pas être brisé et fléchi par dilatation, *assez réfractaire* pour n'être ni fondu ni volatilisé. On enferme le conducteur en vase clos, à l'abri de l'air, pour le soustraire à la combustion. Les premiers essais, faits avec des fils de platine pur ou iridié, ne donnèrent que des résultats médiocres. Les résultats pratiques ont été obtenus à l'aide de minces filaments de charbon. Les lampes fondées sur ce principe sont déjà nombreuses : on peut citer celles d'Edison, de Swan, de Lane Fox et de Hiram Maxim. Elles ne diffèrent entre elles que par la forme du filament ou par la fabrication du charbon. Nous décrirons celle d'Edison, qui est l'inventeur de ce procédé d'éclairage.

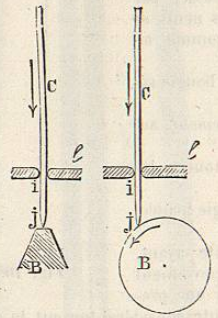

Fig. 1062.

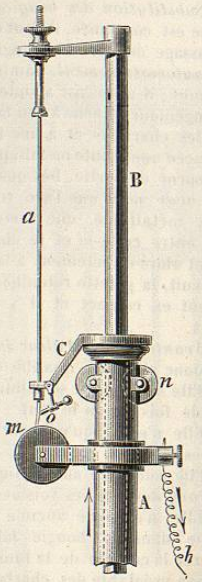

Fig. 1063.

1158. **Lampe Edison.** — Le charbon est contourné en fer à cheval (fig. 1064). C'est un filament de bambou carbonisé par un procédé spécial.

Il y a deux calibres de lampes : dans la grande lampe, dite *lampe entière*, le charbon en fer à cheval a une longueur de 12 centimètres ; il n'a que 6 centimètres dans les petits modèles, appelés *demi-lampes*.

Les deux bouts du fer à cheval se renflent un peu et viennent se prendre dans de petites pinces de platine *a* et *b*, terminaisons de fils de platine *qp*, qui amènent le courant électrique au charbon. Le tout est *soudé* au moyen d'un dépôt galvanique de cuivre. Ces fils de platine sont bien plus gros que le fil de charbon, pour ne pas rougir ; mais ils s'échauffent tout de même, et, par suite, grossissent quand la lampe est en fonction. Lorsqu'on l'éteint, ils s'amincissent en refroidissant et reviennent à leur diamètre primitif.

Ces rhéophores traversent en *p* et *q* (fig. 1065) une masse de plâtre qui termine la lampe par le bas. La lampe se termine par un pas de vis V qui permet de la fixer sur un pied quelconque, candélabre, applique, etc. Les deux électrodes qui amènent le courant viennent aboutir à deux bornes métalliques *m* et *n*,

placées dans la gaine. Il suffit de tourner un robinet commutateur placé dans le candélabre pour établir le contact, lancer le courant et allumer la

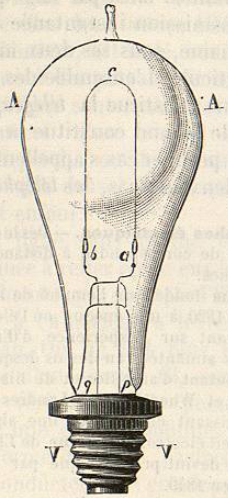

Fig. 1064.

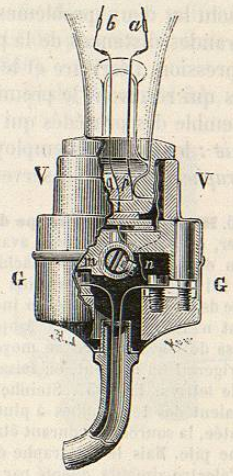

Fig. 1065.

lampe. En tournant en sens contraire, on interrompt le courant et on éteint la lampe à volonté.

Constantes. — L'intensité lumineuse varie avec celle du courant et avec le calibre de la lampe. On en construit actuellement deux types : le type A de 16 candles et le type B de 8 candles (un peu moins de 2 carcels).

	Type A.	Type B.
Résistance (à chaud)	140 ohms	70 ohms
Intensité du courant	0a,75	0a,75
Différence des potentiels aux bornes . .	100v	50v

CHAPITRE XIV

APPLICATIONS DE L'ÉLECTROMAGNÉTISME ET DE L'INDUCTION. TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

TÉLÉGRAPHES ÉLECTRIQUES.

1159. **Définitions.** — Nous avons vu l'application des électro-aimants puissants et des courants induits intenses à la trans-

mission de la force à distance et à l'éclairage électrique. Les applications des électro-aimants faibles et des courants induits peu intenses ne sont pas moins importantes. C'est par eux qu'on a résolu les deux problèmes de la transmission instantanée et à de grandes distances de la pensée humaine, sous ses deux modes d'expression, l'écriture et le langage articulé. L'ensemble des procédés qui résolvent le premier problème constitue la *télégraphie*, l'ensemble des procédés qui résolvent le second constitue la *téléphonie :* les appareils employés dans le premier cas s'appellent des *télégraphes*, et ceux qui servent dans le deuxième cas, des *téléphones*.

1140. **Historique et principe des télégraphes électriques.** — Dès le siècle dernier, plusieurs physiciens avaient proposé de correspondre à distance au moyen de l'électricité des machines électriques.

