nous attachant aux types les plus importants, à faire comprendre le fonctionnement de ces appareils.

Mais l'un des services publics où l'emploi de l'électricité joue un rôle des plus importants et des plus constants, c'est l'exploitation des chemins de fer. Il est bien certain que lorsqu'on réfléchit au développement tous les jours de plus en plus considérable, que prend la circulation des trains sur les voies ferrées, leur multiplicité, la complication survenue par les bifurcations, etc., etc., on ne pourrait comprendre l'existence de pareils services, si l'on n'avait pas à son secours l'électricité, tant comme

moyen de correspondance proprement dit, que comme procédé d'indication et de protection des trains en circulation sur une ligne.

En effet, la correspondance sur les chemins de fer peut être examinée à deux points de vue : communications entre deux gares pour tous les besoins du service d'exploitation, ou pour les besoins du public en particulier, et question non moins importante, communications entre les postes fixes situés tout le long de la voie, et les trains roulants qui y circulent. En un mot, organisation de signaux actionnés à distance, et servant à chaque instant pour les mécaniciens, à savoir si le chemin qui s'ouvre devant eux est libre, peut être franchi sans chances d'accidents, ou bien s'ils doivent ne pas dépasser tel ou tel point au-delà duquel se présenterait un obstacle.

Il est inutile d'insister beaucoup sur l'importance considérable de cette question, et il n'est pas étonnant qu'elle ait été d'un grand stimulant auprès de nombreux chercheurs, pour en trouver la solution la plus complète. Aussi ne sera-t-on pas étonné du grand nombre d'inventions réalisées jusqu'ici, et malgré la terrible impression que laissent toujours après eux les accidents de chemin de fer, si l'on veut réfléchir de sang-froid et comparer leur petit nombre relativement à l'immense circulation sur les voies ferrées, on pourra tout d'abord se pénétrer du mérite réel des procédés employés.

L'exposition d'électricité a permis d'examiner les nombreux appareils de signaux de protection pour la marche des trains employés tant sur les lignes françaises qu'étrangères. Beaucoup d'entre eux nous passent tous les jours devant les yeux quand nous voyageons, mais sans même que l'on puisse en prendre connaissance. Là, au contraire, nous avons pu les examiner à loisir, les voir fonctionner, les comparer les uns aux autres. Leur étude nous a semblé ne pouvoir être détachée de celle de la télégraphie électrique, et nous avons pensé qu'il était

utile d'en vulgariser la connaissance, surtout aujourd'hui que tout accident est suivi de rapports sur leurs causes, publiés par la presse, et que l'on ne peut véritablement apprécier, si l'on n'a pu se rendre compte des appareils établis pour y obvier, afin de discerner exactement l'origine et la cause de ces affreuses catastrophes, et estimer les nouveaux moyens proposés pour y parer.

La télégraphie appliquée aux usages domestiques, plus particulièrement désignée sous le nom de sonneries, les avertisseurs d'incendie, et une foule d'autres applications intéressantes, forment par leur examen la fin de notre travail.

Nous devons, en terminant, adresser tous nos sincères remerciements, à tous les exposants auxquels nous avons eu l'occasion de nous adresser, pour avoir sur leurs appareils les renseignements qui nous facilitaient notre tâche, et en assuraient l'exactitude. Nous ne pourrions les nommer tous, la liste en serait trop longue, et toute omission serait une injustice. Nous n'avons qu'à souhaiter maintenant auprès du public, un accueil aussi bienveillant que celui que nous avons trouvé près d'eux.

NOUVEAU MANUEL COMPLET
DE
TÉLÉGRAPHIE
ÉLECTRIQUE

PREMIÈRE PARTIE
TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

CHAPITRE I^{er}.
Du principe de la Télégraphie électrique.

§ 1. HISTORIQUE.

La télégraphie, comme chacun le sait, est une science qui a pour but de communiquer à de grandes distances, en permettant à deux opérateurs de se transmettre mutuellement une série de signaux. Bien que cette science soit toute moderne, on ne peut cependant pas méconnaître que les anciens avaient à plusieurs reprises imaginé des procédés divers, pour permettre assez rapidement la transmission de nouvelles entre deux points éloignés. Les signaux de feux

Télégraphie électrique.

1

allumés sur des points élevés, et qui ont été employés de tous temps et chez tous les peuples, peuvent être considérés comme une sorte de télégraphie.

C'est en 1792 que le premier télégraphe fut construit par les frères Chappe, qui a même conservé leur nom ; et chose curieuse, en même temps qu'ils créaient leur système, ils faisaient, sans pouvoir y réussir complètement, des essais télégraphiques pour la transmission des signaux par l'électricité. Jusqu'en 1830, ce mode de correspondance fut adopté d'une façon exclusive en France, et ce n'est guère qu'en 1849 que la télégraphie électrique déjà installée en Angleterre remplaça complètement le télégraphe aérien de Chappe.

On ne sait véritablement pas à qui attribuer réellement l'honneur de l'invention de la télégraphie électrique. Cette recherche d'origine a donné lieu à de nombreuses controverses que nous ne voulons pas reproduire ici. Ce qui paraît le plus certain, c'est que les premières expériences relatives à la télégraphie furent faites dans des cabinets de physique d'Allemagne vers 1800 ; qu'un officier russe, le baron Schilling, intimement lié avec un savant allemand, Sommering, fit de ces nouvelles études un objet spécial, et bien que l'honneur ne lui en soit pas généralement accordé, il semblerait que ce fut Schilling qui établit le premier un télégraphe électrique pratique, toutefois après les découvertes d'Ørstedt, des actions des courants sur l'aiguille aimantée en 1820.

En 1835, se trouvait à Heilderberg un Anglais, W. T. Cooke, qui assista à ces expériences d'un nouveau

genre ; il en fut vivement frappé, et bien qu'il ne se fût jamais occupé jusque-là de ces matières, il résolut de s'y adonner et de doter son pays d'une découverte dont il appréciait toute l'importance. De retour en Angleterre, il s'associa au professeur Wheatstone, et ils prirent leur première patente le 19 novembre 1837.

Pendant la même période, un Américain, de retour d'un voyage en Europe, construisait un appareil qui porte encore son nom, Morse, et le télégraphe se trouvait enfin institué.

On comprend naturellement qu'il dut y avoir, de la part des divers auteurs, de grandes contestations au sujet de la priorité de l'invention. Nous ne nous étendrons pas sur ces discussions oiseuses, d'autant plus qu'il ressort de toutes les recherches faites sur cette question, qu'aucun des inventeurs dont le nom est consacré aujourd'hui, n'aurait réellement le droit de réclamer le bénéfice de l'invention, que tous l'auraient empruntée au baron Schilling.

La première ligne télégraphique exploitée par l'électricité fut construite par M. Cooke, en 1833, sur le Great Western Railway. Elle fut rapidement suivie de plusieurs autres sur les chemins de Blackwall en 1840, Edimbourg 1841, West Drayton 1842, etc.

En Amérique, la première ligne date de 1844, en Allemagne et en Autriche de 1849 à 1855, en France de 1842.

On voit combien cet instrument si répandu aujourd'hui, si bien entré dans les mœurs et les habitudes, est d'origine récente, et si l'on examine un moment

la perfection à laquelle est arrivée la télégraphie, l'extension qu'elle a prise sur le globe entier, on ne peut qu'être émerveillé en pensant aux efforts immenses de toute nature qu'ont faits les savants et les praticiens pour arriver à de pareils résultats.

§ 2. APPAREIL ÉLÉMENTAIRE CONSTITUANT
UN TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE.

Nous allons, avant d'entrer dans le détail des divers appareils télégraphiques employés, étudier le principe fondamental sur lequel ils reposent tous, ainsi que la description des organes généraux propres à toute installation télégraphique.

Si l'on se reporte aux propriétés des électro-aimants, on se rappelle qu'un courant, alternativement ouvert et fermé, peut, à l'aide d'un électro-aimant, faire mouvoir avec rapidité un levier de fer doux, quelle que soit d'ailleurs la longueur des fils formant le circuit. On comprend aussitôt que, si on peut opérer ces ouvertures et fermetures successives d'une façon déterminée, on produira par là même des mouvements correspondants dans le levier de fer doux, et que par la combinaison de ces mouvements entre eux, on peut établir une série de signes conventionnels servant à traduire les idées.

Supposons deux fils conducteurs ab , cd , allant de l'endroit M au point R (fig. I, pl. I) et ayant telle longueur que l'on voudra, des centaines de kilomètres par exemple ; la partie de l'appareil située en M et qui sert à exprimer la dépêche, à la transmettre, se nomme

le Manipulateur ou le Transmetteur, l'électro-aimant et son levier placés en R forment le Récepteur. Les deux fils *ab*, *cd* communiquent chacun avec les fils des bobines de l'électro-aimant en R, mais en M ils sont disposés de manière que, suivant les mouvements qu'on imprime à celui-ci, le courant passe à travers les fils ou ne peut les traverser. En un mot, le manipulateur est une sorte d'interrupteur analogue à ceux qui sont décrits dans les traités de physique, permettant de fermer ou d'ouvrir le circuit à volonté.

Le contour de la roue métallique M a été divisé en six parties égales, trois d'entre elles ont été entaillées pour recevoir du bois, de l'ivoire ou toute autre matière non conductrice; elles sont figurées ombrées sur la figure; le ressort *x* qui presse sur le contour extérieur de la roue se trouve ainsi mis à volonté en contact avec les portions conductrices ou non conductrices. Le ressort *y* presse l'axe de la roue qui est lui-même en métal. Le fil *ab* est fixé au pôle positif de la pile, le fil *cd* s'attache au ressort *y*, tandis que le ressort *x* est relié au pôle négatif de la même pile. Si le manipulateur est dans la position indiquée par la figure, le courant est interrompu, mais si, au moyen d'un bouton, on fait tourner le manipulateur de $1/6$ de tour, le ressort *x* appuie sur une partie métallique de la roue, le circuit se ferme, le courant va du pôle positif au pôle négatif, traversant l'électro-aimant, qui attire alors le levier de fer doux *ig* mobile autour d'un pivot *h*, et retourne au pôle négatif. Le contact de l'électro-aimant et du levier durera autant de temps

que le circuit restera fermé. Si nous faisons tourner le manipulateur encore une fois de $1/6$ de tour, le circuit est de nouveau fermé, l'électro-aimant perd sa propriété attractive et le levier ig , sollicité par un ressort antagoniste K, revient à la position $i'g'$. La course du levier est limitée dans les deux sens par deux butoirs t et t' .

Or, on sait qu'il suffit d'un dix-millième de seconde, pour que le courant s'établisse dans tout le circuit, on peut donc donner au manipulateur 10, 100 mouvements par seconde, et être certain que les fermetures et ouvertures correspondantes du courant se feront sans confusion.

On comprend que le nombre des mouvements que l'on peut obtenir dans le levier ig ne dépend pas seulement de la vitesse que l'on imprime au manipulateur, elle dépend de la qualité de l'électro-aimant, suivant qu'il perd ses propriétés d'aimantation aussi rapidement qu'il les gagne; elle dépend aussi du poids du levier, de la tension du ressort qui le ramène en place, etc.

Nous avons supposé que les deux stations M, R, étaient reliées par deux fils ab , cd , formant un circuit complet. L'expérience a révélé un fait qui a permis de simplifier la question des conducteurs. Elle a appris que le fil de retour du courant dc était inutile, si l'on prenait la précaution de faire communiquer avec le sol le fil à sa sortie de l'électro-aimant en R, et en M le fil à partir du point c . La terre ferme le circuit et tient lieu de fil de retour. Le fil ab qui amène le courant se nomme *fil de ligne*, celui

qui communique avec le sol aux deux stations se nomme *fil de terre*.

Nous venons de voir comment le poste **M** pouvait transmettre une dépêche en **R** ; supposons maintenant que nous placions en **M** un récepteur pareil à celui qui est à l'autre poste, et de même en **R** un manipulateur, en les réunissant par un circuit, le poste **R** pourra à son tour correspondre avec **M**. Il est de plus évident qu'il n'y aura pas besoin d'établir deux systèmes de fils conducteurs. Le même pourra servir si dans chaque station, à l'aide d'un commutateur, on peut faire entrer à volonté dans le circuit le manipulateur ou le récepteur.

Enfin, il faut, quand un poste veut envoyer une dépêche à un autre, qu'il ait un moyen d'en avertir celui-ci. Il y a pour cela un appareil spécial formé par une sonnerie.

On peut encore, pour construire un appareil télégraphique, appliquer une autre propriété des courants électriques. En effet, on sait que lorsqu'une aiguille aimantée est placée dans le centre d'une bobine de fils l'enveloppant de ses circonvolutions, elle dévient à droite ou à gauche, suivant que le courant parcourt la bobine en y entrant par une extrémité ou l'autre. On peut évidemment par la combinaison des mouvements alternatifs à droite et à gauche de l'aiguille, imaginer un système de signaux conventionnels, permettant de correspondre. Ce n'est en somme que l'application des propriétés du galvanomètre.

En résumé, la constitution d'un réseau télégraphique établi entre deux stations comprend :

1° A chaque station :

Une pile voltaïque.
Un manipulateur.
Un récepteur.
Une sonnerie.

2° Entre les deux stations :

Des conducteurs.

Nous allons d'abord étudier les parties constitutives d'un bureau télégraphique indépendantes des divers appareils de transmission et de réception, à savoir les piles et les conducteurs qui sont toujours les mêmes, quel que soit le système employé. Puis nous décrirons les appareils de télégraphie proprement dits, que l'on peut distinguer en plusieurs groupes comprenant chacun des appareils fondés sur une même nature de signaux employés :

Appareils à signaux conventionnels et fugitifs.
Appareils enregistreurs.
Appareils enregistreurs autographiques.
Appareils à transmission multiple.

Et enfin les modes divers de communication télégraphique indépendants des appareils, et un en particulier appelé télégraphie Duplex permettant avec un même fil de transmettre et de recevoir à la fois dans les deux sens.

CHAPITRE II.

Des Piles usuelles en télégraphie.

§ 1. SYSTÈMES CALLAUD, LECLANCHÉ, THOMSON,
SIEMENS, HALSKE, MINOTTO.

Les piles employées dans les diverses installations télégraphiques ne présentent, au point de vue théorique, aucune particularité qui les distingue spécialement de celles qui sont décrites dans tous les traités de physique. Elles ne diffèrent que par des conditions de construction appropriées à un service déterminé.

Il est évident que la télégraphie doit rechercher avant tout des piles à courant constant, cette condition est la première à remplir. En général, les conditions de bon fonctionnement d'une pile sont les suivantes : Constance, force électro-motrice et durée. De plus, on doit encore rechercher dans les types adoptés ceux dont l'entretien sera le plus facile, et qui n'occasionneront pas des dégagements nuisibles ou incommodes.

Les trois modèles les plus employés, notamment en France, sont les piles de Daniell, de Marié-Davy et de Bunsen, non pas sous les formes où nous les avons décrites, mais modifiées et devenues les piles de M. Callaud et de M. Leclanché.

La pile de Daniell est composée, ainsi que tout le monde le sait, d'un vase rempli d'une dissolution de sulfate de cuivre où plonge une lame de cuivre, et contenant un vase poreux plein d'eau acidulée ren-

fermant une lame de zinc. Le cuivre et le zinc composent les deux pôles de la pile. L'expérience a établi qu'en employant du zinc amalgamé, on pouvait obtenir une pile à courant aussi constant que possible. Toutefois, l'emploi du vase poreux offrait de nombreux inconvénients. Ou bien il est trop poreux, et la dissolution de sulfate de cuivre le traversant facilement est décomposée par le courant, et du cuivre vient se déposer sur le zinc, ce qui détermine des courants partiels, nuisant à la constance de la pile; ou bien ce vase n'est pas assez poreux, il offre une trop grande résistance au passage du courant; ou bien encore il contient des substances métalliques conductrices et l'hydrogène y réduit le sulfate de cuivre, le dépôt de cuivre formé bouchant les pores du vase.

M. Callaud, de Nantes, a cherché à remédier à ces divers inconvénients, et a construit une modification de la pile de Daniell à laquelle on a donné son nom et qui est très-employée en télégraphie.

L'objet que s'est proposé l'inventeur, ainsi qu'il s'exprime lui-même dans son « Essai sur les Piles », est la suppression du vase poreux de la pile de Daniell, tout en employant les agents de celle-ci, mais se servant de la différence de densité des liquides. Cette invention a donné des résultats encore plus féconds que ne s'y attendait son auteur.

Cette disposition est fondée sur ce principe : Quand deux liquides sous un même volume sont de poids inégaux, celui qui est le plus léger peut être versé sur l'autre sans se mélanger avec lui, ou tout au moins le mélange ne s'opère que très-lentement; et

précisément dans la pile Callaud, il s'établit entre les deux liquides une sorte d'opposition électrique qui empêche leur mélange.

Or, précisément le sulfate de cuivre étant à volume égal beaucoup plus lourd que l'eau, on peut facilement avec des précautions verser de l'eau au-dessus de la dissolution saline. La figure I montre la disposition d'une semblable pile. Le cylindre de zinc plonge dans l'eau seulement, et est suspendu aux bords du vase de verre par trois crochets. Un gros fil de cuivre recouvert de gutta-percha et terminé par une plaque de cuivre plonge dans le vase, de façon à venir toucher la couche de cristaux de sulfate de cuivre déposée au fond. La gutta-percha a pour effet de préserver le cuivre de tout contact avec l'eau acidulée.

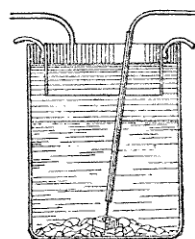


Fig. I.

L'entretien de cette pile est des plus simples. On met d'abord une couche de cristaux, puis la dissolution de sulfate de cuivre, on verse avec précaution de l'eau pure à l'aide d'un entonnoir, ou en disposant avant de verser un petit flotteur de liège (nous disons de l'eau pure, parce que le sulfate de cuivre contient toujours de l'acide libre qui détermine l'action sur le zinc). On place le cylindre de zinc et enfonce la tige de cuivre au contact des cristaux. Il n'y a qu'à maintenir les cristaux toujours en excès et remplacer l'eau qui s'évapore. L'expérience a montré

toutes les qualités de cette pile, et presque tous les services télégraphiques l'emploient.

La pile de Marié-Davy n'est autre que la pile de Daniell, où l'on a remplacé le sulfate de cuivre par du sulfate de mercure. Le prix élevé des matières, et les inconvénients des sels mercuriels l'ont fait à peu près abandonner.

De même que la pile Callaud est une modification de l'élément Daniell, la pile Leclanché est une modification de l'élément Bunsen, et forme avec la première les deux types les plus employés en télégraphie.

Elle est composée d'un vase de verre de forme spéciale A, carré sur presque toute sa hauteur et terminé par un goulot rond C, ainsi que le montre la figure

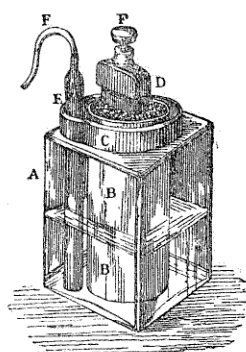


Fig. II.

II, rempli au tiers d'une dissolution concentrée de chlorure d'ammonium dans laquelle plonge un vase poreux B plein de peroxyde de manganèse et de charbon pilé. Ce vase ferme presque le goulot de l'enveloppe en verre, de manière à diminuer le plus possible l'évaporation. Le zinc est formé d'un petit bâton cylindrique E pénétrant par une sorte de goulot.

Enfin un prisme de charbon D plonge dans l'intérieur du vase et sert à porter le fil négatif. Pour cela, la

tête du charbon est coiffée d'une calotte en plomb. Dans quelques modèles, le peroxyde de manganèse et le charbon ont été agglomérés en un corps solide, et le vase poreux est supprimé. Le zinc est alors séparé du charbon par un petit prisme de bois et maintenu en place par des bracelets de caoutchouc.

Pour monter une pile de ce modèle, il suffit de verser 100 grammes de la solution ammoniacale, de placer les deux corps solides, et de renouveler l'eau au fur à mesure de l'évaporation.

Les réactions qui s'opèrent dans ces piles sont assez complexes. Il semble au premier abord qu'il y a décomposition du sel ammoniacal par le zinc, d'où dégagement d'hydrogène et réduction du peroxyde, mais en réalité il y a des réductions multiples, et à la longue dépôt de sels cristallisés sur le zinc qu'il faut enlever. Certains praticiens ont constaté qu'il était préférable de supprimer la tête de plomb et d'attacher directement par une pince le conducteur sur le prisme de charbon.

Toujours est-il que ces piles donnent d'excellents résultats. Les chemins de fer en font un usage presque exclusif. On cite des postes où les piles ont pu fonctionner convenablement plusieurs années, avec la seule précaution du renouvellement de l'eau.

En général les piles doivent être dans un endroit frais, mais sur un support non humide, et les divers éléments ne doivent pas se toucher.

Pour les usages de la télégraphie, on doit rechercher dans le montage des piles, le maximum d'intensité en tension, sans qu'on ait beaucoup à se préoc-

cuper de leur résistance propre qui est presque toujours négligeable par rapport à celle du conducteur extérieur. On les accouplera donc en réunissant successivement les pôles de nom contraire des divers éléments.

Les modèles que nous venons de décrire sont à peu près exclusivement employés en France, et très-répandus à l'étranger. Cependant il existe quelques autres dispositions que nous croyons devoir signaler. Elles ont toutes été appliquées à modifier l'élément primitif de Daniell, qui, tout en renfermant une force électro-motrice un peu moindre que les éléments Grove et Bunsen, offre sur ces derniers l'immense avantage, surtout en télégraphie, de rester constant pendant de longues périodes. Dans l'élément de Daniell même, nous avons vu qu'il y avait deux défauts à corriger, l'introduction du vase poreux entraînant de nombreux inconvénients, et la protection du zinc contre l'action du sulfate de cuivre.

Sir William Thomson a résolu ces difficultés d'une façon assez semblable à celle employée par M. Callaud. Il prend un large bocal de verre (fig. III) où la plaque de cuivre *c* est placée au fond du vase, et recouverte d'une couche de dissolution de sulfate de cuivre, et par dessus on verse une solution saturée de sulfate de zinc dans laquelle baigne une grille en zinc *z*, soutenue aux rebords du vase par trois crochets. Un entonnoir de verre traverse la grille de zinc et contient des cristaux de sulfate de cuivre, pour maintenir constant le degré de saturation de la liqueur. Un siphon en verre *s*, rempli d'une mèche de coton

vient baigner dans le vase très-peu au-dessus de la surface du sulfate de cuivre, épuisant ainsi lentement les premières couches inférieures du sulfate de zinc, les seules qui puissent, par diffusion, se charger d'un peu de sel de cuivre ; la forme en grille de la plaque α permet facilement de maintenir le niveau supérieur constant.

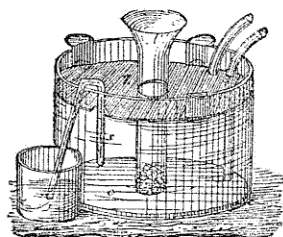


Fig. III.

Sir William Thomson a modifié autrement la construction de l'élément Daniell en vue de diminuer encore la résistance intérieure, et de pouvoir l'employer avec les câbles sous-marins. Ces piles sont formées d'auges carrées de 0^m.40 de côté à la base, évasées au sommet, et doublées d'une lame de plomb ; elles contiennent des grilles en zinc, s'appuyant sur des blocs de terre cuite émaillée. Une lame de cuivre est soudée sur le bord extérieur de chaque auge et sert d'électrode. Afin de faciliter l'enlèvement des dépôts de cuivre, une lame étroite de ce métal est soudée au fond et au milieu de chaque auge, et tout le restant du plomb qui recouvre l'intérieur et les

côtés est enduit d'un vernis isolant. Une plaque de cuivre très-mince, également vernie sur une de ses faces, excepté au centre et aux coins, fait contact par la pression des blocs de terre cuite et de la grille en zinc, avec le revêtement de plomb convenablement gratté dans les coins. La face supérieure de la plaque de cuivre reste décapée; elle est d'ailleurs de la même dimension que l'intérieur des auge, 0^m.40 carrés; sur ses coins on place les blocs de terre cuite supportant les grilles de zinc.

Les éléments se chargent avec une dissolution de sulfate de zinc de 1,1 de densité, et un poids de 30 grammes de sulfate de cuivre réduit en petits morceaux. L'entretien se fait en retirant de temps en

temps les couches inférieures de sulfate de zinc à l'aide d'un siphon et ajoutant de l'eau fraîche.

MM. Siemens, Halske ont également modifié la disposition de l'élément Daniell, et leur pile, bien qu'offrant peu de résistance intérieure, présente une grande force électro-motrice; ce qui permet de l'employer avantageusement sur de très-longues lignes. Le diaphragme *b* (fig. IV) est formé de deux cylindres de diamètres

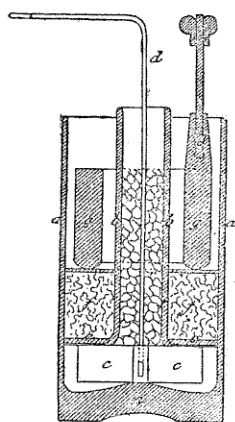


Fig. IV.

inégaux, et est ouvert à ses deux extrémités. La pla-

que de cuivre, au fond du vase, est constituée par une lame *c* repliée en double S; des cristaux de sulfate de cuivre remplissent le diaphragme et servent à saturer une dissolution versée au-dessus. Une couronne *f* de papier mâché et comprimé, tassée entre le vase extérieur et le diaphragme, sert à supporter le disque de zinc *g* qui baigne dans de l'eau acidulée.

La pile *Minotto*, exclusivement employée aux Indes anglaises et sur beaucoup de câbles sous-marins, reçoit deux dispositions ingénieuses, surtout au point de vue de l'entretien et de la facilité avec laquelle on peut les expédier toutes chargées, ce qui, avec leur longue durée, en fait un modèle très-propre à employer dans les stations isolées. Le premier modèle se compose (fig. V) d'un vase en gutta-percha

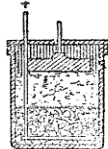


Fig. V.

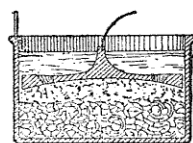


Fig. VI.

garni au fond d'une plaque de cuivre, à laquelle est attaché un fil de même métal recouvert de gutta-percha formant électrode. Sur cette plaque on dépose les cristaux de sulfate de cuivre, puis un séparateur en papier buvard, chiffon, par dessus une couche de sciure de bois humectée, et enfin la plaque de zinc avec son électrode. Un couvercle ferme l'appareil, que l'on peut ainsi transporter facilement.

Le second modèle (fig. VI) est formé d'un vase en cuivre contenant les cristaux, recouverts de sciure de bois humide et d'une plaque de zinc percée de petits trous pour laisser passer l'eau qu'on verse par dessus et entretenir l'humidité de la sciure.

CHAPITRE III.

Des Lignes télégraphiques.

On entend par ligne télégraphique, considérée comme un des organes d'un système de communications télégraphiques entre deux points donnés, le conducteur continu qui réunit les deux pôles de la pile, et dans lequel sont intercalés les divers appareils complétant le système.

On distingue trois sortes de lignes télégraphiques : les lignes aériennes, les lignes souterraines et les lignes sous-marines.

Nous allons les examiner successivement.

§ 1. LIGNES AÉRIENNES.

1^o Fils.

Les conducteurs généralement utilisés sont formés de fils-de-fer galvanisés, de diamètre variable suivant leur destination.

Réseau télégraphique intérieur de l'Etat..	4mm.
— — international. . . .	5mm.
— — du service des chemins de fer.	3mm.

Ce fil, fabriqué avec du fer de première qualité, doit être exempt de tout défaut, paille, rouille, etc. Les conditions de livraison sont d'ailleurs régies par un cahier des charges spécifiant les qualités, poids, résistance, etc. Il doit être assez tenace pour résister aux causes ordinaires de rupture, et assez souple pour que l'on puisse facilement raccorder les extrémités.

Depuis quelque temps, on a proposé de supprimer la galvanisation de ces fils, qui peuvent par suite recevoir un diamètre relativement plus considérable. On obtiendrait ainsi, sans augmentation de dépense, un conducteur doué d'une plus grande résistance et d'une plus grande conductibilité.

Les fils sont soutenus sur des appuis par bouts de 200 mètres environ qu'il s'agit de raccorder avec grand soin pour établir la continuité de la ligne.

On emploie divers procédés pour former ces raccords.

On juxtapose les deux bouts sur une longueur de 0^m.20 environ, on les tord en sens contraire, et garnit le joint avec une soudure formée de deux parties d'étain et une de plomb, de façon à bien assurer la conductibilité.

Au lieu de tordre les deux fils en sens contraire, on fixe par un étau les deux fils au milieu du croisement, puis enroule en hélices très-serrées chaque bout sur le fil qu'il recouvre, et soude au milieu.

Quelquefois on juxtapose les bouts de fil en recourbant les extrémités en forme de crochet, et on fait une ligature entre ces crochets avec un fil mince, ligature qu'on recouvre de soudure.

Voici le procédé en usage sur les lignes télégraphiques françaises qui présente sur les précédents plus de facilité et de rapidité d'exécution, tout en donnant les mêmes garanties de résistance et de conductibilité. On fait glisser les deux extrémités à raccorder dans un petit manchon creux de fer galvanisé, percé d'une ouverture centrale, on aplatit au marteau les extrémités dépassant, et remplit de soudure par cette ouverture centrale. La figure 4, pl. I, montre cette disposition.

2^o Poteaux.

Ces fils sont supportés par des poteaux en bois ou en fer. Les premiers sont formés de troncs de pins ou de sapins d'une hauteur variable suivant les voies où ils sont placés, et comprises généralement entre 6 et 12 mètres. Ces bois sont préservés des actions destructives diverses en les injectant principalement avec du sulfate de cuivre, qui a été reconnu comme donnant des résultats préférables à la créosote et autres substances proposées.

La distance qui sépare ces poteaux entre eux est naturellement très-variable et dépend de la forme et des accidents du terrain sur lequel on les pose. Dans les parties plates et droites, cette distance est de 80 mètres; elle diminue dans les courbes et les pentes.

La profondeur à laquelle ils sont enfouis dans le sol dépend également de la nature du terrain où on les pose. Voici les moyennes ordinaires :

1 ^m .50	pour les poteaux de.	6 mètres.
2 mètres	pour les poteaux de.	. . .	8 à 10
2 ^m .50	—	—	. . . 12 mètres.

Dans les parcours en ligne droite, les poteaux n'ont besoin d'être soutenus par aucune pièce de renfort ; mais dans les courbes ou les angles, il se produit de la part des fils des tirages qui compromettraient la solidité ; aussi, dans ce cas, dispose-t-on un second poteau incliné, archoutant le premier dans un sens opposé à l'effort qu'il supporte. Les deux poteaux sont réunis au sommet par un boulon, et à leur base, dans la partie enterrée, par des entretoises. On consolide aussi les poteaux à l'aide de haubans formés de cordes en fil-de-fer, attachés d'une part à la partie supérieure du poteau, et de l'autre à des points fixés dans le sol ; on les dirige de la façon la plus convenable pour la résistance particulière dans chaque cas.

Les poteaux en fer ne sont pas jusqu'ici très-employés en Europe. On n'en rencontre que peu d'exemples en France, un peu plus en Belgique et en Allemagne, mais c'est surtout dans l'Amérique et les Indes qu'on les emploie, car dans ces pays il y a certains insectes, comme la fourmi blanche des Indes, qui causeraient une destruction très-prompte des poteaux en bois.

Les formes adoptées sont assez variables, une des plus simples est un fer en simple T, quelquefois encore on les construit avec deux plates-bandes de tôle assemblées par rivet et présentant une section que montre la figure 2, la largeur de la pièce allant légèrement en décroissance vers le sommet.

A côté de cela il existe quelques autres modèles consacrés par l'expérience et que nous allons décrire sommairement.

M. Papin construit des poteaux réunissant à une légèreté relative une très-grande résistance en tous sens. Ils sont formés de quatre fers cornières de 0^m.05 de largeur sur 0^m.002 environ d'épaisseur avec gaine en fonte à la partie inférieure, reliés entre eux par des plates-bandes en équerre. La partie principale du poteau a la forme d'une pyramide rectangulaire que surmonte un mât vertical composé de quatre fers cornières assemblés par des boulons et qui servent à fixer les branches horizontales supportant les isoloirs. Un semblable poteau, destiné au passage de vingt fils, mesure une hauteur totale de 7^m.40 et pèse 217 kilogrammes. Les figures 13 et 14 le représentent vu d'ensemble et en coupe.

Aux Indes, on emploie un modèle appelé Hamilton's Standard, formé d'une série de tubes en tôle s'emboîtant mutuellement comme un télescope et supportés par un tube de fonte adhérent à un plateau du même métal qui forme la base de l'édifice.

La maison Siemens frères fabrique un autre modèle également très-employé (fig. 15 et 16). Il se compose d'une base quadrangulaire en plaques de fer rivées, formant un tronc de pyramide très-aplati, sur laquelle se monte par boulonnage un tube de fonte où l'on fait pénétrer un tube en fer forgé terminé par une pointe de paratonnerre.

Quelquefois enfin, le tube de fer fait corps avec un sabot de fonte triangulaire à arêtes vives, ce qui permet d'enfoncer le poteau à l'aide d'un mouton embrassant le tube et agissant sur la base, et cela sans avoir besoin de pratiquer des tranchées.

Les poteaux en fer sont plus coûteux que les poteaux en bois, mais leur longue durée compense la plus-value du prix d'achat.

L'emploi des poteaux comme support des fils n'est possible que le long des grandes routes, des voies de chemins de fer, mais il est évident que dans l'intérieur des villes, on ne saurait y recourir, tant à cause des effets désagréables qu'ils produiraient à l'œil, que par la gêne qu'ils apporteraient dans la circulation. Bien que les lignes télégraphiques employées dans ce cas soient plutôt des lignes souterraines, on rencontre cependant des lignes aériennes qui réclament dans les supports des modifications que nous allons indiquer rapidement.

On emploie quelquefois de simples potelets de bois soutenus par des tiges en fer scellées aux murs des maisons (fig. 5), mais ce procédé pêche par l'élégance, et ne s'applique que pour traverser les villages. Dans les villes, on applique bien le même principe, mais en employant des motifs plus élégants, des consoles en fer affectant des profils plus ou moins riches, et fixées contre les murailles. Dans beaucoup d'endroits, à Paris, par exemple, on place les fils au-dessus des maisons, à l'aide de petits poteaux de fer montés sur les toitures, ou de consoles scellées dans les maçonneries des cheminées.

Généralement, les maisons sur lesquelles sont placés ces supports sont plus ou moins incommodées par le bruit qu'occasionne la vibration des fils. On a essayé de parer à cet inconvénient de diverses façons : en enveloppant, par exemple, les fils de peau de chamois, ce qui a assez bien réussi.

3° Supports isolants.

Il est évident que l'on ne saurait fixer directement les fils sur les poteaux en bois ou en fer, sans établir ainsi des causes multipliées de pertes pour le courant. Il faut interposer un support isolant sur lequel le fil reposera directement.

Cet isolateur est généralement formé par une sorte de cloche en porcelaine dont la forme varie un peu suivant le mode d'attache sur le poteau.

Fig. 3. Cloche en porcelaine pourvue d'un petit mamelon supérieur sur lequel le fil s'enroule, et à l'intérieur de laquelle est mastiqué au plâtre et à la colle un crochet en fer galvanisé qui sert à le fixer sur le poteau. Ce même modèle avec un crochet intérieur droit est employé sur les poteaux à bras qui supportent une série nombreuse de fils.

Autre système analogue au précédent, mais la cloche de porcelaine est elle-même coiffée d'une cloche semblable en zinc qui supporte le fil.

Fig. 8 et 9. Cloche en porcelaine avec rebord supérieur embrassé par un étrier qui sert à la fixer sur le poteau, et portant intérieurement un crochet de fer galvanisé, scellé au plâtre et dans l'œil duquel passe le fil.

Fig. 10. La cloche en porcelaine qui supporte le fil comme dans le cas précédent, porte elle-même deux ailes embrassant le poteau, et qui servent à l'y fixer par de fortes vis qui traversent ces ailes.

Fig. 11 et 12. (Système belge.) Disposition analogue aux précédentes, mais généralement sur de plus

grandes dimensions. L'étrier est de forme plus complexe, un morceau de bois fait serrage entre le poteau et le collet de la cloche, enfin le crochet de fer supportant le fil est lui-même contenu dans une seconde cloche intérieure en ébonite (l'ébonite est du caoutchouc durci et vulcanisé). Ce système est très-avantageux dans les courbes de grand rayon ; pourvu d'une élasticité suffisante, il présente sur les précédents une plus grande solidité. L'expérience qui en a été faite en Belgique, consacre ce dernier modèle comme supérieur à tous les points de vue à tous les autres.

A cause des très-longes développements d'un fil conducteur, il est évident qu'il est indispensable de disposer de distance en distance des appareils raidisseurs maintenant la rigidité du conducteur, c'est ce que l'on appelle *les tendeurs*.

Fig. 6 et 7. Support isolant dit champignon, très-employé aujourd'hui à divers usages, et en particulier pour recevoir les tendeurs. Il est formé par une cloche en porcelaine à double champignon traversée par un boulon qui lui-même est arrêté, par sa tête et une clavette, sur des ferrures dont la forme varie avec l'emplacement où est fixé cet isolateur : double équerre à pattes droites ou courbes pour être vissée sur un poteau ou un pan plat, pattes à crampons pour être scellées dans la pierre, etc. Ce support est encore employé pour fixer les fils à une extrémité de ligne, en le faisant passer deux fois sur la gorge et contournant le bout dépassant en hélice sur le fil, il sert également dans les parties courbes à angle très-aigu, etc.

Télégraphie électrique.

2

Fig. 18 et 19. Tendeur généralement adopté, analogue aux raidisseurs employés pour les fils de clôture, et qui se fixe par son collier sur la gorge du support isolant précédent.

Quelquefois on intercale directement le raidisseur sur la ligne sans employer le support-champignon, mais ce procédé est bien inférieur au précédent.

4° Pose d'une ligne aérienne.

L'étude du parcours de la ligne ayant déterminé le meilleur tracé à adopter, les matériaux sont transportés dans des magasins distribués le long de la ligne et le travail réparti uniformément dans chacune de ces sections.

Voici les règles généralement adoptées, notamment en France. Les fils sont espacés entre eux de 0^m.60. Cet écartement est réduit à 0^m.50 et 0^m.40 aux points de passage de routes, etc.

Lorsque le poteau reçoit des isolateurs sur ses deux faces, ceux-ci se croisent successivement en hauteur.

La hauteur du fil inférieur au-dessus du sol doit être, au milieu de la portée entre deux poteaux, de 2 mètres au minimum ; mais on élève cette distance plutôt à 3 mètres et 4^m.50, surtout le long des routes et à leur traversée.

Si le nombre des fils est trop considérable, il est préférable d'établir deux lignes parallèles distantes de 1 mètre environ, plutôt que de trop surcharger un même poteau.

Les poteaux munis d'appareils de tension sont placés de kilomètre en kilomètre, les autres à 60 mètres les uns des autres pour les parties droites et plates, plus rapprochés dans les courbes.

On commence par distribuer les poteaux à pied d'œuvre, y fixe les supports isolants, et dresse les poteaux. Cette dernière opération se fait en pratiquant une petite tranchée parallèlement à la direction des fils, soit à la pelle, soit avec une petite sonde analogue à la sonde de Palissy. Puis les poteaux sont dressés à la main, ou à la corde et l'échelle, suivant leurs dimensions, le trou bouché et la terre bien tassée au pied du poteau.

On procède alors à la pose des fils. On déroule les couronnes sur le sol parallèlement aux pieds des poteaux en tendant le plus possible, et procède aux ligatures. Puis, à l'aide d'échelles, on fixe le fil dans les isolateurs, en pratiquant la tension sur les poteaux principaux, un homme agissant sur le tendeur pendant que les autres tirent le fil au moyen de pinces. Lorsque la ligne est placée, on la revoit de nouveau en réglant définitivement la tension.

Une brigade composée de dix à douze hommes peut poser 4 kilomètres de fil par jour.

§ 2. LIGNES SOUTERRAINES.

Les conducteurs employés dans les lignes souterraines, n'ayant plus à supporter des efforts de traction aussi considérables que dans les lignes aériennes, on a pu remplacer le fer par le cuivre qui offre

une beaucoup plus grande conductibilité. Mais, en revanche, il était indispensable de recouvrir ces fils d'une substance isolante, sous peine de ne pas pouvoir les faire fonctionner.

La jonction de deux bouts de fil se fait d'une façon un peu différente de celle que nous avons vu pratiquer dans le cas précédent. Les deux extrémités sont taillées en biseau, soudées à l'argent, et on ajoute une ligature en fil de cuivre fin (fig. 17, pl. I).

L'enveloppe isolante dont on se servait jusqu'ici était en gutta-percha, modifiée de façon à en empêcher l'oxydation; ce qu'on peut obtenir en y ajoutant du coton imbibé de *goudron de bois*, dit de Stockholm. Cela se nomme le guipage du fil.

Généralement on juxtapose plusieurs fils ainsi guipés, de façon à en faire des câbles qu'on recouvre d'un ruban goudronné, d'un guipage, d'un nouveau ruban goudronné, et enfin d'un dernier guipage.

Cette fabrication vient de recevoir un perfectionnement considérable, et les nouveaux câbles ainsi obtenus remplaceront certainement d'une façon exclusive les anciens.

Les câbles fabriqués par le système Berthoud, Borel et C^e, se composent du toron de fil de cuivre recouvert de lin enduit de tannin, qui sont renfermés dans une enveloppe de plomb, avec interposition d'une substance isolante. Les inventeurs ont choisi pour cette dernière matière un mélange de résines, et les câbles qu'ils obtiennent ainsi offrent une capacité double de ceux fabriqués autrefois avec du caoutchouc ou de la gutta-percha, pour les conducteurs

sous-marins dont nous parlerons tout à l'heure. Les nouveaux procédés ont permis en outre de produire à meilleur marché des câbles plus puissants, ce qui leur donne un double avantage.

Ils se servent d'une presse hydraulique analogue à celle qui sert à fabriquer les tuyaux de plomb (voir, pour la description de ces machines, le *Manuel du Plombier*), avec une disposition spéciale dans les mandrins, qui permet, en changeant la matrice, de faire varier les épaisseurs avec un diamètre intérieur constant. Le fil conducteur, préparé ainsi que nous l'avons dit, pénètre par un conduit vers la pointe du mandrin qui est percé pour lui donner passage, et c'est dans l'intérieur de ce mandrin qu'on coule la matière résineuse qui se solidifie autour du toron et fera corps avec lui. Ce premier câble intérieur, ainsi formé, s'écoule naturellement avec le tuyau de plomb dont il occupe le vide intérieur, la matière résineuse remplissant exactement le vide compris entre les parois intérieures et le toron.

Lorsqu'on doit poser ces câbles dans des endroits où il y a à redouter des émanations de gaz d'éclairage, on les place dans des tubes en plomb. Dans les autres cas, on emploie des tubes de fonte ou de poterie, suivant que le sol aura à supporter des pressions plus ou moins considérables. Ces tubes sont placés dans des tranchées de 1 mètre à 1^m.50 de profondeur, ils ont 2^m.50 de longueur, et se raccordent par emboîtement, comme les tuyaux de conduite ordinaires, par un matage au plomb, ou à l'aide d'un manchon de recouvrement avec scelle-

ment au plomb et au soufre, comme on le voit sur les figures 22 et 23, pl. I.

Pour pouvoir visiter la ligne, reconnaître les points où se sont produits les accidents, on dispose de distance en distance, sur le parcours, *des regards* ou caisses en maçonnerie où aboutissent les fils; ils y sont séparés et numérotés, afin de faciliter les recherches. Mais l'emploi des tuyaux nécessite, en cas de réparation, une perte de temps et d'argent pour les desceller, les briser et en replacer de nouveaux, et ces réparations peuvent être assez fréquentes par suite des ruptures dans les courbes.

La Belgique a adopté un système dû à M. Delperdange, qui a donné d'excellents résultats, et semble être préférable au précédent qu'emploie surtout la France.

Les tuyaux employés sont en fonte, d'une longueur uniforme de 3 mètres, et de diamètre variable suivant le nombre de fils qu'ils contiennent. Ce diamètre varie entre 8 et 5 centimètres, et l'épaisseur est de 0^m.008.

C'est ici qu'intervient la disposition spéciale qui caractérise le système. Les tuyaux portent sur toute leur longueur une fente longitudinale, ce qui permet d'introduire directement le câble comme si on le posait naturellement dans une tranchée, sans avoir à le tirer par une extrémité, ce qui supprime la plus grande partie des chances de rupture.

Pour fermer cette fente après l'introduction du câble, on passe dans le tuyau une barre de fer en J renversé dont les bords s'appliquent intérieurement

sur les lèvres de la fente, et qu'on fixe par des clavettes traversant extérieurement la partie droite du \mathcal{L} (fig. 20 et 21, pl. I). Cette partie droite s'abaisse aux deux extrémités en plan incliné de façon à laisser sur la surface externe, aux bouts des tuyaux, l'emplacement nécessaire au joint.

Le vide extérieur qui reste dans la fente est rempli avec un mastic métallique (limaille de fer, soufre, sel ammoniac). Seulement, aux joints de raccord et sur la largeur du joint, on introduit dans la rainure, à la place du mastic, de petites pièces de fonte moulées sur le vide de la rainure.

Les assemblages se font avec le joint Delperdange, bourrelet en caoutchouc, et manchon à brides et serrage par boulon.

De distance en distance de 200 mètres, les tuyaux portent un renflement vertical formant regard pour l'inspection du câble.

M. Papin fabrique des regards en fonte s'ajustant sur les tuyaux protecteurs, et très-bien disposés pour le service des câbles. Le couvercle boulonné peut être facilement déplacé, en même temps que la forme du joint sur la boîte écarte toute introduction d'eau dans la boîte.

Le raccord des lignes souterraines avec les fils des lignes aériennes se fait dans des colonnes creuses, de petits bâtiments spéciaux, ou dans des boîtes posées sur des consoles contre les murs d'un bâtiment.

Si les câbles souterrains offrent une conductibilité supérieure aux fils aériens, il s'y produit des phéno-

mènes électriques qui sont d'autre part une cause d'affaiblissement considérable de l'intensité dans les lignes.

Le fil avec son enveloppe isolante forme, surtout sur une grande longueur, une sorte de bouteille de Leyde se chargeant d'électricité et donnant lieu à des courants de retour qui nuisent beaucoup au service télégraphique. Nous aurons à revenir sur ces conditions particulières à propos des lignes sous-marines où ces phénomènes prennent une extension beaucoup plus considérable.

§ 3. LIGNES SOUS-MARINES.

La télégraphie sous-marine est en réalité d'origine bien récente, puisque le premier câble de ce genre, entre Calais et Douvre, date de 1857, et cependant aujourd'hui ces moyens de communication relient presque tous les continents entre eux, et le fait de correspondre avec New-York nous paraît aussi naturel que d'envoyer une dépêche à Bordeaux.

Cette question de la télégraphie sous-marine n'a reçu d'application que longtemps après la télégraphie aérienne, à cause des difficultés considérables que présente la fabrication du câble qui devait, avant toute autre condition, pouvoir être parfaitement isolé au milieu de la masse liquide si conductrice où il était plongé, puis ensuite être protégé par un revêtement assez solide pour l'abriter contre les causes nombreuses de destruction auxquelles il devait être abandonné. En effet, le fond de la mer présente une configura-

tion analogue à la surface de la terre, il est formé de plaines, de montagnes, et quels que soient le temps et les soins pris dans la pose, on doit prévoir qu'il ne suivra pas toujours exactement les sinuosités du terrain; il y aura nécessairement des portions de câble qui resteront suspendues, et qui subiront une double action destructive, d'une part par l'usure due aux frottements sur les points de repos, de l'autre par le poids considérable de cette portion de câble suspendue et qui en peut provoquer la rupture.

Ces conditions à remplir déterminent la constitution d'un semblable câble. Il sera donc formé de l'*âme*, c'est-à-dire du faisceau métallique conducteur revêtu de la couche isolante, et cette âme sera enveloppée d'une armature solide en fils-de-fer enveloppés d'une matière protectrice, avec interposition d'une couche de matière élastique destinée à protéger l'âme intérieure contre les écrasements que l'armature pourrait produire sur elle.

Nous avons déjà dit que l'on employait toujours le cuivre comme conducteur, parce que sa conductibilité électrique est beaucoup plus grande et qu'il n'y a pas autant à s'occuper de la résistance à la traction que dans les fils aériens. Ces fils sont toujours employés en cordelette dite *toron*, et les interstices qui pourraient exister sont comblés en empâtant le toron avec un mélange de gutta-percha, de résine et de goudron de Stockholm.

Ces torons se fabriquent à l'instar d'une corde ordinaire à plusieurs brins, les extrémités sont rendues continues en les limant en biseau et les soudant à

l'argent avec une épissure de fils fins et une nouvelle soudure.

On applique sur le toron de la gutta-percha à chaud avec des couches successivement intercalées de la composition précédente, dite *Enduit Chatterton*. Il est entraîné dans des augets d'eau froide où s'opère la consolidation de l'enveloppe. Cette opération se pratique à l'aide de cylindres dérouleurs et de passages à travers des filières qui assurent la constance de l'épaisseur et la position bien centrée du toron dans l'enveloppe.

M. le comte du Moncel, dans son ouvrage des applications de l'électricité, résume ainsi les conditions que devra remplir un câble : 1° pour chaque proportion donnée entre le coût des matériaux (conducteur et isolement), il existe une proportion correspondante entre les poids ou les diamètres de ces matériaux ; 2° pratiquement, l'épaisseur de l'isolement est presque toujours plus forte que l'épaisseur théorique ; 3° si l'on maintient une proportion constante entre les diamètres du conducteur et l'isolement, le nombre des mots par minute que l'on peut transmettre par une longueur donnée de câble est simplement proportionnel à la quantité de matière employée. Ainsi l'âme d'un câble pèse et coûte proportionnellement au nombre des mots transmis.

On emploie fréquemment le caoutchouc comme matière isolante à la place de la gutta-percha. Le caoutchouc offre plusieurs avantages, il donne moins lieu à la production des courants induits si nuisibles dans les câbles sous-marins, est moins sujet à être

endommagé pendant les manipulations, prend moins de conductibilité quand la température s'élève, mais en revanche la gutta-percha est plus inaltérable à l'action de l'eau de mer.

M. Willoughby Smith, ingénieur électricien, est parvenu à fabriquer une nouvelle espèce de gutta-percha qui lui permet très-avantageusement de lutter contre le caoutchouc.

Dans les câbles isolés avec le caoutchouc, cette matière est posée en bandes spiralées, puis le fil ainsi formé est enfermé entre deux bandes longitudinales reliées par simple contact, sous pression, des bords fraîchement coupés. On le soumet ensuite à une chaleur de 120°, en mélangeant les lanières longitudinales avec 6 0/0 de soufre et 10 0/0 de sulfure de plomb, pour le vulcaniser.

L'âme des câbles est ensuite enveloppée de chanvre, ou de jute appliqué humide, saturé de tannin ou de sel.

L'armature est fabriquée par un procédé analogue et avec les machines qui servent à fabriquer les cordages en fer. Nous n'entrerons pas dans le détail spécial de cette partie du travail. L'armature est elle-même enveloppée d'une couche d'étoupe enduite d'un mélange d'asphalte et de silicate de chaux, pour la mettre à l'abri de l'oxydation. Les figures 24 et 25 permettent de se rendre compte de la constitution intérieure d'un semblable câble.

Près des côtes, où le câble est plus soumis aux causes d'accident, on ajoute à l'armature, une carapace supplémentaire.

La pose d'un câble sous-marin est, comme on le comprend sans peine, une opération autrement compliquée et difficile que celle relative à un fil aérien, ou même un câble souterrain, bien qu'on puisse l'expliquer en deux mots. En effet, il n'y a qu'à enrouler ce câble sur un tambour monté sur un navire, et puis ensuite le laisser filer dans l'eau en déroulant ce tambour en même temps que le navire s'avance.

Mais l'on comprend que toutes ces opérations offrent dans l'exécution des quantités de détails, tous de grande importance, et ayant conduit à des engins plus ou moins complexes pour exécuter une semblable opération.

En dehors de circonstances particulières, il est évident que l'on doit toujours choisir comme parcours, celui qui se rapproche le plus de la ligne droite, et où se rencontrent les profondeurs les plus faibles, et les pentes les plus régulières. Cette route devra avoir été relevée sur la carte marine par des sondages fréquents permettant de connaître assez exactement la nature du fond, ce qui donnera un guide précieux pour conduire l'opération de la pose du câble.

Une autre circonstance capitale dans l'établissement d'un câble, c'est une étude attentive, et un choix judicieux des points d'atterrissement. Ils doivent être autant que possible en dehors des stations où les navires mettent à l'ancre, car c'est là une cause d'avaries fréquentes; enfin le poste télégraphique où aboutit le câble et qui le relie au fil de terre doit être aussi voisin que possible du point d'atterrissement.

Les accidents auxquels sont soumis ces câbles sont très-nombreux et très-divers : frottement et usure sur les rochers, bancs de corail, éboulements sous-marins, effets calorifiques dus à la température, animaux destructeurs, etc. Leur réparation est, ainsi qu'on peut le prévoir, une opération encore plus compliquée que celle de la pose. Il faut, lorsque le point de rupture a été approximativement déterminé, s'y transporter, chercher, en un point voisin, à rattraper le câble avec des grapins, le relever au niveau de l'eau et le hâler à bord, scier le câble, essayer électriquement si les deux portions ainsi séparées communiquent librement avec les postes d'atterrissage, puis souder une nouvelle portion réunissant les deux premières et le remettre en place.

L'étude détaillée de toutes ces opérations pourrait à elle seule faire l'objet d'un volume; nous nous contentons de les énoncer sommairement pour en faire comprendre le principe.

CHAPITRE IV.

Des Appareils communs à l'installation de tout système télégraphique.

§ 1. PARAFONDRES.

Parmi les appareils accessoires indispensables pour l'exploitation d'un système télégraphique quelconque, il faut citer en premier les parafoudres.

Si l'on réfléchit un instant aux dispositions que présentent les lignes télégraphiques, aux intensités

Télégraphie électrique.

3

considérables des phénomènes électriques de l'atmosphère, on comprend sans peine combien l'on se trouve dans des conditions défavorables, et combien l'on a à redouter les actions destructives que ces phénomènes peuvent déterminer dans les appareils. Il faut donc de toute nécessité disposer des appareils accessoires qui préservent tous les mécanismes que renferme un poste. Ces appareils sont les parafoudres ou paratonnerres, qui ont pour but de faire passer à la terre les courants d'électricité atmosphérique ou statique. Aussi cet appareil est-il le premier placé dans un poste à l'entrée du fil de ligne.

On en emploie surtout deux modèles : le paratonnerre à pointes, et celui à plaques. Ils sont basés sur ce fait que les courants qu'il s'agit de détourner présentant une tension considérable, si on leur offre dans le circuit une surface assez grande, voisine d'un conducteur analogue communiquant à la terre, ils s'écouleront entre ces deux points lorsqu'ils se produiront sur la ligne.

Paratonnerre à pointes (fig. 26 et 27, pl. I). — Le fil de ligne, en arrivant au poste, est fixé sur une plaque métallique pourvue en dessous d'une grande quantité de pointes, et se rend ensuite au récepteur, par deux poupées L, R, montées sur les extrémités de la plaque. En regard de cette première plaque, s'en trouve une seconde reliée à la terre ; toutes deux sont séparées par une mince lame d'air. Le courant ordinaire arrive par L et s'écoule par R en suivant la première plaque, mais un courant beaucoup plus intense vaincra la résistance de la mince couche d'air ;

d'ailleurs on sait que les pointes favorisent l'écoulement de l'électricité atmosphérique. Celle-ci s'écoulera donc de préférence vers la terre à travers le paratonnerre.

Le plus souvent les deux plaques sont munies de pointes qui s'entrecroisent mutuellement.

Paratonnerre à lame isolante (fig. 31, pl. I).— Si on prend deux plaques disposées dans le circuit comme les précédentes, mais entièrement dépourvues de pointes, et séparées seulement par une lame isolante très-mince de papier ou de mica, on comprend très-bien que la résistance de cette lame s'opposera au passage du courant télégraphique, mais point aux décharges de l'électricité atmosphérique.

Paratonnerre à fil conservateur. — Ces derniers appareils sont basés sur les effets calorifiques des courants atmosphériques (fig. 29, pl. I).

Un petit cylindre de cuivre est partagé en trois sections A, B, C par deux petites rondelles d'ivoire m, n ; et sur ce cylindre on enroule un fil-de-fer très-fin (0^{mm}.1 environ) recouvert de soie sur toute sa longueur, sauf aux deux extrémités où il aboutit aux bornes V, V. La partie moyenne B communique avec la terre, A avec la ligne, C avec les appareils, et le fil fin relie la ligne à la terre.

S'il vient à passer un courant atmosphérique, la soie est fondue, la ligne est mise en communication par A et B avec la terre, et ne traverse plus les appareils.

Souvent cet appareil est employé conjointement avec un des deux paratonnerres précédents, comme double sécurité. On le place entre le paratonnerre et

les appareils, ou bien on les relie mutuellement de la façon suivante (fig. 28). La bobine à fil préservateur est portée par trois poupées montées dans un socle de bois sur trois plaques formant un double paratonnerre à pointe. La plaque centrale correspond à la terre, l'une des extrêmes avec les appareils. Le fil de ligne aboutit dans un commutateur. Lorsque le levier du commutateur est en communication avec la plaque de la borne A, le courant va au récepteur en passant par le paratonnerre à pointes. S'il est sur la plaque de borne P, le courant passe à la fois par le paratonnerre à plaque et par celui à fil préservateur; enfin s'il est sur la troisième, les appareils sont complètement isolés de la ligne. La première position est adoptée en temps ordinaire, la seconde en temps orageux, et la dernière lorsque l'orage devient assez violent pour donner des craintes; il est évident que dans ce cas tout travail télégraphique est suspendu.

Paratonnerre de M. Ch. Bright (fig. 32).— M. Bright a disposé un paratonnerre analogue au précédent, mais qui a l'avantage de maintenir la ligne en communication après que les effets de la foudre ont détruit un des fils de fusion, ce qui évite un examen aussi fréquent des paratonnerres que dans le cas précédent.

Il est formé d'un système de deux paratonnerres à pointes analogues à ceux du système précédent, seulement la plaque intermédiaire est divisée en deux, et les deux parties réunies à l'aide d'un certain nombre de fils fins tendus.

Les plaques extrêmes sont reliées à la terre par un bouton T. Le fil de ligne aboutit à l'un des côtés du cadre central et passe aux récepteurs à travers les fils et une tige centrale MN qui s'appuie sur ces fils par une goupille. Si le premier fil est brûlé, la tige MN descend, mais la goupille est arrêtée par le second fil et la communication rétablie, et cela tant qu'il reste des fils. Enfin, quand le dernier fil est brûlé, la tige MN vient en contact avec le bouton T, et l'appareil récepteur est isolé à son tour. Il faut alors remonter l'appareil protecteur.

§ 2. COMMULATEURS.

Le commutateur est un appareil avec lequel on modifie la direction d'un courant, de façon à pouvoir à volonté le diriger dans telle ou telle partie de l'installation. Il y a plusieurs modèles également employés.

Commutateur rond (fig. 36). — Il se compose d'une borne en bois sur le pourtour de laquelle sont fixées des poupées où aboutissent les fils correspondants à diverses directions.

Au centre de l'appareil est placée une manette dont l'axe communique d'une manière fixe par une languette de métal avec une borne constante. On voit que l'on peut, à l'aide de cette manette, mettre cette direction constante en rapport avec l'une quelconque des autres du poste.

Commutateur bavarois (fig. 30). — Il se compose de trois plaques épaisses en cuivre juxtaposées et isolées entre elles par un support en bois ou caoutchouc durci.

Chaque lame porte la borne d'entrée ou de sortie d'une direction. Une fiche métallique à tête de bois peut être enfoncée dans les échancrures placées entre les plaques, et établir ainsi la communication qui est parfaitement assurée. On comprend qu'on peut multiplier le nombre des plaques.

Commutateur suisse (fig. 33 et 34). — Cet appareil, qui a assez d'analogie avec le précédent, se compose d'un système de lames de cuivre formant entre elles deux faisceaux perpendiculaires. Chacune de ces lames est l'origine d'une direction. A chaque croisement des lames sont pratiquées des ouvertures dans lesquelles on peut enfoncer des fiches établissant les communications entre deux lames déterminées.

Commutateur inverse (fig. 35). — Cet appareil est destiné à changer, par un seul mouvement, deux communications à la fois. Il sert à produire les inversions de courant. C'est une modification du premier commutateur. Il y a deux leviers solidaires par une manette isolatrice. Le fil de ligne et celui de terre aboutissent aux axes des manettes, dont les extrémités touchent simultanément des plaques mises en rapport avec les pôles différents de la pile. On voit ainsi qu'on met alternativement le pôle cuivre sur le fil de ligne, et le pôle zinc à la terre et inversement.

§ 3. SONNERIE.

La sonnerie est un appareil faisant partie de toutes les installations télégraphiques, et destiné à avertir d'un poste à l'autre qu'il va y avoir une transmission de dépêche.

On distingue deux espèces de sonnerie : la sonnerie à trembleur qui est la plus répandue, et la sonnerie à relais.

Sonnerie à trembleur. — Il suffit, pour établir un appareil de ce genre, de prendre un électro-aimant ordinaire, et d'ajouter à l'armature un marteau léger frappant sur un timbre à chaque mouvement de l'armature. Mais on obtient un effet beaucoup plus efficace en changeant un peu la disposition ordinaire de l'électro-aimant. Il suffit pour cela de faire communiquer l'une des extrémités de la bobine avec l'axe de l'armature, l'autre, comme d'habitude, avec un pôle de la pile, et le second pôle avec le buttoir qui est en contact avec l'armature lorsqu'elle est en repos. Par cette disposition, c'est l'armature elle-même qui ferme le courant, de telle sorte que son mouvement, et par suite celui de la sonnerie, est continu, sans qu'on ait besoin d'interrompre le courant au manipulateur.

La figure 38 montre cette disposition et se comprend maintenant aisément sans que nous ayons besoin d'entrer dans de plus amples détails.

Sonnerie à relais. — Il peut arriver, pour des besoins du service, que la sonnerie soit maintenue en branle au poste averti, de façon à prévenir l'employé et le faire rendre aussitôt à l'appareil pour renvoyer à son tour un accusé de réception ou tout autre signal, disposition dont nous verrons l'emploi dans les applications de la télégraphie au service des chemins de fer.

Avec l'appareil précédent, il est évident qu'il faudrait que le poste expéditeur maintienne le courant

fermé aussi longtemps que la réponse serait à venir. On a donc modifié la disposition pour éviter cet inconvénient.

On emploie pour cela des appareils sur lesquels nous nous étendrons plus loin et qu'on nomme relais. Nous nous contenterons ici de dire en deux mots comment on peut, avec leur aide, faire fonctionner la sonnerie. Imaginez un circuit local, avec un électro-aimant dont l'armature, en temps ordinaire, est retenue, en dehors du contact avec les noyaux, par une sorte de verrou à ressort. Ce circuit est donc ouvert. A côté de ce premier électro-aimant, supposons-en un second inséré dans le circuit de la ligne, dont l'armature sera naturellement appelée au contact lorsque le courant traversera ce circuit; si, dans le mouvement qu'opère cette armature, le verrou-ressort qui maintenait la première est dégagé, celle-ci viendra au contact et fermera le circuit local. Or, si la sonnerie a été montée sur l'électro-aimant de ce circuit local, on voit qu'elle entrera aussitôt en branle et que cette action continuera tant que, par une action nouvelle, on n'aura pas ouvert ce circuit, ce que l'on obtiendra à l'aide d'un bouton agissant sur le verrou et remettant en prise l'armature. Un seul signal du poste expéditeur mettra donc en action la sonnerie du poste-receveur, et celle-ci fonctionnera sans s'interrompre jusqu'à ce que l'agent interpellé soit venu à son poste, l'ait arrêtée et avisé son expéditeur de sa présence.

Il arrive quelquefois, et cela surtout au poste central qui communique avec une série de postes parti-

culiers, que l'on réunit dans une même boîte plusieurs sonneries à relais qui n'ont qu'un seul timbre. Ce signal ne suffirait donc pas à lui seul pour apprendre à l'agent quel est le poste qui l'interpelle, et avec qui il doit se mettre en rapport. M. Bréguet a remédié à cet inconvénient par une disposition ingénieuse. L'armature de l'électro-aimant introduit dans le circuit général, actionne non-seulement celui du relais, mais encore un petit verrou à ressort qui maintient un petit voyant tournant autour d'un petit pivot dans un guichet pratiqué sur la paroi de la boîte de l'appareil. Si un circuit local fonctionne, ce verrou abaissé, laisse libre le voyant qui sort en dehors du guichet, apprenant ainsi au receveur quel est le poste qui l'a interpellé. Il n'y a qu'à repousser le petit voyant dans la boîte, il vient se raccrocher sur la tête du verrou et est prêt à fonctionner à un nouvel appel. L'apparition simultanée de plusieurs voyants indique également que plusieurs postes désirent correspondre, le receveur les attaque alors successivement.

Ce même système de voyant peut être avantageusement employé dans une sonnerie trembleuse ordinaire, à la place du relais pour laisser un signe permanent de l'appel, malgré une brève émission, et un tintement passager. C'est donc encore un autre moyen de prévenir un poste, sans obliger l'appelant à prolonger sa manipulation, jusqu'à ce qu'il reçoive avis de son interpellation. Toutefois, ce moyen agit évidemment moins efficacement que la sonnerie pour éveiller l'attention d'un agent ; il nous paraît excel-

lent comme auxiliaire, mais insuffisant au point de vue du service, quand on l'emploie seul.

§ 4. BOBINES ET BOÎTES DE RÉSISTANCE.

Les transmissions télégraphiques sont intimement liées à la résistance du circuit sur lequel elles s'opèrent. Il était intéressant de posséder un appareil permettant de régler cette résistance, afin de pouvoir régler également aussi l'intensité du courant, dont dépendent le fonctionnement et la conservation des appareils récepteurs.

Ce résultat s'obtient au moyen des bobines et boîtes de résistance. Ces bobines sont construites en fil métallique de maillechort (alliage de cuivre, zinc et nickel) dont la résistance varie très-peu par les effets de la température. Le fil est recouvert de soie. On les construit de façon à représenter des nombres déterminés de l'unité adoptée, depuis 1 jusqu'à 10,000 unités.

Elles sont habituellement montées dans une caisse, comme le montre la figure 40. *a, a* sont des plaques de laiton épaisses dont la résistance peut être regardée comme nulle ; *b, b* sont des fiches en laiton à tête en bois. Sur le couvercle de la boîte est inscrit au-dessus de chaque bobine un chiffre indiquant le nombre d'unités de résistance correspondantes. La boîte étant introduite dans le circuit à l'aide de deux poupées extrêmes, si toutes les fiches sont en place, le courant passe à travers la série des plaques et le corps des fiches sans y rencontrer de résistance additionnelle.

