

AVIS

Les paragraphes et les chapitres marqués d'un astérisque (\*) ne sont pas compris dans le programme d'enseignement des lycées, mais ils le sont dans les programmes des Facultés de médecine et des Facultés des sciences.

Quant aux paragraphes imprimés en petit caractère, les uns, contenant des formules et des problèmes, seront omis par les lecteurs peu familiarisés avec le calcul algébrique; les autres, ne faisant pas partie des programmes, et comprenant la *capillarité*, la *vision*, la *polarisation*, etc., s'adressent aux lecteurs qui veulent acquérir des connaissances générales sur toutes les branches de la physique.

Les nombres placés au-dessous des dessins, à droite des numéros d'ordre, indiquent, en centimètres, la hauteur des appareils, ou leur longueur dans le sens horizontal, suivant que ces nombres sont précédés des lettres A ou L.

Tous nos dessins étant originaux et pris, en général, dans notre cabinet de physique, la reproduction en est interdite et sera poursuivie en contrefaçon; il en sera de même, en vertu des traités internationaux, de toute traduction non autorisée par l'auteur.

OUVRAGE DU MÊME AUTEUR :

COURS DE PHYSIQUE

PUREMENT EXPÉRIMENTALE ET SANS MATHÉMATIQUES

A l'usage des gens du monde, des candidats au baccalauréat ès lettres, des écoles normales primaires, des institutrices, des pensions de demoiselles, etc.;

Ouvrage de luxe, orné de 368 magnifiques gravures.

TROISIÈME ÉDITION

Augmentée de 35 figures et refondue dans plusieurs de ses parties.

Cette édition a été complétée conformément au nouveau programme du baccalauréat ès lettres, et plusieurs vignettes ont été refaites pour approprier davantage le livre à l'enseignement dans les classes élémentaires.

Prix, broché : 5 fr. 50 c.

Même prix par la poste, en adressant franco à M. GANOT, 54, rue Monsieur-le-Prince, un mandat sur la poste de 5 fr. 50.

Paris. — Imprimerie WISSENKOPF et C<sup>e</sup>, rue Delaborde, 12.  
(Tirage avec les encres de la Maison Brélem.)

TRAITÉ  
ÉLÉMENTAIRE  
DE PHYSIQUE

EXPÉRIMENTALE ET APPLIQUÉE

ET DE

MÉTÉOROLOGIE

SUIVI D'UN RECUEIL DE 100 PROBLÈMES AVEC SOLUTIONS

et illustré de 715 belles gravures sur bois intercalées dans le texte

ET D'UNE PLANCHE COLORIÉE

A l'usage des Établissements d'instruction, des aspirants aux grades des Facultés et des candidats aux diverses écoles du Gouvernement

PAR A. GANOT

PROFESSEUR DE MATHÉMATIQUES ET DE PHYSIQUE

DOUZIÈME ÉDITION

AUGMENTÉE DE 35 GRAVURES NOUVELLES,  
DONT PLUSIEURS COUTES À L'USAGE DES ÉLÈVES, LE CONGÉLATEUR  
DE M. CARBÉ, DIVERS APPAREILS NOUVEAUX DE M. TYNDALL, LE CALORIMÈTRE  
A MERCURE DE MM. FABER ET SILBERMANN, L'OPHTHALMOSCOPE DE M. HELMHOLTZ,  
LE NOUVEAU RÉGULATEUR DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE DE M. FOUCAULT,  
LES FILS CALLAUD ET MINOTTO, LE PANTÉLÉGRAPHES  
DE M. L'ABBÉ CASSELLI, ETC.

L. B. Rappin

PARIS

CHEZ L'AUTEUR-ÉDITEUR

54, RUE MONSIEUR-LE-PRINCE

1866

très-rapprochés, ce savant a observé que, quelles que soient la forme et la grandeur des tiges de fer doux, on distingue toujours deux sons: l'un, qui est musical, correspond à celui que donnerait la harpe en vibrant transversalement; l'autre, qui consiste en une suite de coups secs, correspondant aux alternatives du courant, est comparé par M. de La Rive au bruit de la pluie tombant sur un toit de métal. Le son le plus éclatant, dit-il, est celui qu'on obtient en tendant, sur une table d'harmonie, des fils de fer doux de 1 à 2 millimètres de diamètre, bien recuits et longs de 1 à 2 mètres. Ces fils, étant placés dans l'axe d'une ou de plusieurs bobines traversées par des courants puissants, produisent un ensemble de sons dont l'effet est surprenant et ressemble beaucoup à celui de plusieurs cloches d'église vibrant ensemble dans le lointain.

M. de La Rive a encore obtenu les mêmes sons en faisant passer le courant discontinu, non plus dans des bobines entourant des fils de fer, mais dans les fils de fer eux-mêmes. Le son musical est même alors plus fort et plus sonore, en général, que dans la première expérience.

L'hypothèse d'un mouvement moléculaire dans les fils de fer, au moment de leur aimantation et de leur désaimantation, est confirmée par les recherches de Wertheim, qui a trouvé que les fils perdent alors de leur élasticité, et par celles de M. Joule, qui a constaté que le diamètre des fils diminue, mais que leur longueur augmente.

## TÉLÉGRAPHES ÉLECTRIQUES.

755. *Différentes sortes de télégraphes électriques.* — Les télégraphes électriques sont des appareils qui servent à transmettre des signaux à de grandes distances, au moyen de courants voltaïques qui se propagent dans de longs fils métalliques. Dès le siècle dernier, plusieurs physiciens avaient proposé de correspondre à distance au moyen des effets produits par l'électricité des machines électriques, lorsqu'elle se propage dans des fils conducteurs isolés.

En 1811, Semmering imagina un télégraphe fondé sur l'emploi, comme moyen indicateur, de la décomposition de l'eau par la pile. En 1820, à une époque où l'électro-aimant n'était pas connu, Ampère, s'appuyant sur l'expérience d'Oersted (726), proposa de correspondre au moyen d'aiguilles aimantées au-dessus desquelles on dirigerait un courant, en faisant usage d'autant d'aiguilles et d'autant de fils qu'il y a de lettres. En 1837, M. Steinheil, à Munich, et M. Wheatstone, à Londres, construisaient des télégraphes à plusieurs fils agissant chacun sur une aiguille aimantée, la source

du courant étant un appareil électro-magnétique de Clarke, ou une pile à courant constant. Mais le télégraphe ne pouvait acquiescir toute la simplicité désirable que par l'emploi d'électro-aimants. C'est ce système qu'adopta M. Wheatstone en 1840.

Tout en conservant le même principe, on a varié beaucoup la forme des télégraphes électriques, mais on peut tous les rapporter aux quatre suivants: le télégraphe à cadran, le télégraphe à signaux, le télégraphe imprimant et le télégraphe électro-chimique.

756. *Télégraphe à cadran ou à lettres.* — Il existe plusieurs sortes de télégraphes à cadran. Celui qui est représenté dans les figures 613 et 614 est destiné à la démonstration, mais son principe est le même que celui des télégraphes électriques établis le long des voies de fer. Comme eux, il se compose de deux appareils distincts: l'un, le manipulateur, destiné à transmettre les signaux (fig. 613); l'autre, le récepteur, destiné à les recevoir (fig. 614). Le premier appareil communique avec une pile à charbon Q, et les deux appareils sont en communication par deux fils métalliques, de fer ou de cuivre, qui vont, l'un, AOD (fig. 613), de la station de départ à la station d'arrivée, et l'autre, HKLI (fig. 614), de la station d'arrivée à la première. Enfin, les deux appareils sont munis chacun d'un cadran portant les 25 lettres de l'alphabet, et sur lequel se meut une aiguille. C'est la main de l'opérateur qui fait tourner l'aiguille de la station de départ, mais c'est l'électricité qui fait marcher celle de la station d'arrivée.

