CHAPITRE VIII

TÉLÉGRAPHES A TRANSMISSIONS MULTIPLES.

Avec la disposition ordinaire des postes télégraphiques, les transmissions ne peuvent se faire en même temps des deux extrémités de la ligne, et il est d'absolue nécessité que la ligne se trouve complétement libre quand on expédie les dépêches; or, sur les lignes très surchargées, ce temps d'arrêt ne laisse pas que d'être souvent assez long. Pour l'abréger on s'est mis à recher cher s'il n'y aurait pas moyen de transmettre simultanément, par un même fil, deux ou plusieurs dépêches différentes, sans augmenter pour cela les frais d'installation des lignes télégraphiques. Ce problème a été réalisé de plusieurs manières par MM. Gintl, Edlund, Wartmann, Frischen, Siemens, Eden, Duncker, Starke, Rouvier et plus complétement dans ces derniers temps, par MM. Stearns, Preece et Meyer.

Au premier abord, on comprend difficilement que le télégraphe puisse faire ce que la parole serait impuissante à réaliser; mais si on réfléchit aux ressources immenses que mettent entre nos mains les réactions électriques, le merveilleux du problème se réduit à de simples combinaisons de courants. On peut en effet résoudre le problème des transmissions simultanées de trois manières : 1° en disposant les appareils de manière que deux courants envoyés à la fois de deux stations opposées, puissent réagir comme s'ils traversaient la lignes sans se confondre; 2° en utilisant les intervalles qui séparent les émissions de courant pendant le passage d'une dépêche; 3° en envoyant des courants de diverses intensités et réglés de manière à correspondre chacun à un appareil déterminé. Au premier de ces genres de solutions appartiennent les systèmes de MM. Gintl, Edlund, Wartmann, Frischen, Siemens, Wan-Kebach, Stearns, Eden, Preece, etc.; au second. ceux de MM. Rouvier, Meyer, etc.; enfin au troisième ceux de MM. Duncker, Starke, Wartmann, etc. Nous allons successivement passer en revue ces différents systèmes.

I. Transmissions simultanées dans des directions opposées.

C'est à M. Gintl, physicien allemand, compatriote de l'immortel Ohm, que revient l'honneur d'avoir découvert le premier le système des transmissions simultanées dans un sens opposé, et c'est en 1853 qu'a été faite cette découverte intéressante. A cette époque elle fit beaucoup de bruit dans le monde savant, car outre qu'elle était la solution ingénieuse d'un problème qu'on aurait pu croire insoluble, on pensait qu'elle allait amener une révolution dans l'organisation télégraphique des différents réseaux européens. Mais les essais pratiques qui furent faits alors, n'amenèrent pas des résultats assez avantageux pour qu'on dut penser sérieusement à modifier les systèmes télégraphiques en usage, et, malgré les perfectionnements qu'apporta M. Siemens à cette ingénieuse invention, elle fut à peu près abandonnée dès sa naissance. Ce ne fut que quelques années plus tard que ces systèmes furent de nouveau essayés et perfectionnés, en Hollande, par M. Wan-Kebach. Ils furent même appliqués sur certaines lignes de ce pays. Mais malgré tous les résultats avantageux qu'avait obtenus le télégraphiste hollandais, cette question ne préoccupa sérieusement les administrations télégraphiques que depuis les expériences importantes faites sur une grande échelle, en Amérique, par M. Stearns. On commença alors à trouver que ce système télégraphique valait bien la peine d'une étude sérieuse, et aujourd'hui nous le voyons adopté non-seulement par deux des administrations télégraphiques les plus importantes de l'Amérique et en Angleterre, mais encore préconisé dans la plupart des publications télégraphiques du monde entier. Espérons que les grandes administrations télégraphiques d'Europe ne fermeront pas plus longtemps les yeux à la lumière, et qu'elles adopteront bientôt ce système de transmission aujourd'hui déclaré possible même par les plus récalcitrants.

Pour qu'on puisse se faire une idée du principe sur lequel repose le système des transmissions simultanées, imaginons que le fil partant du pôle positif d'une pile placée à la station A, je suppose, s'enroule autour de deux électro-aimants E, E', placés, l'un à la station A, l'autre à la station B. La communication avec le sol étant établie, d'une part avec le relais de la station B, de l'autre avec le pôle négatif de la station A, le courant circulera à travers les deux électro-aimants, et partant, ceux-ci deviendront actifs. Mais si des deux pôles d'une seconde pile placée à la station A, on fait partir deux conducteurs communiquant avec un second fil dont l'électro-aimant E sera entouré, de manière que le courant issu de cette nouvelle pile traverse

l'électro-aimant en sens inverse du premier, il arrivera que les deux courants tendront à développer une action magnétique opposée, et s'ils sont mis simultanément en action et équilibrés au moyen d'un rhéostat introduit dans le circuit le plus court ou par la diminution de la puissance électrique de la pile additionnelle, l'électro-aimant E deviendra complétement inerte, et il n'y aura que l'aimantation de l'électro-aimant E' qui se maintiendra.

Admettons maintenant qu'à la station B on établisse un second circuit à travers l'électro-aimant E', comme on l'a fait à la station A, et que les pôles positifs des piles de ligne des deux stations étant mis en rapport avec le fil de ligne, les courants locaux de ces stations soient mis en action en même temps que les courants de ligne : il arrivera, quand B enverra son courant à la station A sans que la pile de cette dernière soit mise en action, que le relais E' de B sera inerte, tandis que le relais E de A sera actif, absolument de la même manière que quand A, envoyant son courant à B, B, ne transmettait aucun courant. Ainsi, par cette combinaison, le courant envoyé isolément par l'une ou l'autre des stations, ne peut réagir que sur le relais de la station opposée. Voyons maintenant ce qui arrive quand les courants sont transmis en même temps.

Puisque, par suite de la disposition précédemment décrite, disposition qui nécessite pour les transmetteurs un double contact ou un système rhéotomique équivalent, le courant envoyé par l'une des deux stations à travers son propre relais ne le met pas en action, il devra forcément en résulter que, si par une cause quelconque le courant envoyé sur la ligne se trouve annulé, le relais en question devra être actif sous l'influence du courant local qui lui fait équilibre et qui devient alors prépondérant. Quand donc la station A, dans la transmission de sa dépêche, fermera son double courant en même temps que la station B fermera les siens, ceux de ces courants appelés à traverser la ligne se trouveront annulés en présence l'un de l'autre, et les deux courants locaux, n'ayant plus leur action masquée, pourront réagir individuellement de manière à mettre les deux relais en action, absolument comme si les courants de ligne avaient pu passer et produire simultanément leur action. On comprend d'ailleurs que le même résultat pourrait être obtenu, si au lieu de demander à des piles spéciales ces courants locaux, on les avait empruntés aux piles de ligne elles-mêmes par l'intermédiaire d'une dérivation.

Il est facile de comprendre que, quand bien même la durée de l'un des courants serait plus longue que celle de l'autre, les effets résultant de cette inégalité d'action se maintiendraient, car celui des relais sur lequel la fermeture de courant devrait être prolongée serait influencé par le courant de

ligne envoyé de la station opposée, courant dont l'action succéderait à celle du courant local alors interrompu. Ainsi, quelque soit le jeu des manipulateurs aux deux stations, un signal, par ce système, est toujours sûr d'être transmis avec sa valeur réelle, soit *directement*, soit *indirectement*, soit à la fois directement et indirectement, et, par conséquent, la transmission simultanée des correspondances peut être effectuée sans confusion.

Nous remarquerons, toutefois, que les raisonnements que nous avons faits jusqu'ici, supposent que les courants reçus et envoyés sont exactement égaux, et par suite, que les courants équilibrants peuvent aussi bien annihiler les courants envoyés que les courants reçus; mais ce cas ne peut se présenter que sur les circuits parfaitement isolés et avec des piles invariables; or, dans la pratique télégraphique, il est loin d'en être ainsi, car les lignes télégraphiques sont affectées, comme on le sait, par des dérivations nombreuses, dont l'effet est variable suivant le temps; elles sont de plus parcourues par des courants accidentels également très-variables; d'un autre côté, les piles sont loin d'être constantes et varient continuellement de force électro-motrice et de résistance. Il arrive donc toujours, qu'avec la disposition décrite précédemment, l'effet neutralisant des deux courants opposés sur le circuit de ligne est incomplet, et que les appareils sont affectés par un courant différentiel plus ou moins énergique. Mais ce courant différentiel peut être sans action fâcheuse, si les appareils sont réglés en conséquence: car les courants locaux étant prépondérants, pourront toujours fournir les signaux voulus, et ces signaux seront aussi bien marqués que dans le cas d'une transmission simple, puisque l'action différentielle qui se produira alors sera à peu près la même que celle qui résultera de l'action directe du courant venant de la station opposée.

Nous remarquerons encore qu'il n'est pas nécessaire que les deux courants transmis des deux bouts de la ligne soient dans des directions opposées; ils pourront être dans le même sens, et l'action différentielle, au lieu de se faire en moins, quand ils seront transmis en même temps, s'effectuera alors en plus; de sorte que les signaux, au lieu d'être marqués sous l'influence des courants locaux, seront alors le résultat de la prédominance des courants de ligne superposés, laquelle pourra fournir, pour un réglement convenable des appareils, une action à peu près la même que celle de l'action directe des courants simples aux extrémités de la ligne.

Enfin on observera que les électro-aimants des relais, au lieu d'être enroulés avec deux fils exactement de même longueur et de même grosseur, pourront avoir des fils de longueur et de résistance très-différentes, si

la batterie locale est composée d'un petit nombre d'éléments ou si le circuit de cette batterie est un peu court; il suffira seulement que les spires de l'hélice correspondante à ce circuit soient combinées de manière à fournir une force magnétique inverse égale à celle produite par le courant de ligne.

Théoriquement parlant, ce système ne semblait laisser rien à désirer, mais, comme nous l'avons déjà dit, il en a été tout différemment quand on est venu à l'appliquer pratiquement sur les lignes. Cela provenait, suivant M. Preece, de beaucoup de causes dont il énumère ainsi les principales :

« 1° Il s'écoule toujours un intervalle de temps au moment des ruptures du circuit, c'est-à-dire au moment où l'action des courants de ligne ou des courants locaux équilibrants s'évanouit, et au moment où les traces doivent cesser d'apparaître.

» 2° Les batteries électriques sont essentiellement variables dans leur résistance comme dans leur force électro-motrice, et il est impossible de les rendre assez constantes pour avoir un équilibre d'une certaine durée.

» 3° La résistance du circuit équilibrant est, il est vrai, constante, mais celle de la ligne est essentiellement variable et change presqu'à chaque heure du jour. Il devient alors essentiel d'avoir recours à des rhéostats pour faire la compensation; or, les rhéostats étaient, en 1853, dans de mauvaises conditions et d'un maniement difficile.

» 4° Les effets d'induction statique se produisent manifestement sur les lignes de terre comme sur les lignes sous-marines, et ces effets n'étant pas alors connus, il était impossible d'en prévenir les résultats contraires.

» 5° Enfin les effets de l'inertie magnétique ou de l'induction magnétique sur les appareils étaient également ignorés à cette époque, et on ne pouvait pas davantage se prémunir contre eux.

« Quelques-unes de ces causes d'irrégularité ont pu être atténuées, il est vrai, par le principe de l'action différentielle dont nous avons parlé, mais ce n'est, comme nous l'avons dit, que dans ces derniers temps qu'on a attaché à ces systèmes l'attention qu'ils méritaient et qu'on a pu les placer dans de bonnes conditions. »

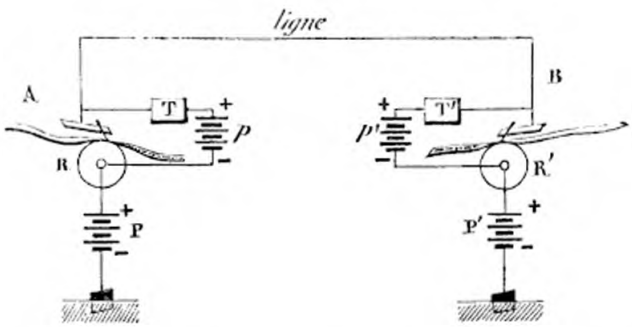
Pour être juste, nous devons dire que la combinaison électrique du système des transmissions simultanées n'est pas nouvelle ; M. Wheatstone, dès l'origine de ses recherches sur la télégraphie, l'avait mise à contribution dans un de ses appareils chronographiques pour son application aux expériences de balistique, et depuis cette époque elle a été souvent mise en usage pour des applications du même genre, par MM. Martin de Brettes et Navez.

Nous allons maintenant étudier les différents systèmes qui ont été proposés et dans lesquels l'effet équilibrant peut résulter, soit de l'action de deux

courants opposés, soit de l'action de deux dérivations issues d'une pile et disposées d'après le système du galvanomètre différentiel, soit de l'action d'une combinaison de circuits analogue à celle constituant le pont de Wheatstone, soit de l'inégalité de l'action électrique aux différents points d'un circuit dérivé.

Système de M. Gintl. — Les premières expériences du système télégraphique à double transmission, appelé dans ces derniers temps système télégraphique *Duplex*, furent exécutées, ainsi que je l'ai déjà dit, en 1853, par M. Gintl directeur des télégraphes autrichiens, sur la ligne de Prague à Vienne. Les appareils furent d'abord installés dans le système que nous avons décrit plus haut, puis dans un système plus simple pour s'adapter aux télégraphes électro-chimiques. Cette dernière disposition fut

Fig. 157.



celle qui donna les meilleurs résultats. Dans ces conditions, les courants égaux et opposés étaient employés à empêcher la décomposition des sels électrolysés sur le papier chimique. Toutefois on dut combiner plus tard des dispositions particulières pour éviter les inconvénients résultant : 1° de la difficulté de maintenir pendant un certain temps en équilibre deux piles différentes ; 2° de l'impossibilité dans laquelle on était de produire et de faire cesser à la fois les deux contacts du transmetteur, au moment où la double clef passait du contact de réception à celui d'émission. Ces dispositions ont consisté à supprimer d'abord la pile locale et à régler le rhéostat de telle sorte, que le courant qui y passait ne pouvait produire de marque électro-chimique qu'à la condition d'être renforcé par le courant venant de la station opposée ; en second lieu à relier métalliquement l'enclume de la clef du transmetteur au contact de repos. Grâce à cette combinaison les courants reçus pouvaient passer en terre alors même que la clef du transmetteur était abaissée pour transmettre de son côté ; mais comme, par suite de

cette disposition, le circuit de la batterie était fermé lorsque la clef était au repos, M. Gintl supprimait cette liaison métallique quand la correspondance était terminée. (Voir la note de M. Gintl-Zeitschrift des télégraphen vereins, § 136, 1855.)

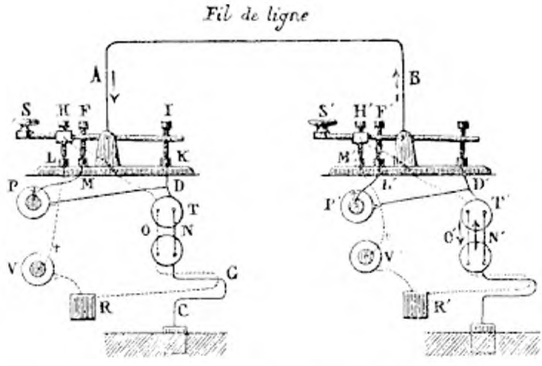
La disposition de M. Gintl fut perfectionnée en 1855, par M. Preece, qui, au lieu de chercher à obtenir les effets par des courants équilibrés, ne chercha à réagir que par des actions différentielles. On peut se faire une idée de son système appliqué aux télégraphes électro-chimiques par l'inspection de la figure 157. Les deux piles sont en P, P', p, p', les transmetteurs en T, T', les récepteurs en R, R'. Quand la station A envoie un courant au moment où B est au repos, le courant de la pile p augmenté d'une grande partie de celui de la pile P est envoyé à travers la ligne ; une petite partie tendrait bien à se dériver à travers le récepteur R, mais il rencontre là une dérivation de la pile P qui est plus forte et qui l'empêche de passer, et, comme cette dérivation circule dans un sens qui ne peut produire l'effet chimique voulu, aucune trace n'est laissée sur le récepteur R ; mais il n'en est pas de même en R' où les deux courants réunis de P et de p qui ont traversé la ligne peuvent vaincre facilement le courant de la pile P', ne subissant pas alors de dérivation en T'. Quand les deux stations transmettent en même temps, les courants combinés envoyés de chaque station sur la ligne se rencontrent, et ne trouvant pas, par conséquent, par cette voie une issue facile, ils se dédoublent ; les courants des piles P et P', dont les circuits se trouvent alors coupés sont arrêtés, et il n'y a que les courants des piles p, p' qui peuvent passer en traversant localement les récepteurs R, R'. Mais, comme, dans ces conditions, ces courants locaux sont dans un sens convenable, ils peuvent laisser sur le papier chimique des traces, et ces traces se trouvent effectuées sous une influence électrique à peu près de même énergie que dans le premier cas, car la dérivation qui tend alors à s'établir à travers la ligne, par suite de sa mauvaise isolation, affaiblit le courant effectif à peu près de la même manière que les pertes le long de la ligne dans les transmissions directes.

Système de M. Wartmann. — M. Wartmann est un de ceux, qui dès le début, ont cherché à perfectionner les télégraphes à double transmission des dépêches. Son système, qui se rapproche beaucoup de celui dont nous avons exposé le principe en commençant, est représenté fig. 158.

S, S' sont les clefs des télégraphes des deux stations A et B ; elles possèdent deux contacts isolés M et L, auxquels aboutissent, d'une part (au contact M), le pôle positif de la pile de ligne P, et de l'autre (au contact L), le pôle négatif de la pile locale V. Les vis H et F isolées également l'une

de l'autre, et correspondant aux contacts M, L, communiquent, l'une H à l'un des fils O du relais T, par un conducteur extensible, l'autre F avec le fil de ligne. Un troisième contact K établit, quand la clef ne fonctionne pas, une relation électrique entre le relais et le circuit de ligne. Enfin des liaisons métalliques P D, T C, O G R V relient les deux fils des relais aux deux piles, et à deux rhéostats R, R', destinés à régler la compensation des circuits; elles achèvent ainsi le circuit additionnel. Voici quelle est la marche des courants quand les transmetteurs fonctionnent isolément : quand la clef S' est abaissée à la station B, le courant de la pile de ligne va de P' en L', de L' en F', de F' en I à la station A, puis de I en K, de K au relais T à travers le fil N, et revient à la pile par le sol, le relais T' de la station B et le fil P' D'. En même temps le deuxième contact M' de la clef S', fait circuler le courant de la pile V', de M' en H', de H' à travers le relais par le fil O', de là dans le

Fig. 158.



rhéostat R' et du rhéostat à la pile; d'où il résulte la mise en action du relais T et l'inertie du relais T'.

La même marche des courants a lieu quand la clef S de la station A est mise en fonction séparément.

Quand les deux clefs sont abaissées simultanément, les courants envoyés sur la ligne se trouvent annulés, et il n'y a d'effective que l'action des courants locaux qui suivent, d'un côté, le chemin V L H O G R V, de l'autre côté le chemin V' M' H' O' R' V'.

On remarquera qu'avec cette disposition des appareils, l'annulation l'un par l'autre des deux courants envoyés des deux stations, n'est pas nécessaire quand les clefs fonctionnent simultanément; car alors ces courants ne peuvent plus passer à travers les relais, puisque les vis I ne touchent plus les contacts K. Ce système, comme on le comprend aisément, était

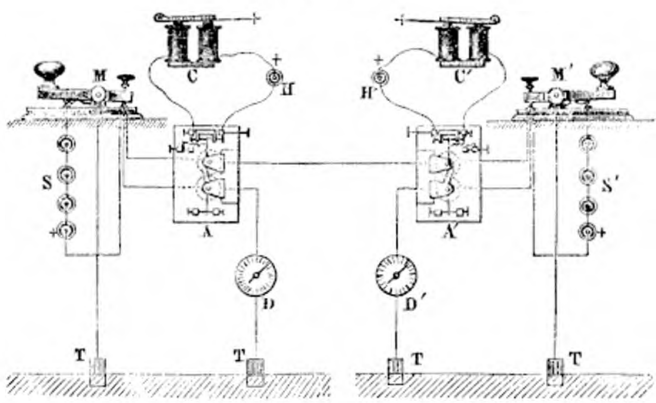
déjà un perfectionnement eu égard au système primitif. (Voir la *Bibliothèque de Genève, de mars 1856.*)

Systèmes de MM. Frischen et Siemens. — Ce système imaginé un an après celui de M. Gintl (mai 1854), et dont l'invention a été faite simultanément et indépendamment par ces deux savants, est fondé, non pas sur l'équilibrement des courants, mais bien sur une action différentielle.

Dans ce système, le double contact des transmetteurs n'existe pas, et on n'emploie que des clefs ordinaires avec les seules piles de ligne. De plus, les appareils sont disposés de manière à prévenir les effets des charges et des variations de résistance des lignes. C'est dans ce même système, mais avec quelques perfectionnements nouveaux, qu'a été combiné l'appareil de M. Stearns, dont nous avons parlé.