Mais si l'on vient à enlever une des fiches, le courant, pour passer d'une plaque a à la suivante, doit traverser la bobine correspondante à la fiche. On a donc introduit dans le circuit une résistance déterminée. On enlève une, deux... fiches suivant les besoins.

Quelquefois, les bobines de résistance sont remplacées par un rhéostat. On sait que cet appareil est formé par un cylindre en ébonite recouvert d'un fil conducteur dont on peut introduire une longueur connue, par suite une résistance déterminée dans le circuit. L'aiguille qui sert à manœuvrer l'appareil se meut sur un cadran où elle indique en même temps la résistance variable due au rhéostat dans chaque position qu'elle occupe.

§ 5. CONDENSATEURS.

Les condensateurs sont des appareils qui ont non-seulement pour but de faire varier les résistances, mais encore de corriger les effets dus aux phénomènes d'induction qui atteignent des valeurs très-importantes, principalement dans les câbles sous-marins. Ils sont généralement formés d'une lame isolante séparant deux feuilles d'étain. Cette lame isolante est une bande de taffetas, ou du papier imbibé de paraffine, ou toute autre substance analogue. On peut ainsi, sous un très-petit volume, réunir une surface considérable et obtenir un appareil capable d'équilibrer des actions inductives très-puissantes.

Ces condensateurs s'appliquent encore lorsqu'on se sert des systèmes dits duplex, quadruplex, dont nous

parlons au cours de cette étude. L'unité ou étalon dont on se sert pour comparer les condensateurs se nomme *Microfarad* ; elle est égale à la charge que prend un câble sous-marin d'éléments déterminés.

CHAPITRE V.

Des Appareils télégraphiques à Signaux fugitifs.

§ 1. TÉLÉGRAPHE ANGLAIS DE MM. COOKE ET WHEATSTONE (*Single-needle*).

Nous allons donner la description du premier télégraphe électrique installé en Angleterre par MM. Cooke et Wheatstone, désigné sous le nom de *Single needle* (simple aiguille), en choisissant le dernier type tel qu'il est adopté aujourd'hui.

Il est basé sur la propriété que présente une aiguille aimantée, placée au centre d'une bobine, de dévier à droite ou à gauche suivant le sens dans lequel le courant pénètre dans la bobine. L'alphabet conventionnel, à l'aide duquel on transmet les signaux avec cet appareil, est établi en combinant entre elles les deux positions à droite et à gauche de l'aiguille, chaque lettre ou signe étant formé par une série propre de ces deux positions.

Ce qui le caractérise, c'est que le même appareil sert à la fois de manipulateur et de récepteur.

Etudions d'abord l'appareil comme récepteur, nous verrons ensuite son jeu comme manipulateur.

La figure 39 montre en A la bobine formée par un double multiplicateur dont le courant parcourt les fils dans le même sens; de telle sorte que les deux parties exercent à la fois une même action pour déterminer la déviation de l'aiguille qui se meut entre elles. Ce n'est pas précisément cette aiguille que l'on observe, mais bien une semblable montée parallèlement sur l'axe, en dehors de la boîte sur la paroi extérieure, et qui se meut entre deux petits buttoirs d'ivoire qui limitent l'amplitude des excursions; de plus la position du centre de gravité du système des aiguilles maintient les aiguilles verticales, quand le courant ne passe pas. Les extrémités des fils des bobines sont reliées par des conducteurs métalliques aux deux poupées U et D où l'on fixe les fils de ligne et de terre. On comprend que suivant que le courant passe dans la bobine de droite à gauche, ou de gauche à droite, l'aiguille se déplacera dans un sens ou dans l'autre.

Etudions maintenant le manipulateur, et voyons comment on peut obtenir ce renversement de marche du sens du courant. Lorsqu'on veut envoyer une dépêche, on agit sur la manette disposée extérieurement au bas de l'appareil, qui normalement est verticale comme les aiguilles, et à laquelle on donne des déplacements angulaires, variant entre 15 et 20°. Cette manette commande un commutateur dont voici la construction. Il est formé d'une tige d'ivoire B constituant l'axe de la manette, portant deux rondelles de métal *c* et *z* mises en rapport par des conducteurs fixes avec les poupées C Z, où s'attachent les fils ve-

nant des pôles de la pile. Ces deux rondelles portent elles-mêmes deux petites chevilles en métal placées suivant la direction d'un diamètre du cylindre B. Nous pouvons considérer ces deux chevilles comme les deux pôles de la pile.

Les deux conducteurs aboutissant aux poupées D et Z sont semblables, l'un d'eux est visible sur la figure 39, il est formé, comme on le voit, d'une sorte de pince à deux branches inégales. Les deux grandes viennent butter à la partie supérieure contre une tige de métal qui traverse un cylindre d'ivoire n parallèle à B, les deux autres s'arrêtent en regard de la rondelle c . Les deux chevilles c' et z' viennent alternativement toucher, dans le mouvement de rotation de l'axe B, la première les petites pinces, la seconde les grandes, et naturellement ces contacts se produisent à la fois sur les conducteurs opposés.

Quand la cheville z' rencontrera la grande branche de droite, elle écartera cette branche du contact n , en même temps la cheville c' rencontre la petite branche de l'autre pince, et le courant part du pôle z' dans le fil de ligne, traverse le multiplicateur de l'autre station, revient par le fil de terre vers le pôle c' . Si l'on tourne la manette dans l'autre sens, le courant part du pôle z' dans le fil de terre, traverse le multiplicateur et revient au pôle c' par le fil de ligne. On voit ainsi que le changement de sens de la manette correspond à celui du déplacement de l'aiguille.

Dans le principe, l'appareil de Cooke et Wheatstone comprenait jusqu'à cinq aiguilles, on voit les simplifications qui y ont été apportées. Quelquefois, pour

obtenir une plus grande rapidité qui va jusqu'à vingt mots par minute, on emploie un appareil double, composé de deux multiplicateurs, de deux aiguilles extérieures voisines de quatre fils et de deux clefs. Ces deux systèmes étant indépendants, le signe de chaque lettre se fait par la position relative des deux aiguilles pour former tous les signes composés.

On a remplacé dans quelques appareils la manette par un système de pédale. La figure 37 montre alors comment se fait la transmission du courant. Les deux pédales sont formées de deux langues L, I, de métal auxquelles sont reliés les fils de ligne et de terre. Elles sont comprises entre deux bandes de métal Z et C qui sont reliées aux pôles de la pile, et en temps ordinaire s'appuient sur la bande supérieure Z, fermant ainsi le circuit. Si l'on appuie sur la pédale L, on ouvre le circuit par le fil de ligne ; quand, au contraire, on appuie sur la pédale T, on ouvre le circuit par le fil de terre, produisant ainsi les mouvements alternatifs de l'aiguille.

§ 2. TÉLÉGRAPHE A CADRAN DE M. BREGUET.

Ce système est très-répandu. Il a servi longtemps presque exclusivement en France, les compagnies de chemin de fer le placent encore dans les postes intermédiaires. Il est représenté par l'ensemble des figures 41, 42, 43, pl. I.

La figure 42 montre le manipulateur ; c'est un cadran en cuivre disposé à plat sur le bureau de l'opérateur, portant dans deux cercles concentriques les

lettres de l'alphabet et les vingt-cinq premiers chiffres. La manette munie d'une poignée de bois qui sert à la manœuvre est articulée sur un pivot au centre du cadran. Celui-ci porte sur son pourtour, vis-à-vis de chaque signe, une encoche dans laquelle entre une saillie de la face inférieure de la manette.

Voici comment est réglé le mouvement de la main : on soulève la manette de façon à dégager la saillie de l'encoche où elle reposait, et on tourne jusqu'à la lettre voulue sur laquelle on abaisse la manette en l'arrêtant à l'encoche correspondante ; puis on la relève, et continuant toujours à tourner dans le même sens, on passe ainsi successivement à toutes les lettres du mot sans s'arrêter au point de départ. Une station à ce point sert à séparer les mots entre eux. Par un signal de convention, on indique que l'on opère, non plus sur l'alphabet des lettres, mais bien sur celui-ci des chiffres. Sous le cadran se trouve, dans une pièce de métal qui est liée avec la manette, une rainure circulaire et sinueuse dont une portion est visible sur la figure. Un levier cb mobile autour du point a va, par un appendice et un galet, s'engager dans cette rainure qui fait ainsi, pendant qu'elle tourne, avancer ou reculer le petit bras ca , tandis que le grand bras ab éprouve un mouvement correspondant et opposé ; de telle sorte que l'extrémité b vient alternativement presser les ressorts fixés à deux buttoirs et se mettre en contact avec eux. Ces buttoirs correspondent eux-mêmes par des languettes de métal incrustées dans le socle avec les poupées où s'attachent les fils du circuit. Il faut remarquer que dans

cette rainure sinueuse, les parties les plus voisines du centre correspondent aux lettres de rang pair, et les plus éloignées au rang impair; ainsi pour A il y a rupture, pour B fermeture, pour C ouverture, etc. En faisant tourner la manette, on entraîne cette pièce sinueuse et produit ainsi les ouvertures et fermetures successives du courant.

Sur le manipulateur sont placées une série de poutres et deux commutateurs R_1 , R_2 qui permettent de mettre à volonté l'appareil en communication avec l'un des deux postes entre lesquels on se trouve placé. Quelquefois ces commutateurs sont placés sur de petits socles en dehors du cadran.

Le récepteur est représenté vu de face dans la figure 43, et le mécanisme intérieur dans la figure 41. Il présente l'apparence d'une boîte cubique en acajou, avec un cadran fermé par un verre où une aiguille se déplace sur une série d'indications analogues à celles figurées sur le manipulateur. On voit les deux fils du circuit pénétrer dans la boîte et s'enrouler sur les bobines de l'électro-aimant placé devant une platine de fer doux t . Ce qui distingue surtout cet appareil, ce sont les deux dispositions suivantes :

1° Un petit mouvement d'horlogerie qui tend sans cesse à faire mouvoir la petite roue a sur laquelle est montée l'aiguille du cadran. L'électro-aimant n'agit plus directement pour manœuvrer cette aiguille, il sert comme interrupteur pour permettre au mouvement d'horlogerie de laisser passer un nombre plus ou moins considérable de dents, et par suite de dé-

terminer le déplacement de l'aiguille d'autant de divisions sur le cadran ;

2° Par l'échappement particulier par lequel M. Breguet a assuré le jeu de l'électro-aimant.

Deux petites palettes x, y sont montées sur un axe cd qui est seulement un axe d'oscillation ; elles sont à une distance l'une de l'autre égale à la moitié de l'intervalle qui sépare une dent de la suivante, ou à une demi-longueur de dent ; leur hauteur est telle, que la dent de la roue a ne peut passer sans les rencontrer, si elle les trouve sur son chemin ; mais elle ne les y trouve pas toujours, et surtout jamais elle ne les y trouve toutes les deux à la fois. Supposons que la palette x soit en prise, qu'une dent soit venue heurter contre elle et s'y arrêter, alors la palette y n'est pas en prise, elle n'est même pas tout à fait sur le chemin de la dent ; elle est, par exemple, un peu en arrière du plan d'échappement de la roue telle que la représente la figure. Si maintenant l'oscillation de l'axe cd amène en avant le haut de la palette x et la dégage, le haut de la palette y est lui-même amené en avant : elle entre en prise en se présentant sur le chemin de la dent qui vient frapper de front et s'y arrêter ; la roue a donc avancé d'une demi-dent et pas davantage. Une oscillation contraire de cd fait repasser la palette y en arrière en la dégageant, et en même temps ramène en prise la palette x qui arrête la dent et ainsi de suite. Ces oscillations alternatives de cd sont produites par l'action de l'électro-aimant ; l'armature mobile t autour de l'axe hh porte un levier à fourchette gi qui vient prendre une gou-

pille du petit bras z de l'arbre cd . Chacun des mouvements en avant et en arrière de l'armature détermine une demi-oscillation de l'arbre cd et l'avancement d'une demi-dent de la roue a .

Le petit cadran a placé sur la gauche de la boîte (fig. 43) permet de régler convenablement la tension du ressort de l'armature en rapport avec la force du courant. Lorsque l'on voit que l'aiguille ne fonctionne pas régulièrement, on peut, par une simple pression sur le petit bouton b , ramener l'aiguille au zéro, sans l'intervention du courant. Ce bouton imprime à l'armature les mouvements d'oscillation qui font marcher l'aiguille.

On voit par ce mécanisme que les ouvertures et fermetures successives du courant produites par la manette du récepteur, et correspondantes aux déplacements de lettres en lettres, déterminent des mouvements alternatifs de l'armature de l'électro-aimant, et ceux-ci l'avancement égal de l'aiguille du récepteur sur le cadran.

L'opérateur placé au manipulateur ayant naturellement des temps d'arrêt dans sa manœuvre, lorsqu'il fait pénétrer la goupille dans les encoches en regard des lettres, l'aiguille du récepteur éprouve un temps d'arrêt analogue en regard des mêmes lettres. Le receveur épelle donc ainsi le mot au fur et à mesure qu'il est écrit. Les arrêts au zéro indiquent le changement de mots.

Il nous reste maintenant à décrire la constitution d'un poste. Chacun renferme un récepteur, un manipulateur, une pile et une sonnerie quelquefois dis-

tincte pour chacun des postes avec lequel il communique, d'autres fois communes pour les deux postes. En plus, sur chacun des circuits il y a une boussole servant à reconnaître la marche en intensité du courant.

Les deux fils venant des pôles de la pile aboutissent en A et B, le fil de terre aboutit en T. Le manipulateur R_1 correspond au poste de gauche que nous désignons par n° 1, le manipulateur R_2 au poste de droite n° 2. Les fils de ligne aboutissent aux poupées centrales des commutateurs qui, lorsque l'appareil est en repos, sont placés sur les boutons S, de telle sorte que les courants des deux circuits peuvent passer par les sonneries, dont le tintement avertira d'une attaque. La boussole placée sur la ligne 1 ou 2 apprend en même temps de quel poste vient l'attaque, s'il y avait une sonnerie unique du poste. Admettons que l'attaque vienne de droite, on place le commutateur R_2 sur E_2 , ce qui met la ligne en rapport avec le récepteur, et on répond, par un tintement, qu'on est prêt et reçoit la dépêche.

Si l'on veut, au contraire, communiquer avec 1, on met R_1 en communication avec E_1 , tourne la manivelle de plusieurs tours, ce qui prévient l'autre stationnaire, attend sur son récepteur l'avis qu'on est prêt à le recevoir, et lance sa dépêche.

Pour éviter les erreurs, la dépêche est de nouveau renvoyée de 2 vers le poste actuel. Quand un receveur ne comprend pas un mot, il ramène son aiguille au zéro, tourne la manivelle de son manipulateur plusieurs fois, ce qui coupe le circuit, interrompt la

communication, et par cela même prévient son correspondant qu'il doit recommencer le mot en cours de transmission.

§ 3. TÉLÉGRAPHE A CADRAN ET A CLAVIER
DE M. FROMENT.

L'appareil que nous allons décrire diffère des systèmes ordinaires à cadrans par la disposition du manipulateur qui est disposé comme un clavier de piano, avec 28 touches correspondant aux 28 divisions du cadran du récepteur qui, d'ailleurs, conserve l'apparence ordinaire de celui du système précédent.

Les figures 48 à 50, pl. I, montrent le mécanisme et permettent de suivre le fonctionnement de l'appareil. Le manipulateur et le récepteur sont réunis d'une façon permanente, la sonnerie est portée directement par le récepteur, mais elle est commandée par un électro-aimant particulier qui fait toujours partie du circuit en temps normal, de sorte qu'elle est mise en mouvement lorsqu'on presse une des touches du clavier. Les stationnaires qui ont à correspondre mettent leurs commutateurs respectifs en position, et la dépêche s'échange.

La figure 48 montre une coupe longitudinale du manipulateur. Un mouvement d'horlogerie situé à droite en *h* tend à faire tourner à raison de plusieurs tours à la seconde, un arbre d'acier *a a*, qui se termine à droite par une roue à rochet *r*, laquelle vient butter contre un cliquet *c* (fig. 49) maintenu par un ressort à

boudin; il faut presser sur ce prolongement *c* pour dégager le cliquet et permettre à la roue d'avancer. Or, il se trouve une longue règle *ZZ* (fig. 48) droite, mince et légère, ingénieusement suspendue et équilibrée par une sorte de parallélogramme qui descend parallèlement à elle-même, pour peu qu'on la presse en un point, et ce mouvement s'obtient lorsqu'on appuie sur les touches du clavier. C'est cette règle qui vient à son tour appuyer sur le cliquet et donner à l'arbre la facilité de tourner.

Il nous reste à expliquer maintenant comment M. Froment est arrivé à différencier le mouvement de chacune des touches. L'arbre *aa* porte au droit de chaque touche un bras dirigé normalement à l'axe; tous ces bras sont égaux, mais ils sont implantés sur l'axe suivant une hélice dont la révolution correspond à la longueur du clavier. De plus, chaque touche porte en dessous une cheville d'arrêt qui peut venir butter contre le bras correspondant implanté sur l'arbre.

Le jeu de l'appareil est facile à comprendre. Si nous appuyons sur une touche, celle de la lettre *D* par exemple, nous abaissons la règle *ZZ*, dégageons le cliquet *c*, déterminons la rotation de l'arbre *aa* jusqu'à ce que la palette vienne rencontrer la cheville portée par la touche, le mouvement se trouve arrêté, et comme, en abandonnant la touche, nous avons relevé la règle *ZZ*, le cliquet *c* est engagé dans la roue *r*, et le mouvement de l'arbre ne peut continuer. Agissons de même sur une autre lettre, soit *M*, les mêmes actions vont se reproduire, et l'arbre aura

tourné de autant de fois $\frac{1}{28}$ de circonférence qu'il y a de lettres comprises entre D et M ou $\frac{8}{28}$.

Or, l'arbre *aa* se termine à gauche par une roue dentée contenant 14 dents et 14 espaces vides, tournant entre deux ressorts faisant partie du circuit, et produisant ainsi une série de fermetures et d'ouvertures du circuit suivant le passage d'un vide ou d'une dent devant l'un des ressorts. On comprend alors que, dans l'exemple précédent, quand, après avoir touché la lettre D, nous serons passés à M, nous aurons produit 4 ouvertures, puis 4 fermetures successives dans le circuit.

Ces alternatives de marche dans le circuit sont transportées dans le récepteur représenté fig. 50. L'aiguille est montée sur une roue qui porte 14 dents. Cette roue *o* et l'ancre *uv* forment un échappement à ancre ordinaire. L'ancre est mobile autour d'un pivot et liée par un levier *stx* à l'armature de l'électro-aimant. Chacune des ouvertures et fermetures du courant correspond à un mouvement en avant ou en arrière de l'armature, par suite à un déplacement latéral de l'ancre et à l'avancement d'une demi-dent de la roue *o*. Reprenant encore l'exemple précédent, quand, après avoir touché sur le manipulateur la touche D, on appuiera sur M, on aura produit 4 fermetures et 4 ouvertures du circuit, par conséquent l'avancement de 8 intervalles successifs de la roue du récepteur. Si donc, dans ce dernier, l'aiguille, au commencement, coïncidait avec la lettre D, elle se sera déplacée jusqu'en M.

§ 4. TÉLÉGRAPHE A SIGNAUX CONVENTIONNELS,
DE MM. FOY ET BREGUET.

Ce système fut le premier installé en France, et est né sous l'empire des habitudes créées par le télégraphe aérien de Chappe. M. Foy, directeur des télégraphes, désira, pour la commodité du service, que les anciens signes fussent conservés dans la télégraphie électrique. Il a été imaginé par MM. Foy et Breguet.

Le récepteur du télégraphe porte, au lieu d'un cadran, un espace blanc rectangulaire sur lequel sont placées symétriquement deux aiguilles. Une bande noire peinte sur le fond blanc et par conséquent immobile joint les axes des deux aiguilles. On la nomme régulateur. Chaque aiguille est une lame moitié blanche, moitié noire qui se meut à une extrémité du régulateur. La moitié noire est nommée indicateur, et les signaux sont formés par la combinaison des positions diverses des indicateurs avec la traverse fixe du régulateur. L'alphabet des signaux était d'ailleurs le même que celui de l'ancien télégraphe aérien Chappe.

Il est évident que les deux aiguilles devant marcher isolément, le récepteur doit être double, contenir deux électro-aimants, deux mouvements d'horlogerie, en un mot deux mécanismes complets.

Chacun des indicateurs devait pouvoir prendre huit positions, ce qui, par leur combinaison mutuelle, donnait soixante-quatre signaux. M. Breguet a employé

le même mécanisme que celui adopté pour le récepteur de son télégraphe à cadran. Seulement ici la roue dentée qui est montée sur l'axe de l'aiguille n'a plus besoin d'avoir que quatre dents.

Le manipulateur lui-même n'est qu'une modification de celui du télégraphe à cadran de M. Breguet. Le cadran porte huit encoches, il est disposé verticalement, et l'on fait prendre à la manette des positions correspondantes à celles que devra prendre l'indicateur; elle entraîne avec elle un cadran qui imprime un mouvement de va-et-vient à un levier oscillant entre les deux pôles et produisant des alternatives de fermeture et d'ouverture du circuit. Cet appareil, comme construction et fonctionnement, est en tous points analogue à celui à cadran du même auteur.

§ 5. TÉLÉGRAPHE A CADRAN DE M. SIEMENS ET DE WHEATSTONE.

Les appareils à cadran ont reçu certaines modifications pour permettre de les employer sans piles dans les installations télégraphiques, où les courants sont produits à l'aide d'une machine d'induction, système imaginé par M. Siemens et très employé dans toute l'Allemagne,

Dans le manipulateur, la manivelle communique son mouvement à une bobine placée en face d'un aimant fixe, et les rouages de transmission de ce mouvement sont calculés de telle sorte que dans le déplacement de la manivelle pour passer d'une lettre à la

Télégraphie électrique.

4

voisine, la bobine exécute une demi-révolution, ce qui, par conséquent, donne lieu à une émission instantanée. La différence à noter au point de vue du fonctionnement de ces appareils par rapport au télégraphe de Breguet, c'est qu'ici il faut une émission, c'est-à-dire une fermeture et une ouverture du circuit pour faire avancer l'aiguille d'une lettre à une autre, alors que tout à l'heure chacun de ces phénomènes produisait par lui-même un déplacement de l'aiguille.

M. Wheatstone a cherché à supprimer un des inconvénients de l'appareil précédent, provenant de la liaison qui existe dans la transmission des signaux et les variations de vitesse que la main imprime à la rotation de la petite machine, ce qui peut, dans certains cas, être une cause d'erreurs. Il y est arrivé en intercalant un mouvement d'horlogerie qui régularise le mouvement des aiguilles des appareils, mais qui est en temps ordinaire maintenu au repos, et ce sont précisément les émissions successives qui agissent sur l'encliquetage et lui rendent la liberté de se mouvoir et de déplacer les aiguilles, chaque émission donnant lieu au passage d'une lettre à une autre.

CHAPITRE VI.

Appareils télégraphiques à Signaux permanents.

§ 1. TÉLÉGRAPHE MORSE.

L'appareil Morse, inventé en 1837, fut le premier appareil électrique enregistreur; il a été adopté d'une façon générale par les différents Etats et compagnies privées; aussi ce système est un de ceux qui ont le plus exercé la sagacité des inventeurs.

Dans le principe, les signaux n'étaient reproduits que par les traces en creux d'un style sur une bande de papier; depuis, tous ces appareils ont été modifiés et ces signaux sont imprimés à l'encre. Nous allons d'abord décrire l'appareil construit par MM. Digney, qui est adopté exclusivement en France, puis nous passerons en revue les perfectionnements apportés au système Morse primitif. Les uns, que la pratique a consacrés, les autres très-ingénieux, il est vrai, mais qui attendent encore cette consécration, et sur lesquels nous passerons plus rapidement.

1° Morse construit par MM. DIGNEY.

Le principe sur lequel est basé le Morse est d'ailleurs très-simple : on transmet les signaux, non-seulement à l'aide d'un certain nombre d'interruptions ou de réouvertures du courant, mais encore en réglant

le temps de chacune de ces périodes. Ces actions sont transmises à une molette encreée qui imprime sur le papier des traits plus ou moins longs, suivant la durée d'action du manipulateur. Un alphabet conventionnel est établi sur la combinaison de ces signaux. Dans la pratique, on se contente de deux durées relatives : l'une, assez courte, correspondant à un signal qu'on nomme point ; l'autre, deux ou trois fois plus longue, produisant le signal nommé trait.

Le manipulateur, fig. 43, se compose d'un levier métallique à poignée de bois, mobile autour d'un axe fixé à un support métallique qui repose sur une planchette. En avant de cet axe, le levier porte en dessous une petite pointe au-dessus d'une pièce métallique montée sur la planchette et à laquelle aboutit le fil de la pile. Un ressort fixé au support de l'axe maintient le levier ordinairement relevé en dehors de ce contact. En arrière, une vis, traversant le levier, repose toujours en contact avec une seconde pièce métallique montée sur la planchette où aboutit le fil de ligne. Le fil de pile aboutit, comme nous l'avons dit, au contact antérieur, celui de terre, au support de l'axe.

On voit à l'inspection de la figure 43 qu'en abaissant le levier, on ferme le circuit ; qu'en l'abandonnant, il se relève de lui-même en ouvrant le circuit. Suivant la durée qu'on laissera au contact, on aura une transmission plus ou moins longue du courant. On voit d'ailleurs que le manipulateur au repos est exactement, comme celui du télégraphe à cadran, dans la position de réception, et qu'un courant arrivant par le fil de ligne peut traverser le manipulateur, le con-

tact de la vis extrême, et passer dans le récepteur. Le contact antérieur se nomme pour cela *contact de pile*, le postérieur contact de réception. Les fils correspondants s'attachent dans des poupées transmettant le courant aux points convenables du récepteur par des languettes de cuivre encastrées dans la planchette support.

Le récepteur, que la figure 46 montre dans son ensemble, se compose d'un électro-aimant où s'enroule le fil de ligne qui, à sa sortie, communique à la terre. L'armature, mobile autour d'un axe et sollicitée en dehors du contact par un ressort, peut se mouvoir de haut en bas entre deux buttoirs. Une lame d'acier taillée en biseau placée en prolongement de l'armature et solidaire avec elle, appelée couteau, vient en regard d'un disque en cuivre mince dit molette, toujours encrée par son contact avec un rouleau encreur. Un mouvement d'horlogerie placé dans une boîte intérieure communique le mouvement à la molette, au tampon et à une série de rouleaux entraînant une bande de papier continue qui passe entre la molette et le couteau.

On comprend que lorsqu'on agit sur le manipulateur pour fermer le circuit pendant un certain temps, l'armature de l'électro-aimant est attirée en contact pendant la même période, le couteau vient appuyer la bande de papier sur la molette, et il y imprime un trait à l'encre dont la longueur est proportionnée à la durée du contact. Lorsque le circuit est ouvert de nouveau, le contact dont nous venons de parler cesse, et la bande de papier ne reçoit aucune impression.

En se reportant aux conditions que nous avons indiquées, on voit donc qu'on peut transmettre une série de points et de traits suivant des combinaisons définies.

Examinons la figure 46 qui montre le détail du récepteur.

E, électro-aimant.

e, armature formée d'une petite traverse en fer doux, portée par un levier mobile autour du point *e'*.

ab, petite lame flexible formant le couteau.

v, vis de réglage du couteau.

B, colonne supportant les deux butoirs *mn*, formés de deux vis pour régler l'amplitude de la course du levier fixé à l'armature.

r, ressort antagoniste de ce levier, dont on règle la tension par la vis *f*.

d, bande de papier enroulée sur un tambour placé au-dessus de la boîte, traversant l'appareil et s'enroulant à la main sur un second tambour situé à gauche.

gg', guide; *i*, rouleau guide; *p, q*, rouleaux tenseurs et guides de la bande de papier. Ces deux cylindres *p, q* sont animés d'un mouvement de rotation en sens inverse par l'action du mouvement d'horlogerie renfermé dans la boîte H.

q', axe d'un étrier qui supporte le rouleau *q*. Une petite rainure correspondant au passage de la ligne des traits marqués, est tracée sur les cylindres, afin que ceux-ci ne soient pas altérés.

z, petit ressort dirigé par la vis *Z*, et réglant la pression des cylindres.

Q, levier mobile autour de Q', servant à relever le rouleau q pour l'introduction de la bande de papier.

G, molette située au-dessus du couteau et frottant contre le tambour t imprégné d'encre oléique, qui, lui-même, soutenu par un étrier mobile autour de x , n'appuie sur la molette que sous l'action de son poids. La molette G reçoit son mouvement du rouage d'horlogerie.

J, levier qui sert à arrêter ou à remettre en marche le mouvement d'horlogerie.

K, carré de remontage de ce mouvement.

Un système télégraphique avec l'appareil Morse comprend une installation que nous représentons fig. 47. Les deux postes sont d'ailleurs identiques. Nous n'en avons représenté qu'un.

Les pièces sont suffisamment désignées pour que nous ayons besoin d'en reprendre la nomenclature.

Admettons les diverses pièces disposées, comme l'indique la figure, dans les deux postes et supposons que le poste A, celui représenté fig. 47, veuille communiquer avec le poste B.

Il appuie sur son manipulateur et ferme par suite un circuit ainsi formé : pôle positif de la pile (A), poupée P, contact h' , axe du manipulateur, une bande de cuivre encastrée dans le socle reliant le support de l'axe au galvanomètre et au paratonnerre au bras Y du commutateur, et à la poupée L d'où part le fil de la ligne aboutissant au poste B à la poupée analogue L, d'où le courant passe par le commutateur V, le paratonnerre, le galvanomètre, la sonnerie, l'axe du manipulateur, le contact de réception, l'électro-

aimant, la poupée T, le fil de terre, et de là rejoint par l'intermédiaire de la terre, la plaque en (A), et le circuit se trouve ainsi fermé. La marche du courant dans le poste A est indiquée par un trait tracé en points, celui en trait concernant le poste B.

Le stationnaire B prévenu par la sonnerie et la déviation du galvanomètre, met en marche son mouvement d'horlogerie, avertit le poste A qu'il est prêt à recevoir la dépêche, que le poste A expédie.

Les mêmes manœuvres s'exécuteraient pour l'expédition d'une dépêche du poste B au poste A, les stations désignées pour le passage du courant se présenteraient dans l'ordre inverse.

Si, dans le cours de la réception d'une dépêche, on arrive à un mot incompréhensible ou qui ne semble pas continuer le sens général de la phrase, on arrête le poste expéditeur en envoyant une série de points; on répète le dernier mot compris en le faisant suivre du signal *Répétez*.

Nous donnons ci-après la combinaison de traits et de points qui constitue l'alphabet employé dans le système Morse.

Il semblerait au premier abord que cet alphabet est très-compiqué, et que, pour former avec lui une série de mots, il devrait y avoir souvent des erreurs. Cependant, il ne faut qu'un apprentissage relativement très-court pour acquérir cette pratique, et le travail s'exécute ensuite avec une telle facilité qu'il semble au contraire quand on l'observe que rien n'est plus simple.

Lettres.

a	• — • — • —	o	— • — • — • —
à	• — • — • — • —	ô	— • — • — • — • —
b	— • — • — • —	p	— • — • — • — • —
c	— • — • — • — • —	q	— • — • — • — • —
d	— • — • — • —	r	— • — • — • —
e	— • —	s	— • — • —
é	— • — • — • — • —	t	— • — • —
f	— • — • — • —	u	— • — • —
g	— • — • — • —	û	— • — • — • —
h	— • — • — • —	v	— • — • — • —
i	— • —	w	— • — • — • —
j	— • — • — • — • —	x	— • — • — • — • —
k	— • — • — • —	y	— • — • — • — • —
l	— • — • — • —	z	— • — • — • — • —
m	— • — • —	ch	— • — • — • — • —
n	— • — • —		

Ponctuation.

Point	.	• — • — • — • —
Point-virgule	;	— • — • — • — • —
Virgule	,	— • — • — • — • —
Deux points	:	— • — • — • — • —
Point interrogatif	?	— • — • — • — • —
Point alinéa	.	— • — • — • — • —
Point exclamatif	!	— • — • — • — • —
Trait d'union	-	— • — • — • —
Apostrophe	'	— • — • — • — • —
Barre de division	°/°	— • — • — • — • —
Parenthèse	()	— • — • — • — • —
Souligné	—	— • — • — • — • —
Guillemets	»	— • — • — • — • —

Chiffres.

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
0	

Signaux réglementaires.

Indicatif de dépêche	
Réception ou compris	
(?) ou répéter	
Correction ou pas compris	
Final	
Attente	

Exemple : *Comment recevez-vous?*

c	o	m	m	e	n	t
r	e	c	e	v	e	z
v	o	u	s	?		

Les règles posées dans l'administration du télégraphe, pour l'entretien et le réglage de l'appareil sont les suivantes.

D'abord pour le manipulateur :

La vis servant d'axe doit être assez serrée pour que le levier n'ait aucun ballotement entre les deux montants.

La vis formant butoir au contact de réception devra être d'autant plus serrée que la manipulation sera plus rapide. On ne doit jamais mettre d'huile ni de corps gras sur l'axe du levier. On nettoie les contacts de pile et de réception en passant entre les deux un morceau de papier en double, ou, si l'appareil n'a pas servi depuis longtemps, un morceau de papier à l'émeri.

Ensuite pour le récepteur :

On règle le mouvement du couteau par deux opérations successives : la première a pour but de placer le couteau dans la meilleure position de fonctionnement ; l'autre a pour but de corriger ce fonctionnement selon la force du courant du poste correspondant.

Trois organes déterminent l'amplitude du mouvement du couteau : 1° les deux vis m, n ; 2° la vis v ; 3° le ressort à boudin r .

On ne doit généralement pas toucher à la vis n ; sa position est réglée par le constructeur, de telle manière que l'armature peut s'approcher aussi près que possible de l'électro-aimant sans le toucher.

Pour opérer le réglage du couteau, on se sert de la vis v jusqu'à ce qu'en appuyant le doigt sur l'arma-

ture on l'amène au contact du buttoir n ; dans cette position, lorsque la bande se déroule, elle ne touche pas la molette et ne reçoit aucune empreinte. On maintient toujours l'armature au contact, on laisse dérouler la bande et l'on desserre peu à peu la vis v jusqu'à ce qu'on obtienne un trait net et bien encre.

On abandonne l'armature et la bande doit être assez écartée de la molette pour ne recevoir aucun signe.

On règle alors la vis m de manière qu'il existe entre la bande et la molette un écartement suffisant pour que l'armature étant libre, la bande soit séparée de la molette et ne reçoive aucune empreinte, l'extrémité du levier du couteau étant en contact avec le buttoir m .

Si l'armature, lorsqu'elle a été abaissée avec le doigt, ne se relève pas d'elle-même, de manière à venir au contact de la vis m , on tend le ressort r de manière à obtenir ce résultat.

L'appareil est ainsi réglé; mais il peut arriver que le courant employé par le correspondant soit trop fort ou trop faible. On s'aperçoit qu'il est trop fort, si l'on reçoit des traits presque continus; il faut tendre le ressort.

On s'aperçoit que le courant est trop faible, lorsque l'armature est mal attirée et que les signes sont mal marqués ou pas du tout; il faut alors détendre légèrement le ressort r , ou descendre la vis m de manière à diminuer la distance entre l'armature et l'électro-aimant. La meilleure manière d'obtenir un bon réglage est de signaler au poste correspondant : *Faites points*; et l'on manœuvre le ressort ou la vis m , selon

le cas, jusqu'à ce que les points soient nets et bien égaux.

Si le ressort étant complètement tendu, les signaux se touchent et sont continus, la pile du correspondant est encore trop forte ; on interpose un morceau de papier-bande entre l'armature et l'électro-aimant ; dans ce cas, il faut alors quelquefois desserrer un peu la vis *v* pour que le couteau appuie bien sur la molette.

Ces derniers réglages sont évités lorsque le correspondant peut, à volonté, augmenter ou diminuer la force du courant de la pile.

Pour régler le déroulement du papier, il faut d'abord dévisser la vis *Z* jusqu'à ce que le mouvement d'horlogerie étant ouvert, la bande ne se déroule plus, puis serrer alors graduellement cette vis jusqu'à ce que le déroulement s'effectue d'une manière régulière, mais pas plus.

Il ne reste plus qu'à encre le tampon ; on doit éviter de mettre trop d'encre, ce qui donnerait des traits pâteux et confus sur la bande ; pour cela, on égoutte bien le pinceau et on l'applique sur le tampon qu'on laisse tourner, en relevant le cylindre *q* pour que la bande ne se déroule pas pendant le mouvement.

Lorsque le tampon et la molette sont encrassés par un long usage, on les démonte et on les nettoie dans l'essence de térébenthine.

Toutes les parties du récepteur doivent être entretenues dans un état constant de propreté. Les mouvements d'horlogerie à l'intérieur de la boîte peuvent

être graissés très-légèrement à l'huile d'olive, mais le plus rarement possible ; tout graissage des autres parties de l'appareil doit être soigneusement évité.

2^o Modifications diverses apportées au type MORSE.

En Angleterre, on se sert plus particulièrement du type Morse construit par MM. Siemens frères. Il ne présente avec le précédent qu'une très-légère modification que nous indiquerons rapidement. Le couteau, au lieu de venir appuyer la bande de papier sur la molette, porte lui-même cette molette qui suit naturellement les mouvements de l'armature et vient presser le papier contre un tambour sur lequel il se déroule.

Quelquefois aussi, la bande de papier, au lieu d'être enroulée sur un petit tambour au-dessus de la caisse du rouage d'horlogerie, est placée sous l'appareil dans un tiroir et tourne sur un pivot en bois dur.

Un des principaux reproches que l'on puisse adresser au système Morse, c'est une certaine lenteur dans le travail, et l'impossibilité de transmettre au-delà de quarante mots par minute ; cela tient à une série complexe de causes, et en particulier évidemment à la nécessité d'agir un certain nombre de fois sur le manipulateur pour produire une même lettre, ce qui fait que pour certains mots le nombre des interruptions du courant est considérable. Ainsi le mot circulation par exemple en exige 30, le mot transmettez 21. Il faut encore tenir compte de l'inégalité nécessaire des opérations destinées à produire soit un

point, soit un trait. Aussi a-t-on cherché par une foule de moyens à remédier à ces inconvénients, qui, peu sensibles au début de l'emploi de la télégraphie, sont devenus aujourd'hui considérables, au fur et à mesure de l'extension que prennent les communications privées ou administratives. M. Wheatstone a résolu le premier ce problème d'une façon remarquable à l'aide de son appareil automatique, que la pratique a consacré et que nous étudierons tout à l'heure d'une façon spéciale. Nous ne voulons signaler ici que diverses tentatives faites dans la même voie, et qui tout en n'étant pas encore utilisées d'une façon générale, peuvent devenir d'un jour à l'autre après un nouvel examen et certains perfectionnements de détail, d'un usage plus répandu.

MM. Chauvassaigne et Lambrigot ont cherché à modifier un peu l'appareil Morse, de façon à permettre la transmission des dépêches avec plus de rapidité. Ils ont appliqué au déroulement du papier un rouage plus rapide analogue à celui que nous étudierons tout à l'heure dans l'appareil Hugues. L'encrage sur la bande est remplacé par l'action du courant sur le papier préparé chimiquement, principe analogue à celui du télégraphe de M. Bain. La confusion des signes serait ainsi un peu évitée, malgré la rapidité de la transmission.

M. Naefer a cherché par une modification du manipulateur à obtenir des signaux réguliers et des espacements réguliers entre ces signaux. Il substitue à la clef Morse un manipulateur analogue à celui des anciens télégraphes à signaux construit par *MM. Foy*

et Bréguet, que nous avons décrit. Ce manipulateur est constitué par une manette tournante, réagissant sur un levier interrupteur, qui peut prendre sur un cadran huit positions différentes à 45° l'une de l'autre, et produire en même temps quatre contacts et quatre interruptions d'égale durée. Les contacts sont disposés selon une croix verticale, et il en résulte que quand on passe rapidement la manette à travers les branches de la croix, on n'a qu'un point; et un trait quand on s'y arrête.

Suivant l'auteur de ce projet, on peut obtenir de cette manière 140 lettres bien formées à la minute.

On a imaginé une autre modification du manipulateur inspirée évidemment par quelques dispositions d'appareils plus récents et surtout destinés à résoudre le problème des transmissions très-nombreuses dans un court espace de temps. Ce manipulateur est formé par un clavier de 28 touches dont 14 blanches, et 14 noires disposées comme sur un piano.

Chacune des touches est prolongée par un levier assez long. Imaginez maintenant un cylindre tournant sous l'action d'un rouage d'horlogerie au-dessus des prolongements des touches, ce cylindre porte autant de couronnes annulaires saillantes qu'il y a de touches, et celles-ci sont disposées en regard de chacun des leviers, de plus elles portent chacune six groupes de divisions, et chacun des groupes est formé par des dents saillantes disposées de façon à reproduire la combinaison de points et de traits correspondante à la lettre imprimée sur la touche; les points et les traits sont naturellement exprimés par la lar-

geur de la dent. Quand on vient à toucher une lettre, le levier qui prolonge la touche, vient en contact avec la couronne annulaire du cylindre et détermine par cela même une série d'émissions dont le nombre et la durée reproduisent exactement celles qu'on aurait produites avec la clef Morse ordinaire, seulement à plusieurs reprises, et avec des périodes de durée qu'il faut régler dans la manipulation. Il est inutile d'insister bien longtemps pour faire comprendre les avantages de ce système, il offre incontestablement une rapidité d'exécution beaucoup plus grande, puisqu'il suffit d'une seule action sur les touches pour produire une lettre, et en même temps une certitude dans la formation régulière des points et des traits.

Le récepteur est en tous points analogue à celui du Morse ordinaire, sauf toutefois qu'on y a ajouté une disposition déjà employée par MM. Digney par exemple, à l'aide d'un second électro-aimant qui commande le déroulement du papier suivant le travail de l'appareil.

L'appareil Morse offre une concordance et un synchronisme complets entre les mouvements du levier du manipulateur et ceux de l'armature : le bruit que font ces deux organes en frappant contre leurs buttoirs est le même, si bien que les employés exercés reconnaissent parfaitement les signaux au son, en écoutant le bruit que fait l'armature de l'électro-aimant.

Cette propriété a été heureusement utilisée, ainsi qu'on va le voir.

§ 2. RELAIS.

Bien que les appareils dont nous allons nous occuper ne soient pas à proprement parler des télégraphes, ils ne font pas moins partie intégrante d'une quantité d'installations télégraphiques. Leur origine est intimement liée au système Morse, et leur usage complète l'emploi qu'on peut faire de ce système. C'est pour cela que nous en plaçons la description ici. Nous aurons d'ailleurs lieu d'en parler souvent par la suite.

Il peut arriver avec l'appareil Morse, si la ligne est très-longue, que les courants envoyés d'une extrémité à l'autre n'aient plus dans celle-ci une intensité suffisante pour y faire manœuvrer la palette de l'électro-aimant, toute transmission deviendrait donc impossible. L'emploi des relais a heureusement permis d'obvier à cet inconvénient. Ces appareils variés dans leur forme accompagnent presque tous les télégraphes, soit pour l'usage dont nous venons de parler, soit pour d'autres analogues.

Le principe sur lequel sont fondés les relais est le suivant. On intercale dans le circuit un récepteur mû par le premier courant qui lui substitue, sur la portion restante du circuit, un nouveau courant provenant d'une nouvelle pile.

Les relais sont encore employés à faire marcher, dans le poste même où ils sont placés, un appareil pour lequel le courant de la ligne serait trop faible. Il sert, ainsi que nous le verrons dans d'autres applications

de l'électricité, à déterminer, par une seule émission en un point d'une ligne générale, des communications simultanées pour un nombre quelconque de postes placés le long de cette ligne.

Il résulte du rôle même auquel est destiné un relais qu'il doit remplir les conditions suivantes : il ne doit altérer ni la succession ni la durée des émissions de courant qu'il reçoit, et par conséquent agir comme un manipulateur marchant synchroniquement avec celui du poste expéditeur.

D'après cette définition, on voit aisément que l'appareil Morse peut servir par lui-même à établir un relais. Prenons donc un récepteur (fig. 53) réduit à son électro-aimant, en supprimant le couteau et toute la boîte d'horlogerie ; supposons que la colonne B soit séparée, vers sa partie supérieure, entre les niveaux des buttoirs m n par une rondelle d'ivoire qui les isole, que la partie inférieure et par suite le buttoir n soit en communication avec le fil de la pile locale du relais, que le nouveau fil de ligne aboutisse sur l'axe c du levier de l'armature, et enfin que les fils de la bobine soient mis en communication avec la terre.

Toutes les émissions successives du poste tête de ligne passeront dans l'électro-aimant et transmettront des mouvements synchroniques au levier de l'armature ; celui-ci se trouve donc exactement dans les conditions d'un manipulateur en communication avec le fil de ligne et avec le contact de ligne en n , il transmettra donc synchroniquement les mêmes émissions de courant dans le récepteur du poste extrême.

On construit encore des relais sur un autre principe, désignés sous le nom de *relais par inversion du courant*. Le levier de l'armature n'est attiré que par des courants de même signe, et reste inerte sous l'influence d'un courant de signe opposé.

Supposons dans la figure précédente qu'on ait substitué à l'armature *e* un aimant. Si l'on fait passer dans la bobine un courant tel que les pôles déterminés dans les cylindres de fer intérieurs, se trouvent être de même nom que ceux de l'armature en regard desquels ils se trouvent, il n'y aura aucune attraction. Mais si le courant est changé de sens, les pôles, dans l'électro-aimant, seront renversés à leur tour; celui qui est en regard de l'armature sera de nom contraire à cette armature, et il y aura attraction.

Cette disposition reçoit encore une autre modification, de telle sorte que le levier qui oscille entre les deux extrémités des cylindres de fer doux des bobines ayant été attiré au contact sur l'une d'elles, ne puisse retourner au repos que sous l'influence d'un courant opposé traversant les bobines.

La description de tous les modèles de relais inventés serait très-longue et un peu fastidieuse, car, en réalité, les différences qui existent entre eux sont peu importantes; il nous suffira, je crois, de donner la description de quelques appareils de ce genre basés sur les divers principes que nous venons d'énoncer, pour permettre de se rendre compte du fonctionnement de tous les instruments de cette espèce. Nous choisirons les types que l'expérience a sanctionnés.

Relais Froment — Le relais Froment est un récepteur Morse, où on a supprimé le mouvement d'horlogerie, le couteau et tous les accessoires ordinaires de la réception. En établissant avec soin l'armature, les tensions des ressorts régulateurs, on obtient un appareil d'une grande sensibilité et d'un fort bon usage. Il n'est pas propre, du reste, qu'au service d'un Morse, mais peut être introduit dans le circuit d'un appareil quelconque.

Nous avons déjà expliqué comment il fonctionnait; les figures 51 et 52 le représentent en détail, avec l'indication des diverses attaches de fil; il est double, afin de pouvoir au poste intermédiaire servir à la transmission dans les deux sens.

Les boutons M et M₁ sont mis en relation avec les deux portions de la ligne; l'intérieur des colonnes I, I₁ de chaque relais communique avec le bouton L₁ ou L de l'autre, les fils de bobine fixés d'une part en L et L₁ aboutissent au bouton de terre, un des pôles de la pile arrive à la fois en P, P₁, l'autre à la terre.

Quand c'est le poste de gauche qui travaille, son courant arrive en M, va par l'armature dans l'intérieur de la colonne I; de là au bouton L₁, traverse l'électro-aimant R₁ et se rend à la terre par T. Le relais R₁ travaille, et le courant local va de P₁ à I₁ et M₁, et de là dans la ligne. Quand c'est le poste de droite qui travaille, les choses sont renversées et c'est le relais R qui fonctionne.

Cet appareil, commode en pratique, exige toutefois une grande surveillance pour son réglage.

Relais Siemens. — La figure 56 montre cet appareil vu en dessus. Il comprend deux électro-aimants distincts a et b ; le noyau formé d'un cylindre de fer doux, au lieu d'être fixe, peut tourner sur lui-même d'une petite portion de circonférence. Chaque extrémité du cylindre porte une armature telle que u, v , qui peut tourner avec lui. Les deux portions u, v en regard ne sont distantes entre elles que de 2 à 3 millimètres, et ont leurs faces parallèles. Les deux bobines a et b reçoivent des courants distincts, mais de même sens, de telle sorte que dans les deux noyaux les pôles inférieurs ou supérieurs sont toujours respectivement de même nom. Si les courants qui arrivent dans ces bobines ne sont pas d'égale intensité, il y aura attraction mutuelle entre les armatures, et si l'une u est fixe, l'autre v se déplacera autour de son axe. Cette dernière porte un prolongement z qui se meut entre deux buttoirs x, y , et est toujours au repos maintenue en contact sur x par un ressort t réglé à volonté, de façon à céder quand l'armature v est attirée contre u , le contact se transportant alors en y . La branche z est reliée au fil de pile locale, le bouton y au fil de ligne de la deuxième section, d'autre part le fil de ligne de la première section arrive aux bobines qui sont en rapport avec la terre.

La combinaison d'un relais double comme dans le cas précédent, permet d'opérer dans les deux sens.

Ce système permet d'agir aussi bien avec la somme qu'avec la différence des courants traversant les bobines.

Relais polarisé Siemens. — Ce relais, représenté par la figure 54, se compose d'un électro-aimant avec son armature, mais en plus d'un aimant fixe, dont un des pôles, le pôle sud par exemple, est en rapport avec l'extrémité pivotante de l'armature, et l'autre avec la culasse de l'électro-aimant. Les fils sont enroulés en directions opposées autour des bobines, de telle sorte que, lors du passage du courant dans un sens, l'extrémité U reste un pôle nord, et l'extrémité U' un pôle sud, et par le renversement du courant l'extrémité U devient un pôle sud, et U' reste un pôle nord. La languette qui forme l'armature sera donc tantôt attirée vers U, tantôt vers U', suivant le sens du courant. On pourra donc ainsi se servir du relais pour fermer le circuit ou non, suivant la nature des courants qu'il reçoit.

Les relais polarisés sont excessivement nombreux ; on comprend, en effet, que cet appareil se prête à une série assez grande de combinaisons, suivant qu'il est établi pour utiliser les variations de sens dans les courants, les intensités relatives que prennent les noyaux de l'électro-aimant sous l'influence de tel ou tel courant. Nous en trouverons d'ailleurs des exemples assez nombreux, en étudiant diverses espèces de télégraphes. Chaque constructeur établit en général son relais, de façon à lui faire remplir un but précis, déterminé par les conditions mêmes de fonctionnement de son appareil. Nous croyons donc inutile de pousser plus loin la nomenclature de ces appareils, le principe établi permettra de comprendre tous les types que nous aurons à passer en revue.

Nous ne dirons qu'un mot du relais désigné sous le nom spécial de *parleur* (fig. 53). Il est composé d'un électro-aimant boîteux, c'est-à-dire à une seule bobine. L'armature A est fixée par une lame d'acier flexible à une pièce métallique BC, fixée à la branche de l'électro-aimant qui n'a pas de bobine, une pièce *n* isole d'ailleurs les deux pièces en contact. L'armature oscille entre le buttoir supérieur soutenu dans un cadre métallique et le noyau même de l'électro-aimant.

L'appareil est posé sur un socle creux destiné à renforcer le son que produit l'armature en frappant sur le noyau.

Le ressort de rappel ordinaire est remplacé par une vis *v*, qui presse plus ou moins sur la lame d'acier.

Cet instrument fonctionne évidemment comme un électro-aimant ordinaire : il peut, à la rigueur, servir de relais tout en fonctionnant comme récepteur.

Si l'armature A était formée d'un aimant, il est bien évident que si le pôle extrême de droite est de même nom que celui déterminé dans l'électro-aimant, l'armature ne sera pas attirée, et le relais ne fonctionnera pas. Les parleurs de cette nature n'obéissent donc qu'à des courants de sens inverses à ceux du cas précédent. Dans un même poste intermédiaire, on peut intercaler deux relais de ce genre à armature aimantée en sens contraire, appeler l'un d'eux et travailler avec lui sans déranger l'autre.

§ 2. TÉLÉGRAPHE AUTOMATIQUE DE M. WHEATSTONE.

Système MORSE.

L'appareil Morse, tel que nous venons de le décrire, ne permet pas une vitesse de transmission supérieure à 40 mots par minute, et encore pour obtenir ce résultat faut-il des employés d'une habileté peu ordinaire. Mais là encore ne réside pas tout l'obstacle. Les émissions successives de courants sur la ligne, quand elles sont très-rapprochées, sont par elles-mêmes un obstacle à la production de signaux distincts, car il peut arriver que la ligne n'ait pas eu le temps de se décharger entre deux manipulations trop voisines, et par suite il ne se forme pas dans le récepteur la distinction nécessaire pour que deux traits consécutifs ne soient pas confondus, et cela d'autant plus que dans l'alphabet Morse, on emploie des signaux basés sur la durée du passage des courants, par conséquent une succession de traits a comme conséquence de rendre l'inconvénient que nous signalions bien plus important.

M. Wheatstone s'est donc proposé un double problème, qu'il a très-heureusement résolu, et les modifications apportées par lui dans le Morse ont permis d'augmenter considérablement la vitesse de transmission sur les lignes aériennes et surtout sur les lignes marines, où les obstacles causés à la transmission par la nature même de la propagation des courants à travers les conducteurs se faisaient sentir d'une façon beaucoup plus intense.

La première partie de ce problème était de remplacer la main par une machine qui transmettrait régulièrement les signaux au maximum de vitesse de manipulation. La seconde partie de soustraire la détermination de la longueur des points ou des traits formés dans le récepteur, à la durée de l'émission dans le manipulateur, afin d'éviter les inconvénients des courants de retour. On peut résoudre ce deuxième point en employant dans l'appareil Morse un électro-aimant à armature polarisée, et des courants de sens différents suivant qu'il s'agit de transmettre des points ou des traits. En effet, supposons l'armature polarisée et construite, de telle sorte que lorsqu'elle cesse d'être en contact avec les bobines par suite d'une émission de courant, elle reste dans cette position, ainsi retenue jusqu'au passage d'un courant de sens contraire. On pourra avec cette disposition ne plus faire varier les périodes de durée de passages des courants dans le circuit, mais seulement modifier les intervalles entre les émissions successives, ce qui supprimera les effets de retour. En effet, un courant positif très-court, par exemple, détermine le mouvement de l'armature, la production d'un point si on le fait suivre aussitôt d'un courant négatif très-court sensiblement égal. Mais, si entre le passage de ces deux courants, on laisse s'écouler un intervalle de temps plus considérable que tout à l'heure, l'armature restera plus longtemps dans la position où elle fait agir le couteau, et au lieu d'un point, ce sera un trait qui sera formé sur le papier.

Afin de compenser les différences de condition de la ligne au commencement de chaque signal, et provenant des intervalles différents qui se produisent entre ces courants de sens contraire, et pour qu'au moment où un courant de cette nature se produit, il trouve toujours la ligne dans une situation identique, ce qui naturellement contribue à la régularité des actions produites, on envoie sur la ligne pendant ces intervalles des courants très-faibles, dont on pourrait définir d'une façon très-grossière le but en disant qu'ils sont destinés à boucher les trous qu'on produit dans ce mouvement régulier et alternatif de courants positifs ou négatifs.

Le principe de ce nouveau système ainsi expliqué, passons à la description des appareils à l'aide duquel il est réalisé.

La transmission, au lieu d'être opérée à l'aide du levier du manipulateur ordinaire de l'appareil Morse, se fait à l'aide d'un nouvel appareil contenant trois leviers dont l'action a pour but de perforer une bande de papier se déroulant devant eux. Ces trois leviers forment deux groupes, celui du milieu avec un quelconque des extrêmes, et celui du milieu seul. On voit donc que de toutes façons le levier intermédiaire travaille toujours produisant une série de perforations continues et équidistantes, si la manipulation des leviers est régulière, chose assez facile à obtenir. L'un des deux autres leviers détermine deux perforations au-dessus et au-dessous de la perforation centrale, et qui sont toutes trois en ligne droite, l'autre en détermine deux également, mais en diagonale

par rapport à la ligne centrale. Les perforations en ligne droite serviront à reproduire les points, celles en diagonale les traits.

Les figures 57, 58 et 59, pl. II, montrent la vue du perforateur, et la bande perforée pour traduire par exemple les mots *reçu les* quelques points tracés sur la ligne médiane avec le levier intermédiaire seul servant à séparer les mots.

La bande de papier transmetteur est introduite dans l'appareil et entraînée par l'action d'un rouage général, dont une dent vient engrener dans la ligne centrale de perforations. Sa vitesse peut être réglée à volonté jusqu'à 120 mots par minute.

Supposons maintenant deux postes télégraphiques reliés par un circuit toujours fermé, et une sorte de commutateur animé d'un mouvement régulier alternatif mettant successivement à la terre les deux fils venant des électrodes de la pile, il est évident que cette ligne sera parcourue par une série de courants de même durée et alternativement positifs ou négatifs. En nous reportant à ce que nous avons dit du récepteur, il est évident que l'on recevra ainsi dans cet appareil une suite continue de points. Mais si un appareil auxiliaire vient régler le jeu du commutateur, de telle sorte qu'il y ait par exemple à certains moments une interruption entre deux oscillations successives, il est évident qu'à cette interruption correspondra dans le récepteur non plus un point mais un trait. Ces diverses opérations sont réalisées à l'aide d'un appareil dont la figure 60 fait comprendre

la construction et qui formera le transmetteur proprement dit.

B est un balancier en ébonite qui est animé sous l'action du rouage d'un mouvement régulier alternatif. Il porte deux goupilles a, b , qui appuient constamment sur les manivelles de deux leviers V, V' , qui sont toujours maintenus appuyés sur ces goupilles par l'action de deux ressorts S, S' . D'autre part, ces manivelles sont articulées par leurs extrémités reposant sur B avec deux tringles I, I' , maintenues toujours rectilignes par l'action de buttoirs et de ressorts u, r, u', r' , et qui s'appuient par leurs extrémités contre la bande de papier perforé $p p'$, laquelle se déroule sous l'action du même rouage qui balance B.

Les leviers V, V' , sont reliés aux ressorts S, S' , par deux tiges G, G' , traversant dans des œils une manivelle NN' et lui communiquant le mouvement alternatif de va-et-vient par des arrêts K, K' . Cette manivelle NN' fait corps avec un plateau métallique E, et comme la partie de la manivelle encastrée est en ébonite, ce plateau E est ainsi divisé en deux parties isolées l'une de l'autre. Chacune des parties du disque porte une goupille p, q , qui viennent alternativement butter contre deux leviers C, Z , en rapport avec les pôles de la pile. La borne a sur B est reliée à la terre, la borne b de B est reliée elle avec une des moitiés du disque E, dont l'autre communique avec le fil de ligne.

Supposons pour un instant que l'on n'ait pas placé de bande de papier perforé dans l'appareil, le balancier B communique à tout le système un mouvement alternatif de va-et-vient, les goupilles p, q , viennent

alternativement en contact avec les leviers C, Z, par conséquent le courant qui circule sur la ligne sera successivement positif et négatif, avec des interruptions produites aux moments où aucune des goupilles p, q , ne se trouvera en contact avec les leviers C, Z. Pour éviter qu'à ces mêmes moments les leviers ne viennent à se toucher et ne mettent la ligne en court circuit, on a intercalé une pièce d'ébonite sur Z, contre laquelle butte une vis mince fixée sur C. Les leviers I, I', participent tout naturellement à ce mouvement régulier de va-et-vient. Remettons maintenant la bande de papier pp' en place. Les extrémités des leviers II' buttent contre cette bande, et n'auront la liberté de suivre l'impulsion qui leur est imprimée qu'autant qu'une perforation du papier laissera la tête d'une de ces tiges pénétrer au travers. On voit donc comment la nature de la perforation intervient pour modifier la période régulière des émissions de courants renversés; puisque, pour un point, les deux perforations en ligne droite laisseront les deux leviers I, I', agir naturellement; tandis que pour les traits, les perforations en diagonale distingueront le jeu de ces leviers, et par conséquent l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux passages successifs des courants dont les sens resteront toutefois alternés.

Le récepteur est un Morse à encreur très-sensible dont la vitesse est réglée en harmonie avec celle du transmetteur. L'électro-aimant, comme nous l'avons dit, est polarisé. La disposition d'enregistrement sur la bande est un peu modifiée par rapport au Morse ordinaire. La molette est fixée à un axe mù par des

engrenages, et se meut en partie dans la rainure d'une molette de plus grand diamètre plongeant dans le réservoir à encre, où elle la puise par capillarité, et enduit la molette imprimante. L'axe qui fait mouvoir cette molette passe à travers l'armature qui se meut entre les noyaux de l'électro-aimant et en regard d'un aimant en fer à cheval. L'arrangement est tel que, une fois attirée par un courant, si court qu'il soit passant dans l'électro-aimant, l'armature ne puisse plus se séparer du contact avec une des extrémités du noyau que par le passage d'un courant de sens opposé au premier. D'autre part, quand l'armature est ainsi amenée en contact avec l'électro, et pendant toute la durée de ce contact, la molette imprimante se trouve amenée au contact du papier et imprime une trace dont la longueur varie avec la durée de ce contact.

Nous venons de voir comment, dans le transmetteur, la nature des perforations intervenait pour diriger la marche de cet appareil, et déterminer les périodes différentes entre les passages de courants alternatifs; on comprend maintenant que nous venons de décrire la marche du récepteur, comment ces variations de périodes donnent lieu à la production de points ou de traits correspondants aux différentes perforations de la bande d'expédition.

§ 4. TÉLÉGRAPHES IMPRIMEURS A CADRAN.

Les appareils dont nous allons nous occuper, et que nous avons réunis sous le titre général d'appareils

imprimeurs à cadran, sont, à notre point de vue, des plus intéressants, et dignes de fixer l'attention des personnes intéressées à l'emploi du télégraphe.

Les services que l'on peut demander aux appareils télégraphiques, doivent toujours, autant que possible, présenter d'abord une première condition : le contrôle ; ensuite, suivant les cas, une possibilité de transmission plus ou moins rapide, en dehors de toutes les autres qualités du fonctionnement. Ce contrôle n'est évidemment offert que par les appareils enregistreurs, et, bien que l'appareil à cadran ordinaire de Bréguet soit si répandu à cause de la simplicité de sa manipulation, l'absence de cette condition lui a toujours été vivement reprochée.

Réunir à la fois les simplicités de manipulation de ce système, avec une impression de dépêches, qui en laisse un témoin visible, tel a été le but que se sont proposés les inventeurs dont nous allons étudier les systèmes.

Leurs appareils pèchent en général par la rapidité des transmissions, aussi les grandes administrations télégraphiques ne les ont-elles pas adoptés ; mais combien y a-t-il de cas où cette rapidité n'est pas indispensable, les petites gares des lignes de chemin de fer, les établissements industriels, etc. ; nous plaçant à ce point de vue, nous considérons ces appareils comme étant d'un grand intérêt.

Cette condition de contrôle est évidemment une des causes de la grande extension des appareils Morse, mais dans ce système la transmission demande une certaine étude, les dépêches reçues exigent une tran-

scription pour être mises à la portée de tous. Le système imprimeur à cadran supprime ces deux obstacles. Il n'est personne qui, après un examen du service des petites gares de chemin de fer, par exemple, ne se rende compte facilement des avantages de ce procédé mis à la portée de tous, donnant des dépêches contrôlées, que tous les employés peuvent lire, supprimant la présence indispensable d'un chef de gare devant le cadran pendant tout le cours de la réception, opération qui souvent est impossible à certaines heures du service, et entraîne une complication dans les rapports de deux postes voisins.

1° *Système de M. CHAMBRIER, contrôleur des lignes télégraphiques à Charleville.*

Cet appareil se compose d'un manipulateur à cadran, d'apparence indentique avec celui du télégraphe Breguet, mais présentant toutefois avec lui des différences assez notables que nous indiquerons, et d'un récepteur analogue à celui de l'appareil Morse, où une roue des types portant en relief sur sa circonférence les caractères correspondants à ceux indiqués au cadran, les imprime sur une bande de papier qui se déroule sous elle.

Cet appareil, d'origine déjà ancienne, a reçu de nombreux perfectionnements. Nous allons le décrire d'abord dans ses lignes générales, et indiquerons ensuite les modifications les plus récentes.

Le manipulateur présente, par rapport à celui du télégraphe à cadran ordinaire, cette particularité que

la manivelle, à l'aide de laquelle on marque les lettres sur le cadran, est à marche indépendante, c'est-à-dire qu'elle peut être mue dans un sens quelconque avec une vitesse également quelconque. La transmission, au lieu de se produire pendant les déplacements de la manivelle, ne commence que lorsque celle-ci s'engage dans un des crans qui marquent la position des lettres. Il en résulte que l'on peut passer d'une lettre à une autre, en suivant une marche quelconque sans être obligé de faire un nouveau tour entier de cadran et sans revenir sur ses pas, si on a dépassé le point voulu, comme cela a lieu dans le télégraphe à cadran ordinaire. Ce perfectionnement est déjà d'une grande importance au point de vue de la facilité et de la rapidité des transmissions.

M. Chambrier a résolu ce problème de la façon suivante. Les interruptions du courant, au lieu de se produire directement par la manette, sont commandées par un mouvement d'horlogerie, relié à la manette par un système intermédiaire, produisant le déclenchement ou l'embrayage de ce rouage, suivant les mouvements que la manette exécute.

La figure 61, pl. II, montre le détail de ce mécanisme.

b, manivelle du manipulateur pouvant tourner dans tous les sens, tenue constamment relevée par un ressort, en sorte qu'il faut exercer une certaine pression pour la faire descendre dans les encoches.

d, disque placé dans le plan du cercle des lettres solidaire avec la manette.

e, axe central portant vers le bas un des mobiles du rouage d'horlogerie.

f, roue sinueuse des émissions agissant comme dans le télégraphe à cadran ordinaire.

h, roue à rochet située sous le disque *d*, traversée par l'axe *e* dont elle enclenche le mouvement par une tige recourbée *i* butant contre le volant. Elle est maintenue, en temps de repos, dans une position déterminée sous l'influence d'un ressort qui la sollicite et la pousse vers un buttoir d'arrêt. Cette roue a ses dents en correspondance exacte avec les signaux du cadran.

K, aiguille horizontale fixée à l'axe *e*, dans l'axe de la manette, sous le disque *d*.

G, aiguille analogue, mais placée au-dessus de la manette.

j, formé d'une petite goupille et d'un coin fixés sous la manivelle et se mouvant dans une fente circulaire tracée sur le disque *d*.

Supposons qu'on fasse tourner la manivelle, le rouage étant enclenché, aucun mouvement ne se produit dans l'appareil; mais si on abaisse la manivelle dans l'encoche d'une lettre quelconque, le petit coin *j* traverse un trou pratiqué sur le disque *d*, agit sur la roue *h*, la fait avancer d'une dent, la tige *i* déclenche le volant, et le rouage d'horlogerie se déroule, entraînant la roue sinueuse et l'aiguille *K* qui se trouvait sur la lettre de départ. Il y a donc une série d'émissions dans le circuit. Mais cette aiguille *K* vient butter contre la goupille *j* et s'arrête en prenant position en regard de la lettre sur laquelle est abais-

sée la manette. Il est évident que si l'on avait un récepteur à cadran, son aiguille indicatrice aurait suivi le mouvement de l'aiguille K et viendrait s'arrêter en regard de la même lettre sur le cadran. Lorsqu'on relève la manette, la goupille *j* la suit dans ce mouvement, dégageant la roue *h* qui, sollicitée par son ressort, est revenue à sa première position, la tige recourbée enclenchant de nouveau le volant et maintenant le rouage en repos.

