

CHAPITRE VI

AIMANTATION PAR LES COURANTS. — TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

I. — DÉVELOPPEMENT DU MAGNÉTISME PAR LES COURANTS. — ÉLECTRO-AIMANTS.

583. **Développement du magnétisme par les courants.** — Quelle que soit la façon dont on se représente le développement de l'aimantation, qu'on l'attribue à une séparation des deux fluides répandus dans les éléments magnétiques (488), ou à une orientation des courants particuliers (579), les résultats fournis par l'électro-magnétisme conduisent à se demander si un courant ne doit pas agir sur un corps magnétique *non aimanté*, de façon à y produire l'aimantation. — Les expériences suivantes prouvent qu'il en est ainsi.

Si, comme l'a fait Arago, on place une tige de fer en croix avec un conducteur traversé par un courant, on constate qu'il se développe, dans cette tige, une aimantation qui persiste tant que le courant passe; les pôles sont placés conformément à la loi d'Ampère (*).

Si l'on place, en croix avec un courant, une aiguille d'acier trempé, non aimantée, on voit l'aimantation s'y développer avec lenteur, mais persister après le passage du courant.

584. **Aimantation de l'acier par les courants ou par les décharges électriques.** — A la suite de ces expériences, Ampère eut l'idée d'accroître le magnétisme développé par un courant dans une aiguille d'acier, en enroulant autour d'elle le fil conducteur. — Si l'on place une aiguille d'acier dans un tube de verre, autour duquel on

(*) Si l'on plonge dans la limaille de fer un fil de cuivre, et qu'on y fasse passer un courant, on voit les grains de limaille s'attacher à ce fil et s'attirer les uns les autres, comme de petits aimants : l'attraction cesse dès qu'on ouvre le circuit.

aura enroulé en hélice un fil métallique, et si l'on fait passer un courant dans ce fil pendant quelques instants, on constate que l'aiguille est aimantée.



Fig. 472.

Si l'hélice est *sinistrorsum*, c'est-à-dire si l'enroulement du fil a lieu de droite à gauche dans la moitié supérieure de chaque spire, comme le montre la figure 472, le pôle austral se forme du côté de l'entrée du courant. Si l'hélice est *dextrorsum*, c'est-à-dire si l'enroulement du fil a

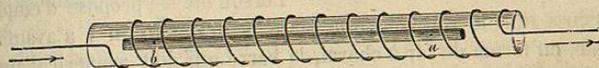


Fig. 473.

lieu de gauche à droite (fig. 473), le pôle austral se forme du côté de la sortie du courant. — Ces deux résultats peuvent être compris dans un seul énoncé, le même que pour la détermination des pôles d'un solénoïde (578, 1°); le pôle austral se forme à l'extrémité devant laquelle il faut se placer pour que le sens des courants circulaires paraisse inverse de celui du mouvement des aiguilles d'une montre (*).

Enfin, pour produire des points conséquents dans une aiguille, il suffit d'enrouler le fil successivement *dextrorsum* et *sinistrorsum* (fig. 474).

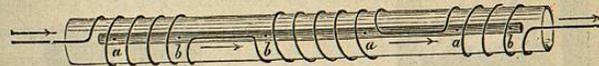


Fig. 474.

Arago a constaté qu'on peut encore aimanter une aiguille d'acier, placée dans une hélice, en faisant passer dans cette hélice les décharges d'une machine électrique ou d'une batterie (**). — On comprend, dès

(*) Le procédé le plus puissant pour aimanter les barreaux d'acier est le suivant. Le barreau à aimanter est placé dans l'axe d'un anneau, sur lequel s'enroule un fil métallique traversé par un courant intense. Il est d'ailleurs assujéti entre deux forts aimants : par exemple, entre deux électro-aimants semblables à ceux que nous étudierons plus loin. On exerce alors, avec l'anneau lui-même, des frictions répétées sur le barreau, dans le sens de sa longueur, en ayant soin de passer le même nombre de fois sur chaque moitié.

(**) Les recherches faites sur ce sujet par Savary ont montré qu'il faut toujours, pour que l'aimantation se développe, donner à la décharge une durée appréciable. Ainsi, lorsqu'on réunit les armatures d'une batterie puissante par un fil de platine fin

lors, que la foudre puisse aimanter des masses d'acier ou de fer, situées au voisinage des points frappés; qu'elle puisse intervertir les pôles des aimants, etc.