En 1811, Sœmmering imagina un télégraphe fondé sur l'emploi de l'électrolyse de l'eau comme moyen indicateur. En 1820, à une époque où l'électro-aimant n'était pas connu, Ampère, s'appuyant sur l'expérience d'Œrsted, proposa de correspondre au moyen d'aiguilles aimantées au-dessus desquelles on dirigerait un courant, en faisant usage d'autant d'aiguilles et de fils qu'il y a de lettres. En 1837, Steinheil à Munich et Wheatstone à Londres construisaient des télégraphes à plusieurs fils agissant chacun sur une aiguille aimantée, la source du courant étant un appareil électromagnétique de Clarke, ou une pile. Mais le télégraphe électrique ne devint pratique que par l'emploi d'électro-aimants, adopté par Wheatstone en 1840.

Il existe un grand nombre de systèmes de télégraphes électriques, mais on peut les rapporter tous aux trois types suivants : le *télégraphe à cadran*, le *télégraphe imprimant* et le *télégraphe électrochimique*. Ils sont fondés sur le même principe : *la transmission, par intermittences, d'un courant à un électro-aimant plus ou moins éloigné*. Lorsque le courant passe dans l'électro-aimant, celui-ci attire une armature de fer doux, qui, par l'effet d'un ressort antagoniste, revient à sa position première dès que le courant ne passe plus. On transmet ainsi à volonté, à de grandes distances et avec une extrême vitesse, un mouvement de va-et-vient à l'armature de l'électro-aimant, et c'est ce mouvement de l'armature qu'on transforme ensuite en signaux conventionnels : par exemple, on fait marcher une aiguille sur un cadran, ou bien on imprime des signes ou des lettres sur une bande de papier.

1141. **Organes divers d'un télégraphe électrique.** — Les parties essentielles de tout télégraphe électrique sont : 1° la *pile*, qui engendre le courant ; 2° le *fil de ligne*, qui le transmet d'une station à l'autre ; 3° le *manipulateur*, qui règle les intermittences du courant à la station de départ ; 4° le *récepteur*, qui enregistre les dépêches à la station d'arrivée.

Les piles employées dans la télégraphie ont été déjà décrites. Ce sont principalement des piles à courant faible, mais constant, comme les piles Daniell, ou Callaud, ou Minotto. Quant au *manipulateur* et au *récepteur*, ils varient dans chaque système de télégraphe ; nous les décrirons donc à propos du télégraphe correspondant.

1142. **Fil de ligne.** — On distingue les lignes *aériennes*, *souterraines* et *sous-marines*.

La ligne aérienne consiste en un fil de fer galvanisé qui unit entre elles les stations télégraphiques. Ce fil, qui a 4 millimètres de diamètre, est isolé sur des supports de porcelaine, fixés eux-mêmes à des poteaux de sapin (fig. 1066).

La ligne souterraine est formée d'un fil de fer semblable, mais recouvert d'un enduit de gutta-percha ou de bitume, qui l'isole du sol dans lequel il est enfoui.

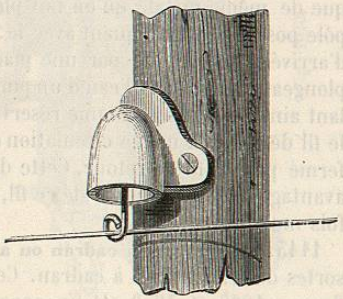

Fig. 1066.

La ligne sous-marine est destinée à relier entre eux les continents, par exemple l'Europe à l'Amérique à travers l'Océan. On ne fait plus ici usage d'un simple fil, mais d'un véritable câble possédant une grande solidité. Il est formé de trois parties : le conducteur, l'enveloppe isolante et l'armature protectrice. Le conducteur, ou *âme du câble*, est un faisceau de 7 fils de cuivre rouge, de 1 millimètre de diamètre chacun, tordus ensemble (fig. 1067). Autour de ce faisceau est l'enveloppe isolante, qui consiste en quatre couches de gutta-percha ou de caoutchouc, alternant avec un nombre égal de couches d'un enduit formé d'un

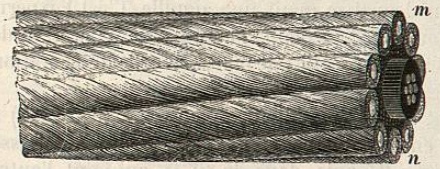

Fig. 1067.

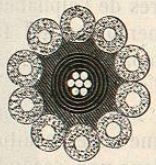

Fig. 1068.

mélange de sciure de bois, de résine de goudron et de gutta-percha, appliqué à chaud. Enfin, sur l'enveloppe isolante on ajoute une couche de filin goudronné, et sur celui-ci un revêtement de 10 fils d'acier de 2 millimètres de diamètre, garnis eux-mêmes de chanvre goudronné, qui les protège contre l'action corrosive de l'eau de mer. Les fils d'acier s'enroulent en hélice très allongée sur l'enve-

loppe isolante, comme on le voit dans la figure 1067, qui représente le câble dans le sens de sa longueur, tandis que la figure 1068 en donne une coupe transversale, qui, en vraie grandeur, a 26 millimètres de diamètre. Son poids est de 620 killogrammes par kilomètre. C'est un câble semblable qui, posé en 1869, unit Brest à Saint-Pierre, dans l'île de Terre-Neuve.