Les mouvements visibles de l'aiguille *g* indiquent le commencement et la fin d'une transmission.

On comprend aisément, que l'on peut sans inconvénient, hésiter dans la manipulation de la manette, la tourner indifféremment dans un sens ou l'autre, puisque ce n'est que quand on enfonce la manette dans l'encoche correspondante à la lettre transmise que l'interrupteur est mis en jeu, après avoir fourni le nombre d'émissions en rapport à l'intervalle qui sépare deux lettres successives.

Un levier articulé, muni à une extrémité d'un butoir d'arrêt et d'une came biseautée pour agir sur la roue de déclenchement, et à l'autre d'une pédale, permet de ramener d'un seul coup à la croix sans l'intervention de la manette. Cette pédale permet de passer immédiatement d'un mot à un autre, ou des lettres aux signes sans avoir besoin de faire agir la manette.

Ce manipulateur, infiniment plus avantageux que celui de l'ancien télégraphe à cadran, peut être disposé sur celui-ci sans changer le récepteur.

M. Chambrier a apporté divers perfectionnements à ce manipulateur. En particulier, la godille, qui se déplace sur la roue sinueuse, est remplacée par un double ressort frotteur s'appuyant à la fois sur la roue sinueuse et une roue concentrique où aboutit le pôle positif de la pile. L'un correspond à la ligne, l'autre au récepteur même du poste opérant. Ce dernier n'a de contact avec la roue sinueuse que lorsqu'on l'établit. On peut donc à volonté enregistrer soi-même la dépêche qu'on expédie.

Enfin une petite glissière réglant l'échappement du manipulateur permet d'en réduire la durée jusqu'à la limite extrême nécessaire à un bon fonctionnement, ce qui donne la facilité d'augmenter la rapidité de transmission.

Le récepteur se présente sous une forme analogue au récepteur Morse. La roue des types de petit diamètre est mue par un mécanisme d'horlogerie à double effet, dont le déclenchement est opéré par un électro-aimant rendu périodiquement actif par le manipulateur.

Un second électro (fig. 66), intercalé dans un circuit local, agit quand le courant de ligne est ouvert, pour déterminer l'avancement du tampon encreur, en regard de la roue des types et l'impression de la lettre et l'avancement de la bande de papier. Pour cela, une roue à rochet O est montée sur l'axe de la roue des types, de manière à faire osciller une tige T par son passage sur une cheville *c* portée sur la pièce E. Cette tige T porte de plus à une extrémité une vis V, et de l'autre un contre-poids P servant à régler les oscilla-

tions de cette tige, c'est-à-dire pour qu'avec la vitesse de rotation ordinaire de la roue O, la tige T reste soulevée et ne puisse s'abaisser que lorsqu'il y a un temps d'arrêt correspondant à la position de la manette du manipulateur dans l'encoche d'une lettre.

La vis V, en temps ordinaire, repose sur l'extrémité d'un ressort R adapté à une pièce rigide A qui porte en dessous de ce ressort un appui B. Cette pièce A est réunie au fil de l'électro-aimant imprimeur, et une autre vis isolée V' au pôle positif de la pile locale. Lorsque la roue O s'arrête pendant un temps appréciable, la tige T est soulevée, le ressort R vient en contact de la vis V', le circuit local est fermé, et l'électro-aimant imprimeur devient actif.

L'armature de cet électro-aimant déclenche un mouvement d'horlogerie qui détermine le contact du tampon encreur et l'avancement du papier. Nous ne nous étendrons pas sur cette partie de l'appareil qui n'offre aucune disposition particulière autre que celles employées.

Un mécanisme analogue à celui du manipulateur permet de remettre directement la roue des types au repère.

M. Chambrier a encore introduit une nouvelle modification dans l'ensemble de son appareil, qui a une grande analogie avec une disposition du même genre employée dans le télégraphe Hugues, et qui permet d'imprimer à volonté des lettres ou des chiffres et signes. La roue des types est en réalité formée par deux roues parallèles concentriques, glissant sur le même axe et amenées l'une ou l'autre, en regard du

tampon encreur, par une manœuvre de manipulation.

Cette disposition est très-ingénieuse, mais, à notre avis, elle nous paraît superflue dans un appareil dont l'usage essentiel est réservé à de petits postes pour des transmissions où la vitesse importe peu. Elle complique le mécanisme, par conséquent le rend plus délicat, et pour le rôle le plus propre de ce télégraphe qui doit pouvoir servir aux mains les moins expérimentées, cet obstacle doit évidemment être évité le plus possible.

Toutefois, l'appareil de M. Chambrier très-bien conçu à tous les points de vue, très-complet et même trop complet dans ses effets, est appelé à rendre de grands services dans les cas que nous indiquions en tête de ce paragraphe.

2° Télégraphe à cadran imprimeur,
de M. E. DE BAILLEHACHE.

L'appareil que nous allons décrire est encore assez récent, et cependant nous le croyons destiné à un grand avenir, à cause de sa simplicité et des résultats qu'il fournit. La ligne de Paris-Lyon-Méditerranée en fait déjà une application assez étendue dans tout son réseau pour l'installation des petites gares, et quelques administrations, le Crédit Lyonnais par exemple, s'en servent pour relier toutes leurs succursales au bureau central.

Peut-être moins complet dans ses effets que celui de M. Chambrier, il est aussi d'une construction in-

finiment plus simple, et à cet égard pourrait, dans certains cas, lui être préféré.

Comme apparence, il se présente exactement avec les mêmes organes que le télégraphe à cadran de Bréguet. Un manipulateur à cadran et manette, un récepteur avec aiguille et cadran, mais dans lequel on trouve en plus une bande de papier se déroulant en regard d'une roue des types et d'un tampon imprimeur, où s'imprime chacun des caractères en regard desquels l'aiguille s'arrête sur le cadran récepteur. Le cadran porte seulement un nombre plus grand de divisions, de telle sorte que les lettres, chiffres ou signes conventionnels se suivent successivement, et que chaque transmission correspond par elle-même à un signal parfaitement déterminé, ce qui apporte une première simplification dans les manœuvres.

Le principe à l'aide duquel ce nouvel appareil, si analogue au type primitif, a permis cependant d'obtenir un résultat bien supérieur au point de vue pratique, est l'emploi des courants de sens alternatifs.

La manipulateur, dit inverseur, détermine un changement de sens du courant à chaque passage devant un signe du cadran, mettant alternativement l'un des pôles de la pile à terre, et l'autre en communication avec le fil de ligne. Le récepteur contient un électro-aimant polarisé, dans lequel ces courants alternatifs déterminent les vibrations continues de la palette commandant l'échappement du mouvement d'horlogerie entraînant la rotation de l'aiguille.

Il nous sera facile maintenant d'achever la description du fonctionnement de ce système, en en compa-

rant les divers organes avec ceux du télégraphe à cadran de Bréguet. Dans celui-ci, la manette, dans son mouvement, entraîne la roue sinueuse et le levier articulé qui glisse sur elle, oscille entre deux butoirs qui produisent des ouvertures et fermetures alternatives du courant. Lorsque la manette est descendue dans un cran du cadran, le levier butte contre l'arrêt correspondant à l'interruption du courant, et par conséquent l'aiguille du récepteur qui s'était déplacée synchroniquement avec la manette, reste en repos également comme elle.

Dans le nouvel appareil qui nous occupe, le levier ou godille qui s'appuie sur la roue sinueuse pivote autour d'un point O et est à deux branches (fig. 64), chacune terminée par un ressort isolé qui oscille entre deux autres ressorts fixés aux pièces de cuivre c, c' z, z' . Quand on tourne la manette, les deux branches reçoivent un mouvement de va et vient autour de l'axe O , et leurs extrémités oscillent entre les ressorts de contact, dont le jeu est limité par une pièce triangulaire isolante, disposée de manière à arrêter un des ressorts de contact au moment précis où chacune des branches de la godille commence à presser sur le ressort opposé. Ces deux ressorts qui forment les deux pôles de la pile, comme le montre la figure, donnent donc lieu, par suite du mouvement de la manette, à des passages sans interruption de courants alternatifs.

La manette porte deux goupilles a, b , s'appuyant sur deux couronnes métalliques, isolées entre elles et du reste de l'appareil par des plaques d'ébonite, l'une

correspondant à a est la couronne d'émission, l'autre correspondant à b est celle de réception.

Le fonctionnement de l'appareil est d'ailleurs bien facile à comprendre en suivant les indications données par la figure.

La manette étant abaissée sur la croix ou sur un cran de rang pair, la branche inférieure de la godille est au pôle négatif, la branche horizontale avec le pôle positif. Si on soulève la manette, on met la goupille a en contact avec la couronne d'émission ; d'autre part en observant les liaisons $d f$, et $h k$, de ces branches, l'une avec la couronne d'émission, l'autre avec le fil de terre, on voit que le pôle négatif est mis à terre, le pôle positif en rapport avec la ligne par la couronne d'émission, la manette, l'arbre de centre, la masse de l'appareil et le conducteur $r m$; et le circuit sera fermé avec intercalation du récepteur de l'autre poste.

Si l'on déplace la manette d'un cran, ou en général sur tout cran d'ordre impair, on voit aisément sans grandes explications, que l'on aura encore fermé le circuit, seulement le courant sort par le fil de terre, revient dans le manipulateur par le récepteur de l'autre poste, le fil de ligne, en suivant la marche inverse de la précédente, et par conséquent avec un signe également opposé.

Ainsi donc, le déplacement de la manette donne lieu à une série d'émissions successives de sens alternatifs, pour chacun des passages au-dessus d'un cran du manipulateur. Lorsque la manette est abaissée sur un cran quelconque, la goupille a ne porte

plus sur la couronne d'émission, et le fil de ligne se trouve isolé.

Lorsque la manette est abaissée dans un cran quelconque, la goupille *b* porte sur la couronne de réception, par suite les courants arrivant par le fil de ligne, après avoir traversé la masse de l'appareil, pénètrent par le contact *b* sur la couronne de réception, et de là par le conducteur *u v*, au récepteur.

Le récepteur est composé d'un mouvement d'horlogerie dont le barillet porte deux couronnes dentées indépendantes, l'une faisant corps avec la virole qui enveloppe le ressort, l'autre calée sur l'arbre et tournant par conséquent en sens inverse de la première. L'une transmet le mouvement à un axe portant l'aiguille du cadran et la roue des types, l'autre à un axe portant une came qui commande le mécanisme imprimeur.

Le premier axe sur lequel sont montées l'aiguille et la roue des types, porte en plus une roue d'échappement dont le nombre des dents est égal à la moitié de celui des cases du manipulateur; chaque dent vient butter successivement sur deux palettes comme dans l'appareil à cadran ordinaire.

Nous avons déjà dit que M. de Baillehache employait un électro-aimant polarisé; il est formé de deux bobines avec noyaux intérieurs, mais non réunis entre eux, ils sont épanouis seulement par des prolongements entre lesquels se meut une palette *p* (fig. 62) reliée à la roue d'échappement de l'axe de l'aiguille, ainsi que nous allons le voir.

L'enroulement des fils sur la bobine est tel que lors du passage d'un courant, les deux extrémités des noyaux qui embrassent la palette présentent toujours des pôles de nom contraire.

Nous allons d'abord voir comment par cette disposition, les opérations exécutées dans le manipulateur réagissent sur l'aiguille du cadran et la roue des types.

Supposons que le manipulateur mette le pôle positif de la pile en contact avec la ligne, et le pôle négatif à la terre, nous aurons par exemple un pôle austral en E, un boréal en E'; la palette qui, par suite de l'action de l'aimant fixe A, offre à la partie inférieure un pôle nord constant, sera attirée par E' et repoussée par E. Si par suite de l'avancement d'une division de la manette du manipulateur, le sens du courant change, nous avons en E un pôle boréal, en E' un pôle austral, et la palette *p* sera alors attirée par E et repoussée par E'. Ainsi donc, à chaque mouvement de la manette, on obtient une oscillation de la palette, qui se transmet par la fourchette *f* à l'axe qui supporte les butées d'échappement *b* et dégage ainsi une dent de la roue R constamment sollicitée à tourner par le mouvement d'horlogerie, si aucun obstacle ne l'arrête. Chaque mouvement de la palette donne lieu à l'avancement de la roue R d'un intervalle égal à une demi-dent, et par suite au mouvement de l'aiguille d'une division à l'autre, et enfin à un mouvement analogue de la roue des types.

Reste à décrire maintenant la partie du mécanisme qui se rapporte à l'impression.

Du côté opposé à celui que nous venons de considérer dans la figure précédente, par rapport aux noyaux des bobines, se trouve en regard de ceux-ci une autre armature A (fig. 63) en fer doux, qui sera constamment attirée au contact pendant les passages du courant, et qui ne pourra être retirée en dehors par son ressort antagoniste, que pendant une interruption correspondante au séjour de la manette du manipulateur dans un cran d'arrêt, car l'on doit remarquer que dans le mouvement continu de cette manette, les successions alternatives de courants de sens contraire se font sans interruption proprement dite.

Or, cette armature porte une tige en acier d pourvue de deux dents m et n , venant à tour de rôle butter contre la came reliée à la seconde roue dentée du barillet. Ces deux dents juxtaposées dans deux plans parallèles l'une au-dessus de l'autre, et offrant horizontalement la moitié seulement de la largeur de la tige dans laquelle elles sont entaillées, forment un échappement; la dent m arrêtant la came quand le courant étant interrompu, le ressort antagoniste arrache l'armature A du contact en la faisant tourner autour de O' , et la dent n remplissant le même but dans les conditions opposées.

Il résulte de là que l'interruption d'un courant, son passage et une nouvelle interruption provoquent une oscillation de l'armature A pendant que les dents agissant sur la came donnent lieu : 1° à son dégagement de la dent m et à sa rotation, puisqu'elle est toujours sollicitée par le mouvement d'horlogerie, 2° à sa reprise par la dent n tant que dure l'interrup-

tion, 3° à son dégagement, sa rotation et sa reprise par la dent *m*.

Cette came en tournant soulève au moyen d'une saillie *h*, l'extrémité d'un levier *L* mobile autour du point *o* et reposant sur l'arbre de la came. Ce levier *L* porte le papier destiné à recevoir l'impression, il est soulevé vivement par la saillie *h*, et avec lui le marteau *q* qui vient butter contre la roue des types *T*, puis retombe ensuite par son propre poids. Or, la roue des types présente précisément au marteau d'impression la lettre indiquée par le manipulateur.

Un tampon léger recouvert de drap imbibé d'encre oléique s'appuie constamment sur la roue des types.

Chaque fois qu'une lettre est imprimée, le papier se déplace d'une longueur déterminée correspondant à l'intervalle à laisser entre deux caractères. Cet effet est obtenu au moyen d'une roue dentelée ou grénelée montée sur l'axe d'un des mobiles du mouvement d'horlogerie agissant sur la came, et contre laquelle vient presser au moyen d'un ressort, un rouleau recouvert de caoutchouc tournant librement sur son axe ; cette roue forme avec un rouleau, un laminoir entraînant la bande.

Cet appareil, comme on voit, est simple de construction, son mécanisme très-ingénieux n'offre aucune complication nécessitant de fréquentes réparations. Sa manipulation est identique à celle du télégraphe à cadran ordinaire, aussi croyons-nous que cet appareil pourrait être absolument substitué dans tous les postes où l'on employait l'ancien télégraphe à cadran, et cela avec avantage.

§ 4. TÉLÉGRAPHE ENREGISTREUR
DE M. D'ARLINCOURT.

Ce système est établi sur le principe suivant. Une aiguille entraînée par un mouvement d'horlogerie se déplace au-dessus d'un cadran portant les signes conventionnels, chaque déplacement de l'aiguille donne lieu sur la ligne à un passage de courant qui arrive dans un électro-aimant dont l'armature commande l'échappement d'une aiguille semblable. Si ces deux aiguilles sont en concordance au début, ce synchronisme se continuera de lui-même. Sur le premier appareil, on peut à l'aide de touches situées en regard des signes du cadran, et par une simple pression, arrêter l'aiguille dans son mouvement et en même temps suspendre le courant. Il en résulte naturellement que l'aiguille du récepteur s'arrêtera en regard du même signe. Imaginez maintenant qu'une roue de types soit entraînée en même temps que l'aiguille, avec concordance au point de départ, il est évident que chaque arrêt de l'aiguille sera accompagné d'un arrêt de la roue des types, et que le type rendu fixe sera le même que celui en regard duquel séjourne l'aiguille. Si pendant cet arrêt, un tampon encreur vient appuyer une bande de papier sur la roue des types, il y aura impression. Tel est le principe de l'appareil, dont le fonctionnement se comprendra maintenant aisément à l'aide de quelques détails complémentaires.

Deux mouvements d'horlogerie sont contenus dans l'appareil, l'un actionne l'aiguille, la roue des types,

et la roue interruptrice envoyant le courant sur la ligne, l'autre agit sur le marteau du système imprimeur. Il y a également deux électro-aimants, l'un dont l'armature est reliée par un échappement à ancre au premier mouvement d'horlogerie, l'autre qui n'agit que pendant que le premier n'est pas traversé par le courant de ligne, et qui par son armature commande le déclenchement du rouage actionnant le système imprimeur.

Le courant de ligne n'agit pas directement sur les appareils, il sert à relier par des relais, les circuits locaux propres à chacun d'eux.

Ceci posé, le croquis sommaire (fig. 63) permet de se rendre compte du mécanisme.

La roue des types qui comprend 52 caractères, lettres, chiffres, signes divers, est montée sur un axe MN , qui se relie par un engrenage conique avec un autre arbre disposé perpendiculairement au plan de la figure, et qui commande l'aiguille du cadran divisé également en 52 cases portant les mêmes caractères. Sur cet arbre MN , est fixée une roue à rochet H , commandée par un échappement à ancre K , relié par un levier coudé à l'armature ab , d'un électro-aimant E . L'extrémité b de cette palette oscille entre deux buttoirs reliés tous deux à un des pôles de la pile, et l'extrémité est reliée à son tour avec l'autre pôle.

Le second électro-aimant est figuré en E' , son armature cd , commande par un levier le déclenchement du second rouage qui, par un échappement à ancre peut amener au contact de la roue des ty-

pes un rouleau F. La bande de papier se déroule entre la roue R et le tampon encreur F, en même temps qu'un petit laminoir, dont les mouvements sont connexes de ceux du rouleau F, en détermine l'avancement au fur et à mesure de l'impression.

La roue des types et l'aiguille marchant d'une façon continue sous l'action du rouage; il en résulte, par la transmission de la roue H et de l'échappement à ancre K, une série continue d'oscillations de la palette *ab*, qui déterminent une série d'ouvertures et de fermetures du circuit de la ligne, par suite de ses contacts ou retraits successifs avec le noyau de l'électro-aimant E. A chaque oscillation de *ab*, il y a $1/26$ de rotation des deux roues considérées, et chacune des modifications du circuit, en déterminant une semblable dans celui du relais, il y a une oscillation correspondante de la palette *cd*, et par suite un contact du tampon F sur la roue R, et une impression de lettres. Mais dans ces conditions, les mouvements successifs de *ab*, sont assez rapides pour que dans la période qui s'écoule entre deux d'entre eux, le tampon encreur poussé et ramené, puis repoussé contre la roue des types ne puisse exécuter ces mouvements en entier, le contact n'a pas lieu, et l'impression ne se fait pas. Il faut, pour remplir cette dernière condition, pouvoir interrompre le courant à un moment donné, afin de donner le temps nécessaire à l'aimantation complète de *cd*, qui exécute alors une oscillation entière et produit le contact désiré, et par suite l'impression de la lettre en regard de laquelle il se trouve à ce moment.

En un mot, tant que l'aiguille et la roue des types se déroulent librement, il ne se produit pas d'impression, celle-ci ne sera obtenue que si on interrompt le passage du courant à un moment donné. Ce résultat s'obtient en pressant sur un des boutons du cadran supérieur ; on immobilise ainsi l'aiguille en face de la lettre correspondante à ce bouton, le tampon F vient amener la bande au contact de la même lettre sur la roue des types et en produit l'impression.

Il ne nous reste plus qu'à indiquer comment cette action sur un bouton, produit l'interruption du courant. Ce résultat s'obtient par la disposition ingénieuse suivante :

L'arbre du rouage portant l'aiguille, et relié angulairement à l'arbre MN de la roue des types, est muni d'une roue D à rochets fixée sur une borne d'ébonite. En appuyant sur une des touches du cadran, on déplace un levier qui embraye cette roue à rochet, et par conséquent arrête le mouvement de l'aiguille de la roue des types et l'émission sur la ligne. Le relais du récepteur ne fonctionne plus, et dans cet appareil, l'aiguille, la roue des types sont également arrêtés.

Ce mouvement de bascule du levier a encore pour effet de déplacer de petits types cylindriques, formant les bornes du circuit local le long d'un commutateur concentrique à l'arbre de la roue à rochet D, et qui détermine, au poste transmetteur, l'action du courant local sur l'électro-aimant E', de telle sorte que l'impression se fait concurremment dans un poste comme dans l'autre.

§ 6. TÉLÉGRAPHE ENREGISTREUR DE HUGUES.

L'appareil inventé par M. Hugues est un appareil imprimeur qui réalise sur l'appareil Morse de notables perfectionnements.

Nous avons vu que dans le Morse, les transmissions s'opéraient par des émissions du courant pendant des périodes déterminées de temps. Dans l'appareil de M. Hugues, par suite d'une ingénieuse complication de mécanisme dans le récepteur, il n'y a pas lieu de tenir compte ni du nombre, ni de la durée des émissions. Chaque signal, constant par lui-même, donne une seule émission, et les intervalles qui séparent ces émissions successives sont réglés d'une façon uniforme par l'appareil lui-même. Il offre encore un autre avantage : d'abord la dépêche est transcrite en lettres ordinaires, et cette impression se produit à la fois au poste expéditeur et au receveur ; de telle sorte qu'il reste un témoin utile en cas de contrôle. Cette appareil présente sur le Morse une rapidité de transmission beaucoup plus grande, on peut facilement expédier 60 dépêches à l'heure ; il est vrai que la complication du mécanisme nécessite le concours très-fréquent d'un mécanicien ; mais comme on ne l'emploie qu'aux stations centrales et que là il y en a toujours plusieurs en fonctionnement, cette particularité n'offre pas d'inconvénient.

Le manipulateur est formé par un clavier analogue à celui d'un piano, comprenant 28 touches, dont 26, alternativement blanches et noires, portent les lettres

de l'alphabet, les chiffres ou signes conventionnels, 2 sont réservées à un service spécial, l'une servant de point de repère comme la croix de Bréguet, l'autre à passer de la notation en lettres à la notation en chiffres. Le mécanisme est tout entier placé au-dessus du clavier, il est mis en mouvement par un rouage à contre-poids que règle un volant spécial ; la bande imprimée se meut devant l'opérateur. La figure 73, pl. II, montre une vue d'ensemble de l'appareil Hugues.

L'électro-aimant employé par M. Hugues diffère sensiblement de ceux que nous avons vus fonctionner jusqu'ici. Il est à noyaux et armature aimantée, de telle sorte que le mouvement de l'armature dépend non-seulement du fait d'un passage de courant, mais encore du sens suivant lequel ce courant circule dans les bobines, analogue à celui dont nous avons parlé à propos de relais pour lesquels on l'a emprunté à M. Hugues.

Le mécanisme de cet appareil est très-compiqué ; il serait difficile, sur un dessin exact, de donner une explication sommaire de son mode de fonctionnement. Nous emprunterons à M. Mercadier, ingénieur des télégraphes, un procédé fort ingénieux pour atteindre ce résultat. Il consiste à employer une sorte de figure théorique où les principaux organes sont indiqués, sinon à des places respectivement exactes, tout au moins de manière à faire comprendre facilement comment les transmissions s'exécutent.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, chaque poste est muni d'un appareil complet renfermant à la fois le manipulateur et le récepteur qui fonctionnent solidai-

rement. Nous allons prendre un appareil complet, et examiner la relation qui existe entre le manipulateur et le récepteur, en passant d'un poste à un autre.

Le fonctionnement de l'appareil, dans chacune de ses deux parties, peut se décomposer en deux périodes, l'une où le travail produit est dû à l'électricité, l'autre au mécanisme que le contre-poids du rouage tient en mouvement. Dans le manipulateur, l'action mécanique précède l'autre; dans le récepteur, elle la suit.

Le manipulateur proprement dit se compose (fig. 74) d'un arbre vertical A, que le rouage fait tourner autour de son axe par un engrenage conique que porte l'arbre X Y mù directement par le rouage. Sur ce même arbre est fixée la roue H qui porte sur sa circonférence en relief les lettres correspondantes à celles du clavier et qui imprimera les dépêches. Cette roue H se nomme la *roue des types*. L'arbre vertical A porte à sa partie inférieure un levier cc' mobile autour d'un point o fixé sur une bague solidaire avec l'axe A et qu'on nomme *chariot*. Le chariot, dans ses mouvements autour de son axe, entraîne avec lui, le long de l'arbre A, un manchon M, qui transmet ce même mouvement à un second levier l prolongé par une petite tige d'acier v , qui se meut entre deux buttoirs B B', dont l'un B communique avec le fil de terre, l'autre avec le fil du pôle positif de la pile.

L'arbre A communique avec le fil de ligne, et lorsque l'appareil ne fonctionne pas, le chariot est à son point le plus bas et le levier est au contact avec le buttoir du fil de terre. On voit que le manipulateur

est dans les conditions ordinaires d'un récepteur comme position.

Le mouvement est transmis au chariot à l'aide de goujons G surmontant les touches du clavier et qui sont disposés dans un tambour cylindrique fermé par un plateau supérieur horizontal percé de 28 trous équidistants, au-dessus desquels la tête *c* est entraînée dans son mouvement de rotation.

Il faut tout de suite faire ressortir deux conditions résultant de ce mode de construction, et qui sont les points fondamentaux de l'appareil :

1° La roue des types H, l'arbre A et le chariot *cc'* sont animés de la même vitesse. Le chariot aura donc parcouru la surface du plateau de la boîte des goujons pendant que la roue des types fera un tour entier ;

2° La roue des types est calée sur l'arbre XY, de telle manière que, au point de départ de marche, la lettre qui se trouve sur cette roue, au point le plus bas, correspond avec celle de la touche du clavier, avec laquelle correspond la tête du chariot par l'intermédiaire du goujon.

En vertu de ces deux conditions, la coïncidence exprimée dans la seconde persistera toujours. On peut déjà prévoir de là quel sera le fonctionnement de l'appareil.

Supposons en effet qu'on appuie sur une touche quelconque, J par exemple, lorsque le chariot passe au-dessus du goujon correspondant, le chariot est soulevé, le manchon M abaissé, le levier *l* relevé et le contact établi avec le fil de la pile ; l'on envoie donc

une émission dans le récepteur. Or, en ce moment, dans l'appareil du premier poste, la lettre J se trouvait au point le plus bas de la roue des types, et si les deux postes ont deux appareils marchant avec la même vitesse, et établis en concordance au point de départ, la même lettre J se trouvera au point le plus bas de la roue des types du second. Il faut donc que l'émission du courant ait pour effet de déterminer, dans le second appareil, l'impression de cette lettre.

Voyons comment cette opération a lieu : supposons que la figure 74 représente maintenant l'appareil du second poste qui sera dans la position qu'elle indique : le courant arrive par le fil de ligne L, passe d'abord à travers un commutateur K, l'électro-aimant E, retourne au commutateur, de là au ressort *r*, à une pièce dite *came correctrice* R, à une seconde came D, et à travers les pièces métalliques de l'appareil dans l'arbre A, et de là au fil de terre. Le circuit est donc fermé.

Pour bien faire comprendre le travail produit par l'électricité, puis ensuite celui dû spécialement à l'action mécanique, il nous faut expliquer les positions relatives des divers organes représentés sur la figure.

On remarque un arbre PQI' parallèle à l'arbre XY. Cet arbre est formé de deux parties, l'une PQ portant la roue dentée E, et qui, par un pignon et une roue montée sur XY, reçoit le mouvement de rotation générale que le rouage imprime à l'appareil ; seulement, à cause du rapport des diamètres de l'engrenage qui transmet ce mouvement, l'arbre PQ tourne sept fois plus vite que l'arbre XY, par

suite que la roue des types H en particulier. La seconde partie de l'arbre II', dite de l'arbre *imprimeur*, forme en quelque sorte la crapaudine d'un pivot central par lequel PQ se termine. D'autre part, le levier V qui repose sur l'armature de l'électro-aimant se termine par une sorte de came *f* soutenant un cliquet *h* qui, à son tour, est relié par un ressort à la came D.

Lorsque le courant traverse l'appareil, l'armature *a* se détache du contact de l'électro-aimant, et le courant se trouve interrompu de nouveau ; mais en même temps que l'action électrique cesse, elle détermine le fonctionnement de l'action mécanique et cela ainsi. Lorsque l'armature *a* se déplace, elle fait basculer le levier V, le cliquet *h* se trouve dégagé de son arrêt *f* ; mais alors, sous l'action du ressort *r*², il engrène avec la roue E, et comme la came D se trouve rendue solidaire par ce même ressort, la rotation de l'arbre PQ se trouve ainsi transmise à la portion II' qui reçoit l'action du rouage. Voici donc comment la cessation de l'action électrique détermine le commencement de l'action mécanique.

Occupons-nous de cette dernière. Elle devra remplir trois objets :

Imprimer la lettre, faire avancer la bande de papier de l'intervalle adopté entre deux impressions successives, replacer au contact l'armature de l'électro-aimant.

Ces trois résultats s'obtiennent à l'aide d'une série de cames S placées à l'extrémité de l'arbre II', et agissant sur le rouleau encreur U sur lequel passe la

bande de papier. Ce rouleau, qui peut tourner autour de son axe, et cet axe lui-même pouvant se déplacer dans une glissière, est successivement élevé au contact de la roue des types, où, n'oublions pas, se trouve notre lettre J au point le plus bas, puis mû autour de son axe de la quantité convenable. Mais pendant que cette dernière action se produit, une troisième came agit sur le levier V dont elle relève l'extrémité placée à droite. Ce levier agit à l'autre extrémité sur l'armature qu'il ramène au contact de l'électro-aimant, en même temps que, par le taquet *f*, il relève le cliquet *h*, et par conséquent détruit la solidarité entre les deux arbres P Q, II' et suspend l'action mécanique. L'appareil se trouve donc remis dans l'état où nous l'avons trouvé avant le passage du courant. Notons que l'arbre imprimeur tournant sept fois plus vite que la roue des types, les trois opérations de l'impression, de la progression du papier et de la remise au contact de l'armature de l'électro-aimant, s'effectuant pendant une rotation de l'arbre imprimeur, s'exécuteront en sept fois moins de temps que le chariot ne met à exécuter un septième de tour, c'est-à-dire pendant le temps nécessaire au chariot pour passer au-dessus de quatre goujons successifs. On voit par là que toutes les fois que deux lettres successives d'un mot ne se trouveront pas dans un groupe de quatre lettres successives de l'alphabet, l'expéditeur pourra opérer sur son clavier sans se préoccuper de la marche de l'appareil. Dans les autres cas, il doit laisser faire un tour complet au chariot avant d'expédier la seconde lettre.

Tel est, ramené à sa plus simple expression, le fonctionnement du télégraphe Hugues. Il nous reste à donner quelques détails relatifs à certaines parties du mécanisme, qui seront faciles à comprendre maintenant qu'on connaît l'ensemble de la marche.

Nous avons dit que dans le télégraphe Hugues, le poste expéditeur imprimait lui-même chez lui la dépêche, qu'il envoyait à un autre poste. Voyons comment ce résultat s'obtient. On voit aisément, sans avoir besoin d'entrer dans des explications détaillées, que le courant émis par un poste à l'aide du manipulateur, après avoir traversé l'appareil du receveur, revient à travers la portion formant récepteur dans le premier, la série des phénomènes indiqués se produira donc dans celui-ci, et il y aura impression d'une lettre simultanément dans les deux postes, et puisque les roues des types occupent toujours des positions semblables, ces deux lettres seront identiques. Toutefois ce résultat ne s'obtient qu'en observant un petit artifice de pratique. En effet, l'électro-aimant ne jouit de la propriété d'agir sur son armature que sous l'influence d'un courant de sens déterminé, et les courants envoyés par deux postes marchant dans des directions opposées, il sera nécessaire que les communications de la pile au manipulateur et à la terre soient interverties dans les deux postes.

Il nous reste maintenant, pour terminer la description de cet appareil, à indiquer quelles sont les précautions prises dans la construction même, qui assurent le bon fonctionnement, car il est bien évident que ce mécanisme, un peu compliqué, peut être

sujet à des irrégularités, et que le synchronisme indispensable pourrait ne pas se maintenir de lui-même.

Le réglage du travail électrique s'opère en agissant sur le ressort de l'armature de l'électro-aimant, et en interposant une petite feuille de papier entre cette armature et la culasse de l'électro-aimant, afin de graduer les effets dus à l'intensité du courant.

Le réglage du travail mécanique est la part afférente à l'ouvrier mécanicien spécial qui surveille ces appareils. Nous n'en parlerons pas.

Reste enfin le réglage du synchronisme entre la roue des types et le chariot d'un même appareil, ou les roues des types de deux appareils correspondants.

La roue des types n'est pas fixée d'une façon invariable sur l'arbre qui la porte. Elle y est reliée par un manchon qui tourne à frottement doux sur l'arbre moteur, de façon à pouvoir la déplacer légèrement autour de cet arbre sans arrêter le mouvement général. Cette disposition permet facilement de régler le synchronisme entre la roue des types et le chariot d'un même appareil. D'autre part, si, d'un poste, on envoie toujours une même lettre déterminée au second, celui-ci pourra observer s'il y a synchronisme, régler sa roue des types, et la vitesse de son rouage général pour l'établir.

Restait maintenant à établir une disposition mécanique pour conserver ce synchronisme pendant la marche. Ce résultat s'obtient à l'aide de la came dite came correctrice, figurée en R dans notre figure. Cette

came agit sur une roue dentée placée en arrière de la roue des types, sur le manchon qui porte celle précédente, de façon à maintenir toujours les lettres de la roue des types dans une même position, en forçant ce manchon à tourner légèrement dans un sens ou l'autre. Toutefois, il faut que l'écart qui se produit ne soit pas supérieur dans un sens quelconque au demi-intervalle de deux lettres.

Un petit système de cliquet permet d'ailleurs d'immobiliser le système du manchon de la roue des types et de la roue correctrice placée en arrière, de manière à la ramener au blanc, comme dans l'appareil à cadran.

Enfin, sur la roue des types, les chiffres et signes de ponctuation sont intercalés entre les lettres, de sorte que cette roue présente en réalité 56 divisions. Pour faciliter la correspondance, on peut, à l'aide de la touche blanche du clavier, provoquer, par un système de cames agissant sur le manchon porteur de la roue des types, un glissement de $1/56$ de circonférence. Il est évident alors que les types qui imprimeront seront ceux intercalés entre les lettres, c'est-à-dire les chiffres ou signes, et la manipulation du clavier n'aura nécessité aucune modification.

Tel est l'appareil de Hugues qui, malgré sa complication apparente, n'en rend pas moins des services très-précieux. Aussi est-il adopté par presque toutes les administrations françaises ou étrangères pour le service des grandes lignes surchargées de dépêches.

CHAPITRE VII.

Des Télégraphes
enregistreurs autographiques.

Les divers appareils télégraphiques que nous venons d'examiner appartiennent, comme on l'a vu, à deux classes différentes : appareils à indications fugitives et appareils à signaux imprimés. Il en existe encore une troisième dont il nous reste à parler : ce sont les appareils enregistreurs autographiques.

C'est encore à Wheatstone, dont le nom est cité si souvent dans toutes les études relatives à l'électricité, que revient la première idée de ce genre d'appareils. M. Bain, par sa découverte de l'action colorante exercée, sous l'influence électrique, par des pointes de fer sur du papier imprégné de cyanoferrure de potassium, fit faire un nouveau pas à ces nouveaux procédés.

§ 1. PANTOGRAPHE ÉLECTRIQUE DE L'ABBÉ CASELLI.

L'abbé Caselli créa ensuite le *pantographe électrique*, appareil ingénieux appliqué pendant quelque temps au service de la télégraphie, et que nous décrirons rapidement en quelques mots. A la station de départ, une pointe est assujettie à parcourir de droite à gauche, suivant des parallèles successives, une surface métallique légèrement convexe sur laquelle le dessin ou la dépêche est écrite avec une encre épaisse

isolante. A la station d'arrivée, une autre pointe se meut de la même façon sur une surface semblable recouverte d'un papier imprégné de cyanoferrure de potassium additionné d'un peu de nitrate d'ammoniaque.

Ces plaques sont supportées par un grand appareil en fonte, et le mouvement du style est obtenu à l'aide d'un grand pendule, oscillant entre les deux pôles d'un électro-aimant, qui entraîne le style et de plus produit à l'aide d'un échappement à ancre et d'un système de vis sans fin, son mouvement progressif d'avancement. Le synchronisme des deux appareils est assez facilement obtenu en reliant les deux pendules entre eux par un système analogue à celui des horloges électriques.

Il est facile de comprendre le fonctionnement de l'appareil. Les deux appareils marchant synchroniquement, toutes les fois que, à la station de départ, le style passera sur un point encre, il y a une interruption du courant de ligne qui peut être utilisée pour produire un passage de courant local dans le récepteur, et par suite la décomposition de l'encre chimique et la formation d'un point bleu qui, répétés ainsi successivement, reproduiront la dépêche.

Mais il se présentait une difficulté. Les actions dans le transmetteur sont instantanées, et à cause du temps nécessaire dans la ligne pour obtenir la décharge entre deux émissions successives, il était certain que la succession des actions dans le récepteur ne serait pas partagée par des périodes d'isolement semblables à celles qui se présenteraient dans le

transmetteur. Il y aurait eu une confusion certaine dans la transmission.

Voici comment M. l'abbé Caselli a résolu la difficulté. Le circuit de ligne est relié à l'appareil transmetteur par une dérivation, et le récepteur est à la fois intercalé dans le courant de ligne et dans un courant local de signe contraire, calculé de façon qu'il représente toujours les $\frac{4}{5}$ du courant de ligne. Lorsqu'au transmetteur, le style passe sur la surface métallique, une partie du courant de ligne s'écoule à la terre par la dérivation, et la portion restante qui circule d'une façon permanente se trouve équilibrée par le circuit local du récepteur, qui par conséquent ne reçoit aucun courant et ne fournit aucun travail. Mais lorsque le style du transmetteur rencontre l'encre, il y a interruption dans la dérivation, la totalité du courant passe par le fil de ligne qui, supérieur alors au courant local du récepteur, donne lieu dans celui-ci à un passage très-rapide et à une impression ; mais, grâce à la très-petite différence qui existe entre les deux courants qui agissent dans le récepteur, la période de décharge dans celui-ci est relativement aussi courte que dans le transmetteur, et il peut sans inconvénient recevoir les effets très-rapprochés du transmetteur, bien que, dans leur intervalle, la ligne n'ait pas eu le temps nécessaire pour se décharger. Cette solution, très-élégante, permettait une rapidité de transmission inhérente à l'appareil.

§ 2. TÉLÉGRAPHE ENREGISTREUR AUTOGRAPHIQUE
DE M. MEYER.

Mais en réalité aucun de ces systèmes ne réalisait un moyen pratique de correspondance télégraphique.

Le problème n'a été réellement résolu qu'avec l'appareil de M. Meyer, qui, essayé d'abord sur la ligne de Paris-Lyon, a donné des résultats de premier ordre. On voit qu'au point de vue de la rapidité des transmissions, il ne laissait rien à désirer, de plus les facilités de manipulation lui permettaient de lutter avec avantage avec tous les autres systèmes.

La difficulté capitale que l'on n'avait pas su vaincre jusqu'alors dans les systèmes autographiques, consistait dans le procédé même de transcription. En réalité les diverses plumes proposées, les papiers à décomposition, ne donnaient que des résultats très-imparfaits, et nécessitaient des manipulations toujours assez délicates. M. Meyer a heureusement tourné la difficulté en appliquant le principe suivant.

Le récepteur est formé d'une large molette sur laquelle est disposée en saillie une petite lame contournée en hélice, dont le pas est précisément égal à la largeur de la dépêche. Cette molette tourne au-dessous d'un rouleau encreur, disposition analogue à celle que MM. Digney avaient imaginée dans le Morse, et marche synchroniquement avec le cylindre transmetteur. Celui-ci porte la dépêche écrite, avec une encre isolante à base de glycérine, sur un papier mé-

tallique, contre lequel se trouve en contact un style qui en parcourt successivement tous les points. Chaque rupture du circuit produite par le passage du transmetteur sur le corps de l'écriture détermine l'approche du papier de la molette hélice, et dans ce contact opéré dans un mouvement très-rapide, il y a impression d'un point encre sur le papier. Ce point occupe naturellement sur la bande de papier une position homologue avec celle du point sur lequel a passé le transmetteur. On voit ainsi que la succession des points obtenus donnera une reproduction exacte du modèle placé sous le transmetteur.

Il est bien évident que cet appareil se prête aussi bien à la reproduction des plans, dessins quelconques, qu'à celle de l'écriture cursive. C'est là un point qui le distingue des autres systèmes déjà décrits. Il y a eu à ce sujet de nombreuses controverses pour savoir quel intérêt il y avait à reproduire autographiquement les dépêches, et bien qu'aucun argument pour ou contre ne l'emporte, cependant la pratique tout au moins déciderait contre le système, car, sur le continent, il n'est que peu employé. Mais il ne faut pas oublier que si l'on considère la question des télégraphes dans d'autres contrées, en Chine par exemple, où il n'existe pas pour l'écriture un petit nombre de symboles déterminés, le système Meyer offrirait sur tous les autres un avantage considérable. Les appareils, soit à cadran, soit enregistreurs, seraient en effet incapables de servir à la transmission ; les cadrans ou les roues des types devant être chargés d'un nombre beaucoup trop considérable de signes, le té-

légraphe Meyer est le seul qui permettrait aisément la transmission de dépêches de cette nature. On voit tout l'intérêt que présente cet appareil.

Nous pourrions le décrire assez rapidement, l'exposé du principe sur lequel il est basé permettant presque de le concevoir.

La figure 67 montre l'ensemble de l'appareil, dans lequel le transmetteur et le récepteur, bien que distincts, forment un tout unique à chaque poste, ainsi que nous l'avons déjà vu dans le système Hugues. Le rouage d'horlogerie, qui met en mouvement l'appareil et qui doit établir un synchronisme parfait, et entre les deux parties d'un même poste, et entre deux postes, est réglé par un pendule conique qui offre une disposition ingénieuse. Il supporte deux lourdes boules de métal, mais différentes de diamètre. L'une, la plus lourde, est fixée d'une façon invariable sur la tige, l'autre peut être légèrement déplacée de façon à modifier la vitesse de tout le système. Ce déplacement s'obtient automatiquement pendant la marche par l'appareil lui-même, au moyen d'un petit électro-aimant spécial qui agit par un système de roues pour régler la position de la petite boule.

En outre de la figure principale, on voit les figures 70 et 69 qui donnent à une échelle plus grande la vue des pièces du transmetteur et du récepteur.

Le transmetteur (fig. 70) est formé par un rouleau isolé A sur lequel est enroulée la dépêche manuscrite, au-dessus duquel est disposé un chariot S qui se déplace parallèlement à l'axe du cylindre. Ce déplacement est obtenu à l'aide d'une vis à pointe I solidaire

avec le chariot, et pénétrant dans le filet d'une vis sans fin H parallèle au cylindre, et mû comme celui-ci par le rouage général formé d'une série de roues dentées comprises entre deux platines M. Ce chariot S porte un style C ou pointe traçante, et un pinceau de fils D, tous deux appliqués sur le papier métallique qui enroule le cylindre A.

Le récepteur (fig. 69) est formé du rouleau B muni de la nervure saillante hélicoïdale du tampon encreur J, d'un électro-aimant E, d'un aimant en fer à cheval F, d'un châssis métallique G parallèle au cylindre B, placé au-dessus de l'électro-aimant, en dessous et en avant du cylindre B, enfin du rouleau T formant lami-noir pour entraîner le papier.

Le fonctionnement de l'appareil est facile à comprendre.

La vis I entraîne le chariot S latéralement et parallèlement au cylindre A, et ces différentes transmissions sont calculées de façon que le chariot se déplace de $\frac{1}{4}$ de millimètre pendant que le cylindre A fait une révolution.

Les deux appendices frotteurs C et D sont isolés l'un de l'autre, C est en rapport avec la terre, D au poste de départ, avec le pôle positif de la pile. La ligne fonctionne donc toujours. Si, dans la marche de l'appareil, le style C vient à reposer sur un point d'écriture, celle-ci se trouve isolée. Le courant se trouve donc interrompu.

Voyons maintenant ce qui se passe dans le transmetteur. Le châssis G exécute des petits mouvements de bascule dans lesquels son arête vient en contact

de l'un des points de la nervure du cylindre B, ou s'en isole un peu. C'est sur cette arête que se déroule la bande de papier récepteur qui avance de $1/4$ de millimètre par révolution du cylindre B, ce qui établit le synchronisme de marche entre les deux parties de l'appareil. Lorsque le courant passe dans l'électro-aimant, la bobine qui est fixée solidairement au châssis se trouve, par l'action de l'aimant F, repoussée, entraînant avec elle le châssis et supprimant le contact entre le papier et le cylindre. S'il y a une interruption, c'est l'inverse qui se produit, donc un contact. Les mouvements ainsi produits dans le récepteur proviennent d'une pile locale dont le courant est relié en correspondance avec le courant de ligne par l'intermédiaire d'un relais.

§ 3. TÉLÉGRAPHE AUTOGRAPHIQUE DE M. D'ARLINCOURT.

Il existe encore quelques autres systèmes d'appareils autographiques dont nous parlerons rapidement. Ces appareils, très-intéressants cependant ne sont pas entrés jusqu'ici dans ceux consacrés par la pratique télégraphique. M. D'Arlinecourt en a imaginé un dans lequel le point saillant est le procédé employé pour obtenir le synchronisme des deux portions du système, synchronisme qui forme la garantie de correspondance entre les transmissions et les réceptions. Le mécanisme moteur est régularisé par une lame vibrante comme dans l'appareil de Hugues, mais cette lame n'est pas seule, il y en a une seconde libre for-

mant diapason avec la première. Or, on sait quels sont les avantages, au point de vue du synchronisme, que présente le diapason dans ses vibrations, avantages dont participe naturellement l'appareil. Il y a entre chacune des révolutions du transmetteur et du récepteur un petit temps d'arrêt pendant lequel s'opère le réglage.

§ 4. TÉLÉGRAPHE AUTOGRAPHIQUE DE M. LENOIR.

M. Lenoir, si connu par ses inventions dans tant de branches diverses, a établi aussi un télégraphe autographique. Chaque appareil comprend un moteur électro-magnétique, et le synchronisme peut être obtenu très-facilement entre deux postes. On emploie pour le transmetteur un papier métallique sur lequel on écrit à l'encre isolante, comme dans le télégraphe Meyer, sur lequel passe un style conducteur. Le receveur est formé d'un papier blanc ordinaire sur lequel une plume ordinaire, mise en mouvement par l'électro-aimant, vient tracer la série de points formant la reproduction des caractères de la dépêche.

Ce qui caractérise ce procédé, c'est une très-grande rapidité de transmission avec des engins excessivement simples, une pile de force électro-motrice faible et pas de relais. Ce résultat s'obtient par la disposition suivante. Lorsque, sur le transmetteur, le style correspond avec un trait, il passe sur la ligne un courant positif; lorsqu'il correspond avec une partie métallique du papier, il passe au contraire un cou-

rant négatif très-faible que M. Lenoir appelle *de vidage*, et qui, en combattant ainsi les effets multiples d'induction ou de période de charge et décharge, permet une grande rapidité de transmission.

Cette variation dans le sens et l'intensité du courant s'obtient en disposant pour le service de la ligne, non plus une seule pile, mais deux, reliées d'une façon inverse par rapport à leurs pôles. Lorsque c'est un courant positif qui circule, une seule pile est mise dans le circuit, dans l'autre cas, ce sont les deux, et la seconde ayant une force électro-motrice très-peu supérieure à la première, leur résultante ou un courant négatif très-faible d'intensité passe à travers le circuit.

L'appareil Lenoir peut transmettre 30 dépêches de 28 mots à l'heure.

§ 5. TÉLÉGRAPHE ÉCRIVANT AUTOGRAPHIQUE DE M. COWPER.

Enfin, pour terminer ce qui est relatif aux appareils autographiques, nous indiquerons un système récent dû à M. Cowper, qui non-seulement est autographique, mais écrivant. Il est basé sur le principe suivant. Si l'on considère un tracé quelconque, on peut toujours le rapporter à deux axes de coordonnées perpendiculaires entre eux, toute figure, lettre, dessin, etc., peut être décomposé en éléments suivant ces deux axes. Partant de ce principe, on peut concevoir une plume qui se meut constamment en présence de deux conducteurs distincts perpendiculaires, et les éléments

du mouvement qu'exécute la plume décomposés sur ces directions et transmis sur un autre papier préparé chimiquement, où ces courants laisseront des traces visibles.

Il faut donc un double système de batterie et de fil de ligne. Mais de plus, il faut pouvoir régler l'intensité du courant, pour obvier aux variations qui se produiraient avec l'amplitude des mouvements. Pour obtenir ce résultat, les deux fils qui aboutissent à la plume, y sont reliés à l'aide de deux barres en équerre dont l'une est en rapport avec le pôle de la pile, l'autre avec la terre. L'extrémité libre de la barre glisse dans un guide où le contact se fait à l'aide de petites feuilles d'étain séparées par une matière isolante, en relation successive par l'intermédiaire de résistances graduées. Un galvanomètre placé sur le passage avant le récepteur joue un rôle analogue à celui de la disposition précédente.

Bien que cet appareil ait été annoncé il y a quelque temps, rien ne semble montrer que sa réalisation soit encore devenue pratique. Toutefois, nous avons cru devoir le signaler, comme formant peut-être le point de départ d'une nouvelle série de découvertes dans l'art de la télégraphie. Car, si l'on considère l'ensemble des acquisitions précieuses, dont la science nous a dotés et dans un intervalle de temps relativement si court, on ne s'étonne plus à la pensée qu'un jour peut-être l'expédition d'une dépêche télégraphique se réduira à la simple opération d'aller prendre au-dessus d'une table spéciale, un porte-plume particulier et d'écrire non plus un modèle, mais la dé-

pêche elle-même, comme si la personne à qui vous l'adressez se trouvait instantanément à côté de vous, et cela malgré des milliers de lieues qui vous séparent.

CHAPITRE VIII.

Des Télégraphes multiples.

La nécessité d'augmenter la rapidité de transmission des dépêches a conduit à l'invention de deux appareils, que l'on peut considérer jusqu'ici comme les plus merveilleux de tous ceux déjà si nombreux auxquels a donné lieu l'étude des divers problèmes de la télégraphie. Nous voulons parler des appareils de M. Meyer et de M. Baudot. Il avait déjà été démontré que les capacités de transmission d'un conducteur télégraphique étaient de beaucoup supérieures aux effets qu'on en utilisait, et cela par l'emploi du télégraphe autographe de M. Meyer dont nous avons parlé précédemment, montrant que la quantité de lettres transmises en une seconde dans le récepteur était beaucoup plus grande que celle que l'on obtenait avec tous les autres systèmes. La différence provenait donc évidemment des procédés mêmes employés pour opérer cette transmission, soit que les appareils manipulateurs occasionnassent des pertes de temps, soit encore que les opérateurs exécutant ce travail ne pussent exécuter deux transmissions successives dans un espace de temps aussi court que celui qui était nécessaire au conducteur pour l'opérer.

C'est de cette dernière considération principalement qu'est sortie l'idée de la télégraphie multiple

qui a pour but, au moyen d'un seul fil télégraphique, de transmettre, dans la même période de temps, les dépêches exprimées par plusieurs opérateurs travaillant simultanément chacun sur son appareil particulier. Elle repose sur la division du temps.

Bien que ce résultat considérable puisse en quelque sorte stupéfier au premier abord, il est cependant facile de s'en rendre compte, et il en est de cela comme de toutes les inventions capitales, qui étonnent tellement par leur simplicité, une fois établies, que l'on se demande souvent comment ces résultats n'ont pas déjà été trouvés depuis longtemps. C'est du reste la fameuse histoire de l'œuf de Christophe Colomb qui sera éternellement vraie.

Nous avons dit que matériellement les intervalles de temps qui s'écoulaient entre les manipulations étaient supérieurs à ceux nécessaires pour la transmission par les conducteurs. Ainsi, pour fixer les idées, supposons que pendant le temps T nécessaire à l'opérateur pour une transmission, le conducteur, lui, puisse opérer six transmissions. Si nous installons six opérateurs, travaillant alternativement d'une façon régulière, pendant la période T chacun d'eux ne peut exécuter qu'une seule transmission, à cause des intervalles qu'il met entre deux opérations successives, mais par suite de la division du travail établi, dans cette même période, chacun des opérateurs exécutera une transmission, en tout 6, c'est-à-dire ce que le conducteur peut faire pendant la même période. Il en résulte évidemment que si le travail a été mécaniquement divisé en six périodes égales, le conducteur

pourra opérer dans chacune de ces périodes pour un appareil en particulier, et que par suite avec un même fil on aura transmis six dépêches différentes, et cela pendant une période égale à celle qui aurait été nécessaire en n'employant ce même fil que pour un seul appareil.

M. Meyer, l'inventeur d'un des systèmes que nous allons décrire, a publié quelques résultats intéressants au sujet de la capacité de transmission des fils, établis par des études faites sur le service entre Paris, Lyon, Bordeaux, Marseille, avec les appareils autographiques. La reproduction de l'écriture, par hachures successives, est de tous les procédés télégraphiques, celui qui demande au fil, dans l'unité de temps, le plus grand nombre de courants. Lorsque le stylet qui parcourt 12 centimètres à la seconde, passe en travers sur la ligne d'écriture, on peut évaluer de 50 à 100 le nombre des émissions effectuées, et celles produites par les déliés n'atteignent pas $\frac{1}{600}$ de seconde. C'est donc en nombre rond de 4000 à 5000 courants simples que les autographes enregistrent à la seconde sur les fils de 500 à 600 kilomètres.

Or, il est reconnu qu'un employé ne peut transmettre par seconde d'une façon suivie que :

- 1.5 caractères avec le Morse ordinaire.
- 2 — — — perfectionné.
- 3 — — — le Hugues.

Ces résultats sont donc bien inférieurs à ceux que pourraient fournir les conducteurs.

La transmission multiple a précisément pour objet de réaliser en signaux alphabétiques cette somme relativement considérable des courants autographiques. On a reconnu qu'avec ces appareils, dans un rayon de 5 à 600 kilomètres, le nombre des transmissions avec les appareils sextuples donne un produit moyen de 200 dépêches à l'heure, qui pourrait être porté à 500 pour des lignes plus courtes.

Sur les longues lignes, l'emploi des relais permet d'obtenir des résultats du même ordre.

§ 1. APPAREIL DE TRANSMISSION MULTIPLE
DE M. MEYER.

Son appareil relativement simple permet, en agissant sur un clavier, au manipulateur de recevoir dans le récepteur une impression de signaux conventionnels analogues à ceux de l'alphabet Morse. M. Meyer a publié sur cet appareil une étude très-détaillée dont nous nous inspirons pour notre description.

Chaque poste est muni de deux appareils identiques d'aspect assez simple. C'est une grande table supportant quatre, six claviers semblables, en regard d'appareils enregistreurs, et reliés à un axe qui reçoit son mouvement d'un rouage d'horlogerie. Nous ne croyons pas utile de donner une vue d'ensemble de l'appareil, la description détaillée des différentes parties permettra suffisamment d'en imaginer la combinaison.

Le mouvement d'horlogerie ou moteur central que M. Meyer appelle le *chronomètre*, et qui commande la marche de l'appareil, est régularisé par un pendule conique à tige en spirale à suspension fixe, dis-

position qui est la meilleure connue pour assurer le synchronisme de la marche. Sa vitesse de rotation est de 150 tours à la minute.

Sur l'une des platines intérieures du rouage, il y a sur un disque en ébonite, un cercle en métal appelé *diviseur*, qui a pour fonction de diviser en périodes égales et successives, la durée d'une révolution entre les divers appareils récepteurs ou manipulateurs constituant une installation.

Sur ce cercle dont on a prélevé $1/15^e$ de la circonférence, destiné à produire la régularisation du synchronisme entre deux postes correspondants, ainsi qu'on le verra plus loin ; on divise la portion restante en autant de parties égales qu'il y a de transmissions réunies dans l'appareil, portant chacune une lamelle de métal isolée, en tout 16 lamelles, d'où un groupe de 16 fils se dirigeant vers les récepteurs. Si l'appareil est quadruple, ce sont les quatre fils de la division en quatre qui sont rattachés chacun à quatre récepteurs, si c'est un sextuple, ce sont les fils de la division en six, et ainsi de suite. Le diviseur n'est pas traversé par les courants de transmissions, il n'a qu'un seul point d'attache avec la ligne, celui affecté à la correction. Un frotteur élastique ou charriot en parcourt la circonférence, il fait 90 tours à la minute, et détermine par son passage sur les lamelles, la fermeture du circuit local.

L'appareil de transmission se compose d'un clavier à huit touches, quatre blanches et quatre noires, les premières servant à produire des traits et les secondes des points, et d'un appareil particulier dit diviseur,

destiné, comme on le verra, à diviser les effets produits par chaque opération. Un alphabet analogue à celui de Morse et que nous donnons ici, permet de transmettre, soit une lettre, un chiffre ou un signe, par la combinaison de traits et de points, sans qu'il y en ait jamais plus de quatre, et comme la réception se fait à l'aide d'une hélice imprimeuse, comme dans le télégraphe autographique, la position des traits sur une même ligne horizontale du papier par rapport aux bords extrêmes permet de différencier facilement à l'aide d'une convention, ceux qui par leur combinaison forment une lettre, un chiffre, ou un signe. De plus, la transmission se fait non plus comme dans le Morse, successivement par la production des points ou traits constituant un signe, mais bien simultanément. Ainsi, par exemple, dans le Morse, pour produire une *f* il faut faire avec la clef quatre contacts successifs : 2 brefs, 1 long, 1 bref, - - — -, ici on appuie à la fois sur deux touches blanches contiguës, la noire qui suit et la blanche venant en dernier, et le récepteur imprime d'un seul coup la même succession - - — -. On comprend qu'avec une convention comme la suivante : d'opérer de gauche à droite pour les lettres, de droite à gauche pour les chiffres, et avec les touches du milieu seulement pour les signes, la position des traits sur la bande de papier permettra, à la simple inspection de leur position, de reconnaître la nature de signe qu'on veut transmettre. Ceci est d'ailleurs rendu évident par l'inspection de l'alphabet, où les traits sont indiqués dans leur position respective sur la bande recevante.

ch	— — — —	k	— — — —	x	— — — —
a	— — — —	l	— — — —	y	— — — —
â	— — — —	m	— — — —	z	— — — —
b	— — — —	n	— — — —	1	— — — —
c	— — — —	o	— — — —	2	— — — —
d	— — — —	ô	— — — —	3	— — — —
e	— — — —	p	— — — —	4	— — — —
é	— — — —	q	— — — —	5	— — — —
f	— — — —	r	— — — —	6	— — — —
g	— — — —	s	— — — —	7	— — — —
h	— — — —	t	— — — —	8	— — — —
i	— — — —	u	— — — —	9	— — — —
î	— — — —	v	— — — —	0	— — — —
j	— — — —	w	— — — —	o/o	— — — —
Erreurs.	{	?	— — — —	Sous- signe.	{
		/	— — — —		
		Répète.	— — — —		
.	— — — —	At- tente.	— — — —	Alinéa.	— — — —
,	— — — —)	— — — —	Finale.	— — — —
:	— — — —	(— — — —		
;	— — — —	Apostrophe.	— — — —		
!	— — — —	Trakt d'union.	— — — —		

Ainsi que nous l'avons dit, la corrélation entre les parties d'un même poste est établie à l'aide d'un mouvement d'horlogerie, réglant la période active de chacun des distributeurs, et le synchronisme des mouvements d'horlogerie dans deux postes correspondants, produit dans le second poste des actions exactement synchroniques de celles déterminées dans le premier. Nous allons maintenant entrer dans le détail des appareils spéciaux de transmission et de réception, puis nous décrirons comment le synchronisme est toujours maintenu entre les deux postes.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, la transmission comprend deux organes représentés : le clavier et le distributeur.

Le clavier (fig. 72) comprend huit touches, quatre blanches reposant sur le fil de terre, et quatre noires sur des lamelles isolées, reliées chacune aux quatre premières, ce qui fait dériver en f le courant de transmission de la touche blanche à travers la touche noire. Il y a un câble de huit fils attachés aux huit touches se dirigeant du clavier vers le distributeur.

Le distributeur (fig. 74) se compose d'un cercle en métal, isolé sur un disque d'ébonite divisé en un certain nombre de groupes, comme on le voit sur la figure. Chaque groupe comprend trois divisions numérotées 1, 2, 3. Les divisions 1 et 2 ont leur largeur dans le rapport de 3 : 7, et sont reliées : la première, aux touches noires, la seconde aux touches blanches ; puis enfin les n^{os} 3 qui sont reliées à la terre. En plus de ces quatre groupes, deux autres lamelles indiquées sans n^o, une reliée à la terre, l'autre formant arrêt.

Voici les largeurs des lamelles exprimées en centièmes de la circonférence :

Groupe 1.	$\frac{6}{100}$
Groupe 2.	$\frac{8}{100}$
Groupe 3.	$\frac{9}{100}$
Arrêt.	$\frac{3}{100}$
Celle qui suit.	$\frac{5}{100}$

En appuyant sur les touches du clavier, on fait passer des courants dans les touches, les fils du câble, et de là sur les deux lamelles correspondantes du distributeur. Dans sa rotation, le chariot ou frotteur donne issue aux courants sur la ligne qu'ils traversent en conservant entre eux les mêmes rapports de longueur et d'espacement que ceux qu'occupent les lamelles sur la circonférence du distributeur.

Or, lorsqu'on appuie sur une touche blanche, le courant se rend dans un groupe 1, 2, la longueur d'émission peut donc être représentée par $\frac{6+8}{100}$.

Au contraire, si l'on appuie sur une noire, le courant ne se rend que dans la lamelle 1 du groupe, et la longueur d'émission sera $\frac{6}{100}$. Ces deux nombres sont également dans les rapports 3 à 7. Voici donc comment le jeu des touches différentes donne lieu à

des émissions plus ou moins prolongées, toujours dans le même rapport, comme avec la clef Morse. Nous allons voir comment le récepteur les transforme en points et en traits.

Tous les organes du récepteur sont renfermés dans un petit appareil à mouvement d'horlogerie, muni d'un barillet à ressort que l'on remonte du pied, avec régulateur à force centrifuge, dont on règle la vitesse de rotation avec une petite clef, allongeant ou raccourcissant une vis sans fin qui commande la spirale du ressort du régulateur (fig. 73).

Le mécanisme imprimeur est une hélice à spire entière, longue de 30 millimètres et vissée sur l'avant-dernier arbre du rouage. Un tampon encreur tourne librement sur elle et y dépose de l'encre oléique.

La nervure hélicoïdale, dans sa rotation, trace une ligne droite sur la bande de papier qui se déroule au-dessous d'elle. Sur l'arbre portant le cylindre à hélice est monté le chariot du distributeur que nous venons d'étudier. Ils effectuent donc tous deux en même temps leur rotation, par conséquent il passera dans l'hélice des courants successifs qui auront conservé entre eux le même rapport de longueur et d'espacement que celui qu'occupent les lamelles de la circonférence du distributeur.

Ainsi donc, si, pendant une rotation du chariot, on a appuyé, par exemple, sur une touche blanche et une touche noire, il y a eu deux émissions dont les durées sont entre elles comme 3 : 7, et il passera dans l'hélice deux courants dont les longueurs de durée seront dans le même rapport. Si, au lieu de deux

contacts, on en a opéré quatre, le nombre maximum possible, ces émissions traversent l'hélice en conservant les mêmes rapports de durée et d'espacement qu'elles avaient sur le distributeur. Il est facile de concevoir le jeu du récepteur. Si en effet chaque fois que l'hélice est traversée par un courant, le papier enregistreur est mis en contact avec elle, celle-ci y tracera un trait dont la longueur sera proportionnée à la durée de l'émission, soit donc un trait ou un point. Enfin, puisque dans un tour complet du chariot on fait au plus quatre émissions, un tour de l'hélice donnera, sur la ligne droite qu'elle tracerait avec contact permanent, quatre signes séparés par les périodes de non contact entre le papier et l'hélice, qui reproduiront les signes employés pour former les lettres. La dépêche se reproduira donc, à l'aide de signes Morses disposés pour chacune des lettres, sur une ligne droite, les lettres successives au-dessous les unes des autres. Un petit arrêt dans la manipulation laissera produire un blanc sur le papier récepteur qui servira à séparer les mots.

La mise en contact du papier et de la nervure hélicoïdale, lorsqu'un courant traverse celle-ci, s'effectue à l'aide de la disposition représentée fig. 68, analogue à celle du télégraphe autographique.

Au-dessous de l'hélice il y a un large levier horizontal formant chaîne *ab*, oscillant entre deux butées. C'est sur ce levier que passe la bande de papier qui a la largeur de 40 millimètres ; elle le contourne, puis revient sur elle-même entraînée par un laminoir, et le tirage est réglé de façon à produire un espacement

de 3 millimètres entre chaque lettre. Ce levier fait corps avec un petit électro-aimant ef , qui oscille en face des pôles d'un aimant fixe A. Le passage du courant détermine dans l'électro-aimant deux pôles de signes contraires à ceux de l'aimant en regard, d'où répulsion, bascule du système, contact du papier avec l'hélice, jusqu'à ce que le courant cessant de passer, l'aimant attire alors l'électro-aimant. Le système bascule donc en sens inverse et le contact cesse.

Voici donc la description et le rôle séparé du transmetteur et du récepteur. Voyons maintenant comment leur connexité est établie sur un même appareil, et puis ensuite nous n'aurons plus qu'à décrire le mode de relation entre deux postes correspondants.

Il y a un second électro-aimant dont l'armature porte un bras vertical qui sert d'arrêt à l'arbre transmetteur, c'est-à-dire à celui qui porte à la fois le chariot du distributeur et le cylindre à nervure du récepteur. Cet arbre est à frottement doux au centre de la roue qui lui transmet le mouvement et du rochet qui a pour fonction de l'entraîner. Tout à côté du rochet, il y a un bras fixé sur l'arbre, portant un cliquet pour embrayer ou déembrayer l'arbre transmetteur. L'une de ses extrémités, en buttant contre le bras de l'armature, et retenue par elle, détermine l'arrêt de l'arbre, le mouvement du récepteur continuant à tourner. C'est l'état de repos.

