

V. Les courants agissent sur les courants selon les lois suivantes : 1° deux courants parallèles et de même sens s'attirent ; 2° deux courants parallèles et de sens contraire se repoussent ; 3° deux courants angulaires s'attirent quand ils se rapprochent ou qu'ils s'éloignent tous les deux du sommet de l'angle ; 4° ils se repoussent dans le cas contraire.

VI. Deux courants croisés tendent à devenir parallèles et de même sens.

VII. Un courant rectangulaire ou circulaire, mobile autour d'un axe vertical, et situé au-dessus ou au-dessous d'un courant fixe horizontal, se place toujours dans un plan parallèle au courant fixe, de manière que la partie du courant mobile la plus rapprochée du courant fixe marche dans le même sens que lui.

VIII. On donne le nom de *solénoïde* à un système de courants circulaires égaux et parallèles, formé par un fil de cuivre recouvert de soie et roulé sur lui-même en hélice.

IX. Quand un solénoïde, mobile autour d'un axe vertical, est sollicité par un courant fixe tendu horizontalement au-dessus ou au-dessous de lui, il se place toujours, comme le ferait un aimant, dans une direction perpendiculaire au courant fixe.

X. Les extrémités de deux solénoïdes s'attirent ou se repoussent, à la manière des pôles des aimants, selon que les courants, dans les extrémités mises en présence, sont de même sens ou de sens contraire.

XI. Un circuit rectangulaire ou circulaire, mobile autour d'un axe vertical, se place constamment, sous l'influence de l'action magnétique de la terre, dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, le courant allant de l'est à l'ouest dans sa partie inférieure.

XII. Un solénoïde librement suspendu sur un pivot vertical et traversé par un courant se dirige exactement comme l'aiguille aimantée. De là l'assimilation des aimants aux solénoïdes, d'après la théorie d'Ampère sur le magnétisme.



CHAPITRE XXII.

Aimantation par les courants. — Électro-aimants. — Télégraphes et sonneries électriques. — Applications diverses des électro-aimants.

Aimantation par les courants. Électro-aimants.

509. *Aimantation par les courants.* — Lorsqu'on plonge dans de la limaille de fer un fil de cuivre traversé par un courant énergétique, on voit la limaille s'enrouler avec force autour du fil et y rester adhérente tant que le courant subsiste. Mais vient-on à interrompre le courant, la limaille se détache et tombe à l'instant même. Ce fait capital, découvert par Arago, prouve que *les courants électriques agissent sur les substances magnétiques de manière à déterminer leur aimantation*. Le fer doux et l'acier trempé sont, de toutes les substances magnétiques, celles qui s'aimantent avec le plus d'énergie sous l'influence des courants.

510. *Aimantation du fer doux.* — Soit un fil métallique (fig. 203) traversé par un courant indéfini et mis en croix avec un barreau ou une aiguille de fer doux AB : on constate que le barreau s'aimante immédiatement et que, conformément à la loi que nous avons indiquée plus haut (296) son pôle austral A se forme à la gauche du courant. L'aimantation développée de cette manière sera, à la vérité, très-faible ; mais si le fil conducteur, au lieu de passer simplement devant le barreau, s'enroule en hélice autour de lui, perpendiculairement à son axe, toutes les spires de l'hélice ainsi formée exerçant sur le barreau des actions concourantes, l'aimantation pourra devenir alors très-énergique. Elle sera d'autant plus forte que le nombre des tours de spire sera plus considérable. Toutefois cette aimantation, quelque puissante qu'elle soit, n'est jamais que tempo-

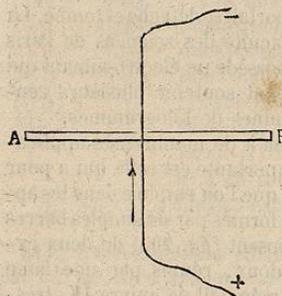


Fig. 203.

raire : elle cesse aussitôt que le courant est interrompu. On donne le nom d'*électro-aimants* aux barreaux de fer doux aimantés de la sorte.

511. Electro-aimants. — Pour mieux juger de la puissance magnétique que développe dans un barreau de fer doux le passage d'un courant voltaïque, on donne ordinairement aux électro-aimants (*fig. 204*) la forme d'un fer à cheval FG, sur les deux branches duquel on enroule, un grand nombre de fois, un même fil de cuivre MN revêtu de soie. L'enroulement doit être tel, qu'en supposant le barreau redressé, l'hélice de l'une des branches soit la continuation de l'autre, ou, en d'autres termes, que les deux hélices n'en forment qu'une seule d'un bout à l'autre du barreau.

