A Monsieur De Selys membre et président de l'académie des Sciences de Bruxelles.
Hommage de la part de l'auteur.
M. Glorsenczy

RECHERCHES

SUR

LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

RECHERCHES

SUR

LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE,

PAR

Michel GLOESENER,

DOCTEUR EN SCIENCES PHYSIQUES ET MATHÉMATIQUES; PROFESSEUR ORDINAIRE DE PHYSIQUE A L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE, MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES DE LIÉGE, DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES DE BOHÊME; MEMBRE CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET BELLES-LETTRES DE METZ, DE NANCY ET DE LA SOCIÉTÉ VOSGIENNE DES SCIENCES NATURELLES; MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ POLYTECHNIQUE DE WÜRTZBOURG, ET MEMBRE DE L'ACADEMIE NATIONALE AGRICOLE ET MANUFACTURIÈRE DE FRANCE.

LIÉGE,
H. DESSAIN, IMPRIMEUR-LIBRAIRE,
PLACE St.-LAMBERT, Ne 9-28.

1853.

RECHERCHES

SUR

LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

Le Mémoire qu'on va lire contient un exposé sommaire des nombreuses recherches que j'ai faites sur tous les systèmes de Télégraphes électriques, à l'exception de celui qui a pour but l'impression à l'aide de lettres. Elles embrassent toutes les questions essentielles sur la Télégraphie. Mon dessein n'est pas d'apprendre au lecteur la théorie du mécanisme des Télégraphes, ni la manière dont ils fonctionnent. Je suppose l'une et l'autre connues, et me demande seulement ce qu'il y a de mieux à faire dans chaque système, et s'il n'y en a pas de préférables à ceux actuellement en usage.

J'ai constamment, dans ces recherches, fait marcher de front la théorie avec l'expérience, en contrôlant sans cesse par celle-ci ce que celle-là m'indiquait comme devant être bon. Il m'a fallu, ainsi qu'on peut le présumer, construire à cet effet un grand nombre d'appareils, les modifier et même les abandonner complètement pour en confectionner d'autres lorsqu'ils ne répondaient pas à mon attente; j'ai été fortement secondé dans cette partie matérielle de mon travail par mon préparateur à l'Université, M. Tissington. C'est ainsi que, multipliant et variant à l'infini mes essais, je suis enfin parvenu aux résultats que je livre aujourd'hui à l'appréciation du public savant.

Pour plus de clarté, j'ai divisé ce Mémoire en autant de paragraphes qu'il contient de questions; elles sont nombreuses, et,

afin que le lecteur puisse les embrasser d'un regard, je crois devoir en mettre sous ses yeux le tableau que voici :

1° Exposition des inconvénients du ressort de rappel dans les Télégraphes.

2° Moyen proposé pour éviter les inconvénients du ressort de rappel et pour le remplacer.

3° Puissance motrice, au moins double, résultant de l'emploi de ce moyen proposé.

4° Moyens nouveaux d'accroître encore la puissance motrice dans le système de l'auteur.

5° Sensibilité doublée des Télégraphes à aiguilles astatiques.

6° Construction d'un récepteur permettant à l'aiguille d'avancer, de rétrograder et d'osciller à la volonté du Télégraphiste.

7° Récepteur où les lettres sont distribuées sur deux, trois ou quatre circonférences, et accroissement de vitesse qui résulte de cette construction.

8° Système de Télégraphe, où le courant électrique fait tout, à double clavier, sans ressort de rappel et sans que le courant change de direction.

9° Examen critique de différents modes de construction des transmetteurs ou des manipulateurs des Télégraphes à cadran.

10° Système à cadran avec clavier complet, avec transmetteur et avec récepteur sans ressort de rappel, le courant étant interrompu et dirigé alternativement en sens contraire par un mouvement d'horlogerie.

11° Construction d'un Télégraphe à clavier pour écrire à de grandes distances sans pile locale, sans ressort de rappel, avec un nombre de signes réduits de 69 ou 72 à 42.

12° Appareil permettant de transmettre les dépêches à une troisième, à une quatrième station, etc., en omettant les stations intermédiaires, sans faire passer directement le courant de la première station à la dernière, et sans faire copier et transmettre les dépêches de station à station ; appareil applicable aux Télégraphes à cadran et aux Télégraphes à écrire, les uns et les autres étant sans ressort de rappel.

