

30 kilomètres de longueur et pèse six tonnes par kilomètre, soit 180,000 kilogrammes en tout. Celui d'Irlande (fig. 399) a 138 kilomètres de longueur et ne pèse que 610 kilogr. par kilo-

mètre, soit en tout 80,000 kilogr.; il n'a qu'un fil de cuivre intérieur, et son enveloppe extérieure est composée de 12 fils de fer, mais beaucoup plus minces que ceux du câble de Douvres. On conçoit l'avantage qu'il y a à ce que le câble renferme

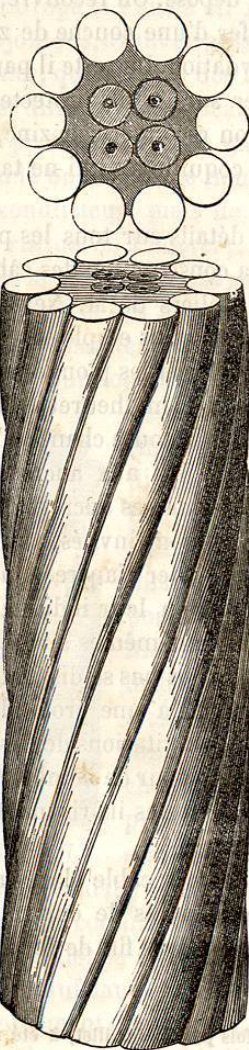


Fig. 398.



Fig. 399.

un grand nombre de fils de cuivre isolés les uns des autres, à cause de la facilité qui en résulte pour multiplier le nombre

des dépêches en permettant autant de communications simultanées et indépendantes qu'il y a de fils.

L'emploi des conducteurs sous-marins, aussi bien que celui des conducteurs souterrains, occasionne un petit retard dans la vitesse de transmission de l'électricité; ce retard n'est point dû à la longueur du trajet que doit parcourir le courant électrique, puisqu'il n'a pas lieu avec un conducteur aussi long, mais isolé dans l'air. Nous avons vu<sup>1</sup> qu'il provient, ainsi que Faraday l'a démontré, d'une réaction statique que détermine l'introduction d'un courant dans un conducteur bien isolé, mais entouré au delà de sa couche isolante d'un corps conducteur, tel que l'eau de mer, ou le terrain humide, ou même simplement l'enveloppe métallique des fils de fer, mise en communication avec le sol. Ce conducteur, quand on le fait aboutir à l'un des pôles d'une pile dont l'autre pôle communique avec le sol, se charge d'électricité statique, comme l'armure d'une bouteille de Leyde; électricité qui est capable de donner naissance à un courant de décharge, même après que le courant voltaïque a cessé d'être transmis. Nous ne reviendrons pas sur les expériences de Faraday, que nous avons déjà exposées; nous nous contenterons de rappeler celles par lesquelles Wheatstone a complété l'étude de ce sujet aussi intéressant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique.

Le câble avec lequel M. Wheatstone a fait ses expériences est celui qui était destiné à unir la Spezzia sur les côtes du Piémont avec l'île de Corse. Il était long de 177 kilomètres et contenait six fils de cuivre de  $1\frac{1}{2}$  millimètre de diamètre, isolés individuellement et recouverts chacun d'une couche de gutta-percha de 2 millimètres d'épaisseur. L'ensemble du câble était entouré de 12 fils de fer épais contournés en spirale, de manière à former une enveloppe métallique de 8 millimètres d'épaisseur. Le câble était enroulé dans un puits desséché de la cour, avec ses deux extrémités accessibles; les bouts des différents fils pouvaient être unis de manière à ne faire de tous ces fils qu'un fil unique long de 1062 kilomètres (266 lieues), à travers lequel

<sup>1</sup> Tome II, pages 134 et suivantes.

le courant électrique pouvait circuler dans la même direction ; ce courant lui-même était fourni par une pile isolée formée de 144 couples de Wheatstone<sup>1</sup>.