Dans tous ces systèmes de lignes, on fixe au pôle négatif de la pile, à la station du départ, un fil de cuivre terminé par une plaque de même métal, qu'on fait plonger dans l'eau d'un puits. Le pôle positif communiquant avec le fil de ligne, celui-ci, à la station d'arrivée, se termine par une plaque semblable à la première et plongeant aussi dans l'eau d'un puits. Les deux électricités s'écoulant ainsi dans le sol, comme réservoir commun, il se produit dans le fil de ligne la même circulation électrique que si le circuit était fermé par un fil de retour. Cette disposition offre donc le double avantage d'éviter l'emploi de ce fil, et de rendre la résistance deux fois moindre.

1143. **Télégraphe à cadran ou à lettres.** — Il existe plusieurs sortes de télégraphes à cadran. Celui qui est représenté dans les figures 1069 et 1070 est un appareil de démonstration; mais le principe en est le même que celui des télégraphes à cadran établis dans les gares pour le service de la voie ferrée. La figure 1069 en représente le manipulateur, et la figure 1070 le récepteur. Le premier appareil communique avec une pile Q, et les deux appareils sont en communication par deux fils métalliques, qui vont, l'un, AOD (fig. 1069), de la station de départ à la station d'arrivée, et l'autre, HKLI (fig. 1070), de celle-ci à la première. Enfin, les deux appareils sont munis chacun d'un cadran portant les 25 lettres de l'alphabet, sur lequel se meut une aiguille. C'est l'expérimentateur qui fait tourner, à la main, l'aiguille de la station de départ; mais c'est l'électricité qui fait marcher celle de la station d'arrivée.

De la pile le courant se rend par un fil de cuivre A (fig. 1069) à une lame de laiton N en contact avec une roue métallique R, passe dans une seconde lame M, puis dans le fil O, qui joint l'autre station. Là, le courant se rend dans la bobine d'un électro-aimant *b*, masqué dans la figure 1070, mais représenté à part dans la figure 1071, qui montre la partie postérieure de l'appareil. Cet électro-aimant est fixé horizontalement à une extrémité, et à l'autre il attire une armature de fer doux *a*, qui fait partie d'un levier coudé mobile autour de son point d'appui *o*, tandis qu'un ressort à boudin *r* sollicite le même levier en sens contraire.

Lorsque le courant passe, l'électro-aimant attire le levier *a*C,

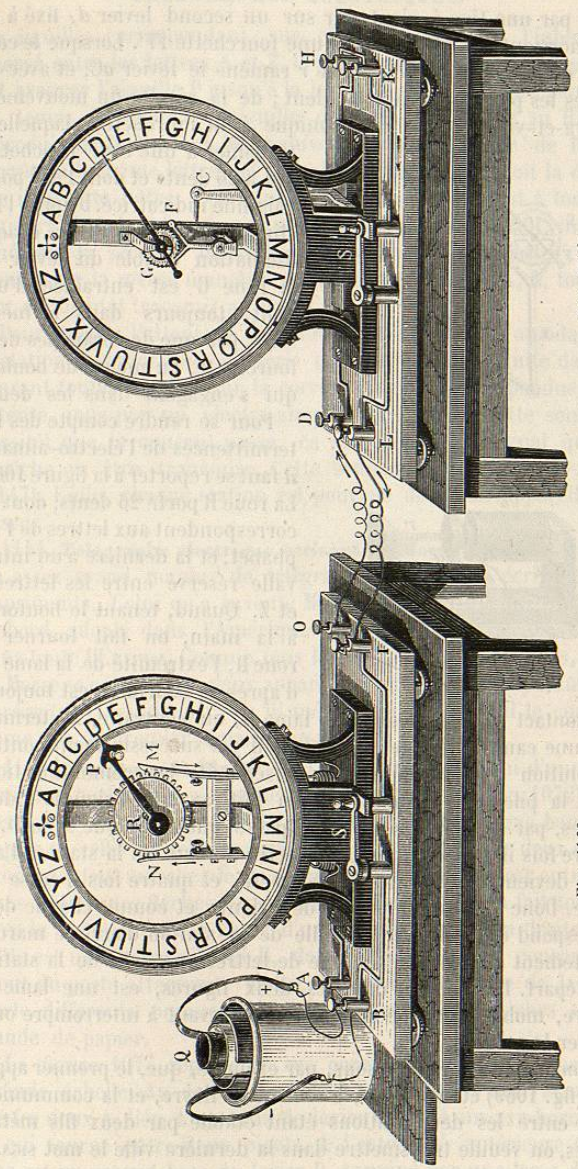

Fig. 1070.

Fig. 1069.

qui, par une tige *i*, vient agir sur un second levier *d*, fixé à un axe horizontal, lié lui-même à une fourchette FF'. Lorsque le courant est interrompu, le ressort *r* ramène le levier *a*C, et avec lui toutes les pièces qui en dépendent ; de là résulte un mouvement de va-et-vient qui se communique à la fourchette, laquelle le transmet à une roue à rochet G, qui a 26 dents et dont l'axe porte l'aiguille indicatrice. D'après l'inclinaison de ses dents, à chaque oscillation double du levier *a*C la roue G est entraînée d'une dent, toujours dans le même sens, par une des branches de la fourchette, au moyen de boulons qui s'engagent dans les dents.

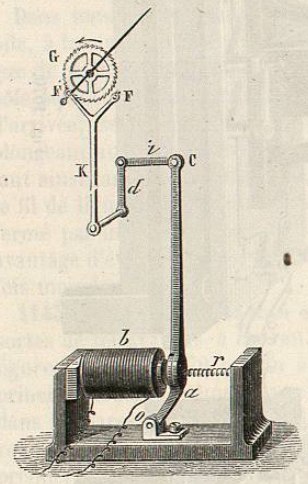

Fig. 1071.