13° Comparaison des divers systèmes de Télégraphes ; avantages et désavantages de chacun d'eux ; examen des causes qui peuvent déranger leur marche.

14° Emploi avantageux du courant d'induction comme force motrice en Télégraphie.

15° Discussion de la question relative à l'établissement des fils aériens et des fils souterrains des lignes télégraphiques.

16° Remarques et réclamation au sujet d'un rapport relatif à un point contenu dans le paragraphe précédent.

17° Pendule magnéto-électrique.

18° Deux modifications dans la construction des galvanomètres.

19° Influence du magnétisme ordinaire sur le corps humain.

I.

Inconvénients de l'emploi du ressort de rappel dans les horloges et les télégraphes électriques.

1. Dans les horloges électriques, comme dans les Télégraphes à cadran avec lettres et ceux à écrire, la force motrice est un électro-aimant parcouru par un courant électrique, qu'on interrompt et rétablit alternativement et d'une manière continue. Lorsque le courant passe, l'électro-aimant attire une palette de fer doux, qui reste en place après que le circuit est rompu, mais qu'on ramène à sa position primitive à l'aide d'un petit ressort en acier ou en laiton. Ce système est représenté Pl. III, fig. 1; A est l'électro-aimant horizontal, PP′ la palette de fer doux, T sa tige engagée dans la fourchette C adaptée à l'axe *ab*; R le ressort de rappel; *m* et *n* deux palettes d'échappement montées sur l'axe *ab* et mobiles avec lui; M un mouvement d'horlogerie à ressort, qui meut l'aiguille indicatrice S portée sur l'axe d'une roue à rochet de 12 ou de 14 dents, passant successivement entre les palettes *m* et *n*.

Le ressort de rappel est une force permanente, tandis que l'électro-aimant est une force périodique. Lorsque le courant passe dans ce dernier, il attire la palette de fer; la tige T déplace l'axe *ab* et par suite les palettes *m* et *n*; la roue à rochet est dégagée, marche par saut d'une demi-dent, et, à chaque saut, l'aiguille S passe d'une lettre à la suivante au-dessus d'un cadran, sur lequel sont gravés l'alphabet complet et le signe +, devant lequel on ramène toujours l'aiguille, lorsque le Télégraphe ne fonctionne pas, et encore à la fin de chaque mot.

Aussitôt que le courant est interrompu, la palette est ramenée à à sa position primitive par le ressort de rappel; et comme il im-

porte beaucoup que les signaux se transmettent très-promptement, il est nécessaire de fermer et rouvrir le circuit du courant plusieurs fois par seconde. Le fer doux vibre continuellement avec une grande rapidité sous l'influence du ressort de rappel et de l'électro-aimant; mais ces vibrations ne peuvent se faire sans trouble et sans irrégularité qu'autant qu'il y a un rapport de grandeur déterminé entre la tension du ressort et la force attractive de l'aimant temporaire sur la palette de fer doux. En effet, si le courant est faible, et que le ressort soit très-tendu, l'électro-aimant ne pourra déplacer la palette de fer doux; si, au contraire, le ressort est peu tendu, tandis que le courant est intense, il ne suffira plus pour ramener la palette, après que le courant est interrompu, parce que l'électro-aimant l'arrête et la retient, en vertu du magnétisme qu'il conserve et qui est proportionnel à celui que le courant avait développé. Or, l'intensité variant toujours avec le temps par l'action de plusieurs causes différentes : par l'inconstance des piles, même de celles qu'on appelle piles à courant constant; par l'influence de l'électricité atmosphérique et celle des orages; par l'isolement toujours plus ou moins imparfait des fils conducteurs des lignes télégraphiques, ainsi que par des causes locales, il en résulte que le ressort de rappel nécessite un réglage presque continuel, et que, par suite, outre ce désagrément, il produit un retard dans les communications. Aux inconvénients que présente l'emploi du ressort de rappel, il faut ajouter les deux suivants. Le magnétisme qui reste dans l'électro-aimant, après que le courant est interrompu, agit sur la palette de fer, tend à l'attirer et à la retenir; il a, par conséquent, infailliblement pour effet de diminuer la rapidité des vibrations de la palette de fer. La pratique m'a démontré qu'il en est ainsi : en faisant marcher par l'action du même courant électrique invariable, durant les expériences, deux télégraphes identiques dans leur construction, mais, l'un muni d'un ressort de rappel, et l'autre fonctionnant sans ce ressort (voir le paragraphe suivant), ce dernier permettait de transmettre les signaux avec plus de vitesse que le premier. Enfin, le ressort de rappel occasionne par sa tension, toujours nécessaire, une résistance très-appréciable à vaincre par la force du courant, résistance qui est d'autant plus préjudiciable que celle due aux fils des lignes et à ceux des électro-aimants, que l'on ne peut éviter, affaiblit l'intensité des aimants des piles, même très-énergiques, au point qu'avec le même appareil on ne peut télégraphier (parler) qu'à des distances limi-