Dans une première série d'expériences on a constaté que, si l'on faisait communiquer l'une des extrémités du long fil dont l'autre extrémité restait isolée, avec l'un des pôles de la pile, ce fil se chargeait de l'électricité de ce pôle ; charge qui, tant qu'elle avait lieu, donnait naissance à un courant qu'accusait un galvanomètre ; mais il fallait pour obtenir ce résultat que le second pôle de la pile fût en communication avec le sol ; si ce pôle restait isolé, on n'obtenait aucun effet. On pouvait cependant remplacer le sol par un long fil semblable au premier. C'est ce que Wheatstone a fait voir, en prenant sur le câble deux longueurs de fil de cuivre de 177 kilomètres chacune ; laissant isolée une des extrémités de chacun de ces circuits partiels, il faisait communiquer leurs deux autres extrémités avec les deux pôles de la pile respectivement, ayant soin d'interposer entre chacun des fils et les pôles un galvanomètre ; de cette manière chaque pôle de la pile était armé d'un conducteur de 177 kilomètres, isolé à celle de ses extrémités qui n'était pas en communication avec la pile, laquelle était elle-même isolée, comme nous l'avons dit. Aussi longtemps qu'un seul des pôles de la pile était armé de son long conducteur, ce conducteur ne se chargeait pas d'électricité ; mais aussitôt que les deux pôles étaient également armés de leurs conducteurs, les deux conducteurs se chargeaient instantanément d'électricité, et la forte déviation des aiguilles indiquait la présence d'un courant intense. Si l'on faisait communiquer l'extrémité libre de l'un des fils avec la terre, ce fil était déchargé seul ; l'autre restait totalement chargé.

Dans une seconde série d'expériences, M. Wheatstone a répété et varié les expériences de Faraday, en interposant trois galvanomètres au milieu et aux extrémités du circuit, et en déterminant de cette manière, par l'ordre qu'ils suivaient dans leur déviation, la marche du courant. Ainsi, suivant que c'était

<sup>1</sup> Tome II, page 715, figure 326.

avec le pôle de la pile ou avec le sol qu'on faisait d'abord communiquer l'un des deux bouts du galvanomètre, l'autre bout étant mis en communication avec le sol ou avec le pôle de la pile, un instant après, on voyait les galvanomètres être déviés dans l'ordre de leur distance à la pile ou dans l'ordre inverse. Si on réunissait les deux pôles de la pile par le long conducteur de 1062 kilomètres, mais en ayant soin de le partager en deux portions égales en longueur, on observait, en réunissant les deux extrémités libres de ces deux portions pour fermer le circuit, que le galvanomètre placé au milieu était le premier dévié, tandis que les galvanomètres voisins des pôles n'étaient déviés que plus tard. C'était l'inverse, si après avoir uni les deux extrémités libres du milieu et avoir mis en contact l'un des bouts du long conducteur avec l'un des pôles de la pile, on finissait par amener l'autre bout en contact avec le second pôle. Tous ces effets sont d'accord avec ce que nous avons déjà vu et dit à l'occasion des expériences de Faraday.

Une troisième série d'expériences a montré à Wheatstone qu'on peut avoir un courant continu, en plaçant un galvanomètre dans le circuit du long fil d'un câble électrique dont l'un des bouts est isolé, tandis que l'autre communique avec l'un des pôles d'une pile dont le second pôle aboutit au sol. Ce courant est dû à la dispersion uniforme et continuelle d'électricité statique dont le fil est chargé sur toute sa longueur, comme cela arriverait à un autre corps conducteur quelconque placé dans un milieu isolant. En plaçant le galvanomètre tout près du pôle de la pile, on peut constater que l'intensité du courant ainsi produit est approximativement proportionnelle à la longueur du fil qu'on ajoute au delà du galvanomètre. On a, en effet, pour 0 kilomètre de fil ajouté 0° de déviation, pour 177 kilomètres 6° $\frac{1}{2}$  de déviation, pour 354 kilomètres 12°, pour 531 kilomètres 18°, pour 708 kilomètres 23° $\frac{1}{2}$ , pour 885 kilom. 28°, pour 1062 kilomètres 31°. Si l'on change de place le galvanomètre, le courant est d'autant plus faible qu'on l'interpose à une plus grande distance du pôle de la pile ; s'il est à l'extrémité même du long fil, le courant devient nul. Enfin l'intensité du courant ne dépend que de la longueur du fil qui est placé au

delà du galvanomètre, la longueur de celui qui se trouve interposé entre le galvanomètre et la pile n'exerçant aucune influence. Ainsi 334 kilomètres de fil placés au delà du galvanomètre déterminent une déviation de 12°, aussi bien si le galvanomètre est directement en communication avec le pôle de la pile que lorsqu'il en est séparé par un fil de 708 kilomètres. Ce résultat nous prouve que, quelle que soit la longueur du fil attaché au pôle isolé d'une pile, ce fil est chargé d'électricité au même degré de tension sur sa longueur entière.