Aussitôt que les deux bouts libres M et N du fil conducteur sont en communication avec les pôles d'une forte pile, l'appareil se transforme instantanément en un aimant puissant dont le pôle austral est à gauche et le pôle boréal à droite du courant, l'un à l'entrée, l'autre à la sortie. A l'aide d'une pièce de contact P en fer doux, appelée *portant*, on peut faire soutenir à l'électro-aimant un poids plus ou moins considérable, selon les dimensions du barreau, la force du courant, la longueur et la grosseur du fil qui l'entoure. Mais aussitôt que le courant cesse de passer, l'électro-aimant revient à l'état naturel, et le poids qu'il portait se détache et tombe. La faculté des sciences de Paris possède un électro-aimant qui peut soutenir plusieurs centaines de kilogrammes.

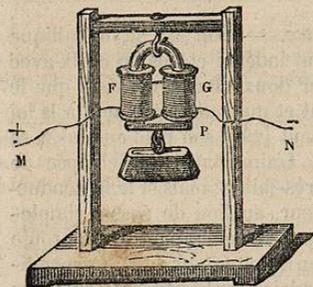


Fig. 204.

Les électro-aimants ont donné lieu à de nombreuses applications, dont la plus belle et la plus importante est celle qui a pour objet la télégraphie électrique. Ceux que l'on emploie dans les appareils télégraphiques, au lieu d'être formés par de simples barres courbées en fer à cheval, se composent (*fig. 205*) de deux cylindres parallèles C et C' en fer doux, réunis par une lame transversale D de même métal. Un même fil de cuivre IK, très-fin et recouvert de soie, s'enroule sur les deux cylindres, qu'il

recouvre d'un grand nombre de tours dirigés, comme le représente la figure, de manière à former deux bobines A et B dont l'hélice de l'une soit, ainsi que nous venons de le dire, la continuation de l'hélice de l'autre. Par cette disposition les deux pôles contraires que développe le courant viennent se placer l'un à l'extrémité C, l'autre à l'extrémité C' des deux cylindres de fer doux.

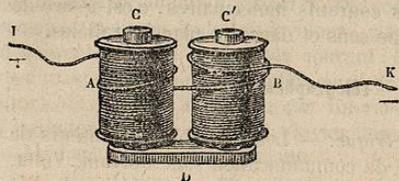


Fig. 205.

512. Aimantation de l'acier. — L'acier subit, comme le fer doux, l'influence des courants électriques. Mais, en raison de la force coercitive dont il est doué, l'aimantation qu'il reçoit, au lieu d'être temporaire comme celle du fer doux, est permanente. Pour aimanter des aiguilles ou des barreaux d'acier on les place (*fig. 206*) dans des tubes de verre autour desquels sont enroulés en hélice des fils de cuivre dont les spires sont assez espacées pour ne pas se toucher. Si le fil est enroulé sur le tube de droite à gauche, l'hélice est dite *dextrorsum*; s'il est enroulé de gauche à droite, on l'appelle *sinistrorsum*.

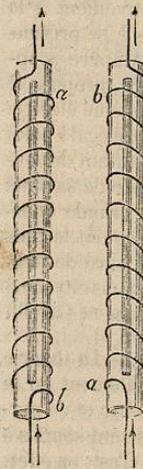


Fig. 206.

Les deux bouts de l'hélice étant en communication avec les pôles d'une pile, quelques instants suffisent pour aimanter à saturation l'aiguille ou le barreau d'acier placé dans le tube. Si l'hélice est *dextrorsum*, le pôle boréal b de l'aiguille ou du barreau d'acier se forme à l'entrée du courant, et le pôle austral a à la sortie (296). Le contraire a lieu si l'hélice est *sinistrorsum*.

515. Explication du phénomène de l'aimantation voltaïque par la théorie d'Ampère. — L'aimantation du fer doux et de l'acier par le courant de la pile peut s'expliquer facilement par la théorie d'Ampère (308). Il suffit pour cela de supposer qu'au-

tour de chaque molécule des substances magnétiques circulent des courants dirigés dans tous les sens imaginables, et qui, par cette raison, se détruisent mutuellement. L'influence d'un courant électrique sur une substance magnétique aurait alors pour effet d'*orienter* tous ces courants moléculaires, c'est-à-dire de les tourner dans le même sens et dans des plans parallèles.

Télégraphes.