Pour se rendre compte des intermittences de l'électro-aimant, il faut se reporter à la figure 1069. La roue R porte 26 dents, dont 25 correspondent aux lettres de l'alphabet, et la dernière à un intervalle réservé entre les lettres A et Z. Quand, tenant le bouton P à la main, on fait tourner la roue R, l'extrémité de la lame N, d'après sa courbure, est toujours en contact avec les dents ; la lame M, au contraire, se termine par une came taillée de manière qu'il y a successivement contact et solution de continuité. Par conséquent, les communications avec la pile étant établies, si l'on fait avancer l'aiguille P de 4 lettres, par exemple, le courant passe quatre fois de N en O, et quatre fois il est interrompu. L'électro-aimant de la station d'arrivée devient donc quatre fois attractif, et quatre fois il cesse de l'être. Donc la roue G a tourné de 4 dents, et comme chaque dent correspond à une lettre, l'aiguille de la station d'arrivée marche exactement d'un même nombre de lettres que celle de la station de départ. La pièce S, dans les deux figures, est une lame de cuivre, mobile sur une charnière, et servant à interrompre ou à fermer le courant.

Manipulation. — Supposons, par exemple, que, le premier appareil (fig. 1069) étant à Paris, le second au Havre, et la communication entre les deux stations étant établie par deux fils métalliques, on veuille transmettre dans la dernière ville le mot SIGNAL.

Les aiguilles correspondant, sur chaque appareil, à l'intervalle réservé entre les lettres A et Z, la personne qui envoie la dépêche fait avancer l'aiguille P jusqu'à la lettre S, où elle l'arrête pendant un temps très court ; l'aiguille de l'appareil qui est au Havre, reproduisant fidèlement les mouvements de l'aiguille de Paris, s'arrête à la même lettre, et alors la personne qui reçoit la dépêche note cette lettre. Celle qui est à Paris, continuant à tourner toujours dans le même sens, arrête l'aiguille à la lettre I, instantanément la seconde aiguille se fixe devant la même lettre ; continuant de la même manière pour les lettres G, N, A, L, tout le mot est bientôt transmis au Havre.

Pour appeler l'attention de celui à qui l'on écrit, on adapte à la station d'arrivée une sonnerie qui doit être introduite dans le courant toutes les fois que la correspondance est suspendue. Une détente, mue par un électro-aimant, fait partir cette sonnerie aussitôt que le courant passe, ce qui donne le signal qu'une dépêche va être transmise. Cette sonnerie sera décrite ci-après (1147). Enfin, chaque station est pourvue des deux appareils ci-dessus.

1144. **Télégraphe électrique écrivant de Morse.** — On a imaginé un assez grand nombre de télégraphes électriques écrivants ou imprimants. Celui qu'a inventé Morse, à New-York, en 1843, fut d'abord adopté dans l'Amérique du Nord, puis successivement dans toute l'Europe. Comme tous les télégraphes électriques, celui de Morse se compose de deux appareils distincts, le *manipulateur* et le *récepteur*, réunis par un fil métallique qui conduit le courant d'une pile du premier appareil au second.

1145. **Récepteur de Morse.** — Cet appareil est muni d'un mouvement d'horlogerie, renfermé dans une boîte BD (fig. 1072). Au-dessus est un rouet R, sur lequel s'enroule une longue bande de papier *h* ; celle-ci, prise comme dans un laminoir par deux cylindres que fait marcher le mouvement d'horlogerie, est entraînée dans le sens des flèches sur un second rouet Q, qu'on fait tourner avec la main gauche à l'aide d'une manivelle. Sur la droite de la boîte est un électro-aimant E, dans lequel passe le courant qui vient du poste attaquant. Enfin, la paroi antérieure de la boîte porte différents organes destinés à écrire les dépêches sur la bande de papier.

La figure 1073 représente ces organes, dessinés à une plus grande échelle. Au-dessus de l'électro-aimant est une armature de fer doux A, liée à un bras de levier C fixé à un axe horizontal I, qui tourne entre deux pivots. A l'extrémité antérieure de cet axe est un second bras de levier D terminé par une lame d'acier

recourbée en *i*. Cette lame sert à soulever la bande de papier *hp* entraînée par les rouleaux *t* et *u*, dont le premier est mû par

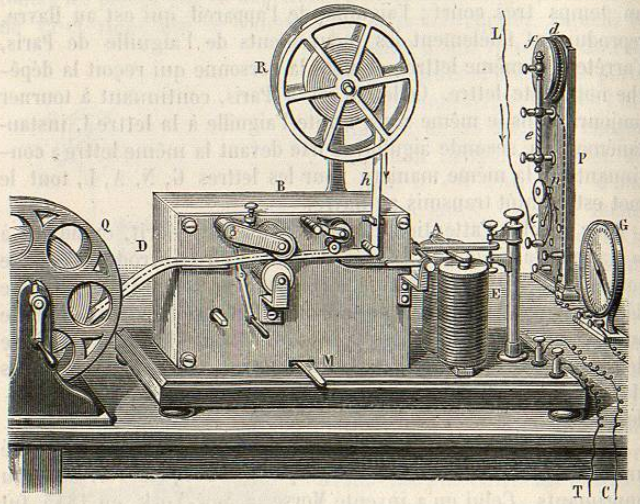

Fig. 1072.