Ces détails connus, voici la marche du courant dans les deux appareils et les effets qu'il produit. De la pile, il se rend par un fil de cuivre A (fig. 613) 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 614, mais représenté en profil dans la figure 613, 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 courbé 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 ac, qui, par une tige i, vient agir sur un second levier d, fixé à un axe horizontal, lié lui-même à une fourchette F. Lorsque le courant est interrompu, le ressort r ramène le levier ac, et avec lui toutes les pièces qui en dépendent; de là résulte un mouvement de va-et-vient qui se communique à la fourchette F, laquelle le transmet à une roue à rochet G, qui a 26 dents et dont l'axe porte l'ai-

guille indicatrice. D'après l'inclinaison de ses dents, à chaque oscillation, la roue G est toujours entraînée dans le même sens par la fourchette, ce qui est indispensable.

Pour se rendre compte des intermittences de l'électro-aimant, il faut se porter à la figure 613. La roue R porte 25 dents, dont 25 correspondent aux lettres de l'alphabet, et la dernière à l'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

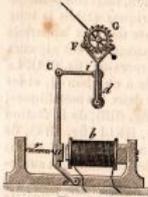


Fig. 615.

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 quatre lettres, par exemple, le courant passe quatre fois de N en M, et quatre fois il est interrompu. L'électro-aimant de la station d'arrivée deviendra donc quatre fois attractif, et quatre fois il aura cessé de l'être. Donc, enfin, la roue G aura tourné de quatre dents, et comme chaque dent correspond à une lettre, l'aiguille de la station d'arrivée aura marché exactement d'un même nombre de lettres que celle de la station de départ. Quant à la pièce S, représentée dans les deux figures, c'est une lame de cuivre, mobile sur une charnière, qui sert à interrompre ou à fermer le courant à volonté.

D'après ce qui précède, il est facile de se rendre compte comment on correspond d'un lieu à un autre. Supposons, par exemple, que le premier appareil (fig. 613) 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 SIGAL. Les aiguilles correspondantes, sur chaque appareil, à l'intervalle conservé 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.

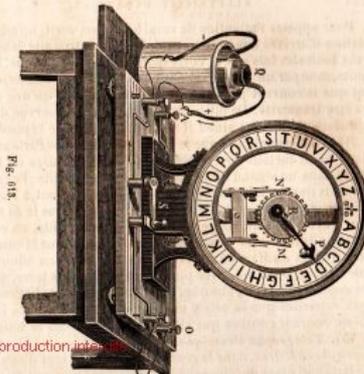


Fig. 613.

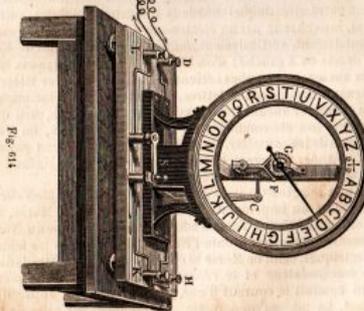


Fig. 614.

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. De plus, chaque station est pourvue des deux appareils ci-dessus; sinon il serait impossible de répondre.

Nous avons supposé que le courant qui allait de Paris au Havre dans un fil métallique revenait de la même manière du Havre à Paris dans un second fil. Or, le second fil est inutile: l'expérience a appris que, le pôle positif de la pile communiquant, à Paris, avec l'appareil, et le pôle négatif avec le sol, il suffit que le fil conducteur qui se rend au Havre soit mis, dans cette ville, en communication intime avec le sol. On a d'abord admis que le courant revenait alors du Havre à Paris par la terre; mais on admet généralement aujourd'hui, avec plus de raison, que la terre, agissant ici comme réservoir, absorbe, aux deux extrémités libres des fils, les électricités que la pile y envoie; d'où résulte, dans le fil, le même courant continu que si ses deux extrémités se touchaient.

571. **Télégraphe électrique écrivant de Morse.** — Outre les télégraphes à lettres, dans le genre de celui qui vient d'être décrit, on fait aussi usage de télégraphes électriques à signaux. Dans ceux-ci, sur un cadran blanc est tracé un trait noir horizontal et fixe, aux extrémités duquel sont deux indicateurs mobiles, noirs aussi, qui, mus chacun par un électro-aimant distinct, se placent horizontalement, verticalement, ou sous une inclinaison de 45 degrés à droite ou à gauche; d'où résultent les mêmes signaux que dans les anciens télégraphes aériens de Chappe. Mais les télégraphes à signaux, comme ceux à lettres, présentent le grave inconvénient de ne conserver aucune trace des dépêches transmises, et si quelques erreurs ont été commises en copiant les signaux, on n'a aucun moyen de les contrôler. Ces inconvénients n'existent pas dans les télégraphes écrivants, qui tracent eux-mêmes les signaux sur une bande de papier, à mesure qu'ils sont transmis.

On a imaginé un assez grand nombre de télégraphes électriques écrivants ou imprimants. Celui qu'a inventé M. Morse, à New-York, en 1837, 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. La pile qu'on emploie généralement est celle de Daniell.

**Récepteur.** — Cet appareil, représenté dans la figure 616, pos-

sède un mouvement d'horlogerie dont les pièces ne sont pas visibles dans le dessin, étant renfermés dans une caisse BD. Au-dessus de cette caisse est un rouleau R, autour duquel est enroulée une longue bande de papier *ph*; 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 rouleau Q, qu'on fait tourner avec la main gauche à l'aide d'une

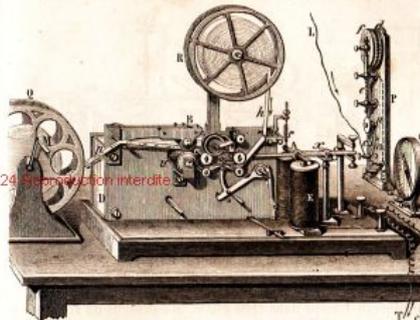


Fig. 616.

manivelle M. Sur la droite de la caisse est un électro-aimant E, dans lequel passe le courant qui vient du poste attaquant. Enfin, la paroi antérieure de la caisse porte différents organes destinés à écrire les dépêches sur la bande de papier.

La figure 617 représente ces organes sur une plus grande échelle. Au-dessus de l'électro-aimant est un levier horizontal *k*, mobile autour d'un axe *x*. A ce levier est fixée une armature de fer doux A, qui est attirée quand le courant passe, ce qui abaisse le levier; puis il est relevé par un ressort à boudin *r*, aussitôt que le courant est interrompu. A l'extrémité de droite sont deux vis qui servent, par leur écart plus ou moins grand, à régler l'amplitude des oscillations du levier. A l'autre extrémité, en *l*, est un petit boulon horizontal; on va voir que c'est la pièce qui écrit.

Dans le télégraphe de Morse proprement dit, le levier *k*, qui vient d'être décrit, se terminait en *i* par un poinçon qui, frappant,

à chaque oscillation, un coup sec sur le papier, y formait un gaufrage qui traçait les dépêches; mais outre que ce gaufrage donnait un tracé peu lisible, il exigeait beaucoup de force, et par suite un courant intense. Pour obvier à ce double inconvénient, plusieurs constructeurs ont modifié le télégraphe de Morse, de manière à tracer les signaux à l'encre. Non-seulement ceux-ci sont alors plus lisibles, mais leur tracé demande beaucoup moins de force.

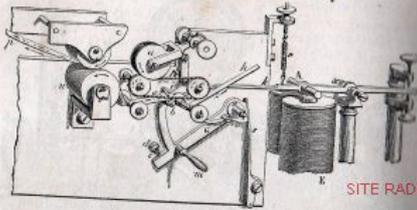


Fig. 617.

