

(fig. 468). — 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. Dès que le courant passe, l'électro-aimant abaisse le bras OA du levier; par suite, l'extrémité D du levier (fig. 467) soulève la bande de papier et vient l'appuyer sur une molette *m*, qui est couverte d'encre d'imprimerie : cette molette imprime ainsi, sur le papier, un trait dont la longueur dépend de la durée du courant (\*).

Pour limiter l'amplitude des oscillations du levier AOD (fig. 467), 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 (615).

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, comme l'indique la figure 469. — On laisse, entre les

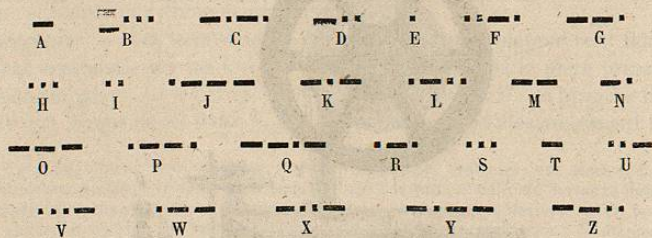


Fig. 469. — Alphabet du télégraphe de Morse.

lettres successives qui composent 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 suivante :

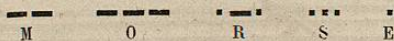


Fig. 470.

(\*) Le récepteur représenté par la figure 468 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.

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.

620. **Télégraphe à cadran, de Bréguet.** — Le télégraphe à cadran, dont l'invention est due à 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. 471), que l'on peut faire tourner autour de son centre à l'aide de la manivelle M, porte sur sa

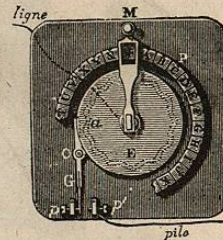


Fig. 471. — Manipulateur du télégraphe à cadran.

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 du point O; lorsqu'on imprime au disque un mouvement de rotation, la goupille *a* suit les sinuosités de la rainure, qui l'éloignent et la rapprochent alternativement du centre du disque; par suite, la lame flexible qui termine l'extrémité G du levier vient toucher alternativement les deux vis *p* et *p'*. Donc, si la vis *p'* communique avec le pôle positif de la pile, et le centre du disque avec la ligne (comme l'indique le trait ponctué marqué sur la figure), toutes les fois que *a* arrivera dans une sinuosité saillante, la lame viendra toucher *p'*, et le courant passera dans le disque et sur la ligne; toutes les fois que *a* arrivera dans une sinuosité rentrante, la lame viendra toucher *p*, et le courant sera interrompu. — L'extrémité de la manivelle M parcourt un cadran circulaire, portant vingt-six compartiments, dans lesquels sont gravées les lettres de l'alphabet et une *croix* conventionnelle (\*). Une fenêtre, pratiquée dans la manivelle, permet de distinguer la lettre sur laquelle elle se trouve (dans la figure, la manivelle est placée sur la *croix*).

Pour comprendre l'envoi d'une dépêche, supposons la manivelle placée d'abord sur la *croix* : le levier G est en contact avec *p*, et le courant est interrompu. Si l'on transporte la manivelle sur une lettre

(\*) Dans les appareils qui sont en usage dans les postes télégraphiques, ce cadran est une plaque métallique pleine, qui cache le disque E. Dans la figure ci-dessus, on a réduit cette plaque à son contour, pour montrer le disque E, et on en a encore enlevé une portion sur la gauche, pour rendre visible le levier GO.



de rang déterminé, le nombre total des établissements et des interruptions du courant sera égal au nombre qui exprime le rang de cette lettre. On passe ensuite aux lettres suivantes, en faisant toujours mouvoir la manivelle dans le même sens. — Un instant d'arrêt sur la croix sert à indiquer qu'on passe d'un mot à un autre.

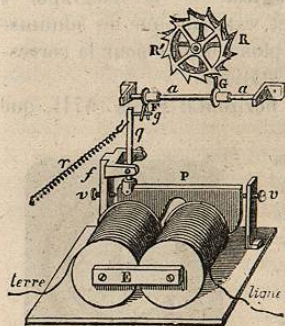


Fig. 472.

mais un arrêt G, qui, par des mouvements en avant et en arrière autour de l'axe *aa*, peut venir buter alternativement contre une dent de la roue antérieure et contre une dent de la roue postérieure, ne laisse avancer l'échappement que par intermittences : ces intermittences sont déterminées, comme on va le voir, par les courants qui arrivent de la ligne.