Le retard qu'éprouve la transmission de l'électricité par les câbles sous-marins, et que nous venons d'analyser soit dans ses manifestations, soit dans sa cause, n'est pas d'une grande importance pour les communications télégraphiques ordinaires. Il l'est davantage quand il s'agit de la détermination des longitudes, comme nous le verrons à la fin de ce chapitre; il rend également très-difficile, sinon impossible, la transmission simultanée de deux dépêches en sens contraire qu'on a tentée avec succès, comme nous allons le dire dans l'instant, avec les fils télégraphiques aériens.

Remarquons en passant que les expériences qui précèdent confirment complètement les théories que nous avons exposées dans notre second volume sur la manière dont s'opère dans les corps conducteurs la propagation de l'électricité, et sur le mode de dégagement de l'électricité dans un couple voltaïque, qui exige pour la décomposition chimique nécessaire à la manifestation de cette électricité, que les deux électricités contraires trouvent également une issue. Il est en effet impossible de charger un conducteur quelconque en le mettant en communication avec l'un des pôles d'une pile, sans que l'autre pôle communique également avec un grand conducteur ou avec le sol.

Nous sommes amenés tout naturellement ici à dire quelques mots sur le rôle que joue la terre quand on l'emploie comme conducteur dans les opérations relatives à la télégraphie électrique. Nous avons déjà vu que l'idée d'employer la terre comme conducteur entre deux stations télégraphiques, réalisée pour la première fois par Steinheil, avait permis de supprimer l'un des fils conducteurs et de réaliser ainsi une grande économie et

une grande simplification dans la pratique. On avait d'abord cru que le sol jouait le même rôle que le conducteur qu'il était destiné à remplacer, et qu'il s'établissait entre les deux pôles de la pile mis en communication avec la terre, lors même qu'ils étaient à une grande distance l'un de l'autre, un véritable courant électrique transmis à travers toutes les matières conductrices interposées et que renferme toujours la terre en plus ou moins grande proportion. Il est vrai que le globe terrestre ne peut pas être considéré comme étant de sa nature un conducteur aussi parfait qu'un métal, mais d'un autre côté sa mauvaise conductibilité se trouve plus que compensée par l'immensité de sa section. On peut donc considérer la terre comme présentant une résistance nulle à la conductibilité<sup>1</sup>; seulement, il faut admettre que des courants électriques peuvent s'y croiser en tous sens et à tout instant sans se nuire les uns aux autres. Il y a plus, il faut supposer qu'entre deux stations extrêmement éloignées, telles que Paris et Berlin, il y a une série de décompositions et

<sup>1</sup> Une expérience importante de M. Bréguet montre en effet que cette résistance est nulle. Une pile étant à Paris, l'un de ses pôles communiquait avec la terre au moyen d'un fil terminé par une large plaque plongée dans un puits; l'autre pôle communiquait avec le fil de la ligne, et l'extrémité de celui-ci, à Rennes, plongeait de même dans un puits; ainsi, dans ce cas, le circuit était formé moitié par la terre et moitié par le fil. On se procurait aussi à volonté un circuit tout métallique avec les fils de cuivre, dont chaque extrémité, à Paris, était unie à l'un des pôles de la pile, pendant qu'à Rennes les deux autres extrémités étaient unies ensemble. Des opérations semblables étaient faites à Rennes, où se trouvait également une pile. Au moyen de deux galvanomètres à sinus, M. Bréguet mesurait l'intensité du courant à Paris et à Rennes, quand un courant traversait le fil de cuivre et la terre, ou les deux fils de cuivre réunis. Il a trouvé ainsi que l'intensité du courant dans le premier cas, c'est-à-dire quand la moitié du conducteur est remplacée par la terre, est double de ce qu'elle est quand le courant revient par un second fil semblable au premier. M. Matteucci était parvenu de son côté aux mêmes résultats. Il avait trouvé que lorsque le courant allait par le fil de cuivre de Pise à Pontedera, et revenait de Pontedera à Pise par terre, son intensité était la même que lorsque les deux pôles de la pile étaient immédiatement réunis par un seul fil de cuivre, long comme celui qui unit les deux stations. — Ces expériences, et un grand nombre d'autres semblables, permettent donc d'admettre que la résistance de la terre à la conductibilité électrique est nulle.