585. **Electro-aimants.** — On conçoit, d'après ce qui précède, qu'un barreau de *fer doux* (fig. 475), environné d'une bobine portant

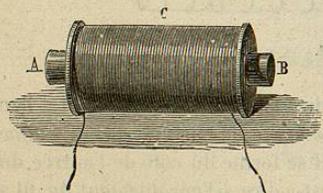


Fig. 475. — Electro-aimant.

un fil conducteur enroulé en spirale, doit se comporter comme un aimant, au moment où le fil est parcouru par un courant: le barreau doit retomber à l'état neutre, dès que le courant est interrompu. — Tel est le principe de la construction des *electro-aimants*.

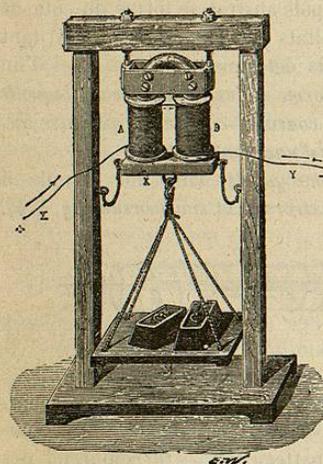


Fig. 476. — Electro-aimant en fer à cheval.

Lorsqu'on se propose d'employer un électro-aimant à attirer une pièce de fer doux, il y a avantage à courber, en forme de fer à cheval, la barre qui doit acquérir l'aimantation. On place alors les deux branches du fer à cheval dans deux bobines A, B (fig. 476), sur lesquelles s'enroule un même fil de cuivre, couvert de soie. Les actions des deux bobines devant concorder pour développer l'aimantation, le sens de l'enroulement doit être tel que, en supposant la barre redressée et les deux bobines superposées par leurs bases supérieures, l'hélice de l'une soit la

continuation de l'hélice de l'autre. — L'attraction exercée sur le *contact* K cesse dès que le courant est interrompu dans le fil.

Au lieu de courber une barre en fer à cheval, on préfère souvent

des aiguilles placées en croix avec ce fil s'aimantent d'une manière sensible. — L'aimantation acquiert une valeur maximum pour une résistance déterminée du fil, et décroît pour toute résistance plus petite ou plus grande.

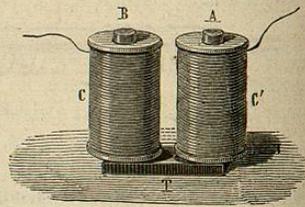


Fig. 477. — Electro-aimant à deux branches.

réunir, par une traverse de fer doux T (fig. 477), deux barreaux A et B placés parallèlement. — C'est toujours ainsi que sont construits, par exemple, les électro-aimants employés dans la télégraphie électrique: on parvient ainsi plus facilement à obtenir ces trois pièces sans force coercitive, et l'électro-aimant fonctionne comme s'il ne contenait qu'une seule pièce de fer, courbée en fer à cheval (*).

586. **Magnétisme rémanent.** — Lorsqu'on emploie un électro-aimant pour fixer un *contact* (fig. 476), on observe souvent que le contact ne se détache pas au moment même où le courant est interrompu; on peut parfois lui faire porter encore, pendant assez longtemps, le quart ou le tiers de la charge qu'il supportait pendant le passage du courant.

On a nommé *magnétisme rémanent*, le magnétisme qui persiste dans un électro-aimant, sous l'influence du contact, après la suppression du courant. — Cette persistance de l'aimantation a de graves inconvénients, dans la plupart des usages auxquels on applique les électro-aimants. Elle est toujours d'autant plus faible, que le fer est plus pur et mieux travaillé.

On diminue beaucoup l'intensité et la durée du magnétisme rémanent, en plaçant, entre l'électro-aimant et son contact, une plaque de bois ou de carton, ou même une feuille de papier. On arrive au même résultat, en disposant un obstacle qui arrête le contact à une petite distance de l'électro-aimant: c'est ce qu'on fait dans la plupart des appareils de télégraphie électrique.

587. **Sonneries électriques.** — Les sonneries électriques fournissent un exemple simple des propriétés des électro-aimants.