Si l'électro-aimant vient à agir par l'action du courant de déclenchement, le cliquet mis en liberté, et obéissant à l'action d'un ressort, appuie dans les dents du rochet, et l'arbre transmetteur et tous les organes

qu'il porte sont mis en mouvement. Il effectue une rotation, s'arrête et ainsi de suite.

C'est pendant cette rotation que se produisent la transmission et la réception des signaux.

En résumé, en ne nous arrêtant pas au mode particulier qui règle le procédé de transmission et de réception dans un même appareil, l'acceptant comme acquis dans les conditions où sont placés ces appareils par rapport à l'arbre transmetteur, et revenant à la question spéciale du télégraphe multiple, nous voyons que l'appareil appelé chronomètre gouverne, sur un même appareil type, une série d'appareils divisionnaires formés chacun d'un transmetteur et d'un récepteur, et que la somme des rotations des distributeurs qui composent un groupe multiple est égale à une révolution du diviseur, l'espace correcteur étant défalqué. Elles se suivent ayant chacune pour limites d'action deux déclenchements consécutifs de la division du même ordre.

A la vitesse normale de 90 tours ou révolutions du diviseur à la minute, les durées des rotations de l'arbre transmetteur sont :

Pour le quadruple $\frac{1}{6}$ de seconde.

— le sextuple $\frac{1}{10}$ —

C'est pendant ce temps que se reproduit la lettre.

Il est facile de concevoir deux appareils identiques installés à deux postes séparés par un fil de longueur quelconque. Les opérations exécutées dans un transmetteur d'un poste étant reproduites par un récep-

teur, dans l'autre, à condition que les deux appareils de postes marchent avec un synchronisme parfait, et que toutes les différentes périodes que nous venons d'étudier se reproduisent identiquement dans chacun d'eux.

Nous allons voir par quelle disposition ingénieuse on a pu assurer ce synchronisme, puis nous indiquerons l'installation de deux postes correspondants.

L'un des appareils est rendu solidaire de l'autre de façon à en suivre forcément les variations de vitesse. Laissant donc marcher librement l'appareil de l'un des postes, on est certain que l'autre le suivra toujours synchroniquement. Nous désignerons le premier poste par A, le second par B.

En A, la portion de circonférence ($1/15$) du diviseur, affectée au service de la correction, est divisée en deux lamelles, la première en relation permanente avec le pôle de la pile de ligne, et la seconde avec la terre. En B, cette portion de circonférence ne comprend qu'une seule lamelle, toujours en rapport avec la terre.

Le passage du chariot en A sur la partie considérée du diviseur envoie un courant *dit de correction* vers B. Ce courant agit sur un mécanisme spécial qui a pour effet de faire subir au mouvement des déplacements de vitesse, par quantités égales d'environ

$\frac{1}{130}$ de seconde, dans le sens des variations, ce qui

suffit amplement pour maintenir le synchronisme des deux pendules, car d'une vibration à l'autre les variations sont souvent nulles, mais ne dépassent pas $\frac{1}{500}$

de seconde, et n'ont véritablement d'importance qu'à cause de la longue durée de marche.

L'arbre vertical qui actionne le pendule porte trois roues d'angle, l'une inférieure solidaire au rouage, l'autre supérieure à l'arbre, et la troisième intermédiaire à son axe sur un petit plateau denté horizontal, à frottement doux autour de l'arbre vertical. En déplaçant ce plateau, on entraînera à la fois la roue intermédiaire et la roue inférieure, et communiquera à tout le rouage les corrections nécessaires. C'est précisément le courant de correction qui déterminera ces diverses opérations à l'aide de la disposition représentée dans la figure 81.

Une vis sans fin engrène le plateau tangentiellement et se termine au dehors de la caisse du rouage, par deux roues à rochets N, taillées en sens inverse. En dessous d'elles, il y a un levier en forme d'équerre BFLO, pivotant autour du point K, s'appuyant en O sur un excentrique P dépendant du rouage qui, à chaque tour, communique une poussée au bras O et tend à faire soulever le bras B qu'un ressort f , glissant entre deux goupilles $i' i'$, maintient vertical. Il a vers le haut deux bras munis chacun d'un cliquet, l'un à gauche, l'autre à droite des roues à rochets.

D'autre part, un électro-aimant dans lequel passe le courant de correction, agit sur le cadre pour y déterminer un mouvement d'inclinaison, à la faveur duquel les cliquets p, p' agissent sur l'un ou l'autre rochet. Dans le mouvement ascensionnel, c'est le cliquet p qui agit; la correction ainsi produite est dite

mécanique. L'inclinaison à gauche du cadre, sous l'action de l'électro-aimant, détermine l'action du cliquet p' ; c'est la correction électrique, celle-ci produit l'avance, la précédente le retard.

La pièce supérieure qui porte deux crans r, r' placés en regard du buttoir z fixé au cadre, a pour effet de régler les deux actions correctrices. Le buttoir z , lorsque le cadre est soulevé, entre dans un des crans ou l'autre, suivant que l'action électrique, intervenant au même moment ou non, fait pencher en même temps le cadre, ou le laisse s'élever directement, ce qui détermine l'action de p ou de p' . On comprend qu'à l'aide de cette disposition l'appareil de (B) reçoit des effets variés de retard ou d'avance, le maintenant toujours en synchronisme parfait avec celui de A.

Il nous reste peu de mots à dire pour compléter cette étude, et qui ont trait à l'installation de deux postes correspondants.

En réalité, les appareils travaillent, sous l'action du circuit local que commande le circuit de ligne, par un relais que l'on installe en double, un sur le transmetteur placé sur le pôle de la grande pile en deçà du clavier, l'autre, le relais de réception, sur le fil de terre, ce qui les met à l'abri des courants de retour.

Il se compose d'un aimant fixe horizontal à pôles mobiles en fer doux, formant, par leur accouplement, une sorte de levier disposé horizontalement, appuyant par deux vis sur les deux branches de l'aimant. L'un des bras porte un ressort antagoniste, et l'autre oscille entre deux vis de contact, en dessus et au-dessous. La première sert à la translation du courant

local, la seconde est en relation avec la lamelle de correction du chronomètre.

Les pôles fixes d'un électro-aimant vertical viennent en regard des pôles mobiles de l'aimant. Le relais, par le contact de son levier, ferme le circuit local que le courant de ligne interrompt, et ces interruptions déterminent les impressions.

Supposons une installation en quadruple, le chronomètre est placé sur une petite table à part; de son diviseur rayonnent quatre fils qui, partant des groupes de division en quatre, vont aboutir chacun aux électro-déclencheurs.

En tête de la table où sont placés les quatre appareils, formés chacun d'un clavier et d'un récepteur, sont établis les deux relais. C'est à leurs bornes qu'aboutissent tous les fils de communication.

La ligne a cinq attaches, celle du chronomètre pour la correction, et les quatre autres aux chariots des quatre récepteurs. Les rotations des distributeurs étant successives, l'usage du fil de ligne passe successivement de l'un à l'autre, puis, à l'opération de correction, revient au premier et ainsi de suite.

De chaque distributeur part un câble de neuf fils se rattachant aux huit touches du clavier et au fil de terre. Il y a deux fils reliant les quatre claviers, l'un va au pôle de la grande pile sur laquelle est établi le relais de transmission, l'autre au sol à travers le relais de réception.

Il n'y a qu'une pile locale par appareil. Son pôle positif traverse les masses des deux relais, se divise en quatre ramifications correspondant aux électro-ai-

mants des récepteurs, et son action est répartie successivement pendant la rotation du chariot dans chaque récepteur.

Un fil spécial allant du relais à l'électro-aimant de correction ne laisse, grâce à un interrupteur, passer de courant que pendant la période de correction.

§ 2. TÉLÉGRAPHE MULTIPLE IMPRIMEUR DE M. BAUDOT.

Cet appareil, qui a vivement excité l'admiration de tous les visiteurs à l'Exposition d'électricité, est en effet le plus complet et le plus ingénieux de tous ceux qui ont été inventés jusqu'ici en télégraphie. Bien que d'origine récente, puisque le premier brevet pris par M. Baudot ne date que de 1876, il a reçu déjà de nombreux perfectionnements, et, entre le type exposé et les premiers modèles fabriqués, il y a des différences notables.

Nous nous occuperons seulement du modèle qui était exposé.

Comme le titre l'indique, c'est un appareil multiple, c'est-à-dire permettant d'employer un seul fil à la transmission des dépêches entre plusieurs séries d'agents accouplés deux par deux. Ce résultat s'obtient par la division du travail, en périodes successives et égales. Nous avons suffisamment expliqué ce principe dans la description du télégraphe multiple de M. Meyer, pour juger inutile d'y revenir ici. De plus, l'appareil de M. Baudot est un enregistreur des dépêches, non plus en caractères conventionnels,

exigeant un travail de transcription ; mais bien en caractères ordinaires comme le Hugues. On voit que par ce côté il offre encore un nouvel avantage au point de vue de la rapidité générale d'exécution du travail. Enfin, dernier perfectionnement important, surtout quand on réfléchit à la multiplicité des dépêches échangées, le poste expéditeur peut lui-même obtenir l'impression de son propre travail, ce qui assure le contrôle d'une façon certaine.

M. Baudot s'est tout d'abord préoccupé, en appliquant le système multiple, d'employer le système d'émissions offrant par lui-même les plus grands avantages, de façon à retirer de cette double combinaison le maximum d'effet utile qu'on puisse atteindre jusqu'à présent.

Or, en se reportant à tout ce qui précède, il est facile de comprendre que l'emploi d'émissions de courant égales en durée et à des intervalles de temps égaux, est celui qui satisfait le mieux aux conditions naturelles d'une ligne télégraphique, le fil étant mis ainsi en service sans qu'il y ait de perte de temps entre les diverses périodes, et comme on peut restreindre la durée de la période à la plus petite valeur fixée par l'expérience, on voit qu'on aura, dans un temps donné, employé le fil autant de fois qu'il sera possible, et que le rendement ainsi obtenu sera maximum.

Mais en partant de ce point de départ, il ne reste plus, comme moyen d'exécution pour différencier les signaux, que l'emploi de courants variés de sens. M. Baudot a donc été conduit à imaginer un alpha-

bet conventionnel qui est essentiellement différent de tous ceux employés jusqu'ici.

On sait qu'étant donné un certain nombre d'objets différents entre eux, mais définis, il y a des moyens variés de les disposer en groupe les uns par rapport aux autres. C'est là ce que l'on appelle, en mathématiques, les combinaisons, et il existe des formules permettant de trouver le nombre de ces combinaisons différentes que l'on peut ainsi former avec un nombre donné d'objets. M. Baudot, pour établir son alphabet conventionnel, a choisi les combinaisons qu'on peut faire avec deux séries d'objets de nature différente en les groupant cinq à cinq. En un mot, si sur une ligne télégraphique on envoie un groupe d'émissions successives, au nombre de cinq, les unes positives et les autres négatives, on pourra ainsi obtenir un certain nombre de groupes qui différeront tous entre eux par l'ordre de succession des courants positifs ou négatifs. Le calcul montre que l'on peut obtenir ainsi 32 combinaisons, et comme par un artifice de construction analogue à celui que nous avons déjà vu dans le Hugues, on pourra indiquer qu'elles s'appliquent à représenter, par exemple, des lettres de l'alphabet ou des signes conventionnels; on voit que l'on aura ainsi le moyen de représenter deux groupes de 32 signaux ou 64.

Le tableau que nous donnons ci-joint montre comment ces combinaisons sont formées, et en même temps la valeur conventionnelle qui leur est attribuée dans chacun des groupes. On remarquera que quelques-unes d'entre elles n'ont qu'une seule et unique

signification, comme la première, la seizième, la dix-septième et la trente-deuxième. La première est la combinaison qui se produit naturellement quand l'appareil est au repos, elle ne se traduit par aucun caractère sur la bande de papier où les dépêches sont enregistrées. Les autres sont destinées à produire les intervalles devant séparer les mots ou les chiffres entre eux, ou à indiquer qu'il y a eu une erreur de commise. En résumé donc, l'alphabet est formé à l'aide de 32 combinaisons différentes, permettant d'exprimer 60 caractères ou signes conventionnels.

(Voir le Tableau ci-contre).

1 ^{re} combinaison				— — — — —
2 ^e	—	A	1	+ — — — —
3 ^e	—	B	8	— — + + —
4 ^e	—	C	9	+ — + + —
5 ^e	—	D	0	+ + + + —
6 ^e	—	E	2	— + — — —
7 ^e	—	É	et	+ + — — —
8 ^e	—	F	F	— + + + —
9 ^e	—	G	7	— + — + —
10 ^e	—	H	H	+ + — + —
11 ^e	—	I	I	— + + — —
12 ^e	—	J	6	+ — — + —
13 ^e	—	K	(+ — — + +
14 ^e	—	L	=	+ + — + +
15 ^e	—	M)	— + — + +
16 ^e	—	Blanc chiffre.		— — — + —
17 ^e	—	Erreur.		— — — + +
18 ^e	—	N	N°	— + + + +
19 ^e	—	O	5	+ + + — —
20 ^e	—	P	‰	+ + + + +
21 ^e	—	Q	1	+ — + + +
22 ^e	—	R	—	— — + + +
23 ^e	—	S	;	— — + — +
24 ^e	—	T	!	+ — + — +
25 ^e	—	U	4	+ — + — —
26 ^e	—	V	'	+ + + — —
27 ^e	—	W	?	— + + — +
28 ^e	—	X	,	— + — — +
29 ^e	—	Y	3	+ + — — +
30 ^e	—	Z	:	+ + — — —
31 ^e	—	r	.	+ — + — +
32 ^e	—	Blanc lettre.		— — — — +

L'application du système multiple conduit, quant à l'ensemble de la disposition, aux mêmes conditions que dans le cas précédent. Chaque station est formée d'un ensemble de postes groupés deux par deux pour correspondre de l'un à l'autre ; chacun de ces postes est muni d'un transmetteur et d'un récepteur que l'employé introduit séparément ou à la fois dans la partie active. L'installation, dans chaque station, comporte un organe spécial marchant synchroniquement dans l'une et l'autre, appelé distributeur, chargé de mettre en communication à chaque instant les extrémités du fil de ligne aux deux postes correspondants, en passant successivement par tous les groupes.

Occupons-nous maintenant du système en lui-même. Afin de permettre d'en comprendre facilement le fonctionnement, nous suivrons une méthode assez analogue à celle que nous avons adoptée en décrivant le système Hugues. Nous chercherons d'abord à faire voir les diverses parties fondamentales, leur rôle propre, la liaison qui existe entre elles, plutôt que de chercher à donner de prime-abord une description régulière du système mécanique proprement dit. On comprend en effet sans peine, que la simplicité des effets produits et obtenus a entraîné le constructeur dans une complication assez grande du mécanisme, en apparence du moins, et que la méthode ordinaire employée pour toute description, conduirait fatalement, par suite des petits détails, à ne pas bien faire ressortir le principe même du fonctionnement.

Nous avons dit qu'un organe spécial, appelé *distributeur*, avait pour rôle de mettre successivement

les deux extrémités du fil de ligne en rapport avec les deux postes correspondants des deux stations, pendant un intervalle de temps suffisant pour l'échange d'une des combinaisons de l'alphabet. Ce distributeur a donc, comme première fonction, la distribution du temps en périodes égales, il devra lui-même présenter une marche toujours synchrone avec elle-même. Il devra remplir encore plusieurs autres fonctions : ainsi par exemple, il servira au jeu de courants locaux ayant plusieurs utilisations, un entre autres qui servira à faire fonctionner dans chaque transmetteur un petit parleur, indiquant à l'agent de ce poste que le moment de sa période de travail commence, ce qu'on appelle *frapper la cadence*.

Sans entrer dans d'autres détails, pour le moment, au sujet de cet appareil particulier, nous nous contenterons de dire qu'il se compose d'un plateau circulaire en ébonite sur lequel sont disposées, suivant des cercles concentriques, des cases de métal formant ainsi des groupes affectés aux divers services qu'il doit remplir. Sur ce plateau frotte une série de balais métalliques portés sur un bras mobile autour d'un axe vertical perpendiculaire au plan du plateau et passant en son centre, et constituant les frotteurs. Ce sont eux qui, par leur passage au-dessus des divisions du plateau, mettent le fil de ligne en relation avec ces divisions diverses et produisent la fermeture de tel ou tel circuit. Le mouvement de ces frotteurs est obtenu à l'aide de moteurs animés de vitesse sensiblement uniforme.

Ceci posé, supposons que ces frotteurs passent au-dessus d'un secteur approprié à un poste déterminé, et voyons ce qui se produit pendant cette période.

Ce secteur est lui-même divisé en cinq parties angulaires égales, reliées chacune par un fil, avec une des cinq touches d'un petit clavier formant le manipulateur. Ces cinq touches servent à mettre momentanément les divisions du secteur en communication avec le pôle positif ou négatif de deux piles spéciales, les piles de ligne, dont les deux autres pôles sont à la terre. Pour cela, chacune de ces touches est munie d'un levier métallique, fixé par son extrémité au petit fil en spirale attaché à une des subdivisions du secteur, et oscillant entre deux buttoirs : l'un, le supérieur, relié au fil fixé au pôle négatif non à la terre dans une des piles, l'autre à celui du pôle positif non à la terre de la seconde pile. En temps de repos, tous ces leviers reposent naturellement contre le buttoir du fil négatif.

Par une disposition d'ordre secondaire, un peu avant que les frotteurs de la ligne n'arrivent sur le secteur considéré, un frotteur additionnel donne lieu par son passage en un point d'un des cercles concentriques du distributeur, au passage d'un courant local dans le manipulateur qui actionne un petit parleur et prévient ainsi l'agent que sa période active est venue ; c'est ce que l'on appelle frapper la cadence. L'agent abaissera alors successivement ou même simultanément les cinq touches de son clavier, de manière à produire la combinaison correspondante au signal à énoncer, mettant ainsi les cinq subdivisions

de son secteur soit dans le circuit de courant de sens positif ou en laissant une partie dans le circuit du courant de sens négatif.

En un mot, il fera passer successivement dans chacun des segments de son secteur un courant positif ou négatif. Les frotteurs à leur tour feront passer sur la ligne ces courants successifs. Ces émissions ne se manifestent que successivement et au moment précis du passage du frotteur sur les diverses divisions.

Passons maintenant à l'autre poste correspondant, et examinons les organes destinés à recevoir les effets de ces cinq émissions successives, et comment se traduisent ces effets.

Les opérations qui se réalisent en ce point du système sont de deux natures différentes. D'abord la suite successive des transmissions électriques, leur transformation instantanée sur une série d'autres appareils, puis à partir de ce dernier effet les actions électriques proprement dites cessent, et la suite des opérations s'exécute par des moyens complètement mécaniques. Elles ont pour but de transformer la combinaison produite, en une impression sur une bande de papier contre une roue des types du caractère, qui correspond dans l'alphabet conventionnel à la combinaison produite par les cinq émissions successives dans le manipulateur.

L'appareil de réception est pourvu d'un disque avec frotteur analogue à celui que nous avons esquissé dans la composition du poste expéditeur, et marchant synchroniquement avec lui, il en résulte que les deux

secteurs homologues sont mis à la fois en rapport avec le fil de ligne, par les sous-divisions correspondantes qui se succèdent dans le même ordre. Les émissions successives, sortant par ces sous-divisions dans le secteur d'expédition, entrant dans le fil de ligne par le frotteur, pénètrent d'une façon semblable par les balais du frotteur de l'autre appareil dans les sous-divisions du secteur, et de ceux-ci par des fils spéciaux dans cinq relais polarisés assez sensibles dont les armatures oscillent entre deux buttoirs très-rapprochés et restent indifféremment appliquées sur l'un ou l'autre par l'action magnétique, conservant la position que leur a communiquée la dernière émission du courant. On comprend facilement que par suite des combinaisons formées par les positions respectives de ces cinq armatures entre les buttoirs, on peut établir une nouvelle représentation des combinaisons formant les signes de l'alphabet. Il y a plus, comme les positions ainsi prises persistent un certain laps de temps, celui qui s'écoule entre deux phases consécutives de travail d'un même poste, il serait facile de noter à la vue cette combinaison formée par les cinq armatures du relais, et de traduire la lettre qu'elle représente.

Cette dernière partie du travail est exécutée par l'appareil lui-même, et comme nous le disions, par une disposition toute mécanique.

L'appareil récepteur contient un mécanisme comprenant deux parties reliées ensemble, une que l'on désigne souvent sous le nom de *traducteur*, l'autre qui forme le *système imprimeur* proprement dit. Ce

mécanisme est mù par un moteur spécial, indépendant, animé d'une vitesse sensiblement identique à celle du distributeur, et dont le synchronisme avec ce dernier est d'ailleurs assuré par une disposition additionnelle.

Le traducteur, à son tour, comprend deux parties : le combinateur et le chercheur.

Le combinateur est formé d'un disque divisé par des cercles concentriques en cinq zones, comprenant également chacune deux divisions. Ces dix divisions, désignées sous le nom de voies, sont donc ainsi réparties en cinq groupes de deux voies complémentaires l'une de l'autre, comme on le verra tout-à-l'heure. L'une d'elles est dite voie de travail, et l'autre voie de repos. Ces voies sont séparées par des rainures verticales. Le combinateur n'occupe pas la surface entière du cercle, et laisse un secteur particulier dont nous verrons l'usage.

Le chercheur est formé par un frotteur à cinq dents mobiles sur leur point d'attache, monté par un manchon sur un axe vertical traversant le centre du combinateur, et que cet axe entraîne avec lui dans un mouvement continu de rotation ; mouvement obtenu à l'aide d'un moteur spécial, indépendant, marchant avec une vitesse aussi égale que possible, à celle des deux distributeurs, et dont le synchronisme, avec ceux-ci, est obtenu par une disposition additionnelle.

Revenons à l'étude du combinateur qui forme la partie la plus originale de toute l'invention remarquable de M. Baudot. Les rainures ou voies qui forment le combinateur offrent un fond irrégulier établi

dans chacune avec une suite de reliefs et de creux, disposés de telle manière, que lorsque le chercheur tourne au-dessus de lui, ses dents suivant les voies de repos, il est toujours soutenu au moins par une dent sur les reliefs, et cela dans toutes les positions qu'il occupe pendant une rotation, bien que sur une même voie la dent qui y est encastrée passe alternativement sur des reliefs et des creux. Mais il suffit, pour que le résultat énoncé se réalise qu'en menant sur le chercheur un rayon quelconque, celui-ci traverse toujours un relief, et l'on comprend qu'en disposant ces reliefs dans les cinq voies suivant une sorte de ligne hélicoïdale, cette condition sera toujours remplie.

Nous avons dit qu'à chaque voie dite de repos était accolée une autre voie dite de travail et complémentaire de la première. Cette nouvelle expression de complémentaire s'expliquera facilement quand nous aurons dit que si l'on compare ces deux voies l'une avec l'autre, la seconde renferme les reliefs et les creux précisément à l'inverse de la première. C'est-à-dire que sur un rayon quelconque, quand le point de traverse sur l'une sera un creux, sur l'autre ce sera un relief et réciproquement.

Il est facile de concevoir, que la surface totale du cercle occupé par les voies puisse être divisée en un certain nombre de secteurs égaux, et que la répartition successive des reliefs et creux dans les voies de repos présente, par rapport à cette division en secteurs, la nouvelle propriété suivante. Le chercheur entrant par une des extrémités du secteur total, sera

soutenu pendant sa marche à travers un certain nombre de secteurs subdivisionnaires par son frotteur le plus éloigné du centre qui circule sur un relief, les autres tombant au droit de creux ne portent pas. A un certain point de la course, ce frotteur rencontrerait à son tour un creux, et le chariot alors non soutenu en aucun de ses points tomberait de la différence de niveau entre ces reliefs et ces creux, si au moment où ce changement se produit dans la première voie, dans la seconde le creux n'était pas remplacé par un relief. Le chariot continuant sa révolution sera donc soutenu pendant son passage au travers d'un certain nombre d'autres secteurs subdivisionnaires comme il l'a été précédemment. On conçoit facilement qu'en combinant ainsi successivement le rôle des cinq voies, on puisse faire faire au chercheur un tour complet, ses dents étant engagées dans les voies de repos de manière qu'il soit toujours soutenu et n'éprouve aucun déplacement vertical dans cette révolution.

Reprenons maintenant l'observation de la marche de ce chercheur, pendant la période particulière de traversée des secteurs subdivisionnaires, où le soutien était opéré par le relief de la première voie. Si au moment où le chercheur pénètre dans l'entrée du secteur total, nous déplaçons le premier frotteur et l'engageons non dans la voie du travail, mais dans la complémentaire, à cause de la disposition réciproque des reliefs et des creux entre ces deux voies, il est bien évident que le frotteur se trouvera dans un creux, et comme lui seul soutenait le chariot, celui-ci

éprouvera une chute verticale. Mais une fois ce groupe de secteurs divisionnaires dépassé, le chariot sera soutenu pendant tout le reste de sa course, puisque nous avons fait voir qu'à partir du rayon vecteur bornant ce groupe, ce sont les quatre autres voies de travail qui contribuent à soutenir le chercheur jusqu'à la fin de sa course.

Ainsi donc, en résumé, par le déplacement du premier frotteur de sa voie de repos dans celle de travail, nous produisons en un point déterminé du combineur une chute du chariot et une seule.

Si au lieu d'agir sur le premier frotteur, nous avons opéré sur le second, on comprend aisément que nous aurions produit de la même façon une chute et une seule pendant la course totale, mais en un point du combineur différent de celui où s'est faite la première.

Or, comme nous avons cinq frotteurs, nous pouvons combiner au point d'origine de course les positions relatives de ces cinq frotteurs de 32 manières par rapport à leur marche dans les voies de repos ou de travail, et chaque combinaison donnera lieu, pendant une rotation unique, à une chute et une seule en un point du combineur, lequel point sera particulier de position pour la combinaison formée.

Sans aller plus loin, on pressent déjà qu'il doit y avoir une relation entre ces 32 combinaisons et les 32 autres qui ont servi à construire l'alphabet. C'est, en effet, cette relation qui a servi à M. Baudot à réaliser en signaux imprimés, les signaux conventionnels émis au poste expéditeur.

Il nous restera maintenant peu de mots à ajouter, pour terminer cette description théorique de l'appareil, qui permet d'en saisir le fonctionnement général.

Sur la portion du combinateur non occupée par les voies de circulation du chercheur, sont placées des aiguilles mobiles agissant sur les dents du frotteur et les engageant dans une des combinaisons de voie principale et complémentaire. Ces aiguilles peuvent être combinées les unes par rapport aux autres de 32 façons, qui donneront 32 combinaisons visibles identiques à celles que présentent les armatures des cinq électro-aimants polarisés du récepteur.

Par une disposition du mécanisme intérieur, lorsque les cinq armatures polarisées ont pris les positions respectives à la série d'émissions transmises, elles agissent chacune séparément sur une des aiguilles, mais toutes au même moment pour les combiner entre elles comme elles l'étaient elles-mêmes. Enfin, le chercheur, dans son mouvement de rotation sur le combinateur, vient précisément passer en regard des aiguilles un peu après qu'elles ont été disposées convenablement d'après les positions relatives des cinq armatures. Par conséquent, les dents du frotteur pénètrent de la façon voulue dans les voies de circulation du chercheur, et ce frotteur éprouvera un mouvement de chute en un point de sa course où la combinaison formée par les reliefs et les creux est celle qui correspond à la combinaison des armatures, et aussi à la combinaison des émissions expédiées au poste transmetteur.

Or, l'arbre qui fait tourner le chercheur commande par une série d'engrenages, une roue des types tournant donc synchroniquement avec ce chercheur, et où ces types ont été disposés de façon à se présenter en regard d'un point fixe, dans l'ordre même où se présentent les combinaisons formées sur le secteur, traducteur de l'alphabet conventionnel. Au moment où le chercheur éprouve un mouvement de chute, il agit par un levier sur le déclenchement du rouleau porte-papier, qui vient au contact de la roue des types et y détermine l'impression d'une lettre. Celle-ci sera naturellement la traduction de la combinaison expédiée, si ce point de contact coïncide avec le point de repère dont nous venons de parler. Voici donc le principe de fonctionnement de cet appareil si remarquable, qui utilise ainsi de toutes les manières, toutes les ressources de communications télégraphiques, système multiple, imprimeur et transcripteur, qu'aucun des appareils précédents n'avaient encore présenté réunies toutes à la fois. Aussi n'hésitons-nous pas à dire que le système Baudot est actuellement le dernier mot des inventions télégraphiques; d'ailleurs l'admiration qu'il a excitée à l'exposition d'électricité est un meilleur juge que nous dans cette matière, et elle a prononcé d'une façon irréfutable.

Nous pensons que quelques détails complémentaires, à propos des figures représentant certaines parties du mécanisme, mettront le lecteur à même de suivre la marche d'un de ces appareils, s'il en voyait un en fonctionnement. Nous nous bornons au type particulier exposé au Palais de l'Industrie, car depuis

cette dernière époque, M. Baudot, infatigable chercheur, a encore une fois modifié son appareil, non pas dans son principe, mais dans ses moyens de réalisation, de façon à simplifier sa construction et à arriver à des prix de revient qui ne sont pas moins remarquables que le système lui-même.

○ Comme aspect général, l'installation du système Baudot comprend :

○ 1° Les piles ;

○ 2° La partie affectée à la transmission : Organe distributeur, et postes expéditeurs, formés de petits claviers de cinq touches surmontés du frappeur de cadence ;

○ 3° La partie affectée à la réception : Deuxième organe distributeur, et appareils de transcription.

○ Les postes correspondants sont organisés par double groupe, c'est-à-dire que l'appareil de transcription qui se compose d'une petite caisse en laiton d'environ 0^m.25 de longueur sur 0^m.15 de large et 0^m.25 de hauteur porte sur deux de ses faces une roue des types avec organes encreurs, dérouleurs du papier, etc., et est surmontée d'un seul combinateur avec double chariot chercheur. Les deux claviers afférents à ce double récepteur devront donc être placés sur la même table en regard des deux côtés du récepteur, afin que les agents puissent sans se déplacer expédier ou recevoir chacun séparément leurs dépêches.

Lorsque le système est en quadruple ou sextuple, comme cela se pratique ordinairement, il y a donc dans chaque station deux ou trois groupes de deux employés avec leurs transmetteurs et leur récepteur,

et ces trois groupes ne sont pas forcément juxtaposés l'un à côté de l'autre. Il y a là déjà un progrès incontestable sur les autres systèmes multiples quant à l'installation matérielle. Dans le dernier modèle que M. Baudot est occupé à construire en ce moment même, chaque poste d'une station devient complètement indépendant, les récepteurs ne portant qu'une seule roue des types. Ce perfectionnement, outre qu'il est accompagné d'une économie considérable d'établissement, facilite encore l'installation du multiple sur une même ligne entre plusieurs villes, mode d'installation que nous aurons l'occasion de décrire plus loin.

Le Distributeur. — La figure 94, pl. III, permet de se rendre compte du mode de construction suivi pour cette partie de l'appareil. Elle le montre en coupe et élévation.

Il est formé par un plateau circulaire en ébonite fixe, dans lequel sont encastrées des lamelles à section rectangulaire formant des cercles concentriques divisés eux-mêmes par de petites cloisons d'ébonite pour former des groupes afférents aux divers services que doit remplir le distributeur. Dans le modèle adopté aujourd'hui, ce distributeur présente une disposition uniforme en trente-six cases circulairement disposées, indépendantes, permettant d'installer le quadruplex sextuplex à volonté. Chacun des segments indépendants du distributeur est relié par dessous, à l'aide de vis de pression, avec des fils conducteurs dirigés vers un système très-compliqué de poupées rangées dans un coffre sur la boîte du dis-

tributeur. Ces poupées sont ensuite reliées convenablement par série à des bandes conductrices, se terminant par les poupées des fils de ligne, de pile, de terre, etc. Nous ne décrirons pas ces détails qui demanderaient des figures très-complicquées, et qui, du reste, ne peuvent être convenablement suivis que sur l'appareil en nature lui-même. Pour ce qui nous préoccupe, le principe de la construction, assez facile à saisir, nous importe seul.

Au centre du plateau s'élève le système mobile porteur du chariot, qui tourne par un pivot sur le centre de ce plateau, et reçoit son mouvement du moteur à l'aide d'un engrenage d'angle. Ce chariot est formé par un système de balais métalliques circulant au-dessus des rainures en métal du distributeur. Ils sont au nombre de neuf et servent à former les divers circuits actifs du système : circuit d'expédition, de réception, de réglage de synchronisme des distributeurs aux deux stations, d'autre réglage de synchronisme dans le récepteur, de frappeur de cadence des postes expéditeurs, de fonctionnement d'une partie de détail du récepteur, de mise à la terre, etc.

La transmission du mouvement au disque porte-chariot ne se fait pas directement. Elle a lieu par l'intermédiaire d'une pièce, formant fourreau autour du pivot, et qui porte à son sommet une roue d'engrenage commandée par le moteur, et à sa base un petit plateau relié excentriquement au disque par un engrenage particulier. Cette disposition a été conçue en vue du réglage du synchronisme dont nous allons parler tout à l'heure.

Le régulateur du mouvement est un pendule conique à lame en spirale disposée horizontalement. Nous avons déjà eu l'occasion de parler de ce mode de régularisation à propos du multiple de M. Meyer, et de signaler les excellents résultats qu'on en retire au point de vue de l'uniformité presque absolue de marche qu'il communique au système où il est introduit. Quant au moteur proprement dit, on peut le choisir à volonté. A l'exposition, on employait de petites turbines et la transmission s'établissait par une courroie passant sur une poulie qu'on remarque à la droite de l'axe moteur horizontal. Un petit embrayage très-simple permet de commander spécialement la mise en marche de l'appareil.

La figure 97 montre une portion du plan avec le frotteur au-dessus du plateau.

Il nous reste à dire un mot pour expliquer comment se règle le synchronisme des deux distributeurs aux deux stations où sont établis les appareils. L'un d'eux est laissé à son propre mouvement, qui, grâce au pendule conique, est sensiblement uniforme. Après avoir réglé la vitesse propre du second le plus exactement possible égale à celle du premier, il n'y a donc qu'à chercher à corriger, dans des périodes petites, le léger écart qui pourrait se produire. Le second distributeur marche d'abord avec une vitesse légèrement plus grande que le premier, mais de façon que cet écart ne dépasse pas une valeur donnée, et le régulateur du synchronisme a précisément pour fonction de corriger cet écart lorsqu'il tend à dépasser ce maximum.

Nous avons déjà fait remarquer que le disque porte-chariot, au lieu d'être relié directement à l'arbre de transmission du moteur, était commandé par un plateau intermédiaire à l'aide d'un petit engrenage excentrique par rapport à l'axe de rotation. Dans le mécanisme de cet engrenage entre un pignon qui est actionné par un levier relié à l'armature d'un électro-aimant qu'on voit placé au-dessous du distributeur. Un courant provenant d'une lamelle particulière du distributeur agit sur cet électro-aimant, et de telle façon que lorsque l'écart de marche entre les deux appareils correspondants dépasse la valeur moyenne fixée, l'armature est suffisamment déviée de sa position de repos pour que le levier qu'elle porte vienne agir sur le pignon denté dont nous venons de parler. Celui-ci fait alors avancer ou reculer d'une dent la roue qui forme l'engrenage direct du plateau et du disque porte-chariot, ramenant ainsi la position relative du distributeur du second poste entre les limites d'écart qu'il doit toujours conserver.

Le transmetteur est, comme nous l'avons déjà dit, formé d'un petit clavier à cinq touches divisées en deux groupes par une touche noire fixe. L'opérateur agit sur chaque groupe avec une main séparément. Cette petite pièce, sorte de petit piano miniature, est surmontée du frappeur de cadence, semblable à un relais parleur. Le tout mesure environ 0^m.23 de long sur 4^m.12 de large, et 0^m.10 de haut. Chaque touche supporte un levier oscillant entre deux buttoirs reliés aux deux fils émanant chacun du pôle non à la terre des deux piles de ligne, et en relation

par un autre fil avec la portion du distributeur qui le dessert.

Le récepteur, en donnant ce nom à l'ensemble des pièces qui, avec le second distributeur forme l'installation du second poste, est représenté en coupe longitudinale par la figure 96.

Au-dessus de la caisse renfermant les divers organes, apparaît le combinateur A, représenté à part en plan, figure 93. Ce combinateur est traversé librement par un axe de rotation qui porte le chercheur B.

On voit cet axe se prolonger à travers tout l'appareil tournant par un pivot dans une crapaudine inférieure, et relié par des roues d'angle à la poulie que commande le moteur employé en P. Cette série de transmission commande également deux autres roues C, D, que l'on voit se projeter à droite et à gauche de l'arbre un peu au-dessous de la paroi supérieure. On comprend très-bien que, par une disposition convenable de ces rouages, ces deux roues et le chercheur tournent avec la même vitesse. C'est sur l'arbre de ces roues qui, placé horizontalement, traverse la caisse, que sont montées les deux roues des types.

Quant au synchronisme de marche entre cette partie du système et celui formé des distributeurs, voici comment elle est obtenue : on remarque que la première roue qui engrène la poulie motrice P, est embrochée sur un arbre horizontal qui traverse la paroi verticale de gauche, et qui y porte un petit régulateur spécial à force centrifuge, que nous ne

pourrions mieux comparer qu'à une sorte de régulateur du modèle de ceux dus à Watt, employés dans les machines à vapeur. Ce mécanisme donne, paraît-il, des résultats extraordinaires, et maintient la vitesse des organes du récepteur à un degré de vitesse presque uniforme. Il n'y aurait donc déjà qu'à régler la vitesse propre du moteur sur celle des autres moteurs appliqués au service des distributeurs. De plus, on a disposé un frein à frotteur de liège agissant sur la roue engrenant avec la poulie P, et commandé par un électro-aimant E' actionné à son tour par un courant issu du distributeur. On voit que le procédé employé ici est tout-à-fait analogue à celui qui a déjà servi à établir le synchronisme entre les deux distributeurs.

Si l'on examine la figure 93 donnant le plan du combinateur, il sera facile, en se reportant à ce que nous en avons déjà dit, d'en saisir le fonctionnement. On voit les dix voies accouplées deux à deux où les parties blanches représentent les reliefs, et les parties noires les creux. Elles sont enveloppées par une onzième rainure présentant une série de creux et de bosses successives sur lesquels circule un frotteur spécial. Cette disposition a été combinée de façon à ce qu'il n'y ait jamais d'acoup dans la marche du chercheur. Cette rainure, qui n'a aucun rôle dans la formation des combinaisons, sert à soutenir spécialement le chariot toutes les fois qu'il se présente sur un rayon un point de passage d'un creux à une bosse. Comme en ce point il pourrait y avoir tressaillement d'une dent du frotteur et qu'elle pourrait être entraî-

née d'une voie dans la complémentaire, le point de passage s'opérant un peu au-dessus ou au-dessous du croisement dans les deux voies complémentaires, il n'y a pas possibilité de déraillement.

On remarque les cinq aiguilles destinées à diriger les dents du chercheur.

Pour bien rapporter les explications précédentes sur le combinateur à la figure 95, il nous faut faire une remarque. Le combinateur que nous avons décrit ne servait qu'au service d'une seule roue des types, ici le récepteur en porte deux. Le combinateur a donc dû être combiné en deux parties complémentaires, comme on le voit, par rapport à son axe de figure. Il est accompagné également de deux chercheurs. En un mot, tout ce que nous avons dit, au lieu de se rapporter à un déplacement de 360° environ (puisque'il n'y a qu'à déduire l'emplacement angulaire des aiguilles), se rapporte à un déplacement d'environ 180° . Quant aux roues des types, il est facile, en se reportant à la figure 96, de voir qu'elles présentent, dans leurs positions respectives, une symétrie semblable à celle que montrent les deux portions du combinateur.

Un artifice d'ailleurs bien simple que l'on pourra employer, pour bien suivre le fonctionnement de cet appareil, consiste, après avoir retracé la figure 95 sur une plus grande échelle, à prendre une carte que l'on pique au centre, de façon à ce qu'un des bords forme un rayon du combinateur; puis, avec un crayon, on indiquera sur ce rayon la position des frotteurs à l'aide de points, et faisant pivoter ce rayon autour

du centre, on pourra suivre facilement toute la marche du chercheur, en plaçant successivement les frotteurs dans les voies de repos ou de travail.

Quant au procédé qui réalise l'impression, on pourra, à l'aide de la figure 96, se le représenter sans peine. Le chariot du chercheur n'est pas en réalité disposé suivant un rayon, il forme une petite pièce excentrique se prolongeant, par un petit doigt, de l'autre côté de l'axe. Lorsqu'en un point du combineur, il y a chute du chariot, ce doigt vient appuyer sur une petite aiguille verticale contenue dans le fourreau de l'arbre, qui agit sur une petite came déterminant le désembrayage du système sur lequel est enroulé le papier, en regard de la roue des types en dehors de la caisse. On voit une partie de ce mécanisme sur la figure 96 en U U'. Nous devons signaler une petite particularité que présente ce système imprimeur, par rapport à tous ceux déjà décrits dans les appareils précédents. Jusqu'ici, ainsi qu'on a pu le remarquer, l'impression s'obtient par la projection contre la roue des types d'un rouleau sur lequel passe le papier. Ici, il n'en est plus tout à fait de même, il n'y a pas projection; mais par une disposition particulière des comes, il y a glissement pendant un temps très-court pour rendre l'impression plus parfaite. Inutile de dire que le mécanisme est disposé en ce point, pour qu'après ce désembrayage et ce contact, il y ait remise en prise du système, et déroulement de la bande d'une quantité fixe pour former la séparation entre deux lettres consécutives.

Enfin, pour terminer ces quelques renseignements sommaires, nous n'aurons plus qu'à dire quelques mots sur le procédé employé pour établir la liaison entre le jeu des armatures des relais et les aiguilles du combinateur. Ces armatures des cinq relais viennent successivement, comme nous l'avons dit, prendre les positions relatives à la combinaison émise, et y restent jusqu'à ce qu'une nouvelle transmission les déplace. Elles agissent sur des petits leviers en équerre qui viennent au droit des aiguilles verticales représentées fig. 96, pour actionner directement les dents du chercheur. On voit que, suivant que ces leviers seront poussés ou tirés, l'aiguillage sera fait dans les voies de travail ou de repos. L'arbre de rotation dans le récepteur porte une petite roue, la première au-dessous de la paroi supérieure, qui agit par une sorte de grille sur les aiguilles. Cette action se fait par quelques dents placées en un point convenable, pour que cette action se produise un peu après la formation de la combinaison sur les armatures des relais. Elle tend à diriger toujours l'aiguillage dans les voies de repos. Si un des leviers en équerre correspond à cette même position, l'aiguille correspondante ne bouge pas, sinon elle butte contre cette équerre et ouvre la voie de travail. On voit comment les positions prises successivement par les armatures se transforment instantanément en combinaison correspondante sur les cinq aiguilles. Le chercheur venant à passer un peu après cette action obéit à l'aiguillage ; mais après son passage, la grille ramène toutes les aiguilles à l'état de repos,

de telle sorte que si une nouvelle émission n'a pas été envoyée avant le retour du chercheur, ses dents sont engagées dans les cinq voies de repos, ce qui ne donnera lieu à aucune chute, et par suite à aucune impression de caractère.

Tel est l'appareil de M. Baudot, dont la description, nous le reconnaissons, est bien incomplète. Notre but a été, dans l'étude de ce système, d'en faire comprendre d'abord la constitution et le fonctionnement théorique, puis d'indiquer en quelque sorte l'emplacement des organes qui servent à réaliser l'exécution. Mais nous croyons que si l'on n'a pas l'appareil sous les yeux, toute description sera toujours insuffisante pour l'apprécier justement. Il faudrait un petit volume et un atlas pour arriver peut-être à un résultat complet, nous disons peut-être, car rien ne pourra remplacer un examen des pièces sur place et la vue de leur marche. Toutefois il serait difficile, à première vue, de se diriger dans ce dédale assez complexe, il faut un guide qui dégage la succession des opérations et nomme en quelque sorte les organes pour permettre de suivre leur jeu. C'est là surtout le but que nous nous sommes proposé. Eveiller l'attention des personnes intéressées, comme la valeur du télégraphe Baudot le comporte, et leur en faciliter l'étude, nous nous sommes au moins efforcés d'atteindre ce résultat.

§ 3. TÉLÉGRAPHE MULTIPLE DE M. WILLIOT.

M. Williot a imaginé une disposition ingénieuse pour appliquer le système des transmissions mul-

tiples aux appareils Morse. Son but a été d'obtenir, à l'aide d'un seul fil, la possibilité de correspondre avec une ou plusieurs villes en même temps, tout en laissant aux appareils ainsi associés, une indépendance relative permettant de les employer également dans les conditions ordinaires. Il n'est pas besoin d'insister beaucoup, pour faire comprendre le mérite de cette invention, et les avantages pratiques qu'elle procure.

Le problème a été résolu par une simple modification à une série d'appareils que nous avons déjà étudiés.

Le procédé de transmission employé est celui du télégraphe automatique de Wheatstone, muni d'un distributeur répartissant successivement le travail du fil de ligne entre les divers récepteurs qu'il commande, et d'un frotteur spécial de pile locale qui réagit sur un relais placé dans le récepteur.

Ce récepteur, qui est un appareil Morse ordinaire, reçoit seulement un relais destiné à produire le déclenchement automatique, quand le distributeur de transmission lui affecte le travail du fil de ligne. Le relais se compose de deux électro-aimants, ayant deux armatures communes, l'une aimantée et impressionnée par les courants de sens alternatifs, l'autre en fer doux constamment attirée par un courant de pile locale, maintient le déclenchement tant que cette pile locale est mise en action, c'est-à-dire pendant tout le temps que le frotteur spécial du transmetteur ferme son circuit. On voit par là comment le travail du fil de ligne se trouvera ainsi successivement réparti entre les divers postes récepteurs.

Le déroulement de la bande de papier imprimeur est commandé lui-même par un mécanisme à frein permettant d'obtenir par le jeu d'une simple vis deux vitesses de déroulement assez différentes, et de plus un double mouvement d'horlogerie dont l'un n'est jamais arrêté, assure l'égalité de vitesse de déroulement de la bande, aussi bien au début qu'au milieu d'une période.

En coupant la communication d'un récepteur avec le distributeur, modifiant la vitesse de déroulement de la bande, et employant au poste transmetteur une clef à inversions de courant, l'appareil est transformé en un Morse ordinaire.

CHAPITRE IX.

Des Appareils télégraphiques spéciaux pour les lignes sous-marines.

§ 1. GALVANOMÈTRE A MIROIR.

Les conditions particulières dans lesquelles se trouvent les conducteurs des lignes sous-marines, quand on les compare aux lignes aériennes, et dont nous nous sommes déjà occupé, ont conduit à quelques modifications dans les appareils de transmission que nous venons de décrire.

L'on emploie souvent comme signaux l'alphabet Morse, mais le récepteur imprimeur ne pourrait être appliqué ici, on lui substitue le galvanomètre de M. Thomson, et de plus on emploie les courants de

sens alternatifs, ce qui entraîne l'emploi du manipulateur inverseur, disposé de façon à utiliser facilement les changements de sens d'un courant de pile en même temps que leur nombre (fig. 77, pl. II).

Deux lames en cuivre A, B, isolées par un bloc d'ébonite C sur lequel elles sont fixées, sont reliées l'une A à la terre, l'autre B à la ligne. Elles se terminent par un prolongement avec bouton comme une clef de Morse ordinaire. Elles portent un contact qui peut être appuyé sur une enclume. Les deux enclumes sont reliées à la lame de cuivre trifurquée D E F, aboutissant à un bouton G, communiquant à l'un des pôles de la pile, le positif par exemple.

A l'état de repos, les lames buttent par des contacts-platines contre les vis V V' fixées à une lame transversale aboutissant au pôle négatif.

Dans cet appareil en temps de repos, le pôle négatif est à la terre, le positif isolé, le circuit est ouvert. Si on abaisse la lame A, le pôle positif est mis à la terre, et le pôle négatif est relié à la ligne qui reçoit un courant dit négatif; si on agit au contraire sur la lame B, le pôle négatif est mis à la terre, le positif relié à la ligne, et celle-ci reçoit un courant positif. En opérant comme avec le Morse, mais successivement avec un bouton, puis l'autre, on enverra donc sur la ligne une série de courants en sens contraire.

Le récepteur (fig. 78) est formé d'un galvanomètre extrêmement sensible dû à M. Thomson, composé d'un cadre circulaire sur lequel sont enroulés un grand nombre de tours de fil de cuivre. L'ouverture intérieure est presque remplie par un petit miroir

suspendu au cadre par un fil sans torsion, derrière lequel se trouve un petit barreau aimanté très-intense, qui maintient en temps ordinaire le miroir fixe et parallèlement à lui. Le poids du barreau et du miroir est extrêmement faible, et l'appareil très-sensible.

La lumière d'une forte lampe est projetée sur le miroir et de là réfléchi sur un écran sous la forme d'une languette de feu. Lorsqu'avec le manipulateur précédent, on envoie des courants positifs ou négatifs, le miroir du galvanomètre dévie dans un sens ou dans l'autre, de même l'image de la languette de feu reçue sur l'écran. Il suffit de convenir qu'une oscillation dans un sens équivaut à un point, et à un trait dans l'autre, pour établir la correspondance.

On voit que les courants envoyés peuvent toujours être de même durée, ce qui a une grande importance au point de vue des effets de retour dans les câbles.

Toutefois, ce système si simple ne saurait être employé dans les lignes un peu longues. De plus, il offre l'immense inconvénient que les signaux sont fugitifs. Comme moyen de contrôle, on a employé un commutateur qui permet à volonté de mettre dans la ligne le récepteur du poste expéditeur qui lit sa dépêche lui-même en la transmettant. Mais ce moyen n'est qu'imparfait.

Afin que les signaux produits ne sortent pas du champ de l'écran où on les observe, on est quelquefois obligé d'introduire une résistance accessoire pour limiter l'intensité du courant et en même temps les oscillations du miroir du galvanomètre. On emploie souvent un appareil à résistance variable à volonté,

h

formé de deux tubes remplis d'eau interposés dans le circuit et dans lesquels glisse un fil recouvert de gutta-percha recourbé, terminé par deux petites pièces d'ébonite avec des pièces de platine en contact avec le fil. Suivant la profondeur à laquelle on baisse ce petit fil, on augmente ou diminue à volonté la masse d'eau faisant résistance, et celle-ci par conséquent.

L'emploi des condensateurs est presque indispensable sur les lignes sous-marines pour combattre les effets puissants d'induction.

§ 2. SIPHON RECORDER.

Sur les grandes lignes transatlantiques, le système précédent ne donnerait que des résultats très-défectueux. On emploie beaucoup le système de sir W. Thomson appelé le *siphon Recorder*, qui offre de plus l'avantage d'être un enregistreur.

Ce dernier perfectionnement offrait au point de vue pratique de grandes difficultés, à cause de la grande légèreté qu'il fallait conserver aux organes. Voici quelle est la disposition sommaire du siphon Recorder.

Entre deux fortes bobines, actionnées par des piles à très-grandes surfaces et présentant par conséquent un foyer magnétique intense, est placée une petite bobine en fils fins librement suspendue par des fils de torsion, et qui sous l'action des courants alternatifs tourne dans un sens ou l'autre.

En avant de cette première partie de l'appareil, on voit un petit siphon capillaire suspendu après une

petite pièce très-légère, dont une extrémité trempe dans une solution d'aniline bleue, et l'autre vient en regard d'une bande de papier. Une petite machine d'induction donnant lieu à une succession de décharges électro-statiques, a pour effet d'électriser sans cesse l'encre, et de mettre en mouvement le rouage qui déroule le papier. Le passage de chaque étincelle détermine l'écoulement de l'encre à travers le siphon projetée ainsi sur la bande de papier, en une série de crachements continus donnant lieu à la formation d'une série de petits points en ligne droite. D'autre part, la pièce qui porte le siphon est reliée par des fils très-fins à la petite bobine placée dans le champ magnétique. Les oscillations que celle-ci éprouve dans les passages successifs du courant de ligne, sont par conséquent communiquées au siphon, et dans ce cas, les traces obtenues sur la bande de papier sont tantôt d'un côté de la ligne normale, tantôt d'un autre. En convenant comme tout à l'heure que ces nouvelles traces représentent les uns des points, les autres des traits, on voit que le système de correspondance est établi.

Un commutateur spécial permet d'obtenir la transcription de la dépêche à la fois dans les deux postes correspondants.

Dans certains appareils, le siphon est porté directement par la petite bobine, la pression atmosphérique agit seule pour déterminer l'écoulement de l'encre à travers le siphon, et l'on évite ainsi les difficultés de l'électrification de l'encre.

CHAPITRE X.

Des Installations des transmissions
télégraphiques.§ 1. DES PHÉNOMÈNES QUI RÉGISSENT
LES TRANSMISSIONS.

L'étude théorique et expérimentale des phénomènes de transmission des courants sur les conducteurs a été pendant longtemps peu ou point connue. Bien que les lois remarquables de Ohm, déduites par cet éminent savant de considérations théoriques, datent de 1825, ce n'est vraiment que vers 1860 qu'elles ont été étudiées avec soin, et de cette étude on a pu mettre à jour un certain nombre de conséquences utiles en particulier pour le service de la télégraphie, et dont l'importance s'est manifestée au fur et à mesure de l'extension du réseau des lignes télégraphiques et de la multiplication des dépêches.

Sans reprendre en entier cette étude théorique, nous allons en dégager ce qui est surtout relatif au fonctionnement des lignes télégraphiques.

Ainsi que Ohm l'avait établi, la propagation de l'électricité à travers les conducteurs se fait d'une façon toute semblable à la propagation de la chaleur, ce que d'ailleurs on a pu constater depuis. Il en résulte donc une conséquence très-importante pour les transmissions télégraphiques.

Toutes les fois que l'on ferme un circuit, il se produit dans la propagation du courant à travers le conducteur deux périodes. L'une, dite *période variable*, pendant laquelle l'intensité en un même point croît d'une façon continue; l'autre, *période permanente*, pendant laquelle l'intensité, suivant la loi générale posée par Ohm, est la même en tous les points du circuit, et constante si la source productrice l'est elle-même. De même lorsqu'on ouvre un circuit, l'intensité ne s'annule pas instantanément, mais il se reproduit une autre période variable de sens contraire. On a traduit ces faits en disant que la fermeture et l'ouverture d'un circuit étaient accompagnées d'une période de charge et de décharge de la ligne. Notons en passant que la période de décharge est plus longue que celle de charge. Ces faits ont une importance considérable au point de vue des transmissions télégraphiques. On comprend en effet que, malgré les durées relativement très-courtes de ces périodes, avec des conducteurs extrêmement longs, il peut arriver, par exemple, que l'intervalle entre deux émissions à un poste soit inférieur à celui qui est nécessaire pour que le conducteur soit complètement dépourvu de charge, de telle sorte que l'action provenant de la première émission n'est pas encore achevée au poste receveur, quand vient se superposer l'action due à la seconde émission, ce qui, naturellement, apporte une perturbation très-grande dans les transmissions.

Si ces phénomènes ne se traduisent pas d'une façon très-sensible sur les lignes aériennes, il n'en est pas

de même pour les lignes sous-marines. On peut juger de la différence des effets produits par les résultats suivants, déduits de la théorie mathématique de la propagation de l'électricité que cite M. Mercadier dans son traité de télégraphie, et que nous lui empruntons.

1° La durée de la période variable de charge, quand l'extrémité du fil est à la terre, dépend de la longueur du fil, de sa résistance, de sa capacité électrique : elle est notamment proportionnelle à sa capacité et au carré de la longueur.

Ainsi, pour un fil aérien de 0^m.004 de diamètre et de 500 kilomètres de long, cette durée est d'environ 0.02 de seconde, pour un fil de 1000 kilomètres, 0.08 de seconde. Pour un câble sous-marin, dont le conducteur aurait la même résistance que le fil aérien précédent, avec une capacité ou conductibilité 30 fois plus grande et de 500 kilomètres de longueur, cette durée serait de 0.54 de seconde et de 2^s.16 pour une longueur de 1000 kilomètres.

2° La durée de la période variable de charge, quand l'extrémité du fil est isolé, est quatre fois plus longue que lorsque cette extrémité est à terre.

3° La durée de la période variable de décharge, quand on met à terre l'extrémité primitivement reliée à la pile, est égale à celle de la charge dans le premier cas ci-dessus.

Il y a alors un double courant de décharge par les deux bouts de la ligne. C'est ce qui arrive en télégraphie quand, en interrompant le courant, le manipulateur met immédiatement la ligne à la terre. En

opérant ainsi avec un manipulateur Morse, on peut recevoir dans le récepteur le courant de décharge qu'on nomme habituellement *courant de retour*.

4^o Enfin la durée de la période variable de décharge, quand on isole l'extrémité primitivement reliée à la pile, est 4 fois plus longue que dans le cas précédent.

M. Mercadier fait remarquer combien, dans les lignes sous-marines ou les lignes aériennes de très-longs parcours, et surtout dans le cas d'émissions de courants se rapprochant à 0,01 de seconde, ces phénomènes font naître de difficultés.

Aussi a-t-on cherché, dans la méthode des émissions à courants renversés, à combattre ces inconvénients, ce qui a permis à d'habiles constructeurs d'établir des appareils, tels que les télégraphes Wheatstone et Baudot.

Puisque nous venons de citer le nom de M. Wheatstone, nous devons mentionner les très-intéressants travaux qu'il a faits sur ces diverses questions, et en particulier sur le rôle de la terre au point de vue de la circulation des courants, et qui ont permis d'expliquer la pratique du fil de terre usitée de tous temps en télégraphie.

Les phénomènes dont nous venons de parler ne sont pas les seuls qui interviennent dans les transmissions. Il faut encore tenir compte des phénomènes d'induction, dont l'influence, au point de vue de la télégraphie, peut se formuler ainsi :

L'interruption d'un courant sur une ligne télégraphique détermine la production d'un extra-courant

qui prolonge l'action du courant primitif retardant l'instant où les palettes des électro-aimants obéissent aux actions des ressorts antagonistes, et par conséquent exigent un certain intervalle entre deux émissions successives, pour qu'elles soient distinctes au récepteur.

Ce premier effet est encore augmenté par la désaimantation du noyau qui produit un courant du même sens que celui qui l'a aimanté.

Si on fait passer un courant sur une ligne, les mêmes phénomènes se reproduisent, mais avec une moindre importance, les extra-courants inverses ayant moins de durée que les directs.

Ces phénomènes sont insensibles sur les lignes aériennes supérieures à 40 kilomètres.

Enfin il existe encore toute une série de phénomènes très-complexes qui apportent des causes perturbatrices aux transmissions, et cette fois avec une importance tellement grande que l'on doit suspendre l'emploi du télégraphe.

Ce sont les courants accidentels et de dérivation.

Quelques-uns sont plus ou moins permanents, les autres très-variables. Les phénomènes atmosphériques, aurores, orages, variation subite de température, etc., sont autant de causes déterminant dans les circuits des courants accidentels perturbateurs. Nous aurons l'occasion d'indiquer tout à l'heure une série d'appareils disposés pour prévenir les conséquences destructrices que quelques-uns comportent.

Les contacts à la terre sont encore de nouvelles sources de courants accidentels. M. Du Moncel a éta-

bli ces derniers faits par des expériences très-intéressantes.

Si on établit sur une ligne télégraphique deux contacts à la terre, l'un relié à une masse métallique très-considérable, l'autre à une masse beaucoup plus faible du même métal, on constate qu'il circule sur la ligne un courant qui va de la grande masse vers la petite. En général, tout contact avec la terre par des masses métalliques donne lieu à la production d'un courant, le degré d'humidité différent des endroits où ces plaques sont plongées, influe sur l'intensité et la direction de ces courants.

On voit donc combien le problème des transmissions, si simple en apparence, se complique au contraire extraordinairement quand on l'examine un peu plus avant. Toutes ces diverses actions influent sur la tension ou le potentiel dans le circuit, et obligent à l'emploi de moyens pour chercher à rétablir cet équilibre.

Nous allons indiquer les unités électriques qui sont spécialement adoptées dans les mesures télégraphiques.

M. Pouillet avait proposé, ainsi que nous l'avons dit dans la première partie, pour unité de résistance, celle d'une colonne de mercure pur de 1 mètre de long et 1 millimètre carré de section. Cette unité est assez employée et désignée sous le nom d'unité Siemens, du nom de l'électricien qui l'a vulgarisée.

On se sert souvent en électricité d'une unité moins précise, mais qui se rapporte plus aux éléments de la télégraphie : c'est la résistance de 1 kilomètre de fil de fer galvanisé de 4 millimètres de diamètre.

Mais celle que l'on emploie le plus communément est celle qui a été proposée par l'Association britannique et appelée *Ohm*. Elle équivaut à très-peu de chose près à l'unité Siemens :

$$1 \text{ Ohm} = 1,046 \text{ unité Siemens.}$$

Elle équivaut à la résistance de 100 mètres de fil de 4 millimètres de diamètre. La seconde unité dont nous avons parlé vaut donc 10 Ohms.

Après avoir choisi l'unité de résistance, il a fallu déterminer celle de force électro-motrice.

On a choisi la force électro-motrice due à un élément de Daniell, où le sulfate de cuivre est remplacé par de l'azotate, et avec de l'eau acidulée de 4 parties d'acide sulfurique pour 12 parties d'eau.

Voici, en adoptant cette unité, quelle serait la force électro-motrice de divers éléments des modèles ordinaires :

Callaud.	0.978
Leclanché.	1.381
Marié Davy.	1.524
Bunsen.	1.964

Le congrès des électriciens en 1881 a arrêté définitivement cette unité à la valeur de 0,95 de la force électro-motrice d'un élément Daniell, et l'a dénommée *volt*

L'unité d'intensité dite *Ampère*

$$= \frac{\text{Unité de force électro-motrice}}{\text{Unité de résistance.}}$$

M. Mercadier donne dans son ouvrage le tableau suivant, qui permet d'établir la comparaison entre divers types de piles les plus usités en télégraphie :

ÉLÉMENTS.	HAUTEUR des zincs.	RÉSISTANCE approximative.	FORCE électro- motrice.
Daniell.	0 ^m .12	10	1
Callaud.	»	»	1
Leclanché. . . .	»	»	1.38
Marié Davy. . .	»	4	1.52
Bunsen.	»	2 à 3	1.90

§ 2. SYSTÈMES DIVERS DE COMMUNICATIONS.

Maintenant que nous avons décrit les divers organes constituant d'un réseau télégraphique, piles, fils conducteurs, appareils spéciaux comportant un manipulateur et un récepteur, organes accessoires, tels que relais, sonnerie, boîtes de résistance, commutateurs, etc., il ne nous reste plus qu'à indiquer d'une façon générale comment, à l'aide de tous ces engins, on peut établir les communications entre les divers postes sur un réseau télégraphique.

1° *Communication entre un poste principal P et une série de postes A A₁ A₂... qui ne communiquent pas entre eux.*

La figure 88, pl. II, montre la disposition des appareils au poste P. Le fil de ligne de chacun des postes

$A_1 A_2 \dots$ aboutit à un commutateur $C_1 C_2 C_3 \dots$ qui peut le mettre en communication, soit avec une sonnerie, soit avec un fil F reliant à l'appareil proprement dit du poste P les commutateurs $C_1 C_2 C_3 \dots$.

Lorsqu'un des postes A veut travailler avec le poste P , il l'avertit par sa sonnerie, celui-ci met le fil F sur le commutateur A_n , et peut recevoir la dépêche en même temps que les autres sonneries isolées du fil peuvent l'avertir de la demande d'un autre poste. Si c'est le poste P qui veut travailler avec un des postes A , il opère à son tour de la même manière.

Si les postes $A_1 A_2$, etc., devaient pouvoir communiquer, non-seulement avec le poste P , mais encore entre eux, le problème deviendrait beaucoup plus complexe. En France, jusqu'ici, on n'a encore mis en pratique que la communication réciproque entre trois postes. On y arrive de différentes façons.

2° Communication par dérivation.

On peut, sur un circuit principal entre deux postes A, B , établir une communication par dérivation en un point D avec un troisième poste C , chacun des postes B et C étant relié séparément à la terre et au premier comme si un seul existait. Mais pour que ce procédé donne de bons résultats, il faut évidemment que les résistances des deux circuits comptés du point D , l'un vers C , l'autre vers B , soient égales, et on peut toujours y arriver par l'emploi de bobines de résistance.

3° *Communication par translation.*

Nous indiquons (fig. 79, pl. II) l'installation du poste intermédiaire C qui relie les postes A et B. Il comporte deux appareils complets établis en double relais.

Si les commutateurs sont sur les boutons m, m , les deux postes A et B correspondent, et en même temps le poste C peut recevoir communication de la dépêche, sur le récepteur R, si c'est A qui expédie vers B ; sur le récepteur R, si c'est B qui expédie vers A. Le poste C peut travailler à volonté avec le poste A ou le poste B.

Seulement, ainsi que nous l'avons dit, en décrivant le double relais, ce système offre une certaine difficulté de manipulation. Il faut en effet faire varier à chaque manœuvre la position du couteau de l'armature, suivant que l'on se trouve placé en simple relais, ou en receveur direct, à cause de l'affaiblissement produit dans le courant dans le cas de la communication A, B, et l'assurance du jeu de l'armature entre les buttoirs.

4° *Communication par embrochage.*

Le poste intermédiaire (fig. 80) ne renferme qu'un seul appareil, mais il n'a aucune communication à la terre, condition qu'il faut toujours bien observer. Les liaisons entre le poste A et le poste C sont établies comme entre deux stations uniques. Seulement le poste B est relié à la fois à la borne de terre et au pôle négatif de la pile de C.

Les deux postes A et B travaillent donc entre eux à travers le poste C comme si celui-là n'existait pas, seulement toute dépêche expédiée par l'un des postes est reçue à la fois dans les deux ; ce n'est là qu'un petit inconvénient.

Si les trois stations sont pourvues d'appareils bien équilibrés, la résistance est constante sur tout le réseau.

On peut toutefois obtenir très-bien entre trois postes A, C, B, reliés entre eux, des communications séparées. Il suffit pour cela d'interposer aux postes C et B des parleurs recevant des courants de signe contraire, et en A un commutateur inverse.

§ 3. NOUVEAU SYSTÈME D'INSTALLATION DE RÉSEAU
TÉLÉGRAPHIQUE, DE MM. DAUSSIN ET DELARGE.

Ce système qui fonctionne en Belgique, présente une grande différence avec tous les procédés employés en France et que nous venons de décrire. Il a pour but de permettre à chaque bureau d'une ligne de correspondre avec un bureau quelconque de la même ligne sans réclamer l'intervention des bureaux intermédiaires. Il apporte donc dans le service même de grandes simplifications.

Cet appareil, dû à M. Daussin, est peut-être un peu compliqué de construction, mais son maniement est assez simple pour que cette considération n'apporte aucun obstacle au point de vue pratique. Son étude est une très-curieuse application des effets divers qu'on peut obtenir dans un appareil à électro-aimant

à armature polarisée par un équilibre relatif des diverses forces agissantes.

Il se compose essentiellement d'un axe A (fig. 89), portant une aiguille B indicatrice d'un cadran C, et une tige *d* destinée à fermer, par son contact avec un ressort E, le circuit d'une sonnerie trembleuse F. Le cadran porte une série de numéros représentant le nom des postes de la ligne.