L'axe *aa*, qui porte l'arrêt, est muni, à l'une de ses extrémités, d'une fourchette F, à cheval sur une goupille *g*, qui est fixée à la tige *q*; cette tige est portée par une palette de fer doux P, mobile autour d'un axe passant par les pointes des vis *v, v*, et placée en présence des pôles d'un électro-aimant E. Le fil de l'électro-aimant communique, d'une part, avec la ligne; d'autre part, avec la terre. — Or, supposons, comme nous l'avons fait pour l'envoi de la dépêche, que la manivelle du manipulateur soit placée sur la croix : le courant n'arrive pas à l'électro-aimant du récepteur; la palette P, maintenue verticale par le ressort *r*, met en prise l'arrêt G avec une dent de la roue postérieure de l'échappement : l'aiguille qui est fixée à l'axe de l'échappement, et qui est mobile sur un cadran situé à l'extérieur de la boîte (fig. 473), est alors placée sur la croix de ce cadran. — Si la manivelle du manipulateur est portée sur la lettre A de son cadran, le courant arrive à l'électro-aimant ou récepteur : la palette P est attirée, la tige *q* est portée en arrière, et, par suite, l'arrêt G vient en avant, abandonnant la dent de la roue postérieure, pour venir arrêter au passage la dent suivante de la roue antérieure; le système des roues

a fait un vingt-sixième de tour, et l'aiguille extérieure est arrivée sur la lettre A. — De même, si la manivelle du manipulateur est portée sur la lettre B, le courant est interrompu dans l'électro-aimant du récepteur; la palette P est ramenée à sa position primitive par le ressort *r*, et l'arrêt G, se portant en arrière, vient heurter la dent sui-

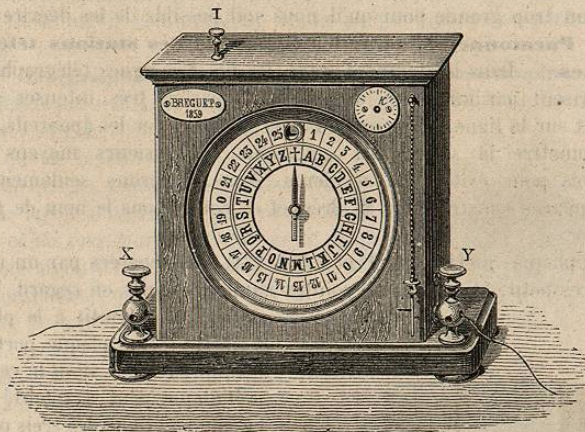


Fig. 473. — Récepteur du télégraphe à cadran.

vante de la roue postérieure; l'échappement a donc fait encore un vingt-sixième de tour, et l'aiguille est portée sur la lettre B. — En continuant ainsi, on voit que tous les mouvements effectués par la manivelle du manipulateur, au poste de départ, sont reproduits par l'aiguille du récepteur, au poste d'arrivée.

621. **Télégraphes imprimants. — Télégraphes de Hughes, de Baudot.** — Le télégraphe à cadran présente, comme on vient de le voir, le double avantage d'employer les lettres ordinaires de l'alphabet, et de pouvoir être manié sans apprentissage préalable; mais il a l'inconvénient de ne laisser aucune trace de la dépêche. — En revanche, le télégraphe de Morse (619), qui écrit lui-même la dépêche, l'écrit en caractères qui ne sont déchiffrables qu'avec une certaine habitude. — On fait usage aujourd'hui, sur la plupart des grandes lignes télégraphiques, d'appareils qui impriment les dépêches en caractères ordinaires, de sorte que la feuille imprimée peut ensuite être directement transmise à celui auquel la dépêche est destinée.

L'un des plus parfaits est le télégraphe qui a été imaginé par M. Hughes, de New-York. Le manipulateur présente extérieurement la forme d'une sorte de piano, dont les touches portent les lettres de l'alphabet, les signes de ponctuation, etc. L'expédition de la dépêche



se fait avec la même célérité que l'exécution d'un morceau de musique, d'un mouvement rapide. — Le télégraphe Baudot présente une série de dispositions telles, qu'un même fil peut servir à la transmission simultanée de dépêches (jusqu'à six dépêches), envoyées par divers appareils, fonctionnant avec la même rapidité. — Mais ces appareils, qui sont de véritables merveilles de mécanisme, présentent une complication trop grande pour qu'il nous soit possible de les décrire.

**622. Paratonnerre, pour les appareils des stations télégraphiques.** — Dans les temps d'orage, les fils des lignes télégraphiques s'électrisent par influence; des courants parfois très intenses s'établissent sur la ligne, et peuvent arriver à détériorer les appareils, ou à compromettre la sûreté des employés. — Plusieurs moyens sont employés pour éviter ces accidents. Nous décrivons seulement un petit appareil construit par M. Bréguet et connu sous le nom de *paratonnerre*.