le mouvement d'horlogerie. Enfin, au-dessus du papier est un tampon *a*, recouvert d'une flanelle imbibée d'encre oléique, et

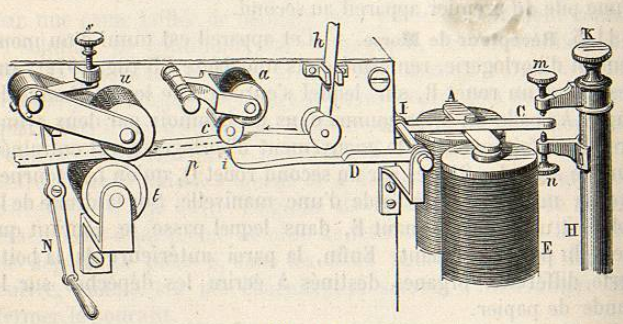

Fig. 1073.

au-dessous du tampon une molette de cuivre *c*, qui, s'encrant au contact du tampon, cède son encre au papier à mesure qu'il avance.

Tant que le courant ne passe pas dans l'électro-aimant, il n'y a pas contact entre la molette et le papier, le bras de levier D*i* étant abaissé par la tension d'une lame élastique fixée à l'axe I et appuyant sur la paroi du mouvement d'horlogerie; cette lame n'est pas visible dans le dessin. Mais dès que le courant arrive, l'armature A est attirée et, le bras C s'abaissant, le bras D*i* remonte et soulève le papier. C'est alors que la molette trace sur celui-ci un trait ou un point, suivant la durée du contact. Si le courant ne passe que pendant un temps très court, il ne se produit qu'un point (.); mais si le contact a une certaine durée, il se produit un trait (—). On peut donc, en faisant, à la station de départ, passer le courant pendant un intervalle plus ou moins long, produire à volonté, à la station d'arrivée, un trait ou un point, et, par suite, des combinaisons de traits et de points. Il restait à donner à ces combinaisons une signification déterminée. C'est ce qu'a fait Morse en représentant les lettres de l'alphabet par les combinaisons suivantes, qui donnent le moyen d'écrire des mots et des phrases, en laissant un blanc entre chaque lettre.

Alphabet de Morse.

. —	a	. .	i	. — .	r
. — . —	ä	. — . —	j	. . .	s
— . . .	b	— . —	k	—	t
— . — .	c	. — . .	l	. . —	u
— . .	d	— —	m	. . — —	ü
.	e	— .	n	. . . —	v
. . — . .	é	— — —	o	. — —	w
. . — .	f	— — — .	ö	— . . —	x
— — .	g	. — — .	p	— . — —	y
. . . .	h	— — . —	q	— — . .	z

L'amplitude des oscillations des bras de levier C et D est réglée par deux vis de rappel *m* et *n*. Le bouton *s* sert à serrer le rouleau *u* sur le rouleau *t*, et le levier N à le soulever lorsqu'on veut retirer la bande de papier. La colonne H est creuse, et dans son intérieur est une longue vis qu'on fait tourner à l'aide d'un bouton K, et au moyen de laquelle on élève ou on abaisse tout l'électro-aimant, de manière à faire varier sa distance à l'armature suivant l'intensité du courant. Enfin, la pièce M (fig. 1072) sert à arrêter le mouvement d'horlogerie.

Pour les grandes lignes, les bobines de l'électro-aimant présentent chacune une résistance de 25 kilomètres, résistance qui équivaut à environ 250 unités Siemens (1070) ou à 250 ohms.

1146. **Manipulateur de Morse.** — Cet instrument n'est qu'un *interrupteur de courant* de forme particulière.

Description. — Il se compose d'une planchette sur laquelle est fixé un levier métallique *ab* (fig. 1074), mobile en son milieu sur un axe horizontal. L'extrémité *a* de ce levier tend toujours à être sou-

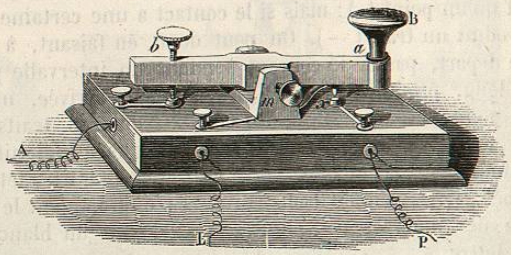

Fig 1074.

levée par un ressort placé au-dessous; en sorte que ce n'est qu'en appuyant avec le doigt sur la touche B que le levier s'abaisse et vient frapper le bouton *x*. Enfin, sur la planchette sont trois bornes, en communication, l'une avec le fil P, qui vient du pôle positif de la pile du poste, la seconde avec le fil de ligne L, et la troisième avec le fil A, qui se rend au récepteur du poste; car il est bien entendu que les deux postes qui correspondent sont chacun pourvus d'un manipulateur et d'un récepteur.