L'appareil que nous représentons est construit pour desservir six postes, mais rien ne s'oppose à ce que ce nombre soit augmenté.

Dans chaque poste, la tige *d* occupe une position différente par rapport à la croix du cadran, et le ressort E; et chaque appareil est construit de façon à ce que le contact entre *d* et E se produise quand l'aiguille du cadran est en regard du numéro correspondant à ce poste; ce contact détermine le fonctionnement de la sonnerie trembleuse. On comprend donc qu'un poste pourra avertir un autre poste déterminé, sans que le signal affecte tous les autres le long de la ligne. Cela fait, le poste appelé signale son attention à l'appelant, et la transmission de la dépêche s'effectue entre ces deux postes.

Dans les moments d'attente, aucune pile n'est dans le circuit, le télégraphe est isolé, il n'y a que le circuit général des mécanismes des axes et des sonneries qui soit toujours fermé. Ainsi lorsqu'un poste de tête veut appeler un poste quelconque, il envoie des courants qui parcourent toute la ligne, qui est en attente, opèrent leur retour par la terre et amènent toutes les aiguilles sur le numéro qui représente le nom du

poste appelé, mais une seule sonnerie, celle de ce dernier poste fonctionne.

Quand c'est un poste intermédiaire, il opère de même, et les postes qui, par leur situation, ne doivent pas donner passage aux courants sont mis hors de circuit.

Nous avons dit que les transmissions télégraphiques s'opéraient comme le comporte un appareil quelconque, seulement les courants de travail sont rendus inverses des courants d'appel, et les transmissions s'opèrent directement sans faire fonctionner les appareils des postes intermédiaires.

Ainsi que nous l'avons dit, la partie essentielle de ce nouvel appareil consiste dans le système du cadran et de la tige *d*, dont les mouvements sont commandés par un rouage d'horlogerie, dont l'échappement à son tour dépend du jeu d'une armature en fer doux polarisée et équilibrée par un aimant fixe, à l'aide d'un commutateur et d'un interrupteur. Nous allons étudier ces divers organes.

Le rouage, représenté en détail (fig. 82, 83, 84) et vu en place en H, fig. 85, comprend un barillet et trois mobiles menant l'axe A, sur lequel sont fixés la roue d'échappement *e*, *f*, l'aiguille B et le doigt de sonnerie *d*.

Les diverses parties de ce rouage, et la force du ressort moteur sont calculées de façon que l'échappement ait lieu sous la moindre force électro-magnétique nécessaire pour le déclenchement, et la résistance que le ressort E présente à la rotation du doigt de sonnerie.

La roue d'échappement est formée d'une première roue *e*, soudée sur l'axe A ; d'une partie isolante *g* en ébonite, et enfin d'une seconde roue *f* soudée au canon *h*. Ces trois dernières pièces sont rendues solidaires avec la roue *e* à l'aide de vis isolées par des rondelles d'ivoire, et les dents de l'une des roues correspondent aux vides formés par celles de l'autre. Ces dents sont au nombre de six, les roues qui les portent en argent. Sur la roue *f*, on a enlevé l'une des dents, et on l'a remplacée par une dent *i* en acier, d'une forme spéciale, qui est fixée par des vis isolées. Cette dent, dite dent d'arrêt, ainsi isolée dans le rouage, est un peu plus épaisse que les autres et présente un petit rebord *k* qui fait saillie dans l'intervalle entre les roues *e* et *f*.

On voit sur la figure 84 un ressort plat *m*, vissé au pilier *p* isolé de la masse de l'appareil, qui appuie sur le canon *h*.

L'échappement est produit par une palette *n* en platine portée par l'armature I dont elle est isolée par une pièce en ébonite *x* (fig. 85). Cette palette vient se placer entre les roues *e*, *f*, et présente 1 millimètre de moins de largeur que cet intervalle, de sorte qu'en temps de repos elle n'agit sur aucune des roues, mais tient le rouage en arrêt à l'aide du rebord K de la dent isolée *i*.

Le doigt de sonnerie est fixé sur l'axe par une vis qui permet d'en régler la position ; il agira sur un ressort E muni à son extrémité d'un contact de platine tangent à la circonférence décrite par la pointe du doigt de sonnerie.

Examinons maintenant l'organe complexe de l'aimant de l'armature et de l'électro-aimant qui joue un rôle essentiel.

L'aimant J (fig. 85) est parfaitement équerri sur ses pôles qui présentent exactement la même épaisseur que l'armature, le pôle nord de l'aimant se trouve, à la partie supérieure, en regard de l'électro.

L'électro-aimant K est formé d'une culasse prismatique sur laquelle sont rivés deux noyaux prolongés et taillés en tenon en dehors des deux bobines ; deux pôles recourbés sont fixés par une mortaise et une vis de pression et de rappel sur le tenon des noyaux. Les bobines sont en bois. Le fil enroulé pour former un électro-dextrorsum dans lequel le pôle nord se forme du côté du pôle positif de la pile ; un courant positif arrivant par le fil D (fig. 85) produit un pôle nord n à droite et un pôle sud c' à gauche.

L'armature I est en fer doux, elle est dressée et équerrie avec le plus grand soin, et de même épaisseur bien exactement que les pôles de l'aimant J'. Elle est portée sur un axe s, t (fig. 85) perpendiculaire et parallèle aux branches de J, autour duquel elle peut tourner, et qui lui-même peut se déplacer un peu latéralement sur ses vis de support.

L'armature pourra donc osciller entre les pôles de l'électro-aimant, et être attirée ou repoussée par l'aimant fixe. Elle est établie de façon que lorsqu'il n'y a pas passage du courant, elle reste bien en équilibre entre les deux noyaux de l'électro, sous l'attraction de l'aimant.

On peut déjà d'une façon générale se rendre compte du jeu de l'appareil. En effet, supposons un courant traversant l'appareil dans le sens de D à G et d'une intensité suffisante; il déterminera l'oscillation de l'armature autour de son axe, l'échappement de la roue i , la prise de la dent suivante y (fig. 84) de la roue e qu'entraîne le rouage, et le mouvement de l'aiguille sur le cadran qui passe de la croix d'arrêt à la lettre U. Si on inverse brusquement le courant, une oscillation a lieu en sens contraire, la palette abandonne la dent y et vient arrêter la dent z , et l'aiguille s'avance sur le chiffre 1. On voit donc la possibilité de faire parcourir à l'aiguille tout le cadran par une suite de passages de courants inversés.

Quand le courant cesse, l'armature est actionnée par l'aimant seul, la palette revient à sa position normale entre les deux roues e, f ; le rouage d'horlogerie fait donc continuer le mouvement de rotation jusqu'à ce que l'arrêt K de la dent i vienne en prise avec n , et dans ces conditions l'aiguille est revenue sur le cran d'arrêt.

Mais il est nécessaire, avant de poursuivre l'étude du fonctionnement de l'appareil, d'étudier les actions mutuelles qui se produisent entre l'armature, l'aimant et l'électro-aimant, lorsque l'intensité des courants traversant l'appareil varie.

L'attraction que l'aimant exerce sur l'armature n'est pas directement proportionnelle au produit des intensités magnétiques en présence. Cette attraction ayant lieu latéralement, tandis que celle de l'électro-aimant agit dans le sens de la rotation de l'armature,

il s'ensuit qu'un électro-aimant d'une puissance inférieure à celle de l'aimant peut l'emporter sur celui-ci.

Supposons d'abord que l'intensité du courant soit telle que l'armature se trouve soumise à la fois aux actions de l'aimant et de l'électro-aimant, c'est-à-dire que la puissance de l'électro-aimant est peu différente de celle de l'aimant.

L'armature revient au repos lorsque le courant ayant cessé, l'attraction latérale de l'aimant est devenue supérieure à l'attraction directe de l'électro-aimant.

Quand on fait suivre instantanément un courant d'un autre de sens inverse, les deux pôles de l'électro-aimant diminuent d'abord rapidement de puissance, et l'armature commence son retour vers l'aimant. Ce mouvement est aussitôt accéléré par l'électro-aimant arrivant au maximum de puissance développée par le nouveau courant, et l'armature est projetée de l'autre côté de l'aimant, plus ou moins rapidement, suivant que la puissance de l'électro-aimant est un peu inférieure ou égale, ou bien encore un peu supérieure à celle de l'aimant.

Mais quand l'électro-aimant est rendu actif par un courant relativement très-fort, l'amplitude de vibration de retour de l'armature vers l'aimant n'est que de très-faible durée, au moment où l'électro-aimant a acquis toute sa force. Il arrive alors que l'armature se trouve tout à coup entièrement dominée par le pôle le plus rapproché de l'électro-aimant, lequel annule complètement l'influence de l'aimant. Soustraite

ainsi au rappel de l'aimant, l'armature n'obéit pas à l'inversement de courant, elle est dépolarisée, et revient brusquement vers le pôle de l'électro-aimant qu'elle vient de quitter.

Si ce dernier effet n'avait pas été prévu, l'appareil dans ces conditions ne fonctionnerait plus. Nous allons décrire les dispositions prises à cet égard.

L'axe A communiquant avec la masse de l'appareil (fig. 86), et le ressort m sont reliés, le premier au fil partant de la borne D par le fil y , et le second au fil partant de G. D'autre part, les fils d' et g' , réunissant les deux bobines, communiquent avec la palette d'échappement. Les effets de cette disposition sont faciles à comprendre. Supposons un courant dans le sens D à G, l'armature I est attirée par le pôle n' , et la palette d'échappement n vient arrêter la roue e , mais il s'établit par cela même un court circuit en dehors de la bobine marquée droite sur la figure, le courant suit presque tout entier le chemin D, y , A, e , n , g' , la bobine marquée gauche et la borne G. La bobine de droite ne reçoit qu'un faible courant dérivé, et la puissance du pôle n' est assez affaiblie pour ne plus produire l'effet de dépolarisation dont nous avons parlé. Avec un courant dans le sens G à D, les phénomènes analogues se produisent, le court circuit est alors D, bobine droite, d' , n , f , h , m et G.

Quand l'armature a été écartée, dans un sens ou dans l'autre, par un courant de sens déterminé, un courant inverse, même assez faible, détermine son oscillation et le jeu de l'échappement d'arrêt; mais lorsque l'armature est dans sa position d'équilibre, il

faut un courant d'une certaine énergie pour rompre l'action de l'aimant et par suite le déclenchement de l'arrêt *i*. Pour faciliter ce déclenchement, les deux bobines de l'électro-aimant sont dans le circuit quand la palette repose sur la dent d'arrêt qui elle est, ainsi qu'on se le rappelle, entièrement isolée. La dérivation ne se fait donc pas quand l'aiguille est à la croix, on ne peut ainsi, par exemple, passer du n° 10 à la lettre U sans produire, au passage à la croix, la dé-polarisation de l'armature et arrêter la marche de l'appareil. Le mode de manipulation, comme nous le verrons, exige que chaque tour de cadran soit précédé de la remise à la croix.

Le commutateur R, que l'on voit dans les figures 85 et 87, est formé d'un bloc isolant fixé à la manivelle M qui sert à le faire mouvoir et à le fixer.

Sur sa face courbe sont fixés sept groupes de chacun cinq contacts reliés aux quatre ressorts à boudin ML, MP, D, G, fixés à l'axe de rotation de la pièce R et au support O.

Au ressort ML est fixé un fil allant du support O à la borne ML communiquant au bouton de ligne du manipulateur. Le ressort MP est relié au contact pile du manipulateur BN. Le ressort D est en communication avec la bobine droite de l'électro-aimant, et la bobine de gauche est reliée au ressort G.

Sur le support, en dessous des ressorts à boudin, sont fixées cinq lames en acier reliées aux bornes LG, LD, T, C et α . Ces lames appuient simultanément sur un des groupes de contacts, et chacune d'elles établit uniquement communication entre le fil qui aboutit à

son extrémité fixée au support O, et le ressort à boudin qui lui correspond par l'intermédiaire du commutateur.

Chacun des contacts de ces cinq lames avec un des groupes du commutateur donne lieu à une combinaison différente de dispositions de circuit.

La position de la manivelle dans l'entaille C D correspond à la communication directe, séparant deux groupes semblables à gauche et à droite, où la position dans l'entaille A est un appel, et dans l'entaille T la position de transmission et de réception. La première position C D, qui est celle où l'on se trouve dans le cas des diverses figures, montre la marche du courant. Ainsi le circuit venant du poste placé sur ligne gauche arrive à la poupée L G, de là à la lame L G, au contact L, au ressort G, à l'interrupteur V, d'où il passe dans l'électro-aimant, revient par le ressort D, le contact I I, la lame L D, la poupée L D, et va à la station placée à gauche.

Après ces explications détaillées, le fonctionnement de l'appareil est facile à comprendre.

Prenons un poste qui est au commutateur dans la position C D. Supposons qu'on veuille se mettre en rapport avec un poste à droite, on retire la manivelle de C D et la porte en A à droite,

Avant que cette position ne soit atteinte, un groupe de contacts du commutateur, 3, 10, 17, 24 et 31, viendra passer sous les cinq lames fixées à la borne, et donnera lieu à un passage de courant. Nous allons voir l'effet de ce courant, dont on peut suivre la marche sur la figure 86. La lame C du pôle cuivre

de la pile de ligne, du poste, vient en contact avec le 24, le courant passe de là au ressort G, à l'interrupteur V dans l'électro-aimant, par la bobine de gauche, puis de droite, revient par le ressort D au contact 10, de là par la lame LD sur toute la ligne, servant les postes à droite de celui où nous sommes, revient par la terre à la lame T, au contact 17, au 31, à la lame z qui forme l'électro-zinc de la même pile, et le circuit est complet.

Qu'a-t-il produit? Dans chaque électro-aimant la bobine de gauche a un pôle nord, celle de droite un pôle sud, les armatures I tendent à être attirées par le pôle nord, mais elles sont retenues par la palette n qui appuie sur l'arrêt K, de sorte que ce premier courant ne produit pas d'effet.

Quand la manivelle arrive en A, les contacts se font sur la ligne 2, 9, 16, 23, 30, et présentent avec les précédents les différences suivantes. Il y a inversion du courant, le courant partant de C passe d'abord à la terre, pénètre de là dans le premier poste qu'il rencontre à la terre (c'est-à-dire avec un manipulateur en CD) par la lame LD, le contact II, le ressort D, l'électro-aimant par la bobine de gauche, l'interrupteur, le ressort G, le contact L, la lame LG et la ligne de gauche, traverse les postes intermédiaires sur la communication CD, revient au poste appelant par la lame LD, le ressort D, la droite, puis la gauche de l'électro-aimant, l'interrupteur, le ressort G, le contact 30 et le pôle z de la pile.

Si la ligne se trouve momentanément coupée, le courant opère son retour par l'appareil du poste qui

interrompt la communication. On voit également que dans tous les appareils du circuit, il y a eu renversement dans la position des pôles de l'électro-aimant, donc l'armature a oscillé autour de son axe, dégageant l'arrêt *i*, arrêtant la roue *e*, et l'aiguille a passé de la croix à la première division du cadran.

On produit alors une série d'inversions successives en déplaçant alternativement la manette dans le cran A d'une extrémité à l'autre de ce cran jusqu'à ce qu'on ait amené l'aiguille du cadran en regard du numéro désignant le poste qu'on veut appeler.

Si l'on avait voulu appeler un poste situé sur la gauche, on eût opéré sur l'autre cran, les phénomènes se reproduisent exactement dans le même ordre. Nous croyons inutile d'en rappeler la succession.

Lorsque l'on a déplacé l'aiguille jusqu'au numéro correspondant au poste qu'on veut appeler, le doigt *d* vient dans ce poste en contact avec le ressort E, et la sonnerie fonctionne par l'effet d'un courant local partant du pôle C de la pile locale, passant par la sonnerie, la borne S, le ressort E, le doigt de sonnerie, la masse de l'appareil, la borne S' et le zinc de la pile (fig. 86).

La même figure montre, à côté du ressort G, un interrupteur V sur lequel il suffit d'appuyer pour couper le circuit. Il sert à l'appelé à répondre aux appels. Cette interruption désaimante tous les électro-aimants, ce qui produit dans chaque appareil le rappel à la croix de l'aiguille. Cette rupture exécutée, le courant provenant du poste appelant persistant encore, l'aiguille revient au signal U si le poste attaqué

porte un numéro pair, ou reste à la croix si ce numéro est impair; mais cette opération se produisant toujours exactement de même dans tous les appareils, la concordance existe toujours dans tout le circuit.

Informé, par cette remise à l'accord, de la présence de l'appelé, l'appelant remet en marche tous les appareils du groupe et amène l'aiguille sur son numéro à lui.

Il n'y a plus qu'à transmettre la dépêche.

Pour transmettre ou recevoir cette dépêche, on amène la manette du commutateur dans le cran T; en supposant que l'appelant opère toujours à sa droite, ce sera sur le cran T placé à droite de son commutateur, et l'appelé sur le cran de gauche.

Au poste appelant ou transmettant, la ligne de droite, arrivant à la lame LD, passe par le contact 8, le ressort ML, le manipulateur BN, et le récepteur BM de ce poste et à la terre. Quand on appuie sur le manipulateur, le récepteur est isolé, et le courant du poste est envoyé au correspondant. Ce courant, dans ce poste, arrive naturellement par le fil de gauche LG, le contact 7, le ressort ML, le manipulateur, le récepteur et la terre.

La transmission à droite se fait avec des courants positifs, et celle de gauche avec des courants négatifs. Ils passent toujours dans les appareils intermédiaires placés au cran CD sans les faire fonctionner.

Deux points nous restent à signaler. Quand on appelle à droite, aussitôt que la communication directe est interrompue par le déplacement de la manivelle du poste qui appelle, et en même temps que le pre-

mier courant est envoyé à droite, la ligne de gauche est mise sur la terre : dans le poste appelant par la position des lames LG, et T sur les contacts 3 et 17. Quand la manivelle est à l'extrémité marquée A au fond de l'entaille (fig. 87), les mêmes lames sont 2 et 16 et l'effet est le même.

Cette formation de circuit, du côté opposé à l'appel, a pour but de permettre les appels et les transmissions sur la partie de la ligne non occupée.

Enfin quand la manivelle est placée dans l'entaille T à droite, les contacts ont lieu sur la ligne 1, 8, 15, 22, 29, la ligne de gauche arrive à la lame LG, passe par le contact 1, le ressort *b*, l'interrupteur de la gauche, puis la droite de l'électro-aimant, le ressort D, le contact 15, la lame T et la terre.

L'électro-aimant de l'appareil au poste que nous considérons est donc intercalé à gauche, pendant la transmission à droite. Il en résulte que, pendant que ce poste travaille sur sa droite, son cadran indicateur se trouve relié avec toute la gauche et peut lui transmettre une demande venant de ce côté.

En résumé, l'appareil de M. Daussin, bien que compliqué en apparence, n'offre aucune superfétation sur beaucoup d'appareils télégraphiques. Si la description de sa construction est longue et compliquée pour bien faire comprendre sa marche multiple, on peut cependant se rendre compte que la manipulation, au point de vue pratique, n'offre rien de plus difficile que tous les appareils télégraphiques en général. Nous avons cru, afin de mieux faire ressortir ce point, résumer ici brièvement la succession

des opérations manuelles et des effets produits, en indiquant la manœuvre et l'effet qui en résulte.

1° Tous les appareils ont leur aiguille de cadran sur la croix, et la manette du commutateur sur le cran C.D. Le circuit général est ouvert et les appareils peuvent communiquer.

On ne doit faire un appel que lorsqu'aucun courant ne passe dans l'appareil, ce qu'on reconnaît à l'inspection de la boussole.

2° Un poste quelconque veut se mettre en correspondance avec un poste déterminé sur sa droite, par exemple (les manœuvres pour la communication à gauche étant analogues, seulement s'opèrent sur l'autre partie de l'arc de la manette); il porte sa manivelle à l'extrémité de droite de son cran A sur la droite de l'arc placé sous la manette M, et fait manœuvrer cette manette d'un bout à l'autre du cran, jusqu'à ce que l'aiguille qui se déplace sur le cadran vienne en regard du numéro désignant le poste qu'il veut entretenir. L'aiguille, à la première manœuvre, quitte la croix sur tous les cadrans de la ligne de droite, passe successivement d'un numéro à l'autre jusqu'à celui qu'on veut obtenir. La communication générale de toute la partie située à gauche du poste travaillant est suspendue avec celle située à sa droite, mais subsiste avec lui. Enfin si sur cette portion de droite, la ligne se trouvait déjà coupée par un poste situé plus avant, le courant opère son retour au poste que nous considérons par l'appareil du poste qui interrompt la communication. L'aiguille de notre poste lui apprend quel est le dernier sur la

ligne de droite avec lequel il peut communiquer en ce moment.

3° Le poste que l'on a appelé est averti par sa sonnerie, dès que l'aiguille de son cadran atteint son numéro indicateur, il appuie sur son interrupteur pour prévenir qu'il a reçu avis et est prêt à correspondre. Il est bon de prolonger cette interruption deux secondes. L'interruption opérée par le poste appelé ramène l'aiguille à la croix ou au signal U sur tout le circuit en fonction, et le poste appelant sait que son correspondant est avisé.

4° L'appelant ramène son aiguille à la croix.

5° Les deux postes travaillant mettent leur manivelle sur le cran T convenable, l'appelant à droite, l'appelé à gauche, transmettent et reçoivent dans les conditions ordinaires.

6° La dépêche transmise, chaque opérateur ramène la manette au cran C D, et se retrouve dans les conditions ordinaires.

Il peut arriver, comme nous l'avons supposé, qu'un poste intermédiaire coupe la ligne entre l'appelant et l'appelé. En général, s'il n'y a pas urgence absolue, on peut attendre que ce poste intermédiaire ait fini de travailler, pour opérer soi-même, sinon à l'aide de certains usages conventionnels admis, on peut parer à ce cas.

En cas d'urgence, un poste peut interrompre un appel ou une transmission.

Dans le premier cas, le plus simple est de laisser marcher l'aiguille et de se substituer à l'appelé en opérant la remise à l'accord aussitôt que l'aiguille est

arrêtée et en se plaçant sur T après l'appel réalisé. Si la dépêche urgente n'est pas destinée à ce dernier, le poste substituant demande la communication directe et appelle le poste qui doit la recevoir.

Pour interrompre une transmission, on porte la manivelle directement dans l'entaille T du côté où se trouve le poste dont on a besoin. On se trouve ainsi mis instantanément en rapport avec un des postes dont on interrompt le travail, et on obtient de lui la communication directe, si elle est nécessaire à un appel par l'appareil Daussin.

Il arrive parfois qu'au moment même où l'on commence un appel dans un sens, un autre poste commence aussi un appel en sens inverse dans le même circuit. On a établi sur le réseau une convention par laquelle tout poste qui appelle à droite par exemple a la priorité sur ceux qui appellent à gauche, ce dernier se remet sur C.D, et attend son tour. On évite ainsi des causes de perturbations et de détériorations.

Des conventions spéciales, telles qu'un certain nombre de roulements de sonnerie, servent à indiquer l'urgence.

Tel est l'appareil imaginé par M. Daussin. Nous ne voulons pas ici discuter ses avantages d'une façon générale, et dire que son emploi serait préférable toujours au système français par exemple dans lequel on ne relie guère entre eux que trois postes. Ce serait une discussion complexe et demandant l'analyse des conditions propres à chaque nature de réseau, pour pouvoir obtenir une conclusion certaine. Toutefois, il y a un certain nombre de cas où cet emploi nous

semblerait avantageux, et nous pensons que ce système très-examiné à l'Exposition d'électricité recevra probablement de nombreuses applications. Nous ne voulons citer que deux cas où ses avantages nous sembleraient incontestables.

Prenons par exemple une ligne de chemin de fer. Il se peut parfaitement que dans les nombreuses directions principales qui constituent tout le réseau, il y en ait qui soient terminées en tête et en queue par deux gares importantes, avec un nombre plus ou moins considérable de stations intermédiaires, sans bifurcation ni point remarquable entre les gares extrêmes. Dans ces conditions, il est évident qu'avec notre système ordinaire ne reliant que trois postes, l'échange, souvent très-important de dépêches entre les deux gares extrêmes par exemple, peut demander un certain temps, s'il n'y a pas un fil spécial entre elles, car il doit passer par autant de réceptions et transmissions nouvelles qu'il y a de groupes de trois stations intermédiaires. Or, il ne faut pas oublier que dans ces gares, où le personnel est restreint, et où il n'y a pas un employé attaché uniquement au service télégraphique, ces transmissions sont souvent retardées par les nécessités du service. D'autre part, il peut y avoir perte de temps à la réception et transmission d'une dépêche n'intéressant nullement le poste intermédiaire. Eh bien, n'y aurait-il pas un intérêt bien manifeste à relier ces deux gares extrêmes, et les stations intermédiaires par le système Daussin. Nous croyons qu'il y aurait avantage dans ce cas.

Mais où surtout nous croyons que les appareils Daussin présentent une application des plus intéressantes, ce serait dans l'installation des postes à signaux d'incendie, pour le service des villes. Nous aurons l'occasion de parler dans ce Manuel de diverses organisations de ce genre, et nous pensons que le système Daussin lutterait avantageusement avec tous, et serait supérieur à un grand nombre d'entre eux, soit pour relier avec un seul fil tous les divers points d'un quartier au poste central, ou tous les postes centraux avec le poste général et obtenir avec une installation relativement simple, une certitude dans la facilité et l'exactitude des transmissions. Nous ne devons pas nous dissimuler que la ville de Paris a sous ce point de vue beaucoup à faire, et dans les études que cette organisation réclame, nous croyons qu'il aurait lieu de tenir compte des services que peut présenter l'emploi de ce système.

M. Delarge a imaginé un système particulier dit à glissières, pour l'installation d'un réseau télégraphique, permettant dans un poste quelconque de mettre l'appareil Daussin dans le circuit, ou de l'en retirer à volonté en transformant ce bureau en bureau omnibus ordinaire, sur attente des deux côtés comme dans les communications ordinaires.

On obtient ce résultat en introduisant ou retirant les glissières, formées d'un rouleau pénétrant dans une enveloppe, et jouant le rôle d'un commutateur général commandant ainsi par une simple manœuvre, tous les systèmes de passages divers du courant dans le poste. Il est naturel que les appareils au

poste tels que sonnerie, boussoles, doivent être plus nombreux que dans le cas précédent, afin que les deux rôles puissent être accomplis.

Le même système de glissière sert encore à établir le montage sur fil semi-direct, c'est-à-dire traversant des postes desservis aussi par un fil omnibus. Les postes peuvent appeler et transmettre par les deux fils. Un seul récepteur sert pour les quatre directions. Cette disposition a été adoptée pour permettre de conserver sur fil omnibus des postes facultatifs dits de secours installés dans certains chemins de fer.

Ce dernier système peut présenter pour les chemins de fer des avantages assez importants, surtout aujourd'hui où le développement donné aux appareils télégraphiques de toutes sortes, correspondance, signaux, engins de protection, devient de plus en plus considérable. L'installation générale du système Daussin pourrait nécessiter des dépenses assez considérables qui y apporteraient un certain obstacle ; ce moyen permettrait, tout en en bénéficiant sur un très-long réseau, de ne l'installer qu'aux points principaux, et de ne laisser à des postes moins importants que des appareils ordinaires et moins coûteux.

§ 4. EMPLOI DES APPAREILS A TRANSMISSIONS MULTIPLES ENTRE PLUSIEURS VILLES RELIÉES PAR UN SEUL FIL.

Le système des appareils multiples donne encore une nouvelle solution de l'installation des transmissions, et permet de réunir plusieurs villes par un seul

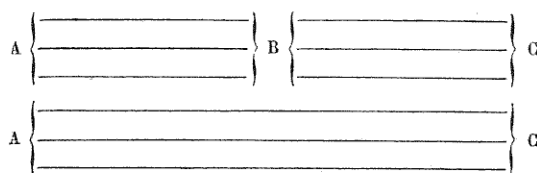
fil. Ce procédé offre non-seulement une grande économie, mais encore une plus grande rapidité dans les transmissions, et serait évidemment très-avantageux à employer pour relier plusieurs villes qui ont un certain intérêt à être mutuellement en relations.

M. Meyer a établi cette installation dans tous ses détails, et en a fait ressortir tous les avantages. L'expérience qui en a été faite, pour relier ainsi Paris, Caen et Cherbourg, a donné d'excellents résultats.

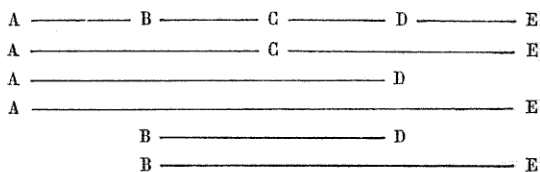
Nous allons, parmi tous les exemples de diverses combinaisons possibles, en choisir deux comprenant un cas simple d'une part et un complexe de l'autre.

Considérons d'abord trois postes, avec un travail peu important, il suffit d'y installer un multiple à deux récepteurs. Le fil unique est divisé au point de vue du travail de la façon suivante. La première moitié est affectée aux transmissions qui ont lieu dans la même fraction de temps d'une part entre un des postes extrêmes et le poste intermédiaire, et d'autre part entre ce poste intermédiaire et l'autre extrême. Il est facile de comprendre qu'en multipliant dans chacun de ces groupes le nombre des appareils, on peut avoir une transmission multiple particulière entre deux des points de la ligne.

Ainsi, par exemple, prenons trois postes A, B, C, établis deux à deux en transmission triple. On devra employer un appareil sextuple, et les transmissions ou divisions du fil seront réparties comme le montre le schéma ci-après.



Cette disposition donne trois transmissions, un triple débouché de poste à poste par le même fil, avec la possibilité d'un échange de $40 \times 9 = 360$ dépêches à l'heure. Elle exige seulement la mise en synchronisme de trois chronomètres en A, B, C. On peut placer le chronomètre correcteur en B qui, corrigeant d'une part A, dans un sens, et C dans l'autre, les fait concorder entre eux. L'expérience de ce procédé, réalisé, comme nous le disions, entre Paris, Caen, Cherbourg, l'a pleinement justifié.



Le schéma suivant montre comment on peut grouper, avec un seul fil et un appareil sextuple, cinq villes mises en relations deux à deux. Le chronomètre correcteur se place en C, et corrige aux tours pairs B et D, et aux tours impairs A et E. On peut ainsi obtenir avec un seul fil, si on suppose tous les postes travaillant à la fois, un rendement à l'heure de dix fois 30 dépêches ou 300.

§ 5. PERTURBATIONS OU DÉRANGEMENTS SUR UN RÉSEAU TÉLÉGRAPHIQUE.

Les dérangements qui se produisent sur un réseau télégraphique peuvent se distinguer en deux classes distinctes : ceux qui proviennent d'un accident quelconque à l'intérieur des postes, et ceux qui, au contraire, se produisent sur les lignes réunissant les postes entre eux. Bien que dépendant de causes multiples, ces accidents sont faciles à reconnaître, et les employés expérimentés s'y trompent rarement.

Tout poste télégraphique est muni, un peu en avant du point où le fil de ligne se raccorde avec l'appareil du poste, d'une boussole dont la déviation moyenne accuse le bon fonctionnement de marche, soit dans un sens, soit dans un autre, suivant qu'il s'agit de la transmission ou de la réception.

Toutes les fois que l'on constatera une marche anormale de la boussole, ou une irrégularité dans le fonctionnement des appareils du poste, ou bien ces deux perturbations simultanément, c'est qu'il y a un dérangement quelque part que l'on devra s'empresse de corriger. Le nombre de ces diverses indications est d'ailleurs assez restreint, et leur nature suffit presque à révéler la cause de l'incident.

Nous ne nous occuperons pas des dérangements, dont le siège est dans le mécanisme même des appareils de transmission ou de réception. L'origine en étant constatée par les employés ordinaires de service, leur correction est en général opérée par des agents

spéciaux. D'ailleurs il nous faudrait reprendre pour cela la description spéciale de chaque appareil que nous avons fait suivre, au moins pour la plupart, des règles à suivre pour le régler.

On peut résumer de la façon suivante les perturbations ordinaires, leur cause et le moyen de les reconnaître :

1^o Perturbation provenant d'un dérangement à l'intérieur du poste, révélée par les conditions suivantes : *bonne transmission, déviation normale, mais pas de réception*. Il résulte de là que la pile et la ligne fonctionnent régulièrement; la faute provient, soit du récepteur, soit de sa liaison avec la terre ou la ligne. Ce sont ces parties qu'il faut inspecter, et chercher si, dans ces liaisons, il n'y a pas une rupture, principalement dans les bobines de l'électro-aimant. Si, de ce côté, on ne découvre rien, c'est le mécanisme même qui est en mauvais état.

2^o Perturbation provenant d'un dérangement à l'intérieur du poste, et révélée par les conditions suivantes : *transmission impossible, pas de déviation, bonne réception*. C'est le courant de la pile qui manque, ou par suite d'une rupture dans le fil de pile, ou une interruption de la pile même, ou enfin, si ces deux causes n'ont pas été reconnues, d'un dérangement dans le mécanisme du manipulateur. Lorsque celui-ci est un appareil simple, comme la clef Morse, il sera facile de le reconnaître, et on l'inspectera en premier.

3^o Perturbation provenant d'un dérangement le plus souvent sur la ligne, et révélée par les conditions

suivantes : *transmission et réception possibles, avec faible déviation*. Cela provient en général du mauvais état de la ligne, résistance excessive provenant d'une mauvaise jointure ou d'une solution incomplète de continuité, contact de deux fils. Une inspection de la ligne est nécessaire.

Il sera toutefois bon d'inspecter toutes les poupées de l'intérieur du poste où viennent se rattacher les fils, car un mauvais contact en un de ces points cause les mêmes accidents. Mais en général, dans les postes bien tenus, cette cause est très-rare, et l'accident provient bien plus de l'état même de la ligne.

On peut encore se trouver en présence des conditions suivantes : *transmission et réception possibles, mais réception simultanée sur plusieurs appareils voisins*. Il y a alors un mélange de fils, soit dans le poste, soit sur la ligne ; on vérifie d'abord le poste, et si, après réparation, le même état persiste, il faut visiter la ligne.

4° Perturbations provenant d'un dérangement, soit dans l'intérieur du poste, soit sur la ligne, révélées par les caractères suivants.

Ou bien : *Transmission possible, déviation anormale, pas de réception*. On dit que la *boussole renverse*, il y a eu augmentation subite d'intensité du courant par suite d'une diminution de résistance dans le circuit provenant d'une communication anormale avec la terre, soit dans le poste, soit sur la ligne.

On coupe d'abord la communication du poste avec le fil de ligne, et cherche à transmettre, s'il y a encore déviation, la communication cherchée est dans

le poste, on la recherche et la répare. On recommence le même essai ; s'il n'y a pas encore de déviation, le même dérangement existe sur la ligne. Il est bien évident que si le premier essai n'a pas d'abord indiqué une première faute dans le poste, on devra directement faire ses recherches sur la ligne.

Ou bien encore : *transmission impossible, pas de déviation, pas de réception*. Il y a quelque part une rupture absolue du circuit, soit dans le poste, soit dans la ligne. On opère, pour le distinguer, comme dans le cas précédent.

Dans les deux circonstances précédentes, lorsqu'on recherche d'abord si la faute est dans le poste, voici comment on procède. Ayant coupé le fil à la sortie du poste, on fait de même pour tous les points de raccordement, en les prenant dans l'ordre où ils se présentent naturellement par rapport au point de raccord avec la ligne, ou bien on met en contact le fil du poste isolé successivement avec tous ces points. On circonscrit ainsi le dérangement dans un périmètre de plus en plus petit, où il sera plus facile à découvrir rapidement.

Quant aux accidents arrivés à la ligne elle-même, il est possible d'en déterminer la situation approximativement, sans avoir recours à une inspection totale de toute la ligne, ce qui abrégera beaucoup les recherches, surtout pour le cas d'une rupture absolue. Il n'y a en effet qu'à établir sur le manipulateur une ligne artificielle et constituer, avec cette nouvelle ligne et le tronçon de l'ancienne, un pont ou balance de Wheatstone. Si on connaît la résistance que pré-

sentait la ligne primitive entière, il sera facile, par la comparaison avec celle de la portion entrant dans la balance, de voir quelle longueur de fil reste en communication avec le poste, et de déterminer ainsi assez approximativement la position du point de rupture.

§ 6. DES PROCÉDÉS DE TRANSMISSION DITS
TÉLÉGRAPHIE DUPLEX, QUADRUPLIX.

On entend par *télégraphie Duplex*, un procédé particulier de transmission qui a permis de résoudre un problème intéressant, au point de vue d'une plus grande utilisation des conducteurs qu'avec les systèmes précédents de simple communication d'un poste à un autre. Il s'agit, étant donné deux postes correspondants par un seul fil de ligne, de leur permettre d'échanger des dépêches expédiées simultanément de l'un des postes à l'autre et *vice versa*.

Cette expression désigne donc, non pas un système particulier d'appareils, mais un nouveau procédé d'installation des transmissions entre deux postes, sans qu'on ait à faire intervenir la nature des appareils employés pour produire et recevoir ces transmissions.

Afin de faire bien comprendre l'esprit qui a présidé à la conception de ce procédé, nous allons expliquer comment il peut être réalisé, sans nous occuper de la nature des appareils, pour mieux faire ressortir cette indépendance que nous avons énoncée.

Considérons deux postes A, B, munis chacun d'une pile P P' supposées égales entre elles, d'un appareil

consistant en un interrupteur et un indicateur à aiguille, c'est-à-dire pourvus chacun des moyens de fermer ou d'ouvrir le courant provenant de sa pile, et de constater d'autre part le passage d'un courant envoyé par l'autre poste, système élémentaire qui représente le principe d'un appareil télégraphique quelconque. Supposons de plus que les communications entre ces deux postes sont établies ainsi qu'il suit. Chacune des piles a son même pôle à la terre, l'autre en communication avec l'interrupteur; le fil partant de cet interrupteur, à l'arrivée dans l'appareil indicateur correspondant, se bifurque en deux autres enroulés en sens contraire autour de cet appareil, et d'une façon entièrement symétrique, l'un L' se rendant à la terre dans chaque poste, les deux autres L se confondant en un seul et formant le fil de ligne.

Examinons maintenant ce qui se passe si un seul des postes, A, par exemple, opère. Lorsqu'il met son interrupteur en contact avec le pôle libre de sa pile, un courant arrive à l'appareil indicateur et de là se bifurque en deux autres : l'un par la ligne L' , la terre, et revient par la terre à la pile; donc un circuit fermé. L'autre par le fil L , l'appareil indicateur en B, la terre, et revient également à la pile; donc second circuit fermé. Or, si nous n'oublions pas que ces circuits entourent l'indicateur en sens inverse, nous voyons que, si ces deux circuits sont établis de façon à présenter une résistance égale, l'aiguille de l'appareil A ne marquera aucune déviation. Nous sommes en présence d'un galvanomètre différentiel dans lequel passent deux courants provenant d'une même source de force

électro-motrice, si donc les résistances de ces courants sont les mêmes, l'intensité sera aussi égale et le galvanomètre ne présentera aucune déviation. Cette condition est facile à obtenir une fois pour toutes ; il suffit d'interposer sur la ligne L' dite *ligne artificielle* une caisse de résistance convenable pour compenser la différence de longueur des circuits. Que se passera-t-il en B par le fait de la manœuvre de A ? Son appareil indicateur sera traversé par le courant venant par la ligne L, sans qu'il y ait un courant de sens contraire dans le circuit L', par conséquent l'aiguille sera déviée. B reçoit donc les transmissions envoyées par A.

On verrait exactement de la même façon que A à son tour, étant au repos, reçoit les transmissions de B quand celui-ci opère seul.

Supposons maintenant que A et B travaillent simultanément, qu'ils soient dans des conditions identiques et ferment leur circuit au même moment. La ligne L n'est traversée par aucun courant, ou pour mieux dire les deux courants émis par A et B, et envoyés simultanément sur la ligne L, s'arrêtent mutuellement. Au poste A, le courant provenant de la pile locale s'écoulera donc en entier à la terre par la ligne artificielle, mais alors son appareil indicateur ne se trouvera plus dans les conditions précédentes d'équilibre, et son aiguille déviara, et cela tant que l'émission faite par B fera obstacle au jeu que nous avons examiné dans le cas où A travaillait seul. Ainsi, la déviation de l'aiguille au poste A ne dépendra donc pas de la nature de l'émission qui y est produite, mais

au contraire de celle qui a été faite en B. L'indication donnée par l'aiguille traduira par suite exactement le signal transmis par B.

Ce que nous venons de dire pour le poste A, nous n'aurions qu'à le répéter exactement pour B. On voit bien comment ces deux postes peuvent simultanément se transmettre l'un à l'autre des indications par un même fil.

Ainsi que nous le disions, cette démonstration est tout à fait indépendante de la nature de l'appareil, ou du mode spécial de transmission dépendant de l'appareil employé. Comme ce mode est toujours basé sur une durée de passage ou un sens de courant, et que nous venons de voir que l'indication fournie par l'aiguille en un poste avait précisément pour cause la présence sur la ligne du courant émis par l'autre, on voit que la durée de cette indication correspondra exactement à la durée de l'émission de l'autre poste, et par conséquent sera identique à celle fournie, si l'un des postes expédiait une dépêche à l'autre, dans le cas de simple communication que nous avons examiné jusqu'ici.

Si nous reprenons l'explication précédente, nous pouvons substituer à l'interrupteur et à l'indicateur des courants, tel manipulateur et récepteur formant par leur réunion un des systèmes de télégraphes que nous avons décrits jusqu'ici.

La méthode de Duplex, telle que nous l'avons décrite, est généralement désignée sous le nom de *Méthode différentielle*, parce que les appareils ont leurs bobines de fil enroulées différemment. On em-

ploie encore un autre mode de disposition fondé sur le principe connu sous le nom de *pont de Wheatstone*.

Considérons un losange (fig. 91) $A B C D$ intercalé dans un circuit, réunissons les points C, D et plaçons sur cette ligne un galvanomètre, il est bien évident que si l'on dispose sur les quatre côtés du losange des résistances M, N, P, Q , telles que la somme des résistances dans la portion de conducteur $A C B$ soit identique à celle de la portion $A D B$, l'aiguille du galvanomètre n'éprouvera aucune déviation. Si l'on dispose les choses comme dans la figure 90, en réalisant les mêmes conditions pour les contours $A C L C B, A D L' D B$, il est évident qu'il en sera encore de même. On voit aisément comment de là on peut passer à une installation en Duplex. Nous n'aurons qu'à relier les points A et B aux manipulateurs chacun en communication avec un pôle de leur pile, l'autre étant à la terre. $C L C$ devient le fil de ligne, $C L' C$ la ligne artificielle qu'on mettra à la terre dans chaque poste. On voit que dans ce cas les fils des bobines n'ont plus besoin d'être enroulés différemment.

Le point capital pour une installation en Duplex, c'est donc l'installation de l'équilibre des résistances. Cela devient quelquefois très-difficile sur les grandes lignes, à cause des effets considérables d'induction. Aussi faut-il presque toujours avec l'emploi des boîtes de résistance ajouter celui d'appareils particuliers, tels que condensateurs, principalement sur les lignes artificielles capables de produire des charges soudaines d'électricité statique, pour annuler celles qui

se produisent naturellement sous l'action de la terre, aux fermetures ou ouvertures du circuit, lesquelles donnent lieu à des courants instantanés, inverses de ceux émis, produisant des vibrations ou coup de fouet perturbateurs dans les appareils. Il faut donc, pour la ligne artificielle, tenir compte de la résistance au double point de vue dynamique et statique.

Le principe de la transmission en Duplex étant bien compris, nous ne nous étendrons pas beaucoup sur le mode d'installation propre à son emploi. En réalité, il suffit d'interposer sur les lignes artificielles des appareils de résistance faciles à manier, et surtout permettant d'en graduer à volonté la valeur. Aussi le plus souvent emploie-t-on, concurremment avec les boîtes que nous avons décrites, et qui ne permettent d'opérer que sur des quantités déterminées, des rhéostats qui, bien que variés dans leur construction, sont toujours basés sur le même principe que ceux qui sont décrits dans les traités de physique, et permettant par conséquent de faire varier la résistance de parties fractionnaires des multiples d'unité que comportent les boîtes. Les condensateurs jouent également un rôle important pour combattre les effets d'induction.

L'exposition d'électricité a permis de voir un système de télégraphie Duplex dû à M. Tommasi, intitulé *Télégraphie Duplex sans ligne factice, fonctionnant indépendamment de la résistance de la ligne*, d'une disposition très-ingénieuse et qui serait, au point de vue de ce système de transmission, une simplification considérable. Nous ne savons pas si ce sys-

tème fonctionne sur des lignes en exploitation, et si, bien que théoriquement satisfaisant, il serait à l'abri de quelques restrictions faites par des personnes compétentes, qui doutent que, surtout sur les grandes lignes, l'on puisse d'une façon absolue se passer de condensateurs, car, dans ce système, on ne voit pas comment les effets de retour dus à la charge de la ligne pourraient ne pas intervenir.

Le modèle exposé et qui fonctionnait sous les yeux des observateurs était établi avec des appareils Morse ordinaires, sauf une très-légère modification apportée dans la clef du manipulateur, afin qu'avec la manipulation ordinaire, on puisse donner aux courants les issues qu'ils doivent suivre. D'ailleurs la figure 92 fait suffisamment comprendre en quoi consistera cette modification.

Chaque poste se compose du récepteur ordinaire, du manipulateur qui peut être en contact avec la terre dans trois positions différentes, et d'un appareil de résistance fixe, une fois pour toutes. Les deux postes sont réunis par le fil de ligne, ils sont identiques, les appareils établis dans chacun d'eux, présentant respectivement la même valeur en résistance. Pour simplifier l'explication, on a pris des nombres simples.

On suppose que dans chaque poste, le récepteur est censé représenter 1 unité de résistance, la boîte de résistance appelée rhéostat 2 unités. De plus, le manipulateur sur deux des fils de terre, est mis en rapport avec deux piles, l'une d'une unité, l'autre de deux.

A l'état de repos, les sorties des récepteurs communiquent avec la terre par l'entremise des pièces isolées des manipulateurs respectifs. Supposons qu'on abaisse un manipulateur, par exemple celui de gauche du poste, le contact précédent avec la terre, qui correspond au fil intermédiaire T, est supprimé, d'une part, il y a contact avec la terre par le fil T, et l'entremise de la pile de 1 unité, mais en même temps, la pile de 2 unités, traverse le rhéostat du poste I, la ligne va à la terre en traversant le récepteur du poste II qui est actionné. Il est facile de voir que le récepteur du poste I ne le sera pas. En effet, le courant qui se rend sur la ligne à la sortie du rhéostat et qui provient de la pile de 2 unités, traverse à la fois les récepteurs des deux postes. A la station n° 2, il n'y a rien pour lui faire équilibre, mais à la station n° 1, il y a un courant venant de la pile de 1 unité et dirigé en sens contraire, par conséquent l'électro-aimant n° 1 ne sera pas actionné.

Il en serait de même si le poste n° 2 travaillait seul, son récepteur ne serait pas actionné et celui du poste n° 1 serait seul mis en action. Il est facile de comprendre que si les deux manipulateurs opèrent en même temps, l'action produite par chacun d'eux sur son récepteur sera nulle, tandis que chacun d'eux agira en même temps sur le récepteur de l'autre poste comme s'il travaillait isolément. Chaque pile de 2 unités se complète dans ce cas avec la pile de 1 unité de l'autre qui ne se rend plus à la terre comme précédemment, seulement le courant ainsi produit, dont l'énergie se trouverait par suite aug-

mentée, doit alors traverser non-seulement le récepteur, mais encore le rhéostat qui se trouve mis dans le circuit, et par conséquent l'énergie du courant qui traverse le récepteur est la même que dans le cas précédent.

En un mot : 1° le manipulateur d'un poste ne peut agir sur l'autre poste.

2° L'énergie du courant est toujours la même, aussi bien lorsque le manipulateur opposé est au repos que lorsqu'il est abaissé.

3° La résistance des rhéostats étant absolument indépendante de la résistance de la ligne et seulement en rapport avec la résistance des récepteurs qui est invariable, il n'y a jamais lieu de modifier le réglage des appareils, quel que soit d'ailleurs l'état de la ligne.

M. Orduna a présenté diverses combinaisons de *Télégraphie Duplex*, et en particulier une qui prévoit tous les effets nuisibles dus à la charge de retour, tout en conservant une apparence de simplicité analogue au précédent, et pouvant toutefois être parfaitement appliqué au service des grandes lignes (fig. 93).

Les bobines de l'électro-aimant du récepteur sont indépendantes, l'une O polarisée par un aimant, l'autre U à l'état neutre; chacune d'elles est en rapport avec le fil de ligne d'une part, mais de l'autre leur relation est différente, ainsi que le montre la figure 93.

La bobine U est reliée par un interrupteur *c* à un pôle de la pile, et la bobine O à la terre, avec une interruption en *a, b*, dans cette communication, le

manipulateur est une simple clef Morse, dont le buttoir de repos est constitué par les deux pièces isolées *a*, *b*, sur lesquelles s'appuie en temps de repos la vis de réglage de la clef. Cette clef est en communication avec l'interrupteur *e*, relié comme nous l'avons dit au pôle de la pile et à la bobine U. Enfin, les deux piles aux deux postes sont disposées en sens inverse, c'est-à-dire qu'à l'un, c'est le pôle négatif qui est à la terre, et dans l'autre le pôle positif.

Ceci posé, le jeu de l'appareil sera facile à comprendre. A l'état de repos, il y a interruption du circuit de la ligne, le courant de chaque poste passerait directement par le manipulateur et de là à la terre, mais l'interposition des interrupteurs *e* ferme encore ce circuit, afin qu'en temps de repos, on ne fasse pas travailler les piles inutilement. Admettons que le poste n° 1 travaille seul. Quand on abaisse la clef M, le courant de la pile P passe par la bobine U la ligne, traverse la bobine U' correspondante et de là se rend à la terre par le manipulateur M'. Dans son passage à travers la première bobine U, il attirerait bien l'armature, mais cet effet peut être annulé par un serrage convenable du ressort antagoniste. Il est facile de voir qu'au poste n° 2 il n'en sera pas de même, car le courant qui arrive en M' trouve également un circuit fermé par la vis V' le contact *b'* et la terre, et la bobine O' se trouve intercalée dans ce circuit. Donc à ce poste, l'armature soumise aux deux actions superposées des bobines O' et U', sera attirée. Au poste n° 1, la bobine O n'a pu entrer dans le circuit, car le manipulateur M étant soulevé, la vis V laisse les deux

contacts a, b isolés. Voici donc déjà une première partie du problème résolu : un poste travaillant seul, son récepteur est inactif, celui de l'autre est seul actionné.

Maintenant, examinons ce qui arrive quand les deux postes travaillent à la fois. Dans chaque station, les manipulateurs sont sans action sur leur bobine respective O, O' , leur courant s'ajoute en tension à travers les bobines U, U' , à cause de la disposition adoptée pour l'enroulement des fils, l'action de celles-ci devient prépondérante et les armatures des deux récepteurs sont attirées.

Si l'on examine avec soin les combinaisons obtenues par l'emploi des piles de pôle inverse et les circonvolutions du circuit, on voit qu'il en résulte l'annulation des effets dus aux courants de retour, et cela sans l'emploi des condensateurs. En effet, dans chaque poste, ce courant de retour, soit à cause du même signe de la pile ou de l'enroulement en sens inverse sur les bobines, n'agit jamais qu'en sens inverse du courant produisant l'attraction de l'armature, de telle sorte que les effets de charge de ligne seraient plutôt favorables que nuisibles.

Le problème de la transmission simultanée de plusieurs dépêches par un même fil peut encore être considéré à un autre point de vue. On peut chercher, non pas à correspondre dans les deux sens opposés, mais à transmettre simultanément par le même fil deux dépêches dans le même sens. Ce système de transmission est évidemment de la nature des transmissions multiples déjà étudiées.

On peut y arriver par plusieurs procédés : d'abord par une division du temps entre les manipulateurs et synchronisme de réception , ou l'emploi de courants alternatifs avec disposition spéciale pour que les récepteurs ne soient impressionnés que sous des courants de sens déterminés.

On peut encore employer plusieurs piles d'intensité différente produisant, par leur combinaison, des effets différents entre eux , et des récepteurs qui ne soient impressionnés que par des combinaisons déterminées.

M. Sieur a exposé, en 1881, deux procédés de transmission qu'il a appelés *Procédés de télégraphie double dans le même sens*, et basés précisément sur les deux derniers principes énoncés.

Le premier est basé sur l'emploi d'un distributeur sans synchronisme, mettant la ligne alternativement en communication avec un courant positif et un courant négatif, à intervalles égaux se succédant à moins de $\frac{1}{20}$ ou $\frac{1}{30}$ de seconde. Ces interversions sont recueillies à l'arrivée sur un relais polarisé à deux armatures, dont l'une vibre sous l'influence du courant positif, l'autre sous celle du courant négatif. Les deux manipulateurs ont pour but de supprimer, l'un les émissions positives, l'autre les négatives. A chaque suppression, l'armature correspondante cesse de vibrer, revient au contact, et forme un circuit local dans un récepteur.

Le second est basé sur l'emploi d'un relais à deux armatures, dont l'une fonctionne sous l'influence d'un courant d'intensité 1, 2, l'autre sous celle d'un cou-

rant 2, 3, qui actionnent les piles locales des récepteurs. Quant aux manipulateurs, ils sont reliés à la pile par des rhéostats de telle manière que l'un, opérant seul, envoie des courants d'intensité 1, l'autre d'intensité 3, et que tous deux opérant simultanément envoient un courant d'intensité 2.

Ces systèmes ingénieux combinés en Duplex donneraient lieu à des quadruplex.

Il est inutile d'insister beaucoup sur les avantages de cette méthode de transmission, qui double naturellement pour un même temps le nombre des dépêches échangées entre deux postes par rapport au système de communication simple alternative.

Nous avons dit que dans l'application du système Duplex, les effets de décharge et d'induction apportaient des obstacles assez grands aux transmissions. Ces actions perturbatrices sont bien plus importantes sur les lignes sous-marines, et étaient un obstacle presque insurmontable pour établir le Duplex sur ces lignes, jusqu'au jour où l'on a pu les vaincre, grâce à un artifice ingénieux apporté dans le montage des lignes, et principalement des lignes artificielles.

Des expériences dues à MM. Muirhead et Th. Taylor ont appris que les courants pénétraient dans les câbles sous une forme particulière qui nécessite dans la ligne artificielle une imitation aussi parfaite que possible des phénomènes dus au courant, à l'origine même de ce circuit. C'est en se basant sur ces données qu'on a modifié le montage des lignes sous-marines pour y installer le Duplex.

Le système est monté suivant le pont de Wheatstone. Le manipulateur, relié à la terre par un condensateur, communique d'abord avec un rhéostat, où le courant trouve deux issues : 1° Le câble naturel mis à la terre par l'intermédiaire d'un condensateur ; 2° le câble artificiel. Dans chaque poste, ces deux directions sont reliées par un fil sur lequel est placé le récepteur (siphon Recorder) avec un condensateur spécial.

La ligne artificielle, dénommée câble artificiel, se composant d'un conducteur continu de capacité uniforme dans sa longueur, est formée de deux bandes d'étain superposées et séparées par un séparateur de papier imbibé de paraffine. Une des bandes forme le circuit conducteur de la ligne artificielle, l'autre est la partie inductive extérieure et communique avec la terre. La bande conductrice est continue, mais des boutons serre-fils sont rattachés à des intervalles où l'on fait intervenir des résistances. La bande inductive est formée de portions distinctes, et chaque portion est reliée par un serre-fil à la terre. Chaque paire de boutons de la bande conductrice, combinée avec la capacité correspondante de la bande inductive, forme ainsi un élément de ligne artificielle de résistance donnée. Ce mode de construction permet d'obtenir un câble artificiel compact, possédant la même résistance conductrice par élément de capacité, et de plus la même résistance conductrice, par élément, que le câble réel que l'on veut mettre en Duplex.

DEUXIÈME PARTIE
TÉLÉPHONE. — MICROPHONE
ET PHONOGRAPHE.

CHAPITRE I^{er}.
Invention du Téléphone.

§ 1. HISTORIQUE.

Le téléphone, à proprement parler, n'est pas un appareil télégraphique, si on prend ce mot dans le sens absolu qu'il comporte, quand on considère les instruments dont nous venons de nous occuper dans la partie précédente. Il n'est apte qu'à transmettre les sons à distance, mais comme, par cela même, il constitue un mode de correspondance intéressant et utile, nous avons cru devoir en faire entrer l'étude dans ce Manuel, d'autant plus que l'usage tend à s'en répandre tous les jours de plus en plus, concurremment avec le télégraphe.

L'idée de transmettre les sons à distance a été réalisée depuis longtemps, mais les moyens d'exécution employés n'avaient donné lieu qu'à des instruments imparfaits, surtout au point de vue de la transmission des sons articulés, car on avait construit, dès

1820, sous les noms de vibrateurs électriques, d'harmonica électrique, des appareils reproduisant à distance les sons musicaux et dont quelques-uns atteignaient un grand degré de perfection.

Il ne faut pourtant pas passer sous silence un fait intéressant, déjà ancien, qui resta sinon inaperçu, mais tout au moins ne dépassa guère les limites des cabinets de physique. Nous voulons parler du téléphone à ficelle, découvert en 1667 par le physicien Robert Hooke, et qui retrouva ces dernières années un regain de nouveauté et de popularité lors de l'invention du téléphone électrique.

Le téléphone à ficelle est constitué par des tubes cylindro-coniques en métal ou en carton, dont un bout est fermé par une membrane tendue de parchemin, au centre de laquelle est fixée par un nœud la ficelle qui réunit les deux pièces analogues.

Lorsque deux personnes prennent ces cornets, tendent bien la ficelle qui les joint, l'une d'elles en portant le cornet à son oreille entend très-distinctement les paroles prononcées par la seconde dans l'autre cornet, et cela à des distances de plus de cent cinquante mètres. Cet appareil très-intéressant, où les effets produits sont purement mécaniques, montre avec quelle facilité les vibrations reproduisant la parole peuvent être transmises.

Sans nous occuper ici des premiers appareils de reproduction musicale, nous passerons immédiatement aux téléphones parlants. A qui attribuer l'honneur de cette découverte si intéressante? c'est là un point que personne n'a pu résoudre, pas même les autorités

judiciaires, à qui s'étaient adressés les deux premiers inventeurs, revendiquant chacun pour leur compte le bénéfice de la priorité. Toujours est-il que c'est d'Amérique, en 1876, que sont venus les premiers instruments constituant des téléphones parlants complets, et nous en laisserons la gloire partagée entre les premiers inventeurs, M. Elisha Gray, de Chicago, et Graham Bell.

Bien que toute récente encore, cette invention a reçu aujourd'hui des applications considérables, les instruments remplissant le même but sont très-nombreux, chaque jour il en apparaît quelque nouveau. Nous ne saurions, vu le cadre de notre travail, les décrire tous en particulier, d'ailleurs beaucoup ne diffèrent entre eux que par des points de détail seulement. Nous nous efforcerons, tout en étant bref, de distinguer les diverses classes auxquelles se rattachent tous les téléphones, et de décrire dans chacune d'elles les appareils qui en forment le type, et ceux surtout qui sont entrés dans les usages pratiques; nous pensons que le lecteur pourra ensuite facilement se rendre compte par lui-même du fonctionnement d'un certain nombre d'appareils que nous ne ferons que mentionner.

Nous commencerons par décrire les deux appareils qui ont paru en premier, ce qui nous permettra ensuite plus facilement d'en expliquer les effets, et d'établir les diverses classes formées par tous les instruments remplissant le même but.

§ 2. TÉLÉPHONES DE M. GRAHAM BELL
ET DE M. ELISHA GRAY.

Le téléphone de M. Graham Bell fut exposé en 1876 à l'Exposition de Philadelphie, et son apparition éveilla l'attention du monde entier. Sa découverte, d'après l'auteur lui-même, ne fut pas la conséquence d'une idée préconçue, mais celle d'une série d'études entreprises sur l'acoustique. Il en résulte naturellement que cet appareil a subi bien des transformations dans son exécution; voici comment était constitué celui qui figurait à l'Exposition de Philadelphie.

L'appareil se compose de deux parties, un transmetteur et un récepteur.

Le transmetteur, représenté fig. VII, se compose

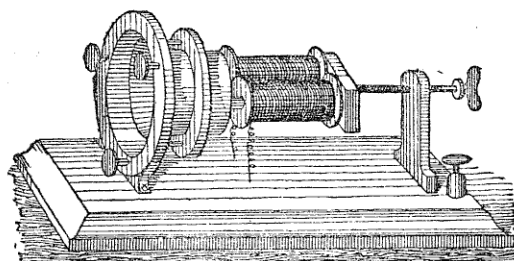


Fig. VII.

d'un électro-aimant recouvert par une bobine d'induction et devant les pôles duquel était placée une membrane adaptée à une sorte d'entonnoir, sur lequel on pouvait plus ou moins la tendre à l'aide de

vis. Cette membrane porte un disque de fer à son centre formant l'armature du système électro-magnétique, qui est soutenu par une vis permettant de régler son écartement de la membrane.

Le récepteur était formé d'un électro-aimant tubulaire (fig. VIII), portant une lame vibrante de fer, le tout monté sur une caisse sonore, formant une sorte de pont, pour fermer le circuit.

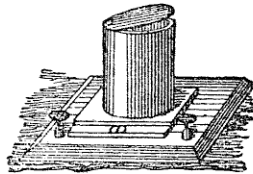


Fig. VIII.

Si l'on parle dans l'entonnoir du transmetteur, l'on peut en approchant du récepteur même à une distance assez grande entendre distinctement la reproduction de toutes les paroles, les deux appareils étant dans des bâtiments complètement séparés.

M. Graham Bell s'occupa immédiatement de modifier son appareil de façon à pouvoir se servir du même instrument et comme transmetteur et comme récepteur. Voici la dernière forme adoptée, et celle qui fonctionne aujourd'hui, nous la représentons fig. IX.

Une petite boîte circulaire en bois, montée sur un manche de même nature, renferme un barreau aimanté NS, que l'on peut avancer ou reculer dans

l'étui à l'aide d'une vis V montée à l'extrémité du manche.

L'autre extrémité libre du barreau est entourée par la bobine magnétique construite avec du fil très-fin et avec un grand nombre de spires. Les bouts des fils aboutissent à travers le manche à deux boutons extrêmes I, I', où l'on attache les deux fils du circuit. Au-dessus de cette même extrémité du barreau est placée la lame vibrante de fer A, recouverte d'un vernis ou d'étain. Elle a la forme d'un disque dont les bords sont appuyés sur une bague en caoutchouc,

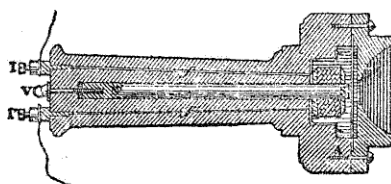


Fig. IX.

qui permet de la fixer solidement dans la caisse, formée à cet effet de deux pièces ajustées l'une sur l'autre et dont la dernière est évasée en forme d'entonnoir, dans sa partie centrale, pour être facilement appliquée à la bouche ou à l'oreille. La lame vibrante doit être aussi près que possible de l'extrémité du barreau aimanté, sans pouvoir cependant jamais y toucher.

M. Graham Bell avait exposé également à Philadelphie un autre système de transmetteur, fondé sur l'action des courants voltaïques, et que nous repré-

sentons fig. X. Il se compose d'une embouchure B, dont le fond est formé par une membrane tendue L, L sur laquelle est fixé un fil de platine qui, par son immersion dans un vase d'eau, complète le cir-

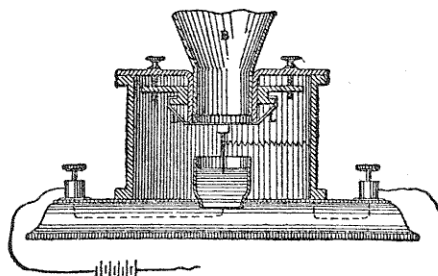


Fig. X.

cuit. En parlant devant cette embouchure, on percevait très-distinctement les paroles dans le récepteur.

Le téléphone de M. Elisha Gray que nous allons décrire maintenant frappera évidemment le lecteur,



Fig. XI.

et sa ressemblance avec le précédent fera aisément comprendre comment ces deux inventions simultanées ont pu donner lieu à un vif débat de priorité.

Le transmetteur (fig. XI) se compose d'une sorte de tube fermé à son extrémité inférieure par une membrane à laquelle est fixé un fil de platine qui plonge dans un liquide peu conducteur, et au fond de ce vase est fixée une électrode de platine en rapport avec une pile. Le récepteur est formé d'un cornet acoustique, à fond en membrane au centre de laquelle est fixée l'armature d'un électro-aimant. Les deux appareils sont placés dans le circuit comme deux appareils télégraphiques.

§ 3. EXPLICATION DES PHÉNOMÈNES
QUI SE PRODUISENT DANS LE TÉLÉPHONE.

Bien avant la découverte du téléphone, M. Charles Bourseul l'avait en quelque sorte prévu. Dans une étude sur les télégraphes, il se demandait si la parole elle-même ne pourrait pas être transmise par l'électricité. Les sons, disait-il, sont formés par des vibrations et appropriés à l'oreille par ces mêmes vibrations que reproduisent les milieux intermédiaires. L'intensité de ces vibrations diminuant très-rapidement avec la distance, il y a des limites qu'on ne peut dépasser pour leur transmission. Mais si ces vibrations sont communiquées à une plaque flexible interrompant un circuit, on pourra avoir dans ce même circuit et à une grande distance une autre plaque vibrant synchroniquement avec la première et pouvant reproduire les mêmes sons.

Bien que ce travail publié en 1834 ne renferme pas le procédé qu'on pourrait employer, le principe

en était consacré, et dans une certaine mesure, il permet de comprendre les effets qui se produisent dans le téléphone.

M. Graham Bell, dans les études préliminaires sur l'acoustique qui le conduisirent à la découverte du téléphone, a montré que lorsqu'on établit dans un courant une série continue de fermetures et d'ouvertures très-rapprochées, et que l'on a recours pour les produire aux effets d'induction, l'intensité du courant peut être représentée par une courbe continue, ce qui lui a fait nommer ces courants, courants ondulatoires, et que dans ce cas la transmission simultanée par un même fil de sons de différente force et de différente nature, ne peut altérer le caractère des vibrations qui les ont provoqués, elle ne peut que changer la forme des ondulations, et ce changement se produit de la même manière que dans le milieu aérien qui transmet à l'oreille la combinaison des sons émis.

On voit que c'est encore là le principe émis par M. Bourseul, mais avec certains développements qui conduisaient déjà plus près de la réalisation de l'instrument pratique.

Toutefois la théorie proprement dite du téléphone est très-complexe, et en réalité, bien qu'il y ait encore quelques points obscurs, cependant elle a été très-avancée, grâce aux travaux de nombreux physiiciens, et en particulier de M. le comte Du Moncel.

Il a montré que les sons produits dans un téléphone Bell devaient être attribués principalement aux vibrations déterminées au sein du noyau magnétique,

par suite des aimantations et désaimantations qui lui étaient communiquées par le courant d'intensité variable transmis à travers le fil du circuit, et que le diaphragme avait pour principal rôle de surexciter, comme armature, l'action magnétique du noyau, enfin que ce diaphragme plus rapproché de l'oreille devait transmettre plus nettement et plus facilement les vibrations reproduisant la parole.