tées. Aussi s'est-on plaint et se plaint-on généralement des inconvénients qu'entraîne l'emploi du ressort de rappel dans les Télégraphes, et, si l'on continue de s'en servir, c'est qu'on ne connaît encore aucun moyen de s'en passer.

II.

Moyen proposé pour éviter les inconvénients du ressort de rappel et pour le remplacer dans les Télégraphes et les horloges électriques.

En réfléchissant de quelle manière on pourrait atténuer ou même paralyser tout ce que le ressort de rappel a de désagréable, de gênant et de défectueux, j'ai compris que le meilleur et le seul moyen de détruire entièrement ses inconvénients, serait de le supprimer lui-même; mais alors comment ramener la palette de fer doux à sa position initiale, après que le courant a été interrompu?

Examinant avec attention le mouvement oscillatoire, que la palette doit avoir nécessairement pour déterminer la marche saccadée de l'aiguille indicatrice, j'ai vu qu'il serait produit infailliblement et d'une manière irrégulière par deux électro-aimants identiques A et B, placés symétriquement de part et d'autre de la palette, que le courant électrique traverserait, non pas simultanément, mais alternativement; c'est-à-dire de telle sorte que l'un déplaçât la palette en l'attirant vers lui, l'autre n'agissant pas, et que l'instant d'après ce dernier la ramenât à sa position initiale, le premier restant sans action. En conséquence, j'ai fait passer le courant d'une pile, à l'aide d'un petit interrupteur adapté au balancier d'un pendule en mouvement, par un fil *a* dans l'électro-aimant A, et par un fil *b* dans la pile de celle-ci, je l'ai conduit par un fil *c* dans l'électro-aimant B, puis l'y ai ramené par le fil *b* et l'ai conduit de nouveau par le fil *a* dans l'électro-aimant A, de sorte que le courant traversait alternativement les électro-aimants A et B, en passant toujours de l'un par la pile dans l'autre. Cette expérience souvent répétée m'a toujours réussi complètement.

A l'époque de ces recherches mon attention fut principalement fixée sur la construction d'horloges électriques mues par l'action des courants d'induction, et sur celle des transmetteurs des Télégraphes à l'aide d'appareils magnéto-électriques. Je commençai par employer la pile voltaïque dans les deux cas; et je me servis en-

suite d'un courant d'induction développé dans des électro-bobines à long fil, montées sur les pôles d'un fort aimant, dont je rapprochais et éloignais une plaque de fer doux à l'aide d'un excentrique mû par une manivelle. Le résumé de mes expériences se trouve dans le compte-rendu de l'Institut de France, du 7 avril 1848. A la fin de cette notice, je dis que l'on peut supprimer le ressort de rappel dans les horloges et les Télégraphes, en employant un troisième fil, ce qui deviendrait coûteux, lorsqu'il s'agit des télégraphes. Mais déjà avant l'envoi de ma notice, j'avais fait l'expérience suivante : J'avais conduit le courant électrique (d'induction) à la fois par les deux électro-aimants de mon appareil, et j'avais vu la palette rester immobile ; or, il était facile de comprendre, qu'étant attirée à la fois en sens contraire par deux forces égales, elle ne pouvait prendre aucun mouvement. Je la remplaçai alors par une palette d'acier trempé aimantée ; celle-ci commença à osciller rapidement, aussitôt que le courant d'induction traversa les deux électro-aimants à la fois et successivement. Or, les courants d'induction étant par leur nature même dirigés alternativement en sens contraire, il résulte de mon expérience les deux conséquences suivantes :

