

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. 594), pour revenir à la même pile locale d'où il est parti. Puis, quand le courant du fil de ligne s'interrompt, l'électro-aimant du relais n'étant plus attractif, le levier p , entraîné par un ressort à boudin r , s'écarte du bouton n , comme le montre le dessin, et le courant de la pile locale ne passe plus. On voit donc que le relais transmet au récepteur exactement les mêmes phases de passage et d'intermittence que celles qui sont opérées par le manipulateur dans le poste qui envoie la dépêche.

Le télégraphe de Morse, modifié comme le représente la figure 594, c'est-à-dire traçant les caractères à l'encre au lieu de gaufrage à la pointe sèche, dépense très-peu de force, et peut transmettre les dépêches jusqu'à 200 kilomètres sans relais.

* 739. **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 un 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. Aimanté 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 598 donne une vue d'ensemble de ce nouveau télégraphe, modifié et construit avec une grande précision par M. Froment. Les figures 599, 600 et 601 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^{me} 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. 599), qui tourne avec une vitesse de deux tours par seconde, et avec lui le chariot h 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 . A l'axe de cette dernière est fixé un tore de laiton Y , agissant comme volant pour régulariser le mouvement. C'est 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 parlions 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. 601). En un mot, c'est l'axe mû 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. A 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 (737). 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 q , auquel on transmet le mouvement à l'aide d'une manivelle G. En tournant à droite la manivelle, le levier q est soulevé, et avec lui le poids x ; alors

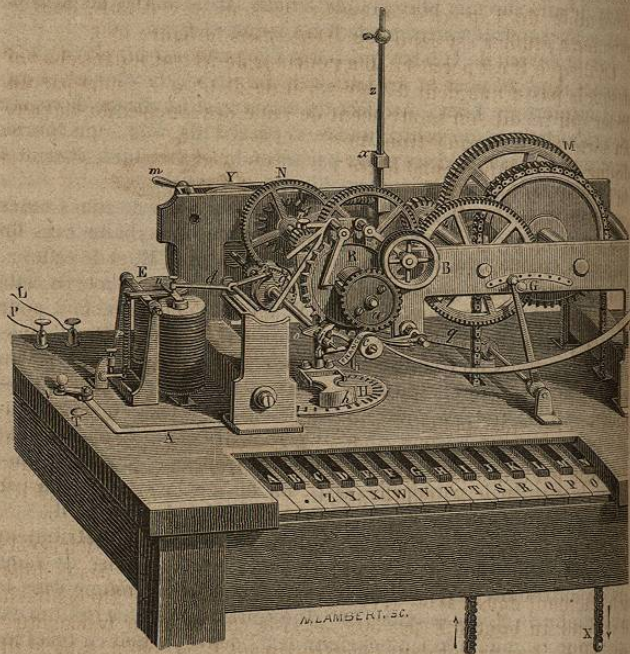


Fig. 598. (l=45)

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 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, en 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 600. Maintenant que l'ensemble de l'appareil est connu, passons aux détails, dont le premier à étudier est celui représenté dans la figure 599.

Le disque H est percé sur son pourtour de 28 trous, dans chacun desquels passe une dent d'acier verticale o' , o'' , o''' ..., 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 environ. Or, on a déjà vu que l'arbre J et le chariot h , 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'' , isolée du reste de l'appareil par des plaques d'ivoire, mais en communication métallique avec l'arbre J .

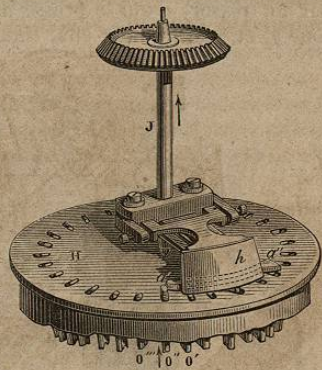


Fig. 599.

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. 598), et si le contact pour transmetteur 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.

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. 600) 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 par un ressort v qui le presse de haut en bas, embraye avec la roue g , et, entraîné par elle, transmet son mouvement au secteur

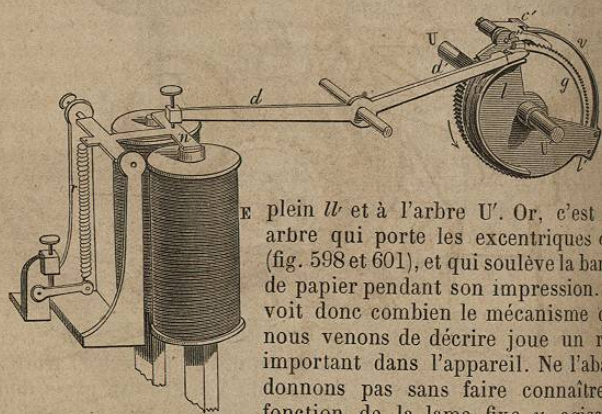


Fig. 600.