recompositions de toutes les molécules d'eau interposées, et que l'électricité positive, par exemple, qui est introduite dans le sol à Paris, ne pourra être neutralisée que par la négative provenant de la même pile, mais amenée par le fil télégraphique dans le sol, à Berlin; neutralisation s'opérant de molécules à molécules à travers toutes les sections conductrices qui se trouvent dans le globe terrestre entre ces deux stations. Il faut également admettre que, lorsque les pôles positifs et négatifs de plusieurs piles plongent en même temps dans le sol, à de grandes distances les uns des autres, l'électricité positive de chaque pôle va chercher, pour la neutraliser, la négative du pôle appartenant à la même pile, lors même que ce pôle serait beaucoup plus distant que le négatif d'une autre pile. Cette espèce de prédisposition des deux électricités à ne se neutraliser que lorsqu'elles proviennent de la même source, nous paraît une hypothèse également contraire à la logique et aux observations.

Il faut donc recourir à une autre explication sur le rôle que joue la terre dans les phénomènes de la conductibilité électrique, explication qui découle tout naturellement des faits observés avec les câbles électriques par Faraday et Wheatstone. Ce rôle est celui d'un vaste réservoir, d'une espèce de puisard qui suce et absorbe aux deux extrémités du fil les électricités libres que la pile ou l'appareil quelconque générateur de l'électricité y envoie. Par cela même que cette électricité se perd ou s'écoule, il y a un mouvement électrique, et par conséquent production d'un courant. Déjà M. Magrini, dans des expériences faites avec de longs fils télégraphiques bien isolés, tendus de Milan à Monza, avait montré qu'on pouvait obtenir un courant électrique dans un fil dont une des extrémités seulement communiquait avec une source d'électricité, tandis que l'autre restait isolé. Mais on pouvait craindre, dans ce mode d'opérer, quelque défaut d'isolement. Cette crainte disparaît complètement dans les expériences de Faraday et de Wheatstone; ces dernières en particulier nous montrent très-clairement qu'il suffit de faire communiquer avec l'un des pôles d'une pile, l'extrémité d'un conducteur d'une très-grande dimension dont

l'autre extrémité est isolée, pour que ce conducteur en se chargeant, soit traversé par un courant dont la présence est accusée par la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre. Le même phénomène se passe avec la terre, avec cette différence que le globe terrestre étant un conducteur d'une dimension infinie, le courant peut durer tant que la communication du pôle avec le sol a lieu.

M. Matteucci, qui s'est beaucoup occupé de la conductibilité de la terre, avait fait la remarque curieuse que lorsqu'on plonge les électrodes dans le sol à une profondeur convenable, la résistance de la couche interposée augmente exactement avec sa longueur, suivant la loi admise pour les conducteurs ordinaires; il n'y a pas même de différence, lorsque la couche est très-mince, entre sa résistance et celle de la même couche de terre ou d'eau contenue dans un vase isolé. Mais si la distance entre les électrodes devient considérable, la résistance de la couche terrestre diminue très-rapidement; déjà, à la distance de 60 à 100 mètres, le courant cesse de diminuer; à des distances plus grandes, son intensité augmente jusqu'à devenir égale à celle qu'on trouverait avec le circuit entièrement métallique. Ce résultat se vérifie toujours pour des distances de 15 à 20 kilomètres. L'augmentation du courant avec la longueur de la couche terrestre est indépendante de la nature et de la forme de cette couche; c'est avant d'être parvenu à la longueur de la couche à laquelle cesse la résistance, qu'on observe l'influence de la nature et de la forme de cette couche sur cette même résistance. Cette observation de M. Matteucci nous montre clairement que la terre peut jouer deux rôles très-différents dans la transmission des courants. Elle peut faire office de conducteur ordinaire quand les électrodes sont très-rapprochés, et alors la résistance qu'elle oppose au courant augmente avec la longueur de la couche terrestre interposée; mais il arrive que, lorsque la distance entre les électrodes atteint une certaine grandeur limitée, la terre agit comme réservoir qui absorbe les électricités dégagées à chacun des pôles; alors sa résistance disparaît, et l'intensité du courant ne dépend plus que de la résistance du seul fil conducteur; de sorte que

l'intervention du globe terrestre présente le double avantage de permettre l'économie d'un fil de ligne, et de rendre le courant deux fois plus fort qu'il ne l'aurait été si on l'avait fait revenir par le second fil supprimé<sup>1</sup>.