Cela posé, admettons qu'aux deux stations en correspondance, soient

Fig. 159.



établis deux relais de Siemens A, A', disposés de manière à réaliser les effets d'inertie et d'activité dont nous avons parlé soient C et C', les récepteurs; M et M', deux manipulateurs de télégraphes Morse ordinaires; S et S', les piles de ligne des deux stations; D et D', deux appareils de résistance introduits dans les circuits locaux : il est certain que si les communications électriques sont établies comme elles sont indiquées sur la fig. 159, chacun des relais sera introduit dans un double circuit issu des pôles mêmes de la pile correspondante et complété, d'un côté par la ligne, de l'autre par le fil correspondant au rhéostat de la station.

Bien que la disposition imaginée par M. Siemens, pourrait être parfaitement applicable au système de relais à deux fils enroulés parallèlement

que nous avons déjà décrit, M. Siemens, en raison de la construction particulière de son relais, a préféré employer à cet usage un électro-aimant simple, en isolant l'une de l'autre les deux bobines, et en les introduisant séparément dans chacun des deux circuits. C'est ainsi que les bobines supérieures de A et de A′ sont introduites dans le circuit de ligne, et les bobines inférieures dans les circuits locaux. Avec cette disposition de relais, les armatures ont une forme particulière ; elles se composent de deux parties, l'une fixe formant comme l'épanouissement d'un des pôles de l'électro-aimant, l'autre mobile pivotant sur le second pôle et pouvant être attirée ou repoussée suivant la polarité développée en elle par l'hélice correspondante. Les contacts de ces relais se distinguent aisément sur la figure, et les piles locales destinées à animer les récepteurs, sont en H et H′. Voici maintenant comment fonctionnent ces appareils :

1° Quand le manipulateur M est abaissé alors que le manipulateur M′ est soulevé, le courant de la pile S passe à travers les deux bobines du relais A en se dirigeant d'un côté vers le relais A′ par la ligne télégraphique, et en s'écoulant de l'autre en terre par le rhéostat D et le fil de terre correspondant à celui-ci. La partie de ce courant dirigée sur A′ s'écoule ensuite en terre par le contact de repos du manipulateur M′ et le levier interrupteur qui communique directement à la terre. La pile S se trouvant alors mise en communication avec le sol par le levier du manipulateur M, alors abaissé sur le contact de pile (correspondant au pôle négatif de la pile S), les deux circuits se trouvent complétés, et si celui qui correspond au rhéostat D a sa résistance convenablement équilibrée avec celle du circuit de ligne, le relais A est inerte alors que le relais A′ est actif.

Les mêmes effets se reproduisent, mais en sens inverse, quand la clef M′ est abaissée alors que la clef M est soulevée.

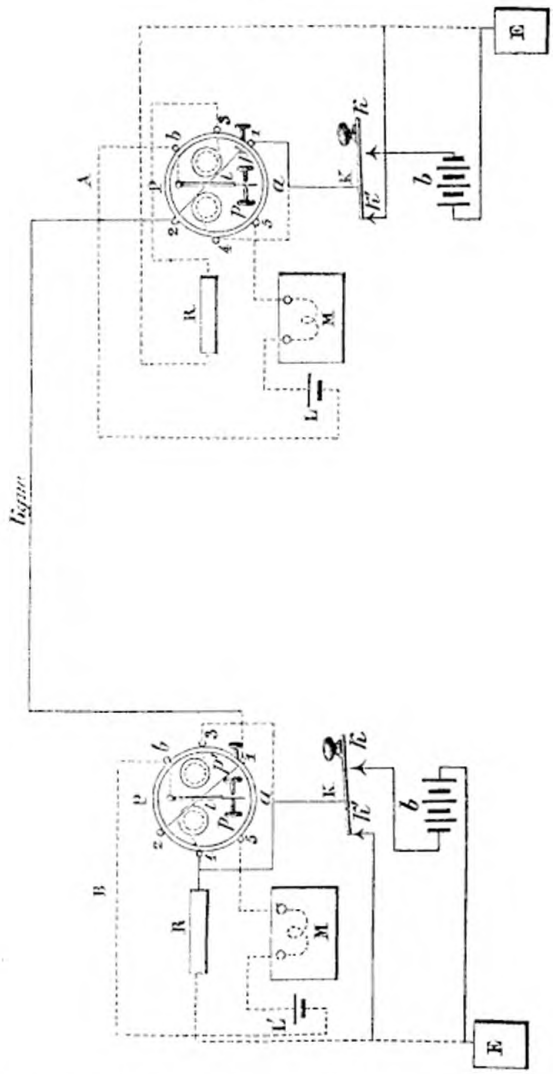
2° Quand les deux manipulateurs M, M′ sont abaissés en même temps, les deux courants envoyés à travers la ligne ne trouvant pas d'issue pour s'écouler en terre, puisque les leviers des manipulateurs alors séparés de leur contact de repos, sont annihilés, ou du moins à peu près, et dès lors les courants dérivés à travers les rhéostats D, D′, en réagissant seuls sur les relais, peuvent les rendre actifs, absolument comme si les deux courants de ligne eussent pu arriver seuls à leur destination.

3° Quand l'un des manipulateurs, M, par exemple, envoie un courant à travers la ligne alors que le second manipulateur M′, étant un peu soulevé, n'a pas encore rencontré le contact de pile qui lui correspond, le relais A′ ne s'en trouve pas moins mis en activité, car le courant envoyé à travers la ligne, passe alors dans un sens différent à travers les deux bobines de ce

relais, pour s'écouler de là en terre. Dès lors, au lieu d'un effet contradictoire des deux bobines, il se produit un effet conspirant.

M. Siemens a indiqué encore une autre disposition que nous représen-

Fig. 160.



tons, fig. 160, et sur lequelle M. Preece, attire particulièrement l'attention. Elle se rapporte davantage à la disposition ordinaire de nos lignes, mais les effets sont toujours les mêmes. Dans cette nouvelle disposition, M. Siemens emploie son relais polarisé ordinaire que nous avons décrit page 407,

et son électro-aimant est enroulé avec deux fils comme dans le système Wartmann. Les bouts de ces fils sont en 1 et 2, pour l'un, et en 3 et 4 pour l'autre. Les récepteurs sont en M, les piles locales en L, les rhéostats en R, les manipulateurs en K, et les piles de ligne en *b*.

Il est facile de voir, d'après les communications électriques indiquées sur notre dessin que, quand la station A transmet seule, le courant envoyé va de *b* en K et de là en *a*, où il se bifurque pour se partager à travers le relais, entre le circuit de ligne qui s'y rattache aux points 1 et 2, et le circuit local qui se relie également aux points 3 et 4. Si ce dernier circuit est convenablement équilibré, ces deux courants n'auront aucune action sur le relais, et aucun signal ne sera marqué en B; mais il n'en sera pas de même du relais de l'autre station qui deviendra actif sous l'influence du courant allant de 1 à 2, puis à *a*, à *k'* et à E. Quand les deux stations enverront leur courant en même temps, les deux courants de ligne se trouveront sinon totalement annihilés dans les circuits de ligne, du moins assez affaiblis pour que les courants locaux réagissent sur les appareils par l'excédent de force qu'ils auront alors. Théoriquement, les courants de ligne devraient être, dans ce cas, complétement annihilés puisque les circuits sont coupés en *k'*, mais à cause des dérivations, il n'en n'est pas tout à fait ainsi, et les appareils ne réagissent que sous l'influence d'un courant différentiel dont l'énergie dépend de la résistance rhéostatique interposée sur les circuits locaux, mais qui dans tous les cas est à peu près équivalente à celle que les courants de ligne possèdent à leur arrivée dans le relais.

Les avantages de ces systèmes, par rapport à ceux de MM. Gintl et Wartmann, sont : 1° que le courant n'est pas interrompu pendant l'abaissement des clefs, comme nous l'avons déjà fait remarquer pour le premier système, et comme cela existe également pour le second, 2° Que chaque station n'ayant qu'une batterie, les variations que celle-ci peut éprouver sont inoffensives, puisquelles agissent de la même manière sur les deux circuits.

Toutefois, ces avantages n'ont pas résolu les difficultés provenant des conditions inégales dans lesquelles se trouvent placés les deux circuits, dont l'un est parfaitement isolé, et l'autre soumis à toutes les vicissitudes du temps, aux effets des courants terrestres, aux variations de température, aux réactions d'induction, etc., etc., et c'est ce résultat qu'a réalisé le système dont nous allons maintenant parler.

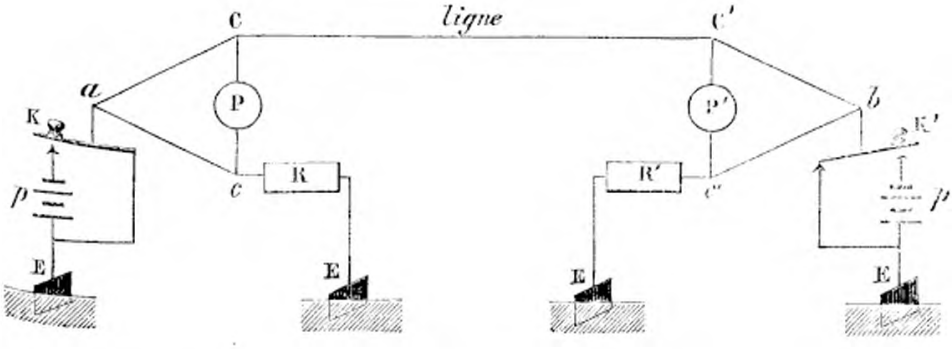
Système du pont de Wheatstone. — Pour qu'on puisse bien se faire une idée de ce système, nous allons le réduire à sa plus simple expression dans la fig. 161. K K', sont les clefs généralement adoptées; elles sont

reliées au circuit de la manière ordinaire. P, P' sont les relais; R, R', les résistances introduites dans les circuits locaux; enfin aC, ac, bc', bC' des résistances que nous supposerons d'abord égales, et représentant une fraction assez grande de celle de la ligne.

Comme on le voit, ce dispositif renferme les éléments d'un pont de Wheatstone, et, par conséquent, on doit y retrouver les rapports géométriques qui relient entre elles les résistances qui le composent.

Supposons maintenant que A voulant transmettre à B, on abaisse la clef K alors que la clef K' est au repos à la station B. Le courant arrivé en a, se partagera entre deux circuits, l'un complété par la résistance a C, la

Fig. 161.



ligne, l'appareil de B et la terre, l'autre par la résistance a c, le Rhéostat R et la terre. Comme les deux résistances aC, ac sont égales, que R a la même résistance que le circuit de ligne entre C et la terre en B, les tensions seront les mêmes en C et en c, et, en conséquence, aucun courant ne passera à travers le relais P. On obtient ainsi la première condition de la double transmission, c'est-à-dire le moyen de transmettre un courant à travers un relais sans l'influencer. Maintenant, ce courant, en raison des deux chemins qui lui sont ouverts, pourra faire fonctionner plus ou moins énergiquement le relais P', suivant les valeurs relatives qui seront données à CC', C' b, c' E, c' b, et b E :

Si les résistances des deux branches du pont C' b et c' b sont égales entre elles, et à c' E, le courant dérivé à travers C' c' sera bien prêt d'être égal à celui qui passe par C' b, et il lui serait tout à fait égal si la résistance du relais était moitié de la résistance C' b. Mais comme il n'est pas nécessaire que les deux branches du pont soient égales pour obtenir un effet donné, pourvu qu'on respecte l'égalité des rapports qui résultent de l'équation du pont de Wheatstone, on peut faire prédominer à volonté le courant dans la déri-

vation C′ c', en diminuant sa propre résistance ou celle de c' b; ce qui entraîne naturellement la diminution de la résistance a c, et celle des résistances R et R′, si l'on veut maintenir les effets d'annihilation du courant sur le relais de la station qui transmet. Il est toutefois des limites qui ne doivent pas être dépassées pour ces réductions, car si la résistance C′ c' était trop petite par rapport à C′ b, on ne pourrait pas équilibrer les actions du courant au poste expéditeur, et la double transmission serait impossible; il en serait de même si la résistance c' E était trop petite, car il faut toujours que l'on ait : $\frac{b\,c'}{c'\,\mathrm{E}} = \frac{\mathrm{C}'\,b}{\text{ligne}}$. D'un autre côté, il faut considérer que si la réduction des résistances c' E et c' b est favorable à l'action des courants de la station A, elle est défavorable aux courants envoyés de B, qui traversaient alors la ligne moins facilement qu'ils ne se perdraient en terre. Il faut donc que les résistances de toutes les parties constituant la combinaison se trouvent entre elles dans un rapport convenable pour fournir l'effet maximum sur les relais, et ce rapport variera suivant la nature des circuits, et même suivant les piles que l'on emploie. On peut dire d'une manière générale : 1° que plus la résistance de la batterie sera faible, plus les résistances b c', c' E pourront être réduites, et par conséquent plus la portion de courant passant à travers les relais sera grande; 2° que plus la résistance c' b sera grande par rapport à C′ c', plus le courant aura d'énergie à travers ces mêmes relais. Examinons maintenant ce qui se passe, quand avec ce système bien organisé, on transmet simultanément des stations A et B.

Nous avons déjà vu que quand A envoyait son courant à B, son propre relais n'était pas affecté, et que le relais de B en subissait seul l'effet. Il en est de même quand B envoie son courant à A, puisque la disposition du système est symétrique aux deux stations; mais quand A et B envoient en même temps leur courant, les tensions électriques aux points C, c; C′, c' ne sont plus égales, car la ligne entière qui, avec les résistances C a, C′ b, réunit en quantité les piles des deux stations, fournit une charge statique uniforme sur tout son parcours, et par conséquent une même tension aux points C, C′, tandis que les parties de courant qui passent par les dérivations a c R, b c' R′ pour se perdre en terre, ne fournissent que des charges dynamiques et par suite des tensions aux points c et c' moitié moindres. Il doit donc se produire à travers les relais, aux deux stations, deux courants exactement égaux qui font fonctionner ces relais, absolument dans les mêmes conditions que si les stations correspondaient séparément.

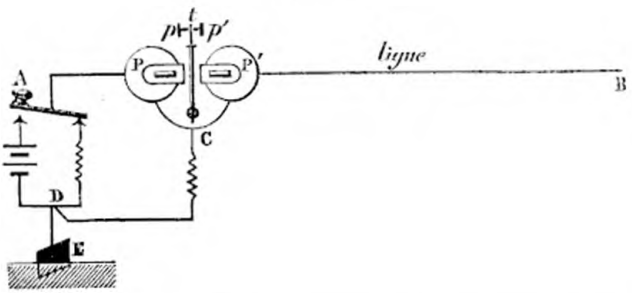
Un avantage capital de ce système, c'est qu'il permet de télégraphier

avec un appareil quelconque sans nécessiter une disposition particulière des organes électriques. Il peut donc être aussi bien appliqué aux télégraphes automatiques qu'aux télégraphes Morse ordinaires, et même aux télégraphes à miroir.

Système de M. Preece. — Ce système essayé en 1856, entre Southampton et Cowes, et qui n'avait fourni alors que des résultats médiocres, a été perfectionné dans ces derniers temps, et cette fois la réussite a couronné l'œuvre.

Le principe de ce système, diffère essentiellement de ceux basés sur la méthode différentielle et sur celle du pont de Wheatstone. Il est fondé sur l'inégalité d'intensité des courants dans les différentes parties d'un circuit soumis à des dérivations. Supposons qu'à une station A, fig. 162, soit intercalée dans

Fig. 162.



le circuit de ligne, l'hélice d'un électro-aimant P P' à armature polarisée de Siemens, et que le fil reliant l'une à l'autre les deux bobines de cet électro-aimant, se trouve mis en communication avec la terre par un fil CD d'une résistance égale à la partie du circuit de ligne en dehors de cette dérivation : il est clair que l'intensité du courant dans la partie du circuit du côté de la pile, partie dans laquelle se trouve comprise l'une des bobines P de l'électro-aimant, sera deux fois plus forte que dans le circuit de ligne, de l'autre côté, y compris la seconde bobine P' du même électro-aimant.

Conséquemment, l'action de l'un des pôles de l'électro-aimant sera infiniment plus forte que celle de l'autre, et, comme ces deux actions sont inverses, le relais tendra à fonctionner sous l'influence du pôle le plus rapproché de la pile ; toutefois, en disposant convenablement l'armature par rapport aux pôles magnétiques, on pourra faire en sorte d'égaliser les deux actions, et de rendre le relais inerte.

Cela posé, imaginons qu'aux deux stations A et B soient installés deux

relais ainsi réglés, et que les piles destinées à les animer se trouvent disposées d'une manière symétrique, eu égard aux pôles mis en communication avec les électro-aimants; voyons ce qui doit arriver, suivant que A et B transmettent séparément ou simultanément.

Dans le premier cas, puisque les actions exercées par l'électro-aimant du relais sur son armature sont égales et de signes contraires, aucun effet ne sera produit sur le relais de la station qui transmet, mais le courant passant à travers la ligne animera l'électro-aimant de l'autre station, qui n'est parcouru par aucun courant, et il se perdra en terre, partie par la dérivation établie en C entre ses bobines, partie par le contact de terre du manipulateur qui est relié à celle des bobines qui est au-delà de la dérivation ; mais, comme l'action polaire de cette bobine est déjà réduite par la disposition que nous avons précédemment indiquée, et que la dérivation ne fait que l'affaiblir davantage, le relais fonctionnera sous l'influence de la bobine placée en deça de la dérivation.

Admettons maintenant que les deux stations, A et B fonctionnent simultanément, et pour qu'il n'y ait pas confusion dans les bobines, appelons celles qui sont directement en rapport avec la ligne *bobines de ligne*, et les deux autres (de l'autre côté des dérivations), *bobines locales*. Il est clair qu'au moment de l'émission des deux courants aux deux stations, les deux bobines de ligne auront leur action considérablement affaiblie, puisque les deux courants se trouveront opposés sur la ligne, et les armatures ne pourront fonctionner que sous l'influence des bobines locales, dont le courant se trouvera encore renforcé de toute la partie du courant dérivé qui n'aura pas passé sur la ligne. Comme ces bobines agissent en sens contraire des bobines de ligne, et que les courants qui animent les bobines locales sont de sens contraire à ceux qui animent les bobines de ligne quand les stations transmettent isolément, l'effet produit sur les relais reste alors exactement le même dans les deux cas.

Nous avons supposé que la dérivation établie à partir de chaque électro-aimant était égale en résistance au circuit de ligne, au-delà de la bifurcation; mais il est aisé de comprendre qu'elle pourrait être de moindre résistance sans qu'il en résultât aucun dérangement dans le jeu du relais que nous avons étudié; ce n'est qu'une question de réglage de l'armature de ces relais; toutefois, on rend par ce moyen les appareils plus sensibles, car l'affaiblissement d'action des bobines de ligne, dans le cas des transmissions simultanées, se trouve plus complet, et leur énergie s'en trouve accrue dans le cas des transmissions simples. D'un autre côté, pour la même raison et aussi pour rendre les résistances égales dans le circuit

local au moment de la réception et de la transmission, il est nécessaire que le fil qui joint au sol le contact de repos des manipulateurs, soit d'une résistance à peu près égale à celle de la pile correspondante. L'effet maximum est produit quand ces trois résistances sont égales.

Avec ce système, le choix des appareils n'est pas indifférent, ainsi que pour les systèmes dont nous avons parlé précédemment, le relais polarisé de Siemens est nécessaire, et plusieurs autres dispositions accessoires doivent en assurer le fonctionnement régulier; toujours est-il que, suivant M. Preece, le principe sur lequel est fondé le système en question, remédie à tous les défauts signalés dans la solution primitive de M. Gintl. Ainsi le circuit n'est jamais interrompu, car il est toujours en communication avec la terre par les dérivations des électro-aimants. Il n'y a qu'une batterie et qu'un seul courant de mis à contribution; enfin les résistances intercalées sont constantes. Il est vrai que M. Zetzsche, fidèle à son principe de ne trouver bien que ce qui vient d'Allemagne, ne reconnait pas ces avantages. Ainsi, il prétend que l'égalisation des trois résistances dont il a été question est une idée malheureuse, car, à cause de cette disposition, les piles se trouvent moins bien utilisées que dans le système Siemens : « A la station d'arrivée, dit-il, le courant de bifurcation après être entré dans la ligne isolée, passe, il est vrai, tout entier par la bobine de ligne du relais, mais il se partage ensuite au point de bifurcation C, en deux parties également fortes qui se contrarient l'une et l'autre et, en conséquence, les $^2/_5$ du courant primitif de la pile ne peuvent produire tout leur effet dans le récepteur. Pendant le moment de la suspension du manipulateur à la station de réception, la partie du courant venant de la station correspondante passe, il est vrai, tout entier par la bobine de ligne P', mais son intensité ne s'élève plus qu'au tiers de celle du courant total émis actuellement, et au $^3/_{10}$ de celle du courant total qui agissait précédemment. Cet inconvénient s'accroît encore quand la résistance à intercaler entre D et A, est placée entre l'axe du manipulateur et P, parce que cette résistance vient encore affaiblir davantage le courant total. Au lieu d'adopter cette disposition, M. Preece aurait dû plutôt faire infiniment grande la résistance entre le contact de repos du manipulateur et le point D, ou en d'autres termes, il aurait dû supprimer entièrement cette communication; dans ce cas, le courant de bifurcation qui doit agir ne passerait que par la bobine de ligne, pendant le repos et la suspension du levier du manipulateur de la station d'arrivée; mais quand les deux manipulateurs des deux stations fonctionneraient simultanément, en supposant aux piles des deux stations des forces égales et la ligne complétement isolée, un courant d'une intensité double, il est vrai,

agirait sur le levier du relais, mais par l'intermédiaire d'une armature plus éloignée (1).