1° La palette aimantée vibrait rapidement par la raison qu'elle était attirée par un des électro-aimants, A par exemple, et repoussée en même temps par B ; et l'instant d'après, le courant ayant changé de direction, elle était attirée en sens contraire par B et repoussée en même temps par A dans la même direction, de sorte qu'elle était toujours sous l'influence de deux forces, l'une attractive et l'autre répulsive, agissant dans le même sens ;

2° En se servant des piles voltaïques pour les horloges et les Télégraphes électriques, on peut supprimer le ressort de rappel sans faire usage d'un troisième fil conducteur, si, à l'aide d'un changeur ou commutateur, on change la direction du courant et qu'on le conduise à la fois, mais successivement, dans deux électro-aimants placés symétriquement et très-près des deux côtés d'un petit aimant recourbé, de façon que le même courant les traversant à la fois successivement, l'un attire l'aimant en même temps que l'autre le repousse.

Je ne me suis jamais servi du transmetteur décrit dans ma première notice qu'avec deux électro-aimants et deux fils, dont l'un conduisait le courant d'induction dans les électro-aimants, et dont l'autre le ramenait à la pile ; mais je ne l'ai pas dit expressément

dans cette notice. Uniquement occupé à remplacer, dans les horloges et les Télégraphes, les courants voltaïques par des ~~aimants~~ courants d'induction, je ne songeais pas, dans ce moment, à la seconde conséquence indiquée ci-dessus. Mais je l'ai entrevue peu de jours après le départ de ma lettre, en date du 15 mars 1848, et dans un mémoire explicatif, en date du 24 juin de la même année, déposé à l'Institut de France, je développe les inconvénients du ressort de rappel, et expose en détail le moyen à employer pour le supprimer, tant pour le cas où l'on emploie comme force motrice des courants temporaires (d'induction), que pour celui où l'on préfère les courants continus des piles. Dans ma lettre au président, jointe à mon mémoire, je dis formellement que j'étais parvenu à supprimer le troisième fil dont il est question dans ma première lettre.

Je me bornerai à extraire littéralement de mon mémoire les passages suivants :

« L'emploi du troisième fil serait un désavantage réel; mais il » est excessivement facile d'éviter cet inconvénient, une fois qu'on » a l'idée de se servir non d'un seul électro-aimant, mais de deux, » placés symétriquement des deux côtés de la plaque aimantée. On » voit qu'on peut conduire le courant électrique dans le premier » électro-aimant appelé A, et de A dans l'autre nommé B, mais de » manière que la palette aimantée attirée par A soit en même temps » repoussée par B vers A; que le courant sorti de B passe à la » pile, change de direction, retourne en B, de B en A pour aimanter les deux électro-aimants en sens opposés, et faire, par conséquent, marcher par leur action réunie, la palette en sens » contraire. Le courant repasse de A dans la pile, change de direction, et retourne en A, puis en B et de là dans la pile, et » ainsi de suite; de telle sorte que les deux électro-aimants conspirent toujours pour mouvoir la palette motrice alternativement » dans un sens, puis en sens contraire. »

Plus loin j'ajoute : « Afin de constater l'importance de la suppression du ressort, j'ai comparé la marche d'un Télégraphe qui » en avait un avec celle d'un autre qui en était dépourvu, mais » d'une construction tout-à-fait identique; j'ai fait mes expériences » en manipulant avec des vitesses différentes et avec des courants » électriques de diverses intensités; je les ai répétées à différentes » reprises devant plusieurs personnes, notamment dans mon cours » de physique industrielle de 1847-1848 devant les élèves Félix » Dumont, Joseph Bellefroid, Victor Deliége, Othon Schaeller,

» Amédée Delevigne, Guillaume Wodon, et dans mon Cours de
» Physique générale de la même année. Il n'est resté aucun doute
» dans l'esprit de tous ceux qui ont vu marcher les deux appareils
» à la fois, l'un à côté de l'autre, que la suppression du ressort
» de rappel dans les Télégraphes et les horloges électriques et
» magnéto-électriques n'est pas seulement une excellente chose en
» théorie, mais encore une chose d'une très-grande utilité pra-
» tique. »

Au mois d'août 1848, je communiquai verbalement les résultats de mes expériences à MM. Delezenne, à Lille; Breguet et Froment, habiles mécaniciens à Paris.