Un électro-aimant en fer à cheval est fixé sur une planche verticale (fig. 478): en face des extrémités de ses branches, se trouve une pièce de fer doux mobile L, supportée par une lame d'acier élastique, fixée inférieurement en C: cette pièce de fer porte, à son autre extrémité, un tige munie d'un marteau M destiné à frapper sur un timbre fixe T. A l'état de repos, cette pièce L, écartée de l'électro-aimant, appuie contre le ressort r qui communique, par le bouton D et la borne E, avec le fil conducteur qui se rend à l'un des pôles d'une pile électrique, au pôle positif par exemple. — La partie inférieure C de la lame métallique qui supporte la pièce L communique, comme le montre la figure, avec l'une des extrémités du fil de l'électro-aimant; l'autre extrémité de ce même fil est mise en communication, par la borne A, avec le fil conducteur qui se rend au pôle négatif de la pile.

(*) Après avoir choisi du fer aussi pur que possible, et avoir donné aux barreaux la forme qu'ils doivent prendre, on les recuit à plusieurs reprises, et on achève de les travailler, non pas au marteau, mais à la lime: on fait ainsi disparaître sensiblement la force coercitive que l'écroutissage ne manque jamais de communiquer, même au fer le mieux préparé.

Dès que le circuit de la pile est fermé, le courant passe par le ressort *r*, par la palette *L*, et par le fil de l'électro-aimant. Mais le passage même du courant ayant pour effet d'aimanter l'électro-aimant, la palette *L* est attirée et s'éloigne du ressort *r* : le circuit est alors

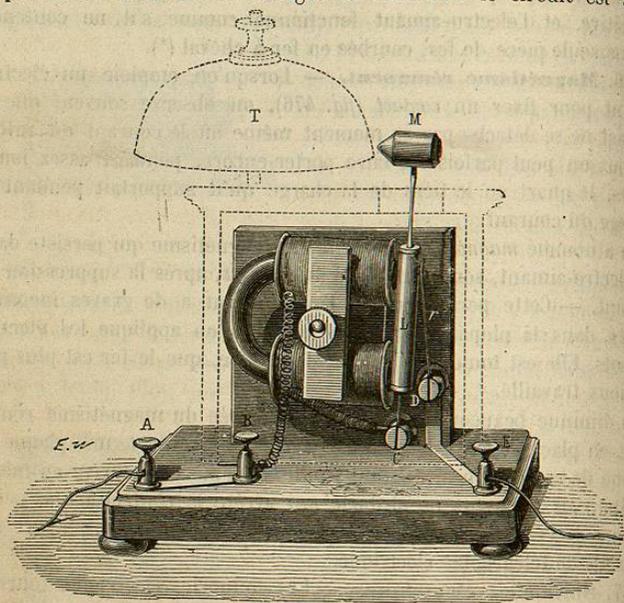


Fig. 478. — Sonnerie électrique.

interrompu, et l'électro-aimant cesse d'attirer la palette. Dès lors, la lame élastique qui supporte la palette la ramène au contact du ressort *r* : le circuit est fermé de nouveau; la palette est attirée de nouveau par l'électro-aimant, et ainsi de suite, tant que dure le passage du courant. Chacun des mouvements de la palette vers l'électro-aimant frappe un coup sur le timbre.

Pour faire fonctionner la sonnerie à distance, on ménage, dans l'un des points du circuit, une interruption; en ce point, est placé un petit bouton, sur lequel on appuie avec le doigt quand on veut rétablir le circuit et faire entrer la sonnerie en jeu.

II. — TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

588. **Parties essentielles d'un télégraphe électrique.** — Les systèmes de télégraphie électrique qui sont le plus généralement employés se composent :

- 1° D'une *pile*, placée au point d'où doit partir la dépêche;
- 2° D'une *ligne télégraphique*, c'est-à-dire d'un conducteur établissant la communication entre les points qui sont en correspondance;
- 3° D'un appareil *manipulateur*, placé au point de départ de la dépêche, et permettant d'interrompre ou de rétablir le courant;
- 4° D'un appareil *récepteur*, placé au point d'arrivée : il comprend un électro-aimant, qui entre en action dès que le courant lui est transmis, et qui attire une pièce de fer doux placée en face de ses pôles; la pièce de fer doux est abandonnée dès que le courant est interrompu. Les mouvements de cette pièce, se transmettant à des organes divers, produiront tels ou tels effets, selon qu'il s'agira de tel ou tel système.