Manipulation. — Il y a deux cas à considérer. 1° Le *manipulateur est disposé pour recevoir une dépêche d'un poste éloigné.* L'extrémité *b* est alors abaissée comme dans le dessin ci-dessus, en sorte que le courant qui arrive par le fil de ligne L et monte dans la pièce métallique *m*, redescend dans le fil A, qui le mène au récepteur du poste où est placé l'appareil. 2° *Il s'agit de transmettre une dépêche.* Dans ce cas, on appuie sur la touche B de manière que le levier vienne en contact avec le bouton *x*. Le courant de la pile du poste, qui arrive par le fil P, montant alors dans le levier, en redescend par la pièce *m* et va gagner le fil de ligne L, qui le conduit au poste auquel est adressée la dépêche. Or c'est d'après le temps qu'on appuie sur la touche B qu'il se produit, au récepteur où va le courant, un point ou un trait. Si l'on n'opère qu'un

simple choc sur le bouton *x*, il se forme un point; mais si le contact se prolonge, pendant un intervalle de temps très petit du reste, il se produit un trait.

1147. **Organes accessoires.** — L'installation d'un poste télégraphique complet comporte un grand nombre d'organes accessoires. La forme de ces pièces est extrêmement variée avec les systèmes. Nous décrirons des types simples des accessoires les plus importants.

1° *Parafoudre.* — Le *parafoudre* est un appareil destiné à préserver l'employé qui fait marcher le télégraphe, dans le cas où par l'influence de l'électricité atmosphérique, en temps d'orage, les fils conducteurs se chargeraient d'une quantité d'électricité suffisante pour donner des étincelles dangereuses. La figure 1072 montre le parafoudre fixé sur une planchette verticale P, à côté du galvanomètre G. Il est représenté à une plus grande échelle sur une planchette horizontale dans la figure 1075.

Deux bornes de laiton P et Q sont en communication, la première avec le fil

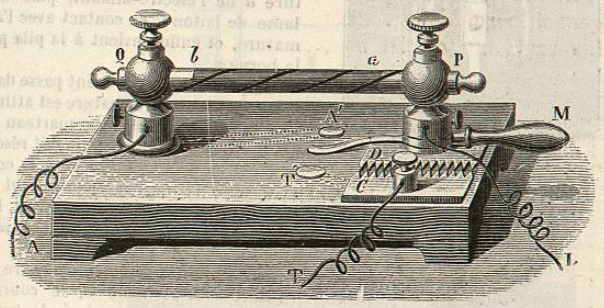

Fig. 1075.

de ligne L, la seconde avec les appareils par le fil A. D'une borne à l'autre est un tube d'ébonite *ab*, sur lequel s'enroule un fil de fer très fin, qui conduit le courant de P à Q. Au pied de la borne H est une plaque de cuivre D, dentelée dans toute sa longueur; latéralement et très rapprochée, est une plaque identique C, en communication avec la terre par le fil T.

Par cette disposition, lorsque, sous l'influence d'orages atmosphériques, la tension électrique devient assez grande sur le fil de ligne pour donner des étincelles redoutables, la plaque D, qui est dans le courant, donne écoulement par ses pointes à l'électricité vers la lame C et de là dans le sol, sans danger pour les employés qui sont auprès. Si, malgré cette décharge continue, le courant devient trop intense, le fil de fer enroulé de *a* en *b* s'échauffe et fond, et dès lors toute communication électrique est interrompue entre les appareils et la ligne.

Sur la planchette sont deux boutons de cuivre A' et T' respectivement en communication avec la borne Q et avec la plaque dentelée C, et au moyen d'une manette M on peut amener une lame mobile, qui lui est liée, sur A' ou sur T', et faire arriver à volonté le courant au récepteur ou à la terre, sans qu'il

passe par le fil fin *ab*. L'effet de l'appareil est alors suspendu, car il n'agit comme parafoudre que lorsqu'il est disposé comme ci-dessus.

Les parafoudres, qui suffisent pour préserver les employés, sont insuffisants pour prévenir les courants accidentels que les aurores boréales, les orages magnétiques, les courants terrestres excitent dans les fils, courants qui parfois deviennent assez intenses pour troubler tout à fait la transmission des dépêches. Un accident de ce genre s'est produit pendant plusieurs jours du mois d'octobre 1872.

2° *Sonnerie électrique.* — La *sonnerie électrique* est un petit appareil qui sert à prévenir le poste auquel on expédie. On en construit de plusieurs sortes; nous décrirons (fig. 1076) la *sonnerie à trembleur*. Elle se compose d'une planchette disposée verticalement, sur laquelle est fixé un électro-aimant E, dans lequel arrive, par une borne *m*, le courant de ligne, ou le courant d'une pile locale. De l'électro-aimant, le courant gagne une lame élastique d'acier *c*, qui porte l'armature *a* de l'électro-aimant, puis une lame de laiton C en contact avec l'armature, et enfin revient à la pile par la borne *n*.

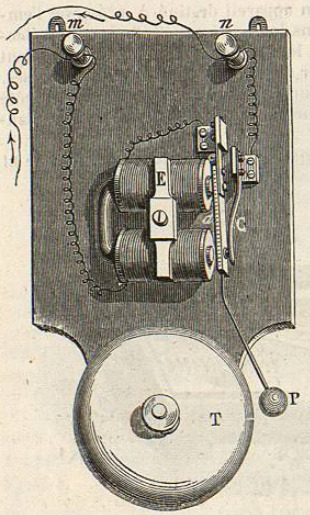

Fig. 1076.

Chaque fois que le courant passe dans l'électro-aimant, l'armature est attirée et entraîne avec elle un marteau P, qui frappe un timbre T et le fait résonner. Or, au moment du choc, le contact cesse entre l'armature *a* et la lame C et, le courant étant ouvert, l'électro-aimant devient inactif; mais la lame d'acier *c* ramenant aussitôt, en vertu de son élasticité, l'armature en contact avec la lame C, le courant passe de nouveau, et ainsi de suite, avec une grande rapidité, tant que le courant arrive à la sonnerie.