514. *Télégraphie électrique.* — Les véritables inventeurs de ce merveilleux système de communication sont Galvani, Volta, Ørstedt et Arago. Galvani, en découvrant le principe de l'électricité dynamique; Volta, en créant la pile; Ørstedt, en faisant connaître l'action des courants sur les aimants; Arago, en démontrant l'aimantation produite sur le fer doux par le passage des courants, avaient successivement posé les bases fondamentales de la transmission instantanée du mouvement à de grandes distances. L'idée d'appliquer ce mouvement à la production des signes télégraphiques ne tarda pas à se présenter à l'esprit de plusieurs physiciens. En 1820, Ampère, s'appuyant sur la découverte qu'Ørstedt venait de faire, proposa le premier de correspondre au loin, au moyen d'un système électromagnétique, composé d'aiguilles aimantées en nombre égal à celui des lettres de l'alphabet et mises en mouvement par autant de courants distincts. Depuis cette époque, un grand nombre de savants et d'habiles mécaniciens se sont occupés de cette grande question. Parmi ceux qui, tant en France qu'à l'étranger, ont le plus contribué à donner à la télégraphie électrique le degré de précision et de simplicité qu'elle possède aujourd'hui, nous citerons, MM. Breguet, Froment, Wheatstone, Morse, Hugues et Cazelli.

515. *Théorie générale des télégraphes électriques.* — La théorie générale des télégraphes électriques repose principalement sur la propriété que possèdent les électro-aimants d'acquiescer et de perdre instantanément leur aimantation aussitôt qu'ils sont soumis à l'influence d'un courant ou qu'ils cessent de l'être. C'est, en effet, cette propriété que l'on utilise maintenant pour produire à de grandes distances le mouvement générateur des signaux télégraphiques. Voici par quel procédé fort simple on obtient ce résultat.

Supposons (*fig. 207*) un fil métallique *cdef* partant du pôle positif P d'une pile placée à Paris, allant s'enrouler sur un électro-aimant G, situé à Rouen par exemple, et revenant à

Paris se terminer au pôle négatif N de la même pile. Entre A et B, près de la pile et sur le trajet du pôle positif à l'électro-aimant, le fil est interrompu; mais les deux bouts du fil sont placés en regard l'un de l'autre, de manière à pouvoir être facilement mis en contact ou séparés. De sorte qu'il sera facile de fermer ou d'ouvrir le circuit à volonté, c'est-à-dire de permettre ou d'interrompre le passage du courant. En présence de l'électro-aimant G se trouve un petit levier en fer doux LT, mobile autour du point O et retenu par un ressort K. Deux arrêts *x* et *y* limitent les excursions du levier lorsqu'il se rapproche ou qu'il s'écarte de l'électro-aimant.

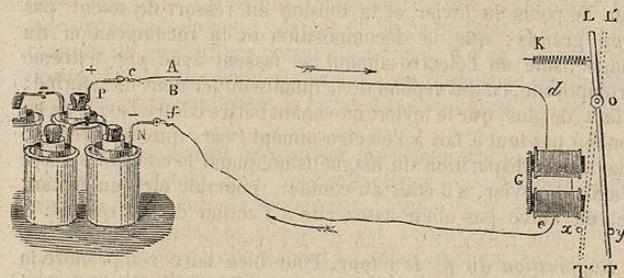


Fig. 207.

Ceci posé, examinons ce qui se passe dans ce système lorsqu'on y établit et qu'on interrompt alternativement le courant voltaïque. Mettons d'abord en contact les deux bouts A et B du fil conducteur; aussitôt le circuit se ferme, et le courant, partant du pôle positif P, se propage dans le fil *cd*, comme l'indique la flèche, passe dans les bobines de l'électro-aimant G, et de là revient par le fil de retour *ef* au pôle négatif N de la pile. Le magnétisme, développé instantanément dans l'électro-aimant, attire alors le levier en fer doux LT, qui aussitôt vient battre contre l'arrêt *x*, en prenant la position que représente la ligne ponctuée L'T'. Tant que le courant circulera, le levier gardera cette position; mais supposons que l'on supprime la communication en écartant l'un de l'autre les deux bouts A et B du fil conducteur; le courant sera interrompu, et l'électro-aimant, perdant immédiatement son magnétisme, cessera d'attirer le levier. Celui-ci, abandonné alors à l'action du ressort K, s'écartera de l'électro-aimant et viendra battre contre l'arrêt *y* en reprenant la position LT. Si l'on rétablit de nouveau et si l'on supprime ensuite la communi-