Deux plaques métalliques U et V (fig. 474) sont séparées par un intervalle très petit, et armées de pointes sur leurs bords en regard. Le fil de la ligne aboutit à la plaque V; cette même plaque porte un commutateur N, dont le ressort métallique peut à volonté être amené sur l'une des trois pièces de cuivre, en forme de *gouttes de suif* T, I, CD. Lorsque le commutateur appuie sur I, comme le suppose la figure, le courant arrivant de la ligne passe de I en G, par une communication métallique qui est indiquée sur la figure par un trait ponctué; puis de G en H, à travers un fil de fer très fin, qui est contenu dans un tube de verre; enfin de G en F et aux appareils du poste : cette position du commutateur est donc la position de *réception*.

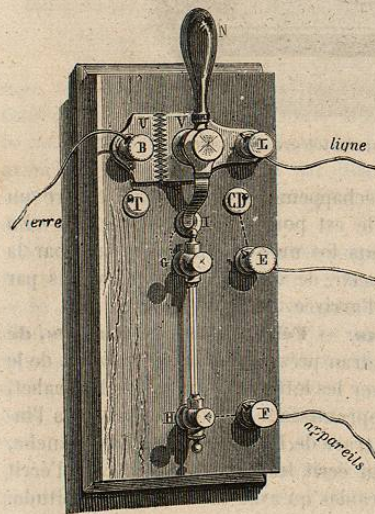


Fig. 474. — Paratonnerre.

Si, par un temps d'orage, il se développe subitement sur la ligne un courant électrique intense, le fil de fer, en raison de son petit diamètre, est fondu, et toute communication est interceptée entre la ligne et les appareils, avant que le flux d'électricité ait acquis assez de force pour les détériorer. — Si la tension électrique sur le fil de la ligne est très considérable, une décharge se produit, par les pointes métal-

liques, de la plaque V à la plaque U qui communique avec la terre, et l'électricité se perd dans le sol (\*).

Quand on est menacé d'un violent orage, il est prudent de renoncer à la correspondance qui, d'ailleurs, deviendrait bientôt impossible. On pousse alors le commutateur sur la *goutte de suif* T, qui est en communication permanente avec la plaque U; l'électricité accumulée sur la ligne passe par le commutateur sur la plaque U, et va se perdre dans le sol.

**625. Télégraphie sous-marine. — Câbles sous-marins.** — Les conditions particulières dans lesquelles doit être établie une ligne sous-marine, exigent des dispositions spéciales, pour que le conducteur soit bien isolé de l'eau de mer, et présente une résistance suffisante aux tractions qu'il pourra éprouver.

Un *câble sous-marin*, tel que ceux qu'on emploie aujourd'hui, contient dans son axe un conducteur métallique; c'est un fil de cuivre, ou plutôt un faisceau de fils de cuivre C, exactement juxtaposés (fig. 475). La multiplicité des fils présente cet avantage que, s'il vient à se produire quelques ruptures, il y a des chances pour qu'elles ne portent pas au même endroit sur tous les fils, et pour que la transmission puisse encore s'effectuer. — Pour isoler ce conducteur de l'eau de mer, on l'entoure de gutta-percha, ou de diverses substances encore plus isolantes. Le conducteur C et son enveloppe isolante G constituent l'*âme* du câble. Enfin, l'*âme* est entourée d'une *armature* formée par une couche de fils de fer F, F, environnés chacun d'une enveloppe de chanvre, et tournés en spirale autour de l'*âme*. L'*armature* est destinée à protéger l'*âme* pendant la pose, à la garantir ensuite des frottements contre les rochers, et enfin à

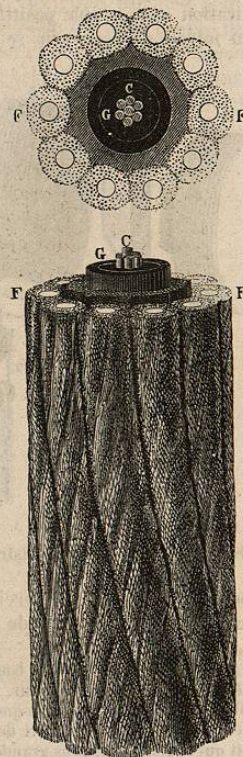


Fig. 475. — Câble transatlantique (grosseur réelle).

(\*) Les bureaux qui correspondent avec deux postes situés l'un à droite, l'autre à gauche, sont munis de deux paratonnerres fixés symétriquement sur le même support. Ces deux appareils sont mis en communication permanente par un fil métallique fixé en E. Quand on veut établir la correspondance directe entre les deux postes de droite et de gauche, sans que le courant de la ligne passe par les appareils du bureau, on pousse les commutateurs N des deux paratonnerres sur les *gouttes de suif* marquées CD; par ce moyen, les fils de ligne qui pénètrent dans le bureau sont en *communication directe*.



donner de la résistance au câble, s'il vient à être accroché par les ancres des navires (\*).