« M. Preece, continue M. Zetzche, signale comme un avantage de sa méthode, que toute variation anormale de résistance dans la ligne télégraphique affaiblit ou augmente, en même temps que la force du courant de bifurcation circulant dans la ligne, non-seulement l'effet de ce courant dans l'hélice de ligne du relais, mais aussi, et dans le même sens, celui qu'il produit dans l'hélice locale, et il croit que pour cela le fonctionnement de son système est moins affecté par les variations d'isolement de la ligne par suite des effets atmosphériques. Mais, M. Preece n'est pas le seul à avoir indiqué le moyen de compenser, au moins partiellement, chaque variation semblable de la résistance et de la force du courant dans l'un des circuits de bifurcation, par un changement simultané d'intensité du courant dans le circuit donnant passage au courant non divisé. J'ai exprimé moi-même cette idée, d'abord dans le journal de l'*Union télégraphique Austro Allemande* (XII année, p. 29), etc... »

Système de M. Winter. — Dans ce système qui date de l'année 1873, l'auteur se propose d'intercaler les piles pour la transmission en sens opposé, de façon à ce qu'elles émettent des deux côtés un courant de repos à travers la ligne, et à ce que ces deux courants annulent réciproquement leur effet, aussi longtemps que les manipulateurs se trouvent à l'état de repos. Les piles, en conséquence, doivent être de force égale et doivent communiquer à la terre par les pôles de même nom. Le relais est un relais ordinaire, seulement une liaison électrique a été établie à l'intérieur des bobines, de manière à isoler au besoin de la masse quelques-unes des couches de spires supérieures. Le nombre des spires ainsi distraites doit être la neuvième partie de leur nombre total. Les communications électriques de ce relais avec la ligne et les appareils sont établies de telle sorte que l'axe de la clef du manipulateur soit en rapport direct avec le fil de jonction introduit à l'intérieur des bobines du relais, lequel fil représente le fil d'embranchement dans les autres systèmes. Le bout extérieur du fil du relais aboutit au pôle positif de la pile, par l'intermédiaire d'une résistance qui

(1) Si l'on supprime le fil de communication entre A et D, l'on pourrait aussi relier à la terre les piles des deux stations par leurs pôles opposés, et faire alors usage d'un relais ordinaire, au lieu d'un relais polarisé. Avec la résistance en C, égale à celle de la ligne, la force efficace du courant se modifie très-sensiblement pendant le moment où le manipulateur passe d'une position à l'autre.

représente la 9e partie de celle de la ligne. L'autre pôle de la pile communique à la terre et au contact de transmission de la clef. Enfin, le bout intérieur du fil du relais correspond directement à la ligne.

Si l'on considère attentivement cette disposition, on reconnaît que le relais, au moment où la clef est abaissée, constitue, quoique simple, un relais à double hélice dont l'une, qui est à l'intérieure, a 9 fois plus de spires que l'autre qui lui est superposée. Quand au contraire la clef est au repos, il constitue un électro-aimant simple isolé de la terre, et qui est relié d'un côté à la ligne, de l'autre côté à la pile. Or, examinons ce qui doit résulter de cette disposition : 1° quand les deux clefs sont au repos; 2° quand l'une d'elles seulement est abaissée; 3° quand toutes les deux sont abaissées.

Quand les deux clefs sont au repos, les courants des deux piles, si l'on suppose la ligne parfaitement isolée, auraient une tendance à traverser les deux relais sans se bifurquer, et par conséquent à déterminer une action maxima; mais comme ces courants sont égaux et opposés, et que les circuits locaux sont symétriques de part et d'autres, ils s'annulent et ne peuvent produire aucun effet. Maintenant, si l'on abaisse l'un des manipulateurs, le relais qui communique avec celui-ci par le fil d'embranchement dont nous avons parlé se dédoublera, l'hélice courte sera mise directement en rapport avec la terre et constituera un court circuit qui écoulera en presque totalité le courant de la pile du poste, en déterminant une action magnétique représentée par $\frac{E}{\frac{1}{9}L+\frac{1}{9}r}\times\frac{l}{9}$ ou par $\frac{E\,l}{L+r}$, en supposant que les lettres L, r, l, et E représentent la résistance de la ligne, la résistance du relais, le nombre des tours de spires et la force électro-motrice de la pile. En même temps l'hélice longue n'étant plus parcourue par le courant de la pile du poste, pourra donner issue à celui de la station éloignée, puisque cette hélice se trouve être alors en communication avec la terre. Si ce dernier courant traversait seul le relais, il y déterminerait une force magnétique qui aurait pour expression

$$\frac{E\,l}{\frac{1}{9}L+r+L+\frac{8}{9}r}$$

soit à peu près $\frac{E\,l}{L+2\,r}$; mais comme dans le cas qui nous occupe les courants des deux piles circulent simultanément et en sens contraire à travers ce relais, les deux actions magnétiques développées se trouvent à peu près neutralisées; car en raison des dimensions plus petites des spires

de l'hélice longue, la résistance de cette hélice est beaucoup moindre, pour un même nombre de spires, que l'hélice courte qui comprend les spires, extérieures. Il ne se produira donc aucun effet à la station qui transmet; mais il n'en sera plus de même à la station de réception; le courant de la pile de cette station qui passera alors seul à travers son relais pourra le faire réagir, et dès lors les transmissions s'effectueront, non plus avec le courant expéditeur, mais avec celui du poste de réception.

Quand les deux clefs sont abaissées simultanément aux deux stations, les courants transmis à travers la ligne sont neutralisés, comme dans le cas où ces clefs sont en repos, mais les courants des deux piles peuvent réagir alors localement sur les deux relais par les hélices extérieures qui se trouvent mises en contact avec la terre. Comme l'intensité magnétique déterminée, dans ce cas, est à peu près le même que celle qui serait déterminée par les courants de ligne, ainsi qu'on l'a vu précédemment, le problème de la double transmission se trouve ainsi résolu, du moins en admettant que la ligne est parfaitement isolée.

Quand la ligne est imparfaitement isolée, ce qui arrive toujours, un courant de faible intensité se produira nécessairement sur les relais aux deux stations, et pour y remédier, M. Winter propose d'employer des relais polarisés en leur donnant une tendance à produire des signaux en sens opposé de ceux qui seraient produits par les courants résultant des pertes à la terre. Toutefois l'intensité de ces derniers courants dépendant de la somme et de la position des dérivations, cette possibilité de compensation pourrait devenir souvent douteuse.

M. Zetzche, prétend encore que cette disposition du système de M. Winter n'est pas nouvelle, et qu'il en a vue l'application à la transmission simple à Vienne, en 1856. M. Winter, a du reste spécifié dans son brevet plusieurs autres dispositions dont on pourra se faire une idée dans l'article publié par M. Zetzche dans le *journal Télégraphique*, de Berne, tome II, p. 482. Mais nous nous contenterons de celle qui précède, car elle seule présente une idée réellement nouvelle.

Systèmes de M. Vaez de Rotterdam. — Comme nous l'avons dit, la Hollande malgré le dédain qu'on avait manifesté dans les autres pays pour les systèmes télégraphiques à double transmission, s'est trouvée satisfaite des résultats obtenus par M. Wan-Kebach, et a souvent employé des dispositions de ce genre dans son service télégraphique ordinaire. C'est pourquoi bon nombre d'inventeurs Hollandais, ne soupçonnant pas la répugnance qu'on avait généralement pour ces systèmes de transmission, ont envoyé aux différentes administrations télégraphiques des projets de per-

fectionnement de ce système télégraphique qui, naturellement, n'ont pas été adoptés. Les plus importants de ces projets ont été imaginés par M. Vaez de Rotterdam, et son système a été adapté au télégraphe Morse comme au télégraphe Hughes. Au moment où nous avons composé le manuscrit de ce volume nous n'avions eu connaissance de ce système que par le dispositif qui avait été envoyé à l'administration des lignes télégraphiques françaises, en 1868, et c'est lui que nous avons représenté fig. 163 ; mais il paraît qu'il a été donné suite à cette idée, car nous voyons dans un article publié par M. Zetzsche dans le *Journal télégraphique* de Berne, du 25 mai 1874, une description fort longue extraite d'une notice publiée par l'auteur en 1872. Nous allons résumer en quelques mots cette nouvelle disposition, nous réservant de décrire ensuite, pour l'application au télégraphe Hughes, celle qui avait été proposée en 1868, et sur laquelle j'avais fait un rapport à l'administration, le 30 avril 1870.

Suivant M. Vaez, la cause de l'insuccès des tentatives faites dans les différents pays avec les systèmes à transmissions simultanées devrait être attribuée à ce que « la résistance des conducteurs aux différents moments de la transmission télégraphique varie constamment, ce qui rend le réglage des appareils difficile, même sur des lignes très-courtes, et aussi à ce qu'il suffit d'une petite altération dans la résistance de la ligne pour empêcher entièrement le travail des appareils ». Or, M. Vaez prétend que son système, en faisant disparaître ces inconvénients, permet une transmission certaine sur des circuits très-longs, et, suivant lui, dès l'année 1868, ses essais avaient produit d'excellents résultats sur une ligne de 300 kilomètres.

Dans son système appliqué aux télégraphes Morse, M. Vaez n'apporte aucun chargement à l'appareil récepteur. C'est un relais à hélice double qui remplit les fonctions nécessaires à la double transmission, mais il a cherché à n'employer pour diriger la marche des courants et assurer leur action que deux des trois positions différentes que MM. Siemens et Frischen ont donné au manipulateur Morse pour obtenir le même effet, savoir celle de la réception ou du repos et celle des émissions ou du travail. Pour obtenir ce résultat il fait réagir le levier du manipulateur sur un interrupteur de courant qui, au moment de l'émission du courant de ligne, rompt le circuit local réunissant les hélices du relais du poste à la terre. De cette manière, le courant de ligne envoyé à ce relais de la station correspondante, ne peut passer que quand le manipulateur du poste est sur le contact de repos, et, quand il passe, le courant local contraire qui pourrait annihiler cette action ne peut réagir sur le relais, puisqu'il n'y a pas contact entre l'interrupteur et le levier manipulateur ; mais quand celui-ci est abaissé en même

temps que son correspondant à l'autre station, il n'en est plus de même ; ce contact se produit, et le relais est mis en activité, non sous l'influence du courant qui est transmis de la station opposée et qui ne passe pas, mais sous l'influence du courant local du poste lui-même.

Pour que la transmission dans les deux sens soit possible, il faut, comme on l'a vu, que les deux courants bifurqués, partant de la station qui transmet, puissent se compenser dans le relais de cette même station. Or, comme la partie du courant qui entre dans la ligne parvient au fil de terre de la station d'arrivée, soit par le contact de repos de l'interrupteur supplémentaire, soit par le contact de celui-ci avec le manipulateur suivant que ce dernier est à l'état de repos ou de travail, M. Vaez a cru devoir intercaler sur le fil de jonction du contact de l'interrupteur en question avec le fil de terre, une résistance égale à celle de la batterie, afin que les deux courants rencontrent toujours exactement la même résistance.

Comme on le voit, la disposition de M. Vaez n'offrait en somme de nouveau sur celle de MM. Siemens et Frischen, que l'addition de l'interrupteur auxiliaire qui forme à la fois rhéotome disjoncteur et conjoncteur, et l'installation d'une deuxième résistance égale à celle des batteries de ligne sur le fil réunissant cet interrupteur à la terre.

Suivant M. Zetzche, ces modifications sont inutiles et ne constituent en aucune façon une amélioration du système de MM. Frishen et Siemens ; il essaie même, par une dissertation, il est vrai, très-contestable (voir *Journal télégraphique*, tome II, p. 437), de démontrer que le système de M. Vaez est inférieur à celui de M. Siemens. Mais nous croyons que le jugement de M. Zetzsche se ressent beaucoup d'un parti pris contre tout ce qui n'est pas d'origine prussienne ; quoiqu'il en soit, après avoir critiqué le système de M. Vaez, il termine en disant :

« Enfin M. Vaez n'est pas le premier qui ait proposé de supprimer la suspension du manipulateur, et le moyen qu'il propose, à cet égard, n'est pas nouveau. En 1863 déjà, M. Maron de Berlin avait, dans son système de transmission simultanée dont l'appareil de réception avait un électro-aimant enroulé avec un seul fil et se trouvait intercalé sur la diagonale d'un pont de Wheatstone, supprimé la suspension du levier en fermant en court circuit le courant de la pile de ligne, pendant que le levier du manipulateur se trouve en repos (1). Mais pour éviter la fermeture en court

(1) Cette disposition avait été prise avant lui, en mai 1855, par M. Gintl ; en octobre 1855, par M. Bosscha de Leyde et en février 1856, par M. Kramer, de Berlin.

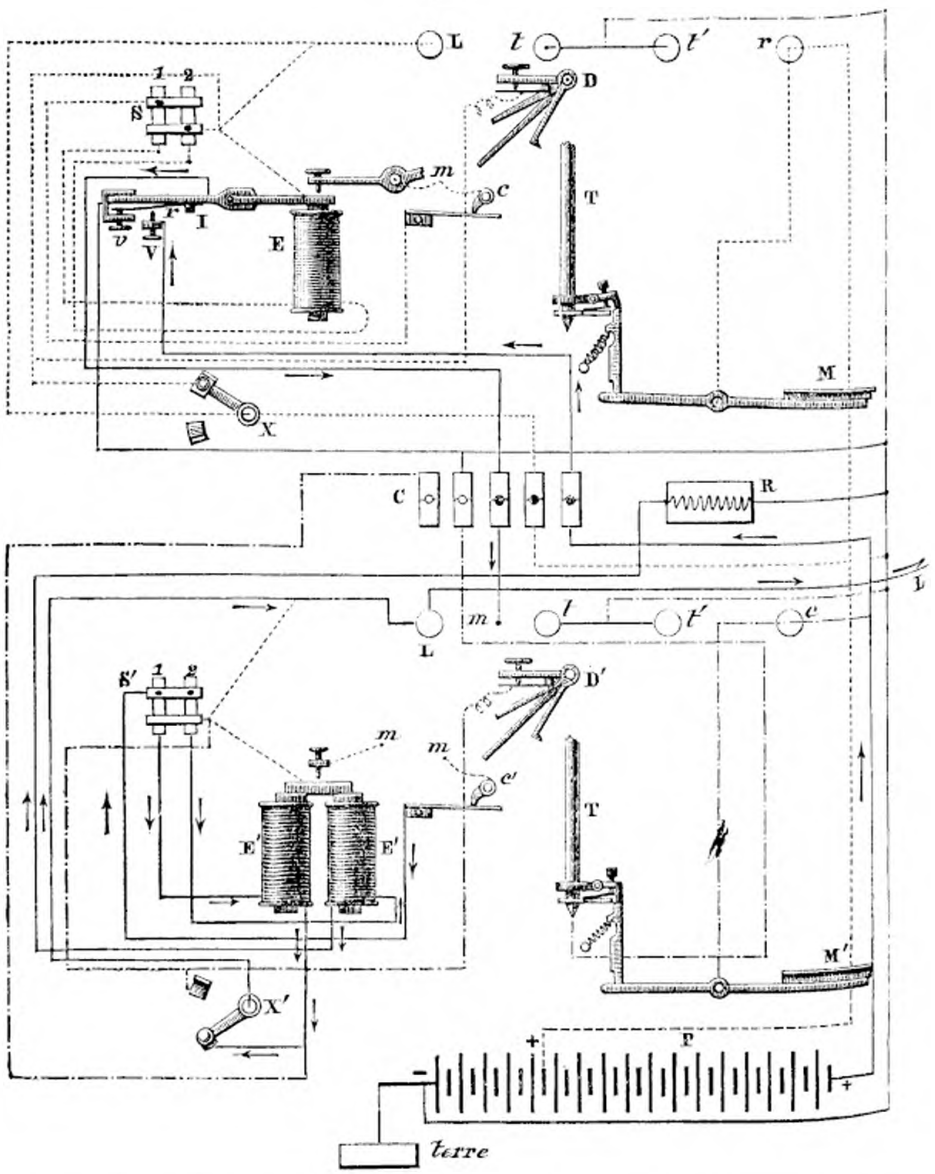
circuit qui avait une durée assez longue, Maron transporta, ainsi que M. Schreder, de Vienne, l'avait déjà imaginé en 1861 pour son appareil à double transmission, les contacts de repos et de travail du manipulateur sur un levier à un bras, au moyen duquel l'axe du levier manipulateur, relié à la ligne, était séparé de la terre au moment même où il était mis en communication avec le pôle de la pile de ligne; de sorte qu'il ne se produisait qu'un court circuit momentané. Dans cette même année de 1863, M. F. Schaack fit connaître son système de transmission simultanée, où il avait cherché à éviter une interruption de la ligne pendant la suspension du manipulateur, en munissant le levier métallique de ce dernier, de deux ressorts de contact, qui, dans la position horizontale du levier du manipulateur, reposaient simultanément sur les contacts de repos et de travail. Enfin j'ai imaginé moi-même, en 1865, un groupe de dispositions semblables pour le manipulateur, au moyen desquelles la transmission simultanée en sens contraire pouvait se combiner avec la double transmission, mais qui laissaient également se produire pendant le moment de la suspension du manipulateur une fermeture très-brève de la pile en court circuit. »

La disposition du système de M. Vaez appliquée aux télégraphes Hughes, est représentée fig. 163. Elle nécessite 4 appareils, deux par chaque station, et ces appareils sont reliés l'un à l'autre, de manière que l'un soit affecté à la réception et l'autre à la transmission et à l'impression de contrôle. Il n'y a d'ailleurs aucun relais, mais les bobines de l'électro-aimant de l'appareil affecté à la réception sont isolées l'une de l'autre, et appartiennent, comme dans le système Siemens, à deux circuits distincts. Un rhéotome à la fois conjoncteur et disjoncteur adapté au levier de l'armature de l'électro-aimant de l'appareil affecté à la transmission est le seul changement apporté à la disposition des appareils.

Nous n'avons indiqué dans la fig. 163 que les pièces des appareils Hughes, qui sont reliées d'une manière quelconque au système, c'est-à-dire l'électro-aimant déclancheur E, le commutateur suisse S, le conjoncteur X, le rhéotome *c* constitué par la came correctrice, le rateau tournant T du transmetteur, l'une des touches M du manipulateur, enfin l'équerre D qui ramène les appareils au repère. Un seul poste est indiqué sur la figure, le correspondant étant disposé exactement de la même manière. Le fil de ligne L est indiqué à droite entre les deux appareils de la première station, et, pour comprendre la manière dont il est en communication avec les appareils de la seconde station, il suffit de considérer qu'au lieu d'être attaché au bouton L, en venant de droite, il est attaché au même bouton en

venant de gauche. Enfin, nous ferons remarquer que l'électro-aimant est vu de profil dans l'appareil du dessus afin de montrer le rhéotome, tandis

Fig. 163.



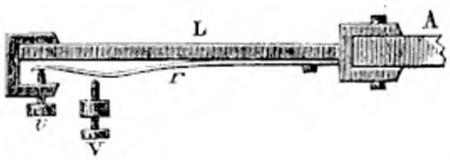
qu'il est vu de face dans l'appareil du dessous pour montrer les communications électriques de ses bobines.

Pour qu'on puisse suivre plus aisément la marche des courants dans ce système de transmission, nous avons représenté les différents circuits par des lignes ponctuées de différentes manières. La pile est en P.

Comme on le voit, ce système ne met à contribution qu'une seule pile à chaque station, mais on emprunte à cette pile quelques éléments pour réagir sur un circuit local (indiqué en lignes ponctuées en points serrés), lequel circuit met en action le récepteur de l'appareil qui transmet. Il y a en plus à chaque station un commutateur C, C' et un rhéostat R, R'.

Le rhéotome dont nous avons parlé, et qu'on distingue en I sur la fig. 163, est constitué par une lame d'ébonite L, fig. 164, fixée au levier A de l'armature de l'électro-aimant de l'appareil à transmission, au-delà de son point

Fig. 164.



d'articulation, et à l'extrémité de cette lame est fixée une équerre en cuivre avec une vis de contact v, qui est en rapport métallique avec la terre. Un ressort r fixé au-dessous de la lame L et en contact ordinaire avec la vis v, est relié au circuit de ligne. Enfin, au-dessous de ce ressort r, est une autre vis V mise en rapport avec le pôle positif de la pile de la station par l'intermédiaire du commutateur C, fig. 163.

Les communications étant établies comme on le voit sur la figure, nous allons étudier ce qui arrive quand les stations transmettent ensemble ou séparément. Nous supposerons d'abord que la station A transmet seule.