cation, les mêmes effets se reproduiront; de sorte qu'en une seconde, par exemple, on pourra faire osciller entre ses deux arrêts x et y le levier LT, que nous avons supposé placé à Rouen, autant de fois qu'il sera possible, à Paris, de fermer et d'ouvrir le circuit dans le même temps. Ainsi, si dans une seconde, à Paris, on ferme et on ouvre le circuit 10, 15, 20 fois, en mettant en contact et en écartant ensuite les deux bouts A et B du fil de communication, le levier fera à Rouen 10, 15, 20 vibrations, composées chacune d'un mouvement de va-et-vient entre ses deux arrêts. Toutefois, pour obtenir des vibrations rapides, il y a plusieurs conditions à remplir : il faut d'abord que le poids du levier et la tension du ressort ne soient pas trop grands; que la décomposition et la recomposition du magnétisme de l'électro-aimant se fassent avec une extrême promptitude, ce qui dépend de la qualité du fer dont il est formé; il faut, de plus, que le levier, en venant battre contre l'arrêt x , ne touche pas tout à fait à l'électro-aimant : car, quelque prompt que soit la disparition du magnétisme quand le courant a cessé d'agir, le levier, s'il était au contact, pourrait être un instant retenu et ne pas obéir assez vite à l'action de son ressort.

Suppression du fil de retour. Pour bien faire comprendre la marche du courant entre Paris et Rouen, nous avons supposé (fig. 207) un circuit métallique complet, composé : 1° d'une portion de fil cd partant du pôle positif d'une pile située à Paris pour aller communiquer à Rouen avec les bobines d'un électro-aimant; 2° d'une autre portion de fil ef ramenant le courant au pôle négatif de la pile. Or, l'expérience a démontré que ce *fil de retour* ef dont on faisait usage dans les premiers temps de l'emploi des télégraphes, est complètement inutile, et qu'il suffit, pour établir le courant, de faire communiquer avec le sol, d'un côté, le pôle négatif de la pile et, de l'autre, l'extrémité du fil cd après son passage à travers l'électro-aimant. Les couches du sol, absorbant alors l'électricité à mesure qu'elle leur arrive, permettent à la pile de fonctionner indéfiniment. De plus, comme la résistance du sol au passage des courants peut être considérée comme à peu près nulle, il en résulte que l'intensité du courant est presque le double de ce qu'elle serait avec un fil de retour, puisque la longueur du circuit est ainsi réduite de moitié (298). Pour mieux assurer la communication avec le sol, on termine les fils par deux plaques métalliques que l'on enfonce dans la terre humide, ou mieux encore dans un puits profond et bien alimenté.

516. Composition des télégraphes électriques. — Tout système de télégraphie électrique se compose essentiellement de quatre parties : 1° d'une *pile*; 2° d'un *conducteur*; 3° d'un *appareil manipulateur*; 4° d'un *appareil récepteur*.

1° *Pile.* Les piles que l'on emploie ordinairement sont celles de Daniell ou de Marié-Davy (283-286). La pile de Bunsen, d'une intensité beaucoup plus grande, n'est employée qu'exceptionnellement, quand la correspondance exige un courant d'une grande puissance.

2° *Conducteur.* Le conducteur est formé par des fils de fer galvanisés de 4 à 5 millim. de diamètre, que soutiennent des poteaux en bois de sapin, plantés de 50 en 50 mètres le long des chemins de fer. Sur ces poteaux sont fixés, à 2 ou 3 mètres au-dessus du sol, des supports isolants, en porcelaine ou en terre cuite, ayant généralement la forme d'anneaux dans lesquels passent les fils.

On peut également faire passer les conducteurs sous terre ou au fond de la mer. Pour les conducteurs sous-marins on remplace le fil de fer par un faisceau formé de plusieurs fils de cuivre juxtaposés. Ce faisceau est recouvert d'une couche épaisse de gutta-percha qui sert à l'isoler, et est en outre protégé par une armature en fils de fer revêtus de chanvre et roulés en spirale autour de lui. Telle est en particulier la disposition du câble transatlantique, dont le faisceau conducteur est composé de sept fils.

3° *Manipulateur.* On appelle ainsi l'appareil placé au point de départ du fil conducteur, c'est-à-dire près de la pile. C'est à l'aide de cet appareil que l'on règle l'emploi du courant en ouvrant ou en fermant le circuit à volonté, pour produire à l'autre extrémité de la ligne le mouvement de va-et-vient nécessaire à la transmission des signaux.