Vers la fin du mois de mai 1850, M. Devaux, Inspecteur-général des mines, vint au cabinet de physique de l'université de Liége voir mon appareil; je le fis fonctionner devant lui en même temps qu'un autre Télégraphe semblable au mien, sauf mon perfectionnement; je variai considérablement la vitesse du manipulateur ainsi que le nombre des éléments de la pile employée, et par suite, l'intensité du courant électrique. Mon appareil marcha toujours dans les différents cas de l'expérience, sans qu'on eût à régler quoique ce fût; il fonctionna aussi avec des courants plus faibles que l'autre, et avec des vitesses du manipulateur que l'autre ne pouvait suivre. M. Devaux fut frappé des avantages que mon appareil présentait sur l'autre. Il m'écrivit de Bruxelles, le 15 juin, que la Commission des Télégraphes, composée de MM. Quetelet, Cabrier et de lui, ne pouvant se rendre à Liége, il me priait de lui confier mon appareil avec le changeur dont je me servais, pour le mettre sous les yeux de la Commission. Je m'empressai de satisfaire à la demande de M. Devaux. L'appareil fut, pendant trois mois environ, entre les mains de la Commission; et depuis lors mon système fonctionne dans différentes stations des chemins de fer belges. Il a été, cette année, introduit dans la télégraphie française, et je ne puis douter qu'il ne soit employé partout où l'on aura appris à en apprécier les avantages.

III.

Puissance motrice, au moins double, résultant du moyen proposé pour remplacer le ressort de rappel.

On évite 1° tout le désagrément du réglage continuel du ressort de rappel et la perte de temps qu'il occasionne; 2° on gagne une

force motrice égale à la tension qu'il faudrait donner au ressort pour vaincre l'effet du magnétisme rémanent, et pour ramener la palette à sa position initiale; 3° en employant un petit aimant recourbé d'une bonne qualité d'acier trempé dur, et aimanté à saturation, on se procure deux pôles permanents plus intenses que ne seraient les pôles temporaires développés par un électro-aimant dans une palette de fer doux, même d'excellente qualité; 4° un électro-aimant, dans lequel on fait passer un courant électrique alternativement en sens contraire, porte plus de poids que si ce même courant est interrompu, en le traversant toujours dans le même sens. Ceci résulte de quelques expériences que j'ai faites, et se trouve confirmé par d'autres dues à Poggendorf (*Annales de physique*, 1852), qui évalue au double la différence de force, mais que j'estime plus faible dans les deux cas. Cet auteur ajoute, à la fin de son article, qu'il ne connaît aucun cas où l'on ait fait des applications de cette différence de force produite par le changement de direction du courant dans un même électro-aimant. Un coup-d'œil jeté sur ma brochure lui fera voir que, depuis 1848, j'ai appliqué cette différence de force en Télégraphie; 5° dans le système d'amélioration que je propose, le petit aimant oscille constamment entre deux électro-aimants identiques et placés symétriquement sous l'influence combinée et simultanée de l'attraction de l'un et de la répulsion de l'autre. Il est, par exemple, déplacé vers la droite par les deux pôles de l'un qui l'attirent, et en même temps par les deux pôles de l'autre qui le repoussent du même côté. Immédiatement après, le courant changeant de direction, l'aimant dévie vers la gauche, étant maintenant attiré par les deux pôles de l'électro-aimant qui l'avaient repoussé l'instant d'avant, et repoussé par les deux pôles de l'autre électro-aimant qui l'avaient attiré.

Or, c'est la solidarité de ces attractions et répulsions simultanées et conspirantes de deux électro-aimants sur une palette aimantée, qui constitue le principe et la base de mon perfectionnement.