**624. Récepteur de W. Thomson. — Siphon-recorder.** — L'expérience a montré que les récepteurs des divers systèmes précédemment décrits, lorsqu'ils viennent à être placés à l'extrémité d'un câble sous-marin, n'obéissent que lentement aux alternatives d'établissement et d'interruption du courant, déterminées par le manipulateur. Il a donc fallu faire usage d'autres récepteurs.

On a d'abord employé, comme *récepteur*, le galvanomètre de Thomson (589). Selon que, au poste de départ, l'extrémité du fil de ligne est mise en communication avec le pôle positif ou avec le pôle négatif de la pile, la déviation du miroir du récepteur se produit d'un côté ou de l'autre. On obtient ainsi

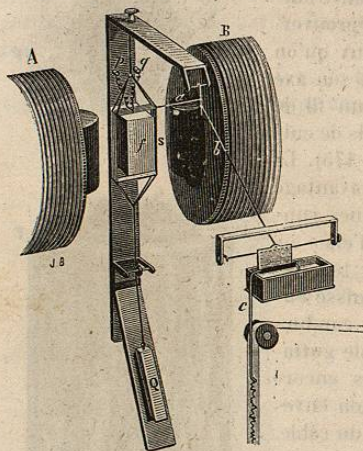


Fig. 476.

Siphon-recorder, ou enregistreur à siphon.

deux espèces de signaux que l'on peut combiner ensemble, comme le *point* et le *trait* du système Morse, pour représenter toutes les lettres de l'alphabet.

Le *manipulateur* de ce système consiste en une sorte de clef, qui permet d'établir rapidement la communication du fil de ligne, soit avec le pôle positif, soit avec le pôle négatif de la pile, et qui, en même temps, met en communication l'autre pôle avec le sol. — Ce manipulateur présente, en outre, certaines particularités de construction, destinées à supprimer l'influence des *courants de retour* qui se produisent dans les lignes sous-marines, et qui troubleraient les indications.

Plus récemment, sir William Thomson a substitué, au galvanomètre récepteur, un appareil qui laisse une trace écrite des signaux, et qui porte en anglais le nom de *siphon-recorder* ou enregistreur à siphon. C'est

(\*) Les dangers que peut courir le câble, une fois qu'il est posé, ne sont pas les mêmes pour toute sa longueur. Dans les mers profondes et à une grande distance des côtes, on n'a plus à craindre que le câble soit tirailé par les ancres des navires : il est même complètement à l'abri des frottements produits par l'agitation des flots, car on sait que, pendant les plus grandes tempêtes, il règne toujours, à partir d'une profondeur de 25 à 50 mètres, un calme absolu, contrastant avec l'agitation de la surface. On réserve donc les armatures puissantes pour les deux extrémités voisines des côtes, pour les *bouts côtiers*. Pour toute la partie intermédiaire, on diminue le diamètre des fils de fer, de manière à réduire la dépense, et à ne pas charger inutilement le navire qui doit effectuer la pose. — Le câble transatlantique posé en 1866, le plus léger de tous, eu égard à son diamètre (ce diamètre est reproduit exactement dans la figure 475), pesait encore 865 kilogrammes par kilomètre, c'est-à-dire, en tout, près de 4 millions de kilogrammes.

un galvanomètre aperiodique (595) à cadre mobile et à aimant fixe; l'aimant est ici remplacé par un électro-aimant AB (fig. 476). Le multiplicateur *s*, placé entre les pôles de l'électro-aimant, est suspendu par deux fils; à la partie inférieure du cadre est suspendue une masse *Q*, mobile sur un plan incliné au moyen duquel on règle la tension du fil. Le courant est amené dans le multiplicateur par deux spirales très flexibles, mises en communication avec les boutons *p* et *q* qui communiquent, l'un avec la ligne, l'autre avec le sol.

Quand le courant passe dans le multiplicateur, celui-ci est dévié de sa position d'équilibre, dans un sens ou dans l'autre, selon le sens du courant lancé par le manipulateur à l'autre extrémité de la ligne. Le mouvement est transmis par le fil *ab* à un tube de verre très fin et très léger, *c*, courbé en siphon; l'encre qui s'écoule par ce siphon *c* est électrisée par une petite machine électrique, non représentée sur la figure; elle est alors attirée par une bande de papier qui communique avec la terre, et qui se déroule devant l'extrémité du siphon. — Quand le multiplicateur est au repos, l'encre trace sur le papier un trait continu rectiligne. Quand le cadre est en mouvement, le trait devient sinueux : les dents à droite ou à gauche correspondent aux courants positifs ou négatifs, lancés par le manipulateur; ce sont les signaux qui correspondent aux points et aux traits du système Morse.