Des expériences faites par M. l'abbé Laborde et Perceval Jenns ont établi que les sons produits dans le téléphone sont bien dus aux changements moléculaires effectués dans les pièces magnétiques.

M. Ader, dans un travail très-complet entrepris tout d'abord par contradiction des principes précédents, non-seulement les a reconnus exacts, mais encore les a confirmés plus définitivement.

En résumé, on reconnaît aujourd'hui que la reproduction de la parole dans un téléphone tient à une série de causes complexes : vibrations moléculaires du noyau et de son armature, par suite des aimantations et désaimantations effectuées en eux sous l'influence des courants ondulatoires ; attractions électro-magnétiques ; réactions des spires magnétisantes les unes sur les autres, et des spires et du barreau, enfin transmission mécanique des vibrations par les différentes parties constituant un téléphone.

On voit, comme nous le disions, que cette théorie présente encore quelques points obscurs, dont l'éclaircissement conduira peut-être à de nouvelles découvertes importantes.

CHAPITRE II.

Divers modèles de Téléphones.

§ 1. DISPOSITIONS VARIÉES DES TÉLÉPHONES BELL.

Nous avons décrit précédemment le téléphone Bell, en indiquant comment était construit le premier modèle exposé et les dernières transformations que M. Bell lui avait fait subir.

Un grand nombre d'autres dispositions ont été encore imaginées, et quelques-unes ont permis d'obtenir des résultats si avantageux, qu'on les distingue quelquefois spécialement par le nom du constructeur. Nous décrirons en particulier le *téléphone Gower*, combinaison nouvelle du téléphone Bell, qui est presque universellement employé.

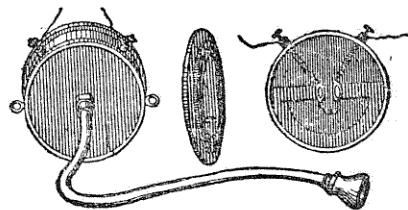


Fig. XII.

Le principe est le même, mais l'étude des conditions et la perfection de l'exécution placent cet appareil en première ligne. La figure XII le montre d'ensemble et en détail.

La plaque vibrante est épaisse, fixée solidement à la caisse elle-même en métal. L'aimant a reçu une forme particulière, les deux pôles placés vis-à-vis l'un de l'autre, à très-peu de distance, sont terminés par des noyaux de fer oblongs entourés d'hélices de fil très fin, et placés au centre du diaphragme.

Le téléphone Gower porte avec lui un avertisseur, c'est-à-dire le moyen de produire un son assez intense pour prévenir au récepteur que l'on veut correspondre. Il est formé par une ouverture pratiquée dans le diaphragme et derrière laquelle se trouve fixée une anche d'harmonium. Pour le faire fonctionner, on adapte à l'ouverture de la boîte un tube acoustique. Quand on souffle par ce tube, l'anche et par suite la membrane sont mis en vibration, et avec assez d'énergie pour fournir dans le récepteur un son intense s'entendant dans un certain rayon autour de l'appareil. Pour les transmissions ordinaires, il suffit de parler devant le tuyau acoustique, comme on le fait habituellement.

A côté du téléphone Gower, on peut encore citer quelques autres instruments, comme dérivant entièrement du téléphone Bell, et où, tout en conservant le principe primitif, il a été apporté quelques modifications dans son exécution.

Puisque les actions magnétiques ont pour cause les vibrations de l'armature, et par suite celles de la couche d'air comprise entre l'embouchure et le diaphragme, quelques constructeurs ont pensé qu'en faisant agir cette couche d'air sur plusieurs diaphragmes munis chacun de leur appareil électro-magnéti-

que, et disposés d'une façon convenable, on pourrait obtenir des effets beaucoup plus intenses dans le récepteur. Tel est le principe qui a donné lieu à la construction de téléphones par MM. Elisha Gray, Phelps, Trouvé, etc.

Celui de Gray se compose de deux téléphones juxtaposés ayant une embouchure commune, réunis par un aimant à fer à cheval formant poignée, et qui se prolonge par un noyau de fer doux dans le téléphone, formant ainsi le noyau magnétique intérieur. Cet appareil si simple en principe est très-difficile à construire. Tout le succès dépend de détails minutieux que la théorie ne pourrait justifier : inclinaison relative des diaphragmes, grandeur des conduits d'air, etc.

M. Trouvé a simplifié beaucoup ces conditions de difficulté d'exécution par une disposition ingénieuse. Il emploie un aimant tubulaire avec une hélice enroulée sur toute sa longueur. Cet aimant est fixé dans une petite boîte dont les deux bases sont évasées en entonnoir. En regard de l'ouverture de gauche, celle où l'on parle, est une première lame vibrante percée d'un trou plus petit que le vide intérieur de l'aimant. A l'autre extrémité est une plaque pleine qui est la plaque vibrante proprement dite; entre ces deux, il s'en trouve un certain nombre d'autres intermédiaires percées d'un trou plus large pour le passage de l'aimant et de l'hélice.

Avec ces derniers instruments, on augmente l'intensité des sons perçus et quelquefois aussi leur netteté.

§ 2. TÉLÉPHONES A PILE.

Nous avons vu que MM. Gray d'une part, et Bell de l'autre, avaient déjà employé les courants voltaïques pour l'établissement du téléphone. Une foule d'inventeurs venus depuis ont cherché dans cette nouvelle voie des instruments analogues. Nous allons les passer en revue en nous arrêtant sur les principaux.

1° Emploi du charbon comme interrupteur.

Les téléphones à pile requièrent tout d'un coup un perfectionnement considérable par l'emploi du charbon comme interrupteur.

Nous devons d'abord signaler un fait curieux observé depuis longtemps en France par M. le comte Du Moncel, au sujet de l'influence considérable, sur l'intensité des courants traversant un interrupteur, de la plus ou moins grande pression exercée entre les pièces de contact. Il ressortait de cette étude que l'intensité d'un courant croît avec la pression exercée entre les points de contact d'un interrupteur, et que cet accroissement est d'autant plus grand que les conducteurs présentent plus de résistance, qu'ils sont plus ou moins durs ou plus ou moins bien décapés ; enfin qu'avec des corps mous, des poussières, etc., les effets produits se développent dans des proportions énormes.

Cette découverte peut être considérée comme la base sur laquelle ont été établis presque tous les té-

l'éphones à pile, et comme le premier important d'entre eux est d'origine américaine, nous avons cru de toute justice d'indiquer la part qui revient à la France dans cette invention.

2^e Téléphone à charbon de M. EDISON.

Cet instrument comporte un transmetteur et un récepteur. Le premier, représenté fig. XIII, est assez semblable à celui de M. Bell; il se compose d'une lame vibrante et d'un disque de charbon intercalé entre deux lames de platine reliées aux fils de la pile. Un tampon élastique formé de caoutchouc et de liège sépare la lame vibrante des pièces précédentes, et un piston qu'on serre plus ou moins par une vis inférieure détermine la pression contre l'interrupteur. Le manche et l'entonnoir sont

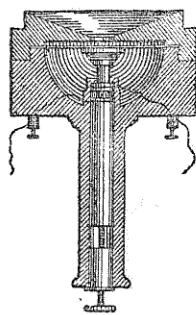


Fig. XIII.

en ébonite.

Ce transmetteur a lui-même reçu diverses modifications. En particulier, on a supprimé le manche et le piston, et remplacé le tampon par une petite pièce en fer.

Quant au récepteur (fig. XIV), il est également assez analogue à celui du système Bell, l'aimant est recourbé en fer à cheval, un de ses pôles seul est entouré par la bobine, et est au centre de la plaque,

tandis que le second vient près du bord de cette lame.

Ayant constaté, comme M. Gray, que les courants induits sont les plus favorables au fonctionnement de ces appareils, M. Edison en a fait l'application à son téléphone, en faisant passer le courant de pile dans le transmetteur par une bobine d'induction, le fil de ligne étant en communication avec le fil secondaire de la bobine.

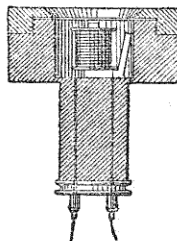


Fig. XIV.

Le téléphone de M. Edison, expérimenté concurremment avec les téléphones magnéto-électriques, dont l'appareil Bell est le type, montrèrent une certaine supériorité dans les conditions suivantes. Si le fil téléphonique est placé sur le parcours d'une ligne télégraphique, les effets d'induction produits par les transmissions télégraphiques sont nulles, alors qu'elles détruisent presque les résultats des autres appareils.

3° Téléphone de M. BLAKE.

M. Blake a modifié le transmetteur à charbon avec un tel succès, que son appareil a été adopté par de nombreuses compagnies comme étant supérieur à tous les autres.

Le contact des charbons, au lieu d'être effectué par la pression de deux pièces, dont une fixe et l'autre mobile, est obtenu à l'aide de deux pièces mobiles,

ce qui soustrait l'appareil aux influences extérieures.

La figure XV permet de se rendre compte de la disposition adoptée.

Le disque de charbon est porté par une masse pesante *g h*, fixée à une lame *d* terminée par un ressort et montée sur une sorte d'équerre *F* soutenue elle-même par un ressort *j*, et qui est réglée par une vis inférieure *G*, s'appuyant sur un plan incliné. Il est facile ainsi de régler la pression.

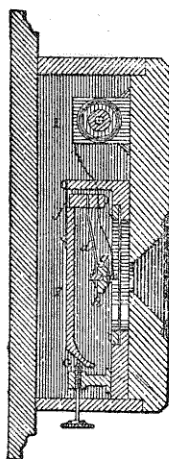


Fig. XV.

Le contact interposé entre le charbon et le diaphragme, est formé d'un grain de platine porté par un ressort analogue. La boîte de l'appareil est disposée verticalement contre le mur avec une embouchure. On voit en *I* la bobine d'induction combinée avec les récepteurs Bell, il peut être employé sur les

longues lignes télégraphiques, sans avoir à craindre les effets d'induction.

4° Téléphone de M. ADER.

Cet appareil, un des plus récents, est aussi un des plus parfaits. Il présente comme transmetteur une disposition complètement neuve, à laquelle il fa

attribuer ces excellents résultats, en particulier de supprimer les crachements qu'on rencontrait dans presque tous les autres appareils.

Le diaphragme vibrant est formé par une simple planchette de sapin (fig. XVI) d'un millimètre d'épaisseur, emboîtée dans un cadre formant pupitre, au-dessus duquel on parle à quelques centimètres de distance. Ce cadre, évidé au-dessous de la planchette, forme un petit espace vide, dans lequel peut vibrer le diaphragme, cette cavité centrale renfermant le transmetteur proprement dit. Il se compose d'un petit cadre en bois collé au centre de la planchette, dont le côté inférieur porte un morceau de charbon formant un des contacts. Le second contact est obtenu par un grain de platine ou de charbon adapté à une masse de cuivre soutenue par une lame-ressort. La bobine d'induction est soutenue dans le pied-support de l'appareil.

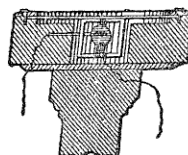


Fig. XVI.

5° Appareils divers.

Nous ne décrirons pas tous les appareils créés sur le même principe, très-nombreux d'ailleurs, et n'offrant pas de nouveauté particulière. Nous nous contenterons de mentionner les téléphones de M. le colonel Navez et de MM. Bert et d'Arsonval qui ont cherché à augmenter les effets produits dans le téléphone d'Edison en employant plusieurs disques de

charbon au lieu d'un seul, ceux de MM. Polard et Garnier, où l'on emploie comme interrupteur direct deux crayons toujours en contact avec la lame vibrante qui est elle-même dans le circuit, ceux de M. Righes, Boudet, etc.

Dans certains téléphones, on a repris le principe même du premier appareil de M. Gray, l'interrupteur étant formé par une masse liquide oscillant sous les vibrations du diaphragme entre les électrodes et par conséquent modifiant la résistance intercalée dans le circuit.

Enfin, pour obtenir des résistances encore plus grandes, on a cherché à employer les corps gazeux interposés dans le circuit, à l'aide d'une couche d'air séparant la lame vibrante d'une pointe de platine servant d'excitateur à une décharge électrique de haute tension. MM. Trouvé d'une part, et de Lalagade de l'autre, ont construit des téléphones basés sur ce principe donnant de bons résultats.

§ 3. TÉLÉPHONES FONDÉS SUR DES EFFETS DIFFÉRENTS DES PRÉCÉDENTS.

Jusqu'ici, tous les téléphones que nous avons décrits peuvent être rangés dans deux classes : le téléphone Bell à action électro-magnétique, et le téléphone à pile avec interrupteur variable interposé dans le circuit. Il existe encore quelques autres appareils remplissant le même but, et dans lesquels le principe du fonctionnement diffère des précédents. Nous allons les

passer rapidement en revue, et nous nous arrêterons en particulier sur celui de M. Edison.

Les téléphones à mercure de M. Breguet sont fondés sur un phénomène physique découvert par M. Lippmann et qui est le suivant : Si dans un circuit on introduit du mercure surmonté d'une couche d'eau acidulée, toute action mécanique qui fait varier la forme du ménisque détermine la production d'un courant dont l'intensité est liée à l'action mécanique et réciproquement. On comprend facilement qu'avec deux dispositions de ce genre intercalées dans un même circuit, et que les actions mécaniques produites sur l'une d'elles soient déterminées par les vibrations d'une plaque, la plaque correspondante reproduira les mêmes vibrations.

Nous pourrions encore citer les téléphones de M. Wiesendanger, basés sur les actions thermiques des courants de MM. Millar, Boudet, etc. Arrivons à l'appareil le plus important de cette classe, au *téléphone chimique de M. Edison*.

Le principe sur lequel il est fondé est le suivant. Si une feuille de papier ou une surface poreuse quelconque, préparée avec une solution d'hydrate de potasse, est appliquée sur une plaque métallique réunie au pôle positif d'une pile, et qu'une pointe de plomb ou de platine reliée au pôle négatif soit proménée sur le papier, le frottement qui accompagne ce mouvement, cesse dès que le courant passe, et le glissement se produit alors comme sur une glace unie. Les alternatives entre ces périodes de glissement ou de frottement peuvent déterminer des vibrations en

rapport avec les interruptions du courant qui les produisent. Voici comment M. Edison a appliqué ce principe à la construction d'un téléphone. Si l'on prend un téléphone à transmetteur à pile et à charbon et que le fil de ligne soit mis en rapport avec un ressort adapté d'une part à une lame de mica, de l'autre par une pointe de platine, avec un cylindre de chaux convenablement préparé mis en mouvement, lorsque l'on parlera dans le transmetteur, on déterminera des variations d'intensité dans le courant traversant la lame et le cylindre, il en résultera des périodes de glissement ou de frottement qui auront pour effet des mouvements d'entraînement et de recul du ressort et par suite des vibrations de la plaque de mica.

Dans ce nouveau téléphone, le transmetteur (fig. XVII) est analogue au parleur de M. Blake déjà décrit.

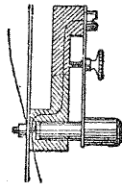


Fig. XVII.

Le diaphragme est formé d'une plaque de mica, au centre de laquelle un écrou métallique mis en communication avec un des pôles de la pile, vient dans la cavité d'une petite équerre d'ébonite, aboutissant au centre du diaphragme, contre un petit disque de cuivre fermer le premier contact.

Dans cette même cavité, on place un bout de crayon de charbon terminé par une petite masse de cuivre qui forme le second contact, et entre les deux une rondelle de charbon de noir de fumée formant l'interrupteur. Une masse métallique, suspendue par un ressort réglé par une vis à l'équerre d'ébonite, appuie sur le bout de crayon.

Le récepteur (fig. XVIII) est fixé à l'extrémité d'un bras simple adapté perpendiculairement à la boîte du transmetteur, et se trouve relié à la manivelle destinée à faire tourner le cylindre de chaux au moyen

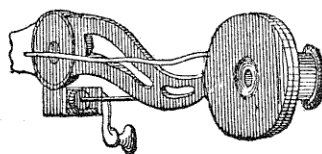


Fig. XVIII.

d'une tige d'engrenage. Ce cylindre est formé aujourd'hui de chaux solidifiée à grande pression et imprégnée d'une dissolution de phosphate de soude hydrogénée.

§ 4. INSTALLATION D'UN SERVICE TÉLÉPHONIQUE.

Les téléphones tendent à entrer de plus en plus dans les usages pratiques, et bien que leur installation soit récente en Europe, l'Amérique les emploie aujourd'hui presque autant que les télégraphes.

Avant de donner le détail d'une installation téléphonique, nous parlerons de l'appareil avertisseur qu'il est indispensable de joindre au téléphone proprement dit, afin qu'entre deux stations, on puisse tout d'abord indiquer à la personne appelée que l'on veut correspondre avec elle.

Ces avertisseurs sont de deux genres, ou constitués par une sonnerie électrique qui emploie le circuit même téléphonique à l'aide d'un commutateur, ou

Télégraphie électrique.

par une disposition spéciale faisant corps avec le téléphone même, dont le type est présenté par le téléphone Gower que nous avons décrit plus haut.

M. Ader a apporté à ces divers procédés un nouveau perfectionnement en ajoutant au signal acoustique, un signal visible persistant comme dans les sonneries électriques. Il a appliqué ce dispositif au téléphone Gower. Lorsqu'on souffle dans le cornet acoustique, la lame vibrante du récepteur par ses vibrations détermine le déclenchement d'un petit crochet auquel est suspendu un système de leviers articulés portant un voyant qui tombe devant un guichet. Quand on parle simplement dans le transmetteur, cet effet n'a pas lieu. Aussi, lorsqu'on a aperçu le signal et répondu à l'interlocuteur qu'on était prêt, il suffit de repousser le voyant qu'on enclenche de nouveau et qui reste dans cette position jusqu'à l'appel d'une autre transmission.

Pour les téléphones à pile, MM. Polard et Garnier, Breguet et Roosevelt ont également imaginé des dispositions ingénieuses pour le fonctionnement de la sonnerie avertisseur des téléphones à pile. Sans entrer dans de grands détails sur ce sujet, nous nous contenterons d'en exposer le principe. Le téléphone est monté sur un petit pupitre fixé à la muraille. Un des appareils est porté sur une petite potence de façon à se présenter naturellement à l'oreille, quand on se place devant le pupitre ; l'autre, qui sert de transmetteur, est pendu à un crochet, et on devra le prendre à la main pour le porter à la bouche et correspondre. Dans cette position d'attente, le téléphone transmet-

teur agit naturellement par le crochet sur le commutateur pour isoler l'appareil téléphonique du circuit, et y intercaler la sonnerie. On est donc prêt pour un appel qui se produira à l'autre station en appuyant sur un bouton poussoir. Une fois l'appel reçu et rendu, chaque correspondant en saisissant le téléphone, fait basculer le commutateur, isole la sonnerie, et introduit au contraire le téléphone dans le circuit.

Ceci posé, l'installation d'un service téléphonique d'un réseau un peu étendu comme dans une ville, est facile à concevoir. Il existe un poste central auquel viennent aboutir tous les fils des divers abonnés, dont chacun est désigné en particulier par un numéro d'ordre. Ces abonnés sont divisés par groupes, dans chacun desquels sont réunies les personnes correspondant le plus souvent ensemble. Un employé est affecté au poste central au service de chaque groupe. Un de ses membres veut-il correspondre avec un autre déterminé, il commence par avertir au poste central, là l'employé se met en rapport avec lui pour connaître le numéro du second abonné avec lequel on veut correspondre ; il prévient alors ce dernier, avise le premier qu'il peut parler, et les deux abonnés correspondent directement sans que l'employé placé au poste puisse rien entendre de l'échange opéré. Ce résultat s'obtient naturellement à l'aide d'un commutateur, système du commutateur suisse, placé au poste central et permettent de relier entre eux deux tronçons quelconques d'un même groupe. Lorsque les deux abonnés ont achevé leur conversation, ils envoient simultanément le signal avertisseur au poste central,

où l'employé rompt la communication qu'il avait établie, et replace les choses en l'état de repos primitif.

CHAPITRE III

Du Microphone et du Phonographe.

Le microphone n'est en réalité qu'un transmetteur téléphonique à charbon, mais construit dans des conditions spéciales, qui lui font prendre la nouvelle propriété d'amplifier les sons. D'où le nom de microphone, donné par M. Hughes au premier appareil de ce genre inventé par lui.

Bien qu'on ait cherché à faire de ces appareils un genre particulier, il est bien des circonstances où il est difficile d'établir nettement la limite entre le téléphone et le microphone, et dans quelques-uns des systèmes que nous venons de décrire, le transmetteur est déjà en réalité un microphone.

Nous ne nous arrêterons pas beaucoup sur ce genre d'appareils, dont les utilisations ressortent en réalité du sujet qui nous occupe principalement dans ce manuel. Il nous suffira d'en décrire un ou deux types pour permettre de comprendre les applications qui en ont pu être faites.

Voici l'appareil le plus simple que l'on puisse employer pour révéler les effets du microphone. Sur un prisme vertical de bois, on adapte (fig. XIX) deux petits cubes de charbon, percés de trous formant crapaudines, pour maintenir vertical un crayon en forme

de fuseau, reposant dans la crapaudine inférieure, et seulement maintenu dans la supérieure. On place ce prisme sur une table, en interposant un coussin de caoutchouc, et on le relie avec le récepteur téléphonique comme l'indique la figure XIX. Il suffit de parler faiblement devant le crayon pour que la parole soit reproduite dans le téléphone. Si on pose sur la planche-support, une montre, une boîte contenant une mouche, en un mot une source de bruit presque imperceptible pour une personne placée auprès, on l'entend très-distinctement dans le récepteur téléphonique.

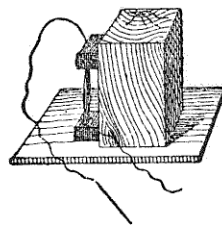


Fig. XIX.

Non-seulement le microphone a pu servir comme transmetteur, mais encore comme récepteur.

De nombreuses modifications apportées au microphone en ont fait un appareil de plus en plus précieux. L'emploi des contacts multiples a permis de construire des transmetteurs et récepteurs fonctionnant sur des lignes d'étendue considérable. On voit, comme nous le disions, qu'entre certains téléphones à charbon, tels que celui du colonel Navez, par exemple, et d'autres appareils désignés spécialement sous le nom de microphones, la distinction est difficile à établir.

Quant au *phonographe*, si nous en parlons ici, ce n'est pas précisément au point de vue de son application aux services publics qui nous occupent spécia-

lement dans ce Manuel, mais c'est que cette curieuse découverte forme le complément des précédentes, et que son histoire ne saurait en être détachée. Bien que jusqu'ici, le phonographe n'ait pas encore reçu d'application pratique, on ne peut point affirmer que cet appareil, après quelques modifications, ne soit un jour d'un usage aussi répandu que tous les autres systèmes de correspondance.

Le phonographe, dû à M. Edison, avait été précédé dès 1836 par un appareil appelé le phonautographe, dû à M. Léon Scott, et qui déjà enregistrait la parole, mais son rôle s'arrêtait là, et cette découverte ne peut en rien diminuer la valeur de celle de M. Edison, qui seul a résolu le problème de la reproduction mécanique de la parole humaine.

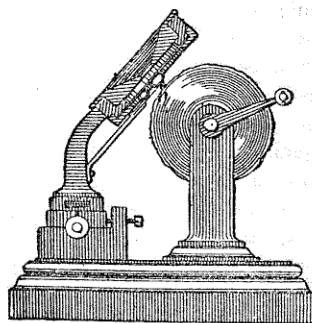


Fig. XX.

Cet appareil se compose (fig. XX) d'un cylindre enregistreur mis en mouvement à la main par une manivelle, se déplaçant en même temps transversa-

lement et présentant une rainure hélicoïdale dont le pas est exactement celui de la vis qui le fait mouvoir ; il est de plus recouvert d'une feuille métallique mince d'étain ou de cuivre un peu déprimée pour marquer exactement la trace de la rainure. Au-dessus de ce cylindre est une embouchure de téléphone en contact avec un tampon de caoutchouc, portant une pointe traçante montée sur un ressort, et qui au repos doit être au contact de la feuille métallique dans la rainure hélicoïdale.

On parle dans l'embouchure comme on le fait dans un téléphone, d'une voix un peu accentuée, en tournant la manivelle. La lame vibrante fait manœuvrer la pointe traçante, qui détermine un sillon dans la feuille métallique. Si maintenant on déroule le cylindre en sens inverse, on entend se reproduire toutes les paroles, ou sons émis primitivement, et cette reproduction peut être obtenue autant de fois qu'on le voudra. On peut même les transmettre à distance en les faisant réagir sur des téléphones Bell.

Tel est l'appareil si curieux connu aujourd'hui de tout le monde. Comme nous le disions, ses applications pratiques sont encore peu étendues : cet instrument est plutôt encore un objet curieux ; mais si l'on réfléchit qu'il date seulement de deux années, rien ne s'oppose à la supposition de le voir d'ici peu aussi répandu que le télégraphe, et rendant des services analogues.

TROISIÈME PARTIE

SIGNAUX DES CHEMINS DE FER.



Applications de la Télégraphie au service des Chemins de fer.

Correspondance. — Signaux. — Appareils divers.



La télégraphie et les chemins de fer sont deux inventions modernes qui semblent à bon droit inséparables l'une de l'autre; et en effet, bien que la première soit un peu postérieure à la seconde, on peut affirmer que celle-ci n'a pu atteindre les développements considérables qui sont acquis que lorsque le télégraphe lui est venu en aide, et aujourd'hui on ne peut vraiment imaginer comment l'exploitation des lignes ferrées pourrait se pratiquer, sans les secours de toutes espèces que lui apportent les diverses applications de l'électricité.

Il n'en est pas moins curieux de rappeler cependant que tous ces services qui nous paraissent fonctionner si naturellement ne se sont pas établis aussi facilement qu'on pourrait le croire. Tout d'abord, il y eut, parmi les ingénieurs s'occupant des questions de chemin de fer, une sorte d'engouement pour l'utilisation des divers services électriques, bientôt suivi

d'un mouvement de réaction beaucoup plus prononcé qu'on ne saurait le penser, et poussé même à l'excès chez quelques-uns. Aussi des autorités très-compétentes dans la matière n'hésitaient-elles pas un moment à condamner absolument ces nouveaux procédés, les traitant de joujoux inutiles. A quoi attribuer cette réaction ? Était-ce en effet à l'inefficacité des moyens adoptés, ou n'était-ce pas plutôt, ainsi que le disait un des ingénieurs les plus distingués qui aient étudié ces questions, M. Lartigue, à ce que l'on n'avait pas su convenablement appliquer les ressources précieuses qu'offrait l'électricité ? Cette dernière opinion paraît certainement la plus véritable, et lorsqu'on examine aujourd'hui les appareils, non-seulement ingénieux, mais encore si précieux qui ont été construits pour l'usage des chemins de fer, et basés sur l'emploi de l'électricité, on ne s'étonne nullement de la nouvelle réaction en sens inverse qui se produit en ce moment, et l'on ne peut que se féliciter de voir tant d'habiles constructeurs s'adonner et avec succès à l'étude de questions si intéressantes par leurs résultats. Est-ce à dire que l'on verra les chemins de fer complètement mis à l'abri des funestes accidents qui attristent leur exploitation, si petit qu'en soit véritablement le nombre ? Non, ce serait là une chimère, et en nous rapportant toujours à la même opinion considérable, il ne faut pas oublier que l'exploitation des chemins de fer est, comme toutes les œuvres humaines, soumise à des imperfections que rien ne saurait annuler. Les prévenir, en réduire le plus possible le nombre, tel est le seul résultat qu'il

faillie espérer, et les moyens d'une efficacité absolue en apparence présenteront toujours des imperfections.

S'il est permis aujourd'hui de considérer comme parfaitement acquise la nouvelle voie dans laquelle est entrée cette question, c'est aussi, comme le fait remarquer M. Lartigue, qu'une étude raisonnée de la question a permis d'en poser les bases, et que, grâce à des principes simples mais précis, tous les chercheurs savent dans quelles limites ils doivent renfermer les solutions des problèmes qu'ils se posent, limites que l'on pourrait définir en deux mots : *clarté et simplicité*.

Avant d'entrer dans l'exposition des divers appareils imaginés pour le service des chemins de fer, nous croyons devoir exposer brièvement et d'une façon générale les objets de ces inventions et les principes qui les régissent.

Les services que l'exploitation des chemins de fer demandent à la télégraphie électrique, ou, pour parler plus exactement, à l'électricité, peuvent être divisés en deux catégories distinctes : la première, qui comprend tous les moyens de correspondance échangée de postes à postes, ou entre les divers points d'un même train et son conducteur, s'adresse à la télégraphie proprement dite ; la seconde, beaucoup plus étendue et particulièrement intéressante, comprend tous les procédés de signaux employés sur les voies pour mettre constamment en communication les conducteurs des trains en marche avec le personnel stationnaire sur la voie, et permettre d'échanger entre

aux les indications qui doivent régler la marche de ces trains et assurer la sécurité des voyageurs. Nous comprendrons aussi, dans cette partie, des appareils de secours qui sont solidaires des signaux et en complètent le rôle.

CHAPITRE I^{er}.

Des procédés de correspondance employés dans les Chemins de fer.

§ 1. TÉLÉGRAPHES.

Nous aurons peu de choses à dire sur les procédés employés pour l'établissement de la correspondance. C'est une simple application du télégraphe. Pendant longtemps les compagnies se sont exclusivement, en France du moins, servies de l'appareil à cadran de Bréguet, auquel on ne pouvait d'ailleurs adresser qu'un seul reproche, c'est qu'il ne laisse derrière lui aucune trace des transmissions qu'il opère. Un appareil enregistreur lui serait incontestablement bien supérieur, mais tout appareil de ce genre est délicat, et comme souvent, dans les petits postes surtout, ce sont des mains plus ou moins expérimentées qui le manient, le télégraphe à cadran a toujours été le plus répandu. Toutefois les compagnies françaises emploient beaucoup aujourd'hui le Morse, quelques-unes même exclusivement et chez toutes dans les stations importantes. Le nouvel appareil de M. de Baillehache,

que nous avons décrit, et qui par suite de sa récente origine, n'est pas encore consacré en pratique, semble devoir y recevoir une large application. Il présente en effet cette qualité d'être un enregistreur, d'un maniement aussi simple que le télégraphe à cadran, et par suite susceptible d'être placé dans tous les postes.

§ 2. INTERCOMMUNICATION.

La question de la correspondance entre le chef d'un train et les diverses parties de ce train, désignée généralement sous le nom d'*intercommunication*, très-étudiée depuis quelques années, a été résolue d'une façon aussi heureuse que simple. Les résultats consignés dans les statistiques montrent combien ce système fonctionne bien, et que sur le nombre des trains où il est organisé, la proportion de ceux où il a fait défaut est si petite, qu'on peut presque dire qu'il n'y en a pas.

Le principe est d'ailleurs facile à expliquer. Imaginez dans chacun des fourgons qui forment la tête et la queue du train, et où se tiennent les deux agents qui observent sa route, une pile et une sonnerie, les pôles positifs sont reliés à la terre par l'intermédiaire des masses métalliques enchâssées dans le train, des roues et des rails; les pôles négatifs sont reliés entre eux par un conducteur continu avec l'interposition d'une sorte d'interrupteur. Si l'un des conducteurs veut avertir l'autre, il tourne le bouton de son interrupteur, ferme le circuit dépendant de sa

pile, tout en isolant sa sonnerie, mais faisant agir l'autre, qui est naturellement intercalée dans ce circuit. On peut même, à l'aide d'une série de tintements déterminés, établir un échange de signaux conventionnels.

Ce système ne sert pas seulement à faire correspondre les deux conducteurs du train, il peut encore permettre aux voyageurs d'avertir ceux-ci qu'il y a urgence à arrêter le train. A cet effet chaque wagon est muni d'un commutateur relié au moyen de deux fils, d'une part à la terre, de l'autre à la ligne générale, établie entre les fourgons extrêmes. Il est évident qu'en tournant cet interrupteur, on pourra fermer le circuit et déterminer la marche des sonneries dans les fourgons. Ce résultat, qui peut s'obtenir de diverses façons, est généralement produit en appuyant sur un bouton, ou en tirant un anneau qui détermine le mouvement du commutateur formé d'un petit voyant extérieur au wagon, et qui se plaçant alors perpendiculairement à l'axe du train, indique en même temps le wagon d'où provient le signal, et comme les voyageurs ne peuvent l'effacer eux-mêmes, il y a là une certitude de contrôle, en particulier contre les abus qui pourraient en être faits.

Il est évident que ce système ne fonctionnera qu'autant que le conducteur ne sera pas rompu, et en particulier que l'attelage du train restera continu. Une disposition additionnelle permet aux conducteurs d'être automatiquement avertis si un pareil accident venait à se produire. En plus des crochets ordinaires d'attelage reliant les wagons, on a établi un double

système de câbles conducteurs fixés d'un wagon à l'autre, et formant un circuit interrompu par le mode même d'attache des câbles. Dans chaque partie formant liaison, une des extrémités est fixée à un wagon, l'autre vient se placer dans un crochet à ressort forcément ouvert tant que l'attelage est dans les conditions ordinaires ; les points d'attache sont croisés inversement sur deux wagons consécutifs.

En temps normal, ce circuit est ouvert, mais si une rupture vient à se produire, le train se séparant en deux tronçons, en ce point les câbles dont nous venons de parler sont arrachés des crochets supports, ceux-ci ne trouvant plus d'obstacles se referment, et par cela même ferment le circuit dans chacun des tronçons du train, de sorte que les deux conducteurs de tête et de queue sont prévenus à la fois.

Le système d'intercommunication, dû à M. Prud'homme, tel que nous venons de l'exposer brièvement, bien que critiqué et même presque bafoué lors de son apparition, n'en rend pas moins de réels services et a pris un développement considérable. Presque toutes les compagnies de chemin de fer en font usage.

Bien d'autres systèmes ont été proposés, ayant tous pour but non-seulement d'établir un mode de communication entre les diverses parties d'un train entre elles, mais encore, entre un train en marche et les stations qui le comprennent. Jusqu'ici aucune d'elles n'a reçu d'application, un des principaux obstacles qui s'y opposent a été la question de dépense, sans même parler des incertitudes dans le fonctionnement. Toutefois cette question ne saurait être dédaignée,

elle est très-digne d'occuper les inventeurs, car elle semble théoriquement au moins résoudre d'une façon complète et à elle seule tous les problèmes que l'on s'est proposés.

M. de Baillehache a proposé un procédé qui nous semble faire faire un certain pas à la question, surtout en ce que son application ne nous paraît pas devoir entraîner à des dépenses impossibles, comme quelques autres systèmes imaginés. Il consiste à disposer, à l'aide des poteaux télégraphiques qui suivent la voie, et de potences montées sur ces plateaux, un conducteur spécial plus rapproché des trains, et relié à ceux-ci par un système de frottoirs portés par les wagons, de sorte que le train en marche se trouverait toujours intercalé dans le circuit, et pourrait par conséquent recevoir et expédier des dépêches. Nous n'entrerons pas dans la description détaillée de ce système que la pratique n'a pas encore consacré, nous nous contentons d'en énoncer le principe, et de constater qu'il y a là un nouveau pas de fait vers la solution de cette importante question qui, nous n'en doutons pas, sera réalisée un jour comme tant d'autres qui avaient paru si longtemps insolubles.

§ 3. PROCÉDÉS DE CORRESPONDANCE AUTRES QUE LE TÉLÉGRAPHE.

Les services multiples que l'on rencontre dans l'exploitation des chemins de fer créent très-souvent le besoin de correspondre entre deux points, pour des questions déterminées de détail, et dans ce cas, le

télégraphe, tout en pouvant nécessairement résoudre la question, formait cependant un appareil coûteux, trop complexe, et surtout trop difficile à manier pour les mains inexpérimentées, qui auraient eu à en faire usage dans ce cas.

On a donc cherché à le remplacer par des appareils plus simples, ne donnant que des signaux déterminés, en nombre et en signification, de façon que la manipulation puisse en être opérée par tous les employés du service. L'importance de ces appareils sera encore plus sensible, lorsque l'on aura vu dans le chapitre suivant, les nouveaux systèmes adoptés pour l'établissement des signaux le long de la voie. Tous ces nouveaux appareils étant solidaires les uns des autres, il était utile que les employés chargés de ces manœuvres, puissent correspondre facilement à l'aide d'un appareil d'un rôle plus limité que le télégraphe, il est vrai, mais aussi d'une manipulation plus simple.

Nous allons décrire quelques-uns des systèmes adoptés. Cette étude a été faite d'une façon très-complète par MM. Coosmann et Sartiaux, inspecteurs de l'exploitation au chemin de fer du Nord, dans un mémoire inséré dans la Revue générale des Chemins de fer, et auquel nous aurons souvent recours dans ce qui va suivre.

1° Appareil indicateur à cadran de M. BREGUET.

Le télégraphe à cadran se prêtait tout naturellement à une modification permettant d'obtenir le ré-

sultat désiré, et M. Breguet l'a réalisé. Il suffisait de transformer les lettres sur les cadrans du manipulateur et du récepteur, en autant de signaux de caractères déterminés, exprimés par une phrase tracée sur un petit cartouche, inséré sur la périphérie de l'appareil. La manipulation est exactement la même que dans le télégraphe. On déplace la manette du cran de repos, pour la porter dans celui qui correspond au cartouche indiquant la communication à transmettre, puis on revient au cran de repos. Quelques modifications dans le mécanisme ont permis de simplifier un peu l'appareil, toutefois, il est encore très-coûteux et d'une manipulation un peu délicate et lente.

2° *Appareil WALKER.*

Cet appareil présente déjà quelques avantages sur le précédent. Il se compose comme lui d'un transmetteur et d'un récepteur. Le premier est formé d'une boîte à cadran sur laquelle sont disposés un certain nombre de cartouches contenant les signaux, et d'autant de leviers à poignée sortant de la boîte suivant les rayons qui portent les cartouches ; le second comprend un cadran répétant les mêmes cartouches avec une aiguille qui se déplace sur eux.

Le transmetteur contient un mouvement d'horlogerie qui tend à marcher d'une façon continue, et dans ce mouvement, une roue à buttoir détermine la poussée d'un ressort sur un contact et par suite une émission de courant pour l'avancement sur chacun des cartouches. Le courant arrivé dans le récepteur

passé dans un électro-aimant dont l'armature commande l'échappement à ancre et l'aiguille indicatrice. Les leviers du manipulateur servent précisément à enraayer le mouvement d'horlogerie, de façon que le rouage s'arrête quand le buttoir fermant le courant est précisément celui qui correspond au signal employé. La manœuvre consiste donc à lever celui des leviers qui correspond à la phrase à employer et à abaisser celui en face de laquelle l'aiguille est au repos.

Cet appareil, quoique plus simple, moins coûteux, d'un usage plus commode que le précédent, participe cependant à peu près des mêmes inconvénients. Il a en particulier celui de ne présenter jamais une position neutre, ce qui peut avoir certains inconvénients, car le dernier signal persistant toujours jusqu'à un nouvel avertissement, le stationnaire peut au bout de quelque temps par distraction commettre une erreur.

3° Appareil LEDUC des chemins de l'Etat belge.

Cet appareil très-simple, et qui offre une certaine analogie avec un appareil construit par M. Debayeux pour les services des voyageurs dans les grands hôtels, se compose d'un manipulateur formé d'une clef Morse ordinaire, et d'un récepteur composé d'un cadran vertical contenant dans des cartouches rectangulaires les indications qu'on veut transmettre. Ce cadran se meut devant un volet et est fixé à une crémaillère qui tend à le faire descendre devant ce volet.

Cette crémaillère est maintenue par un système de taquets reliés à l'armature d'un électro-aimant. On comprend, sans qu'il soit nécessaire de donner d'autres explications, que les mouvements de l'armature aient pour conséquence de dégager les taquets et de laisser descendre la crémaillère d'un cran, pour chaque émission de courant envoyée avec la clef Morse. Quand la crémaillère est descendue à fond, on la ramène mécaniquement à son point de départ.

Ce système offre pour lui l'avantage d'une simplicité de mécanisme assez grande, mais en retour il a le grand inconvénient de n'offrir aucun contrôle, car les manœuvres ne peuvent être distinguées qu'en comptant le nombre des courants émis avec la clef Morse, ce qui est fort imparfait. M. Leduc a corrigé ce défaut, mais par une complication du transmetteur, transformé en transmetteur à cadran.

Nous disions que cet appareil présentait une certaine analogie avec celui que M. Debayeux a disposé pour le service des hôtels, dont nous donnons la description dans cette étude, et qui nous semble pouvoir avantageusement remplacer celui-ci.

4° Appareil d'ARLINCOURT, modifié par M. GUGGEMOS, employé sur le chemin de fer du Nord.

Cet appareil est une heureuse modification du télégraphe imprimeur d'Arincourt où le rouage d'horlogerie a été remplacé par un simple barillet, la partie imprimante a été supprimée et qui offre l'avantage de renfermer le manipulateur et le récepteur dans

un même appareil, d'une manœuvre simple et relativement rapide.

Il est renfermé dans une boîte dont le cadran en forme de plan incliné est divisé en un certain nombre de secteurs comprenant chacun deux cases, une circulaire qui contient les indications reçues, l'autre oblongue contenant celles que l'on transmet, et séparées par un bouton de manœuvre. Une aiguille se déplace sur le cadran en regard des cases.

Deux appareils placés dans deux postes correspondants ne diffèrent donc l'un de l'autre qu'en ce que les indications des cases circulaires de l'un sont inscrites sur les cases ovales de l'autre.

Lorsqu'un employé appuie sur l'un des boutons de son appareil, l'aiguille en ce poste, ainsi qu'au poste correspondant, se déplace et toutes deux viennent s'arrêter vis-à-vis du secteur de ce bouton. L'autre agent accuse réception en appuyant sur le même bouton, les deux aiguilles font un tour complet du cadran et reviennent toutes deux s'arrêter au même secteur. Il n'y a plus alors qu'à ramener dans chaque poste l'aiguille à la croix.

La figure 98, pl. III, montre l'appareil dont le cadran supérieur a été en partie arraché pour laisser voir les organes intérieurs ; il se compose d'un clavier MN, d'un électro-aimant B, d'un mouvement d'horlogerie Q, d'un échappement S et d'un interrupteur FG.

Trois bornes servent à établir les communications à la terre, au pôle de la pile, et à la ligne aérienne.

Le clavier MN est formé de deux parties M et N, cette dernière isolée de l'appareil et en rapport nor-

mal avec le fil de pile. Quand on appuie sur un bouton, on agit sur l'interrupteur FG pour en supprimer l'action, la touche du clavier en contact avec le cercle N produit la fermeture du circuit. Le courant se bifurque passant en partie dans les bobines de l'appareil et la terre, en partie dans la ligne et par suite dans l'appareil du poste voisin.

Les deux aiguilles se mettent en même temps en mouvement, et si l'on a soin de supprimer l'action sur le bouton au moment où elle vient se placer en face de lui, elles donneront la même indication de part et d'autre.

Un bouton K placé à la partie supérieure de la caisse permet de ramener l'aiguille à la croix, quelle que soit la position de l'aiguille sur le cadran, et cela en envoyant un courant dans l'appareil qui transmet, tout en isolant la ligne, c'est-à-dire sans modifier la position de l'aiguille du poste correspondant. Cette disposition permet de rétablir la simultanéité de marche, au cas de discordance dans les appareils.

5^e Appareil à tableaux et guichets de la compagnie du Nord, construits par M. MORS.

Ce système adopté par la compagnie du Nord, et qui est une application des appareils à guichets du service domestique, offre des facilités très-grandes au point de vue de la simplicité et de la rapidité des manœuvres. Le seul inconvénient, c'est de nécessiter plusieurs fils, mais avec l'emploi des câbles de nouveaux modèles, cela n'a que peu d'importance.

L'appareil se compose d'un cadre en chêne, renfermant autant de boutons d'appel qu'il y a de correspondances à échanger avec un poste déterminé. Des guichets circulaires de 6 centimètres de diamètre, placés au-dessus de chaque bouton, servent à rendre visibles des voyants qui, effacés en temps ordinaire, laissent voir des cartouches où les phrases à échanger sont imprimées. Les mêmes phrases sont répétées sur un petit écriteau entre le bouton et le guichet.

Ces correspondances sont disposées sur deux rangées. Celle du bas se rapporte aux indications spéciales, celle du haut ne renferme que deux signaux :

Erreur, je répète, et attendez.

La figure 99 montre le mécanisme intérieur de l'appareil. Chaque voyant est suspendu à une tige en fer doux qui oscille comme un pendule entre les deux pôles d'un petit électro-aimant de Hugues. Un fil conducteur traversé par un courant permanent relie les deux postes, et ce courant passe dans les électro-aimants à l'aide d'un ressort qui établit le contact permanent du fil de ligne avec le fil de chaque électro-aimant. D'autre part, les bobines sont disposées de manière que le passage d'un courant de même sens a pour effet d'augmenter l'aimantation d'un des pôles et de diminuer celle de l'autre. Quand un employé touche un bouton dans un poste, il fait tinter une sonnerie, isole le fil de l'électro-aimant du voyant correspondant, modifie l'action magnétique des pôles et détermine le mouvement dans un sens de l'armature; la même opération dans l'autre poste produit dans ces actions la manœuvre inverse, et par suite le

mouvement inverse de l'armature à laquelle est relié le voyant.

C'est par une disposition analogue qu'un seul conducteur spécial permet de faire agir la sonnerie en même temps que chacun des voyants. Les ressorts de contact en communication, à chaque guichet, avec la sonnerie et la ligne sont réunis par une petite plaque d'ébonite au centre de laquelle appuie le bouton.

Cet appareil offre, au point de vue de la manipulation, la plus grande simplicité désirable, et de plus il est un des moins coûteux comme installation. La compagnie l'établit toutes les fois que la distance entre les postes ne dépasse pas 500 mètres.

Il a reçu une modification particulière pour relier les postes d'aiguilleur commandant les voies d'entrée et de sortie d'une grande gare avec le quai d'arrivée et de départ, afin qu'on puisse connaître dans cette gare l'état des voies qu'elle commande. L'aiguilleur fait apparaître un voyant sur lequel est inscrit cette phrase : *Voie n° occupée*, et ce signal reste apparent aussi longtemps que cette voie n'est pas dégagée, et il ne peut être effacé que par l'agent qui l'a fait apparaître.

Dans ce cas le tableau de l'agent placé aux aiguilles porte un guichet et un bouton ; le tableau de la gare n'a qu'un guichet, et c'est au premier poste, par la manœuvre du bouton, soit par l'emploi de deux fils, ou de courants de sens alternatifs et un seul fil, que l'on opère les deux manœuvres du voyant.

6° *Avertisseurs électriques de M. JOUSSELIN, adoptés
par la compagnie de Lyon.*

Ces appareils comportent un transmetteur et un récepteur.

Le transmetteur représenté dans la figure 101 qui en montre le mécanisme intérieur, se compose d'une boîte méplate portant un guichet devant lequel viennent apparaître des numéros marqués sur un plateau circulaire monté sur l'axe de la roue N, et que nous n'avons pas indiqué sur la figure. Cet arbre se meut sous l'action d'un ressort d'horlogerie, et porte une roue à rochet N munie d'autant de dents qu'il y a de numéros sur le cadran, soit 13. Le cliquet P qui commande la roue à rochet est porté par une manette L qui agit à la fois comme commutateur électrique et mécanique. Chaque mouvement de la manette fait avancer la roue d'une dent en même temps qu'il lance le courant dans le récepteur. La manette agit de plus pour bander le ressort d'horlogerie à chaque avancement d'une dent. Pour ramener à la croix, il suffit d'appuyer sur le levier S, qui déplace le cliquet Z et permet au ressort d'entraîner le cadran en sens contraire de sa marche normale, et de le ramener à la croix.

Le récepteur (fig. 100) présente l'aspect d'une boîte à cadran ordinaire, avec une aiguille se déplaçant en regard de numéros correspondants à ceux du transmetteur, et portant en regard de chaque numéro un cartouche où est imprimé l'indication correspondante. Une partie de ce cadran a été arrachée sur la figure, afin de montrer le mécanisme. Il contient un électro-

aimant E qui, à chaque émission, attire la palette K, sollicitée à revenir à sa position primitive par un ressort antagoniste. Cette palette, dans ses mouvements, rend la liberté à un doigt de déclenchement N qui, sollicité par un rouage d'horlogerie, fait un tour complet entraînant la came L qui, à son tour, actionne le levier C d'un marteau frappant sur un timbre placé derrière la boîte. Ce levier est ramené à sa position normale par un ressort O. La came, par un pignon calé sur son arbre, fait déplacer la roue R centrée sur l'axe de l'aiguille de $1/13$ de tour pendant qu'elle en exécute un entier. En ramenant l'aiguille à la croix, on remonte le ressort d'horlogerie. On voit que, lorsque l'on aura agi quatre fois par exemple, sur la manette du transmetteur, l'aiguille du cadran aura avancé de quatre divisions, et l'appareil aura frappé quatre coups de timbre.

Ce mécanisme assez simple n'est pas trop coûteux, il est un peu lent comme manœuvres, et il ne présente pas toutes les garanties de contrôle désirables. L'une d'elles, consistant dans l'omission au guichet du transmetteur de la signification écrite du numéro employé, pourrait, il est vrai, être facilement corrigée, mais il faut encore que le récepteur soit remis à la croix à la main ; cette condition peut être omise, d'où des erreurs considérables.

7° Signaux à cloches.

On peut encore classer, parmi les procédés de correspondance que nous étudions, les signaux à cloches

appelés quelquefois aussi *Léopolders*, dont nous nous occuperons en détail dans le chapitre suivant. Contentons-nous de dire pour le moment que ces appareils permettent, à l'aide de fermetures et ouvertures successives d'un circuit en un point donné, de produire un certain nombre de coups de cloches en un autre point déterminé. On comprend aisément qu'en variant le timbre des cloches, et combinant les coups frappés d'une certaine façon déterminée, on puisse établir un alphabet conventionnel, toujours restreint, il est vrai, à un très-petit nombre de signaux.

8° *Emploi du téléphone sur les lignes de chemin de fer.*

Les compagnies de chemin de fer ont fait un certain nombre d'applications du téléphone au service de correspondance. Ce procédé serait d'ailleurs destiné à rendre de grands services, si on n'avait à lui faire un grave reproche, celui de ne comporter avec lui aucun contrôle, condition qu'on doit toujours s'efforcer de remplir, si on veut approprier convenablement un système de signaux au service d'un chemin de fer, en tenant surtout compte du personnel appelé à en faire usage. Aussi son emploi jusqu'à présent n'a-t-il eu lieu que dans les services auxiliaires, et principalement aux communications administratives.

Nous n'avons pas ici à décrire les appareils employés, n'offrant d'ailleurs aucune particularité spéciale, et leur étude en étant faite dans une autre partie de ce travail. Nous nous contenterons d

mentionner ceux que les compagnies ont adoptés de préférence, et qui sont le téléphone Gower, le microphone Blacke et Crossley.

CHAPITRE II.

Des Signaux et Appareils de sécurité.

§ 1. DES PRINCIPES QUI RÉGISSENT LES SIGNAUX SUR LA VOIE.

Il n'est pas besoin d'insister beaucoup sur l'importance considérable que présente cette question, et l'on comprend aisément combien elle a dû exercer la sagacité des ingénieurs. Quand on réfléchit à la multitude des trains qui circulent sur une ligne, aux points si nombreux de bifurcation, aux exigences si multiples d'un semblable service pour prévenir toutes les rencontres, collisions, etc., on voit sans peine qu'il y avait là une question à résoudre pleine de difficultés inextricables. La complication présentée par ces difficultés a été certainement la cause qui a retardé pendant longtemps la solution du problème, jusqu'au jour où on a su dégager la question de tous les détails encombrants, et qu'on l'a ramenée à sa plus simple expression.

Si l'on considère en effet la nature du personnel qui est le plus souvent chargé de la manipulation des signaux, et si, d'autre part, on réfléchit aux occupations si variées et si pénibles des mécaniciens sur un

train en marche, on comprend que ces signaux doivent remplir des conditions déterminées pour offrir des chances de bon fonctionnement. Ces conditions ont été parfaitement définies par deux ingénieurs anglais, et peuvent se résumer ainsi :

Tous les signaux des lignes de chemin de fer doivent être d'une forme et d'un emploi aussi simple que possible ; ils ne doivent pas être susceptibles de dérangements, être toujours peu nombreux, faciles à apercevoir et surtout à comprendre, d'une signification unique et ne laissant aucune possibilité d'interprétation variée. Ils doivent pouvoir se résumer en trois mots : *arrêtez*, *marchez*, *ralentissez*. Ils doivent être permanents, car un mécanicien serait dans l'impossibilité la plupart du temps ou de voir, ou de comprendre des signaux fugaces. Enfin, et c'est là un des points les plus importants, tout dérangement dans l'appareil doit toujours avoir pour conséquence de déterminer le ralentissement ou l'arrêt des trains, afin que ceux-ci ne continuent leur route sur un parcours non éclairé qu'après constatation de l'état des choses.

Pendant bien longtemps, le seul système de signaux employé sur les lignes ferrées consistait dans ces disques que tout le monde a remarqués le long de la voie, qui, suivant leur position parallèle ou perpendiculaire à cette voie, indiquaient aux trains en marche qu'ils pouvaient ou non franchir ce point. Mais ces signaux ne réalisaient que bien peu des conditions que nous venons d'énoncer. Point de solidarité entre eux, indication légère pour le mécanicien, aucun contrôle, etc.

Le nouveau système généralement adopté aujourd'hui par toutes les compagnies, tant en France qu'à l'étranger, déjà appliqué sur de grandes parties de réseau, et en cours d'exécution sur les autres, tout en étant basé sur l'emploi du disque, est, ainsi qu'on va le voir, bien supérieur à l'ancien. Nous allons en décrire le principe, qui lui-même reçoit dans certains cas un nouveau perfectionnement par l'emploi de dispositions accessoires, ayant principalement pour but de doubler les signaux optiques, de signaux acoustiques ou d'appareils automatiques, de façon à agir doublement sur l'attention du mécanicien, et enfin d'établir le fonctionnement des appareils de sûreté placés sur les trains, en dehors de la propre action du conducteur.

Ce système est désigné sous le nom de *Block system*. Il consiste à diviser la ligne en un certain nombre de sections d'une longueur variable suivant l'importance du trafic, en raison du nombre et de la vitesse relative des trains qui y circulent, une section étant d'autant plus courte qu'il y passe plus de trains avec des vitesses plus grandes. Chaque extrémité de section est pourvue d'un poste muni d'appareils dont le but est d'indiquer d'une manière permanente et visible la présence d'un train sur cette section, afin qu'aucun autre train ne s'engage sur la même voie entre deux postes.

Bien que les divers appareils imaginés pour remplir ce but soient un peu différents les uns des autres, on peut cependant facilement expliquer leur jeu d'une façon générale. Considérons deux stations suc-

cessives, comprenant par conséquent trois postes, deux extrêmes et un intermédiaire, et supposons qu'un train passe devant le premier poste, la voie étant libre. Aussitôt ce premier poste avertit le suivant qu'un train marche vers lui, et en même temps met chez lui le disque à l'arrêt pour empêcher, jusqu'à nouvel ordre, tout autre train qui se présenterait devant lui de s'engager sur la section où circule le premier train. Quand ce train passe devant le poste intermédiaire, celui-ci prévient le dernier poste comme le premier l'avait fait à son égard, et avertit en outre ce premier poste que le train annoncé a franchi le point-milieu, que par suite la section comprise entre eux deux est libre et qu'on peut y laisser engager un autre train.

Mais ce procédé déjà excellent en lui-même ne remplissait cependant pas encore toutes les conditions désirables. En effet, appliqué tel que nous venons de le supposer, il laissait encore une trop grande part aux erreurs, aux oublis, en un mot à toutes les imperfections des surveillants placés à ces postes. On devait se proposer de trouver un moyen de correspondance continu entre ces surveillants pour qu'ils puissent toujours connaître la situation de la voie en avant et en arrière d'eux, et surtout faire en sorte que lorsqu'un disque d'arrêt couvre une section, ce signal ne puisse être effacé que si la section qu'il bloque est devenue réellement libre.

Ces divers perfectionnements, qui rendent ces systèmes aussi parfaits que possible, ont été obtenus en établissant électriquement une solidarité entre ces

divers postes, grâce à laquelle les signaux faits par l'un se reproduisent automatiquement sous la vue des surveillants des deux postes embrassant le premier, et enfin, et c'est là le point capital, par cette solidarité. Quand un poste, au passage du train, bloque la section par son disque d'arrêt, ce n'est plus ce même poste qui a la faculté d'abaisser son signal. L'appareil est verrouillé ou, pour employer le terme consacré, *enclenché*; aucune force humaine ne peut ramener l'appareil à son état primitif sans le briser. Ce renversement de signal ne pourra se produire que lorsque le poste extrême de la section avertira la tête que le train qui circulait entre eux a franchi l'extrémité.

En résumé, avec le *Block system* perfectionné par l'emploi des appareils à signaux enclenchés, un train ne peut s'engager sur une section que si le poste extrême de cette section a bien dûment indiqué qu'il n'y a plus de train circulant sur elle. Il est vrai qu'il reste encore, comme cas défavorable, celui où le mécanicien ne voit pas le signal d'arrêt. Nous aurons lieu de décrire par quels procédés on a cherché à parer à cette défectuosité.

Tel est aujourd'hui le principe suivant lequel la circulation des trains est régie. Cette simple exposition en fait ressortir tous les avantages, et en particulier ceux qu'il présente sur l'ancien système, qui consistait simplement à espacer convenablement les départs successifs de plusieurs trains sur la même voie. Nous avons dit : en résumé, avec le *Block system* perfectionné; c'est qu'en effet, au début, le *Block*

system fut employé avec des appareils indicateurs de simple communication, ce qui déjà était un premier pas dans la question ; mais en réalité la solution ne date réellement que du principe de la solidarité des appareils entre eux. Cette solidarité a été ajoutée depuis dans les premiers appareils, de façon à leur faire remplir le même but que de plus récents qui avaient indiqué cette voie nouvelle.

Notre but, dans cette étude, étant surtout d'exposer les applications de l'électricité au service de l'exploitation des voies, nous ne pouvons entrer dans l'examen détaillé de tous les appareils inventés pour cet usage. Un grand nombre d'entre eux sont toutefois purement mécaniques, et leur description nous entraînerait en dehors du cadre de notre travail. Toutefois nous croyons utile de donner encore le principe de quelques appareils, réalisés avec ou sans le concours de l'électricité, et qui, joints aux précédents, forment véritablement le système général de protection des voies en circulation. Il sera, croyons-nous, facile ainsi de saisir l'ensemble du procédé, et on pourra plus aisément suivre les descriptions particulières qui vont suivre.

Tel que nous venons de l'exposer, le Block system a évidemment pour but de protéger autant qu'il est possible, les uns par rapport aux autres, les divers trains qui circulent sur une voie, soit dans le même sens, soit en sens contraire. Considérons maintenant le problème beaucoup plus complexe d'une portion de réseau, dont la partie intermédiaire forme un noyau de croisements de voies différentes venant

d'avant et d'arrière. Il est certain, dans une mesure, qu'on pourrait encore, avec le principe précédent, répondre parfaitement à tous les besoins du service, car le poste du centre peut être formé par la réunion d'un certain nombre de postes individuels reliés chacun d'eux avec les deux d'avant et d'arrière d'une des voies considérées. Mais il est évident qu'il y aura toutefois au poste du centre une complication considérable dans les manœuvres à exécuter. En effet, ces diverses directions qui en émergent ne possèdent pas toutes en ce point une voie propre; généralement elles se raccordent toutes avec un nombre de voies moindre, et cela par les aiguilles. Le poste du centre aura donc non-seulement à surveiller les appareils du Block system, mais encore le maniement des diverses aiguilles, afin que leur manœuvre soit en concordance avec les indications du système précédent. De là des causes d'erreur qui sont malheureusement les origines les plus fréquentes des accidents de chemin de fer.

On s'est donc proposé d'appliquer pour ce second cas un ensemble de liaisons analogues aux précédentes, en un mot de faire rentrer ce service des aiguilles dans celui du Block system, de façon à ce que ce maniement soit commandé indépendamment de la volonté de l'aiguilleur, et que tout l'ensemble soit unifié.

Ce résultat a été obtenu à l'aide des *enclenchements* réalisant entre les signaux et les aiguilles une dépendance qui les rend solidaires les uns des autres. L'honneur de l'application de cette idée revient en réalité

à un Français, M. l'ingénieur Vignier. Elle a reçu de nombreux perfectionnements, notamment en Angleterre par MM. Saxby et Farmer, qui ont créé un type d'appareils très-répandu aujourd'hui sur les diverses lignes du monde entier, et dont nous donnerons une description plus loin, permettant de se rendre compte, par comparaison, du fonctionnement de tous les systèmes divers employés.

Tel est l'ensemble des dispositions adoptées pour donner au service de la voie le plus de sécurité possible, condition rendue tous les jours de plus en plus nécessaire, avec l'extension considérable que présente le trafic et qui ne doit naturellement qu'augmenter sans cesse.

§ 2. APPAREILS A RÔLE SIMPLE.

1° *Disque d'arrêt ordinaire.*

Ce signal, d'usage très-ancien, et pendant longtemps seul employé, est bien connu de tout le monde. Nous en rappellerons le principe qui d'ailleurs a servi de point de départ aux appareils perfectionnés établis depuis.

Le disque d'arrêt qui se compose d'une plaque de métal d'environ 0^m.70 de diamètre, montée sur une tige verticale, a l'une de ses faces peinte en rouge; il peut à volonté être placé parallèlement ou perpendiculairement à la voie près de laquelle il est posé, afin d'indiquer au mécanicien si la voie est libre, ou non; auquel cas le mécanicien doit aussitôt qu'il voit le disque fermé, siffler aux freins et arrêter le train.

Ces appareils sont placés à une distance variant de 500 à 800 mètres du point qu'ils doivent protéger, croisement, gare, etc. On les manœuvre, soit de près, soit à distance, au moyen d'un levier agissant sur un fil passant deux fois sur une poulie à gorge fixée à l'axe de l'appareil, et supportant un contre-poids qui en détermine la tension et assure son fonctionnement. Pour qu'un semblable appareil offrit toutes les chances de sécurité qu'il devait remplir, il était indispensable que l'on pût contrôler sa marche au point quelquefois éloigné où se trouve le levier de manœuvre. C'est ici qu'intervient le rôle du télégraphe. On établit un circuit spécial entre le point de manœuvre et le disque au moyen d'une pile, le fil allant de l'un à l'autre, et complété par la terre. Le circuit formé par le fil est lui-même interrompu dans le disque, et lorsque celui-ci est fermé, il vient, par un arrêt, toucher une pièce métallique fixe placée sur le poteau de soutien et ferme le circuit. Le courant passe et fait marcher une sonnerie trembleur placée au point de manœuvre du levier.

Ainsi donc, quand le disque est fermé, la sonnerie marche d'une façon continue, et lorsque, dans la manœuvre du levier, on ne produit pas la mise en train de cette sonnerie, on est averti d'un dérangement dans l'appareil, soit au disque lui-même, soit dans la pile ou le fil conducteur, accident auquel on doit aussitôt porter remède. Pendant la nuit, une lanterne pendue au disque envoie ses rayons au travers d'une lentille rouge dans la direction des trains quand on ferme le disque. Enfin, pour parer aux temps de

brouillard, où le mécanicien peut ne pas distinguer le feu, lorsqu'on ferme le disque, un petit levier horizontal vient s'avancer au-dessus des rails; il porte un pétard fulminant qui, en éclatant sous le passage de la locomotive, avertit le mécanicien qu'il doit arrêter la marche du train. Tel est le principe de cet appareil, dont la disposition a reçu des modifications diverses peu importantes. Quelquefois, le fil qui transmet le mouvement du levier forme un lien continu passant sur la poulie du disque, et ce levier tourne sur une borne en bois entre deux points de repère marqués ouvert et fermé; on supprime alors le contre-poids qui tendait ce fil. Mais cette disposition et plusieurs autres analogues du même genre ne modifient pas le principe, aussi ne nous y arrêterons-nous pas davantage.

*Disposition destinée à indiquer l'état d'éclairage
de la lanterne.*

Il restait dans cet engin une cause d'imperfection. Il peut arriver en effet la nuit que la lanterne s'éteigne et l'appareil est par cela même sans efficacité. On a cherché à porter remède à cette imperfection par plusieurs dispositions. On fait traverser au courant une tige de platine placée au-dessus de la flamme, et qui vient toucher quand elle s'allonge par l'effet de la dilatation un contact placé en regard. Si la lampe vient à s'éteindre, la tige se raccourcit, et le contact cesse; aussi la sonnerie ne fonctionne pas, lors même que le disque est fermé, et on en est aussitôt

prévenu. La Compagnie du chemin de fer de Lyon a adopté pour ce cas une autre disposition un peu différente, mais donnant le même résultat. La lampe porte une plaque de bois armée d'un coin métallique qui s'engage dans une pince fixe sur le disque, ces deux pièces servent à porter les fils d'un circuit analogue à celui du disque, les deux parties en jonction avec la pièce adhérente à la lampe viennent aboutir dans un collier enveloppant une éprouvette de verre qui se raccorde latéralement sur la cheminée de la lampe. Cette éprouvette contient une pince en métal dont les branches forment la suite du circuit. Tant que la lampe est allumée, l'air chaud qui circule dans l'éprouvette fait dilater les branches de la pince qui ne sont plus en contact et par suite le circuit est ouvert. Si la lampe vient à s'éteindre, les pièces se refroidissent, se rapprochent, viennent en contact, et le circuit se ferme, par suite la sonnerie d'alarme avertit au poste voisin de l'extinction de la lampe. Ce système nous semble préférable au précédent; l'appareil avertisseur peut toujours être indépendant de la lampe, quand il faut manipuler celle-ci et doit donner un meilleur fonctionnement, étant sujet à moins de causes de dérangement.

La Compagnie de Lyon a apporté un perfectionnement dans l'emploi des disques, en vue surtout des signaux de nuit. En avant du disque et à une distance telle que l'on ne pourrait faire manœuvrer un semblable appareil, ou bien dans les cas de courbes telles que l'on soit obligé de diminuer sensiblement la distance entre la station et le disque pour en assurer

la manœuvre, se trouve une lanterne isolée sur un poteau, et toujours tournée du côté de l'arrivée des trains. Sous cette lanterne se trouve une petite bobine d'induction système Gaiffe, dans laquelle passe le courant qui sert à indiquer la fermeture ou l'ouverture du disque.

Il en résulte que lorsque le disque est fermé, une série continue d'étincelles se produit dans le verre rouge de la lampe, avertissant une première fois le mécanicien. Si le disque est ouvert, cette lueur n'existe pas. En tous cas, la présence de cette lanterne visible au-dessous d'un disque spécial (en général vert) indique au mécanicien qu'il doit ralentir, jusqu'à la rencontre du disque ordinaire qui lui apprend si la voie est libre ou non. On comprend que ce second disque étant toujours fermé, son éclairage n'est important que de nuit, afin d'en révéler la présence.