Au reste, bien d'autres faits d'un genre différent démontrent qu'il n'est pas nécessaire, pour obtenir un courant, de réunir les deux électricités contraires produites par le même appareil électrique, mais qu'il suffit que l'une des deux électricités soit absorbée. C'est ainsi que, lorsqu'on met en communication avec le sol l'armure extérieure d'une bouteille de Leyde, on peut obtenir dans l'air une décharge semblable à un courant en munissant d'une pointe son armure intérieure; or, on ne songe pas à dire que les deux électricités transmises, l'une dans la terre, l'autre dans l'air, se réunissent par le contact du sol et de l'air. Il y a plus; nous avons démontré, M. Soret et moi, qu'on peut décomposer l'eau en la faisant traverser par l'électricité qui abandonne l'armure extérieure d'une bouteille de Leyde qu'on charge par son armure intérieure; or, il est bien évident que dans ce cas le courant qui produit cette décomposition, ne provient pas de la réunion des deux électricités contraires dégagées par la machine électrique qui charge la bouteille.

Le rôle que joue la terre dans la transmission des dépêches télégraphiques est donc d'accord avec un très-grand nombre de phénomènes du même genre, qui nous ont démontré que la propagation de l'électricité, et par conséquent la production d'un courant électrique, peut avoir lieu dans un corps conducteur aussi bien quand ce corps est mis en communication avec

<sup>1</sup> Cette différence entre ce qui se passe quand les électrodes sont rapprochés et ce qui a lieu quand ils sont éloignés peut sembler extraordinaire au premier instant; cependant, en y réfléchissant, on conçoit facilement que dans le premier cas les molécules interposées entre les deux électrodes, n'étant pas aussi nombreuses, elles peuvent constituer la chaîne électrique par l'effet de la neutralisation mutuelle de leurs électricités opposées, qui est précédée de leur polarisation. Quand les électrodes sont très-distants, il ne peut plus y avoir cette communication entre eux, et alors ils se déchargent au moyen de la couche avec laquelle ils sont en contact, dans toute la masse du globe terrestre.

un autre chargé d'un excès de l'une des deux électricités seulement, que quand il se trouve placé entre deux excès d'électricités contraires.

Ajoutons que, quand on se sert du globe terrestre pour déterminer la circulation d'un courant dans un conducteur isolé dont une des extrémités communique avec l'un des pôles d'une pile et l'autre avec le sol, pendant que le second pôle de la pile communique aussi avec le sol, il faut avoir soin de bien établir ces communications. Dans ce but on termine les fils conducteurs qui aboutissent à la terre par de larges plaques métalliques, de cuivre ordinairement, qu'on plonge aussi profondément qu'on le peut, dans des puits ou dans la partie du sol la plus humide qu'on puisse trouver.

La question que nous venons de traiter sur le rôle que joue le globe terrestre dans la transmission des courants électriques, est liée avec celle que nous avons déjà traitée incidemment, de savoir si le même conducteur peut transmettre en même temps deux courants électriques dans deux directions opposées<sup>1</sup>; nous l'avons résolue négativement quand il s'agit d'un conducteur à dimensions finies et dont toutes les molécules, interposées entre les deux électricités contraires, doivent être successivement polarisées et déchargées de manière à constituer le courant. Il nous a été impossible d'admettre que les mêmes molécules pussent être polarisées et déchargées en même temps dans des directions opposées; nous avons vu que du reste les phénomènes qui semblaient démontrer cette transmission simultanée de deux courants contraires s'expliquaient tout aussi bien en admettant qu'il n'y avait pas de transmission effective. Mais il n'en est plus de même quand le conducteur a des dimensions infinies relativement à la quantité d'électricité qui est mise en jeu; ce conducteur, agissant alors comme absorbant, peut évidemment transmettre, ou plutôt avoir l'apparence de transmettre, dans tous les sens également, et par conséquent simultanément dans le même sens, des courants électriques ayant des directions opposées, comme cela a effecti-

<sup>1</sup> Tome II, page 337.

vement lieu avec le globe terrestre. Par contre, avec un fil comme un fil télégraphique, il n'en est pas de même. Cependant on a découvert récemment divers moyens pour transmettre simultanément deux dépêches par un même fil dans deux directions opposées; mais, comme nous allons le voir en décrivant le procédé employé, il n'en résulte pas que deux courants circulent en même temps dans le fil en sens contraire; ce n'est qu'une apparence due à une combinaison dont l'effet véritable est de permettre en même temps à chaque station la manifestation, par les appareils dont cette station est munie, des signes convenables, au moyen de piles locales.