J'ai appliqué le même principe à un seul aimant droit et à un seul électro-aimant. Le premier, suspendu avec soin et verticalement à un axe horizontal, à l'aide d'un anneau en cuivre, oscillait librement entre les pôles du dernier placé verticalement en-dessous. Dans ce cas il n'agissait que sur l'un des pôles de l'aimant. D'autres fois je le posais de champ, de façon qu'il agis-

sait par ses deux pôles sur les deux pôles de l'aimant fixe. Ce système est aussi bon que le premier quant au principe ; il y a, dans l'un comme dans l'autre, solidarité d'attraction et de répulsion combinées et conspirantes. Mais la puissance motrice n'est que la moitié de celle que produisent les actions combinées de deux électro-aimants sur un petit aimant recourbé ou une palette aimantée.

Ce dernier système, tel que je l'ai proposé, a, d'après mes nombreuses expériences, une puissance au moins double de celle d'un récepteur identique par sa construction et animé du même courant électrique, mais, pour tout le reste, construit d'après l'ancien système.

Cet accroissement de force ne rend pas seulement mon appareil deux fois plus sensible, mais il donne en même temps à sa marche plus de régularité, par suite, plus de sûreté, et permet de le faire fonctionner avec de plus grandes vitesses.

IV.

Moyens nouveaux d'accroître encore la puissance motrice, dans le système de l'auteur.

Plus un Télégraphe peut acquérir, par sa construction, de puissance motrice pour transmettre les signaux avec une pile d'une intensité donnée, plus il sera propre à envoyer les dépêches directement à de très-grandes distances, par exemple, de 150, 200, 250 lieues, etc., sans qu'on ait besoin de les faire copier de station à station, d'employer des batteries fort puissantes, ni de se servir de relais avec pile locale.

Or, les communications directes sont toujours préférables toutes les fois qu'elles sont possibles ; elles sont plus expéditives, plus simples, plus faciles à établir, et exemptes des erreurs qui proviennent de l'emploi combiné d'un relais et d'une pile locale. Le relais est, comme on sait, composé d'une batterie nommée pile principale, placée à la station A, qui donne les signaux, et d'un appareil nommé commutateur ou changeur, placé à la station B, qui les reçoit. Celui-ci est disposé de façon qu'en transmettant, au moyen du manipulateur en A, les communications à faire, le courant de la batterie ne passe pas par le fil de la ligne dans le récep-

teur en B pour les indiquer sur le cadran ou autrement, mais sert seulement, par l'intermédiaire du changeur, à les faire produire ou répéter par le courant de la pile locale, à mesure et dans le même ordre qu'elles ont été transmises. Par exemple, lorsque le courant de la batterie parcourt de A en B, le fil de la ligne et celui des électro-aimants du changeur, celui-ci ferme la pile locale, le courant de cette dernière parcourt le fil des électro-aimants du récepteur, lesquels déplacent subitement la palette aimantée et font marcher l'aiguille indicatrice d'une lettre à la suivante. Aussitôt qu'on interrompt le courant de la batterie, la pile locale s'ouvre et l'aiguille reste en repos ; mais si le courant de la batterie parcourt l'instant d'après le fil du changeur en sens contraire, la pile locale se referme de nouveau, son courant traverse le fil des électro-aimants en sens contraire, la palette aimantée est déplacée du côté opposé et l'aiguille avance de nouveau d'une lettre, et ainsi de suite. (V. § 12)

Or, si le manipulateur tourne très-vite, il pourra se faire que la pile locale ne puisse pas suivre ce mouvement avec régularité, ou que la communication entre les diverses pièces du changeur et les fils conducteurs, nécessaire pour le passage régulier du courant de la pile locale dans le fil du récepteur, manque par l'influence d'une cause ou d'une autre ; par conséquent il y aura, dans ces cas, erreur dans la transmission des signaux télégraphiques. On ne peut se contenter de ce que les ressorts ou fils mobiles, conducteurs du courant, communiquent avec d'autres lames fixes par simple pression. Il est indispensable de disposer les ressorts mobiles de telle sorte qu'en pressant contre des lames fixes, ils puissent en même temps se plier un peu et frotter doucement pendant un instant contre elles. Par ce frottement le contact s'établit mieux, et, par suite, le courant passe avec plus de facilité et en plus grande quantité. Il me semble que le passage du courant d'un conducteur à un autre est rendu plus facile par la direction du courant alternativement en sens contraire, comme l'exige le système exposé plus haut ; du moins cela paraît résulter de ce que, dans certaines actions électro-chimiques des piles, il se produit des oxidations et des dépôts divers près du pôle positif, si le courant passe dans un sens, et que ces dépôts sont décomposés et enlevés, s'il passe en sens contraire.