Service des pétards pour les disques,
par M. GRENIER.

Un constructeur, M. Grenier, a proposé au sujet des pétards un perfectionnement qui, croyons-nous, peut rendre des services. Dans les conditions ordinaires, le petit levier porte-pétard ne reçoit qu'une seule amorce, et évidemment, le fonctionnement de l'appareil demande une grande surveillance, puisqu'il faudrait en quelque sorte après chaque passage de train, aller examiner si l'amorce n'a pas été écrasée par le mécanicien qui, tout en s'arrêtant au signal d'arrêt, a pu laisser la locomotive avancer jusqu'en

ce point. Or, les disques sont souvent à une certaine distance du levier qui les fait agir, et c'est évidemment une complication pour le service. M. Grenier ajoute au disque un porte-amorce qui en contient un certain nombre, et disposé de façon qu'à chaque fermeture du disque, un nouveau pétard est posé sur le rail. On est ainsi certain que pour un nombre déterminé de passages de train, le rail sera toujours garanti et l'entretien de l'appareil est ainsi beaucoup plus facile.

L'arbre du disque met en mouvement au moyen d'une manivelle coudée deux roues horizontales solidaires, et pour lesquelles le mouvement alternatif de va-et-vient est transformé en mouvement de sens continu. Sur ces deux petites roues s'enroule une corde sans fin armée de petites tiges perpendiculaires à la direction de la corde et portant chacune un pétard. La distance de ces petites tiges est calculée de façon à correspondre au déplacement angulaire des roues pour chacun des mouvements du disque. Si l'appareil contient par exemple 20 pétards, on est assuré que le rail sera toujours garni d'un pétard, pour 20 fermetures successives du disque. On n'aura donc besoin d'aller surveiller et garnir de nouveau l'appareil qu'à des intervalles assez espacés, et ce service deviendra beaucoup plus pratique.

2° *Signaux allemands à cloches dits Leopolders.*

Ce système de signaux, emprunté à l'Allemagne où il a été imaginé, est assez répandù aujourd'hui sur

presque toutes les voies ferrées. On en fait depuis sa création de nouvelles applications assez nombreuses.

Les signaux à cloches sont employés d'une façon assez générale au service des chemins à une seule voie. Ils servent à annoncer simultanément au personnel de deux gares consécutives et aux agents de la voie répartis entre ces points : 1° le départ de chaque train, dont la nature est spécifiée par le nombre des coups ; 2° la demande de secours ; 3° la nécessité d'arrêter un train ; 4° les wagons en dérive.

On comprend, du reste, qu'à l'aide d'un répertoire conventionnel, on puisse créer un alphabet comprenant une série particulière de locutions d'après le nombre des coups frappés.

Toute gare intermédiaire doit posséder deux appareils semblables, la mettant chacun d'eux en relation avec les gares entre lesquelles elle est elle-même comprise, et de plus avertissant tous les postes intermédiaires compris dans chaque section. Un courant électrique permanent circule dans chaque section entre les deux gares extrêmes en passant par les postes répartis le long de la voie. En interrompant et en rétablissant ensuite dans un poste quelconque le courant électrique, on met simultanément en mouvement dans ce poste et dans chacun des autres un marteau qui frappe une fois sur la cloche. Par le nombre des coups frappés, chaque poste comprend le signal qu'il reçoit.

La figure 108, pl. III, montre le mécanisme d'un Leopolder, la cloche pouvant être placée soit sur le mur de bâtiment, soit sur une borne isolée.

Le courant traverse à chaque section une boîte contenant un électro-aimant agissant sur une platine en fer doux sollicitée par un ressort. Cette platine fait mouvoir un système de renvoi venant engrener une roue dentée analogue aux roues à rochet armée de cames sur son disque. Cette roue est sollicitée à tourner par un contre-poids, et les cames agissent sur le marteau de la cloche par un renvoi de sonnette. Tant que le courant passe, la platine est au contact et la roue engrenée ; quand on l'interrompt, le ressort qui agit sur la platine la fait pivoter autour de son axe d'attache, ce mouvement se transmet par tous les leviers, produit le désengrenage de la roue dentée qui, sous l'action du contre-poids, tourne et détermine la mise en marche du marteau de la cloche. En refermant le courant, on rétablit les choses dans l'état primitif. Ces interruptions s'obtiennent à l'aide d'un commutateur à bouton placé sur le circuit et sur lequel il suffit d'appuyer autant de fois qu'on veut faire sonner de coups.

Suivant les diverses dispositions adoptées, les stations sont seules pourvues d'un commutateur, ou quelquefois aussi, les gardes-barrières en ont un sur leur borne qui leur permet au besoin de communiquer avec ces gares. L'entretien de ces appareils est très-simple, il n'y a qu'à surveiller la marche du contre-poids pour le remonter, quand il est à fin de course.

Les cloches à signaux ont reçu d'ailleurs plusieurs autres applications. Elles servent à signaler à l'entrée des grandes gares les voies sur lesquelles pénètre un train, dont l'origine est révélée par un certain

nombre de coups sur le timbre de l'appareil placé sur le quai où se fera le débarquement, prévenant ainsi le personnel qui se dispose à recevoir les voyageurs. On peut, dans ce cas, appliquer exactement le même principe que dans le cas précédent; mais il faut alors que l'aiguilleur qui ouvre la voie actionne la cloche à l'aide d'un commutateur placé sur sa guérite. Le système peut encore être disposé automatiquement, et être mis en action par le train lui-même.

Pour obtenir ce dernier résultat, on dispose sur la voie, en un certain point, une pédale placée à l'intérieur et contre le rail que le train, en passant, fait basculer, et qui, dans ce mouvement, détermine la fermeture du circuit. Les figures 118 et 119 représentent cette pédale, qui actionne en même temps un soufflet qui ne se vide que lentement, et par suite oblige le contre-poids à revenir lentement à sa position primitive, de façon que le train ne puisse produire un second abaissement de la pédale pendant le temps qui lui est nécessaire pour franchir en entier le point où elle est placée.

La pédale en s'abaissant ferme un circuit dans lequel est intercalé l'appareil à cloche. Ce courant, en passant dans l'électro-aimant, détermine une oscillation de l'armature, qui entraîne avec elle un levier embrayant par une came un rouage d'horlogerie. Dès que la came est dégagée, le rouage, sollicité par un poids moteur, se déroule jusqu'à ce que cette même came, pressée par un ressort, vienne de nouveau buter contre le levier et arrêter le rouage. Pendant la révolution faite, un certain nombre de goupilles mon-

tées sur l'une des roues intérieures du rouage actionne les leviers des marteaux de sonnerie, produisant un nombre de coups déterminés constituant le signal.

Il existe plusieurs modèles de ces appareils à cloche, différant les uns des autres par la disposition du rouage intérieur, construits par MM. Siemens, Verité, Siemens Halske. Ce dernier, où l'on emploie les courants d'induction, semble être le plus généralement adopté, par sa simplicité et la facilité de son entretien.

Il est très-souvent utile de prévenir les gardes-barrières de certains passages à niveau fréquentés ou situés dans des courbes, qu'un train est sur le point de passer et qu'il y a lieu de fermer les barrières, si elles ne le sont déjà. Ce signal serait difficile à produire à l'aide de moyens mécaniques, mais avec la disposition précédente, le train peut lui-même annoncer son approche par son passage sur une pédale placée à distance convenable de la barrière. Non-seulement le garde est ainsi prévenu à temps pour fermer, mais encore les voitures qui viennent sur la route de passage, et risquent ainsi beaucoup moins de s'engager sur la voie dans un moment inopportun.

Dans certains cas, on peut employer les Leopolders, comme appareil de correspondance, à l'aide d'un alphabet formé d'une combinaison de sonneries différentes. Ces combinaisons sont déterminées, soit à l'aide d'un interrupteur à manette ordinaire, ou d'un tableau en regard duquel il n'y a qu'à déplacer une aiguille indicatrice, dont le mécanisme intérieur se-

rait du même genre que celui de l'appareil de M. Leduc, dont nous avons parlé plus haut.

Les chemins de fer autrichiens ont présenté à l'Exposition d'électricité, dans leur installation complète de signaux à cloche, un enregistreur très-simple permettant le contrôle des transmissions ainsi faites. Il se compose d'une bande de papier se déroulant entre deux tambours dépendants du rouage d'horlogerie. Un petit poinçon, qui reçoit les mêmes actions que les marteaux frappeurs, perce sur la bande de papier des trous correspondants aux coups de cloches. On a ainsi sous les yeux un contrôle du signal expédié, et l'on peut, en cas d'erreur, y apporter immédiatement rectification.

*3° Modifications du système d'appareils à cloches,
par M. REGNAULT.*

M. Regnault, qui a construit les appareils de signaux employés sur la ligne de l'Ouest, et dont nous donnerons plus loin la description, a apporté une modification dans la disposition de ces appareils.

Cette disposition ingénieuse permet de supprimer le rouage d'horlogerie que contient chaque appareil de poste ; elle présente ainsi plusieurs avantages : économie dans les frais d'installation, suppression de l'opération du remontage susceptible d'être oubliée, et par suite accroissement considérable du degré de sécurité que présentent ces signaux.

Chaque appareil est pourvu d'une pile locale dont le courant traverse un électro-aimant, qui actionne directement le marteau.

Un relais est mis en circulation avec la ligne, et ferme le circuit local à chaque manœuvre d'un interrupteur.

Un courant électrique continu passe dans tous les relais des postes. En interrompant le courant principal pendant une seconde, on met en mouvement la palette du relais qui, établissant le circuit de la pile locale, détermine l'attraction du marteau.

De cette façon, en interrompant un nombre de fois déterminé le courant, on produit le même nombre de coups de cloche dans tous les postes, nombre que l'on groupe à volonté suivant un répertoire conventionnel.

Tous les postes intermédiaires sont, comme les gares, pourvus d'un bouton interrupteur leur permettant de correspondre avec tous ceux de la section, et de signaler, par exemple, un accident survenu à un train dans le parcours d'une section.

4° Disques et barrières électriques des chemins autrichiens.

L'administration des chemins de fer autrichiens a présenté, à l'Exposition d'électricité de 1881, une série complète des divers appareils de protection employés par elle. Nous citerons en particulier *les disques et la barrière électriques*, complètement différents des appareils destinés au même service employés en France.

Le système des disques manœuvrés à distance à l'aide de l'électricité est assez répandu en Allemagne.

En France jusqu'ici, les ingénieurs n'ont point voulu l'admettre, doutant de la certitude de son fonctionnement, d'autant plus que les transmissions mécaniques employées permettent de manœuvrer un disque à des distances assez considérables, quelques constructeurs atteignant 3 à 400 mètres. Toutefois les ingénieurs autrichiens ont, après une longue expérience, adopté ce procédé qui permet de manœuvrer des disques à 600 mètres de distance.

L'arbre vertical portant le disque est relié par un engrenage conique, avec un appareil assez analogue au mécanisme des cloches à signaux. La seconde roue de l'engrenage conique est actionnée par une manivelle excentrique montée sur l'arbre d'un rouage mis en mouvement par un contre-poids. En temps de repos, une came montée sur le même arbre est en prise avec un levier relié à l'armature d'un électro-aimant polarisé. Lorsque l'on détermine un passage de courant dans les bobines, l'armature oscille entre les pôles du noyau de l'électro-aimant, dégage la came précédente, et le rouage se déroule sous l'action du poids moteur, entraînant le disque. Une double came solidaire avec la précédente, et un système de ressorts, agissent pour ramener l'armature en prise avec l'électro-aimant dans sa première position, et produire l'arrêt de la première came après une rotation de 180°.

Il est facile de comprendre que, par suite de la transmission du mouvement de sens continu du rouage, à l'engrenage conique par une manivelle excentrique, les rotations de l'arbre du disque sont

transformées en périodes alternatives de va et vient avec une amplitude de 90° . Ainsi une première émission de courant ferme le disque, en lui faisant exécuter une rotation de 90° de droite à gauche, par exemple, l'émission suivante ouvrira le disque en lui faisant exécuter une autre rotation de 90° , mais de gauche à droite.

Un commutateur fixé sur l'arbre du disque agit pour faire fonctionner une sonnerie trembleuse, comme dans les disques ordinaires, indiquant si la voie est couverte ou non.

La disposition adoptée pour la manœuvre des barrières est assez semblable à la précédente. Elle permet, comme pour le disque, une manœuvre à une assez grande distance, par un poste placé sur la voie au moment du passage du train devant lui, de façon à ce que cette barrière soit toujours fermée lors de l'arrivée du train en ce point. Mais afin de donner aux voitures engagées le temps de sortir, la fermeture proprement dite de la barrière est précédée d'une sonnerie durant un certain temps. Le bouton de sonnerie et celui qui permet, par une émission de courant, de déclencher le rouage de manœuvre de la barrière, sont eux-mêmes enclenchés, et la manœuvre du second n'est possible qu'après celle du premier.

La barrière est formée d'un grand levier articulé en un point équilibré par un contre-poids. Le rouage d'horlogerie détermine l'enroulement ou le déroulement, sur un tambour particulier, d'un câble soutenant un contre-poids peint qui se déplace le long d'un mât vertical. Ce tambour actionne par une bielle

l'axe d'articulation de la barrière. Comme tout à l'heure, le mouvement de sens continu du rouage est transformé en mouvement de sens alternatif du contre-poids apparent et par suite de la barrière. Ce contre-poids apparent sert d'indicateur de l'état de la barrière pour les voitures qui viennent traverser la voie. Une sonnerie trembleuse disposée au poste de manœuvre sert au garde à contrôler la situation qu'occupe la barrière.

Cette disposition, qui peut présenter quelques avantages, doit cependant être pourvue d'une disposition additionnelle que nous n'avons pas vu figurer à l'Exposition. Il faut évidemment que le train avertisse automatiquement l'agent manœuvrant la barrière à distance, qu'il l'a franchi pour permettre à celui-ci d'en faire la réouverture, sans quoi cette manœuvre pourrait être effectuée à contre-temps, ce qui serait une source d'accidents. En employant sur la voie des pédales comme celles que nous avons décrites, cette dernière condition serait facilement remplie.

§ 3. APPAREILS SERVANT A ÉTABLIR LE BLOCK-SYSTEM.

1° *Electro-sémaphores*

de MM. LARTIGUE, TESSE et PRUD'HOMME.

(Chemins de fer du Nord, d'Orléans, Russes, etc.)

Les premiers appareils employés en Angleterre pour l'établissement du block-system se composaient d'un système de signaux extérieurs, visibles sur la voie, que les agents manœuvraient conformément

aux indications envoyées d'un poste à l'autre sur un appareil télégraphique.

Ce système laissait évidemment trop d'alea aux erreurs, et celui que nous allons étudier réalise les souhaits du précédent inventeur, qui disait que si l'on pouvait faire fonctionner un signal extérieur par l'électricité, on aurait un système parfait.

Ces appareils ont pu en effet employer l'électricité à cet usage, grâce à l'emploi de l'électro-aimant de Hugues, qui produit par lui-même des effets puissants d'attraction, pouvant par conséquent faire équilibre à des poids considérables, et d'autre part, le passage d'un faible courant, dans un sens convenable, rompt cet équilibre en diminuant l'action de l'aimant.

Chaque appareil se compose d'un mât sémaphorique pour les signaux à vue, sur lequel sont fixés des bras mobiles dont les positions verticales ou horizontales forment les signaux, tant pour les conducteurs des trains que pour les agents préposés au service de ces postes.

Ces bras sont maniés à l'aide de tringles articulées et reliées à une boîte inférieure contenant le mécanisme de fonctionnement d'un électro-sémaphore, et de liaison entre ce poste et les deux entre lesquels il est compris.

Nous allons donc décrire d'abord cette partie de l'appareil, qui permettra ensuite de comprendre facilement le jeu du système entier.

Le disque O, fig. 104, est divisé par sept touches saillantes en laiton isolées entre elles, l'une *t* com-

muniqué avec l'axe, la masse de l'appareil et le fil de terre T. Les six autres sont reliées deux à deux. Il forme un commutateur inverseur.

Quatre ressorts, frottant sur ce disque et reliés avec les différentes parties de l'appareil, établissent les diverses transmissions : l'un avec le fil de l'électro-aimant A, l'autre avec la borne du fil $+$ de pile, l'autre avec celle du fil $-$, et le dernier avec la ligne. Sur cette dernière communication est interposé un paratonnerre.

On peut, à l'aide de cette disposition, isoler la ligne et l'électro-aimant, les mettre en relation et envoyer sur la ligne des courants de signes différents.

On voit, dans la partie supérieure de la boîte, un autre électro-aimant R, symétrique du premier A, et par conséquent actionné par un courant inverse. Il maintient ordinairement au contact une palette f portée sur un axe, avec contre-poids de réglage I, I', un marteau de timbre t , un voyant V mi-partie rouge et blanc, et une pièce en fer doux N reliée par une tige articulée S avec la règle J. Lorsque la palette f a quitté les pôles de l'aimant, la pièce g s'applique à sa place contre les branches de cet aimant et le tient armé.

Un commutateur K annexé à l'appareil sert, avec le frotteur L, à mettre l'appareil en rapport avec le fil de ligne, ou avec un des pôles déterminés de la pile locale.

Chaque poste sémaphorique, fig. 105, pour les lignes à deux voies, se compose d'un mât muni de quatre bras, les grands bras peints en rouge sur une de leurs faces et qui concernent les mécaniciens, les petits peints en jaune qui sont les indicateurs pour

les agents du poste. Les grands bras abandonnés à eux-mêmes pendent le long du mât, ils sont alors déclenchés ; lorsqu'ils sont horizontaux, ils sont au contraire enclenchés, et cela par le fait même de l'appareil.

Sur les tringles qui manient les ailes, en un point d'articulation, se trouve un autre levier, articulé également avec tout le système, et qui agit sur un timbre placé le long du mât.

Au pied du mât sont quatre des boîtes que nous venons de décrire, deux portant les n^{os} 1 manœuvrant les grandes ailes pour chacune des voies, les autres les n^{os} 2 et manœuvrant les bras inférieurs.

La position horizontale ou enclenchée des grandes ailes est un signal d'arrêt absolu pour les trains, celle des petites indique à l'agent du poste qu'un train va passer.

Lorsqu'un train se présente devant un poste (nous supposons la voie libre au-delà et tous les appareils au repos), l'agent agit sur la manivelle de l'appareil n^o 1, ouvre la grande aile de son sémaphore qui se trouve d'elle-même enclenchée, le garde ne pouvant plus faire marcher la manivelle dans un sens ou dans l'autre ; en même temps, par suite de la rotation du disque O formant commutateur, le courant est envoyé sur la ligne sémaphorique, et dans l'autre poste, l'électro-aimant R se trouvant affaibli, la palette *f* est séparée du contact, l'aile jaune est déclenchée, un coup de timbre placé sur le mât en avertit la surveillance, et dans la boîte n^o 2, le voyant passe au rouge devant le guichet.

Le poste expéditeur reçoit avis de sa manœuvre par le retour du courant dans son appareil n° 2, où il reproduit un coup de timbre et le passage au jaune de son voyant.

Au passage du train devant le deuxième poste, le garde agit envers le troisième, comme le premier a fait envers le premier; puis il manœuvre son aile jaune pour l'effacer, et par cela même envoie un courant dans l'appareil n° 1 du premier poste qui affaiblit l'électro-aimant A, et produit le déclenchement de la grande aile, que le premier poste peut alors seulement effacer, sa manivelle étant rendue libre, et lui-même remplaçant automatiquement les choses dans l'état primitif. Cette dernière manœuvre au second poste, entraîne avec elle son accusé de réception par un coup de timbre et le passage de son voyant intérieur du rouge au blanc.

Le principe appliqué est celui-ci, que les bras sémaphoriques soient enclenchés par une force purement mécanique, la main du garde, qui ne peut ensuite déclencher l'appareil sans que le poste voisin ne lui en ait donné la possibilité, et cela par une communication électrique.

Le mécanisme est contenu dans une boîte de tôle (fig. 104 et 105) placée au bas de l'appareil, qui peut mesurer 60 centimètres de haut sur 40 de large et 25 d'épaisseur. Un axe traverse toute la boîte, et porte en avant et en dehors une manivelle, et en arrière une bielle au tourillon de laquelle sont articulées les tringles de tirage des bras sémaphoriques.

Cet axe porte un doigt D, formant avec la bielle un angle de 210° , et dans un plan parallèle la came C, ainsi que le commutateur O.

Un cliquet W règle la course de cet axe toujours dans le même sens, et entre deux positions de la bielle : verticale ou à un angle de 210° .

Deux règles en fausse équerre se meuvent autour d'un axe F parallèle à X : J dans le plan de la came C, r dans celui du doigt D. Le jeu de J est limité par un contre-poids curseur et un buttoir.

La seconde règle r est reliée par un collier articulé en U avec un buttoir P mobile autour de l'axe E parallèle à X, et par un ressort avec la palette en fer doux p de l'électro A, qui la tient fortement en prise. Si on amène la bielle de sa position verticale à celle à 210° , le doigt D appuyant un peu sur le buttoir passe au-dessus, mais là il est enclenché et l'on ne peut faire revenir la bielle en arrière, à moins qu'un courant convenable envoyé dans l'électro-aimant A ne l'annule et que le système J, r ne déplace le buttoir P. D'une part, voilà l'enclenchement mécanique réalisé, de l'autre son jeu est dépendant des natures de courant traversant l'électro-aimant A, ce qui est produit par la marche du commutateur.

La marche inverse de la bielle détermine par le relèvement de la règle J, la reprise de la palette p . On saisit facilement la connexité de marche de ce mécanisme avec celui des ailes et voyants.

MM. Heurteau et Guillot à la compagnie d'Orléans ont cherché à éviter un déclenchement fortuit par l'action de courants atmosphériques. Pendant tout

le temps que le voyant jaune d'un poste est apparent, c'est-à-dire qu'un train marche vers lui, un courant est envoyé dans l'appareil de manœuvre du poste arrière, augmentant la force attractive de l'électro-aimant A, ce qui garantit contre le déclenchement. De plus, si ce déclenchement venait encore à se produire, une sonnerie spéciale d'alarme avertit les agents.

Les chemins de fer russes emploient également ces sémaphores pour les chemins à une voie.

Ici les conditions à remplir sont un peu plus complexes, puisqu'il faut non-seulement couvrir le train en arrière, mais encore il doit être couvert en avant, ne pouvoir s'engager dans une section que si celle-ci est entièrement libre, et aucun autre train ne doit pouvoir y pénétrer en sens contraire quand il est engagé.

Ces conditions sont réalisées de la façon suivante :

Les deux ailes du mât sont identiques, de plus les sections sont toujours fermées aux deux extrémités.

Lorsqu'un train doit être expédié sur une section, l'agent du poste tête de ligne, qui a son signal à l'arrêt et ne peut l'effacer lui-même, provoque l'ouverture de la section. Pour cela, il agit sur la manette du commutateur de l'appareil n° 1, ce qui déclenche et fait apparaître l'aile inférieure du poste suivant, couvrant ainsi la section pour la marche inverse du train à expédier, et en même temps détermine à ce poste l'envoi en retour vers le poste expéditeur d'un courant qui déclenche et efface l'aile supérieure de ce dernier.

La voie est donc ouverte en avant et doublement bloquée en avant et en arrière.

Lorsque la marche du train a dépassé le premier sémaphore, l'agent, en manœuvrant son appareil n° 1, remet à l'arrêt son aile supérieure pour la couvrir et en signaler le départ au poste suivant; cette indication est donnée à ce dernier poste par l'apparition du voyant rouge devant le guichet de l'appareil n° 2, et un coup de timbre.

Lorsque le train a atteint le poste où il se dirige, l'agent de ce poste manœuvre d'abord envers le suivant, comme le précédent a fait envers lui, puis l'appareil n° 2 pour effacer l'aile inférieure, et pour aviser le poste arrière, d'où le train avait été expédié, que ce train a quitté la section. Cet avis est donné par un coup de timbre et par l'apparition du voyant intérieur blanc de l'appareil n° 1.

Si, entre les postes sémaphoriques, il se trouvait des points spéciaux à préserver, tels que courbes, passages à niveau, etc., on y établit des appareils accessoires, où un signal à vue et un carillon sont mis en action par le jeu de l'appareil sémaphorique en arrière, prévenant ainsi le garde qui, après le passage du train, met son aile à l'arrêt et couvre ainsi encore une fois la marche du train.

1° Installation du Block-System sur le chemin de fer de Lyon, par les appareils TYER JOUSSELIN.

La compagnie du chemin de fer de Lyon a réalisé l'installation du Block-System sur son réseau à l'aide d'appareils dus à MM. Tyer et Jousselin, et un peu différents des sémaphores que nous avons décrits.

C'est en réalité un appareil de correspondance entre divers postes pour indiquer aux agents préposés sur la voie quel est l'état des sections entre lesquelles ils sont établis, et par suite les mettre à même de faire les signaux convenables réglant la circulation. Ce système a fonctionné très-longtemps ainsi. Il présentait évidemment un inconvénient, c'est qu'il n'y avait aucune liaison directe entre les signaux de correspondance reçus par les agents, et ceux que ceux-ci faisaient ensuite sur la voie; l'addition d'un verrou électrique dans le mécanisme même des disques, verrou relié avec l'appareil indicateur, est venu combler cette lacune. Le service se trouve donc installé sur la ligne de Lyon, quoique d'une façon un peu différente, avec les mêmes garanties de sécurité que sur les lignes que nous venons d'examiner.

L'appareil de correspondance se compose de l'indicateur à cadran Joussetin que nous avons décrit plus haut, et de l'appareil Tyer.

Les figures 106 et 107 montrent ces deux appareils tels qu'ils se présentent dans un poste intermédiaire. L'appareil Tyer se compose (fig. 106) d'un indicateur à cadran avec deux aiguilles aimantées s'inclinant entre deux mots : *libre*, *occupée*, indiquant la situation de la voie et commandées par des boutons poussoirs. Audessous se trouve une sorte de petite boîte à guichet devant laquelle tourne un cadran portant des numéros : c'est le répétiteur du système Joussetin, un bouton central sert à ramener le répétiteur à la croix.

Considérons deux postes consécutifs. Chaque fois que le stationnaire A tourne son répétiteur d'un cran,

il détermine en B un coup de timbre, et en outre fait avancer d'une division l'aiguille du cadran Jouselin de ce poste : donc, en exerçant un certain nombre de poussées, il fera avancer l'aiguille du cadran de ce poste en regard d'un cartouche contenant une indication déterminée. Le répéteur placé au-dessous des poussoirs permet à A de vérifier, par le numéro en regard du guichet, si l'indication transmise ne comporte pas d'erreur.

Le transmetteur met un intervalle d'une seconde entre chaque pression du bouton de son récepteur. Quand cinq secondes environ se sont écoulées depuis l'audition d'un dernier coup de timbre, le stationnaire receveur en conclut que le signal du transmetteur est terminé, et il ramène l'aiguille du cadran sur la croix, en faisant faire à la manette de rappel un mouvement en sens inverse du mouvement précédent.

Il avise alors l'expéditeur en agissant sur un poussoir pour lui indiquer voie libre ou occupée, ce que l'autre voit par la position que prend l'aiguille, et alors il ouvre ou ferme la voie en son poste par le disque.

C'est ici qu'intervient le jeu de l'électricité au point de vue de la sécurité. Les disques et les appareils Tyler sont reliés électriquement de façon à s'enclencher mutuellement, de telle sorte que si, par exemple, la section n'est pas libre, et le disque fermé à la station de départ, le bouton poussoir ne peut être manié, et cela par suite d'une petite palette qu'attire un électro-aimant et qui tombe devant lui, par conséquent ce disque ne peut être effacé qu'autant qu'au

poste suivant le poussoir est libre, et cela par une autre communication électrique qui agit sur un verrou placé près du levier de manœuvre du disque, ainsi que le montre la figure 102.

Ainsi, à un poste, le train ne peut le franchir que si le disque est ouvert ; celui-ci ne le sera qu'autant que la section entre ce poste et le suivant est libre, de plus l'agent placé dans ce poste ne peut communiquer avec le suivant que si cette même section est libre, et il ne doit laisser franchir sa station qu'après échange de communication et avis de la possibilité de le faire.

Ce dernier perfectionnement récent a été ajouté pour réaliser les mêmes conditions que dans les sémaphores de MM. Tesse, Lartigue et Prud'homme. Car l'appareil primitif était seulement un appareil de correspondance, les signaux visibles pour les mécaniciens restant complètement indépendants, et laissant par conséquent des chances d'erreur dans leur maniement. Car, malgré l'annonce de la voie occupée, si l'agent ne fait pas le disque, le train s'engagerait forcément à tort sur la section. Or, ici le disque devant toujours être fait après le passage d'un train devant lui, ne pourra être effacé que si le poste suivant en a donné la possibilité, c'est-à-dire si lui-même a été franchi par un train annoncé préalablement.

Toutefois ce système est un peu complexe. Nous allons en voir dans la suite une simplification imaginée par M. Regnault et appliquée sur le chemin de l'Ouest.

3° *Compagnie du chemin de fer de l'Ouest,*
appareils de M. REGNAULT.

Les appareils imaginés par M. Regnault et employés sur la ligne du chemin de l'Ouest sont, croyons-nous, assez anciens. Ils ont été une des premières applications du Block-System simple, puis ensuite ont reçu le perfectionnement du système de l'enclenchement qui vient compléter l'emploi du Block-System.

Ils s'appliquent avec de légères modifications, soit aux lignes à une seule voie, soit aux lignes à deux voies.

Examinons d'abord le cas le plus compliqué, celui d'une ligne à une seule voie.

Le matériel se compose des parties suivantes :

Une pile,

Un relais,

Une sonnerie,

Un appareil indicateur conjugué avec deux signaux placés sur la voie.

Un signal d'arrêt absolu placé à la tête du poste, et muni d'une serrure électrique commandée par le poste suivant, de telle sorte que le train est immobilisé à la station par le commandement de la suivante.

Un signal d'arrêt avancé à une certaine distance du poste.

L'appareil indicateur se compose d'une boîte à cadran, avec deux boutons poussoirs à sa partie infé-

rière. Sur l'un d'eux est inscrit le mot *départ* ; il sert au poste où nous sommes placés à signaler au correspondant qu'un train marche vers lui. L'autre le mot *arrivée*, et il sert à prévenir du poste correspondant que le train qui a été signalé est parvenu à ce poste.

Le cadran comprend deux aiguilles placées au-dessus des boutons dont nous venons de parler. Ces aiguilles à l'état de repos sont verticales et indiquent que la voie est libre. Elles peuvent s'incliner dans le sens indiqué par les flèches tracées sur le cadran, c'est-à-dire selon le sens de la marche du train.

A côté de cette première boîte s'en trouve une seconde qui porte un seul bouton : « *Départ autorisé.* »

La sonnerie n'est pas une simple trembleuse, elle est à double électro-aimant, de telle sorte que, après la transmission du poste qui avertit, elle continue à fonctionner tant que le stationnaire auquel elle s'adresse ne l'arrête pas lui-même.

Le signal d'arrêt absolu placé en tête du poste présente une construction spéciale sur laquelle nous allons nous arrêter.

Le disque d'arrêt est manœuvré au moyen d'un levier à coulisse, comme d'habitude, glissant sur une borne verticale. Sur cette borne est placée une serrure électrique dont le pêne à ressort vient empêcher le retour du levier lorsqu'il a été poussé de façon à fermer le disque. Or, le stationnaire chez lequel est situé le disque ne peut lui-même agir sur ce pêne pour ouvrir et dégager le levier, ce pêne étant normalement fermé par un ressort et commandé électriquement de la station voisine.

Un électro-aimant, armé d'un aimant, est placé à l'intérieur de la serrure, et a pour but de retenir la palette de fer doux qui fait agir un petit levier dont l'extrémité enclenche, d'une façon permanente, le pêne de la serrure.

Lorsqu'un courant positif traverse le fil de l'électro-aimant, l'action de l'aimant est augmentée et la serrure est doublement fermée.

Si, au contraire, un courant négatif circule dans le fil de l'électro-aimant, l'action de l'aimant est neutralisée, et le ressort antagoniste éloigne alors la palette de fer doux qui entraîne le petit levier, dégage ainsi le pêne de la serrure et permet de manœuvrer le levier du signal d'arrêt. Une aiguille placée au-dessous de la serrure, sur la borne, indique si elle est ouverte ou fermée par le courant électrique.

Expliquons maintenant les diverses manœuvres qui s'exécutent aux postes. Nous sommes au poste de tête avec un train prêt à partir, mais qui serait normalement arrêté par le disque d'arrêt absolu que nous supposons fait.

Notre premier stationnaire appuie sur son bouton départ, les aiguilles étant verticales sur son cadran, ce qui lui assure que la voie est libre. La sonnerie du second poste avertit le stationnaire, et il voit en même temps son aiguille indicatrice se pencher dans le sens de la marche que devra prendre le train. Il arrête sa sonnerie et appuie sur le bouton indépendant *départ autorisé*, ce qui produit deux actions. Il agit ainsi sur le relais, déclenche la serrure électri-

que, et met en mouvement l'aiguille indicatrice au poste de départ.

Le premier stationnaire ouvre le disque d'arrêt absolu et laisse passer le train. Notez qu'il doit refermer ce disque immédiatement après que le train l'a franchi. Il a ouvert de même le disque d'arrêt avancé.

Lorsqu'il juge que le temps nécessaire pour franchir le second disque est écoulé, il le ferme à son tour.

Lorsque le train atteint le second poste, celui-ci appuie sur le bouton *arrivée*, ce qui ramène dans la position verticale l'aiguille indicatrice de son appareil et l'aiguille de répétition de son correspondant. A partir de ce moment, l'un ou l'autre des stationnaires peut aviser l'autre du départ d'un train dans un sens quelconque, après en avoir obtenu la permission.

Afin d'éviter les erreurs qui pourraient se produire dans l'ordre successif des manœuvres des appareils indicateurs électriques et des signaux, si les stationnaires négligeaient leur devoir, on a enclenché mécaniquement le bouton d'arrivée avec le signal avancé par l'addition d'un levier spécial placé près de chaque bouton de manœuvre.

On voit ainsi qu'un train ne peut partir qu'après une constatation absolue aux deux postes, que la voie est libre, et que de plus les signaux qui protègent la marche du train, comme les disques d'arrêt absolu et les disques avancés, sont intimement solidaires de ces manœuvres de constatations.

Pour les lignes à une voie, le matériel est un peu simplifié. Le verrou du disque d'arrêt absolu, et par suite le relais et le bouton départ autorisé, sont supprimés.

Lorsqu'un train part d'un poste indicateur, où les aiguilles verticales indiquent les voies libres, on le signale au poste suivant dans le sens de la marche du train, en poussant le bouton départ. Cette manœuvre a pour effet d'incliner l'aiguille indicatrice du correspondant dans le sens de la marche du train ; celle-ci à son tour fait incliner dans le même sens l'aiguille de répétition au point de départ.

Au moment où l'aiguille indicatrice s'incline, la sonnerie appelle l'attention du stationnaire et fonctionne jusqu'à ce qu'il vienne l'arrêter lui-même.

Aussitôt que le train a atteint le poste du stationnaire auquel il a été annoncé, cet agent pousse le bouton *arrivée*, ce qui ramène dans la position verticale l'aiguille indicative de son appareil, et l'aiguille de répétition de son correspondant. On peut considérer alors comme certain que la voie est libre entre les deux postes.

Le signal avancé est tourné à l'arrêt aussitôt qu'on a l'assurance qu'il a été dépassé par le train survenant, et il est maintenu dans cette position jusqu'à la réception du signal indiquant que le train a atteint le poste suivant.

Le signal fixe carré d'arrêt absolu est tourné à l'arrêt aussitôt après le départ ou le passage du train ; il ne doit être effacé, de même que le signal fixe avancé, qu'après la réception du signal de voie libre.

Afin d'éviter les erreurs provenant de mauvais manœuvres des disques, les boutons *de départ et d'arrivée* sont enclenchés mécaniquement, le premier avec le disque carré d'arrêt absolu, le second avec le disque avancé.

Le stationnaire ne peut donc rendre la voie libre au poste précédent qu'après avoir protégé le train en mettant à l'arrêt son signal avancé, et il ne peut signaler le départ d'un train au poste suivant qu'après avoir placé à l'arrêt le signal carré qui ferme l'origine de la section à parcourir par ce train.

Ajoutons, comme l'indique d'ailleurs M. Regnault, que l'on pourrait avec avantage appliquer le système du verrou électrique au disque d'arrêt absolu, comme dans le cas de la ligne à une seule voie.

§ 4. APPAREILS D'ENCLACHEMENTS POUR LA CONCENTRATION DU SERVICE DES SIGNAUX OU AIGUILLES.

1° Appareils de MM. SAXBY et FARMER.

Bien que l'appareil que nous allons décrire soit entièrement mécanique, et que l'emploi de l'électricité n'y joue aucun rôle direct, nous avons cru cependant utile de le décrire, parce qu'il peut être considéré comme le type général de tous les systèmes analogues destinés à établir une commande entre tous les engins de manœuvre de disques, aiguilles, concentrés en une seule main, de façon qu'à une manœuvre de l'agent corresponde non-seulement un acte déterminé, mais une série d'actions concurrentes avec la

première sur tous les autres points de sa dépendance et où il n'intervient pas directement.

L'installation d'un pareil système, appelé *poste Saxby*, se fait dans des petites cabanes de modèle uniforme, placées latéralement à la voie et à une certaine hauteur au-dessus du sol, de façon que le surveillant puisse, à travers les cloisons vitrées qui les ferment, apercevoir tout le champ de la voie où son action se fait sentir.

L'appareil se compose d'une série de leviers parallèles dont la manœuvre détermine celle des aiguilles, disques placés sous son commandement, et d'une table dite d'enclenchement, située derrière la rangée des leviers, et enfin, au-dessous du plancher de la cabine, des fils, tringles servant à transmettre le mouvement de ces leviers.

Dans leur position normale, ces leviers sont tous inclinés du côté opposé à celui où est placé l'opérateur, la manœuvre se fait en amenant à soi, ou *renversant* un levier. Ces leviers portent sur une petite plaque de cuivre le numéro d'ordre suivant lequel ils doivent être manœuvrés dans le jeu total; et en arrière de la table d'enclenchement se trouve monté un support et une planchette longitudinale sur laquelle est inscrite la nomenclature des leviers. Ces indications sont donc constamment sous les yeux de l'opérateur.

Les figures 103, 110 et 111 représentent les parties de l'appareil nécessaires à voir pour en comprendre le fonctionnement.

Le renversement du levier L produit deux actions distinctes : il détermine, d'une part, le mouvement

des fils ou tringles de renvoi; pour cela, ce levier est articulé autour d'un axe R , et l'autre bras actionne par des procédés divers la transmission. D'autre part, il entraîne avec lui un balancier à coulisse B mobile autour d'un axe O . Seulement cette deuxième action ne peut se produire qu'autant qu'on serre contre le levier une poignée l articulée en i commandant une tige L_2 qui peut glisser le long du levier L , et qu'un ressort a tend à ramener dans le bas, de manière que son extrémité se loge dans l'un ou l'autre des deux crans d'arrêt b situés aux deux extrémités du secteur fixe A qui sert à guider la course du levier. Cette tige est en outre munie d'un coulisseau d qui, dans le mouvement d'oscillation du levier, parcourt la coulisse du balancier B .

Dans la manœuvre qu'on exécute ainsi, la tige L_2 soulève un peu le balancier, et le dispose suivant un cercle r concentrique au point R de rotation du levier L . Le mouvement de rotation du balancier B autour de O se transmet, par l'intermédiaire de la bielle D et de la manivelle M , à un axe G parallèle au plan du balancier faisant partie de la table d'enclenchement et exécutant une rotation de 60° environ.

Cet axe G (fig. 110 et 111) fait corps avec une pièce de fonte appelée gril, percée d'ouvertures rectangulaires, au-dessous et au-dessus desquelles sont alignées des tringles T auxquelles certains grils donnent un mouvement horizontal de translation. La transmission de ces mouvements s'effectue de la façon suivante : tous les grils agissant sur une même tringle portent une saillie g vis-à-vis d'elle, avec un bouton saillant u ,

et la tringle porte un taquet K échancré dans lequel pénètre le bouton *u*. On comprend aisément que la rotation du gril produise ainsi l'entraînement de la tige T.

Sans entrer dans la description plus détaillée de l'appareil, il est aisé de comprendre que, par une combinaison convenable des tringles et des saillies *g* sur les grils, lorsqu'on aura renversé un levier, on aura par cela même enclenché un certain nombre de taquets, et que tant que le premier levier n'aura pas été ramené à son point de départ, il sera impossible de déplacer ceux qu'il commande, leurs grils correspondants étant verrouillés, et leurs balanciers ne pouvant être soulevés autour de l'axe O, ce qui immobilise le grand levier de manœuvre.

Tel était le but que l'on s'était proposé, ne pas pouvoir manœuvrer indistinctement un levier, si un certain nombre d'autres ne sont pas dans leur position normale, en un mot ne pas pouvoir manœuvrer une aiguille, un disque, tant que des appareils analogues et connexes du premier ne sont pas tous dans des positions déterminées.

Nous croyons inutile d'entrer plus avant dans l'étude de toutes les combinaisons mécaniques qu'on peut réaliser avec cet appareil, notre but étant seulement d'en faire comprendre le principe pour permettre d'en apprécier l'application.

Il est d'ailleurs facile d'imaginer une foule d'arrangements se prêtant à toutes les nécessités du service. Ainsi, dans l'appareil précédent, toutes les manœuvres sont faites directement par le poste lui-même;

mais on peut très-bien agencer cette disposition pour relier les manœuvres de ce poste avec celles d'un autre poste situé à une certaine distance du premier. Ainsi il arrive fréquemment que le signaleur ne doit pas manœuvrer certains leviers sans l'autorisation expresse d'agents postés en d'autres points, et qui doivent par conséquent enclencher ces leviers à distance.

MM. Saxby et Farmer obtiennent ce résultat au moyen d'une double installation, l'une au pied de la cabine réalise l'enclenchement proprement dit, ou plutôt le dégagement de la transmission à l'aide de laquelle le signaleur manœuvre l'appareil en question; l'autre, à l'intérieur de la cabine, enclenche le levier lui-même. Ce cas trouve une application fréquente pour les postes placés à l'extrémité d'une gare, et où il est essentiel que, du centre de la gare, on puisse couvrir les manœuvres qui s'y exécutent, en mettant le signaleur du poste dans l'impossibilité d'effacer les disques d'arrêt absolu qui ferment l'entrée de la gare.

Cet appareil qui se manœuvre de la gare à l'aide d'un levier et d'une transmission par fils comme un disque ordinaire, doit comporter avec lui un moyen de contrôle, accusant l'exécution des manœuvres faites de la gare, en même temps que le signaleur sera prévenu qu'il ne doit pas inutilement effacer le disque au même moment. Pour cela, d'une part, le poste Saxby et le poste de gare sont munis chacun d'une sonnerie et d'une boussole à voyant; de l'autre, les appareils d'enclenchements et de dégagements sont

armés de commutateurs manœuvrés par les leviers, de telle sorte que chaque poste contrôle ses manœuvres, ou reçoit avis des manœuvres de l'autre poste, ce qui évite toute confusion et toute incertitude.

Ce dernier agencement employé par la compagnie du Nord est dû à M. Sartiaux, ingénieur attaché à l'exploitation.

Lorsque les distances auxquelles doivent avoir lieu les opérations d'enclenchement sont trop considérables pour qu'on puisse compter sur les transmissions par fils ou tringles rigides, on emploie l'électricité comme agent produisant ces enclenchements. Nous allons décrire quelques-uns de ces appareils dont on pourra facilement comprendre le fonctionnement, après l'examen du précédent.

*Block and interlocking system de MM. SAXBY
et FARMER.*

MM. Saxby et Farmer ont imaginé une disposition très-ingénieuse pour permettre à un poste, au moyen d'une simple communication électrique, de commander l'appareil d'enclenchement multiple d'un poste éloigné, c'est-à-dire qu'au poste où l'on produit l'enclenchement ou le déclenchement des leviers, cette opération ne pourra être exécutée qu'avec la permission d'un poste plus éloigné.

Pour cela, tous les leviers (fig. 412 et 413) sont commandés par un gril spécial, dont le mouvement s'obtient en tournant une manette M qui agit sur le gril par l'intermédiaire d'une bielle. L'axe qui relie la

manette et la bielle porte un secteur muni d'un cran dans lequel pénètre la saillie de l'armature *a* d'un électro-aimant. Tant que le courant ne passe pas dans l'électro-aimant, l'armature, retenue par le ressort antagoniste, repose par son buttoir dans le cran du secteur, et la manette ne peut agir pour produire le déclenchement. Cette opération n'est possible que si l'agent du poste éloigné ferme le circuit, l'armature alors relevée laisse le mouvement du secteur libre.

On comprend que cette fermeture du circuit peut être opérée par une manette qui, dans ce poste, agit aussi pour manœuvrer un appareil analogue, ce qui rend solidaires ces deux appareils et permet une foule de combinaisons.

*2° Appareil d'enclenchement à détente,
de M. HODGSON.*

La disposition imaginée par M. Hodgson a pour but de rendre encore plus certaines les manœuvres du système précédent, en soustrayant à l'action personnelle du signaleur la faculté de donner la liberté à l'autre poste, d'agir sur le déclenchement. C'est le train qui, par son propre passage en un point, agit sur une pédale et débloque la section. On est ainsi assuré que le signaleur, par une manœuvre intempestive, n'aura pas permis au second poste de déclencher à tort.

Cet appareil, un peu plus complexe que le précédent, lui est assez semblable. Lorsque l'approche d'un train à l'entrée de la section est annoncée du poste en

avant, le signaleur exécute une manœuvre sur un bouton poussoir pour répondre *voie libre*, en déclenchant électriquement à distance au poste en avant le signal d'entrée de la section, et son appareil se trouve verrouillé. Dès qu'il a reçu avis de l'entrée du train annoncé, il doit ramener le bouton au point de départ pour indiquer *voie occupée*. Aucune manœuvre n'est encore possible sur l'appareil de déclenchement jusqu'à ce que le train, passant en un point où se trouve la pédale, ait déterminé le passage d'un courant qui passe dans l'électro-aimant, dont l'armature montée à détente permet aux organes de reprendre leur position initiale où la manœuvre devient de nouveau possible.

Ce système offre donc des garanties aussi complètes que possible. Il est impossible de manœuvrer la manette qui dégage les leviers des appareils du poste : 1° sans bloquer la section à l'autre extrémité ; 2° depuis le moment où l'entrée de la section a été accordée à un train jusqu'à ce que ce train ait dépassé sur la voie un point où sa sécurité est garantie. Il peut avoir l'inconvénient de produire des temps d'arrêt dans la marche de deux trains successifs, mais semble d'une garantie considérable.

3° *Electric Slot signal*, de MM. TYER et FARMER.

Cet appareil a pour but de permettre à un signaleur d'enclencher à distance, et au moyen de l'électricité, sur sa position d'arrêt un signal manœuvré sur place par un autre agent.

Considérons à un poste un appareil mû par un levier de manœuvre ordinaire. Nous savons qu'en renversant ce levier sur son axe de rotation, la branche coudée du levier agit sur les tringles ou fils de transmission conduisant au signal. Cette branche coudée est formée de deux parties parallèles superposées et tournant autour d'un même axe, elles peuvent être réunies par un crochet, ou rendues indépendantes. L'action de ce crochet est réglée par les actions d'un courant que le signaleur éloigné envoie dans l'appareil. Tel est le principe de cet appareil. On comprend facilement que sans le concours du signaleur, l'autre poste manierait en vain son levier sans agir sur le signal correspondant.

La figure 117 montre le détail de l'appareil. Le levier de manœuvre est relié par la tringle T au levier A parallèle à la branche coudée. S est la seconde partie dont nous avons parlé. O leur point de rotation. C un crochet articulé sur A qui détermine la prise de S avec A. Ce crochet se relève en *a*, et sur cette tête vient frapper un marteau H tournant, qui est retenu par l'armature d'un électro-aimant M, mis en communication électrique avec le poste du signaleur par un relais continu. En Z est un commutateur formé d'une tige poussée par un ressort contre le manche du marteau et dont l'autre extrémité sert à fermer le circuit tant que le marteau est vertical, et l'ouvre dans le cas contraire.

Dans la position qu'occupe l'appareil, la manœuvre du levier A, entraîne S, et agit par le fil sur le signal. Mais si le signaleur veut empêcher cette ma-

manœuvre, il interrompt le circuit. L'armature abandonne l'électro-aimant, rend libre le marteau H qui, en tombant, frappe sur la tête *a* du crochet et rend ainsi indépendantes les deux pièces A, S. La manœuvre du levier n'a donc plus d'effet, l'agent en est averti d'ailleurs par la vue d'un galvanomètre dans son poste, lui indiquant les conditions du courant, et un voyant répétiteur des manœuvres du sémaphore.

Lorsque le poste éloigné rétablit le circuit, ce que les indices précédents apprennent ; l'on relève le levier L, qui entraîne le marteau H, lequel vient butter sur le bouton du commutateur, qui ferme le circuit local du relais et, par conséquent, le levier H reste en prise sur l'électro-aimant. L'appareil est donc revenu dans les conditions du point de départ.

Il faut encore remarquer dans cet appareil que si le signal est ouvert, c'est-à-dire le levier L renversé, et que le signaleur ferme le circuit, le marteau H vient encore relever le crochet C, le levier S est rendu libre, et à cause des contre-poids organisés sur le fil de transmission, le signal se met de lui-même à l'arrêt.

4° Application des systèmes d'enclenchement pour le service des barrières de passage à niveau.

Notre but n'étant pas précisément de faire une étude sur les chemins de fer, nous ne saurions décrire en détail tous les appareils divers créés d'après les principes que nous avons exposés au début. Toutefois, sans nous étendre beaucoup, nous avons cru

devoir tout au moins signaler l'application qu'on en a fait au service des passages à niveau.

On sait combien ces passages sont dangereux, et la quantité relativement considérable d'accidents qui se produisent à leur voisinage. On a donc dû tout naturellement chercher un moyen de relier le service de ces barrières, avec celui des signaux protecteurs qui les garantissent en amont et en aval.

Parmi les procédés nombreux employés, il en est un qui consiste à établir un verrou manié à distance par un levier placé dans le poste du surveillant qui a sous la main, la commande de tous les disques protégeant une portion de la voie, au milieu de laquelle est située la barrière. Ce levier particulier s'enclenche avec tous les autres, de telle façon que lorsque les disques sont ouverts, c'est-à-dire que les trains ne trouvent aucun signal et peuvent franchir cette section de voie, la barrière qui doit être normalement fermée, est de plus verrouillée par la transmission de ce levier. Lorsqu'au contraire, on ferme les disques, ce sont les leviers qui les commandent qui sont enclenchés, le levier de manœuvre de la barrière est seul libre, et en le renversant, on rend libre le verrou de la barrière et en permet l'ouverture.

Ce résultat peut naturellement être obtenu à l'aide de communications purement mécaniques ou électriques.

Il semble cependant qu'il y aurait encore un perfectionnement à établir dans ce système, que nous ne savons réalisé sur aucune ligne. La barrière devrait être normalement fermée et non-seulement

verrouillée, mais encore sa fermeture devrait se reproduire automatiquement après l'action de l'agent spécial préposé auprès pour son ouverture, sauf à laisser toujours la manœuvre du verrou entre les mains du poste signaleur. Il est vrai que ce serait une petite entrave à la circulation, puisque le garde-barrière devrait l'ouvrir toutes les fois qu'il se présente une voiture, mais enfin ce serait une nouvelle chance de sécurité, et le nombre des accidents qui se produisent en ces points, semble nous faire croire que cette entrave ne saurait être une raison suffisante pour ne pas rendre ce surcroît de précautions légitime.

§ 5. SYSTÈME D'ENCLENCHEMENTS AUTOMATIQUES
ÉLECTRIQUES DE M. SYKES
« *Sykes electrifying Locking* ».

M. Sykes a présenté à l'Exposition d'électricité un système d'enclenchements automatiques électriques, qui a vivement frappé l'attention des personnes compétentes.

Il y a eu au sujet de la valeur relative de ces divers systèmes de grandes controverses dans lesquelles nous ne saurions entrer ici. Toutefois, le système dont nous nous occupons nous semble posséder des avantages assez notables. D'abord, simplicité relativement considérable du mécanisme, qui doit produire une économie dans le prix d'établissement, et augmenter les chances de sécurité. De plus, sans pouvoir affirmer si, pour l'installation de postes complexes, il

résout la question aussi bien que les postes Saxby, il lutte en tous cas avantageusement avec eux dans les cas simples. Enfin, il présente par rapport aux systèmes décrits précédemment pour l'application du Block system des perfectionnements importants.

En effet, dans tous les systèmes décrits, nous avons vu que la protection était assurée, à la condition que l'agent préposé à la garde d'un poste ait le soin aussitôt le passage d'un train de couvrir la voie derrière lui, ce qui le protège en arrière, et en même temps avertit le poste arrière que la voie est libre, et le poste avant qu'un train marche sur lui. Cette opération se fait par une double manœuvre. Un agent peut commettre une erreur. La plus grave serait évidemment d'avertir le poste précédent qu'un train est passé devant lui, sans cependant couvrir ce train en arrière, de telle sorte que le poste précédent pourrait laisser partir un second train, qui ne voyant pas d'arrêt au deuxième poste, s'engagerait sur la section suivante avant que celle-ci n'ait été débloquée. MM. Teste, Lartigue et Prud'homme avaient bien pensé à ce cas, et cherché à relier automatiquement les deux manœuvres ; le désir de laisser à leurs appareils la plus grande simplicité possible ne leur a pas fait réaliser cette condition, jugeant d'ailleurs les manœuvres assez simples, pour qu'elles soient toujours exécutées dans de bonnes conditions.

M. Sykes, en construisant ses appareils, a pu, tout en les amenant à la plus grande simplicité possible, y réaliser en même temps cette condition. Une seule manœuvre débloque la section arrière et couvre la

section avant, de plus, appliquant le principe anglais par lequel la voie est toujours couverte, le fait même, quand l'appareil est libre, d'ouvrir la voie à un train, entraîne le blocage de la partie précédente, alors même que l'agent aurait omis de couvrir son propre poste. Et quand les précédents ainsi enclenchés demandent l'autorisation de laisser passer les trains devant eux, l'agent du poste qui aurait opéré incomplètement, prévenu par cette demande, rectifie sa position.

L'appareil se compose d'un système de levier à verrou comme le levier Saxby, manœuvrant, soit des disques, soit des aiguilles ; d'une petite boîte avec des voyants indicateurs, munie au bas d'un bouton poussoir, ces deux engins étant solidaires, et enfin d'une sonnerie avec bouton de marche.

L'enclenchement se fait à l'aide d'un électro-aimant Hugues. Son armature, montée sur un levier à équerre, produit dans sa chute, lorsque l'aimant est affaibli par le passage d'un courant déterminé, en appuyant sur le poussoir du poste précédent : d'abord un premier déclenchement d'un verrou réglant le jeu des indicateurs ; puis en même temps la chute d'une tige à galet manœuvrant un solide verrou qui constitue l'enclenchement mécanique du levier.

Ainsi, à la gare A, point de départ, un train veut marcher vers B, mais les leviers à A étant enclenchés, l'agent ne peut les mouvoir sans au préalable avertir l'aiguilleur B qu'il a un train prêt à entrer dans la section entre A et B, et cela en faisant agir la sonnerie à ce poste. Si la section est libre, l'agent

en B presse sur le bouton poussoir de son appareil, et déclenche en A en faisant apparaître sur l'appareil en A ces mots : « Voie libre , » et sur le sien propre « Enclenché. Train en marche A vers B. »

Le levier A étant maintenant dégagé, l'agent s'en sert pour faire passer le train vers B, et une fois le train passé, il remet son levier en place, ce qui ramène l'armature en prise et l'enclenche de nouveau, en faisant changer les voyants indicateurs qui deviennent « enclenchés, train en marche de A vers B. »

L'agent B doit alors faire la même opération avec celui placé en C, et il ne pourra laisser passer le train que si C le déclenche.

Mais ce qu'il y a d'important à noter, ainsi que nous le disions plus haut, c'est qu'un appareil étant déclenché dès le début de la manœuvre du renversement du levier pour abaisser l'aile du sémaphore ; l'agent remet automatiquement son électro-aimant en prise avant le renversement complet du levier, et comme, par une disposition ingénieuse des crans du verrou intérieur, il ne peut manœuvrer son poussoir deux fois de suite, alors même qu'il aurait omis de ramener son levier, le poste précédent qui se trouve lui-même enclenché dans les mêmes conditions, lorsqu'il lui demande la voie libre, ne peut recevoir l'avis de celui-ci, malgré l'absence de signal visible en ce point ; car son poussoir étant inerte, il faut que ce poste se fasse à son tour déclencher par le troisième.

En un mot, la communication solidaire est établie non plus entre deux, mais entre trois postes, de telle

sorte que l'agent d'une station en avant ne peut dégager le levier d'une station précédente une seconde fois pour laisser passer un second train, avant d'avoir fait passer le premier train sur la section suivante, que cette section soit franchie, et avoir ainsi fait certainement voie libre entre la gare précédente et la sienne.

En Angleterre, où ce système est très-employé, il y a quelquefois de tels brouillards que l'agent placé dans le poste sémaphorique, bien que voisin de la voie, ne peut discerner le passage d'un train devant lui. Pour parer à ce grave inconvénient, M. Sykes a employé diverses dispositions, appareil automatique par lequel le poussoir ne se trouve dégagé que par le passage du dernier wagon en regard du point protecteur, ou bien appareil spécial manœuvré sur le bord même de la voie par un agent particulier qui peut voir le train, et qui, à son tour, en appuyant sur un poussoir placé en ce point, dégage celui du poste sémaphorique.

L'appareil Sykes, tel que nous venons de le décrire, remplit seulement le rôle des sémaphores précédents pour une voie droite sans bifurcation : mais il peut aussi, dans une certaine mesure, remplir le but des appareils Saxby pour les bifurcations, voies de garage, etc.

Considérons une portion de voie droite A, B, qui, en B, se bifurque en trois autres C, D, E. On installe une série de postes A en avant, B à la bifurcation, C, D, E à une certaine distance sur les trois nouvelles voies. En B, se trouve le disque d'arrêt et les leviers d'aiguille allant vers C, D, E. Soit le point B ayant

prévenu A de « voie libre, » ce dernier lui envoie un train. Le point B ayant reçu ce train en pressant sur le bouton presseur de son appareil, ne peut plus s'en servir, tant que l'une des voies C, D, E n'aura pas fait passer le train à destination. Les leviers d'aiguille correspondants à C, D, E, situés en B, sont enclenchés à la fois, de telle sorte que le mouvement avant et arrière de l'un d'eux est nécessaire avant que B ne puisse signaler de nouveau à A d'envoyer un second train. Il en résulte que B ne peut laisser partir un train de A avant que le précédent n'eût franchi un des trois points C, D, E. Si donc, pour ce second train, il y a erreur d'aiguillage, il ne pourra jamais dépasser le point C, D, E, déjà franchi par le premier, et ainsi toute collision est évitée. En même temps l'erreur est reconnue, ce second train peut en toute sécurité revenir à B, reprendre sa nouvelle aiguille. Ainsi l'on peut, dans ce cas, grouper les cinq postes A, B, C, D, E comme trois postes de Block system ordinaire, A, B et C, D, E n'en faisant en quelque sorte qu'un seul. A ce point de vue, on voit que ce système ramène les cas les plus compliqués aux cas simples.

§ 6. APPAREILS DE PROTECTION ET DE GARANTIE DES SIGNAUX.

Tous les appareils que nous avons décrits ou que nous avons encore à décrire ont tous pour but de régler l'emploi des signaux placés sur la voie, signaux avertissant les mécaniciens de l'état de la voie,

afin d'éviter les collisions de trains. Malgré tous les soins qu'on a pris pour simplifier ce service, pour en relier les diverses parties, afin d'éviter les chances d'erreur provenant d'une multiplicité et d'une division dans les manœuvres, il reste toujours une cause d'accidents, qui hélas n'est que trop fréquente. Nous voulons parler d'une erreur provenant du fait du mécanicien, soit qu'il ne distingue pas les signaux, soit qu'il veuille passer outre.

C'est pour obvier à ce grave inconvénient, que la compagnie du Nord a adopté un système imaginé par MM. Lartigue, Forest et Digney, grâce auquel le mécanicien est automatiquement averti que le disque qu'il va franchir est à l'arrêt, et qui, de plus détermine, indépendamment de l'action du mécanicien, la mise en marche des freins énergiques installés aujourd'hui sur presque toutes les lignes, et produisant l'arrêt des trains dans un court espace de chemin.

La compagnie du Nord qui a la première adopté ce système, en prévision des difficultés que les brouillards apportent à l'inspection des signaux, a réalisé par cela même, à notre point de vue, le système le plus complet de tous ceux qui ont été inventés, et qui ne laisse rien à désirer sous aucun rapport. Nous souhaitons vivement que toutes les lignes de chemin de fer appliquent ce procédé d'une façon générale, et nous sommes même surpris que le Ministre des travaux publics, sous l'autorité duquel est placée la surveillance des chemins de fer, n'ait pas forcé toutes les compagnies à procéder à cette installation dans

le plus bref délai. Il y a là une question du plus haut intérêt, et bien que l'avenir puisse peut-être nous apporter une invention supérieure à celle dont nous allons nous occuper, il est certain qu'en attendant, il faut se servir des moyens connus, surtout quand ils résolvent la question d'une façon aussi satisfaisante, et que l'expérience en a confirmé la valeur, car, chose qui peut paraître étrange, l'invention de MM. Lartigue, Forest et Digney date déjà de dix ans environ. On nous objectera la question de dépense : qu'est-ce que cela auprès de la vie de tous les voyageurs si exposés chaque jour sur les chemins de fer. Nous espérons que l'Exposition d'électricité, où le public aura pu examiner et apprécier cet appareil, aura comme premier effet de produire un certain mouvement dans l'opinion générale, qui réveillera l'attention endormie des autorités supérieures, et amènera de leur part une intervention au profit de tous.

Nous allons donner la description de ces divers appareils :

1° Sifflet électro-automoteur et arrêt automatique des trains.

Le principe sur lequel repose cet appareil est fondé sur l'emploi d'un contact fixe, placé entre les rails, à 200 mètres en avant de chaque disque à distance, et d'une brosse métallique formée de seize touffes de fils de cuivre et fixée derrière le cendrier, à la partie inférieure de la locomotive. Lorsque le disque est

fermé, le contact se trouve intercalé dans le circuit, et si le mécanicien n'aperçoit pas le signal, lorsque la locomotive passe au-dessus du contact, la brosse établit une dérivation du circuit dans un appareil qui agit sur le sifflet de la locomotive et la valve commandant la mise en prise du frein articulé du train entier. Ainsi donc, une action purement mécanique produira l'arrêt automatique du train au point voulu.

Le contact, baptisé par les agents du nom *de crocodile*, est formé d'une pièce de bois recouverte d'une feuille de cuivre qui communique, par l'un des supports isolés, avec le fil de ligne; en avant du contact se trouve une pièce de bois, ou bouclier, formant un plan incliné qui relève graduellement la brosse avant qu'elle ne frotte sur le contact fixe. Cette brosse est reliée par un fil conducteur spécial au sifflet électro-moteur, et de là à la terre par les pièces métalliques de la machine.

Lorsque le disque est à l'arrêt, il ferme le circuit dans lequel est intercalé le crocodile; si la brosse vient alors au contact, le courant positif traverse le sifflet électro-automoteur, et de là à la terre.

La figure 120 fait voir cette installation sur la voie, et la figure 109 montre le détail du mécanisme du sifflet. Il est formé par un électro-aimant de Hugues, c'est-à-dire d'un électro-aimant ordinaire, dont les noyaux sont en contact permanent avec un fort aimant. L'armature de l'électro-aimant est en temps de repos au contact du noyau, mais elle est en même temps sollicitée par un ressort antagoniste très-énergique, de telle sorte que si le courant vient à travers-

ser la bobine, l'équilibre qui existait est rompu, l'attraction sur l'armature se trouve un moment détruite par le changement de polarité, et le ressort antagoniste sépare brusquement l'armature qui transmet son mouvement à des leviers, les uns agissant sur le sifflet, les autres sur la valve à vapeur du frein. On voit que si le disque était ouvert, le contact fixe n'est pas dans le circuit, et le frottement de la brosse ne produit aucun effet. La figure 109 montre la disposition particulière pour le sifflet, et les figures 114 à 116 le détail complémentaire ajouté pour obtenir en même temps la manœuvre de la valve du frein continu.

*2° Appareil automatique de protection d'un train
par lui-même.*

Les inventeurs ne se sont pas bornés à ce premier résultat. Avec la disposition précédente, le train est donc automatiquement garanti par la fermeture du disque. Supposons maintenant qu'un train se présente devant un disque ouvert, nous avons vu qu'il ne se produisait rien, mais si on oublie de fermer le disque derrière lui, ou si même un train le suit d'assez près pour que cette manœuvre ne puisse être exécutée à temps, voici notre premier train en péril. On s'est donc proposé de construire un second appareil placé un peu après le disque, et remplissant cette condition, que le premier train en passant dessus remette le crocodile dans le circuit, de telle sorte que celui-ci agira sur un train suivant, alors même que la manœuvre du disque aurait été omise.

A cet effet, indépendamment du premier contact C (fig. 123), on en installe un second D au pied du disque, mis en communication avec le pôle négatif de la pile P, de service du disque. En outre, dans la gare, ou auprès du poste de manœuvre du disque, est placé un commutateur spécial U à cinq bornes d'entrée de fils, qui peut être actionné par une bielle et une manivelle solidaires du levier de manœuvre L.

Ces cinq bornes communiquent : 1° avec le fil conducteur qui va du pôle positif de la pile du disque au premier contact C; 2° avec la terre; 3° et 4° avec les deux pôles d'une pile spéciale P_2 placée au poste de manœuvre, munie d'une sonnerie spéciale S_2 ; 5° enfin avec la sonnerie S_1 ordinaire du disque.

Ceci posé, nous admettons le disque ouvert; un premier train passe en C sans que rien ne se produise; il en sera de même lors de son passage en D, quant au sifflet électro-moteur, car celui-ci reçoit un courant négatif qui ne désarme pas l'aimant, seulement ce courant traversant la machine retourne à la terre. Le circuit étant alors fermé, le premier contact C se charge d'électricité positive, et fera fonctionner le sifflet automoteur, et la valve de déclenchement, bien que le disque ne soit pas fermé. Le premier train se sera donc protégé par lui-même.

Le passage du train sur le contact D a pour conséquence de faire tinter la sonnerie S_2 .

Le commutateur U, qui est manié par le levier L, a pour objet de régler le jeu relatif des sonneries S_1 , S_2 .

Cet appareil est beaucoup plus récent que le précédent, il n'a pas encore reçu la sanction complète

d'une longue expérience ; cependant il semble devoir fonctionner avec un égal succès ; il compléterait donc absolument le rôle du premier, et ces deux dispositions combleraient tous les manques qui peuvent se produire dans le service des disques.

3° Signal acoustique doublant les signaux optiques.

L'appareil que nous venons de décrire a permis, avec une légère modification, de construire un signal acoustique doublant les signaux optiques, qui peut être employé, soit pour fournir un nouvel avertissement aux mécaniciens, soit pour prévenir les gardes-barrières de l'arrivée des trains, et les voitures circulant sur les routes prêtes à s'engager dans un passage à niveau.