Sous l'influence de l'abaissement de l'une ou de l'autre des touches M du clavier fig. 163, le courant de la petite partie de la pile P, ira de M au massif de l'appareil par le chariot T, et de là, par la came correctrice c mise en rapport avec ce massif, au commutateur suisse S, puis à l'électro-aimant E, au conjoncteur X, après avoir repassé par le commutateur S, puis enfin à la terre par le quatrième contact du commutateur C. Sous l'influence de ce courant, l'électro-aimant E déclanchera le mécanisme imprimeur, et l'armature en s'élevant fera fonctionner l'interrupteur I, de telle manière que le contact du ressort r avec la vis v sera rompu pour être rétabli avec la vis V. Alors le courant de la pile P sera envoyé sur la ligne en passant par l'électro-aimant E' du second télégraphe de la station A, où il ne produira aucun effet, par suite de l'arrangement différentiel de ses bobines. Pour

comprendre cet effet, il suffit de suivre le courant dans son trajet. Ce courant au sortir de la vis V se trouve dirigé sur le massif de ce second appareil par le ressort r' et le troisième contact du commutateur C, et de là sur l'électro-aimant E' par la came correctrice c' et le commutateur S'. Là il trouve deux chemins pour circuler; le premier de ces chemins lui est ouvert par la lame 1, qui le conduit à travers la bobine de gauche de l'électro-aimant E' (de gauche à droite), pour aller de là sur la ligne par le conjoncteur X', et le bouton d'attache L. Le second chemin correspond à la lame 2, qui le conduit à la bobine de droite de l'électro-aimant E', où il entre dans un sens opposé, de manière à créer dans celui-ci une action magnétique contraire à celle développée par la première bobine. De là, cette partie du courant va regagner la terre en passant à travers le rhéostat R, dont la résistance est équivalente à celle du circuit de ligne à partir de cet endroit. Comme ces deux courants traversent des résistances égales, l'effet sur l'électro-aimant E' est nul, et on se trouve avoir ainsi résolu la première partie du problème. Mais voyons ce que devient notre courant, après avoir traversé la ligne.

Il entre d'abord dans le second télégraphe de la station B, par le bouton L, et de là il suit, mais en sens inverse, exactement le même chemin qu'il avait parcouru à travers le second appareil de la station A. Seulement arrivé au commutateur S'' (1), il se bifurque à son tour à la lame n° 1, pour entrer dans les deux bobines de l'électro-aimant E'' dans un même sens, c'est-à-dire de manière à fournir deux actions magnétiques conspirantes; et cet effet tient à ce que le courant conserve la même direction dans la dérivation ouverte par la lame 2, tandis qu'il se trouve renversé dans la dérivation ouverte par la lame 1. Comme ces deux dérivations sont complétées, d'une part, par le rhéostat R' et la terre, de l'autre, par la came correctrice c'', le massif de l'appareil, la 3e lame du commutateur C', l'interrupteur I' (dont le ressort r est en contact alors avec la vis v), et la terre : il en résulte un déclanchement du mécanisme imprimeur du second récepteur de la station B qui réalise l'effet voulu.

Examinons maintenant le cas où les deux stations transmettent en même temps. Cette fois les deux touches M et M'' étant abaissées simultanément,

(1) Nous mettons aux lettres deux accents au lieu d'un, pour indiquer que les pièces qu'elles désignent appartiennent à l'appareil du dessous de la 2e station. Par la même raison, trois accents se rapportent aux lettres du 4e appareil qui est en dessus.

les électro-aimants E et E'' sont mis respectivement en activité par leur courant local, les impressions de contrôle sont produites et les rhéotomes I et I' sont dans la situation qui convient pour que les courants des piles de ligne P et P' soient mis en action et dirigés en même temps à travers les circuits de ligne par les chemins que nous avons déjà étudiés. Mais comme ces courants sont égaux et opposés à travers la ligne, ils se neutralisent dans les parties du circuit qui correspondent à la ligne jusqu'aux points où ils se bifurquent, c'est-à-dire jusqu'aux lames n° 1. Mais trouvant dans les lames n° 2 des issues pour s'échapper librement, ils prennent le chemin suivi déjà par les courants dérivés locaux et doublent leur énergie. Il en résulte que les bobines de gauche des électro-aimants E' E'', ne sont traversées par aucun courant ou du moins que par un courant faible résultant du mauvais isolement de la ligne, tandis que les bobines de droite possèdent un courant d'une intensité presque double. Conséquemment, les électro-aimants deviennent actifs aux deux stations, comme si le courant avait passé à travers les deux bobines, c'est-à-dire, comme s'il avait passé à travers la ligne.

On remarquera que dans ce système, la communication de la ligne au massif à travers le rhéotome constitué par l'armature de l'électro-aimant et le levier déclancheur n'a aucun emploi, puisque la lame du commutateur S' à laquelle elle aboutit est isolée des autres lames; conséquemment elle ne sert à rien, mais elle ne nuit pas non plus, et son usage peut se retrouver quand on utilise les appareils en transmission simple. Du reste, avec la double transmission, cette communication n'a pas sa raison d'être, puisque l'électro-aimant de la station qui transmet doit être inerte au moment des transmissions, et n'a par conséquent pas besoin d'avoir son courant interrompu plus vite qu'à la station de réception, pour faire effectuer les deux déclanchements dans les mêmes conditions de force magnétique.

Nous ne parlerons pas ici des autres combinaisons accessoires de courants que M. Vaez a ajoutées à son système, car elles embrouilleraient un peu la question; elles ont été imaginées pour la mise au repère des appareils, et pour se servir de ceux-ci en transmission simple, si on le désire (1).

---

(1) Pour comprendre comment on arrive à ces effets, il nous suffira de dire que si le courant de ligne arrive au récepteur de la station qui transmet au moment où la touche D de la mise au repère est abaissée, le courant va de L en X, et de là dans la bobine de gauche de E', mais dans un sens qui n'est pas convenable pour l'action de cet électro-aimant, puis il se bifurque en 1, pour aller, en terre, d'un côté par la

Ce système, comme on le voit, est simple et ingénieux, et maintenant que le problème des transmissions simultanées est à l'ordre du jour dans les administrations télégraphiques, et que les lignes télégraphiques sont mieux isolées, il faut espérer qu'on l'expérimentera plus sérieusement qu'on ne l'a fait fait jusqu'ici; il renferme d'ailleurs en lui les perfectionnements de détails qui ont été introduits par M. Stearns, et rien ne s'oppose plus à son application.

Nous ferons toutefois remarquer que, par suite de la disposition particulière que M. Hughes a donnée à son électro-aimant, le système d'équilibrement des courants adopté primitivement par M. Vaez, et qui réussit fort bien avec les électro-aimants ordinaires, comme l'ont prouvé les expériences de M. Siemens, est tout à fait impropre pour les appareils Hughes. On comprend, en effet, qu'avec une aimantation normale communiquée aux noyaux magnétiques par un aimant persistant en fer à cheval, la désaimantation complète d'un de ces noyaux n'entraîne nullement celle de l'autre, comme cela aurait lieu pour l'aimantation avec les électro-aimants ordinaires; il faut pour cela que l'effet désaimantant s'effectue simultanément par les deux bobines, et on se trouve dès lors obligé d'avoir recours au système des doubles hélices dont il a été parlé en commençant. Ceci

---

came c' et le massif, et d'un autre côté par le fil de la mise au repère qui est alors en contact avec la terre, par suite de l'abaissement de la pédale D. La seconde bobine de l'électro-aimant ne reçoit donc aucun courant, et celui-ci reste inerte; ce qui résout le premier point de la question quand l'appareil est disposé en double transmission. En cas de transmission simple une liaison établie entre le fil de la mise au repère et le second contact de X, résout le problème, comme dans le cas ordinaire sans rien changer au commutateur S'.

Pour employer les appareils en transmission simple, il suffit d'adapter les chevilles aux deux premières lames de gauche du commutateur C, et de retirer celles des autres lames, ainsi que la jonction au rhéostat R. De cette manière, la communication de la partie inférieure de l'axe du chariot avec la terre est rétablie sur la seconde lame du commutateur comme dans le cas ordinaire, et, comme le commutateur X est alors sur le second contact, le courant envoyé par le manipulateur M va à la came c', comme à l'ordinaire, puis à la bobine de gauche de l'électro-aimant E, et de celle-ci au commutateur C par le fil complémentaire pointillé; il va ensuite par le fil du rhéostat à la bobine de droite de E', puis à la lame 2 du commutateur, au second contact de X, et par X à la ligne. Les deux bobines sont donc traversées à la fois par le même courant, et cette fois dans le sens convenable pour produire le déclanchement, comme cela a lieu dans les transmissions simples.

ne change d'ailleurs en rien la disposition du système, car au lieu que la bobine de gauche de l'électro-aimant E communique à la lame 1 et à la ligne, et la bobine de droite à la lame 2 et à la terre, par l'intermédiaire du rhéostat R, on peut faire en sorte de substituer à la première bobine l'un des fils des hélices doubles de l'électro-aimant et à l'autre bobine le second fil qui est enroulé en sens contraire; on peut d'ailleurs s'arranger de manière que ces hélices ne présentent pas individuellement une résistance plus grande que chacune des bobines. Il est probable que M. Vaez avait donné la préférence à la disposition que nous avons décrite, afin d'employer, sans leur faire subir de changement, les appareils Hughes existants, et c'est sans doute là la raison pour laquelle les premiers essais de ce système n'ont pas été avantageux; mais nous ne voyons pas pourquoi on ne réussirait pas en lui faisant subir la légère modification que nous indiquons, puisque le système de M. Stearns qui ressemble beaucoup à celui de M. Vaez est aujourd'hui reconnu excellent.

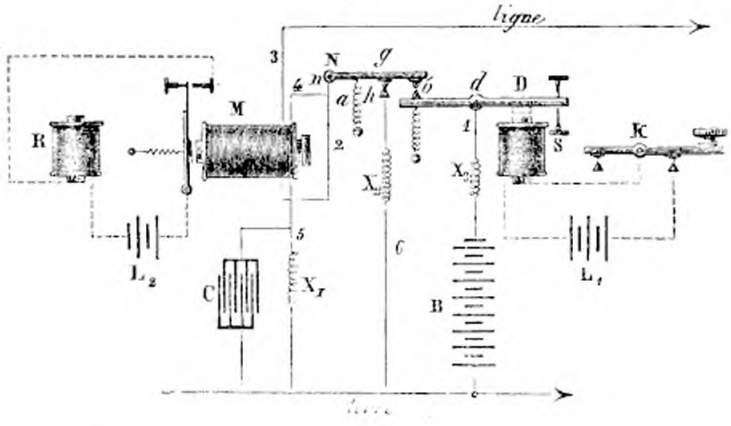
Cette description, comme je l'ai déjà dit, a été faite avant que je n'aie entendu parler de la brochure de M. Vaez. N'ayant pas en ma possession cette brochure, et le système de M. Vaez n'étant décrit que très-sommairement dans l'article de M. Zetzsche, j'ignore si la modification indiquée précédemment a été adoptée par M. Vaez. On pourrait le croire, d'après les quelques lignes qui suivent et qui terminent l'article de M. Zetzsche.

« En terminant, je ferai observer que pour la transmission simultanée en sens opposé avec l'appareil Hughes, M. Vaez fait usage dans chaque station de deux appareils, dont l'un sert comme appareil de transmission, et l'autre comme appareil de réception. L'électro-aimant du premier n'est enroulé que d'un seul fil, et celui de l'appareil récepteur de deux. Par une des extrémités de ces enroulements, l'un est relié avec la ligne, et l'autre établit la communication avec la résistance de compensation, tandis que par les deux autres extrémités, ils sont reliés chacun avec un ressort fixé à la came de correction de l'appareil de réception qui communique avec le massif de l'appareil. Le courant de départ passe ainsi par les deux bobines de l'électro-aimant de l'appareil de réception, et le courant d'arrivée par une seule. »

Système de M. Stearns. — Le système de M. Stearns, directeur de la compagnie américaine du *Franklin télégraph*, qui a été essayé en premier lieu entre New-York et Boston, est fondé exactement sur le même principe que ceux de MM. Siemens et Vaez, et il se recommande plus par la manière dont son auteur est parvenu à écarter l'action des causes perturbatrices que par l'originalité de sa conception.

La fig. 165 représente la disposition qui a été définitivement adoptée ; elle ne se rapporte qu'à un seul poste, l'autre étant exactement dans les mêmes conditions, sauf la disposition de la pile qui est contraire pour les deux postes en correspondance. Pour que l'on distingue tout d'abord les organes essentiels du système, nous dirons que M représente le relais enroulé avec deux fils, comme ceux déjà décrits, R le récepteur, L_2 la pile locale pour le fonctionnement de ce récepteur, B la batterie de ligne, L_1 une seconde pile locale pour la marche d'un parleur local S dont nous verrons à l'instant les fonctions, enfin K, D et N trois interrupteurs reliés les uns

Fig. 165.



aux autres, et dont la combinaison réalise les effets que nous avons annoncés.

Le premier de ces interrupteurs K, est une clef Morse ordinaire, qui, au lieu d'agir sur le circuit de ligne, ne fait que mettre en action l'électro-aimant S du parleur sous l'influence de la pile locale L_1 ; l'employé qui transmet entend de la sorte sa propre transmission. Ce parleur en réagissant sur l'armature D, provoque le jeu du levier *b* D qui pivote en *d*, et qui se trouve de cette manière mis en contact avec l'extrémité *b* du levier *n b*. Celui-ci pivote en N et fournit un second contact en *h* avec une pièce mise en rapport avec un rhéostat X_2 et le sol. C'est ce levier qui étant relié au relais M par les deux fils de son hélice, comme on le voit sur la figure, réagit sur le fil de ligne par le fil n° 3, et sur le fil du circuit local, en écoulant en terre par le fil n° 5, et la résistance X_1 le courant de la pile B. Le fil n° 5 est d'ailleurs mis en rapport, d'autre part, avec un condensateur C. Enfin la batterie de ligne B communique avec le levier *b* D par l'intermédiaire d'une troisième résistance X_3. La résistance X_1 doit être égale à

celle du circuit de ligne; la résistance X_2 à celle du relais, enfin la résistance X_3 à celle de la batterie. Voici maintenant ce qui se passe quand l'une des stations transmet seule :

Sous l'influence des fermetures du courant local opérées par la clef K, le parleur est mis en action et constitue avec le levier D b une seconde clef qui répète tous les signaux. Or, à chaque attraction de ce levier, c'est-à-dire à chaque abaissement de la clef K, un contact s'établit entre lui et le levier nb, d'où il résulte : d'abord la séparation de ce dernier du contact h, et en second lieu, la transmission du courant positif de la batterie B aux deux fils de la bobine M, lesquels fils, en conduisant le courant dans un sens opposé à travers l'électro-aimant, rendent son action nulle sur le relais M, mais effective sur le relais M' de la 2e station. En effet, à cette station, le levier nb n'étant pas soulevé, le courant sort du relais M' pour s'écouler en terre par le fil 2, le contact h, la résistance X_2 et le fil 6. Une petite portion de ce courant se dérivera bien en a pour s'écouler aussi en terre par la résistance X_1 et le fil 5, mais en raison de la grande résistance de X_1, il s'en écoulera fort peu, et cette partie même, traversant le relais dans la même direction que le courant principal, ajoutera son effet à celui de ce dernier. Comme à ce moment le relais n'est parcouru par aucun courant opposé, le courant d'arrivée produira naturellement, dans la station considérée, les signaux émis par le manipulateur de la station correspondante.

Quand, au contraire, les manipulateurs sont fermés en même temps aux deux extrémités de la ligne, les deux piles principales se trouvent à la fois dans le circuit de la ligne, et un courant d'une force double traversera la ligne ainsi que l'un des fils du relais de chaque station. Ce courant ne sera en conséquence, contrarié dans son effet sur les relais, que par celui qui circulera dans le second fil de chaque relais, et comme celui-ci provient uniquement de la pile avec laquelle il est en correspondance, il se trouvera être beaucoup plus faible que l'autre. Il en résultera que les relais ne seront affectés que par des courants différentiels, qui, pour la station A, en désignant par B la pile de A et par B' la pile de la station B, sera représenté par $\left(\frac{P}{2} + \frac{P'}{2}\right) - \frac{P}{2}$ et pour la station B, par $\left(\frac{P}{2} + \frac{P'}{2}\right) - \frac{P'}{2}$. Ainsi, dans ce cas ; chaque station reçoit un signal par le seul effet de la pile de l'autre station.

On remarquera que la pile B est momentanément réduite à un court circuit, pendant le temps qui s'écoule entre le moment où se produit le contact en b et celui de l'interruption du contact entre g et h; or, c'est pour éviter les perturbations qui pourraient résulter de cette cause de dérange-

ment que l'on a intercalé les résistances X_2 et X_3, qui sont calculées de manière que la résistance que rencontre le courant de la station en correspondance, reste la même, que la communication à la terre s'effectue par le fil 1, ou par le fil 6.

Le rapport que doivent avoir ces résistances, les unes à l'égard des autres, est une question de la plus haute importance pour assurer une division égale du courant de départ entre les deux fils opposés des relais par lesquels il est émis.

Par exemple, si les résistances des différentes parties du circuit sont les suivantes :

Ligne.	=	200 000 mètres
Relais (chaque fil). . .	=	20 000
Pile.	=	5 000
Rhéostat X_3	=	5 000

L'on devra donner au rhéostat X_1 une résistance de 240 000^m et au rhéostat X_2 une résistance de 20 000^m.

Le courant de départ, à son arrivée au point *a*, rencontrera alors une résistance égale pour chacune des deux routes, savoir :

1° Pour la 1re route		2° Pour la 2e route	
Fil du relais de la station de départ.	20 000^m	Un fil du relais de la station de départ . . .	20 000
Ligne.	200 000	Rhéostat X_1	240 000
Fil du relais de la station d'arrivée.	20 000	Total. . .	260 000
Rhéostat X_2 à la station d'arrivée.	20 000		
Total. . .	260 000		

Dans la pratique, la résistance X_1 devrait être un peu plus faible que le chiffre ci-dessus indiqué, puisqu'une petite partie du courant d'arrivée s'écoule en terre à partir de *a* par les fils 4 et 5, et le rhéostat X_1. Cela réduit, dans le cas ci-dessus, d'environ 4 p. %, la résistance effective à offrir à la pile de la station correspondante X_1 devra donc être réduite dans la même proportion. En manœuvrant pratiquement l'appareil, il est aisé de régler la résistance X_1 de façon à égaliser les courants parcourant le relais M dans des directions opposées. Quand le relais n'est en rien affecté par l'ouverture et la fermeture du manipulateur K, l'on reconnaît que la résistance X_1 est convenablement réglée.

Quand on introduisit pour la première fois cet appareil entre New-York et Buffalo, dont la distance est de près de 500 milles (environ 800 kilomètres), on observa un trouble considérable provenant des effets de l'induction latérale ou statique, phénomène qui n'avait jusqu'alors que peu attiré l'attention sur les lignes terrestres. Le courant de retour venant de la ligne n'étant pas compensé par un courant égal dans le second fil du relais, il se produisit une grande confusion. M. Stearns triompha de cette difficulté d'une manière très ingénieuse en employant le condensateur C formé de couches alternées de feuilles d'étain et de papier imprégné de paraffine, et disposées comme les feuillets d'un livre. Les feuilles métalliques étaient reliées alternativement les unes aux autres, de façon à former deux séries distinctes, isolées chacune l'une de l'autre, et dont l'une communiquait avec le fil 5, et l'autre avec la terre, ainsi que le montre la figure. Ce condensateur présentait une surface suffisante pour produire un effet d'induction précisément égal à celui de la ligne. M. Stearns, toutefois, a reconnu qu'il n'est pas absolument nécessaire d'employer des condensateurs pour les lignes d'une longueur ordinaire, c'est-à-dire de 250 à 300 milles (400 à 480 kilomètres); mais pour les longues lignes ils deviennent très-utiles, et leur adoption a toujours été suivie du succès le plus prompt. Entre New-York et Chicago, il y a une ligne en service tous les jours, avec un seul translateur à Buffalo, et depuis que des condensateurs ont été introduits, l'on n'a plus éprouvé aucune difficulté provenant des effets de l'induction.

Au lieu d'employer un relais de forme ordinaire muni de deux fils, on peut construire le relais différentiel avec l'intermédiaire de deux aimants égaux, disposés de façon à agir dans des directions opposées sur la même armature. En principe l'effet est exactement le même que dans l'autre cas; mais, suivant M. Stearns, il y a quelques considérations pratiques qui militent en faveur de la forme précédente, car avec ce dernier système les réglages rendus nécessaires par les variations de la résistance de la ligne, peuvent s'obtenir par le rapprochement ou l'éloignement de l'un des aimants de l'armature, au lieu de nécessiter le changement de la résistance du rhéostat X_1.

« L'appareil que nous venons de décrire, dit le *journal Télégraphique*, tome II, p. 160, se rapproche, comme on le voit, beaucoup plus que tout autre de celui de MM. Frischen et Siemens. L'amélioration introduite par M. Stearns, consiste à disposer l'appareil de transmission de telle sorte, que la communication avec la pile s'établisse en même temps ou même avant que la communication avec la terre soit interrompue, et à compenser la

résistance de la pile; ces dispositions ont pour résultat de donner, dans l'appareil de Stearns, aux résistances et par conséquent à la force du courant, une uniformité constante, ce qui était bien loin d'être obtenu avec le système de MM. Frischen et Siemens. L'on a également reconnu que la mise en jeu du frappeur d'émission par le manipulateur et l'emploi d'une pile locale étaient très-favorables à la manœuvre de l'appareil. Enfin, l'adjonction du condensateur a écarté le dernier obstacle qui pouvait s'opposer à la généralisation de l'usage des appareils à double transmission sur des lignes de toute longueur, et dans le cas où l'activité du trafic rend son adoption désirable.