4° *Récepteur.* C'est l'appareil qui reçoit la dépêche transmise par le manipulateur. Il renferme l'électro-aimant et son levier, ainsi que le mécanisme destiné à la formation des signaux.

Chaque poste télégraphique, pour envoyer et pour recevoir les dépêches, doit être muni d'un manipulateur, d'un récepteur et d'une pile. Nous verrons plus loin comment les mêmes fils peuvent suffire à ce double usage.

517. *Divers systèmes de télégraphes électriques.* — Il existe plusieurs systèmes de télégraphes électriques. Ceux que l'on emploie le plus généralement en France sont le *télégraphe de Morse*, le *télégraphe imprimant de Hughes* et le *télégraphe à cadran*.

518. *Télégraphe Morse.* — Le télégraphe Morse, inventé en Amérique, est aujourd'hui employé par toutes les nations, grâce à la simplicité de son mécanisme, qui rend la transmission des dépêches aussi sûre que rapide.

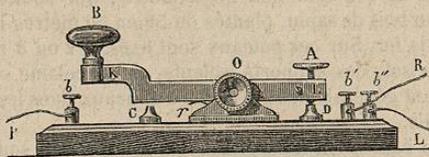


Fig. 208.

Manipulateur du télégraphe Morse. — Il consiste en un petit levier de cuivre KL (fig. 208) fixé par un axe mobile O sur un socle quadrangulaire en bois. L'extrémité K de ce levier est surmontée d'un bouton B en bois ou en ivoire; l'autre extrémité L porte une vis en cuivre A dont la pointe repose sur une petite pièce métallique D. Au-dessous de la partie antérieure du levier est une autre pièce métallique ou *enclume* C, dont le levier est sans cesse écarté par l'action d'un petit ressort r. En b, b' et b'' sont des boutons métalliques auxquels on attache les fils. Au bouton b est attaché le fil de la pile P; au bouton b' le fil du récepteur R; au bouton b'' le fil de la ligne L. Des bandes de cuivre fixées sous l'appareil établissent des communications, savoir: entre b et l'enclume C, entre b' et D, entre b'' et O. Il résulte de ces dispositions que, lorsque le manipulateur est au repos, une communication existe toujours entre O et D, c'est-à-dire entre la ligne et l'appareil récepteur. Au contraire, si l'on vient à peser avec le doigt sur le bouton B, de manière à mettre le levier KL en contact avec l'enclume C, la communication s'établit entre C et O, de sorte que le courant passe aussitôt dans le fil de la ligne L.

Récepteur du télégraphe Morse. — La fig. 209 représente cet appareil: C et C' sont deux cylindres que l'on peut à volonté faire tourner l'un sur l'autre en sens contraire, par l'action d'un mouvement d'horlogerie H. Entre ces deux cylindres est engagée une bande de papier PPP' enroulée sur la roue R: E, E', sont les bobines d'un électro-aimant, au-dessus duquel est un levier AB mobile autour du point O. L'extrémité A de ce levier porte un poinçon en acier ou un crayon destiné à tracer les signaux sur la bande de papier comprise entre les deux cylindres. ff' est une armature en fer doux; r est un ressort à boudin dont la tension se règle au moyen d'un bouton D, et qui sert à maintenir le poinçon écarté du papier, tant que le courant ne passe pas par l'électro-aimant. Enfin, au bouton b est attaché le fil de ligne L, et au bouton b' le fil de terre T.

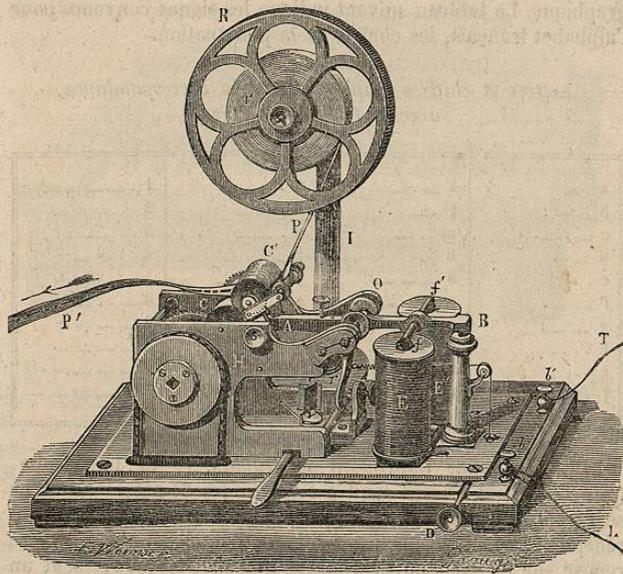


Fig. 209.