Le train, en passant au-dessus d'un contact disposé comme le contact D, ferme un circuit qui se rend dans une boîte du genre de celle qui agit sur le sifflet électro-automoteur. Lorsque l'armature est sollicitée par le ressort antagoniste, elle déclenche un contre-poids qui fait fonctionner un piston dans un corps de pompe terminé par une trompe surmontant la boîte, et qui fait entendre un bruit retentissant. On ramène ensuite l'armature au contact, en tirant sur une poignée extérieure qui comprime le ressort détenteur, et en même temps remonte le contre-poids de la soufflerie, et par conséquent remet l'appareil dans la situation primitive.

4° Contrôleurs d'aiguilles.

Le système du contrôle de l'état des aiguilles est encore une disposition imaginée par M. Lartigue, et employée par la compagnie du Nord. Elle est d'autant plus intéressante que, dans beaucoup de cas, la manœuvre des aiguilles se fait par des transmissions rigides, avec des distances assez grandes entre l'aiguille même et le poste de manœuvre qui ne permettent pas à l'agent de contrôler ses opérations. Or, on sait qu'un mauvais contact entre les branches de l'aiguille et les voies qu'elle commande sont une source fréquente de déraillement, car il suffit d'un léger entrebâillement pour qu'à quelques mètres plus loin, l'écartement de la voie ainsi formée ne soit plus égal à celui des roues, d'où un déraillement.

Cet appareil n'est qu'un commutateur à mercure, composé d'une boîte en ébonite bien étanche et enduite à l'intérieur d'un vernis de gomme laque, divisée en deux compartiments inégaux par une cloison *a* percée d'un orifice *b*, fig. 121.

Lorsque la boîte s'incline, le mercure ne peut en sortir, il passe d'un compartiment à l'autre sous la forme d'un mince filet.

Des fils métalliques aboutissent à l'intérieur du plus grand compartiment à deux tiges de platine *c, d*, entre lesquelles la communication est établie ou interrompue suivant que le mercure les baigne toutes les deux ou en laisse une à découvert, ce qui dépend de la position horizontale ou oblique de la boîte.

Extérieurement aux rails (fig. 122), en regard des extrémités des lames d'aiguille sont fixées des plaques A sur lesquelles sont montés des leviers coudés B portant les commutateurs. Des boulons D traversant les rails sont montés à articulation sur les leviers coudés B. Lorsque l'on ferme l'aiguille dans un sens ou l'autre, la lame appuie sur le boulon qui fait basculer le levier et par suite le commutateur. Les deux contacts *c, d* cessant de baigner en même temps dans le mercure, *c'* et *d* communiquent entre elles, *c* avec la terre, *d'* avec une pile et une sonnerie. Des boîtes *o* enferment les commutateurs, les préservant des accidents extérieurs.

Il est facile de voir que dès qu'aucune des lames n'est exactement appliquée sur un rail, le circuit est fermé, les commutateurs étant horizontaux, et par conséquent la sonnerie placée près de l'agent le prévient aussitôt de cet état. L'appareil est ajusté de telle sorte que dès que l'intervalle entre un rail et une lame d'aiguille excède 3 à 4 millimètres, le courant se trouve fermé, et la sonnerie fonctionne. Grâce à cet appareil, un aiguilleur ne peut jamais laisser ses aiguilles dans un état où l'on puisse craindre un mauvais engagement des trains sur l'une ou l'autre voie.

QUATRIÈME PARTIE
SONNERIES ÉLECTRIQUES
ET AVERTISSEURS.

Nous avons exposé dans la partie précédente les applications spéciales de la télégraphie au service des chemins de fer. Ces applications qui prennent chaque jour un plus grand développement et forment le complément indispensable de toute exploitation de voie ferrée, ne sont cependant pas les seules que l'on ait faites de la télégraphie. En réalité, il est peu de services publics ou privés qui n'en fassent aujourd'hui un emploi avantageux. Nous groupons dans cette dernière partie l'étude générale de ces applications que nous pourrions exposer d'une façon un peu plus brève, soit à cause de la très-grande simplicité des appareils employés, conçus d'après les principes de ceux déjà décrits, soit au contraire à cause de leur excessive complication occasionnée par des services spéciaux, dont l'étude nous entraînerait à des digressions trop étendues, et tout-à-fait en dehors du cadre que nous nous sommes proposé.

CHAPITRE I^{er}.

Appareils employés pour les usages domestiques.

La télégraphie électrique a trouvé un large champ d'application dans les services domestiques, et a avantageusement remplacé les anciennes sonnettes qui servaient de moyen de correspondance entre les diverses parties d'un appartement, et cela par les avantages et la simplicité de son installation, la supériorité des résultats, et la différence avantageuse dans la dépense.

Comme le font remarquer MM. Pelletier et Taupin-d'Auge, dans une intéressante brochure qu'ils ont publiée sous ce titre : « *La pose et l'entretien des sonneries électriques*, » à laquelle nous aurons souvent recours, ce qui avait longtemps entravé l'extension de ce nouveau procédé, c'était l'erreur accréditée jusqu'ici qu'il fallait nécessairement des ouvriers spéciaux, soit pour installer, soit pour entretenir ce genre de sonneries. L'expérience d'une part chez les consommateurs, les principes de ce genre de travail vulgarisés d'autre part auprès de tous les constructeurs, ont triomphé de ce préjugé, et l'emploi de ce genre d'appareils prend tous les jours une nouvelle extension. La publication que nous mentionnions plus haut, n'a pas été sans apporter sa pierre à cet édifice en éclairant le public à tous les degrés.

Les appareils créés par divers inventeurs pour ces services sont assez nombreux, bien qu'assez semblables les uns aux autres et pouvant facilement se rapporter à quelques types, dont l'étude permettra au lecteur de pouvoir se rendre compte par lui-même de tous ceux qu'il rencontrera dans la pratique.

Toute installation de correspondance privée comprend, comme pour une installation télégraphique proprement dite, trois catégories d'appareils : les appareils de transmission, ceux d'appel et ceux de réception.

Les appareils de transmission comprennent les piles et les fils conducteurs avec leurs supports.

Les piles employées par les divers constructeurs sont assez nombreuses, mais le plus grand nombre de celles que la pratique consacre définitivement, sont des piles construites sur le modèle de Leclanché légèrement modifié, et cela avec raison, car cet instrument simple de construction est susceptible d'un fonctionnement régulier, de longue durée, ne demandant qu'un entretien facile et peut être confié à presque tout le monde. La pile ou la batterie de pile est généralement renfermée dans une boîte fermée, pour la protéger contre toute action extérieure et la conserver dans un bon état de propreté. Deux trous ménagés dans les parois laissent passer les amorces des fils conducteurs. Les piles sont établies en reliant le pôle zinc d'une pile au pôle cuivre de la suivante.

Le nombre de piles à disposer en batterie, dépend de la longueur du circuit établi, et augmente avec elle. En général, on n'emploie jamais un élément isolé, mais au moins deux, même pour les plus petits

parcours. Voici à cet égard quelques chiffres qui peuvent servir de base pour le montage d'une pile :

Au-dessous de 30 mètres de fil.	2 éléments.
— 50 — —	3 éléments.
— 100 — —	4 éléments.
— 150 — —	5 éléments, etc.

Toutefois, ces nombres ne s'appliquent en réalité qu'au service des sonneries simples. Si celles-ci sont accompagnées de tableaux indicateurs comme ceux que nous décrirons plus loin, il est bon d'augmenter le nombre des éléments dans la proportion de $1/4$ d'élément pour chaque guichet des tableaux.

Nous n'avons rien à dire au sujet du mode d'installation de ces batteries, que nous n'ayons déjà indiqué en parlant des télégraphes. On les dispose dans un endroit frais, mais point humide ; on doit toujours maintenir le niveau de l'eau aussi constant que possible, la dissolution ammoniacale devra toujours être limpide : un aspect laiteux dénote un appauvrissement et la nécessité de recharger la pile. Il faut toujours surveiller le bon état des vases poreux, éviter leur encroûtement qui produirait l'arrêt de l'appareil.

Les fils employés sont des fils de cuivre enduits de gutta-percha, et recouverts d'une enveloppe de soie ou de coton, ce qui permet de leur donner extérieurement telle couleur qu'on le juge convenable pour mieux les dissimuler sur les tentures où ils sont appliqués. Bien que l'industrie fabrique des fils de calibres variés et en assez grand nombre, on n'utilise guère dans la pratique que trois numéros distincts, le numéro 4 pour les communications à l'intérieur

des appartements, le 5 pour les colonnes montantes dans les escaliers, et le 6 pour les raccords avec les piles dans les sous-sols :

Le n° 4 de la jauge décimale de 0^m.0009, mesurant 180 mètres au kilog.

Le n° 5 de la jauge décimale de 0^m.0010, mesurant 160 mètres au kilog.

Le n° 6 de la jauge décimale de 0^m.0011, mesurant 137 mètres au kilog.

Ces poids sont relatifs au fil de cuivre nu, car les enduits et enveloppes les augmentent sensiblement, en particulier pour ces trois numéros de 1/3 à 1/2 environ.

MM. Pelletier et Taupin d'Auge font remarquer avec raison, qu'il y a dans la façon dont on isole le fil conducteur deux procédés différents : ou bien ils sont simplement enduits, ou garnis d'une gaine de gutta-percha. Le dernier conducteur revient un peu plus cher, et souvent à tort est délaissé pour le premier, car son peu de durée et son isolement bien inférieur sont loin de compenser la différence de valeur d'achat.

La pose de ces conducteurs se fait assez facilement. On les tend sur les murs sans toutefois les laisser toucher ; la facilité de les contourner à volonté permet de leur faire suivre les moulures et corniches de façon à les dissimuler presque entièrement. On doit éviter toute altération de l'enveloppe, et les contacts métalliques. L'on se sert pour les maintenir en place d'isolateurs en os formés d'un petit manchon évidé traversé par une pointe en fer pour le fixer sur les murs. En

enroulant le fil sur ce petit manchon, on assure une tension régulière. Ces isolateurs peuvent être également colorés, pour être mieux dissimulés à leur tour. On les place généralement à 1 mètre de distance les uns des autres. On emploie également des crochets et des pitons émaillés.

Toutes les fois qu'on devra traverser un mur, il est bon de recouvrir les fils avec un tube de caoutchouc, pour éviter l'action de l'humidité.

Les branchements ou la jonction des fils s'exécute en dénudant les deux extrémités à joindre, les bien nettoyant, puis cordant les deux bouts sur un à deux centimètres de long; rabattant les deux extrémités, et enfin recouvrant le joint d'une petite bande de gutta-percha, et d'une solide garniture du coton ou de la soie qui enveloppe le fil.

Les appareils d'appel peuvent être ramenés tous à un même type, à savoir un interrupteur formé de deux parties métalliques flexibles auxquelles aboutissent les fils conducteurs qui, ordinairement, ne sont pas en contact, et par leur rapprochement déterminent la fermeture du circuit et la transmission dans les récepteurs.

De tous ces appareils le plus connu est le *bouton d'appel* représenté ouvert et fermé fig. XXI et XXII. Il se compose d'un couvercle en dessus qui se dévisse et se visse suivant les besoins; d'un socle ou fond qui sert à fixer l'appareil sur une paroi quelconque. On voit dans la figure XXII deux petites languettes métalliques, l'une appliquée sur le socle, l'autre fixée par une extrémité seulement et se relevant à l'autre.

Ces deux languettes sont en cuivre avec des contacts argentés. Le jeu de l'appareil se comprend aisément, les deux fils conducteurs ayant été mis en contact chacun avec une des languettes, lorsqu'on appuie le doigt sur le téton en os placé au centre du bouton, celui-ci s'enfonce, fait toucher l'extrémité de la grande paillette contre la petite et le circuit est fermé.



Fig. XXI.

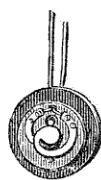


Fig. XXII.

La pose des appareils de ce genre est des plus simples. On fait dans le mur où il doit être placé une petite entaille circulaire où se loge le socle de fond, qu'on y fixe par deux vis, en ayant soin de placer dans la direction des fils conducteurs, une petite rainure ovale pratiquée sur le socle. Ces fils sont introduits par ce trou, dénudés à leur extrémité et fixés sous la vis d'attache des languettes. On visse le couvercle du bouton, et l'appareil est mis en place. Il faut bien prendre garde que les parties dénudées des fils ne soient jamais en contact.

Les boutons d'appel sont employés isolés, ou réunis par séries sur des plaques dites plaques de touches.

On a cherché à construire des appareils propres au même usage, mais dont on puisse se servir, quand

on est placé au milieu d'une pièce, à une table, par exemple, sans avoir à se déranger pour aller appuyer sur le bouton. Les tirages ou les poires sont destinés à remplir cet usage.

Le tirage est formé d'une petite boîte analogue d'apparence au bouton d'appel, seulement le téton central est remplacé par une petite tige dépassant la boîte et reliée à un cordon de tirage ordinaire. Les figures XXIII et XXIV représentent cet appareil fermé

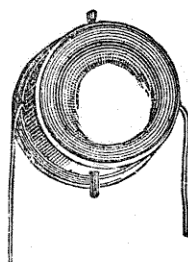


Fig. XXIII.

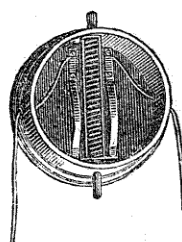


Fig. XXIV.

et ouvert, il renferme deux paillettes de cuivre fixées sur le fond et reliées aux conducteurs. Une double équerre en cuivre est maintenue contre la partie supérieure par un ressort-boudin qui embrasse la tige centrale. Lorsqu'on tire sur le cordon, on fait descendre l'équerre qui vient appuyer sur les deux languettes et ferme ainsi le circuit. Le ressort à boudin remet l'appareil dans les conditions primitives dès qu'on cesse de tirer sur le cordon. On comprend le service que peut rendre l'appareil qui nous occupe. La boîte de tirage peut être disposée à la partie su-

périeure de la muraille, de façon à être presque imperçue, et le cordon plus ou moins riche pend sur les tentures comme dans les anciennes sonnettes. Ce cordon plus ou moins long permet également de faire des appels d'un point quelconque de la pièce.

La poire remplit le même service que l'appareil précédent. Elle se compose d'un bouton d'appel dont les deux paillettes sont fixées en entier sur le socle, et reliées avec un autre câble mobile de deux fils terminés par un bouton en poire disposé comme le bouton d'appel décrit en premier.

Enfin, l'on construit des appareils dits pédale, disposés au ras du plancher dans les salles à manger sous les tables, permettant ainsi à la maîtresse de maison d'avertir les domestiques sans attirer l'attention des convives.

Ces pédales se composent d'un disque de cuivre (fig. XXV) qui s'encastre dans le plancher, portant au centre un petit tube où glisse dans un ressort à boudin une tige terminée extérieurement par le bouton. Une paillette, vissée sur un petit dé en bois fixé au disque, est en rapport avec un des fils, tandis que la tige du bouton est en communication avec l'autre. En appuyant sur le bouton, on fait descendre la tige qui rencontre la paillette, et le circuit se trouve fermé. Lorsque la pression cesse, le ressort à boudin, en faisant relever la tige, détruit le contact. Cette disposition peut d'ailleurs recevoir une foule de modifications.

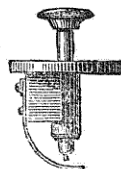


Fig. XXV.

Les boutons employés pour les portes cochères sont quelquefois des boutons d'appel à pression, comme le premier, ou des boutons à tirage entièrement analogues à ceux que l'on employait autrefois. Il est facile de comprendre comment en tirant sur un bouton, on détermine la rotation d'un axe portant une des paillettes qui vient ainsi en contact avec la seconde fixe. Un petit ressort tend à ramener le bouton dans sa position primitive.

Les appareils récepteurs se composent des sonneries employées d'abord seules pendant longtemps, puis des tableaux avertisseurs plus récents et qui ont permis de faire rendre à ces installations des services multipliés.

Les sonneries employées sont, quant au mécanisme, des sonneries trembleuses complètement analogues à celles que nous avons décrites dans l'étude spéciale des télégraphes. On donne une forme spéciale à la boîte qui les contient, permettant de les accrocher facilement contre la muraille; on en dispose à timbres en métal, ou en bois, à clochettes, à grelots, suivant l'intensité du son qu'on veut en obtenir et pour permettre de les distinguer quand il y en a plusieurs de voisines. Pour combattre les effets de l'atmosphère sur les boîtiers qui gonflent à l'humidité, ou se fendent dans la sécheresse, on monte souvent les sonneries sur des plaques de métal qui les isolent et les rendent indéréglables.

Il y a une grande variété de sonneries dans le commerce. On a établi un classement pour les distinguer facilement, en se basant sur le diamètre du timbre ou de la clochette.

NUMÉROS d'ordre.	TIMBRES en métal.	CLOCHETTES ovales.	GRELOTS.	TIMBRES en galac.	CLOCHETTES rondes.
	cent.	mill.	mill.	cent.	mill.
1	6	35	27	4	45
2	7	40	32	5	50
3	8	45	37	6	55
4	9	50	43	7	60
5	10	55	50	8	65
6	11	65	55	9	70
7	12		62		75
8	13		67		80
9	14				
10	15				
11	16				
12	19				
13	25				

Le tableau indicateur désigne, au moyen de guichets indiquant les diverses pièces d'un appartement, celle où l'on a sonné. Une seule sonnerie suffit pour toutes les pièces d'un même local, elle ne fait qu'appeler l'attention sur le tableau où apparaît l'indication du lieu d'appel.

En appuyant ensuite sur un bouton placé au bas du tableau, on fait disparaître les voyants apparus devant les guichets, et replace ainsi l'appareil dans les conditions primitives, prêt à transmettre de nouvelles indications.

Quant à l'appareil en lui-même, il est assez simple. Il se compose d'une boîte de forme généralement carrée, placée sur un socle faisant fond et qui dépasse le coffre tout autour. Une porte à charnière, garnie d'une

glace noireie avec des parties réservées pour des guichets, ferme le devant de l'appareil.

On voit, comme le montre la figure XXVI, qu'il contient autant de petits électro-aimants qu'il y a de guichets ou de postes d'avertissement correspondant. Entre les bobines de chaque électro se trouve une aiguille aimantée portant le voyant, posée en équilibre et pivotant sur un pont de cuivre. Supposons

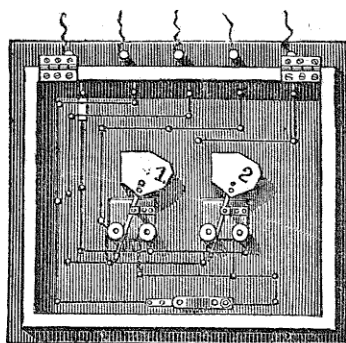


Fig. XXVI.

maintenant que cet électro-aimant et un bouton d'appel soient intercalés dans un circuit, que la fermeture du courant produise dans la partie supérieure du noyau de l'électro-aimant, un pôle du même nom que celui de l'aiguille aimantée qui est naturellement en contact avec l'une des bobines, il y aura répulsion, et le voyant, en se déplaçant de droite à gauche, viendra

se placer devant le guichet. L'aiguille prendra ainsi une nouvelle position d'équilibre jusqu'à ce qu'une action quelconque la ramène à sa première position. Ce résultat s'obtient en appuyant sur le bouton repoussoir du tableau, qui est disposé comme les boutons d'appel et sert à fermer un circuit local agissant dans les bobines en sens inverse du précédent.

La sonnerie est montée également en dérivation sur chacun des circuits d'appel, de façon à fonctionner chaque fois qu'un voyant est amené devant son guichet.

Un semblable tableau se pose contre le mur au moyen de crochets passant dans des agrafes vissées à la plaque de fond. Des bornes montées sur ce socle servent à fixer les extrémités des fils conducteurs, les communications dans l'appareil étant établies, soit avec de petits fils fixes, ou des languettes métalliques incrustées dans le socle.

Quelle que soit la quantité des guichets, les trois premières bornes sont toujours affectées au même service, à savoir : la première est reliée au fil du pôle positif de la pile, la deuxième à celui du fil négatif, la troisième à la sonnerie, les autres en nombre égal à celui des guichets au fil correspondant à chacun d'eux.

Un nombre assez considérable de fabricants construisent des appareils de ce genre ; les décrire tous serait fastidieux pour le lecteur, car, en réalité, il n'existe entre les divers modèles employés que des différences de détail dont il sera toujours facile de se

rendre compte en se reportant à tout ce que nous avons dit précédemment.

Les conditions générales qu'ils doivent remplir sont les suivantes : simplicité de construction et de manipulation, exactitude d'indications, garantie de fonctionnement contre les perturbations extérieures, et enfin économie dans le prix de revient. Il est incontestable que si l'on considère en particulier les garanties que ces appareils doivent présenter contre les perturbations extérieures, trépidations, chocs, etc., l'emploi des aiguilles aimantées à contre-poids ne présente pas toutes les conditions désirables, et qu'en particulier les nombreux ébranlements que subissent les maisons sur les grandes voies peuvent souvent amener des déplacements insolites dans les aiguilles.

La maison Pelletier a cherché à remédier à ces inconvénients par une nouvelle disposition du mécanisme qui résout parfaitement la question. On pouvait voir à l'exposition d'électricité un tableau indicateur suspendu à une sorte de petit câble, et qui, malgré toutes les secousses, toutes les oscillations, ne présentait jamais d'erreur dans son fonctionnement. Ce but a été obtenu en remplaçant les aiguilles aimantées par des armatures en fer doux, et en ne faisant agir le bouton repoussoir que mécaniquement. De plus, il offre des économies sensibles pour la durée de fonctionnement de la pile.

L'armature de l'électro-aimant est formée d'une petite bande de fer doux reliée par un petit ressort à un point fixe, de façon à être naturellement portée

hors du contact. Le levier qui porte le voyant est une petite pièce distincte, mobile autour d'un pivot entre deux buttoirs, dont l'un fixé sur l'armature fait prise dans une encoche de façon à produire une sorte d'enclenchement. Lorsqu'en appuyant sur le bouton d'appel, on rend l'électro-aimant actif et qu'il attire l'armature, celle-ci, en se déplaçant, dégage le levier porte-voyant qui tombe sous l'action de son propre poids et vient s'arrêter contre le second buttoir en regard du guichet. Le jeu du bouton repoussoir est aussi simple, il commande par un renvoi de leviers, un parallélogramme percé d'œillères oblongues embrassant un taquet monté sur le levier porte-voyant, près de son point de rotation. Les choses sont disposées de façon à ce que, ce levier étant au point le plus bas de sa course, ce taquet vienne butter contre une des extrémités de l'œillère. En faisant manœuvrer le parallélogramme, on repousse ce buttoir, relève le levier et détermine l'enclenchement avec l'armature. Quant au parallélogramme, un ressort antagoniste le ramène toujours à sa position primitive, quand l'action du repoussoir est terminée.

On peut, à l'aide d'une petite complication dans les appareils précédents, obtenir un résultat quelquefois nécessaire, consistant dans une réponse de la personne appelée pour faire savoir à l'appelant que son signal est parvenu à destination.

Dans le cas des sonneries employées comme seul moyen de communication, cela s'obtient à l'aide d'un appareil double, bouton et sonnerie disposé dans le circuit, ainsi que nous aurons l'occasion de l'indiquer

plus loin. Le même procédé de double bouton et de tableau indicateur répétiteur peut être également employé.

On peut encore se servir du moyen suivant : le bouton d'appel est placé dans une petite boîte contenant un électro-aimant en rapport avec le bouton repoussoir du tableau indicateur. L'action d'effacer le voyant détermine un courant qui fait apparaître un petit signal visible sur la boîte du bouton d'appel. Cette disposition est analogue à celle que nous avons décrite, à propos des sonneries disposées par M. Bréguet pour les installations télégraphiques.

M. Debayeux établit un système très-simple et très-propre au service des grands hôtels ou des administrations, avec un petit appareil de dimensions restreintes, et auquel on peut donner des formes plus ou moins élégantes, pour le placer sur une table de bureau ou contre le mur. Non-seulement on peut prévenir au dehors, mais indiquer l'objet ou la personne que l'on désire obtenir. Il se présente sous la forme d'une petite borne assez semblable à un portemonnaie, avec un tableau indicateur sur lequel se meuvent deux aiguilles. Un petit levier latéral sur lequel on appuie, remonte, par un petit contre-poids, l'une des aiguilles au sommet du tableau. La seconde se fixe sur la ligne comprenant l'indication qu'on veut transmettre, et en appuyant sur un bouton placé au sommet, on déclenche le contre-poids. La première aiguille tend à descendre le long du tableau jusqu'à ce qu'elle rencontre l'aiguille d'arrêt. Dans ce mouvement, elle glisse intérieurement sur

une crémaillère dont les dents sont isolées les unes des autres, produisant ainsi dans le circuit une alternative de ruptures et d'ouvertures du courant. L'appareil récepteur qui est assez semblable au premier, contient un échappement à ancre commandé par l'électro-aimant. Chaque passage de courant donne lieu à un mouvement de la roue d'échappement, et par suite au déplacement du contre-poids et de l'aiguille indicatrice qui, naturellement, descend exactement de la même quantité que celle du transmetteur. La manœuvre très-simple de cet appareil, puisqu'il n'y a qu'à appuyer sur le levier latéral pour ramener l'aiguille au point de départ après chaque opération, en fait un petit télégraphe très-intéressant, à contrôle, et qui pourrait recevoir de nombreuses applications. Un seul fil suffit pour un nombre assez considérable de mots du tableau, un second, indépendant du premier, avec une autre pile commande la sonnerie, qui tinte toutes les fois qu'on appuie sur le bouton supérieur du transmetteur, et produit le déroulement du contre-poids.

Le système de M. Debayoux, déjà ancien, a été réalisé depuis par un certain nombre d'autres constructeurs qui ont cherché à le simplifier et en assurer le fonctionnement peut-être un peu délicat. M. Pelletier vient tout récemment, par une modification à son dernier système de tableau avertisseur, de résoudre cette question d'une façon intéressante. Le voyant, au lieu d'un simple disque fixé à un levier, se compose d'un secteur comprenant un certain nombre d'indications qui viennent se placer à tour de rôle

devant le guichet, jusqu'à concurrence de douze énonciations, et produisant non plus un simple avertissement, mais bien une demande formulée. Ce résultat s'obtient simplement par un nombre de pressions sur le bouton d'appel, correspondant à l'indication que l'on veut produire. Le secteur porte une double crémaillère à dents en regard oscillant entre un buttoir porté sur l'armature à la façon d'une ancre renversée. Ce nouveau système offre un certain nombre d'avantages, tant au point de vue de la simplicité que du bon fonctionnement; il permet de conserver l'apparence ordinaire des tableaux indicateurs; toutefois, il ne porte pas de contrôle, et une erreur dans le nombre de pressions exercées sur le bouton d'appel, entraîne une fausse indication, que l'expéditeur ne peut rectifier par lui-même sur le champ.

Nous avons déjà décrit dans le chapitre consacré aux divers procédés de correspondance employés dans les chemins de fer, des appareils destinés à remplir le même but que les précédents, et dont quelques-uns offrent même avec ces derniers des points de similitude qu'on retrouvera aisément.

Il ne nous reste plus, pour terminer cette revue des appareils consacrés aux usages domestiques, qu'à dire quelques mots sur les divers modes employés pour leur installation, en nous bornant aux cas que l'on rencontrera le plus généralement.

On peut d'ailleurs satisfaire à presque tous les services à l'aide des combinaisons suivantes :

Services avec sonneries seulement.	Simples.	Appareil d'appel et sonnerie unique.
		Appareils d'appels multiples, et une seule sonnerie commune.
		Appareils d'appels actionnant à la fois deux sonneries.
	Complexe.	Le poste appelé pouvant accuser réception au poste appelant.
Services avec sonneries et tableaux indicateurs.		Appareils d'appel et tableau unique.
		Appareils d'appel et tableaux multiples.
		Appareils d'appel avec tableaux multiples indépendants et tableau répéteur indiquant celui qui fonctionne.

L'installation de quelques-unes de ces combinaisons est assez simple pour que nous puissions, surtout après tout ce qui précède, l'indiquer en quelques mots ; pour les cas les plus compliqués, nous aurons recours à de petites figures conventionnelles, dans lesquelles nous emploierons les notations suivantes :

P, pile, le fil partant du pôle positif par une série de traits — — —, celui partant du pôle négatif par un pointillé ordinaire Nous indiquerons par un trait plein ———, les fils de ligne servant à établir la communication entre plusieurs appareils.

B, bouton d'appel.

S, sonnerie.

T, tableau indicateur.

Dans le cas où l'on emploie ces appareils en double, c'est-à-dire que certains d'entre eux servent à

accuser réception du signal envoyé, nous les indiquerons par les mêmes lettres affectées d'un accent : B', S', T'.

Le premier cas, appareil d'appel et sonnerie unique, correspond à celui d'une installation télégraphique élémentaire, les deux fils partant de la pile vont au bouton d'appel, et la sonnerie est intercalée sur l'un d'eux.

Si plusieurs boutons d'appel doivent actionner la même sonnerie, on établit d'abord le circuit comme précédemment en opérant avec le bouton le plus éloigné, puis on branche sur chacun d'eux, deux tronçons pour le service de chaque bouton.

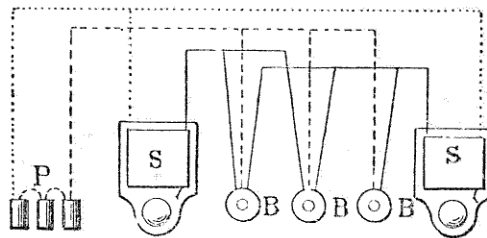


Fig. XXVII.

Dans le troisième cas, il faut ajouter sur les boutons d'appel une disposition supplémentaire, par un troisième contact, et disposer les fils ainsi que le montre la figure XXVII, ce qui, du reste, permet d'avoir des boutons d'appel actionnant les deux sonneries la fois ou l'une d'elles seulement. Ainsi dans la figure XXVII, les deux boutons de gauche actionnent e

même temps les deux sonneries, tandis que celui de droite n'agit que sur la sonnerie de droite seulement.

Le troisième cas présente plusieurs variétés suivant la position respective des appareils et surtout de celle de la pile par rapport aux autres. Supposons par exemple qu'un bouton d'appel monté sur une porte cochère doive à la fois agir sur une sonnette placée dans la loge, et une plus éloignée dans la maison. Dans des conditions semblables, la pile se trouvera généralement située entre les deux sonneries, et les fils se monteront ainsi que le représente la figure XXVIII.

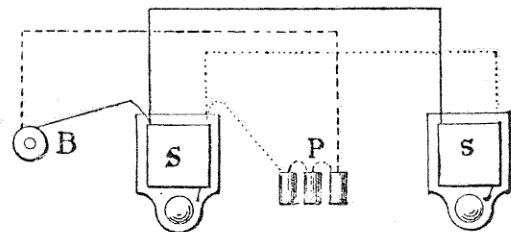


Fig. XXVIII.

Si, au contraire, les deux sonneries sont placées entre le bouton et la pile, on adoptera la disposition représentée fig. XXIX.

Enfin, si le bouton et toutes les sonneries se trouvent réunies d'un même côté par rapport à la pile, on monte le fil négatif sur la dernière sonnerie, avec dérivation sur toutes les autres, on fixe le pôle positif sur le bouton d'appel, et enfin de celui-ci un fil de

ligne allant à l'autre borne de la dernière sonnerie avec dérivation sur les autres.

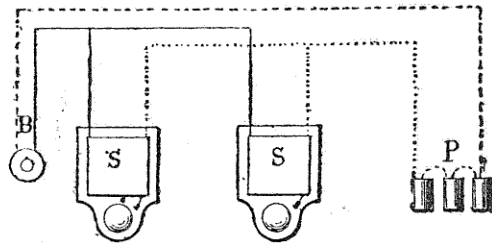


Fig. XXIX.

Le service d'avertissement par sonnerie, avec possibilité de réception de l'avis envoyé, peut être considéré à deux points de vue différents : ou bien les deux endroits correspondants sont relativement voisins, dans un même immeuble par exemple, ou bien ils sont assez éloignés comme une maison d'habitation et une dépendance dans un parc, ou un bureau et des ateliers écartés. Dans ce dernier cas, il faudra procéder à l'installation exactement comme pour ce que nous avons vu déjà à propos des télégraphes : le bouton d'appel remplissant le rôle du manipulateur, la sonnerie celui du récepteur. Il faudra donc en plus, à chaque station, une pile dont un des pôles sera mis à la terre, et un commutateur.

Mais lorsque la distance qui relie les deux systèmes d'appareils est relativement courte, on peut procéder à l'installation plus simplement, comme le montre la figure XXX.

L'installation des systèmes d'avertissement comprenant sonneries et tableaux, se fait aisément en observant les indications que nous avons données, à savoir que les trois premières bornes du tableau sont affectées, la première à une dérivation sur le fil po-

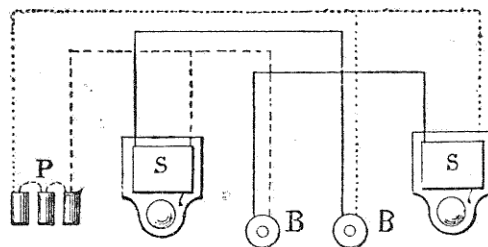


Fig. XXX.

sitif, la seconde à une autre sur le fil négatif, la troisième à une communication avec la sonnerie, et toutes les autres respectivement avec chacun des boutons d'appel.

La figure XXXI montre le cas d'un tableau unique à quatre guichets commandé par quatre boutons.

La figure XXXII celui de deux tableaux distincts commandés par un même nombre de boutons.

Enfin, il nous reste à parler du dernier cas le plus complexe, celui de deux systèmes distincts formés chacun d'un tableau et de ses boutons, et d'un troisième tableau indiquant quel est celui des deux précédents qui fonctionne. L'utilité d'une semblable installation se rencontre souvent. En voici un exemple :

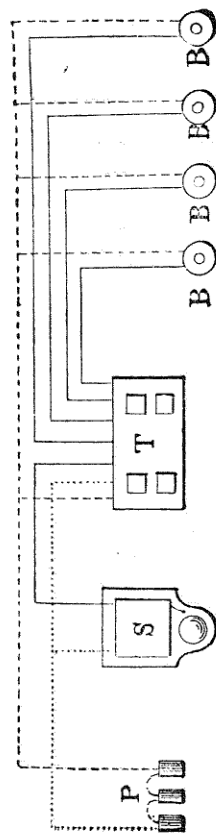


Fig. XXXI.

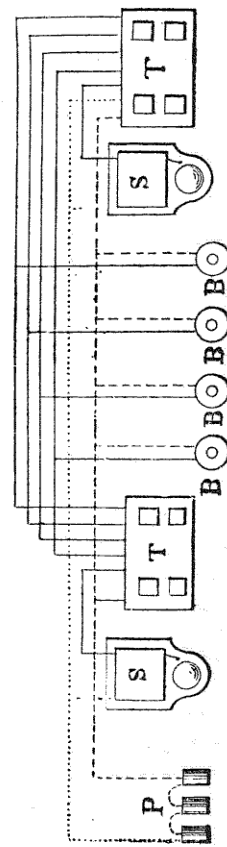


Fig. XXXII.

Supposcz un hôtel, chaque étage est muni d'un tableau indicateur avec autant de guichets qu'il y a de chambres; quant au tableau répéteur, il sera placé dans le bureau même de l'hôtel, indiquant ainsi au gérant qu'un voyageur appelle à tel étage, et comme l'indication à ce tableau répéteur ne disparaît que lorsque l'on a fait également tomber le voyant au tableau indicateur, le gérant peut ainsi constater si le service est fait, et, en cas d'absence des domestiques, en envoyer un autre pour satisfaire à la demande faite. Le procédé à suivre diffère d'ailleurs très-peu du précédent, ainsi que le montre la figure XXXIII.

Le téléphone est appelé à jouer un grand rôle dans les correspondances privées, pour communiquer facilement des diverses parties d'un appartement ou d'une maison. Son introduction si récente reçoit cependant tous les jours des développements de plus en plus considérables. Les cornets acoustiques semblent, il y a quelques années, un progrès d'une importance énorme, leur règne est bien près de finir, et le téléphone viendra les remplacer avantageusement.

Une des fréquentes applications domestiques de la télégraphie consiste dans le service d'avertissement de l'ouverture ou de la fermeture des portes, ce qu'on nomme les *contacts de sûreté*.

Il en existe de deux sortes. Tant que la porte reste ouverte, une sonnerie d'avertissement fonctionne, ou bien cette sonnerie ne fonctionne qu'au moment de l'ouverture et de la fermeture de la porte.

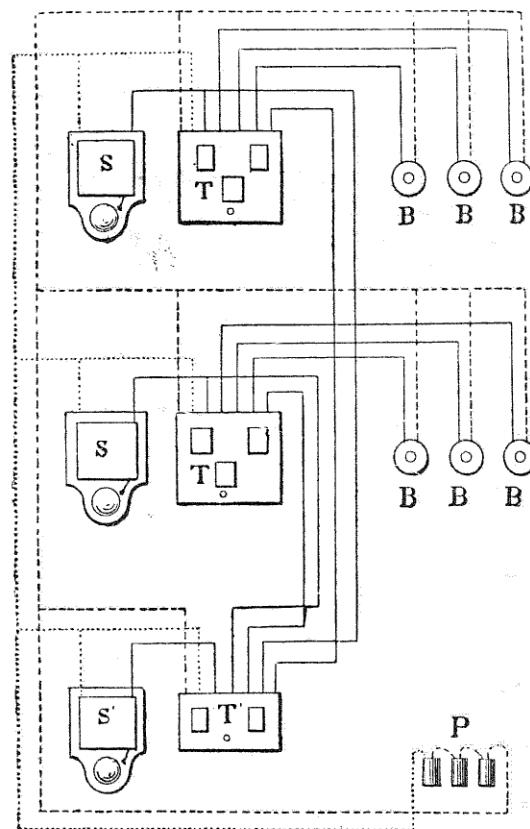


Fig. XXXIII.

Dans le premier cas, le petit appareil employé se dispose dans la feuillure, d'où le nom de *contact de feuillure*. Il se compose, ainsi que le montre la figure XXXIV, d'une petite plaque en cuivre d'environ 10 centimètres de long sur 2 de large et 4 millimètres d'épaisseur, fixée par deux vis dans la feuillure de l'encadrement de la porte. Au centre est percé un trou pour le passage d'une demi-rondelle en caoutchouc durci.

Un fort ressort spiral en fer est fixé d'un côté de la plaque, et son extrémité est pourvue d'un contact argenté, et un peu en deçà une rondelle en caoutchouc

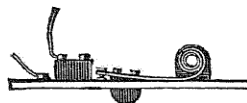


Fig. XXXIV.

pénétrant dans le trou central de la plaque. De l'autre côté de la plaque est un petit dé en caoutchouc portant un second contact qui vient s'appliquer sur la plaque de cuivre en regard du précédent.

Le fonctionnement de l'appareil est facile à comprendre. Quand la porte est fermée, elle appuie sur la rondelle de caoutchouc qui, dans son mouvement, fait relever le ressort spiral, et les deux contacts argentés ne sont pas en prise. Si on vient à l'ouvrir, le ressort agit pour faire rentrer la rondelle à travers la plaque de cuivre et vient toucher le second contact, fermant le circuit et par suite mettant la sonnerie en branle.

Lorsqu'on ne veut obtenir de sonnerie qu'aux ouvertures et fermetures de la porte, ce qui remplace le tintement prolongé du cas précédent par de petits tintements de courte durée, on emploie la disposition représentée fig. XXXV, qui se pose au-dessus de la

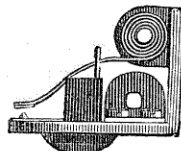


Fig. XXXV.

porte sur l'encadrement. Les deux contacts sont naturellement écartés, à l'inverse de ce qui se produisait tout à l'heure; la porte, dans son mouvement de va-et-vient, passe sous la rondelle saillante, elle force celle-ci à remonter et met les deux contacts en prise. Lorsque l'on veut enfin que la sonnerie ne fonctionne qu'à l'ouverture seulement de la porte, on munit celle-ci d'un pied de biche analogue à celui employé pour la manœuvre des timbres ordinaires, lequel n'exerce de pression sur la rondelle qu'à l'aller de la porte, et qui, au retour, se replie sur lui-même et passe sans faire remonter ladite rondelle.

On comprend sans peine que ces systèmes d'avertisseurs peuvent être multipliés à l'infini pour une foule d'usages : avertisseur adapté à des marches d'escalier, aux serrures des coffres-forts, etc. La construction de ces appareils n'offre d'ailleurs rien de particulier, et il sera facile de se rendre compte de leur fonctionnement, par comparaison avec ceux que nous avons décrits en détail.

CHAPITRE II.

Applications de la Télégraphie aux annonces d'incendie.

Cette application n'est pas l'une des moins intéressantes qu'on ait su retirer de la télégraphie, aussi a-t-elle reçu depuis quelques années de grands développements. Nous sommes toutefois obligés de reconnaître que la France s'est laissée distancer par beaucoup d'autres pays sur ce point, notamment par l'Allemagne, l'Amérique et l'Angleterre. Ainsi, bien qu'on ait créé à Paris un système d'avertisseurs, ils ont reçu jusqu'à présent si peu d'extension, que beaucoup de personnes en ignorent l'existence.

Ce qui est intéressant dans cette étude, ce n'est pas tant la nature des appareils employés, appareils toujours simples et se réduisant à des sonneries, des transmetteurs locaux à boutons poussoirs, et des récepteurs à cadran ; mais, bien dans les méthodes d'installation. M. Fischer-Truenfeld a publié une étude très-détaillée et très-intéressante, des installations établies en Allemagne, d'où nous extrayons les renseignements suivants :

La ville de Hambourg possède deux stations centrales où se trouve la brigade centrale d'incendie et de police. De ces stations centrales, sept lignes aboutissent aux divers faubourgs où elles sont alors reliées avec un certain nombre de postes de quartier. S'il vient à se produire un incendie dans un point quelconque d'un des secteurs ainsi déterminés, l'annonce

en est faite immédiatement au poste central, ainsi qu'aux divers postes de la région qui, mis en rapport par une ligne télégraphique ordinaire, reçoivent les ordres nécessaires pour l'organisation des secours.

L'appareil télégraphique est des plus simples. L'avertisseur ou interrupteur du courant est placé dans une boîte en verre, aux coins des rues principales et dans les grands édifices. Il a pour effet de produire à la station centrale et sur un récepteur Morse, un certain nombre de signaux qui sont préparés d'avance en relief sur le pourtour du disque de l'avertisseur. Dès qu'un incendie éclate, on ouvre la boîte de l'avertisseur le plus proche, et en tire une manivelle qu'il contient.

Cette manivelle met en jeu le disque des contacts, qui transmet le signal. A Hambourg, il y a quarante-sept stations avec appareil Morse, et cinquante avertisseurs automatiques. Sauf à la station centrale, tous les Morse sont en dehors du circuit, qui ne contient qu'une sonnerie très-bruyante. La station centrale prévenue peut à son tour avertir à la fois ou séparément, les postes d'un seul ou de plusieurs districts.

Un système analogue existe à Amsterdam, à Francfort-sur-le-Mein, etc.

En Amérique, l'installation est assez semblable à celle que nous venons de décrire. L'annonce d'un incendie, opérée sur un avertisseur quelconque, va directement d'abord au poste central, mais le traverse et par suite d'une combinaison automatique organisée dans ce poste, retourne dans toutes les stations du district d'où cette annonce est partie. Il y

a ainsi une plus grande rapidité dans les transmissions, mais aussi il peut y avoir une certaine confusion, et le signal aux postes intermédiaires expédié du poste central permet peut-être une meilleure organisation du service.

A Londres fonctionne un service du même genre installé par M. Bright. Chaque quartier possède un poste central d'incendie, et sur la voie publique de distance en distance sont des bornes répondant à certaines subdivisions. Vient-il à se produire un incendie dans une subdivision, on n'a qu'à pousser sur un bouton placé dans la borne, aussitôt la sonnerie prévient le poste central, où le récepteur est formé d'un cadran avec autant de divisions qu'il y a de bornes dépendantes. Chaque borne porte un numéro et un chiffre correspondant est tracé sur le cadran du récepteur. Dès que la sonnerie tinte, le veilleur saisit la manette qui est au cran d'arrêt et la tourne au-dessus du cadran jusqu'à ce que la sonnerie cesse d'agir. Il connaît ainsi le n° de la borne appelante, et la subdivision où se produit l'incendie. Il ramène sa manette au zéro en achevant le tour du cadran. Si deux subdivisions venaient à l'interpeller à la fois, lorsqu'il revient au zéro, la sonnerie recommence à tinter pour s'arrêter lors du passage de la manette sur le numéro correspondant de la seconde borne appelante. De plus, ce contact persistera même après la cessation du courant. Mais alors si, en appuyant sur le bouton du plateau, on vient par un levier agir sur la partie inférieure de l'armature, la détacher et la faire osciller en sens contraire du premier mouve-

ment, elle retournera au contact avec l'autre extrémité du noyau et l'appareil sera revenu à sa position primitive.

Tel est en principe le mode d'installation de tous les appareils de ce genre, qui peuvent être variés à l'infini au point de vue de l'agencement et des détails de construction, mais dont il sera facile de comprendre le fonctionnement en se reportant à ce qui précède.

Nous n'avons pas besoin de dire que la sonnerie est reliée par dérivation avec chacun des petits circuits, réunissant un voyant et son bouton d'appel, de façon que chaque déplacement d'un voyant quelconque est accompagné d'un tintement du timbre qui surmonte le tableau indicateur.

On peut, à l'aide d'une petite complication dans l'agencement, permettre à celui qui reçoit la communication de donner la réponse, ou tout au moins de faire savoir qu'il a entendu. A cet effet, le bouton transmetteur est placé sur une petite boîte contenant un électro-aimant en rapport avec un autre transmetteur placé sur le tableau des voyants, et qui peut même être commandé par le poussoir qui fait disparaître le voyant, à la condition de mettre un de ces boutons par guichet. L'action d'effacer le voyant donne lieu sur la boîte du transmetteur à l'apparition d'un petit signal, ou au tintement d'une sonnerie à timbre en bois à sons faibles, indiquant ainsi qu'on a pris connaissance de l'ordre transmis.

L'installation de ces appareils à transmissions de signaux fixes et définis a pris une telle extension, sur-

tout dans les administrations, que les constructeurs se sont ingéniés à établir des appareils qui, tout en conservant l'apparence simple des premiers, permettent cependant à une personne placée en un point de l'immeuble d'échanger avec une autre éloignée, un certain nombre de signaux définis. Là encore le principe appliqué est élémentaire et sera facilement compris.

A Paris, il est établi sur la demande des particuliers qui le désirent, et moyennant un abonnement peu coûteux, une communication directe avec le poste central des sapeurs-pompiers. Pour annoncer un commencement d'incendie, il n'y a qu'à presser sur un bouton ; au poste des veilleurs à la caserne centrale une sonnerie avec un voyant indicateur transmet ce signal et en indique l'origine. Le poste central qui est en rapport télégraphique avec tous les autres postes de la ville, prévient aussitôt ceux qui doivent courir au feu. Un appareil un peu plus compliqué, analogue au cadran Jousselin, permet de plus dans les grands immeubles de désigner le point spécial où se déclare le feu. Les théâtres, les grands magasins, les administrations ont pour la plupart souscrit à cet abonnement. Mais de là au service général et public que nous présentent les autres capitales, il y a une différence bien grande, et on peut vraiment s'étonner que Paris ne soit pas organisé comme Hambourg, New-York, Londres, où des avertisseurs placés à chaque coin de rue permettent de donner immédiatement l'éveil dès que le feu prend naissance en un point quelconque.

A côté de ces appareils à manipulation manuelle, il existe encore une autre classe d'avertisseurs, destinés à prévenir automatiquement de la production du feu au point où ils ont été placés. Ces appareils, très-simples d'ailleurs, rendent de grands services, si on les applique à de grands immeubles, de grands magasins où les marchandises entassées rendent quelquefois la surveillance des veilleurs très-difficile. Ils sont tous basés sur un même principe, interrupteur dans le circuit disparaissant à une température déterminée et rétablissant ainsi le courant qui agit au poste de veille sur une sonnerie et un appareil analogue à celui de M. Bright et permettant de reconnaître le point signalé. Cet interrupteur est formé par un alliage fusible, interrupteur à mercure et boule d'air dont la dilatation par la chaleur charge le niveau du mercure.

On en construit fonctionnant depuis des températures de 53°.

CHAPITRE III.

Applications diverses.

On ne saurait décrire toutes les applications de l'électricité sans être entraîné, rien que par leur nomenclature, à un volume entier. Il est peu de services publics ou privés qui n'aient trouvé de grandes ressources en utilisant l'électricité, et cela rien qu'à la correspondance, indépendamment de tous les autres effets qu'on peut en tirer, éclairage, force motrice, etc.

1° Météorologie.

La météorologie, science encore toute nouvelle, qui, malgré les grands progrès qu'elle a faits, laisse encore un champ si vaste à défricher, n'en doit pas moins la plus grande partie de ses progrès à l'utilisation de l'électricité. En effet, presque tous les phénomènes atmosphériques sont aujourd'hui enregistrés automatiquement par des appareils télégraphiques, permettant d'en suivre la marche continue, leur relation mutuelle, et dont l'examen autrement impossible a permis de poser quelques règles qui ont fait avancer beaucoup de questions. Toutes ces indications recueillies dans des observatoires, en des points très-différents du globe, sont transmises télégraphiquement de l'un à l'autre, et c'est grâce à cela qu'on a pu résoudre en partie le problème de la prévision du temps, problème si intéressant au point de vue de la navigation, de l'agriculture, etc. Les règles déduites des observations dont nous parlions plus haut ont établi que, lorsque certains phénomènes atmosphériques se produisaient en des points déterminés, il en résultait des perturbations qui se transmettaient généralement dans l'air en suivant un trajet déterminé, et atteignaient par conséquent tel ou tel autre point dans des temps plus ou moins longs suivant leur intensité. Il en résulte que le premier observatoire peut, aussitôt la constatation des phénomènes en question, avertir télégraphiquement tous les points menacés et prévenir, par exemple, les points maritimes où les précautions sont prises aussitôt. C'est grâce à ce sys-

tème combiné d'observations et de correspondance, que nous recevons depuis quelques années les prévisions d'orages reconnus d'abord sur les côtes du Mexique et atteignant les côtes occidentales de l'Europe, dans des délais assez exactement désignés à l'avance.

Le même système, appliqué au service d'observatoires à l'intérieur des terres, rend des services analogues.

2° *Art militaire.*

L'art militaire n'a pas été le dernier à utiliser les immenses avantages des services télégraphiques.

L'art de la balistique, ou étude de la marche des projectiles des armes à feu, a pu trouver des moyens nouveaux et précis de contrôle pour constater la vitesse dans les pièces d'artillerie, pour suivre pas à pas ses variations. Nous ne pourrions entrer ici dans le détail des appareils employés pour cet objet sans être entraînés hors de notre cadre. Mais il est cependant facile de s'imaginer un peu, à vol d'oiseau en quelque sorte, la façon dont on opère. Supposons sur la trajectoire d'un projectile, dans l'axe même de la pièce, une série d'interrupteurs formés par de petits ressorts placés dans un circuit avec appareil enregistreur, il est évident que le projectile, dans sa course en établissant le contact de ces interrupteurs, produira une série d'actions électriques enregistrées automatiquement, et qui permettront facilement de construire la courbe représentative des vitesses. Des installations plus complexes peuvent encore servir à étudier la marche du projectile en dehors de la pièce.

Puisque nous parlons des applications du télégraphe à l'artillerie, nous en citerons encore deux présentant un grand intérêt et se rattachant aux précédentes.

Dans les tirs au fusil, il est facile de disposer la plaque de mire, de telle manière qu'un petit appareil placé auprès du tireur lui indique, après chaque coup tiré, le point où a frappé la balle. Il suffit pour cela de composer cette plaque de mire d'une série de petits carrés juxta-posés, et formant chacun un interrupteur transmettant à un tableau à guichet similaire placé à côté du tireur. Quand la balle vient frapper un de ces petits carrés, elle le fait céder sous elle comme un bouton poussoir ordinaire, et sur le tableau de réception un petit voyant apparaît, indiquant exactement le point frappé. Cet appareil rappelle ceux que nous avons décrits pour les usages domestiques.

Dans les écoles d'artillerie, pour le tir au canon par exemple, la disposition précédente serait assez difficile à appliquer, il faut toujours conserver le poste de tir et le marqueur placé près de la cible et qui observe les résultats. On sait qu'il arrive souvent des accidents causés par l'inattention des uns ou des autres. MM. Lartigue, Tesse ont pu organiser un système de tir où il ne peut se produire rien d'analogue, grâce à une heureuse adaptation de l'appareil qu'ils ont inventé pour les signaux de chemin de fer. Nous renvoyons le lecteur à l'article spécial consacré à cet appareil pour le détail du fonctionnement. Nous nous contenterons d'en décrire seulement les effets dans le cas particulier qui nous occupe.

La cible est complètement isolée, le marqueur ne peut s'en approcher qu'en ouvrant la porte d'une cabine où il reste enfermé pendant le tir. D'autre part, les appareils fixes qui servent aux épreuves sont munis d'une sorte de calotte tournant à charnière sur la culasse des pièces, et de plus un grand écran mobile vient tomber devant le poste du tir et boucher la vue de la cible. Ces trois dispositions sont reliées ensemble électriquement et commandées par le marqueur.

Lorsque le tireur, à l'aide d'une sonnerie, prévient le marqueur qu'il doit examiner la cible, celui-ci, pour ouvrir la porte de sa cabine, lui donnant communication avec la cible, doit agir sur la manette d'un appareil placé à sa portée, et exécute ainsi les trois opérations suivantes : il déclenche un verrou qui condamne la porte, fait abaisser l'écran devant le poste de tir, et relever les calottes sur les culasses des pièces qui sont à leur tour enclenchées mécaniquement, de telle sorte que non-seulement le tireur n'aperçoit plus la cible, mais qu'il lui est encore impossible de charger ses pièces.

Lorsque le marqueur a terminé son examen, il doit refermer sa porte, puis agir en sens contraire sur la manette pour rendre la liberté d'opérer au tireur. Naturellement il opérera en même temps l'enclenchement du verrou de la porte de sa cabine, et comme, par suite d'une communication électrique spéciale, cette manœuvre ne peut s'exécuter que si la serrure à main de la porte est elle-même fermée, il est parfaitement certain que, lorsque le marqueur aura

rendu la possibilité du tir, il lui sera impossible de se trouver exposé en dehors de sa cabine. L'appareil est installé en double de façon que, de même que le tireur ne peut opérer que sur la permission du marqueur, celui-ci ne peut également ouvrir sa porte et condamner les pièces que si le tireur lui en donne la possibilité. Cet appareil est très-intéressant.

3^e Télégraphie militaire.

Nous mentionnerons encore le service proprement dit de la télégraphie militaire, où la question de l'installation des lignes a conduit à des dispositions et un matériel spécial, à cause de l'instabilité et du déplacement incessant que ces lignes doivent subir.

Suivant M. Floridor Dumas, la première application de la télégraphie, dans les armées françaises, date de 1837, dans une expédition en Algérie dirigée par le maréchal Randon.

L'installation d'un poste télégraphique militaire qui est forcément un poste ambulant, ne présente pas par lui-même, quant aux appareils transmetteurs ou receveurs, de grandes différences avec les postes ordinaires. Ces appareils sont disposés dans un fourgon divisé en deux parties, l'une qui contient les appareils eux-mêmes, en général du système Morse, l'autre les bobines sur lesquelles sont enroulés les câbles qui se dévident ainsi au fur et à mesure du déplacement de la station, et permettent de maintenir les communications entre deux postes dont la distance est sans cesse variable. Une disposition spéciale as-

sure toujours la communication exacte du fil de terre avec le sol par les roues du véhicule.

Outre les bobines que porte avec elle la voiture-poste, des fourgons spéciaux en contiennent d'autres, afin de ne pas charger les premières d'un poids trop considérable de câble nécessaire pour remplir tout l'espace qu'une pareille voiture peut franchir par jour et qui est estimé à 20 kilomètres. Ces chariots portent également des lances servant à établir sur le sol des poteaux provisoires qu'on peut mettre en place ou enlever rapidement et facilement.

Lorsqu'une expédition doit traverser un pays montagneux, où la circulation des voitures serait impossible, on a recours à des postes volants dont le matériel est porté à dos de mulets.

Enfin, il arrive quelquefois que les communications télégraphiques ne peuvent s'effectuer, si, par exemple, un corps d'armée opère dans une contrée ennemie qui n'est pas entièrement occupée ou que des bandes de partisans sillonnent dans tous les sens; il est évident que l'on ne pourrait assurer sur une grande longueur la sécurité des lignes qui seraient coupées à chaque instant. On a alors recours à des appareils basés sur l'emploi des signaux optiques pour la construction desquels M. le colonel Mangin a conquis une juste célébrité.

Cet appareil très-simple consiste dans une sorte de lanterne magique avec laquelle on envoie, dans une direction déterminée, un faisceau de rayons lumineux concentrés parallèlement. Le jour on emploie la lumière réfléchie du soleil, la nuit celle d'une

lampe enfermée dans la boîte. On comprend qu'il a été possible d'imaginer un alphabet conventionnel basé sur la formation d'éclipses de ce faisceau suivant un mode déterminé, et que l'on peut encore arriver au même résultat en faisant traverser à ce faisceau de lumière des verres qui la colorent et donnent lieu à des feux différents.

M. Leseurre a construit, dans ses services en Algérie, un appareil très-ingénieux à l'aide de miroirs réfléchissant la lumière solaire et permettant de correspondre aussi facilement qu'avec le télégraphe ordinaire.

Enfin, pour terminer, nous mentionnerons le grand projecteur de lumière électrique dû également au colonel Mangin, utilisé lors du siège de Paris en 1870, et qui permet facilement, à des assiégés, par exemple, de correspondre avec un point du territoire très-éloigné d'eux. Cet appareil est encore très-employé pour les correspondances de navire à navire, ou d'un port avec un navire en pleine mer.

La police, les services judiciaires, les transactions commerciales ; en un mot, pour être exact, toutes les fonctions sociales ont trouvé des ressources immenses dans l'emploi du télégraphe, et chaque jour apporte un élément nouveau au dossier déjà si considérable des services procurés par cette invention.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

PRÉFACE.	P
------------------	---

PREMIÈRE PARTIE.

Télégraphie électrique.

CHAPITRE I ^{er} . — <i>Du principe de la télégraphie électrique.</i>	
§ 1. Historique.	
§ 2. Appareil élémentaire constituant un télégraphe électrique.	
CHAPITRE II. — <i>Des piles usuelles en télégraphie.</i>	
§ 1. Systèmes Cailaud, Leclanché, Thomson, Siemens, Halske, Minotto.	
CHAPITRE III. — <i>Des lignes télégraphiques.</i>	
§ 1. Lignes aériennes.	
1 ^o Fils.	
2 ^o Poteaux.	
3 ^o Supports isolants.	
4 ^o Pose d'une ligne aérienne.	
§ 2. Lignes souterraines.	
§ 3. Lignes sous-marines.	
CHAPITRE IV. — <i>Des appareils communs à l'installation de tout système télégraphique.</i>	
§ 1. Parafoudre.	
Paratonnerre à pointes.	
— à lame isolante.	
— à fil préservateur.	
— de M. Ch. Bright.	

TABLE DES MATIÈRES.	383
§ 2. Commutateurs.	41
Commutateur rond.	41
— bavaois.	41
— suisse.	42
— inverseur.	42
§ 3. Sonneries.	43
Sonnerie à trembleur ordinaire.	43
— à relais et voyant.	43
§ 4. Bobines et boîtes de résistance.	46
§ 5. Condensateurs.	47
CHAPITRE V. — <i>Des appareils télégraphiques à signaux fugitifs.</i>	48
§ 1. Télégraphe anglais de MM. Cooke et Wheatstone, dit Single-needle.	48
§ 2. Télégraphe à cadran de M. Breguet.	51
§ 3. Télégraphe à clavier de M. Froment.	57
§ 4. Télégraphe à signaux Chappe de MM. Foy et Breguet.	60
§ 5. Télégraphe à cadran de M. Siemens et de M. Wheatstone.	61
CHAPITRE VI. — <i>Appareils télégraphiques à signaux permanents.</i>	63
§ 1. Télégraphe Morse.	63
1 ^o Morse construit par MM. Digney.	63
2 ^o Modifications diverses apportées au type Morse.	74
§ 2. Relais.	78
Relais Froment.	81
— Siemens.	82
— polarisé Siemens.	83
Parleur.	84
§ 3. Télégraphe automatique de M. Wheatstone, système Morse.	85

§ 4. Télégraphes enregistreurs à cadran.	
1 ^o Télégraphe de M. Chambrier.	
2 ^o — de M. de Baillehache.	
§ 5. Télégraphe enregistreur de M. d'Arlincourt.	1
§ 6. Télégraphe imprimeur de Hugues.	1
CHAPITRE VII. — <i>Des télégraphes enregistreurs autographiques.</i>	1
§ 1. Pantographe électrique de l'abbé Caselli.	1
§ 2. Télégraphe de M. Meyer.	1
§ 3. Télégraphe de M. d'Arlincourt.	1
§ 4. Télégraphe de M. Lenoir.	1
§ 5. Télégraphe écrivant de M. Cowper.	
CHAPITRE VIII. — <i>Des télégraphes multiples.</i>	
§ 1. Télégraphe de M. Meyer.	
§ 2. Télégraphe de M. Baudot.	
§ 3. Télégraphe multiple de M. Williot.	
CHAPITRE IX. — <i>Des appareils télégraphiques spéciaux pour les lignes sous-marines.</i>	
§ 1. Galvanomètre Thomson.	
§ 2. Système Recorder.	
CHAPITRE X. — <i>Des installations des transmissions télégraphiques.</i>	
§ 1. Des phénomènes qui régissent la transmission.	
§ 2. Systèmes divers de communication.	
1 ^o Communication entre un poste principal et une série de postes ne communiquant pas entre eux.	
2 ^o Communication par dérivation.	
3 ^o — par translation.	
4 ^o — par embrochage.	
§ 3. Nouveau système d'installation de réseau télégraphique, de MM. Daussin et Delarge.	

TABLE DES MATIÈRES.	385
§ 4. Emploi des appareils multiples entre plusieurs villes reliées par un seul fil. . . .	241
§ 5. Perturbations ou dérangements sur un réseau télégraphique.	244
§ 6. Des procédés de transmission dits Duplex ou quadruplex.	248
Méthode différentielle.	221
Application du pont de Wheatstone. . . .	222
Système de M. Tommasi.	223
— de M. Orduna.	226
— de M. Sieur.	229

DEUXIÈME PARTIE.

Téléphone, Microphone et Phonographe.

CHAPITRE I ^{er} . — <i>De l'invention du téléphone.</i> . . .	232
§ 1. Historique.	232
§ 2. Téléphone de M. Graham Bell et de M. Elisha Gray.	235
§ 3. Explication des phénomènes qui se produisent dans le téléphone.	239
CHAPITRE II. — <i>Divers modèles de téléphones.</i> . .	242
§ 1. Dispositions variées du téléphone Bell. . .	242
Téléphone Gower.	242
— Gray.	244
— Trouvé.	244
§ 2. Téléphone à pile.	245
1 ^o Emploi du charbon comme interrupteur. .	245
2 ^o Téléphone de M. Edison.	246
3 ^o — de M. Blacke.	247
4 ^o — de M. Ader.	248
5 ^o Appareils divers.	249
<i>Télégraphie électrique.</i>	22

§ 3. Téléphones fondés sur des effets différents des précédents.	250
Téléphone à mercure de M. Breguet.	251
— chimique de M. Edison.	251
§ 4. Installation d'un service téléphonique.	253
CHAPITRE III. — <i>Du microphone et du phonographe.</i>	256

TROISIÈME PARTIE.

Signaux des chemins de fer.

Applications de la télégraphie au service des chemins de fer. — Correspondance. — Signaux. — Appareils divers.	260
CHAPITRE I ^{er} . — <i>Des procédés de correspondance employés par les chemins de fer.</i>	263
§ 1. Télégraphes.	263
§ 2. Intercommunication.	264
§ 3. Procédés de correspondance autres que le télégraphe.	267
1 ^o Appareil indicateur à cadran de M. Breguet.	268
2 ^o — Walker.	269
3 ^o — de M. Leduc, des chemins de l'Etat belge.	270
4 ^o Appareil d'Arlincourt modifié par M. Guggemos, employé sur le chemin de fer du Nord.	271
5 ^o Appareil à tableaux et guichets de la compagnie du Nord, construits par M. Mors.	273
6 ^o Avertisseurs électriques de M. Joussetin, adoptés par la compagnie de Lyon.	276
7 ^o Signaux à cloches.	277

TABLE DES MATIÈRES.	387
8° Emploi du téléphone sur les lignes de chemin de fer.	278
CHAPITRE II. — <i>Des signaux et appareils de sécurité.</i>	279
§ 1. Des principes qui régissent les signaux sur la voie.	279
§ 2. Appareils à rôle simple.	286
1° Disque d'arrêt ordinaire.	286
Dispositions destinées à indiquer l'état d'éclairage de la lanterne.	288
Services des pétards pour les disques, par M. Grenier.	290
2° Signaux allemands à cloches dits Leopolders.	291
3° Modifications du système d'appareils à cloches, par M. Regnault.	296
4° Disques et barrières électriques des chemins de fer autrichiens.	297
§ 3. Appareils servant à établir le Block-System.	300
1° Electro-sémaphores de MM. Lartigue, Tesse et Prud'homme (chemins de fer du Nord, d'Orléans, de l'Est, Russes, etc.).	300
2° Installation du Block-System sur le chemin de fer de Lyon, par les appareils Tyer Jousselin.	307
3° Compagnie du chemin de fer de l'Ouest, appareils de M. Regnault.	311
§ 4. Appareils d'enclenchements pour la concentration du service des signaux ou aiguilles.	316
1° Appareils de MM. Saxby et Farmer.	316
Bloc and interlocking system de MM. Saxby et Farmer.	321
2° Appareil d'enclenchement à détente, de M. Hodgson.	322

3° Electric Slot signal, de MM. Tyer et Farmer.	323
4° Application des systèmes d'enclenchement pour le service des barrières de passage à niveau.	325
§ 5. Système d'enclenchements automatiques électriques de M. Sykes « Sykes electric Locking ».	327
§ 6. Appareils de protection et de garantie des signaux.	332
1° Sifflet électro-automoteur et arrêt automatique des trains.	334
2° Appareil automatique de protection d'un train par lui-même.	336
3° Signal acoustique doublant les signaux optiques.	338
4° Contrôleurs d'aiguilles.	339

QUATRIÈME PARTIE.

Sonneries électriques et Avertisseurs.

CHAPITRE I ^{er} . — Appareils employés pour les usages domestiques.	342
CHAPITRE II. — Applications aux annonces des incendies.	369
CHAPITRE III. — Applications diverses.	374
1° Météorologie.	375
2° Art militaire.	376
3° Télégraphie militaire.	379

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

BAR-SUR-SEINE. — IMP. SAILLARD.