« La compagnie de *Western-Union*, donne à l'emploi de l'appareil de M. Stearns une rapide extension, et dans très-peu de temps il desservira probablement le plus grand nombre de lignes directes appartenant à cette compagnie, car les résultats obtenus depuis quatre ans sur les lignes de la compagnie *Franklin*, en ont démontré toute l'importance pratique. Grâce à ce système, en effet, le travail de chaque ligne peut être presque doublé. »

Cette appréciation du *journal Télégraphique*, de Berne, a été combattue, comme on devait s'y attendre, par M. Zetzche, puisqu'en somme, sauf l'emploi du condensateur, ce système n'est que la reproduction avec quelques variantes du système de M. Vaez ; il le regarde même, précisément à cause de ces variantes, comme inférieur à celui de ce dernier inventeur, et son seul mérite, suivant lui, est l'adjonction du condensateur. Encore fait-il ses réserves à ce sujet : « car, dit-il, M. Stearns ne peut s'attribuer en » principe le mérite de l'application du condensateur à la télégraphie. Le » premier brevet pour ce genre d'application a été délivré à M. Isham » Baggs, le 22 mai 1858, et c'est M. Werner Siemens qui en a fait la per- » mière application pratique, sans avoir eu connaissance de l'idée de » Baggs; la preuve, c'est que M. Siemens était déjà, dès l'automne 1858, » parti avec l'expédition chargée de l'immersion du câble de la mer Rouge, » et cette même année 1858, il remplaça la terre à l'extrémité du câble sur » laquelle la transmission devait s'opérer par une grande bouteille de » Leyde (un morceau du câble destiné à prolonger la ligne jusqu'aux Indes), » et forma ainsi ce qu'il appela le *sac électrique*. »

Quant à nous, sans être aussi affirmatif que M. Zetzche, et aussi enthousiaste que le *journal Télégraphique*, de Berne, nous croyons que M. Stearns, quoique n'ayant, en somme, imaginé rien de bien nouveau, a rendu un véritable service à la télégraphie en sachant vaincre, par son opiniâtreté et des essais nombreux faits dans de bonnes conditions, les préjugés fâcheux

attachés dès l'origine à ce genre de transmission électrique. Cette invention, comme toutes celles qui se rattachent à la télégraphie, est une œuvre collective à laquelle chacun à apporté son contingent, et il est arrivé que quand cette œuvre a pu atteindre un assez grand degré de perfection, il a suffi d'un homme hardi et entreprenant pour la faire adopter. Or, M. Stearns a été précisément cet homme pour les transmissions simultanées.

Nous n'avons décrit qu'un seul des systèmes exposés par M. Stearns dans son brevet, mais il en mentionne plusieurs autres, et notamment un basé sur l'emploi d'une combinaison de circuits reproduisant un pont de Wheatstone. Nous avons décrit précédemment, p. 442, un système de ce genre, mais M. Zetzche fidèle à son principe de tout attribuer à l'Allemagne, rapporte cette disposition à M. Maron, de Berlin, qui, suivant lui, l'aurait imaginée en 1863. Dans le système de M. Stearns, les résistances qui se trouvent, des deux côtés du pont, placées entre la diagonale et la pile de ligne, sont égales, et naturellement la troisième résistance qui est celle de compensation est égalisée avec celle de la ligne. Pour compenser la variation éventuelle de la résistance de la ligne, M. Stearns recommande l'emploi d'un rhéostat dont le bras mobile soit relié avec le fil communiquant au pôle de la pile, et dont le mouvement permette de changer simultanément les deux premières résistances dans le même rapport que les deux dernières.

Les condensateurs employés dans le système à double transmission de M. Stearns, ont généralement une capacité électro-étatique de cinq microfarads, et sont composés de cinq plateaux réunies par l'intermédiaire d'un commutateur, afin de pouvoir en faire varier à volonté la puissance condensante. Ces cinq plateaux ont des capacités différentes et représentées, pour l'un par deux microfarads, pour un autre par un microfarad, pour un autre par la moitié d'un microfarad, pour un autre encore par un quart de microfarad; enfin le dernier a un huitième de microfarad.

La matière employée pour les surfaces inductrices de ces condensateurs est toujours de l'étain, et le diélectrique, du papier trempé dans de la paraffine de cire. Ce papier est de la même qualité que celui des billets de banque et a pour dimensions, 21c, 76 en longueur, 18c, 5 en largeur. Le papier d'étain dont l'épaisseur ne dépasse pas 14 millièmes de millimètre est un peu plus petit, et n'a que 18c, 4 en longueur, sur 15c, 24 en largeur. L'un des coins est coupé sur une longueur de 6 centimètres.

L'une des armures constituées par les feuilles d'étain est en rapport avec la ligne, l'autre est reliée à la terre, et le nombre des feuilles qui constituent cette dernière dépasse celui des autres feuilles d'une unité. Comme les

feuilles de papier ont deux coins coupés, il résulte de la superposition alternative de ces feuilles et des feuilles d'étain, tournées successivement dans un sens différent, que celles-ci peuvent se trouver réunies métalliquement par les coins non coupés, soit à droite, soit à gauche, suivant qu'elles appartiennent à l'armure de la ligne ou à l'armure de la terre.

Cette réunion est assurée au moyen de petits morceaux de cuivre étamé, qui sont eux-mêmes réunis par un fil, et qui communiquent, du moins d'un côté, avec un plateau servant d'enveloppe à l'appareil, lequel plateau est en métal très-poli. Quand les feuilles ont été disposées convenablement sur ce plateau, on le chauffe en dessous au moyen d'un appareil Bunsen ou d'un chauffeur à gaz, et on laisse écouler dans une rainure qu'il porte tout autour, l'excédent de la paraffine qui ressort de la pile de feuilles superposées. On soumet ensuite cette pile avec les deux plaques métalliques qui la recouvrent à une pression d'environ 450 kilogrammes, et, quand chaque pile est ainsi formée, chacune des plaques du plateau est en rapport à chaque bout avec une lame appartenant à l'armature de terre. Enfin le tout est consolidé par une couche de paraffine fondue dont on enduit les bords de la pile.

Généralement la surface condensante des condensateurs de un microfarad de capacité électro-statique est à peu près de 9, 86 pieds carrés.

Des expériences entreprises par M. Culley et plusieurs autres (1), montrent, qu'après une certaine limite, l'augmentation de la surface condensante des condensateurs employés pour les doubles transmissions, est sans effet sur les résultats obtenus; et, s'il faut en croire M. Marson, on peut obtenir les mêmes effets avec des condensateurs variant en capacité électro-statique de 2 à 5 microfarads. On a cherché à expliquer cette particularité par des réactions d'induction secondaires échangées entre les plateaux des condensateurs, mais M. Culley ne l'a pas reconnu dans ses expériences.

Système de M. C. Varley. — Ce système qui est basé sur les effets particuliers des condensateurs à grande surface, ne change en rien la disposition ordinaire des lignes télégraphiques établies dans le système Morse. On correspond donc, comme à l'ordinaire, et la transmission multiple s'effectue par l'addition, aux deux extrémités de la ligne, d'un ou de deux condensateurs qui permettent de superposer aux courants ordinaires traversant la ligne, des courants statiques qui agissent isolément sur des récepteurs spéciaux combinés en conséquence.

---

(1) Voir *le Télégraphic Journal*, tome II, p. 134.

Ces récepteurs sont auditifs et constitués par un électro-aimant droit dont le noyau assez petit, mobile dans sa bobine magnétisante, est influencé par un aimant persistant, et peut, par conséquent, vibrer assez rapidement sous l'influence de courants fréquemment interrompus. De plus, si cet électro-aimant est placé sur une caisse sonore, et si son noyau peut buter contre un timbre, il pourra fournir des sons brefs ou des sons composés de roulements, selon que le courant statique qui l'impressionnera sera court ou prolongé; ce qui permettra, par conséquent, l'usage de l'alphabet Morse pour la correspondance. Enfin, on comprend aisément que, si l'aimant agissant sur le noyau magnétique est placé différemment pour deux récepteurs du même genre, l'un de ces récepteurs sera impressionné par les courants dirigés dans un sens déterminé, l'autre par les courants contraires.

Cela posé, admettons qu'aux deux stations opposées, les armures homologues de deux condensateurs soient mises directement en rapport avec la ligne, et que les deux autres armures soient mises en rapport avec le levier basculant d'une clef Morse ordinaire, le contact de repos de ce levier étant en rapport avec le récepteur auditif que nous avons décrit : il arrivera que, par suite de la manœuvre de cette clef à l'un ou l'autre des postes, les deux condensateurs se trouveront chargés et déchargés successivement, comme dans les transmissions à travers les appareils sous marins, et, sous l'influence des flux repoussés, le récepteur auditif de la station opposée fonctionnera de manière à fournir la dépêche sans que la transmission avec l'appareil Morse en soit en aucune façon gênée, puisque les courants provoqués par les condensateurs ne peuvent passer à travers cet appareil. De plus, comme les deux charges provenant d'une pile sont solidaires l'une de l'autre, si au lieu d'un seul condensateur à chaque station, il y en a deux avec une disposition inverse de la pile par rapport à un second transmetteur qui correspondra au second condensateur, et avec une disposition inverse de l'aimant permanent sur les deux récepteurs auditifs, on pourra obtenir simultanément trois systèmes de correspondance. Il faudra avoir soin seulement que le courant des piles desservant les appareils auditifs soit fréquemment interrompu au moyen d'un rhéotome particulier. Celui qui a été adopté par M. Varley accomplissait 200 vibrations par seconde, et la pile qu'il employait pour obtenir ce résultat était composée de 40 éléments Daniell disposés en dix séries, de quatre éléments chacune.

Système de M. Wheatstone. — Le *Télégraphic journal*, dans son numéro de mars 1873, annonce que ce système a été mis en essai par M. Culley sur les lignes des télégraphes postaux desservies par le télégraphe Wheatstone, et que le service de ces lignes, grâce à ce système, a

été presque doublé. Ce journal donne les dispositions des communications électriques qui ont été alors établies entre les appareils; mais il ne décrit pas le système, de sorte qu'il est assez difficile de pouvoir s'en faire une idée bien nette. Tout ce que j'ai pu comprendre, à défaut d'autres renseignements que je n'ai pu obtenir, c'est qu'à chaque station existe, en outre des appareils déjà en fonction, un système rhéostatique composé de 5 bobines de résistance en rapport avec 5 boutons d'attache. Ces boutons d'attache communiquent séparément à chaque station, 1° avec celui des contacts du manipulateur magnéto-électrique qui ne correspond pas à la terre, 2° avec le fil de ligne, 3° avec le commutateur de l'alarme, 4° avec le récepteur, 5° avec la terre. De plus, la communication à la terre du transmetteur est effectuée dans un sens inverse aux deux stations. Quand tout est réglé convenablement, le récepteur de la station qui transmet ne fonctionne pas sous l'influence du courant envoyé par son transmetteur, comme cela a lieu dans les autres systèmes de ce genre, mais il suffit de rompre la communication à la terre des rhéostats, pour que la partie de l'appareil fournissant la double transmission soit mise hors du circuit, et alors les appareils fonctionnent dans les conditions ordinaires.

Système de M. Vianisi. — Le *Journal télégraphique* de Berne (tome II, p. 500) donne une description détaillée de ce système qui ne paraît pas avoir été expérimenté et sur lequel nous devrons en conséquence, glisser un peu rapidement. Voici, suivant l'auteur, le principe sur lequel est fondé ce système : « Si l'on place un pôle d'une pile en communication avec une ligne télégraphique et qu'on relie l'autre pôle de la même pile à celui de même nom d'une seconde pile, composée d'un plus petit nombre d'éléments en faisant communiquer l'autre pôle de cette seconde pile à l'électro aimant d'un récepteur relié à la terre, on annule le courant de la petite pile, et il ne reste que celui de la plus grande pile réduit à la différence des deux courants opposés. Ce reste de courant de la plus grande pile, en passant à travers la petite pile, peut avoir une intensité suffisante pour développer du magnétisme dans l'électro-aimant du récepteur qu'il doit traverser avant de se rendre à la terre; mais lorsqu'il y a un autre conducteur qui établit une communication entre le point où se relient ces deux pôles de même nom et la terre, on peut, en faisant varier la résistance de ce conducteur au moyen d'un rhéostat, partager le courant de la plus grande pile entre ces deux conducteurs, jusqu'à ce que le courant opposé de la plus petite soit nul, et que de même soit nul aussi celui de la plus grande pile dans la branche du circuit où ces deux courants sont opposés. De cette manière, il ne se développe aucune action dans le récepteur.

« Lorsqu'on oppose au courant de la plus grande pile d'un poste un autre courant du même nom et de force égale d'un poste correspondant, les courants des grandes piles seront nuls, ce qui n'arrivera pas aux courants des petites piles qui continueront à circuler indépendamment des autres, et ces derniers courants, en agissant sur les électro-aimants des récepteurs, feront marcher ceux-ci. On peut en même temps établir ou rompre les communications de la plus grande pile avec la ligne et celles du circuit de la plus petite pile au moyen d'un arrangement particulier du manipulateur. »

Conclusions. — Suivant M. Zetzche les nouveaux perfectionnements apportés aux appareils de transmission en sens opposé ne sont pas plus parfaits aujourd'hui qu'il y a 20 ans, et s'ils réussissent mieux aujourd'hui, il faut en rechercher la cause dans les conditions de l'installation des lignes et dans les nécessités du service qui forcent les administrations à se préoccuper davantage de la célérité de transmission des dépêches.

« La construction des lignes, dit-il, a été améliorée d'une manière notable pendant ces 20 dernières années. Quoique les dérivations d'une ligne n'entravent pas le fonctionnement des appareils à double transmission aussi longtemps qu'elles restent invariables, des changements brusques dans ces dérivations ou des passages intermittents de courants d'une ligne à une autre tendue sur le même parcours, nécessitent cependant un réglage répété des résistances de compensation, et augmentent ainsi sensiblement la difficulté de la transmission en sens contraire. Mais ce sont justement ces variations qui ont été considérablement diminuées par la meilleure isolation de nos lignes actuelles, et cette amélioration a naturellement une grande importance pour la réussite de la correspondance en sens contraire.

« En outre, le besoin d'une utilisation aussi complète que possible des lignes télégraphiques est aujourd'hui beaucoup plus urgent qu'auparavant. Tandis que l'appareil de transmission en sens opposé n'avait pu arriver dans l'origine à être appliqué utilement, parce qu'il est moins simple et que sa compréhension et sa manipulation supposent et exigent des connaissances plus approfondies et une plus grande attention, le personnel actuel dont l'aptitude et l'instruction générale ont considérablement progressé depuis lors, grâce à la pratique de l'appareil Hughes, des appareils automatiques, etc., doit trouver l'appareil de transmission en sens contraire assez simple pour ne pas en entraver l'introduction par sa répugnance, et assez attrayant pour la faciliter au contraire par ses bonnes dispositions.

« Enfin, diverses transformations qui se sont opérées pendant ce temps

dans le système d'exploitation des télégraphes sont aussi de nature à favoriser la vulgarisation de l'appareil de transmission en sens opposé. On ne cherche plus, par exemple, à faire transmettre directement à la station d'arrivée chaque télégramme par la station de départ, en les mettant en communication, sans intermédiaires, aux plus grandes distances possibles ; mais on donne, une fois pour toutes, l'instruction à certains bureaux, séparés les uns des autres par des distances convenables, de recevoir tous les télégrammes qui leur parviennent. Or, pour la transmission en sens opposé, ainsi que pour la transmission par l'appareil Hughes, le changement fréquent des stations qui correspondent ensemble est une cause d'embarras et de retards, par suite de la nécessité de changer les résistances de compensation, tandis qu'une communication permanente entre les mêmes stations contribue au contraire pour beaucoup à les faciliter. En outre, la faculté d'interrompre immédiatement, à un instant donné, l'émission des signaux (ce qui ne peut avoir lieu avec la transmission en sens opposé) ne paraît plus présenter, dans les conditions actuelles du service télégraphique, un avantage essentiel ni même bien appréciable.

« L'amélioration des lignes, la meilleure instruction et l'aptitude plus grande du personnel, le tout joint à la nécessité urgente d'utiliser autant que possible les lignes télégraphiques, telles sont donc les principales causes qui ont fait attacher au système de transmission en sens opposé dont l'invention et l'application pratique datent déjà de 20 ans, tout l'intérêt et le prix qui lui sont dus, et la justice ainsi que la vérité historique exigent que l'on ne méconnaisse point à cet égard les mérites des premiers inventeurs. »

Suivant M. J. W. Hagers, inspecteur des télégraphes à Rotterdam, l'une des principales causes pour lesquelles les anciens systèmes n'ont pas donné des résultats assez satisfaisants pour qu'on s'y soit arrêté, serait l'état du relais du bureau qui transmet au moment de la suspension du manipulateur de l'autre bureau. « On sait, dit-il, que ce relais doit à ce moment être à l'état neutre ; cependant la force du courant dans la partie du relais qui est reliée à la ligne ne sera que la moitié de la force du courant dans l'autre partie du relais et c'est là où est le défaut. Il est clair que le relais doit être réglé de manière que cette différence des deux courants ne puisse pas le faire agir. On pourra remplir cette condition quand le fil est bien isolé, mais quand il y a des pertes sur ce fil, ce n'est plus le cas. On sera alors forcé de régler le relais par des courants plus faibles, et ainsi la différence susdite peut acquérir assez de force relative pour faire parler le relais. »

M. Hagers croit d'ailleurs que les autres raisons mentionnées précédem-

ment ont également contribué pour une part assez notable aux résultats défavorables qui ont été obtenus ; mais il pense que c'est au système d'exploitation télégraphique usité en Amérique et en Angleterre que le système de M. Stearns doit surtout son succès (voir le *Journal télégraphique* de Berne, tome II, p. 498.)

II. Transmissions simultanées dans une même direction.

Le problème des transmissions simultanées au moyen de courants dans une même direction s'applique essentiellement à des transmissions effectuées simultanément à partir d'un même poste pour fournir des dépêches différentes sur plusieurs récepteurs établis sur des lignes différentes. Il a pu être résolu, soit par l'envoi de courants de différente puissance, soit en mettant à contribution les instants d'inaction des lignes pendant les transmissions ordinaires. Le premier système dont les types les plus connus sont ceux de MM. Duncker, Starcke et Wartmann est plutôt théorique que pratique, mais le second, grâce aux ingénieuses dispositions de M. Meyer, a pu fournir les résultats les plus avantageux.

Système de M. Duncker. — Dans le système de M. Duncker, les dépêches sont d'abord expédiées par des manipulateurs en communication avec des piles de force régulièrement croissante, comme les chiffres 1, 2, 3, 4, etc ; puis on établit à la station de réception, avant le relais des récepteurs, un appareil auquel M. Duncker donne le nom de *distributeur*. Nous représentons p. 472 cet appareil.

Cet appareil consiste dans une série de marteaux de fer doux, *a*, *b*, *c* (fig. 166 et 168), en nombre égal à celui des stations avec lesquelles on doit correspondre, et qui sont interposés entre les pôles d'un électro-aimant E, de manière à pouvoir subir de leur part une double réaction en sens contraire. Ces marteaux sont fixés à l'extrémité de tiges articulées oscillant entre deux appendices à ressort *e* et *d*, lesquels sont mis en relation, du moins pour le marteau *a*, l'un *e* avec la terre, l'autre *d* avec le relais correspondant. Des ressorts antagonistes et des butoirs d'arrêt rappellent ces marteaux dans une position fixe, mais la tension des ressorts est différente pour chaque marteau, et se trouve mise en rapport avec les forces croissantes des piles différentes appelées à réagir sur le distributeur. Il résulte de cette disposition que, si le fil de l'électro-aimant communique avec le fil de ligne et la tige de ces marteaux, ceux-ci pourront être attirés, mais dans des conditions différentes et dépendantes de l'énergie de la force électrique transmise. Ainsi *a* pourra être attiré lorsque la force de la pile électrique

sera représentée par 1, tandis que *b* ne pourra l'être que quand cette force électrique sera représentée par 2. Dans tous les cas, par suite d'une disposition particulière que nous indiquerons, il n'y aura jamais qu'un marteau d'attiré à la fois, et la tige de ce marteau, en réagissant sur l'appendice *d*, opérera les liaisons métalliques nécessaires pour la transmission simultanée. Comment cette tige pourra-t-elle atteindre cet appendice alors que le courant qui anime l'électro-aimant E aura cessé de circuler par suite de l'écar-

Fig. 166. Fig. 167. Fig. 168.