C'est ce genre de tracé que donnent les pièces représentées ci-dessus. En *a* est un rouleau garni d'une étoffe de flanelle, qu'on a soin de maintenir imbibée d'une encre grasse en passant dessus un pinceau trempé dans cette encre. Au-dessous du rouleau est une chaîne sans fin qui s'enroule sur deux poulies *o, o'*, dont la dernière est mise en rotation par le mouvement d'horlogerie. Au-dessous de la chaîne, à un très-petit intervalle, est la bande de papier *ph* sur laquelle s'inscrit la dépêche. Tant que le courant ne passe pas dans l'électro-aimant, le papier ne touche pas la chaîne; mais aussitôt que le courant passe, l'armature *A* est attirée, le levier *k* s'abaisse, et le bouton *i* fixé à son extrémité vient appuyer sur la chaîne, et la met en contact avec le papier. Or, la chaîne, déposant alors l'encre qu'elle a prise au rouleau *a*, trace sur le papier, à mesure qu'il avance, un trait ou un point, suivant le temps que l'armature *A* reste en prise avec l'électro-aimant, c'est-à-dire suivant la durée du passage du courant. Si celui-ci ne passe que pendant un temps très-court, la chaîne frappe instantanément et ne produit qu'un point (·); mais si le contact a une certaine durée, il se produit un trait plus ou moins allongé (—). 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 M. 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	— · —	v
· · ·	e	— · —	n	· · —	w
· · ·	f	— · —	o	· · —	x
· · ·	g	— · —	p	· · —	y
· · ·	h	— · —	q	· · —	z

*Manipulateur.* — Il se compose d'une petite planchette d'acajou qui sert de support à un levier métallique *ab* (fig. 618), mobile en son milieu sur un axe horizontal. L'extrémité *a* de ce levier tend toujours à être soulevée par un ressort placé au-dessous. En

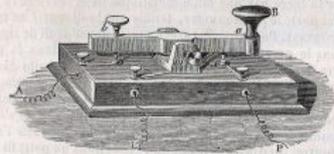


Fig. 618.

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, autour de 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 *L*, qui est le fil de ligne, et la troisième avec le fil *A*, qui se rend au récepteur du poste; car il est bien entendu que les deux postes qui se correspondent sont chacun pourvus d'un manipulateur et d'un récepteur.

Ces détails connus, il y a deux cas à considérer : 1° le manipula-

teur 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.

**Paratonnerre et galvanomètre.** — Le paratonnerre est un petit 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 chargent d'une quantité d'électricité suffisante pour donner des étincelles dangereuses. La pièce qui fait paratonnerre se compose de deux disques de cuivre *d* et *f* (fig. 616), munis de dents sur les faces en présence, mais ne se touchant pas. Le disque *d* est en communication avec la terre par une lame métallique fixée derrière la planchette qui porte le paratonnerre, tandis que le disque *f* se trouve dans le courant. Pour cela, celui-ci, arrivant par le fil de ligne *L*, entre dans le paratonnerre par une borne fixée dans la partie inférieure de la planchette, à gauche; il monte ensuite dans un commutateur *n* qui le conduit à un bouton *c*, d'où il gagne le disque *f* par une lame métallique située derrière la planchette. Là, l'électricité, agissant par influence sur le disque *d*, s'écoule par les pointes, sans danger pour ceux qui sont auprès de l'appareil. En outre, du disque *f* le courant passe dans un petit fil de fer très-fin, isolé et renfermé dans le tube *e*. Or, ce fil étant fondu par le courant lorsqu'il est trop intense, l'électricité ne se rend plus à l'appareil, ce qui supprime encore le danger. Du tube *e* le courant descend au bas de la planchette, dans une borne placée à droite de la première, et de là dans un petit galvanomètre vertical *G*, servant à indiquer, par la déviation de l'aiguille, si le courant passe dans les appareils.

**Marche générale du courant.** — En résumant ce qui précède, on voit que le courant qui vient du poste attaquant, arrivant par le fil de ligne *L* (fig. 616), traverse d'abord le paratonnerre, puis le

galvanomètre. De là, il ne va pas directement au récepteur, mais se rend d'abord au manipulateur (fig. 618), 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. 616). Là, il passe dans l'électro-aimant *E*, fait osciller le levier *k*, 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. 618) 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 paratonnerre, il s'en va enfin par le fil de ligne *L* au poste auquel on écrit.

758. Relais. — On verra bientôt que l'intensité des courants

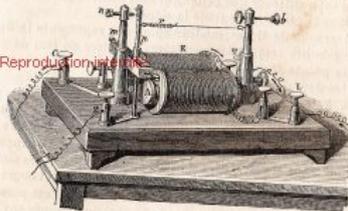


Fig. 419

est en raison inverse de la longueur du circuit qu'ils parcourent (804). De plus, par les poteaux qui portent les fils et par l'air humide, il se produit une dérivation (808) d'autant plus grande, 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 inservent 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. 619), se rend dans un électro-aimant *E*, d'où il va ensuite se perdre dans la terre par la borne *T*. Or, chaque fois que le courant de ligne passe dans le relais, l'e-

lectro-aimant attire une armature A fixée à la partie inférieure d'un levier vertical *p*, qui oscille autour d'un axe horizontal.

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. 615), pour revenir à la même pile locale d'où il est parti. Puis, quand le courant du fil de lignes 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.

Le télégraphe de Morse, modifié comme le représente la figure 616, c'est-à-dire traçant les caractères à l'encre au lieu de graver à la pointe sèche, dépense très peu de force, et peut transmettre les dépêches jusqu'à 200 kilomètres sans relais.

\* 753. **Télégraphe imprimant de Hughes.** — M. Hughes, professeur de physique à New-York, a inventé récemment un télégraphe imprimant qui donne des résultats remarquables de rapidité et de fidélité dans la transmission des dépêches. Cet appareil, compliqué dans ses détails, est fondé sur deux principes simples et ingénieux, qu'on n'avait pas appliqués jusqu'ici aux télégraphes électriques. Le premier, c'est que la force motrice n'est plus empruntée au courant, mais à un poids de 50 kilogrammes environ, qui tend à faire marcher tout l'appareil d'une manière continue, et qu'on remonte au moyen d'une pédale quand il est au bas de sa course. En sorte que le courant n'a d'autres fonctions que de faire embrayer et désembrayer une roue dont l'arbre porte une excentrique qui, au moment voulu, soulève la bande de papier sur laquelle on veut imprimer telle ou telle lettre. Le second principe est que l'électro-aimant agit à l'inverse de ceux des autres télégraphes électriques; c'est-à-dire que ce n'est pas quand le courant passe qu'il tient son armature en contact, mais quand il ne passe pas. Pour cela, le fer doux de l'électro-aimant est en contact, à sa partie inférieure, avec un petit aimant en fer à cheval. Attraité par l'influence de celui-ci, il retient son armature; mais le sens du courant qui parcourt le fil de l'électro-aimant étant tel, qu'il l'aimante en sens contraire de l'aimantation qu'il possède déjà, le plus faible courant qui passe dans le fil désaimante l'électro-aimant. Celui-ci lâche donc son armature, qui est sollicitée par un

ressort, et c'est alors que l'embrayage se produit, comme on va le voir plus bas.

La figure 620 donne une vue d'ensemble de ce nouveau télégraphe, modifié et construit avec une grande précision par M. Froment. Les figures 621, 622 et 623 ci-après en donnent les principaux détails sur une plus grande échelle. Dans toutes les figures, aux mêmes pièces correspondent les mêmes lettres.

Sur le devant de la table qui porte l'appareil est un clavier à 28 touches, dont 26 portent les lettres de l'alphabet, la 27<sup>e</sup> un point, et la dernière un blanc. Au delà du clavier est un disque de cuivre H, supportant à son centre un axe vertical J (fig. 621), qui tourne avec une vitesse de deux tours par seconde, et avec lui le chariot *k* qui y est fixé, et dont on verra bientôt la fonction.

Après le disque H est un bâti portant une série de roues mues par un poids de 50 kilogrammes, qui agit sur une chaîne sans fin X; cette chaîne transmet le mouvement à la roue M, et de celle-ci, par une suite de pignons et de roues, à la roue N. À l'axe de cette dernière est fixé un tore de laiton Y, agissant comme volant pour ce tore qui sert à arrêter l'appareil au moyen d'un frein qu'on fait marcher avec la poignée *m*. En appuyant sur celle-ci, toutes les pièces s'arrêtent presque instantanément. La roue N, dont nous parlons ci-dessus, mène, à gauche et un peu au-dessous, un petit pignon qui donne le mouvement à la roue *g*, aux excentriques *o* et *i*, et au rouleau *c*, qui sert à soulever la bande de papier (fig. 623). En un mot, c'est l'axe *m* par ce petit pignon qui porte les pièces principales de l'appareil.

Sur le devant du bâti est un rouleau B, qui est le distributeur d'encre. À cet effet, il est entouré d'une étoffe épaisse de laine qu'on entretient toujours imbibée d'encre grasse, comme dans le télégraphe de Morse modifié (757). Tangentiellement à ce rouleau est une roue *a*, munie à son pourtour de 27 dents portant en relief les 26 lettres de l'alphabet et un point. Une dent manque pour donner un blanc; dans le dessin, celui-ci est en contact avec le rouleau B.