plein W et à l'arbre U' . Or, c'est cet arbre qui porte les excentriques o, i (fig. 598 et 601), 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 W , il y a de nouveau désembrayage. Le secteur W s'arrête donc, et avec lui 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. 601). Ce mécanisme est compliqué, et il nous est impossible de le décrire ici dans tous ses détails. La roue imprimante a , qui porte sur son pourtour les 26 lettres et un point, et s'encre constamment sur le rouleau B , est animée d'un mouve-

ment 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 599; 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. 600), les excentriques et les cames placés sur U' commencent à agir. Une came aiguë placée à l'extrémité antérieure de U soulève

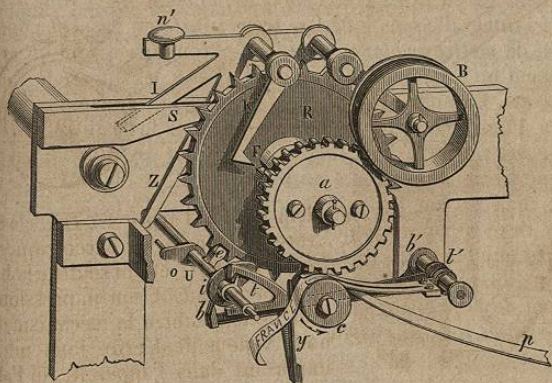


Fig. 601.

le levier W . 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. 599) 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 *e* 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 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. 598), se continue. Mais dès que le courant arrive, l'arbre *U* faisant une révolution, l'excentrique *o* 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. 599) 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. 598).

*740. **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 y 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. 596).

*741. **Horloges électriques.**— Les horloges électriques sont 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 602 représente le cadran d'une semblable horloge, et la figure 603 le mécanisme qui fait marcher les aiguilles.

Un électro-aimant *B* attire une pièce de fer doux *P*, mobile sur un pivot *a*. 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

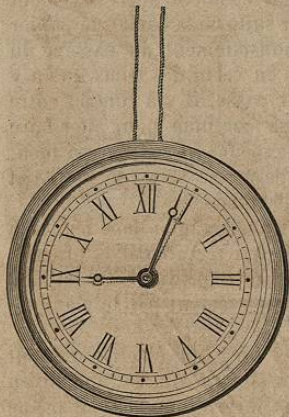


Fig. 602.

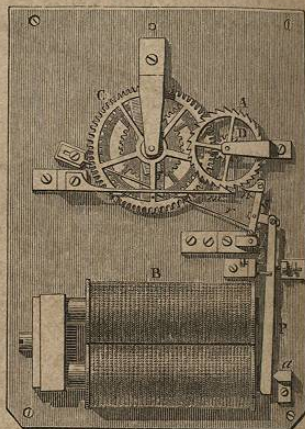


Fig. 603.

43 000 lieues par seconde, vitesse qui rend inappréciable le temps que le courant met à se propager de Paris à Rouen.

* 742. **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 604 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 armature arrive en présence des axes des bo-

bins. 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

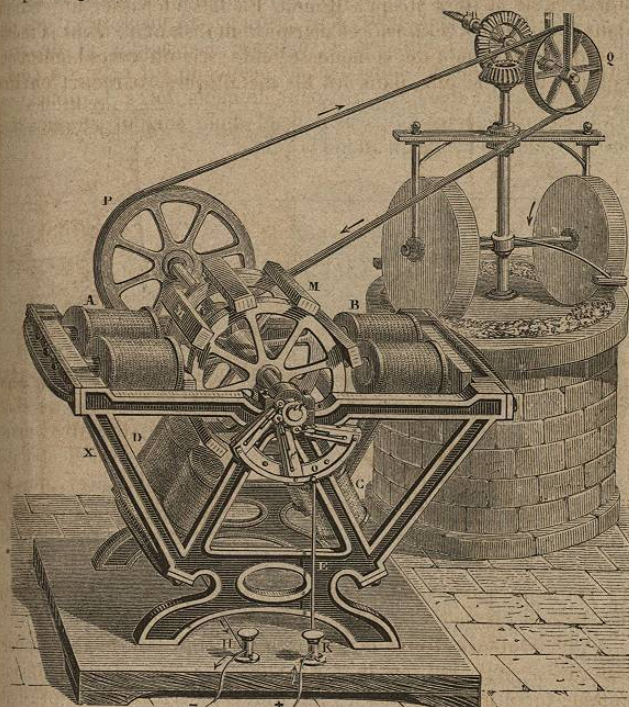


Fig. 604.

respectivement avec un électro-aimant, le troisième avec deux. Une roue centrale a porte des cames sur lesquelles s'appuient alternativement les galets. Toutes les fois que 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 et une courroie sans fin, se transmet à la poulie Q, laquelle le com-

munique 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.