1148. **Marche générale des courants dans le télégraphe de Morse.** — En résumant ce qui précède, on voit que le courant qui vient du poste attaquant, arrive par le fil de ligne L (fig. 1072), traverse d'abord le parafoudre P, puis le galvanomètre G. De là il ne va pas directement au récepteur, mais se rend d'abord au manipulateur (fig. 1075), où il entre en L, et dont il sort en A pour se rendre au récepteur, dans lequel il arrive par le fil C (fig. 1072). Là il passe dans l'électro-aimant E, fait osciller le levier CD (fig. 1073), et va enfin se perdre dans la terre par le fil T.

Si, au contraire, on considère le cas, non plus où l'on reçoit une dépêche, mais où l'on en expédie une, le courant se transmet de la manière suivante. La touche B (fig. 1075) étant alors abaissée, et le levier *ab* en contact avec le bouton *x*, le courant

qui arrive de la pile du poste par le fil P, sort du manipulateur par le fil L; puis, passant dans le galvanomètre et dans le parafoudre, il s'en va enfin par le fil de ligne au poste auquel on expédie.

1149. **Relais.** — On sait que l'intensité des courants varie en raison inverse de la longueur du circuit qu'ils parcourent. De plus, par les poteaux qui portent les fils et par l'air humide, il se produit des dérivations d'autant plus grandes que la ligne est plus longue. De ces différentes causes il résulte que, si les deux postes qui correspondent sont très éloignés l'un de l'autre, il peut arriver que le courant ne soit plus assez fort pour faire fonctionner les pièces qui inscrivent la dépêche. On a recours alors à un *relais*.

On nomme ainsi un appareil très sensible parcouru par le courant de ligne, et servant à introduire dans le récepteur le courant d'une *pile locale* de 4 ou 5 éléments, située dans le poste, et n'ayant d'autre usage que d'imprimer les signaux transmis par le fil de ligne. Pour cela, le courant de ligne, entrant dans le relais par la borne L (fig. 1077), se rend dans un électro-aimant E, d'où

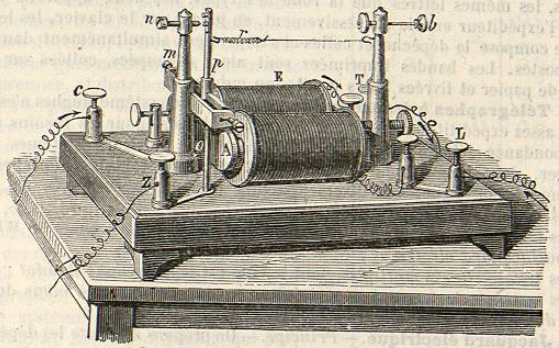

Fig. 1077.

il va se perdre dans la terre par la borne T. Or, chaque fois que le courant de ligne passe dans le relais, l'électro-aimant attire une armature A fixée à la partie inférieure d'un levier vertical *p*, lié à un axe horizontal qui tourne entre deux vis à pivot.

A chaque oscillation, le levier *p* vient buter à sa partie supérieure contre un bouton *n*, et à cet instant le courant de la pile locale, qui arrive par la borne *c*, monte dans la colonne *m*, passe dans le levier *p*, descend par la tige *o*, qui le conduit à la borne Z; de là il se rend à l'électro-aimant du récepteur, d'où il sort par le fil T (fig. 1072) pour revenir à la même pile locale d'où il est parti. Puis, quand le courant du fil de ligne s'interrompt, l'électro-aimant du relais n'étant plus attractif, le levier *p*, entraîné par un ressort à boudin *r*, s'écarte du bouton *n*, comme le montre le dessin, et le courant de la pile locale ne passe plus. On voit donc que le relais transmet au récepteur exactement les mêmes phases de passage et d'intermittence que celles qui sont opérées par le manipulateur dans le poste qui envoie la dépêche.

1150. **Télégraphes imprimeurs. — Système Hughes.** — Le système Mores

est le meilleur des télégraphes au point de vue de la simplicité et de la solidité, mais il n'est pas le plus rapide. On est obligé, en effet, de faire en moyenne trois signaux par lettre. Aussi a-t-on cherché à combiner des systèmes donnant *une lettre* par chaque émission de courant : c'est ce qu'on appelle les *télégraphes imprimeurs*. Le plus connu est celui du professeur américain Hughes.

Le mécanisme de ce télégraphe est très compliqué, mais le principe en est très simple. Aux deux stations se trouvent deux mouvements d'horlogerie qui doivent marcher ensemble, avec un synchronisme parfait, de manière à régler le fonctionnement simultané du manipulateur et du récepteur. Ce dernier consiste essentiellement en un disque métallique horizontal, qui porte en relief sur son contour les lettres de l'alphabet : c'est la *roue des types*. Elle tourne d'une manière continue tout près d'une bande de papier qui se déroule, comme dans le récepteur Morse. Un électro-aimant qui s'anime chaque fois qu'on émet le courant dans le fil de ligne, presse le papier contre la roue des types : la lettre qui passe à ce moment, et qui est constamment imprégnée d'encre grasse, s'imprime alors sur la bande. L'émission du courant est faite, à la station de départ, à l'aide d'un *manipulateur spécial*, qui se compose essentiellement d'un clavier, analogue à celui des pianos, portant, gravées sur ses touches, les mêmes lettres que la roue des types. Les deux appareils étant réglés, l'expéditeur envoie successivement, en jouant sur le clavier, les lettres dont se compose la dépêche et celles-ci s'impriment simultanément dans les deux postes. Les bandes imprimées sont alors découpées, collées sur une feuille de papier et livrées telles quelles au public.