MM. Gintl, Wartmann, Siemens, Halske et Edlung se sont occupés également à résoudre le problème de la transmission de deux dépêches par un même fil dans deux directions opposées; ils sont arrivés presque en même temps à sa solution par des procédés qui, tout en différant dans les détails, ont une grande analogie au fond. Les uns ont appliqué leur procédé au télégraphe électro-chimique, les autres à celui de Morse, ce qui importe peu; car, une fois la question résolue, il est évident qu'elle l'est pour tout système télégraphique quelconque. Aussi il ne s'agira pour nous que de savoir comment on peut faire marcher convenablement en même temps deux relais, situés à deux stations différentes, qui doivent transmettre et recevoir simultanément chacun une dépêche; une fois les relais exécutant chacun les mouvements convenables pour accuser la dépêche reçue, le reste suit de soi-même.

Pour obtenir ce résultat, on enroule en sens contraires l'un de l'autre, autour de l'électro-aimant de chaque relais, deux fils de métal recouverts de soie parfaitement semblables, disposition qui fait que, lorsque deux courants égaux et de même sens les traversent parallèlement, il n'y a point d'aimantation et par conséquent aucun mouvement dans le relais. Ces deux fils sont soudés ensemble par une de leurs extrémités; ce point de soudure ou de contact est en communication avec une pièce métallique que nous appellerons A; des deux autres extrémités libres, l'une B communique avec le fil de ligne, l'autre C peut à volonté communiquer avec le sol ou avec un conduc-

teur D par l'intermédiaire du fil d'un rhéostat, auquel on donne chaque jour la longueur nécessaire pour que sa résistance soit égale à celle du fil de ligne. Le conducteur D aboutit au sol et peut être mis en communication avec l'un des pôles d'une pile locale P. Il résulte de cette disposition que si l'on fait communiquer l'un des pôles de cette pile locale, le pôle positif, par exemple, avec le point de soudure A, au moment où l'on fait communiquer l'autre pôle avec le conducteur D, le courant s'établit en se bifurquant au point A en deux parties, dont l'une, suivant le fil de ligne, revient par le sol à la station de départ, et dont l'autre, sortant en C, retourne au pôle négatif par l'intermédiaire du fil du rhéostat du conducteur D. Ces deux portions de courant n'agissent pas sur le relais de la station de départ, puisqu'elles sont rendues égales, comme nous l'avons vu. Tout est disposé exactement de la même manière à la seconde station; c'est aussi le pôle positif d'une pile P' qui aboutit au point de soudure A' des deux fils enroulés en sens contraires autour de l'électro-aimant du relais de cette station. Quand le pôle négatif de la pile P' est mis en communication avec le sol, au moyen du conducteur D', le courant de cette pile se partage aussi en deux parties, dont l'une sort par l'extrémité B' de l'un des fils pour parcourir le fil de ligne et revenir par le sol au point de départ, et l'autre sort par l'extrémité C' du second fil pour revenir au pôle négatif par l'intermédiaire du fil d'un second rhéostat placé également à cette station, et du conducteur D'. Les communications avec le sol des pôles négatifs des piles de chacune des stations peuvent être établies ou interrompues à volonté par celui qui transmet la dépêche, au moyen d'un levier-clef; c'est en agissant sur ce levier-clef, comme on le fait dans le télégraphe de Morse, qu'on transmet les signaux, et à chaque station on peut agir sur le levier-clef d'une manière indépendante sans s'inquiéter si on agit à la station correspondante. Voyons maintenant comment les choses se passent.