En *z*, sur la face postérieure du bâti, est une lame d'acier, très-élastique; à cette lame est attaché un ressort à boudin horizontal, terminé par un taquet qui vient buter contre une espèce de roue à rochet fixée à l'arbre de la roue N, et figurée en noir derrière celle-ci. Les dents de cette roue, en heurtant le taquet qui termine le ressort à boudin, mettent la lame *z* en vibration, et selon que celle-ci oscille plus ou moins vite, elle agit comme accélérateur ou retardateur sur la roue à rochet, et par suite sur tout le système. Or, en raccourcissant ou allongeant la lame *z*, on peut accélérer ou retarder ses vibrations à volonté, comme un pendule. Pour

cela, un poids additionnel *x* peut glisser le long de la lame, résultat qu'on obtient à l'aide d'une tige parallèle à la lame, et fixée d'un bout au poids *x* et de l'autre à un levier *g*, auquel on trans-

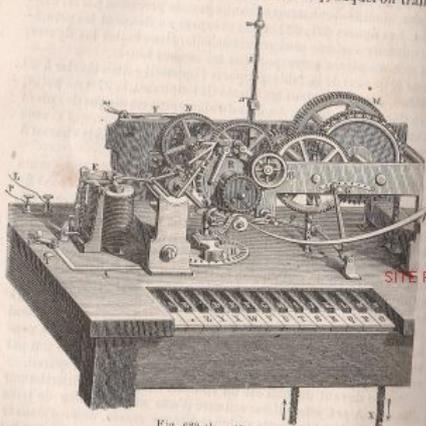


Fig. 620 (1 = 45).

met le mouvement à l'aide d'une manivelle *G*. En tournant à droite la manivelle, le levier *g* est soulevé, et avec lui le poids *x*; alors les vibrations de la lame se ralentissent. En tournant la manivelle à gauche, on obtient l'effet inverse.

Sur le bord de la table sont deux bornes qui reçoivent, l'une le fil *P* venant de la pile du poste et se rendant au clavier, l'autre le fil de ligne *L* se rendant à l'électro-aimant. Sur la gauche de la même table sont deux boutons métalliques *V* et *T*, destinés, le premier à recevoir la dépêche, le second à la transmettre. Pour cela, un petit contact métallique, terminant la lame *A*, est mobile sur une charnière et muni d'une poignée d'ivoire. En prenant celle-ci à la main, on met le contact en prise avec le bouton *V* ou *T*, suivant qu'on veut transmettre ou recevoir. Enfin, en *E* est

l'électro-aimant, on *n* son armature; en *r* un ressort à boudin, qui tend constamment à soulever l'armature *n*. Sur celle-ci s'appuie un levier *d*, qui est soulevé en même temps que l'armature. C'est ce levier *d* prolongé qui va agir sur la roue *g* et y produire l'embrayage, comme on va le voir dans la figure 622. Maintenant que l'ensemble de l'appareil est connu, passons aux détails, dont le premier à étudier est celui représenté dans la figure 621.

Le disque *H* est percé sur son pourtour de 28 trous, dans chacun desquels passe une dent d'acier verticale *o*, *o'*, *o''*, etc., mue par un levier qui reçoit son mouvement de l'une des touches du clavier. En sorte qu'à chaque trou du disque *H* correspond une lettre du clavier, et que si l'on appuie sur la touche *F*, par exemple, immédiatement la dent correspondante s'élève au-dessus du disque *H* de deux millimètres, et vient à frapper, on a déjà vu que l'arbre *J* et le chariot *A*, qui y est fixé, tournent avec une vitesse de deux tours par seconde. D'où résulte qu'à peine la dent *o'*, par exemple, est soulevée, elle est rencontrée par une plaque d'acier *a'a'*, isolée du reste de l'appareil par des plaques d'ivoire, mais en communication métallique avec l'arbre *J*. Le courant, qui du clavier s'est rendu à la dent *o'*, passe donc actuellement dans l'arbre *J*, et de là dans tout le bâti. De celui-ci, il se rend au bouton *T* (fig. 620), et si le contact pour transmettre est établi, il va passer dans l'électro-aimant *E*, et enfin dans le fil de ligne *L*, qui le conduit à l'électro-aimant du poste auquel est destinée la dépêche, et où il fait imprimer la lettre de la touche qu'on a abaissée.



Fig. 621.

Il importe d'observer qu'au départ comme à l'arrivée, le courant passe à chaque fois dans l'électro-aimant du poste attaquant et du poste qui reçoit. En effet, il résulte de là que la dépêche s'imprime en même temps dans les deux postes, ce qui donne le moyen de la vérifier constamment et d'entretenir un accord parfait entre les deux appareils.

A son passage dans l'électro-aimant, on a déjà vu que le courant le désaimante, et que le ressort à boudin *r* (fig. 622) fait lâcher l'armature *n*. Or, le bras de levier *d* étant alors soulevé

par l'armature, le bras *d* s'abaisse, et c'est ce mouvement qui fait imprimer une lettre. Pour comprendre l'effet qui se produit ici, observons d'abord que les deux arbres *U*, *U'*, sont indépendants l'un de l'autre : l'arbre *U*, auquel est fixée la roue à rochet *g*, tourne toujours ; mais l'arbre *U'*, auquel est fixé le rochet *c'*, ne peut tourner que lorsque ce rochet est en prise avec les dents de la roue *g*. Or, tant que le bras de levier *d* est soulevé, il soulève lui-même un petit taquet *c*, et avec lui le rochet *c'* ; il n'y a donc pas embrayage, et l'arbre *U* tourne seul. Mais aussitôt que le bras *d* s'abaisse, le rochet *c'*, qui n'est plus soutenu, est rabattu

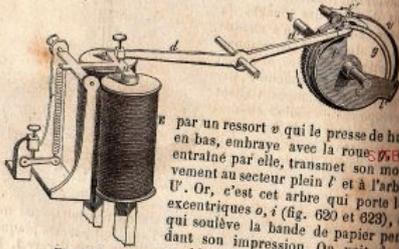


Fig. 622.

par un ressort *e* qui le presse de haut en bas, embraye avec la roue *g*, entraîné par elle, transmet son mouvement au secteur plein *l* et à l'arbre *U'*. Or, c'est cet arbre qui porte les excentriques *o*, *i* (fig. 620 et 623), et qui soulève la bande de papier pendant son impression. On voit donc combien le mécanisme que nous venons de décrire joue un rôle important dans l'appareil. Ne l'abandonnons pas sans faire connaître la fonction de la lame fixe *u*, agissant comme excentrique sur le levier *d*. A mesure que la roue *g* tourne dans le sens marqué par la flèche, l'excentrique *u* soulève le bras *d*, et avec lui le taquet *c* et le rochet *c'*. En sorte qu'après un tour complet du secteur *l*, et l'arbre *U*, en sorte que celui-ci ne tourne jamais que d'un tour. Il est encore à remarquer que l'excentrique *u* ne sert pas seulement à faire désembrayer le rochet *c'*, mais qu'en soulevant le bras *d*, il abaisse *d*. Or, celui-ci, s'appuyant sur l'armature *n*, la rabat et la met en prise avec l'électro-aimant, jusqu'à ce que le courant passant de nouveau, l'embrayage se reproduise.

Pour terminer, il nous reste à décrire le mécanisme qui sert à imprimer (fig. 623). Ce mécanisme est compliqué, et il nous est impossible de le décrire ici dans tous ses détails. La roue imprimante

manté *a*, qui porte sur son pourtour les 26 lettres et un point, et s'encre constamment sur le rouleau *B*, est animée d'un mouvement de rotation continu, soit qu'elle imprime ou qu'elle n'imprime pas. Le point important ici est que cette roue soit toujours d'accord avec le chariot *h* de la figure 621 ; c'est-à-dire qu'à l'instant où celui-ci est en prise avec une des touches du clavier, la touche *F* par exemple, il faut que la même lettre se trouve exactement au bas de la roue imprimante, car c'est à ce moment que la bande de papier va être soulevée, et que l'impression va se faire. En effet, c'est alors que l'arbre *U'* embrayant avec *U*

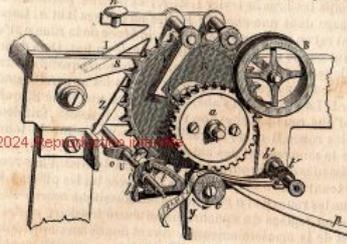


Fig. 623.