Rien n'est plus facile à comprendre que la manière dont fonctionne ce télégraphe. Nous avons dit qu'il suffit d'appuyer

sur le bouton B du manipulateur pour envoyer aussitôt un courant dans le fil de la ligne L. Ce courant arrive dans le récepteur en passant par le manipulateur au repos du bureau auquel est adressée la dépêche, traverse les bobines de l'électro-aimant et va se perdre dans le sol, où le conduit le fil de terre T. En ce moment, l'armature *ff'* est attirée, et le poinçon, pressant sur la bande de papier qui se déroule entre les deux cylindres, y imprime un trait ou un point, selon la durée du contact. Dès que l'on cesse d'appuyer sur le bouton B du manipulateur, le courant est interrompu et le poinçon s'écarte du papier par l'action de son ressort *r*. On peut donc, en appuyant et en cessant d'appuyer successivement sur le levier du manipulateur, produire à volonté des séries de points ou de traits, dont les combinaisons variées servent à représenter les lettres, les chiffres et autres signes nécessaires à la correspondance télégraphique. Le tableau suivant indique les signes convenus pour l'alphabet français, les chiffres et la ponctuation.

Lettres et chiffres employés pour la correspondance avec le télégraphe Morse.

a _ _	k _ _ _	u . . _	1 _ _ _ _
b _ _ _ _	l	v	2
c _ _ _ .	m _ _ _	w _ _ _	3
d _ _ . .	n _ _ .	x _ _ . .	4
e	o _ _ _ _	y _ _ . .	5
f _ _ . . .	p	z _ _ . .	6
g _ _ . . .	q _ _ _ _ _	, _ _	7
h	r _ _ . . .	; _ _	8
i	s)	: _ _	9
j _ _ _ _ .	t _ _	0 _ _ _ _

519. *Télégraphe imprimant de Hughes.* — Ce télégraphe, (fig. 210), dont l'usage tend à se répandre de plus en plus, ne se compose que d'un seul appareil, à la fois manipulateur et récepteur. Son mécanisme, assez compliqué dans ses détails, repose sur un système de rouages que met en mouvement un poids de 50 kilogrammes. L'une des roues R dite *roue des types* porte sur sa circonférence les 26 lettres de l'alphabet gravées en relief, plus les chiffres, un point et un blanc. Un levier, mû par l'armature de l'électro-aimant, met en contact avec cette

roue, chaque fois que le courant passe dans les bobines, une bande de papier sur laquelle les lettres viennent s'imprimer, et qu'un encliquetage fait avancer d'une quantité constante à mesure qu'il s'imprime. La transmission du courant à l'électro-aimant se fait au moyen d'un clavier de piano faisant fonction de manipulateur, et dont les touches portent également les 26 lettres de l'alphabet, les chiffres, le point et le blanc.

Par une disposition des plus ingénieuses, en vertu de laquelle s'établit un *synchronisme* parfait entre les deux appareils situés aux extrémités de la ligne, chaque fois que l'on abaisse une touche au point de départ, la bande de papier de l'appareil situé à la station d'arrivée vient prendre aussitôt sur la roue des types l'empreinte de la lettre dont cette touche est marquée

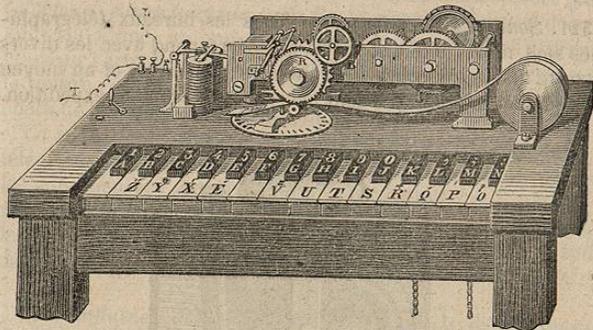


Fig. 210.

M. Caselli a inventé, dans ces derniers temps, un télégraphe dit *autographique*, avec lequel un dessin quelconque, l'écriture, la signature même d'une personne, peuvent être fidèlement reproduits. Un télégraphe analogue, mais plus simple, imaginé par M. Meyer, a été établi en 1870 sur la ligne de Paris à Lyon.