On agit à la première station sans agir à la seconde, par conséquent sans que la communication avec le conducteur D' du pôle négatif de la pile P' existe à cette station, ou que le rhéostat

soit dans le circuit. Le courant, parti de la première, traverse le relais qui s'y trouve sans agir sur lui, comme nous l'avons vu; une de ses moitiés parcourt le fil de ligne, entre en B' dans le fil de l'électro-aimant du relais de la seconde station, arrive au point de soudure A' des deux fils, entre dans le second et ressort en C', pour de là pénétrer dans le sol et revenir au pôle négatif de la pile de la première station. Il est facile de voir que ce courant, qui n'a pas agi sur le relais de la première station, doit agir sur celui de la seconde, puisque, par l'effet de la disposition des deux fils, il les parcourt *successivement* dans le même sens; tandis que, lorsque le courant les parcourt *parallèlement* en se bifurquant entre eux, ses deux portions les traversent en sens contraire <sup>1</sup>. Les choses se passent de même quand, pour expédier une dépêche de la seconde station à la première, on fait communiquer à la seconde station le pôle négatif de la pile avec le conducteur D' et par conséquent avec le sol, et en même temps avec l'extrémité C' du second fil du relais par l'intermédiaire du rhéostat. Le courant se bifurque entre les deux fils du relais, n'agit donc pas sur lui; une moitié achève son circuit à travers le fil du rhéostat, l'autre moitié parcourt le fil de ligne pour aller agir sur le relais de la première station, en parcourant successivement les deux fils, pour de là revenir à travers le sol à la pile P'. Ainsi donc, la transmission des dépêches se fait facilement soit de la première station à la seconde, soit de la seconde à la première, et lors même que le courant traverse les relais des deux stations, il n'y a jamais que le relais de la station dont le levier-clef n'est pas baissé qui soit affecté, le relais de la station de départ ne l'étant pas, à cause des deux courants égaux et contraires qui le traversent <sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Rien n'est plus facile à comprendre que, lorsque deux fils sont enroulés en sens contraire autour d'une bobine, et que ces fils sont unis par leurs extrémités qui sont situées du même côté, le courant qui entre par l'extrémité libre de l'un des fils, et qui sort par l'extrémité libre de l'autre, circulera dans le même sens autour de la bobine, pendant tout son trajet, à travers les deux fils également.

<sup>2</sup> Il faut remarquer qu'à la station, où le levier-clef est au repos, l'extrémité C ou

Maintenant, que se passe-t-il si on ferme en même temps le circuit des deux piles locales aux deux stations, en établissant simultanément à toutes les deux, au moyen des leviers-clefs, la communication entre les pôles négatifs et les conducteurs D et D' respectivement? Il est évident que les pôles positifs des deux piles qui aboutissent en A et en A' se trouvent unis par l'un des fils de chaque relais, les fils A B et A' B', et par le fil de ligne B B'; d'où résulte que cet ensemble de circuit sera parcouru par deux courants égaux et contraires, ou plutôt qu'aucun courant ne s'y établira. Ainsi, par le fait qu'aux deux stations également le circuit est fermé en même temps, les deux relais qui s'y trouvent sont mis en mouvement, puisque dans tous les deux, l'un des deux courants égaux qui se neutralisaient mutuellement est détruit; mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que le relais de la première station marche par l'effet du courant qui, parcourant le fil AC, revient par le rhéostat au pôle négatif de la pile P, et par conséquent par l'effet du courant de sa pile locale, comme le relais de la seconde station marche aussi par l'effet du courant de sa pile locale. Ainsi, la disposition du système télégraphique est combinée de façon que, lorsque la transmission des deux dépêches est simultanée, l'un des courants égaux de chaque relais est annulé, ce qui détruit l'équilibre et permet au courant non annulé d'agir.

En résumé, il y aura donc transmission des signes, soit qu'on agisse successivement, soit qu'on agisse simultanément sur les leviers-clefs de chaque station: dans le premier cas, par l'effet direct du courant de ligne transmis de la station qui envoie à la station qui reçoit; dans le second cas, par l'annulation des deux courants de ligne qui chemineraient en sens contraire, si cela était possible, et par l'action prépondérante qui en résulte de l'un des deux courants contraires qui parcou-

C' du second fil du relais communique avec le sol directement, tandis que dès qu'on abaisse le levier-clef, on interrompt cette communication en la remplaçant par celle qui a lieu avec le conducteur D ou D' par l'intermédiaire du rhéostat. Nous avons déjà vu le levier-clef remplir ce double office.