CHAPITRE VI.

PHÉNOMÈNES D'INDUCTION.

743. **Induction par les courants discontinus.** — On a déjà vu (628) qu'on désigne sous le nom d'*induction*, l'action qu'exercent à distance les corps électrisés sur les corps à l'état neutre; mais c'est surtout quand il s'agit des effets produits par l'électricité dynamique que cette dénomination est usitée. M. Faraday, qui, le premier, en 1832, a fait connaître cette classe de phénomènes, a nommé *courants d'induction* ou *courants induits*, des courants qui se développent dans les conducteurs métalliques, sous l'influence des courants électriques, et aussi sous l'influence d'aimants puissants, ou même sous celle de l'action magnétique de la terre; et il a nommé *courants inducteurs*, les courants qui agissent par induction.

L'induction ne se produit qu'au moment où le courant inducteur commence ou finit, ou qu'autant que sa puissance inductive varie, soit parce que l'intensité du courant croît ou décroît, soit parce que la distance entre les deux fils augmente ou diminue.

On constate l'induction des courants, au moment de l'ouverture et de la fermeture du circuit qu'ils parcourent, au moyen d'une bobine à deux fils (fig. 605). On nomme ainsi un cylindre de carton ou de bois, sur lequel s'enroulent en hélice, d'abord un gros fil de cuivre, puis un plus fin, tous les deux recouverts de soie ou de coton. Le gros fil, qui ne fait qu'un petit nombre de tours, vient se terminer à deux bornes *c* et *d* fixées sur une planchette qui porte la bobine; tandis que le fil fin, qui recouvre le premier et qui fait un très-grand nombre de tours, vient aboutir à deux bornes *a* et *b*. Ayant mis ces deux dernières en communication avec un galva-

nomètre, on fixe à la borne *d* une des électrodes d'une pile, et tenant à la main l'autre électrode, on la met en contact avec la borne *c*, ce qui fait passer le courant dans le gros fil, mais dans le gros fil seulement. Or, on observe alors les phénomènes suivants :

1^o Au moment où le gros fil commence à être traversé par le courant, le galvanomètre, par la déviation de l'aiguille, indique dans le fil fin un courant *inverse* du premier, c'est-à-dire de sens contraire; lequel n'est qu'instantané, car l'aiguille revient aussitôt

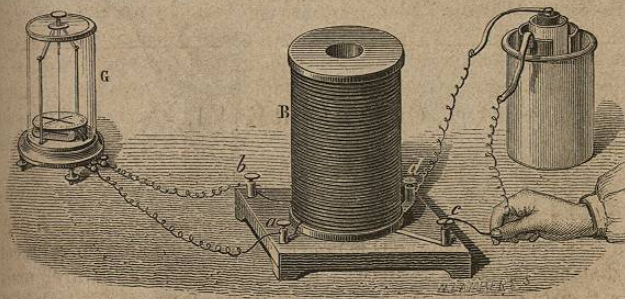


Fig. 605.

au zéro, et y reste tout le temps que le gros fil est parcouru par le courant inducteur.

2^o A l'instant où, les communications étant rompues, le gros fil cesse d'être traversé par un courant, il se produit de nouveau, dans le fil fin, un courant induit, instantané comme le premier, mais *direct*, c'est-à-dire de même sens que le courant inducteur.

Ces phénomènes peuvent être assimilés à ceux qui ont été étudiés dans l'électricité statique sous le nom d'électrisation par influence (628); on peut, en effet, les considérer comme le résultat de la décomposition et de la recomposition, molécule à molécule, de l'électricité naturelle du fil induit par l'influence de l'électricité qui se propage dans le fil inducteur. Cette théorie de la production des courants induits est celle qu'adopte M. de La Rive dans son *Traité d'électricité*.

744. **Les courants continus peuvent aussi donner naissance à des courants induits.** — Ce n'est pas seulement à la fermeture ou à l'ouverture du courant inducteur qu'un courant induit se développe. En effet, il suffit qu'un courant s'approche ou s'éloigne d'un circuit métallique fermé pour donner lieu à une nouvelle décomposition ou recomposition de fluide, et faire naître un courant induit. Pour le démontrer, soient une bobine creuse B, à un seul