(fig. 622), les excentriques et les cames placées sur *U'* commencent à agir. Une came aiguë placée à l'extrémité antérieure de *U* soulève le levier *u*. Or, c'est ce levier qui porte le rouleau *c* sur lequel est la bande de papier, maintenue par une double lame élastique. Le rouleau étant soulevé brusquement, le papier vient frapper un coup sec sur la lettre *F*, que nous avons supposée au bas de la roue *a*, et cette lettre est imprimée. Aussitôt, l'excentrique *i* vient agir sur l'extrémité du levier *bb'*, auquel est fixée une lame *y*. Celle-ci, à son extrémité supérieure, porte un encliquetage qui fait marcher une roue à rochet fixée à l'axe du rouleau *c*. D'où il résulte qu'en s'abaissant, *y* fait tourner le rouleau et avancer la bande de papier, juste d'une quantité égale à l'intervalle entre deux lettres ; en sorte que le papier est prêt à recevoir l'impression d'une nouvelle lettre. Si l'on abaisse, par exemple, la touche *R* sur le clavier, le chariot *h* (fig. 621) est en prise avec la dent soulevée, à l'instant précis où la lettre *R* est au bas de la roue imprimante. Mais le papier venant la frapper au même moment, la lettre *R*

s'imprime, et ainsi de suite de tout le mot *FRANCE* inscrit sur la bande de papier.

La came *c* fixée sur l'axe *U* a un rôle important : elle sert à régler le mouvement entre le poste qui transmet et celui qui reçoit. Pour cela, cette came s'engage entre les dents de la roue *R*, et lorsqu'il n'y a pas concordance, elle presse les dents ou leur résiste, de manière à rectifier la position de cette roue et en même temps de la roue *a*, en les faisant avancer ou reculer, car ces deux roues ne sont pas invariablement fixées sur leur arbre.

Quant au bouton *n'*, lorsqu'on appuie dessus, il s'abaisse et en même temps les bras de levier *I*, *Z*, *K*; ce dernier porte une dent qui s'engage dans une encoche *F*, liée aux roues *R* et *a*. Lorsque cette dent est en prise avec l'encoche, le *blanc* de la roue *a*, c'est-à-dire l'intervalle sans lettre, se trouve juste en bas. On a donc un moyen de *mettre au blanc*, ce qu'on fait toujours quand on arrête, ou quand on s'aperçoit qu'aux deux postes les appareils sont en désaccord. La pièce *I*, en s'abaissant, écarte une lame *S*, qui, au moyen d'une roue à rochet non visible dans le dessin, fait désembrayer les roues *R* et *a*, lesquelles cessent aussitôt de tourner, quoique le mouvement des autres roues *M*, *N* (fig. 620) se continue. Mais dès que le courant arrive, l'arbre *U* faisant une révolution, l'excentrique *e* soulève le bras *Z*, et avec lui les pièces *I*, *K*; en sorte que les roues *R* et *a* recommencent aussitôt à tourner.

Quant au réglage du synchronisme entre les deux postes, on l'obtient de la manière suivante. Ayant donné aux appareils une vitesse telle, que le chariot *h* (fig. 621) fasse sensiblement deux tours par seconde, un des correspondants transmet une lettre quelconque, qu'il répète à chaque tour du chariot. Si la même lettre se reproduit constamment à l'autre poste, le synchronisme est suffisant; mais si la même lettre ne se reproduit pas, et que les caractères imprimés aillent en avançant de *A* à *B*, de *B* à *C*, cela indique qu'au poste qui reçoit, le mouvement est plus rapide qu'à celui qui expédie. Alors, au premier poste, on ralentit le mouvement en soulevant graduellement le curseur *x* (fig. 620).

\* 760. **Télégraphe électro-chimique enregistreur de M. Bain.** — Les télégraphes électro-chimiques sont des appareils qui inscrivent les dépêches en signes colorés sur un papier imprégné de cyanure jaune de fer et de potassium, ce sel étant décomposé par le courant d'une pile locale, dans le poste qui reçoit, toutes les fois qu'il passe au travers du papier.

Le premier télégraphe de ce genre est dû à M. Bain, écossais. Les lettres y sont représentées à l'aide des mêmes signes que dans le télégraphe de Morse, c'est-à-dire par des combinaisons de traits

et de points; mais la dépêche est d'abord *composée*, dans le poste expéditeur, sur une longue bande de papier ordinaire. Pour cela, celle-ci est percée, à l'emporte-pièce, successivement de petits trous ronds qui représentent les points de Morse, et de trous allongés qui correspondent aux traits. Cela fait, la bande de papier est interposée entre une petite roulette métallique et une lame élastique également métallique, qui font partie l'une et l'autre du courant de la pile du poste. Or, la roulette, en tournant, entraîne avec elle la bande de papier, dont toutes les parties viennent successivement passer entre la roulette et la lame. Par suite, si la bande de papier n'était pas trouée, elle s'opposerait constamment au passage du courant, n'étant pas conductrice; mais en vertu des trous qu'on y a pratiqués, chaque fois que l'un d'eux passe, il y a contact entre la roulette et la lame, et le courant se continue pour aller faire marcher le relais du poste auquel on expédie, et tracer en bleu, sur un papier imprégné de cyanure, la même série de points et de traits que sur la bande de papier découpée.

M. Pouget-Maisonneuve a construit un télégraphe dans lequel la dépêche est enregistrée dans le poste qui reçoit, par le procédé chimique de Bain; mais, dans le poste expéditeur, la dépêche n'est pas composée, elle est envoyée directement par le manipulateur de Morse (fig. 618).

\* 761. **Pantélégraphe Caselli.** — M. l'abbé Caselli fit à Florence, en 1856, les premiers essais du remarquable appareil que nous allons décrire. L'année suivante, il l'importa en France, où il en confia la construction à M. Froment. Après huit années de nouveaux essais et de nombreux perfectionnements, les travaux de M. Caselli ont obtenu le succès qu'ils méritaient : son appareil a été adopté sur les lignes françaises, le 14 février 1865, et, le 1<sup>er</sup> juin suivant, en Russie.

Le nom de *pantélégraphe* (télégraphe universel), qu'a donné M. Caselli à son télégraphe, est parfaitement appliqué, car tandis que le télégraphe de Morse ne transmet que des points et des traits, et celui de Hughes des caractères typographiques, le pantélégraphe transmet, avec la même facilité, les caractères alphabétiques de toutes les langues, toutes les écritures, tous les dessins.

Le pantélégraphe est un appareil électro-chimique (760), dans lequel c'est le courant de ligne qui inscrit directement la dépêche sur un papier récepteur. Comme la description en est un peu longue, nous la divisons en trois parties : 1<sup>o</sup> le mécanisme qui inscrit les dépêches; 2<sup>o</sup> celui qui sert à la distribution et à l'interruption des courants dans l'appareil; 3<sup>o</sup> le système de piles supplémentaires que M. Caselli a introduit dans le courant de ligne.

\* 702. Mécanisme enregistreur. — La figure 624 représente une vue d'ensemble du pantélégraphe. Deux appareils identiques fonctionnent, l'un à la station qui envoie la dépêche, l'autre à celle qui la reçoit. Chacun se compose d'un bâti de fonte PQ, qui porte à son sommet un pendule L, de 2 mètres de longueur, et terminé par une masse de fer M lestée avec du plomb. Cette masse est alternativement attirée par deux électro-aimants E, E', dans lesquels passe le courant d'une pile locale; en sorte que ce sont ces électro-aimants qui entretiennent le mouvement du pendule, mouvement que celui-ci transmet ensuite à différentes pièces.