1151. **Télégraphes à transmission rapide.** — Le système Hughes n'est pas encore assez expéditif, du moins sur les grandes lignes, pour les besoins de la correspondance télégraphique. On a dû inventer plusieurs systèmes pour accélérer, dans une grande proportion, la transmission des dépêches sur un même fil de ligne. Ces divers systèmes peuvent être classés en trois groupes.

1° Les *transmetteurs automatiques*, dont le type est le *transmetteur Wheatstone* ou *Jacquard électrique* ;

2° Les *transmetteurs multiples*, dont le type est le *télégraphe Baudot* ;

3° Les systèmes de transmission simultanée, connus sous les noms de systèmes *duplex*, *diplex* et *quadruplex*.

1152. **Jacquard électrique.** — *Principe.* — On prépare d'avance les dépêches, en dehors de la ligne, comme dans le système électrochimique, puis on les transmet, par séries, d'une manière continue, et *automatiquement*.

Appareil Wheatstone. — L'appareil inventé par Wheatstone ressemble extérieurement à un métier Jacquard : de là son nom. L'organe qui sert à préparer les dépêches s'appelle le *perforateur*, car cette préparation consiste à *perforer* les bandes de papier de trous, alignés et espacés de manière à permettre la transmission en caractères Morse. La figure 1078 montre un spécimen de bande perforée. La ligne des trous du milieu sert à l'engrenage d'un disque denté qui, en tournant, entraîne et déroule la bande d'une manière continue. Les deux autres lignes de trous forment les *points* et les *traits* de l'alphabet Morse : deux trous vis-à-vis l'un de l'autre forment un point ; deux trous en diagonale indiquent un trait. Par conséquent, une dépêche *perforée* devra être d'abord traduite en caractères Morse, avant d'être exprimée en écriture ordinaire.

1153. **Transmetteurs multiples. — Télégraphe Baudot.** — Le principe de ces appareils, dont le plus parfait est celui de M. Baudot, est le suivant : Diviser la durée de la transmission en intervalles réguliers et périodiques, dont chaque période est affectée à un manipulateur distinct ; un certain nombre d'employés utilisent donc le fil de ligne chacun à son tour, de sorte que, tandis

que les temps d'activité et de repos succèdent pour eux périodiquement et rapidement, le fil de ligne reste en activité d'une manière continue.

Le télégraphe Baudot, fondé sur ce principe, est une merveille de précision et de vitesse. Il permet d'imprimer 6 dépêches distinctes, par un même fil, dans le même temps qu'on mettrait à en imprimer une seule par l'appareil Hughes ordinaire. L'organe essentiel est un *distributeur*, qui met, tour à tour et périodiquement, en communication avec le fil de ligne 6 manipulateurs Hughes : de cette façon, dans la première période on envoie la première lettre de 6 dépêches, puis, dans une seconde période, la deuxième lettre des 6 dépêches, et ainsi de suite, jusqu'à la dernière lettre des dépêches ; chaque période durant le temps nécessaire à chaque employé pour préparer l'envoi d'une lettre, il n'y a donc pas de temps perdu dans le fonctionnement du fil de ligne. Enfin, à la station d'arrivée, se trouve un autre *distributeur* qui fonctionne en sens inverse du premier, et distribue successivement à 6 récepteurs Hughes distincts une lettre de chacune des 6 dépêches différentes.

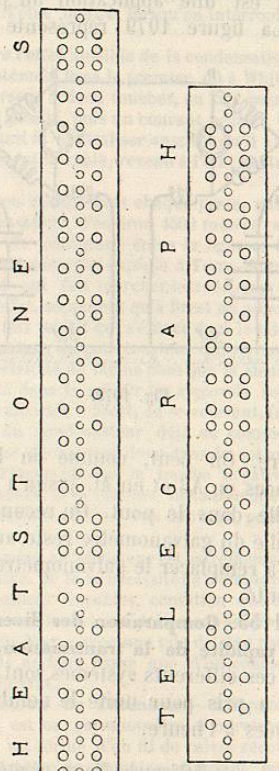

Fig. 1078.

1154. **Systèmes duplex, diplex et quadruplex.** — Ces systèmes ne sont pas constitués par des appareils particuliers, comme les précédents, mais par des méthodes de transmission simultanée qu'on peut appliquer à tous les télégraphes.

Le système *duplex*, ou simplement le *duplex*, est un dispositif qui permet de *transmettre simultanément par un même fil deux dépêches en sens contraires*.

Le *diplex* est un dispositif qui permet de *transmettre par un même fil deux dépêches dans le même sens*.

Le *quadruplex* consiste en une combinaison des deux précédents, qui permet de *transmettre par un même fil quatre dépêches*, deux dans le même sens et deux en sens contraire. Ce dispositif est employé en Angleterre et en Amérique.

Description schématique d'un duplex. — Le principe de ce dispositif est de faire en sorte que le courant émis par la station de départ n'agisse pas sur le récepteur de cette station, qu'il traverse nécessairement pour aller à la ligne, mais seule-