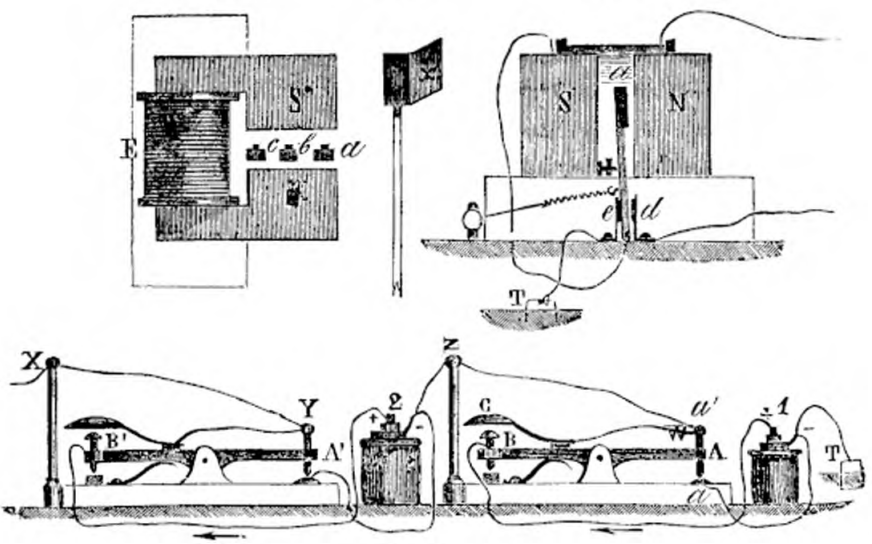


Fig. 169.

tement du marteau de sa position initiale? C'est ce que l'on comprendra facilement si l'on considère que l'appendice *d* est très-rapproché de la tige des marteaux, et que l'appendice *e* accompagnant celle-ci dans une partie de sa course lui permet d'acquérir une quantité de mouvement suffisante pour vaincre la solution de continuité entre *e* et *d*.

Quant aux liaisons métalliques que doivent établir les tiges des marteaux *a*, *b*, *c*, etc., elles sont assez complexes, et nous ne les considérerons que pour trois marteaux seulement. Elles peuvent d'abord mettre la ligne en rapport avec le relais de la station où se trouve le distributeur, mais il faut pour cela qu'un commutateur particulier avec lequel les appendices *d* sont en relation permette leur liaison avec ce relais; autrement, en temps ordinaire, l'appendice *d* du marteau *a* correspondrait seul à ce relais, tandis que l'appendice *d* du marteau *b* correspondrait au fil de ligne, et l'appendice *d* du marteau *c* à la fois au fil de ligne et au relais. Sur cette dernière communi-

cation est interposée une bobine de résistance dont l'utilité sera expliquée plus tard.

Quand le courant envoyé représente une force électrique faible, on comprend facilement qu'il n'y aura d'attiré, par l'électro-aimant E, que le marteau dont la résistance à l'action électro-magnétique sera en rapport avec la force électrique transmise. Mais quand ce courant est assez fort pour vaincre une beaucoup plus grande résistance, deux ou plusieurs marteaux peuvent être attirés à la fois. Or, nous avons vu qu'il était nécessaire qu'il n'y en eût jamais qu'un seul de suffisamment attiré pour réagir sur les appendices *d*. Pour obtenir cet effet, M. Duncker avait pensé d'abord à adapter à ces marteaux un petit volet *x*, fig. 167, placé du côté du marteau voisin le moins résistant, et devant s'interposer entre l'électro-aimant et ce dernier marteau ; mais pour des raisons sur lesquelles nous ne nous étendrons pas, M. Duncker a supprimé ces volets, et c'est un rhéotome combiné avec des piles locales *ad hoc* qui intervient pour arrêter ces marteaux en temps convenable. Nous ne nous arrêterons pas à ce système rhéotomique, car il peut être considérablement simplifié; toujours est-il que par un moyen ou par un autre le problème peut être facilement résolu.

Pour terminer avec ce distributeur, il nous reste à expliquer les raisons de la disposition des marteaux entre les deux pôles de l'électro-aimant E. Si on a bien saisi la description précédente, on aura pu comprendre que toute la régularité du jeu du distributeur dépend du rapport exact existant entre l'intensité des courants transmis et la résistance des marteaux à l'action magnétique. Or, nous savons qu'une intensité électrique d'une valeur constante est impossible à obtenir. Si les marteaux n'avaient eu pour régler leur résistance que leurs ressorts antagonistes, l'appareil en question n'aurait donc jamais pu fonctionner d'une manière régulière. Mais par la disposition des marteaux entre les pôles de l'électro-aimant E, il n'en est plus ainsi ; car deux réactions contraires sont exercées sur eux. Il est vrai que, par suite du plus grand rapprochement des marteaux du pôle N, l'action de ce pôle est prépondérante; mais la réaction du pôle S n'en intervient pas moins, et cette intervention s'effectue dans le sens des ressorts antagonistes. Si donc la force électrique destinée à agir sur le marteau *b*, je suppose, est plus forte que celle qui aurait dû lui correspondre d'après le réglage de son ressort antagoniste, la force contraire, venant en aide à ce ressort, est aussi plus forte, et l'irrégularité se trouve corrigée. Si, au contraire, la force électrique est trop faible, la force antagoniste devient plus faible, et la cause d'irrégularité se trouve détruite. Ce système est, comme

on le voit, très-ingénieux et peut être appliqué d'une manière très-avantageuse aux relais pour éviter le réglage des ressorts antagonistes.

Au moyen du distributeur que nous venons de décrire, une station intermédiaire peut donc, sans préjudice des autres avantages que nous allons étudier, recevoir directement une dépêche de diverses stations et savoir par le numéro d'ordre du marteau mis en action celle de ces stations qui a parlé; car les piles de ces diverses stations peuvent être combinées par rapport aux diverses résistances de la ligne, de manière à réagir isolément sur les différents marteaux de l'appareil. Nous allons voir à l'instant que ce même système permet la transmission simultanée de deux dépêches. Mais auparavant il est essentiel d'étudier la forme du manipulateur que M. Duncker a combiné à cet effet.

La fig. 169 représente deux manipulateurs de ce genre, et ces manipulateurs ayant chacun leur pile doivent être en nombre égal à celui des stations avec lesquelles on veut correspondre simultanément. AB est un levier-clef de Morse dont l'extrémité B porte une vis-butoir isolée communiquant au pôle positif de la pile correspondante, et dont l'extrémité A se termine par une tige a, a', appuyant à l'état ordinaire contre un butoir métallique a en rapport avec le pôle négatif de la même pile. Au-dessus de la vis B se trouve une touche à ressort C, reliée par un fil à la tige aa', laquelle est reliée elle-même au second manipulateur et à la pile de ce manipulateur, comme on le voit sur la figure. Du reste, pour un plus grand nombre de manipulateurs, les liaisons métalliques seraient les mêmes, et c'est en X qu'aboutit toujours le fil de ligne.

La marche du courant dans ces appareils se comprend aisément. Quand ils sont à l'état de repos, le fil de ligne est en relation directe avec les récepteurs et la terre par le circuit X Y Z W T, qui se trouve alors complet. Le récepteur interposé entre T et W peut donc recevoir les dépêches. Si on abaisse la clef AB au moyen de la touche C, le pôle positif de la pile n° 1 arrive en W par le contact de C avec B, et le courant suit le circuit W Z Y X, entre dans la ligne et revient à la pile par T; il réagit sur celui des distributeurs des stations échelonnés sur cette ligne, dont la résistance des marteaux est en rapport avec sa tension. Ce sera, je suppose, celui de la station B, et ce sera le marteau a, fig. 166, qui sera mis en jeu. Supposons maintenant que la clef AB soit revenue à son état normal, et que la clef A' B' soit abaissée, le courant de la pile n° 2 (deux fois plus forte que celle n° 1) ira de Y en X, et de là par le fil de ligne au distributeur de la station B, où il provoquera l'abaissement du marteau b; comme ce marteau établit la communication directe avec la station suivante C, le courant réagira sur le

relais de cette station, sans exercer aucun effet sur celui de la station B, attendu que l'abaissement du marteau *b* a empêché le marteau *a* de fonctionner. Quand donc les deux clefs agiront séparément, les deux stations B et C pourront recevoir des signaux différents sans aucun dérangement. Voyons maintenant ce qui arrivera quand les deux clefs fonctionneront en même temps : le courant envoyé résultera alors des deux piles 1 et 2 réunies en tension, car il suivra le circuit suivant : + (de la pile 1) WZ — (de la pile 2) + (de cette même pile) YX fil de ligne T et — (de la pile 1) ; il aura donc pour effet de faire fonctionner le marteau *c* du distributeur de la station B. Mais ce marteau n'ayant pour effet que d'établir une dérivation du circuit sur le relais de la station B, une partie du courant ira en B, l'autre en C ; et si une résistance convenable est interposée dans la dérivation, les relais des stations B et C fonctionneront comme s'ils recevaient également le courant qui les avait mis en jeu, alors que les manipulateurs avaient fonctionné séparément. Ainsi quels que soient les mouvements exécutés en même temps par l'un ou par l'autre des manipulateurs, les réactions électriques produites ne peuvent se détruire réciproquement et arrivent forcément à leur destination.

Nous n'avons jusqu'ici raisonné que pour deux manipulateurs, mais il est facile de comprendre qu'il en serait de même pour 3, 4, 5 ; seulement les marteaux des distributeurs seraient plus nombreux, et les réactions produites seraient plus compliquées, pour se prêter aux combinaisons qui pourraient résulter des accouplements de piles plus nombreuses.

Système de M. Starcke. — Le système de M. Starcke est fondé sur le même principe que celui de M. Duncker, car il emploie également des manipulateurs ou clefs en nombre égal à celui des stations, des piles de tension différente et des relais dont les armatures sont inégalement résistantes à l'action électro-magnétique.

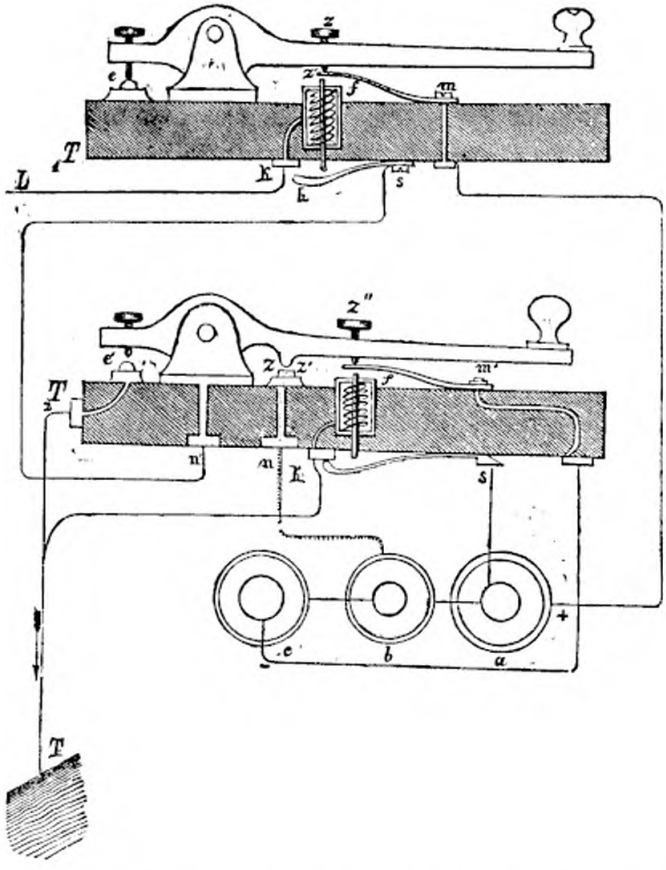
La disposition du système est indiquée, fig. 170, et dans les expériences faites à Vienne en 1857, les stations desservies par le bureau de Vienne étaient Trieste et Graetz. Le but que se proposait M. Starcke était de faire réagir les récepteurs de ces deux stations isolément ou simultanément en n'employant qu'un seul fil.

Au poste expéditeur, c'est-à-dire à Vienne, étaient placées deux clefs Morse disposées comme on le voit fig. 170, c'est-à dire renfermant un second contact de travail disposé en rhéotome disjoncteur. Dans l'une de ces clefs T_1 le contact ordinaire du travail et celui du repos n'avaient aucune fonction électrique à remplir, et la pile était divisée de manière à constituer trois groupes de force différente et proportionnée aux distances de Graetz et de Trieste. L'un *a* correspondait à Graetz ; l'autre, composé

des deux groupes *c* et *b*, correspondait à Trieste, et l'ensemble de ces trois groupes pouvait faire réagir simultanément les deux stations.

Pour peu qu'on suive la marche des courants sur la figure 170, on com-

Fig. 170.



prendra aisément, qu'en faisant fonctionner seul le manipulateur supérieur T_1, le courant positif de la pile *a* était transmis à Graetz par le ressort *fm*, le rhéotome disjoncteur *zk*, la ligne L et revenait au pôle négatif de la pile *a* par la terre et le ressort *ks* du 2e manipulateur T_2. En manœuvrant seul ce dernier, le courant positif de la pile *bc* se trouvait transmis à Trieste par le contact de travail *zz'*, le levier de la clef et son support, le ressort *sh* et la lame *k* du premier appareil, enfin par la ligne L. Puis il revenait au pôle négatif de la pile *cb* par la terre, le rhéotome disjoncteur *kf* du second appareil et le ressort *fm'*. Enfin en manœuvrant simultanément les deux clefs, le courant de la pile entière traversait la ligne en passant par le ressort

fm de la première clef, le rhéotome disjoncteur $z\,k$, et revenait à la pile par la terre et les mêmes organes de la seconde clef.

Pour éviter toute confusion dans la réception des signaux, M. Starcke employait à la station intermédiaire de Graetz trois relais, un pour cette station, un autre pour la station de Trieste et un troisième pour les deux stations réunies Les deux derniers remplissaient donc les fonctions de translateurs, et le troisième n'agissait que sous l'action du courant que l'on obtenait en pressant simultanément sur les deux manipulateurs. Ce dernier n'avait donc par le fait qu'à faire fonctionner les deux autres relais, et tout le succès de l'opération dépendait, comme on le voit, de la différence d'intensité des courants, différence qu'on assurait au moyen d'un régulateur, et qu'on vérifiait au moyen d'un galvanomètre. Il fallait seulement que les relais fussent bien réglés pour ne fonctionner que sous l'influence électrique qui leur était attribuée. C'était une opération très-délicate et qui demandait des employés attentifs et habiles. Aussi ce système est-il plutôt théorique que pratique.

Système de M. Wartmann. — Le système de M. Wartmann réalise le même problème que celui que s'étaient proposés MM. Duncker et Starcke.

Pour transmettre simultanément un nombre quelconque de dépêches, le poste expéditionnaire doit être pourvu d'autant de manipulateurs qu'il y a de dépêches à envoyer. Les manipulateurs sont indépendants les uns des autres, et peuvent fonctionner, soit isolément, soit plusieurs à la fois.

Le premier manipulateur lance sur la ligne le courant d'une pile formée d'un nombre d'éléments a ; le second ferme le circuit d'une pile d'un nombre plus grand d'éléments, b, par exemple, b étant au moins égal à $2\,a$. La troisième clef ferme le circuit d'une pile d'un nombre c d'éléments, c étant au moins égal à $4\,a$, et ainsi de suite. Les manipulateurs sont disposés de telle manière, que les leviers de deux quelconques d'entre eux étant abaissés, les piles auxquelles ils correspondent s'ajoutent en tension.

Le poste de réception doit contenir autant de relais qu'on peut établir de *combinaisons* avec les manipulateurs ; ces relais, placés tous dans le même circuit que la ligne, commandent autant d'appareils à signaux qu'il y a de dépêches à recevoir.

Ainsi, pour transmettre m dépêches simultanément, il faut, à chacune des stations, m piles, m manipulateurs, et un récepteur composé de m appareils à signaux et $(2m\text{-}1)$ relais.

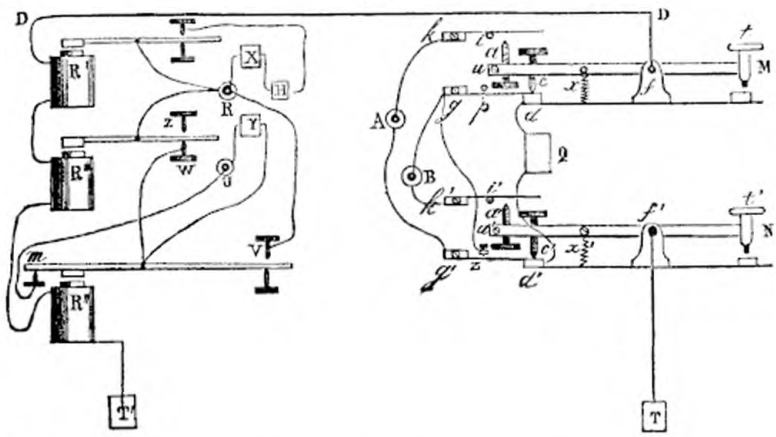
Nous allons nous borner à examiner en détail le cas où le nombre des dépêches à envoyer simultanément est de deux ; c'est, du reste, le seul que M. Wartmann regarde comme matériellement applicable.

La figure 171 ci-dessous montre deux stations S et S' réunies par un fil conducteur DD. Pour la première, on a représenté les deux manipulateurs M et N et les deux piles de la ligne A et B ; le récepteur Q est seulement indiqué.

Pour la seconde station, on a supprimé les deux manipulateurs, et l'on ne voit que le récepteur, composé de trois relais, R', R'' et R''', les deux appareils à signaux X et Y, et les deux piles locales R et U.

Le levier du manipulateur M, dont l'extrémité est terminée par deux vis

Fig. 171.



platinées *a* et *c*, pivote autour du point *f* situé au tiers de sa longueur, à partir de la poignée *t*. La pression de la main sur cette poignée donne au levier un mouvement, dont la rapidité est à son maximum au bout d'un instant très-court, avant qu'il ait dépassé le milieu de sa course. Le levier M appuie sur le ressort *g* qu'il déprime sur l'enclume *d*, et ce ressort accompagne la vis *c* jusqu'à ce qu'il soit arrêté par le butoir *p*, quand le levier possède sa plus grande vitesse. Alors la vis *a* soulève le ressort *k*. La distance des extrémités de contact des vis *a* et *c* est réglée de telle sorte, qu'elle équivaut à peu près à celle que les butoirs maintiennent entre les ressorts.

Ainsi, le circuit n'est ouvert que pendant une fraction de seconde si petite, qu'elle ne permet pas même le retrait de l'armature d'un relais récepteur mis au point de sa plus grande sensibilité. Pour qu'au retour du levier la même condition se représente, il faut donner une tension suffisante au ressort *x* qui le ramène.

L'autre levier N est semblable à M, sauf le remplacement du butoir inférieur isolant *p* par une vis d'arrêt métallique *z*, nécessaire comme conducteur dans le cas où les deux piles sont en activité. Les ressorts *k*, *g*, *k' g'*, et

les butoirs i, p, i' et z sont fixés contre une paroi métallique verticale dont ils sont isolés.

En suivant les communications sur la figure, on voit que, lorsque les deux manipulateurs sont au repos, le courant de la ligne peut arriver au récepteur Q et se rendre à la terre après l'avoir traversé; si le levier M est abaissé, le courant de la pile A passe seul sur la ligne; si, au contraire, le levier N est abaissé, c'est le courant de la pile B qui est envoyé; enfin, quand les deux leviers sont abaissés ensemble, le courant est produit par les deux piles, dont les pôles contraires sont réunis.

La pile B est composée de deux fois autant d'éléments que la pile A, de sorte que, si l'on désigne par I le courant obtenu dans le premier cas de la transmission, il sera 2 I dans le second et 3 I dans le troisième.

Les trois relais R', R'', R''' du récepteur, sont tous dans le circuit; ils sont réglés de telle sorte que l'armature de R''' ne peut être attirée que par un courant d'intensité égale au moins à celle que donnent les deux piles réunies ou 3 I, celle de R'', par un courant d'intensité égale à 2 I, et enfin celle de R', par le courant I.

Lorsqu'on transmet à l'aide du premier manipulateur, le relais R' marche seul, ferme le circuit de la pile R, et fait fonctionner l'appareil écrivant X.

Si l'on abaisse le levier du second manipulateur, les armatures des relais R' et R'' sont attirées, mais la pile R est enlevée du circuit de l'appareil X avant qu'il ait eu le temps de donner le signal. Pour obtenir ce résultat, M. Wartmann prolonge la tige de l'armature du relais R'', de manière qu'elle vienne toucher le bouton V avant que l'armature de R' ait fermé le circuit de la pile locale; ce qui est toujours possible, bien que le mouvement de l'armature de R soit un peu plus rapide que celui de l'armature de R'', dont la sensibilité est moindre.

Par suite de ce contact, le circuit de la pile R se trouve fermé directement par l'intermédiaire des leviers de R''' et de R'', et des boutons W et V; le courant ne passe donc plus dans l'appareil X. Le circuit de la pile locale U se complète d'ailleurs à travers l'appareil Y par le prolongement m de l'armature du levier R'' et un bouton métallique placé en face.

Lorsque le courant 3 I parcourt le récepteur, les trois armatures de R', R'' et R''', sont attirées, et les deux circuits des piles locales sont fermés à travers les appareils X et Y, la pile R étant rendue active par suite de la séparation de la tige du levier de R''' et de la vis W.