Nous n'avons pas à revenir sur la description des piles. On fait le plus souvent usage de piles qui ne sont que des modifications de la pile de Daniell, et qui présentent une constance remarquable pendant plusieurs semaines. On emploie la pile de Bunsen dans les cas exceptionnels où la longueur de la ligne exige une pile d'une grande puissance (*).

Nous parlerons d'abord de l'établissement de la ligne, et nous décrirons ensuite le manipulateur et le récepteur de quelques-uns des systèmes les plus employés.

589. **Lignes télégraphiques, aériennes ou souterraines.** — La communication entre les postes d'une ligne télégraphique s'établit au moyen de fils métalliques, qui doivent être isolés aussi exactement que possible dans toute leur longueur. — Cesont, en général, des fils de fer *galvanisés*, c'est-à-dire couverts d'une couche de zinc qui les préserve de l'oxydation.

Ceux de ces fils qui sont placés à ciel ouvert sont soutenus par des poteaux, et reposent sur des crochets métalliques, fixés à des supports de porcelaine isolants (fig. 479).

Quand les fils doivent traverser une grande ville, on les fait généralement passer sous terre, pour les mettre à l'abri des accidents ou de la malveillance : on les isole par une enveloppe de gutta-percha, et on les applique le long des voûtes des égouts, où il est facile de pénétrer pour les visiter. — Lorsqu'on est obligé de placer

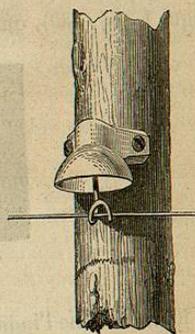


Fig. 479. Poteau télégraphique.

(*) On doit à M. Marié-Davy une pile qui est destinée au service télégraphique, et qui présente des avantages réels. Elle peut être considérée comme différent de la pile de Daniell en ce que le sulfate de cuivre est remplacé par du sulfate de mercure. Le conducteur qui plonge dans le sulfate de mercure ne peut plus être une lame de cuivre, qui serait attaquée : c'est une plaque de charbon de cornue, sur laquelle se rend le mercure mis en liberté par le courant. Ce métal coule au fond du vase poreux où l'on peut le recueillir.

les conducteurs dans le sol même, on les protège généralement, en outre, par une enveloppe métallique.

590. **Suppression du fil de retour.** — Du pôle positif de la pile placée à l'une des stations, part un fil qui se rend au récepteur de l'autre station, et qui constitue la ligne télégraphique; dans l'origine, on employait un second fil, dit *fil de retour*, pour ramener le courant au pôle négatif de la pile. — M. Steinheil a montré, en 1837, qu'on peut supprimer ce fil de retour, pourvu qu'on fasse communiquer avec la terre, d'une part, le pôle négatif de la pile; d'autre part, le récepteur. La terre joue, dans ce cas, le rôle d'un corps conducteur, de surface infinie, dans lequel l'électricité s'écoule dès que les communications sont établies, en sorte qu'il se produit un véritable courant, allant du pôle de la pile au récepteur de la station d'arrivée, par l'affluence incessante d'une nouvelle quantité d'électricité.

On n'a pas seulement l'avantage d'économiser ainsi la moitié de la longueur de fil qui aurait été nécessaire si l'on avait employé un fil de retour: l'expérience a montré qu'on obtient, avec la même pile, un courant d'une intensité presque double.

591. **Télégraphe de Morse.** — Le système télégraphique de Morse, inventé en Amérique, s'est rapidement répandu dans le monde entier: c'est aujourd'hui l'un des plus employés.