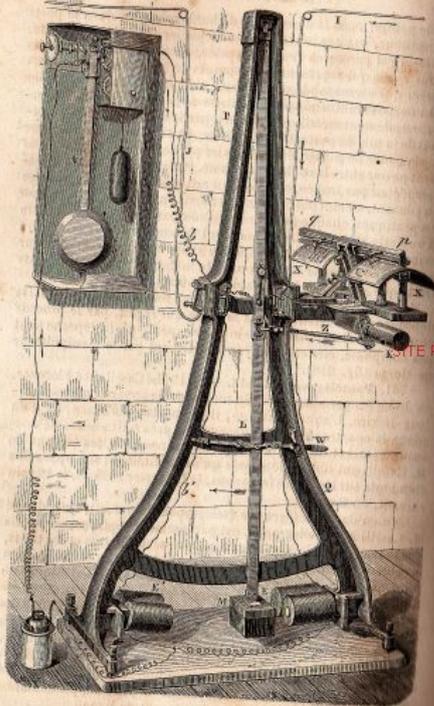


Fig. 624.

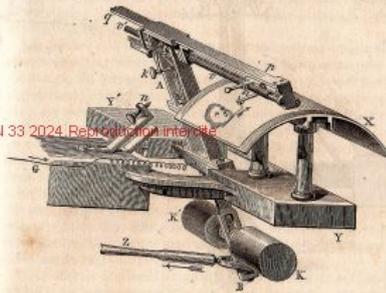


Fig. 625.

Sur la droite du bâti sont deux plateaux à surface cylindrique X, X', dont l'un est représenté plus en grand dans la figure 625. C'est sur ces plateaux que l'on fixe, à la station de départ le papier sur lequel est inscrite la dépêche, et, à la station d'arrivée le papier sur lequel elle doit se reproduire. Les plateaux sont doubles, dans chaque station, ce qui fait qu'on peut à la fois expédier et recevoir deux dépêches. Comme ils sont identiques, nous n'en décrivons qu'un, celui qui est représenté dans la figure 625.

Au-dessus du plateau est un châssis pq porté par un long levier AB, qui oscille en son milieu autour d'un axe horizontal. Ce levier est lié, à sa partie inférieure, à une bielle Z qui va s'attacher au pendule L; en sorte que les oscillations de celui-ci se transmettent d'une manière continue au levier AB et au châssis pq, ce

dernier va et vient constamment au-dessus du papier fixé sur le plateau. Un contre-poids  $KK'$  fait équilibre au châssis  $pg$ , afin que le centre de gravité du système oscillant coïncide avec l'axe de suspension.

Le châssis  $pg$  porte, sur un même noyau, deux vis symétriques  $e, e'$ , dont le pas est de 3 millimètres, et sur chacune, de chaque côté de  $AB$ , est un chariot  $a$ , qui peut se déplacer dans le sens de la vis.

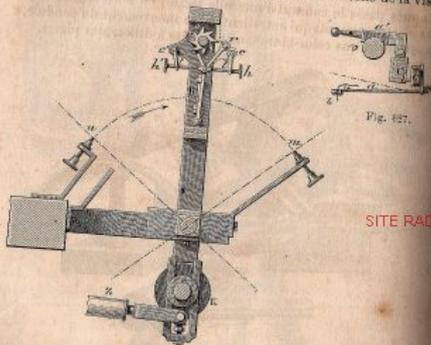


Fig. 626.

Pour cela, le chariot porte une pièce taraudée dans laquelle s'engage le filet de la vis; par suite, quand celle-ci tourne d'un tour, le chariot avance d'une quantité égale à la longueur du pas.

Quant à la rotation de la vis, elle est obtenue à l'aide d'une roue à rochet  $o$  (fig. 625 et 626) portant 12 dents, et fixée au noyau de la vis. Cette roue est menée par une fourchette  $Rr'$ , qui, à chaque demi-oscillation du levier  $AB$ , vient buter alternativement contre deux arrêts fixes  $m$  et  $n$ . A chaque choc, la fourchette subit une légère déviation qui fait tourner la roue  $o$  d'une demi-dent, c'est-à-dire de  $\frac{1}{24}$  de tour; par suite, le chariot, qui est mené par la vis, avance de  $\frac{1}{8}$  du pas, c'est-à-dire de  $\frac{1}{24}$  de millimètre.

D'après la description qui précède, le chariot  $a$  est donc animé de deux mouvements rectangulaires, l'un très-lent dans le sens

de l'axe de la vis, l'autre rapide dans une direction perpendiculaire à cet axe. D'où il suit que le chariot étant armé d'un petit fil de fer flexible qui s'appuie sur le papier du plateau  $X$ , la pointe de ce fil balaye successivement toute la surface du papier, tendant à y tracer une suite de traits parallèles extrêmement rapprochés. Pendant que le chariot oscille ainsi au-dessus du papier, alternativement dans un sens et dans l'autre, la pointe du fil de fer ne touche pas constamment le papier, mais seulement pendant une demi-oscillation. Pendant l'autre, le chariot est soulevé et le fil de fer n'est plus en contact avec le papier; c'est alors l'autre chariot, celui qui est au-dessus du plateau  $X'$  (fig. 624), dont la pointe est abaissée et fonctionne; en sorte que, sans interruption, il y a inscription, sur le plateau  $X$ , puis sur le plateau  $X'$ , de deux dépêches distinctes.

Les figures 626 et 627 montrent le mécanisme qui soulève et abaisse alternativement les deux chariots à la fin de chaque demi-oscillation du levier  $AB$ . De chaque côté de ce levier sont deux règles métalliques horizontales, chacune d'une longueur égale à la vis correspondante, et disposées parallèlement à cette vis. Ces deux règles sont masquées dans la figure 625 par le châssis  $pg$  et par la vis  $h$ . La règle  $C$  est fixe; c'est elle qui porte la pièce  $a'$  dans laquelle est le taraud qui prend dans la vis. La règle  $c$  se termine aux deux bouts par deux tourillons, autour desquels elle peut osciller légèrement pour soulever et abaisser la tige  $a$  qui porte le fil de fer. Les pièces qui portent les tiges  $a$  et  $a'$  sont reliées entre elles par une articulation spéciale et glissent ensemble, l'une sur la règle  $C$ , l'autre sur la règle  $c$ .

Pour obtenir les oscillations de la règle  $c$ , l'un de ses tourillons est lié à un petit levier  $t$  (fig. 626), qui lui-même est articulé à un boulon  $h$  oscillant avec la fourchette  $R$ . Par suite, quand celle-ci vient buter contre l'arrêt  $m$ , elle entraîne de droite à gauche le boulon  $h$  et avec lui le petit levier  $t$ . Celui-ci faisant alors tourner très-peu la règle  $c$ , la tige  $a$  est soulevée et le fil de fer ne touche plus le papier pendant toute une demi-oscillation; mais, pour l'autre chariot, les pièces  $h'$ ,  $t'$  et  $c'$  ayant produit l'effet inverse, la tige  $a$  qui lui correspond s'est abaissée, et le fil de fer est en contact avec le papier.

\* 763. **Marche et fonction des courants dans le pantélégraphe.**  
— Après avoir décrit les différentes pièces du pantélégraphe, il nous reste à faire connaître comment le courant électrique les fait mouvoir. Pour cela, il y a deux courants distincts, l'un qui passe dans les électro-aimants, l'autre qui inscrit les dépêches.

Ayant représenté le sens dans lequel se meuvent les différentes pièces par des flèches garnies de plumes, celui des courants le sera par des flèches simples.