On peut reconnaître qu'en passant d'une position des manipulateurs à l'autre, la transition s'opère tout naturellement dans les récepteurs, à part la rupture du circuit aux manipulateurs, rupture que M. Wartmann a rendue assez courte pour être sans influence.

M. Wartmann indique encore une autre disposition qui consiste à supprimer un des relais, et à rendre la tige de l'armature assez flexible pour toucher une vis sous l'influence d'un courant plus intense que celui qui produit l'attraction ordinaire; mais celle que nous venons d'indiquer nous paraît préférable.

L'appareil de M. Wartmann a été essayé au bureau télégraphique de Genève par M. Berzin, chef de ce bureau, et l'on a pu transmettre simultanément deux dépêches en signaux Morse, distinctes et lisibles.

Le procédé de transmission de plusieurs dépêches dans une même direction peut se combiner, comme l'a fait observer M. Wartmann, avec celui de la transmission simultanée en sens opposé. Il suffirait, pour réaliser cette double transmission, de placer le récepteur Q sur le parcours du fil de la ligne, et de disposer autour de chacun des électro-aimants dont se compose ce récepteur, deux fils enroulés en sens contraire, l'un d'eux étant destiné à recevoir un courant local pour paralyser celui qui est envoyé sur la ligne.

On pourrait ainsi arriver à transmettre par un seul fil quatre dépêches en même temps, deux allant dans un sens et deux en sens contraire; et en étendant la combinaison proposée par M. Wartmann à plus de deux appareils, on aurait la solution la plus générale de la transmission simultanée; mais il est difficile d'y voir autre chose que la solution théorique d'un problème intéressant et sans application possible dans la pratique.

III. Transmissions multiples alternées.

La troisième catégorie des télégraphes à transmissions multiples qui nous reste à étudier se rapporte aux transmissions dans lesquelles on utilise à la marche d'appareils différents les intervalles de temps pendant lesquels une ligne télégraphique n'est sillonnée par aucun courant. Pendant ces intervalles, chaque appareil est donc en possession de la ligne, comme s'il était seul à l'utiliser.

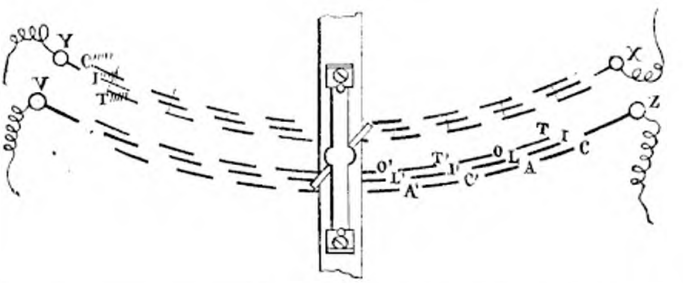
Système de M. Rouvier. — Pour pouvoir utiliser les intervalles des émissions de courants produites pour l'envoi d'une dépêche à la transmission d'une autre dépêche, M. Rouvier admet en principe qu'il faut : 1° imprimer aux appareils destinés à réaliser cet effet aux deux extrémités de la ligne, deux mouvements parallèles identiques; 2° subordonner à ces mouvements le jeu des manipulateurs.

Pour résoudre le premier problème, M. Rouvier a recours à un moyen analogue à celui que M. Caselli a employé pour son télégraphe autographique. Il prend deux pendules de même longueur, de même forme, de

même poids, et charge l'électricité d'entretenir leurs mouvements, une fois abandonnés à eux-mêmes, et de régler leur marche de telle manière que, s'écartant également de la verticale, ils abandonnent leur position extrême précisément au même instant. Il arrive à ce résultat par un moyen analogue à celui de M. Caselli, mais beaucoup moins sûr.

Pour résoudre la seconde partie du problème, M. Rouvier adapte au pendule deux petits leviers destinés à réagir comme frotteurs, et qui se trouvent mis alternativement en action, à chaque demi-oscillation du pendule, par l'intermédiaire d'une bascule adaptée également à l'axe de celui-ci et qui conserve une position différente suivant que le pendule se meut de gauche à droite ou de droite à gauche. Cette bascule sert en même temps de conjoncteur de courant pour animer les électro-aimants destinés à l'en-

Fig. 172.



tretien du mouvement du pendule, absolument comme dans le système de M. Caselli.

En face des leviers dont nous venons de parler, et placées sur deux circonférences concentriques, sont adaptées huit séries de lames métalliques isolées, disposées par groupes de trois et en retrait les unes sur les autres, comme dans la figure 172, ci-dessus.

Les lames d'une même série n'ont entre elles aucune communication; mais, par suite de leur disposition, il arrive forcément que le frotteur du pendule ne peut quitter une série pour glisser sur la suivante que lorsqu'il a déjà eu un contact avec celle-ci. D'un autre côté, ces lames communiquent d'une série à l'autre suivant le numéro d'ordre des groupes par rapport à la verticale.

Ces différentes lames sont reliées métalliquement à deux systèmes de claviers destinés à réagir sur deux récepteurs Morse différents, et leur liaison avec ces claviers, composés chacun de huit touches, est faite de telle manière que l'un des claviers correspond aux groupes pairs et l'autre aux groupes impairs.

Avec cette disposition, il suffit, au commencement d'une oscillation du pendule, de toucher, soit isolément, soit collectivement, par deux, par trois ou par quatre, etc., les différentes touches de l'un ou l'autre des claviers, pour transmettre les différentes lettres de l'alphabet sur le récepteur correspondant ; et, comme la réaction du frotteur conduit par le pendule ne s'opère pas en même temps sur les touches paires et sur les touches impaires, les deux claviers peuvent être touchés en même temps par deux expéditeurs et fournir des dépêches différentes sur les deux récepteurs, pourvu que l'abaissement des touches correspondant à telle ou telle lettre soit prolongé sur les deux claviers tout le temps de l'oscillation entière du pendule.

Afin d'éviter à l'employé la recherche des combinaisons de touches nécessaires pour la transmission des différentes lettres, M. Rouvier a disposé un système de transmetteur à clavier et à lettres, qui fournit immédiatement cette combinaison, par l'effet de l'abaissement de celle des touches qui correspond à la lettre que l'on veut transmettre. De cette manière, la corrélation du temps de transmission des signaux avec les mouvements du pendule est plus facile, et la manœuvre de l'appareil plus aisée.

L'idée de la transmission, par un manipulateur à huit touches, de tous les signaux Morse correspondant aux différentes lettres de l'alphabet, étant nouvelle et ingénieuse, nous croyons devoir entrer dans quelques détails à ce sujet.

Les lames métalliques rencontrées par le frotteur du pendule sont, comme on l'a vu, au nombre de trois pour chaque groupe et sont en retrait l'une sur l'autre. Si l'on considère deux touches contiguës d'un même clavier comme représentant un système particulier dont l'une des touches est solidaire de l'autre électriquement, et qu'on suppose ces deux touches reliées aux lames consécutives C et I, par exemple, on comprendra qu'il pourra arriver, quand on abaissera la touche *indépendante*, que la pile sera mise à la fois en rapport avec les deux plaques précédentes, et alors il se produira, au moment du passage du frotteur pendulaire, deux fermetures de courant qui se succéderont, il est vrai, mais sans interruption, et qui pourront fournir le trait sur le récepteur. Si on abaisse à la fois les deux touches, la communication de l'une des plaques précédentes avec la pile sera coupée, et on n'obtiendra qu'une fermeture de courant correspondant à l'autre plaque, qui ne fournira sur le récepteur que le point. Ainsi, en abaissant l'une des deux touches, on obtient le trait, et en abaissant les deux à la fois on a le point.

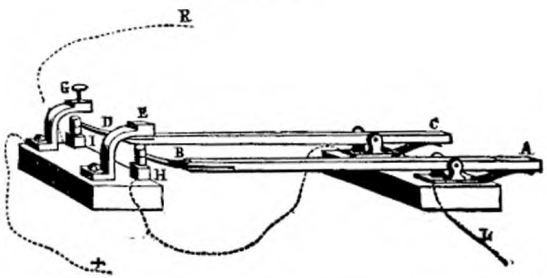
On conçoit facilement que le même effet se reproduisant avec le second

système de doubles touches du manipulateur, on pourra, par l'abaissement des touches 1 et 3, obtenir deux traits, et par l'abaissement des quatre touches, deux points ; de sorte que toutes les combinaisons binaires de points et de traits entrant dans l'alphabet Morse pourront déjà être reproduites avec les quatre premières touches du manipulateur. Par des raisons analogues, les combinaisons ternaires et quaternaires pourront être fournies par les quatre dernières touches combinées avec les quatre premières.

La figure 173 ci-dessous montre comment les deux touches de chaque système doivent être disposées pour produire l'effet dont nous venons de parler.

La touche C communique aux plaques C et C'''' (fig. 172) de l'appareil pendulaire, la touche A aux plaques I et I'''' du même appareil ; le contact I (fig. 173), sur lequel repose le ressort de la tige C, correspond au récepteur,

Fig. 173.



tandis que celui H, sur lequel appuie le ressort de A, communique à la touche C. Enfin, le butoir G est en relation avec le pôle positif de la pile, et le frotteur du pendule avec le fil de ligne. La touche C est celle que nous avons appelée *indépendante*. Quand on l'abaisse, le courant de la pile passe de G en C, de C en C et C'''' (fig. 172), et par A et L (fig. 173) arrive à I et I'''' (fig. 172) ; d'où résulte la double fermeture du courant produisant le trait. Quand on abaisse A et C (fig. 173) à la fois, le circuit entre I, I'''' et C est coupé, et le courant de la pile ne peut plus rejoindre les plaques I et I''''.

On comprend aisément que c'est pour ne pas trop rapprocher les seize groupes de plaques les unes des autres qu'on les a disposées sur deux rangées.

La disposition du transmetteur à clavier et à lettres est assez simple avec ce système ; car il suffit de placer en croix, sous les huit touches dont nous venons de parler et qui peuvent être alors très-longues et très-effilées, les

vingt-huit touches correspondant aux vingt-six lettres de l'alphabet, aux blancs et à l'attaque, et de munir ces touches d'un nombre de chevilles nécessaire pour soulever à la fois celles des huit touches qui doivent fournir les différentes lettres.

Il nous reste maintenant à indiquer le rôle des troisièmes lames O et T (fig. 172) de chaque groupe du commutateur. Ces lames n'ont qu'un rôle passif et ne sont nullement nécessaires pour les transmissions; elles ne servent qu'à mettre la ligne en communication avec la terre après chaque émission de courant, et, par conséquent, à décharger la ligne.

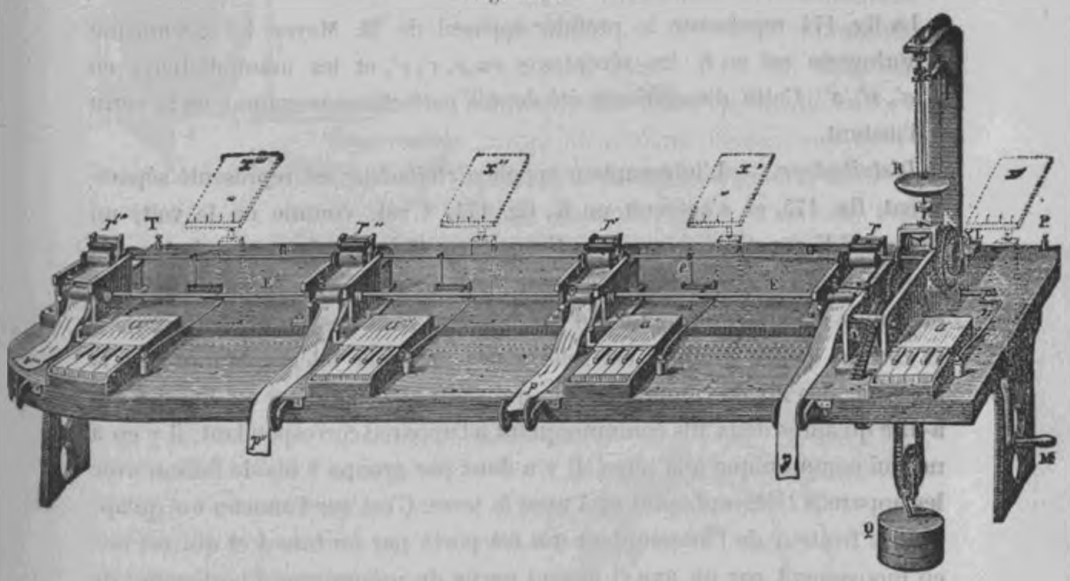
M. Rouvier, dans un mémoire très-intéressant qu'il a publié sur son système dans les *Annales télégraphiques*, tome III, page 5, entre dans de longs détails sur la manière de disposer ses appareils pour la translation; mais nous ne le suivrons pas dans ces détails, qui n'ont qu'un intérêt très-secondaire.

Système de M. Meyer. — Le système que nous venons de décrire, bien que très-ingénieux et très-étudié par son auteur, ne pouvait avoir cependant une application pratique, en raison de la difficulté de l'établissement du synchronisme, entre deux appareils en correspondance, avec des pendules obligés de fournir directement des contacts doubles et successifs résultant de frottements forcément inégaux. M. Meyer, en faisant effectuer ces contacts par des mécanismes d'horlogerie dont il devenait possible de régler le synchronisme de marche, a pu non-seulement rendre tout à fait pratique l'idée de M. Rouvier, mais encore faire fonctionner six appareils au lieu de deux. Aujourd'hui ce système n'est plus dans la période des essais, il est employé sur plusieurs lignes françaises et étrangères, et on en est de plus en plus satisfait. Nous ne serions pas étonné qu'il remplaçât un jour tous les systèmes jusqu'ici employés, car, outre sa facilité de manipulation, il est avec l'automatique de M. Wheatstone celui de tous les télégraphes jusqu'à présent mis en usage, qui peut débiter le plus de dépêches dans un temps donné à travers un même fil. On prétend même que quand les appareils seront disposés pour 6 transmissions, il débitera plus de dépêches que celui de M. Wheatstone. Quoiqu'il en soit, voici en quoi consiste cet ingénieux appareil.

Qu'on imagine, aux deux stations en correspondance, quatre ou six appareils récepteurs Morse mis en mouvement par un même mécanisme d'horlogerie, dont le mouvement pourra être réglé de manière à obtenir un synchronisme parfait dans la marche des appareils aux deux stations. Qu'on imagine encore ce mécanisme disposé de manière à faire tourner, aux deux stations, un système interrupteur ayant pour effet de mettre successive-

ment chacun des appareils télégraphiques (récepteur et manipulateur) successivement en rapport avec la ligne pendant un certain intervalle de temps qui pourra être calculé : il est bien certain, que, si le synchronisme a été bien réglé et que les deux appareils soient déclanchés en même temps, les deux premiers systèmes télégraphiques, aux deux stations, seront d'abord mis en correspondance, puis les seconds, puis les troisièmes, etc., et pendant ce temps on pourra transmettre tel signe qu'on voudra. Si l'interrupteur tourne avec une vitesse qui ne dépasse pas, pour chaque appareil, le temps moyen de la transmission d'une lettre, c'est-à-dire le temps nécessaire pour produire cinq émissions de courants successives, chaque employé

Fig. 174.



pourra transmettre à chaque tour de cet interrupteur une lettre différente, et il pourra être averti du moment où il doit faire fonctionner son manipulateur, par un coup de marteau, qui sera produit au moment où la partie de l'interrupteur qui est reliée à son appareil établit la liaison de celui-ci avec la ligne. Tel est le principe de l'appareil de M. Meyer; nous allons maintenant en étudier la disposition.

Il s'agissait d'abord de savoir combien il serait possible, avec ce système, de faire fonctionner d'appareils télégraphiques. Si l'on admet qu'un travail de 25 dépêches à l'heure, qui est le travail d'un employé exercé, exige, comme l'expérience semble l'avoir démontré, 5 émissions de courant en moyenne par seconde, le nombre de récepteurs qu'il sera possible d'établir

sur le même fil sera représenté par le nombre n de courants qui peuvent physiquement se succéder dans ce fil divisé par 5, soit $\frac{n}{5}$. Si on admet que ce nombre est de 20 on pourra donc établir quatre appareils ; c'est dans cette hypothèse qu'ont été établis les premiers appareils de M. Meyer. Mais il est facile de comprendre que ce nombre 20 est minimum, car l'expérience a montré, avec les télégraphes autographiques, que l'on pouvait obtenir en ligne des empreintes très-nettes avec des courants dont la durée ne dépassait pas un cinq centième de seconde. On pourra donc porter à 6 le nombre des récepteurs de chaque station sans aucun inconvénient, puisque ce nombre ne supposerait encore à n qu'une valeur de 30 émissions par seconde.

La fig. 174 représente le premier appareil de M. Meyer. Le mécanisme d'horlogerie est en K ; les récepteurs en r, r', r'', et les manipulateurs en a, a', a'', a'''. Cette disposition a été depuis perfectionnée comme on le verra à l'instant.

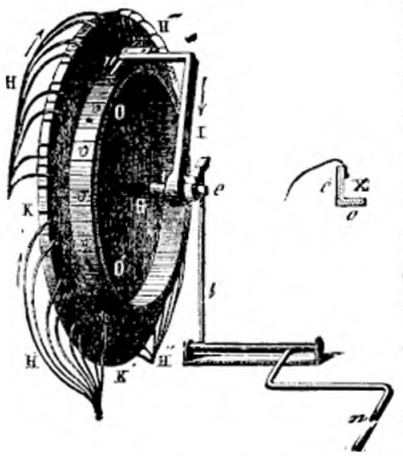
Distributeur. — L'interrupteur appelé *distributeur* est représenté séparément, fig. 175, et s'aperçoit en K, fig. 174. C'est, comme on le voit, un disque K K constitué à sa circonférence par 48 lames de cuivre, isolées les unes des autres et recourbées à angle droit de manière à former dans leur ensemble un anneau $o\,o'$. Ces 48 plaques sont réparties en quatre groupes, et chacun de ces groupes est relié à des appareils télégraphiques et à la terre par des fils de communication qui s'alternent de deux en deux; c'est-à-dire qu'après deux fils communiquant à l'appareil correspondant, il y en a un qui communique à la terre. Il y a donc par groupe 8 fils de liaison avec les appareils télégraphiques et 4 avec la terre. C'est sur l'anneau $o\,o'$ qu'appuie le frotteur de l'interrupteur qui est porté par un bras I et qui est mis en mouvement par un axe G faisant partie du mécanisme d'horlogerie; de sorte que pour une révolution entière accomplie par lui, chacun des appareils a été mis en rapport avec la ligne pendant un quart de tour, et par l'intermédiaire de huit fils qui, suivant la manière dont le manipulateur correspondant est touché, peut fournir simultanément des combinaisons différentes d'émissions de courants représentant les différentes lettres du vocabulaire Morse.

Manipulateur. — Le manipulateur que nous représentons en partie fig. 176 ci-contre, est une sorte de clavier à huit touches, quatre blanches et quatre noires qui sont reliées au distributeur, comme on le voit sur la figure, et qui basculent entre la pile et le fil de terre.

Une touche blanche étant abaissée, la pile est mise simultanément en

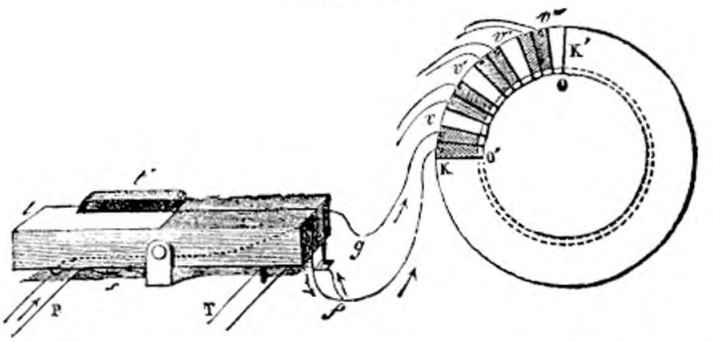
rapport avec deux lames contiguës du distributeur par les fils *f* et *g* qui se trouvent réunis en *f* par le contact de repos de la touche noire adjacente. Conséquemment, quand le frotteur de l'interrupteur passe au-dessus de ces deux lames, l'action de la pile se fait sentir pendant un intervalle de temps double de celui qui serait nécessaire au passage du frotteur au-dessus d'une seule lame, et on aura, par conséquent, un trait. Au contraire, quand une touche noire est abaissée, la pile ne correspond qu'à une seule lame du distributeur, et le frotteur en passant ne peut déterminer qu'un point. Les intervalles vides entre les plaques, mises deux par deux en communication avec les manipulateurs, correspondent naturellement aux intervalles qui séparent les signaux, traits ou points, mais l'on conçoit, d'après le système de liaison qui a été adopté, que, pour que ces intervalles soient égaux, il faut que la manipulation se fasse de gauche à droite pour les lettres.

Fig. 175.



Il est maintenant facile de comprendre qu'en abaissant simultanément le

Fig. 176.