Manipulateur. — Le manipulateur se compose d'un levier métallique K (fig. 480), qui est mobile autour d'un axe S communiquant avec

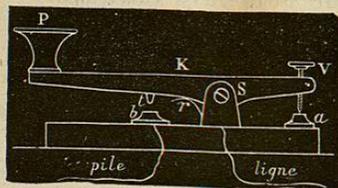


Fig. 480.

la ligne, comme l'indique la figure. On manœuvre ce levier en appuyant avec la main sur la poignée P: la pointe métallique *t* vient alors porter sur la pièce métallique *b*, qui communique avec le pôle positif de la pile: donc, tant que dure la pression exercée sur la poignée P, le courant de la pile passe sur la ligne. Au contraire, dès que cette pression cesse, le ressort *r* relève le levier, et le courant est interrompu. — En faisant varier la durée de chacun des contacts, on peut envoyer ainsi sur la ligne une série de courants discontinus, dont on règle à volonté le rythme et la durée (*).

(*) Le manipulateur représenté par la figure 481 porte, outre les deux boutons B et C, qui servent à établir la communication de *b* avec la pile, et celle de S avec la

Récepteur. — Les mouvements du levier du manipulateur sont fidèlement reproduits par un levier AOD (fig. 482), qui est la pièce principale

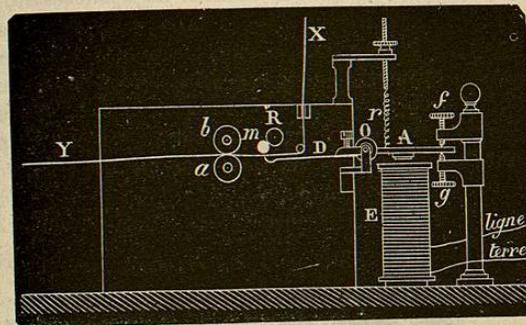


Fig. 482.

du récepteur. Ce levier est mobile autour d'un axe O: sa branche OA porte une plaque de fer doux A, placée au-dessus d'un électro-aimant E, dont le fil communique d'une part avec la ligne, d'autre part avec la terre. Au-dessus de l'extrémité de l'autre bras du levier, passe une bande de papier XY, qui est entraînée d'un mouvement uniforme entre deux cylindres horizontaux *b*, *a*, mobiles autour de leurs axes, et mis en mouvement par un mécanisme d'horlogerie contenu dans la boîte B (fig. 483). — Tant qu'il n'y a pas de courant transmis au fil de l'électro-aimant, le ressort à boudin *r* maintient relevé le bras OA du levier. Au contraire, dès que le courant passe, et tant qu'il continue

ligne, un troisième bouton A qui est en communication avec la pièce métallique *a*. Ce bouton, qui reçoit un fil se rendant au récepteur du même poste, sert, quand le

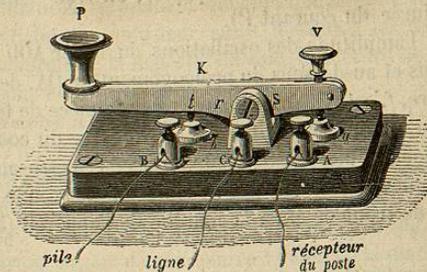


Fig. 481. — Manipulateur du télégraphe de Morse.

manipulateur est au repos, à faire parvenir dans ce récepteur les courants qui peuvent arriver par le fil de la ligne. On voit, en effet, que le levier métallique établit alors la communication entre C et A: le manipulateur se place donc de lui-même, quand on abandonne la poignée, dans la position de *réception*.

à passer, l'électro-aimant abaisse le bras OA du levier ; par suite, l'extrémité D du levier (fig. 482) soulève la bande de papier et vient l'ap-

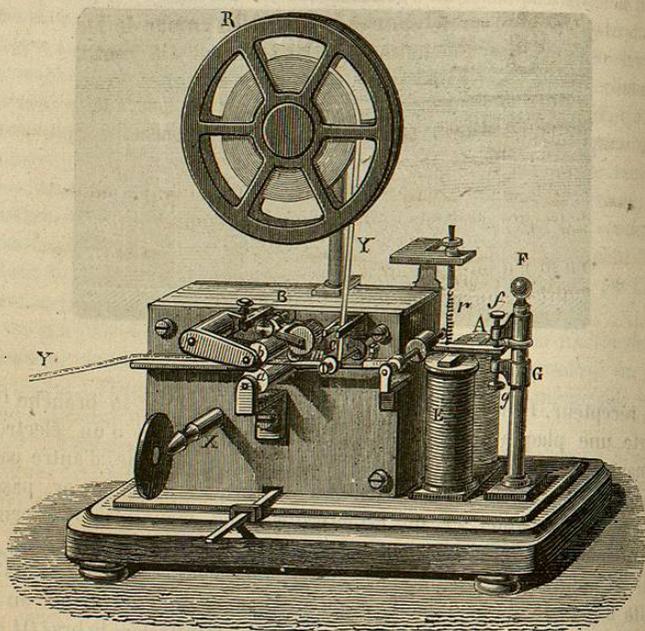


Fig. 485. — Récepteur du télégraphe de Morse.