Le courant qui fait fonctionner les électro-aimants est fourni par une pile au sulfate de mercure (703) de 31 éléments, dont un seul est représenté au pied de l'appareil, sur la gauche (fig. 624). De cette pile le courant monte dans un interrupteur réglé par

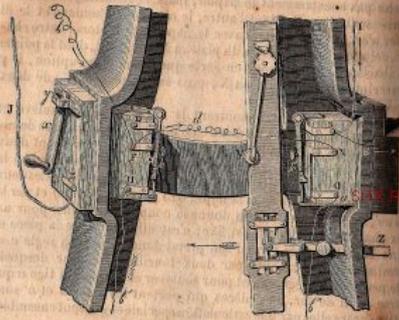


Fig. 625.

un pendule U, lequel a une longueur de 50 centimètres, c'est-à-dire quatre fois moindre que celle du pendule L; d'où il résulte qu'il oscille deux fois plus vite (52). Arrivé aux pièces *g, i*, le courant s'en va par le fil *h* jusqu'à un contact métallique *E*, qui fait partie d'un commutateur placé en double sur les deux côtés du bâti (fig. 628). De ces commutateurs, le courant peut passer alternativement dans l'un et dans l'autre des électro-aimants. C'est le pendule L, qui fait marcher les commutateurs. Pour cela, sa tige porte un galet V qui, à chaque demi-oscillation, bute successivement contre deux pièces mobiles *k* et *k'*. Celles-ci s'appuient sur deux lames élastiques fixées aux contacts F et X, et, pressant dessus, les mettent en prise avec les contacts H et O. Dans le dessin, les contacts ne sont établis ni sur l'un ni sur l'autre des commutateurs, et le courant descendu par le fil *h* ne va pas plus loin que

F. Mais le pendule oscillant de droite à gauche, dans le sens de la flèche, le galet V va venir presser la pièce *k*, et aussitôt le courant descendra par le fil *h* dans l'électro-aimant E' (fig. 624). Celui-ci attirant alors la masse M, l'oscillation du pendule s'accroît et son amplitude s'accroît; c'est là ce qui entretient son mouvement et lui donne la force nécessaire pour mener les pièces auxquelles il est lié.

Si actuellement le courant continuait à passer dans l'électro-aimant E', la masse M serait retenue par ce dernier et tout le mécanisme serait arrêté; mais c'est ici que l'interrupteur représenté à gauche de la figure 624 va fonctionner. En effet, à l'instant où la masse M va atteindre l'électro-aimant, le pendule U vient buter contre le bouton *i*. Une lame mobile, qui porte ce bouton et s'appuie sur la pièce fixe *g*, est alors soulevée, et le contact cessant entre *i* et *g*, le courant est interrompu. Le pendule L retombe alors; puis, à la demi-oscillation suivante, il vient frapper la pièce *k*, et le courant, passant de F à N par le fil *d*, gagne le contact O, et de là, par le fil *h'*, l'électro-aimant E. Celui-ci attire la masse M, mais le pendule U revenant au même instant contre le bouton *i*, le courant s'interrompt de nouveau, et ainsi de suite à chaque demi-oscillation, jusqu'à ce qu'on arrête le pendule L en soulevant un embrayeur W.

On vient de voir le pendule U agir comme interrupteur pour éteindre alternativement l'action des électro-aimants; mais il a une autre fonction, non moins importante, celle de régulateur pour obtenir le synchronisme parfait des deux grands pendules aux stations de départ et d'arrivée. En effet, les dépêches ne peuvent se transmettre régulièrement qu'autant que ces deux pendules sont parfaitement synchrones, c'est-à-dire oscillent rigoureusement ensemble. Pour cela, sur la lame qui porte le bouton *i* (fig. 624), appuie un petit ressort maintenu par une vis micrométrique. En tournant plus ou moins celle-ci, on fait varier à volonté les écarts du bouton *i*, et par suite la durée des oscillations du pendule U, ce qui augmente ou diminue l'intervalle de temps entre deux attractions successives des électro-aimants.

Cela posé, à la station de départ, sur la feuille qui porte la dépêche, on trace à l'encre une ligne droite perpendiculaire à la direction des oscillations du chariot. Si les deux pendules marchent ensemble, cette ligne se reproduit à l'arrivée dans la même position que sur l'original, c'est-à-dire encore perpendiculaire au plan des oscillations; mais si le pendule de la station qui reçoit avance, la ligne incline vers la droite; s'il retarde, elle incline vers la gauche. Dans les deux cas, réglant le pendule U à l'aide de la

vis micrométrique, on obtient, après quelques tâtonnements, le synchronisme des deux grands pendules.

Les détails du pantélégraphe connus, il est facile de se rendre compte de la transmission et de la reproduction des dépêches. Au poste expéditeur on commence par inscrire sur une feuille d'étain, avec de l'encre ordinaire un peu épaisse, la dépêche ou le dessin que l'on veut transmettre, puis on place la feuille sur le plateau X de l'appareil. Là, la feuille d'étain se trouve en communication avec la terre et, en même temps, avec le pôle négatif d'une pile de 60 éléments Daniell, tandis que le pôle positif de la même pile communique avec le chariot qui porte le petit fil de fer, et avec le

*Appareil Caselli*

*Le service a été savant en France  
Le 16 février 1851.*

Fig. 629

fil de ligne qui se rend au poste d'arrivée. Le pendule L étant alors mis en mouvement, le chariot et le fil de fer qui l'accompagne commencent à parcourir toute la surface de la feuille d'étain. Or, tant que le fil de fer est en contact avec l'étain, le courant, se trouvant fermé par celui-ci, retourne à la pile; au contraire, toutes les fois que le fil de fer rencontre les parties encrées de la feuille d'étain, la résistance devenant plus grande du côté de cette feuille, le courant s'élanche dans le fil de ligne qui le conduit au chariot de la station d'arrivée. Là, le courant passe par le petit fil de fer sur une feuille de papier tendue sur le plateau X. Ce papier ayant été trempé d'avance dans une dissolution de cyanoferrure jaune de potassium, ce sel est décomposé par le passage du courant et donne, au contact du fil de fer, un précipité bleu, qui n'est autre chose que du bleu de Prusse, et qui reproduit sur le papier une série de traits bleus précisément égaux en longueur aux parties encrées qui ont été touchées sur l'original. Puis, à la fin de l'oscillation complète, les chariots, aux deux stations, s'étant déplacés latéralement de quantités égales, une seconde série de traits bleus se produit parallèles aux premiers, à une distance de  $\frac{1}{2}$  de millimètre, et toujours égaux aux parties encrées qui ont

interrompu le courant. Il en est de même jusqu'à ce que toute la surface de la feuille d'étain ait été parcourue par le chariot; en sorte que c'est la série de traits ainsi obtenus qui reproduit l'écriture ou l'image tracée sur la feuille d'étain. La figure 629 montre un *fac simile* de l'écriture ainsi transmise.

Dans la figure 628, les pièces sont disposées pour recevoir. Lorsqu'on veut transmettre, on abaisse la manivelle  $x$  sur le contact  $z$ . Le courant de la pile du poste arrivant alors par le fil J est conduit par la manivelle à la pièce  $y$ ; de là, par un conducteur qui n'est pas représenté sur le dessin, il gagne la pièce  $u$ , puis, par  $k$ , le contact S. Ici le courant trouve deux voies: le fil G qui, tant que le fil de fer du chariot touche l'étain, le conduit par celui-ci au pôle négatif de la pile d'où il est parti; ou bien le fil I qui le conduit au fil de ligne toutes les fois que le fil de fer touche une partie encrée.

\* 764. **Système de courants de ligne adopté par M. Caselli.** — M. Caselli a changé la disposition ordinaire du circuit télégraphique en produisant les émissions du courant sur la ligne par l'interruption d'un circuit local, et en intercalant dans le fil de ligne deux petites piles de trois éléments chacune, l'une à la station de départ, l'autre à la station d'arrivée. Pour comprendre l'objet de ces piles, il importe d'observer que, sur une longue ligne, lorsqu'on ferme ou qu'on ouvre le circuit d'une station à l'autre, l'établissement et la rupture du courant ne sont jamais instantanés. A la fermeture, il faut un temps appréciable pour que le courant atteigne son intensité normale, et à la rupture il reste dans le circuit une quantité d'électricité qu'on désigne sous le nom de *courant de charge*, et qui a pour effet de prolonger l'action du courant de ligne. Dans tous les télégraphes, le courant de charge nuit beaucoup à la rapidité des émissions successives; mais, dans le pantélégraphe, il a en outre pour effet de continuer l'action électro-chimique sur le papier, et de produire des bavures sur le contour des caractères et des dessins. C'est pour obvier à ce double inconvénient que M. Caselli a adopté le système représenté dans la figure 630.

L'appareil transmetteur étant en X, celui qui reçoit en X', en P la pile de ligne, dans le fil de ligne AB sont intercalées les piles supplémentaires  $p$  et  $p'$ , chacune à une station, et de trois éléments seulement. Leurs deux pôles positifs sont dirigés en sens contraires, en sorte que les deux courants faibles qu'elles transmettent à la ligne, et qui se développent par les dérivation, n'affaiblissent en rien le courant qui se propage d'une station à l'autre.