520. *Télégraphe à cadran.* — Le télégraphe à cadran de M. Breguet, employé depuis longtemps en France pour le service particulier des chemins de fer, se compose d'un manipulateur et d'un récepteur munis chacun d'un cadran circulaire, sur lequel sont représentés les vingt-cinq lettres de l'alphabet et une croix nommée *final*, plus les vingt-cinq premiers nombres

Physique.

et le zéro qui correspond à la croix. Le cadran du manipulateur porte une manivelle au moyen de laquelle se fait la transmission des dépêches; celui du récepteur porte une aiguille légère dont la pointe peut parcourir les 26 divisions de la circonférence.

Le mécanisme de ce télégraphe qui, comme dans tous les autres systèmes, a pour but de fermer ou d'ouvrir alternativement le circuit, est organisé de telle manière qu'en plaçant successivement la manivelle sur chacune des lettres du cadran correspondant à celles de la dépêche, celles-ci sont immédiatement indiquées par l'aiguille du récepteur, disposée de façon à reproduire exactement, par l'intermédiaire du courant, tous les mouvements communiqués à la manivelle.

Sonneries électriques. Applications diverses des électro-aimants.

521. *Sonneries électriques.* — Tous les bureaux télégraphiques sont munis d'une sonnerie qui correspond avec les divers postes d'où les dépêches peuvent être expédiées, et au moyen de laquelle les employés sont avertis avant chaque expédition.

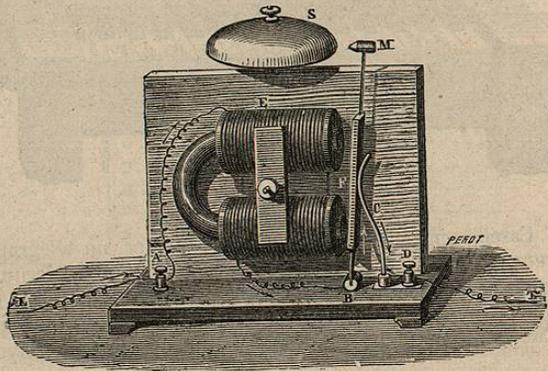


Fig. 211.

La sonnerie la plus communément employée est celle dite à *trembleur*. Elle se compose (fig. 211) d'un électro-aimant E dans lequel arrive par le bouton A le courant de la ligne L; une lame élastique d'acier, fixée au bouton B, soutient l'armature en

fer doux F de l'électro-aimant, laquelle armature porte à son extrémité supérieure le marteau M destiné à frapper sur le timbre S. A l'état de repos l'armature F, écartée par son ressort des pôles de l'électro-aimant, s'appuie contre une lame de laiton C, qui communique par le bouton D avec un fil T plongeant dans le sol. Voici maintenant comment fonctionne l'appareil.

Le courant de la ligne L, après avoir parcouru le fil de l'électro-aimant, arrive au bouton B, passe ensuite par l'armature F et de là dans la lame C, qui le transmet au bouton D, puis au fil T par lequel il s'écoule dans le sol. Mais le passage du courant ayant pour effet d'aimanter l'électro-aimant, l'armature F est attirée, elle s'écarte de la lame de laiton C, et son marteau vient frapper le timbre S; le circuit est alors interrompu, et l'électro-aimant perd aussitôt son magnétisme. Il en résulte que l'armature F, n'étant plus attirée, obéit à son ressort qui la ramène en contact avec la lame C; le circuit se trouve donc de nouveau fermé, ce qui permet à l'électro-aimant d'attirer de nouveau l'armature, dont le marteau frappe une deuxième fois le timbre, et ainsi de suite. Ce mouvement de va-et-vient se continue tant qu'il y a émission du courant.

Ce genre de sonnerie n'est pas seulement en usage pour les télégraphes électriques; on l'emploie également dans les ateliers, les appartements et autres lieux d'habitation, où il permet de mettre facilement en communication des pièces très-éloignées les unes des autres. Une petite pile au sulfate de mercure suffit, dans ce cas, pour entretenir le fonctionnement de l'appareil.

522. *Influence des orages sur les appareils de télégraphie électrique.* — Les orages produisent sur les appareils de télégraphie électrique des effets extrêmement remarquables. A chaque éclair, un courant se développe dans les conducteurs, et l'on voit les aiguilles se mettre en mouvement comme si elles étaient sous l'influence de la pile. Souvent même elles deviennent étincelantes. Dans certains cas plus rares, les fils de l'électro-aimant sont échauffés, fondus et même volatilisés. On évite tous ces effets de la foudre en faisant communiquer les fils de la ligne directement avec la terre. Les courants orageux vont alors se perdre dans le sol, sans endommager les appareils.