puyer sur une petite molette *m*, qui est couverte d'encre d'imprimerie : cette molette imprime alors, sur le papier, un trait dont la longueur dépend de la durée du courant (*).

Pour limiter l'amplitude des oscillations du levier AOD (fig. 482), on place, au-dessus et au-dessous du prolongement de OA, deux vis fixes *f* et *g* ; la première, *f*, est réglée de manière que la pièce de fer A s'éloigne peu de l'électro-aimant pendant les interruptions du courant ; la seconde, *g*, empêche la pièce A de venir toucher l'électro-aimant, ce qui aurait l'inconvénient de développer dans le fer doux une aimantation persistante, et de troubler ainsi la marche de l'appareil (586).

(*) Le récepteur représenté par la figure 485 porte quelques autres pièces accessoires, dont il est facile de comprendre le rôle. La roue R, qui est très mobile, porte enroulée la bande de papier qui doit recevoir la dépêche : celle-ci passe sur un galet C, et enfin elle est entraînée entre les deux cylindres *b*, *a*. Le mouvement d'horlogerie qui fait tourner le cylindre *b* est placé dans la boîte B. Le levier qu'on aperçoit au bas de la figure sert à arrêter le mouvement d'horlogerie ou à le mettre en marche, suivant qu'on pousse ce levier à droite ou à gauche.

On est convenu de n'employer que deux traces différentes : le *point* (·), qui correspond à un courant presque instantané, et le *trait* (—), qui correspond à un courant de durée déterminée. — C'est en combinant de diverses façons ces deux traces, qu'on représente les lettres de l'alphabet, les signes de ponctuation, et les signaux réglementaires de la correspondance.

La figure 484 indique les conventions adoptées pour les diverses lettres de l'alphabet. — On laisse, entre les lettres successives qui com-

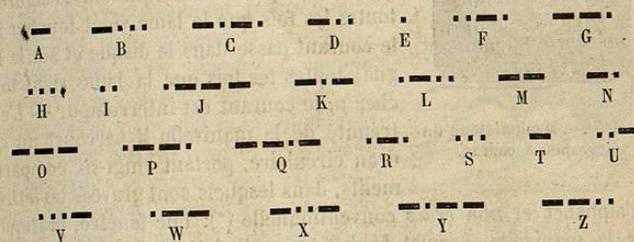


Fig. 484.

posent un mot, un intervalle plus grand que celui qui existe entre les signaux formant une même lettre. Ainsi, le nom de l'inventeur Morse s'écrirait comme l'indique la figure 485 :

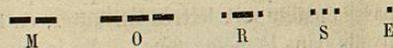


Fig. 485.

Ce système paraît, au premier abord, exiger une longue expérience : ceux qui l'ont manœuvré pendant quelque temps en acquièrent cependant une telle habitude, qu'il leur suffit d'écouter les mouvements du levier, pour comprendre la dépêche *au son* ; la lecture de la bande n'est plus ensuite pour eux qu'une vérification.

592. **Télégraphe à cadran, de M. Bréguet.** — Le télégraphe à cadran, dont l'invention est due à M. Bréguet, est celui que les administrations des chemins de fer emploient le plus souvent pour la correspondance entre les employés des diverses stations.

Manipulateur. — Un disque de cuivre horizontal E (fig. 486), que l'on peut faire tourner autour de son centre à l'aide de la manivelle M, porte sur sa face inférieure une rainure sinueuse, qui est indiquée sur la figure par des traits ponctués ; cette rainure offre treize sinuosités, s'éloignant et se rapprochant alternativement du centre du disque, en tout vingt-six alternatives. Dans la rainure s'engage, en *a*, une goupille métallique, fixée à l'extrémité du levier GO, qui est mobile autour