A la station qui envoie, le pôle positif de la pile P est en communication en même temps avec le fil de ligne AB et avec l'appareil

pareil transmetteur X, tandis que le pôle négatif l'est avec le même appareil par le fil  $a$  et avec la terre. A la station d'arrivée, l'appareil X' reçoit le fil de ligne d'un côté, et de l'autre communique avec le sol par le fil  $b$ .

Cela posé, soit d'abord le cas où, sur le plateau transmetteur X, le fil de fer du chariot décrit plus haut est en contact avec la feuille d'étain: le courant de la pile P revient alors au pôle négatif par le fil  $a$ , et il n'y a aucune transmission appréciable par le fil AB, surtout pour une longue ligne qui offre une grande résistance.

Au contraire, lorsque le fil de fer rencontre une partie encreée, la résistance augmentant en X, le courant s'élanç dans le fil AB, qui le conduit au papier chimique en X', d'où il va se perdre enfin dans le sol par le fil  $b$ . Or, c'est actuellement que la pile supplémentaire  $p'$  va avoir son effet utile: à l'instant où le fil de fer revient en contact avec l'étain, d'après ce qui vient d'être

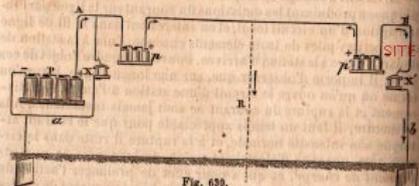


Fig. 630.

dit ci-dessus, le courant de ligne ne s'éteint pas instantanément dans le fil AB; il reste le courant de charge qui agirait encore sur le papier, mais qui se trouve anéanti par la pile  $p'$ . En effet, celle-ci envoie vers X' un courant négatif dont l'effet n'est pas sensible tant que passe le courant de ligne, mais qui, au moment de la rupture, est suffisant pour arrêter instantanément l'action du courant de charge, et faire disparaître toute bavure sur les contours des objets reproduits. Quant au courant de la pile  $p$ , il maintient une portion de la ligne AB toujours chargée, et permet ainsi de rendre plus rapides les émissions successives du courant de ligne, lesquelles peuvent s'élever jusqu'à 300 parseconds.

Dans les lignes les mieux isolées, il y a toujours, quand elles sont d'une grande étendue, une déperdition, une dérivation, plus ou moins considérable, par les poteaux qui supportent les fils et par l'humidité de l'air. Dans les autres télégraphes électriques,

cette dérivation n'a qu'un effet nuisible en affaiblissant le courant; dans l'appareil Caselli, au contraire, elle est utilisée. En effet, le courant négatif de la pile  $p'$  est d'autant plus actif en X', que le courant positif de la même pile s'écoule plus facilement à l'autre pôle; or, c'est précisément l'effet de la dérivation. Cela est si vrai que, par des temps très-secs, en opérant sur la ligne de Paris à Marseille, qui est de près de 900 kilomètres, M. Caselli a trouvé un avantage notable à établir, à la station intermédiaire de Dijon, une communication directe entre la ligne et la terre, en R, au moyen d'un rhéostat spécial d'une très-grande résistance.

\* 765. Horloges électriques. — Les horloges électriques sont



Fig. 631.

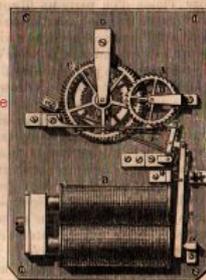


Fig. 632.

des mouvements d'horlogerie dont un électro-aimant, au moyen d'un courant électrique successivement interrompu, est en même temps le moteur et le régulateur. La figure 631 représente le cadran d'une semblable horloge, et la figure 632 le mécanisme qui fait marcher les aiguilles.

Un électro-aimant B attire une pièce de fer doux P, mobile sur un pivot  $\alpha$ . La pièce P transmet son mouvement de va-et-vient à un levier  $s$ , qui, au moyen d'un rochet  $n$ , fait tourner la roue A. Celle-ci, par le pignon D, fait tourner la roue C, laquelle, par une suite de roues et de pignons, fait marcher les aiguilles. La petite marque les heures, la grande les minutes; toutefois, comme cette dernière ne marche pas d'une manière continue, mais par sauts

brusques, de seconde en seconde, il s'ensuit qu'on la fait aussi servir à marquer les secondes.

Il est évident que la régularité du mouvement des aiguilles dépend de la régularité des oscillations de la pièce P. Or, avant de passer dans l'électro-aimant B, les intermittences du courant sont réglées par une première horloge étalon, réglée elle-même par un pendule à secondes. A chaque oscillation du pendule, le courant passe une fois et s'interrompt une fois; d'où il résulte que la pièce P bat exactement la seconde.

Actuellement, supposons que, sur le chemin de fer de Paris à Rouen, toutes les stations possèdent une horloge semblable à celle qui vient d'être décrite, et que dans la gare de Paris soit une horloge étalon d'où parte un fil conducteur se rendant à toutes les horloges de la ligne jusqu'à Rouen. En faisant passer un courant dans ce fil, toutes ces horloges marqueront instantanément la même heure, la même minute, la même seconde; car on verra bientôt que l'électricité de la pile, dans les fils métalliques, parcourt environ 43 000 lieues par seconde, vitesse qui rend inappréciable le temps que le courant met à se propager de Paris à Rouen.

\* 766. **Moteurs électro-magnétiques.** — On a fait de nombreuses tentatives pour utiliser la force attractive des électro-aimants comme force motrice dans les machines. La figure 633 représente une machine de ce genre construite par M. Froment. Elle se compose de quatre électro-aimants puissants A, B, C, D, fixés sur un bâti de fonte X. Entre ces électro-aimants est un système de deux roues de fonte, mobiles sur un même axe horizontal, et portant sur leur contour huit armatures de fer doux M.

Le courant de la pile arrive en K, monte dans le fil E, et gagne un arc métallique O, qui sert à faire passer le courant successivement dans chaque électro-aimant, de manière que les attractions sur les armatures M ne se contrarient pas, mais soient toutes de même sens. Or, cette condition ne peut être satisfaite qu'autant que le courant s'interrompt, dans chaque électro-aimant, au moment même où une armure arrive en présence des axes des bobines. Pour obtenir cette interruption, l'arc O porte trois branches e terminées chacune par une lame d'acier à laquelle est fixé un petit galet. Deux de ces galets établissent la communication respectivement avec un électro-aimant, le troisième avec deux. Une garniture d'ivoire a porte des cames de métal sur lesquelles s'appuient alternativement les galets. Quand l'un d'eux porte sur une came, le courant passe dans l'électro-aimant correspondant, mais cesse de passer aussitôt que le contact n'a plus lieu. A sa sortie des électro-aimants, le courant revient au pôle négatif par le fil H.

Par cette disposition, les armatures M étant successivement attirées par les quatre électro-aimants, le système de roues qui les porte prend un mouvement de rotation rapide qui, par la roue P

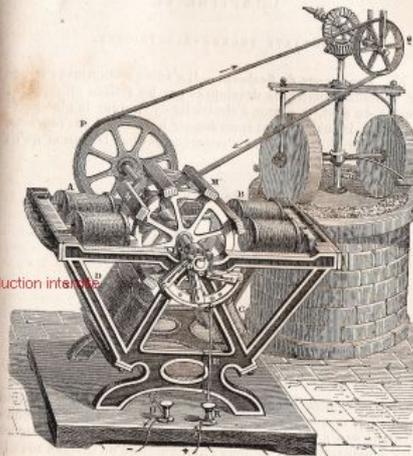


Fig. 633.

et une courroie sans fin, se transmet à la poulie Q, laquelle le communique enfin à une machine quelconque, par exemple à une machine à broyer.

M. Froment a dans ses ateliers une machine électro-motrice de la force d'un cheval-vapeur. Mais jusqu'ici ces machines n'ont pu être appliquées à l'industrie, la dépense des acides et du zinc qu'elles consomment l'emportant de beaucoup sur celle du combustible dans les machines à vapeur de même force. L'application des machines électro-motrices dépend donc surtout aujourd'hui des perfectionnements qu'attend la pile.