525. *Applications diverses des électro-aimants.* — Outre les télégraphes et les sonneries électriques que nous venons de décrire, les électro-aimants ont donné lieu à plusieurs autres

applications industrielles, parmi lesquelles nous nous bornons à mentionner les *horloges électriques*, les *chronoscopes*, destinés à mesurer des intervalles de temps très-courts, les *moteurs électro-magnétiques* et l'*électro-trieur*. Ce dernier appareil a pour but de séparer de leur gangue les minerais de fer magnétiques. Il se compose de trois roues en fonte tournant sur un même axe horizontal et portant chacune plusieurs électro-aimants disposés dans le sens des rayons. Au-dessous de ces électro-aimants arrive, sur une toile sans fin, le minerai pulvérisé, dont les parcelles d'oxyde magnétique, attirées par les électro-aimants, sont ainsi séparées de leur gangue, c'est à-dire des matériaux étrangers sur lesquels le magnétisme est sans action. Aussitôt que les électro-aimants ont dépassé la toile qui apporte le minerai, le courant, par une disposition particulière de l'appareil, cesse pour chacun d'eux; l'oxyde n'étant plus attiré tombe alors sur un plan incliné, qui le conduit dans le lieu où il doit être utilisé.

Résumé.

I. Les substances magnétiques s'aimantent instantanément sous l'influence des courants électriques.

II. Les électro-aimants sont des barres de fer doux, ayant la forme d'un fer à cheval, sur les deux branches duquel est enroulé un long fil de cuivre revêtu de soie de manière à former deux hélices continues. Quand un courant passe dans ce fil, l'électro-aimant acquiert une force magnétique très-grande, qu'il perd aussitôt que le courant cesse de passer.

III. On aimante des aiguilles ou des barreaux d'acier en les plaçant dans des tubes de verre autour desquels sont enroulés en hélice des fils de cuivre que traversent des courants. Ces hélices sont dites *dextrorsum* ou *sinistrorsum*, suivant le sens de leur enroulement.

IV. Les télégraphes, les sonneries électriques et autres appareils de ce genre (horloges, chronoscopes, etc.), reposent sur la propriété que possèdent les électro-aimants d'acquiescer ou de perdre instantanément leur aimantation, lorsqu'ils sont soumis à l'influence d'un courant ou qu'ils cessent de l'être.

V. Tout système de télégraphie électrique se compose essentiellement de quatre parties : 1° d'une *pile*; 2° d'un *conducteur*; 3° d'un *appareil manipulateur*; 4° d'un *appareil récepteur*. Les télégraphes actuellement employés en France sont le télégraphe Morse, celui de Hugues et le télégraphe à cadran.

CHAPITRE XXIII.

Courants thermo-électriques. — Thermo-multiplicateur. — Courants d'induction. — Expériences fondamentales. — Machines d'induction. Machines de Ruhmkorff, de Pixii et de Clarke. — Propriétés des courants d'induction.

Courants thermo-électriques. Thermo-multiplicateur.

524. *Courants thermo-électriques.* — La chaleur peut, dans certaines conditions, donner naissance à des courants électriques qui ne se distinguent des courants ordinaires que par leur tension comparativement beaucoup plus faible. Pour mettre ce fait en évidence, on se sert d'un petit appareil composé (fig. 212) d'une lame de bismuth BH, dont les deux extrémités sont soudées à une lame de cuivre CD, recourbée de manière à former un circuit dans l'intérieur duquel est une aiguille aimantée *ab* mobile sur un pivot. L'appareil étant placé dans la direction du méridien magnétique, si l'on chauffe légèrement l'une des soudures, on voit aussitôt l'aiguille se dévier de sa position d'équilibre, et prendre une direction qui indique la production d'un courant allant, dans la lame de cuivre DC, de la soudure chauffée vers la soudure froide. Si, au lieu de chauffer la soudure H, comme le représente la figure, on la refroidit

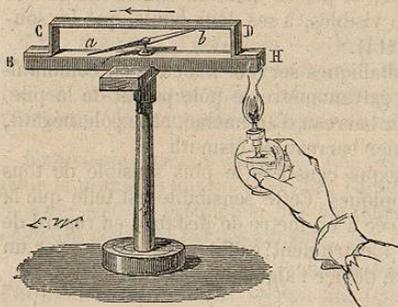


Fig. 212.

avec de la glace, en conservant à l'autre soudure sa température normale, on voit encore un courant se produire, mais en sens inverse du premier. Dans les deux cas, l'intensité du courant est proportionnelle à la différence de température des deux soudures.

Les courants thermo-électriques sont le résultat de l'inégale