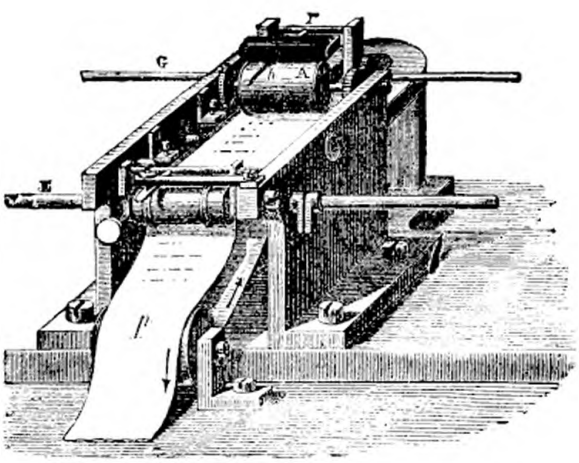


nombre de touches noires et blanches nécessaire pour la formation d'une lettre (en partant de la gauche), au moment même où l'on sera prévenu de l'arrivée du frotteur interrupteur sur la partie du distributeur qui correspond, et en maintenant quelques instants ces touches abaissées, l'interrupteur devra produire successivement par son passage à travers les lames v, v', v'', v''', le nombre d'émissions de courant nécessaire à la formation de la lettre sur les récepteurs en correspondance ; de sorte que cette lettre

se trouvera imprimée sous l'influence d'une manipulation faite d'un seul coup. Pour obtenir cet avertissement de la position du frotteur, chaque manipulateur est accompagné, à droite, d'une espèce de petit frappeur que l'on distingue aisément sur la figure 174 et qui est mis en action par un système de leviers sur lequel réagit une excentrique adaptée à l'arbre moteur de tous les appareils.

Récepteur. — La figure 177 ci-dessous représente l'un des récepteurs de

Fig. 177.



l'appareil Meyer. La disposition de cette partie du système a été un peu modifiée dans ces derniers temps, comme nous le verrons à l'instant, mais le principe est toujours le même. C'est un appareil disposé un peu comme un récepteur Morse, mais l'organe traceur, au lieu d'être une molette, est un cylindre A muni d'une portion d'hélice saillante *h*, comme dans le système autographique de M. Meyer que nous avons décrit page 357. Cette portion d'hélice A est, pour chaque appareil, le quart d'une spire complète, et sa position sur les cylindres est telle que l'une est la suite de celle qui la précède ; de sorte que les 4 portions de spires, si elles étaient rapprochées les unes des autres, constitueraient une spire entière.

L'hélice du récepteur et le frotteur du distributeur opèrent leur rotation dans le même temps, celui-ci passant sur le premier quart de cercle pendant que la première hélice passe en face de la bande de papier, et ainsi des autres.

Un tampon encreur tourne librement sur chacune des hélices, et au-dessous d'elles se déroulent, à tirage continu d'environ 3 millimètres par tour,

quatre bandes de papier sans fin *p* glissant chacune, avec une parfaite adhérence, sur la tringle d'un levier en équerre qui porte l'armature de l'électro-aimant que nous avons déjà décrit p. 361 et 408. La bande de papier, comme dans le système autographique de M. Meyer, suit les oscillations du levier dont les amplitudes, limitées par deux vis de réglage, ne dépassent guère $^1/_{10}$ de millimètre; cette bande se trouve de plus entraînée par un système de laminoir analogue à celui des appareils Morse et que l'on aperçoit en avant de la figure. Les lettres s'y impriment de gauche à droite dans le sens transversal par points et traits, comme dans le système autographique du même auteur; mais elles ne se reproduisent qu'isolément les unes au-dessous des autres. Cette disposition présente un double avantage : elle évite toute confusion entre deux lettres consécutives et réduit considérablement la longueur de bande d'une dépêche. On sépare d'ailleurs les mots entre eux en laissant passer à volonté un ou plusieurs tours d'hélice.

Synchronisme de marche des appareils en correspondance. — D'après le principe sur lequel M. Meyer a basé son système, la transmission exige, dans les appareils placés à distance, une marche tout à fait synchronique des frotteurs du distributeur et des mécanismes récepteurs. Dans le premier système de M. Meyer, le dispositif employé pour réaliser cet effet et qui était un pendule conique représenté en K R fig. 174, laissait un peu à désirer, mais il a été perfectionné de la manière la plus heureuse dans les nouveaux appareils, et pour ne pas ennuyer le lecteur de descriptions inutiles, nous allons décrire seulement ce dernier système dont nous représentons fig. 178 ci-dessous le dispositif principal.

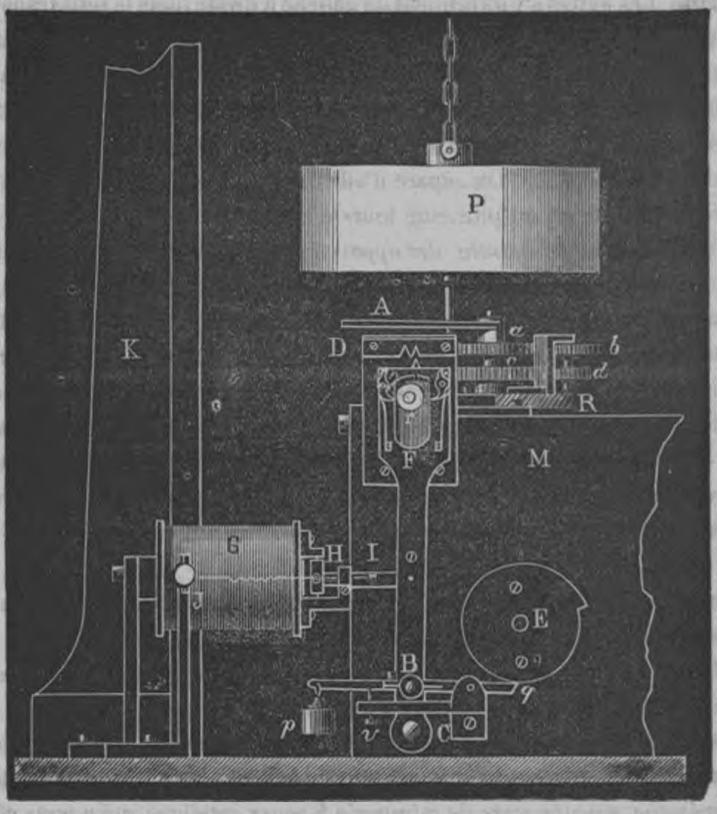
Dans cette figure, M représente une portion de la boîte renfermant le mécanisme moteur, laquelle boîte s'aperçoit en K dans la fig. 174; P est la boule du pendule conique, et K son support, qui a été brisé pour ne pas donner à la figure de trop grandes dimensions.

La pièce principale de ce système est un échappement à double effet qui réagit, sous l'influence du mécanisme d'horlogerie et d'un système électromagnétique, sur une sorte de minuterie à roues satellites, qui a pour effet de corriger sans cesse la vitesse d'impulsion communiquée au pendule par le mécanisme d'horlogerie, soit en l'accélérant, soit en la retardant. Si le mouvement est parfaitement uniforme, l'avance produite d'un côté est détruite par le retard déterminé de l'autre côté, mais à chaque tour de l'arbre moteur la double correction est effectuée, et l'une des deux prédomine sur l'autre, selon que le mouvement est en avance ou en retard.

Pour obtenir ce résultat, M. Meyer adapte sur la platine interne du mécanisme d'horlogerie M une fourchette d'encliquetage F, dont les bras

munis de cliquets peuvent réagir, suivant le sens de l'inclinaison de la fourchette, sur deux roues à rochet r placées l'une derrière l'autre et dentées en sens inverse l'une de l'autre. Ces roues à rochet sont fixées à l'extrémité d'un arbre horizontal portant une vis sans fin qui engrène avec la roue R de la minuterie; et la fourchette elle-même F est disposée de manière à

Fig. 178.



pouvoir se mouvoir de haut en bas, sous l'influence d'une bascule $p\,q$ qui la porte, et de droite à gauche, sous l'influence de l'action électro-magnétique qui peut par l'intermédiaire d'une pièce I, la faire osciller autour du pivot B sur lequel elle est articulée à sa partie inférieure. Un contre-poids p et un ressort antagoniste J rappellent toujours cette pièce dans une position déterminée, qui est celle représentée sur la figure.

Le mécanisme d'horlogerie réagit sur ce système d'encliquetage au moyen d'une excentrique à limaçon E qui, à chaque tour de l'arbre moteur des

appareils, abaisse la partie q de la bascule pq et soulève la fourchette. Si en ce moment l'électro-aimant G est inactif, le cliquet de gauche de cette fourchette fait avancer d'une dent l'un des rochets r, au moment où la fourchette retombe sous l'influence du contre-poids p, et la roue R avance d'une certaine quantité. Si, au contraire, l'électro-aimant est actif en ce moment, la fourchette étant inclinée en sens contraire, c'est le rochet de droite qui agit, et la roue R se déplace dans le sens opposé. Des vis calantes v et I règlent d'ailleurs l'amplitude des mouvements de la fourchette F.

On voit déjà, d'après la description de ce système d'échappement, que si la roue R pouvait commander directement le mouvement du pendule P, et que, si à chaque tour de l'arbre moteur à la station de départ un courant était lancé à travers l'électro-aimant G à la station qui doit établir le synchronisme, il pourrait se produire deux effets contraires au moment de l'action de l'excentrique E sur la bascule q. 1° Si cette action s'effectuait au moment où l'électro-aimant est inactif, la roue R tournant d'une certaine quantité dans le sens de la rotation du pendule conique, tendrait à accroître la vitesse de celui-ci, et il y aurait alors accélération dans le mouvement du mécanisme moteur. 2° Si l'action de l'excentrique E s'effectuait au moment où le courant anime l'électro-aimant G, la roue R tournerait en sens contraire et retarderait la vitesse du moteur. Il en résulterait donc qu'une correction serait toujours produite à chaque tour de l'arbre moteur, soit dans un sens, soit dans l'autre, et par conséquent que le synchronisme de marche des appareils serait sans cesse établi.

Il s'agit de voir maintenant comment on a pu faire en sorte que la roue R put réagir sur le mouvement du pendule soumis directement à l'action du mécanisme d'horlogerie. On a eu pour cela recours à un système d'engrenage, à roues satellites représenté en $a\,b\,c\,d$. Le mouvement est communiqué au pendule P par un levier A muni d'une coulisse dans laquelle est engagée l'extrémité de la tige du pendule, et ce levier A n'est animé de son mouvement de rotation que par l'intermédiaire des quatre roues a, b, c, d, dont deux, les roues b et d, sont montées en roues satellites sur la roue R, dont l'axe creux enveloppe l'axe des roues a et c. La roue c a 80 dents, la roue d en a 40, et les deux autres a et b, 60. La roue a est montée sur un axe creux qui sert à la fois de crapaudine à l'axe de la roue c et de support à l'axe de A. Le mouvement est communiqué par la roue c de telle sorte que le levier A tourne avec une vitesse double de celle de cette roue, du moins pour une position donnée des roues satellites b et d. Toutefois, si la roue R se déplace et entraîne avec elle, soit d'un côté, soit de l'autre, les deux roues satellites, celles-ci accroissent ou retardent la vitesse de la roue a

d'une quantité en rapport avec l'arc décrit par leur axe commun, puisque pour se déplacer ainsi, elles sont obligées de tourner sur elles-mêmes en combinant ce mouvement à celui qu'elles reçoivent directement de la roue *c*. Or, nous avons vu que le mouvement de la roue R dépend des rochets *r* dont l'axe de rotation se trouve muni d'une vis sans fin qui engrène avec cette roue. On comprend dès lors comment la vitesse du mouvement du pendule P se trouve réglée par l'action électro-magnétique, et comment, par conséquent, il est possible de régler le synchronisme de marche des appareils en correspondance.

Nous ajouterons que, pour la sûreté de l'échappement des dents du rochet et pour le fonctionnement régulier de l'appareil, on a dû adapter à la fourchette F une lame angulaire qui, suivant l'inclinaison de cette fourchette à gauche ou à droite, doit s'enfoncer dans l'une ou l'autre des deux coches évidées au-dessus d'elle dans la traverse D et qui servent de guide.

Le commutateur destiné à faire fonctionner ce système est placé directement sur l'arbre moteur. Il consiste dans un disque en ébonite sur la circonférence duquel est placée une traverse métallique qui, en se présentant devant deux lames de ressort isolées, en rapport avec le circuit de ligne, les réunit par contact et ferme le courant à travers le relais appelé à animer l'électro-aimant correcteur et l'électro-aimant récepteur.

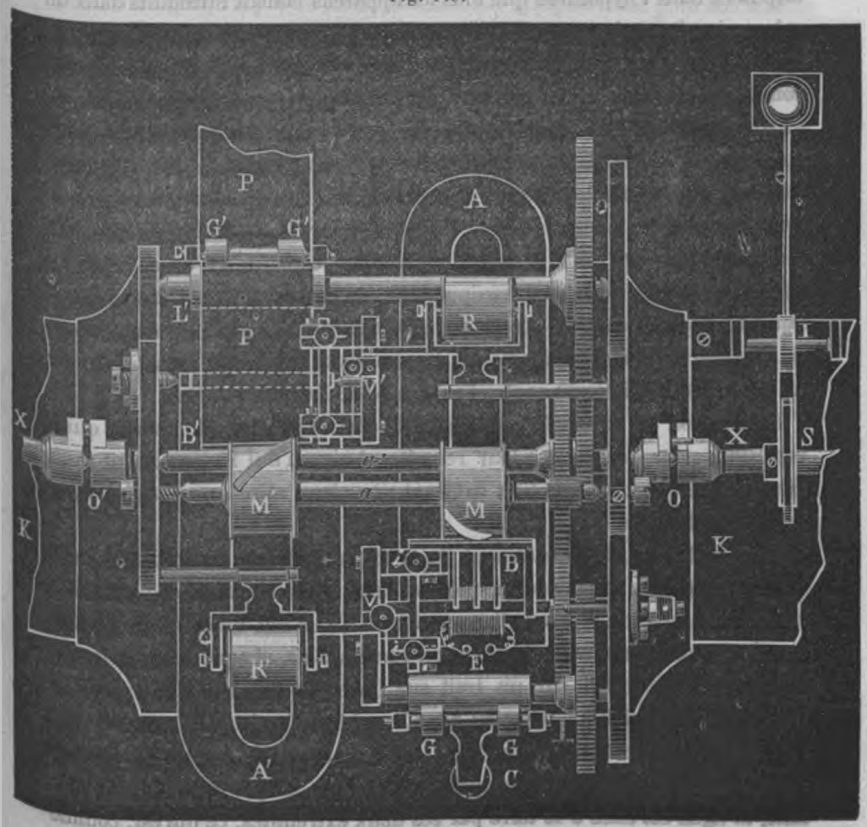
Nous ne parlerons pas avec détails du système pendulaire qui est resté à peu près le même que celui que nous avons représenté fig. 174. C'est une tige terminée en pointe et au bas de laquelle se trouve suspendue, par deux chaînes, une masse plus ou moins lourde. Ces chaînes sont fixées supérieurement à une suspension Cardan, qui elle-même est soutenue par un levier horizontal articulé que l'on peut élever plus ou moins à l'aide d'une bielle et d'une vis de rappel. Ce dispositif est très-bien entendu et d'une manœuvre facile.

Les nouveaux perfectionnements apportés à l'appareil de M. Meyer sont assez nombreux et concernent particulièrement les récepteurs et le distributeur.

Au lieu de récepteurs distincts, M. Meyer les établit doubles afin de simplifier les mécanismes et de les rendre moins dispendieux. La fig. 179 ci-contre, représente la dernière disposition qui a été adoptée. X X est le grand arbre moteur relié aux appareils par des boîtes d'engrenage O, O'; M, M' sont les molettes à hélice; R, R' les rouleaux encreurs qui sont renversés pour laisser voir les hélices; B, B' les châssis articulés qui approchent la bande de papier des rouleaux, sous l'influence des armatures électro-aimants E E'. L'un de ces châssis est à découvert sur la figure,

l'autre est caché par la bande de papier PP qui l'enveloppe. Les laminoirs entraîneurs de la bande de papier sont en L G G, L' G' G'. Les aimants sont en A, A', et les vis de réglage des ressorts antagonistes des armatures, en V, V'. La pièce en arc-boutant C permet de séparer les deux cylindres du laminoir pour l'introduction et le serrage de la bande de papier, et les vis

Fig. 179.



i, i, i', i', sont les butoirs d'arrêt qui limitent l'oscillation des châssis B, B'. Le tout est monté sur une plate-forme en fonte K K qui s'étend d'un bout à l'autre de l'appareil.

Avec cette nouvelle disposition, les employés sont placés les uns devant les autres, ayant leur clavier à gauche de leur récepteur, et les appareils sont mis en mouvement à l'aide d'un levier à frotteur qui appuie sur un disque adapté à l'axe moteur et qui joue le rôle de déclancheur. L'un des

frappeurs se voit en S I. C'est une bascule articulée en I, sur laquelle réagit une roue à cames S, et qui, après avoir soulevé le marteau, le laisse retomber sur une sorte d'enclume.

Le distributeur a été aussi modifié par suite de la nécessité dans laquelle on s'est trouvé de rendre les appareils indépendants les uns des autres. Dans celui que nous avons décrit, les communications électriques étaient disposées dans l'hypothèse que tous les appareils étaient introduits dans un même circuit; mais, par suite d'inconvénients nombreux qui résultaient de cette disposition, on a été conduit à adapter à l'intérieur de la couronne de contacts dont nous avons parlé, une circonférence métallique divisée en quatre parties égales correspondant en position aux quatre divisions de la couronne de contacts, et communiquant isolément à chacun des appareils. Dans ces conditions, le frotteur est double et, au lieu de se mouvoir parallèlement autour de la circonférence du distributeur, il frotte tangentiellement à sa surface sur les deux anneaux métalliques, constitués d'un côté par les lames de contact reliées au manipulateur, de l'autre par les 4 lames circulaires en rapport avec les récepteurs; un contre-poids placé en sens opposé du frotteur équilibre sa masse, et la continuité du circuit est assurée par un fort ressort qui presse contre l'extrémité de l'axe de rotation.

L'exécution de ces différents appareils a été confiée à M. Hardy, qui a contribué pour beaucoup à leur réussite. Aujourd'hui ils paraissent avoir atteint un degré de perfection suffisant pour leur mise en pratique d'une manière définitive.

Pour établir au commencement de la transmission la concordance entre les deux appareils en correspondance, les deux pendules étant préalablement ramenés au même diapason, l'appareil type qu'on fait dérouler au hasard, envoie au correspondant une émission correctrice à chaque tour, ce qui se traduit à la réception par un trait sur l'une des bandes. On amène ce trait par une légère accélération dans la sphère d'action du système correcteur, puis on rétablit l'équilibre; les deux appareils marchent dès lors ensemble et la correction les y maintient. Après chaque émission de courant, la ligne est mise à la terre par ses deux extrémités, ce qui est, comme on l'a vu, très-favorable pour la célérité des transmissions.

D'après le rapport de la commission chargée d'examiner cet appareil, le maximum par employé a été de 28 dépêches à l'heure, et le produit maximum du fil 110 dépêches à l'heure.

La moyenne par employé, après avoir été le premier jour 19 dépêches à l'heure, s'est élevé à 22 et 23 dépêches. On sait que la moyenne du Morse est de 18 dépêches par employé, et celle du Hughes de 22. La moyenne par

fil était donc 92 dépêches à l'heure, celle du Hughes étant 45 avec deux employés à chaque appareil.

Le rendement d'un appareil multiple à quatre transmissions est donc, comme on le voit, double de celui du Hughes et quadruple de celui du Morse. Il donnera trois fois le produit du Hughes quand il sera à 6 récepteurs. Le prix de revient du système multiple peut être évalué à autant de fois le prix du Morse qu'il y a de transmissions. Ce système a été pour son auteur l'objet d'un diplôme d'honneur à l'exposition de Vienne de 1873.

Transmissions simultanées par un même manipulateur.

Il arrive quelquefois, lorsqu'on a une dépêche à répéter sur plusieurs lignes, qu'on ait avantage à disposer les appareils de manière que le même manipulateur puisse fournir une transmission multiple. Plusieurs systèmes ont été proposés dans ce but; mais le plus simple, suivant nous, est de disposer une clef à contacts multiples, mise en relation avec les différentes lignes. Une semblable clef n'a rien de difficile dans sa construction, puisqu'elle peut consister dans un cylindre de caoutchouc durci, soutenu par deux coussinets, et portant autant de leviers qu'il y a de communications à établir. Les leviers pourraient d'ailleurs être disposés comme les clefs ordinaires, à cette différence près, qu'une lame de ressort servirait d'intermédiaire pour les contacts, et chaque levier correspondrait à une pile et à une ligne différente. Le manche de l'appareil serait établi à l'une des extrémités du cylindre, et par son intermédiaire on ferait fonctionner l'appareil comme une clef ordinaire. Un appareil de ce genre a déjà été établi et essayé par M. Moudurier.

En mettant à contribution les relais des différents récepteurs, et en les faisant fonctionner comme manipulateurs sous l'influence d'un courant local qui les traverserait tous, on pourrait, à l'aide d'une clef ordinaire, arriver au même résultat. Le problème peut, du reste, être résolu d'une foule de manières, et on n'a que l'embarras du choix.