Il importe d'éviter à tout prix toutes les causes d'erreur possibles, et, par suite, d'introduire la plus grande simplicité dans la

construction et l'emploi des Télégraphes. Or, plus le mouvement de l'appareil est facile et plus on a de force motrice à sa disposition pour le produire, plus on peut introduire de célérité et de simplicité dans les communications télégraphiques. Nous allons voir encore trois moyens qui peuvent servir, au besoin, à augmenter la puissance déjà doublée de mon système.

1° Lorsqu'un courant électrique parcourt un fil conducteur très-long, avant de passer dans un autre fil enroulé sur un fer doux, il développe dans celui-ci, d'après la théorie, d'accord avec l'expérience, le plus de magnétisme possible, si le dernier fil oppose à sa circulation une résistance égale à celle qu'il éprouve dans le premier fil et dans la pile; si en même temps il forme autour du fer le plus grand nombre de tours possibles, et si ces tours sont le plus proches possible du fer. Or, pour remplir ces trois conditions, il faut construire des électro-aimants avec du fil très-bon conducteur, en cuivre ou en argent, d'un diamètre fort petit et d'une très-grande longueur. On prend généralement, pour conducteur sur les lignes télégraphiques, du fil de fer de quatre millimètres d'épaisseur; mais un fil de ce diamètre et de 110 kilomètres de longueur équivaut à un fil de cuivre de 1512 mètres de longueur et de $^1/_5$ de millimètre de diamètre. Par conséquent, en admettant, comme on le fait partout, que la terre n'oppose aucune résistance sensible à la circulation de l'électricité, bien que Baumgartner l'évalue, d'après ses expériences, au tiers environ de celle du fil de la ligne, on aurait à donner à deux électro-aimants 1512 mètres de fil fin de $^1/_5$ de millimètre pour une ligne de 110 kilomètres, et 4 fois 1512 mètres pour une ligne de 440 kilomètres.

Or, cette quantité de fil, répartie sur les deux bobines de deux fers, dont le diamètre ne serait que d'un centimètre, formerait sur chaque bobine des couches superposées en si grand nombre, que les tours extérieurs seraient éloignés de plus de 25 millimètres du fer et n'agiraient que fort peu, et probablement pas du tout, sur le fer. Néanmoins, le nombre énorme des tours moins éloignés du fer développerait encore dans ce dernier une grande énergie, quand même l'effet d'un seul tour serait excessivement faible. Il paraît inutile de donner à une électro-bobine double plus de 1100 ou 1200 mètres de fil de $^1/_5$ de millimètre; mais avec deux de ces bobines et une pile de 440 éléments on transmet directement des dépêches à 200 et même 250 lieues. Jacobi et Lenz ont cru

pouvoir établir, comme loi d'expérience, que chaque tour du fil d'un électro-aimant, animé par un courant, produit sur le fer, s'il sort sensiblement de la bobine, le même effet, quelque soit le diamètre du tour. S'il en était ainsi, il serait utile de multiplier le nombre des couches du fil sur les électro-bobines, jusqu'à ce que leur résistance à la circulation du courant fût égale à celle que produit le fil de la ligne. Mais je crois avoir reconnu souvent dans mes recherches, et notamment par deux expériences tentées en vue de confirmer ou d'infirmer la loi de Jacobi et Lenz, que les couches, formant le même nombre de tours sur un électro-aimant, exercent sur le fer des influences qui diminuent à mesure que les couches en sont plus éloignées. C'est ce que prouve l'expérience suivante.

J'enroulai sur une bobine en bois un fil d'un diamètre égal dans toute sa longueur, de manière à en former sept couches superposées, composées d'un même nombre de tours, et recevant le courant séparément. J'introduisis dans la bobine un cylindre de fer doux, et mis un fer recourbé en contact avec lui. Je fis ensuite passer le courant d'une pile constante, d'abord par la première couche, puis par la seconde, et ainsi de suite jusqu'à la dernière. Je suspendis au contact des poids placés dans un étrier, jusqu'à ce qu'il se détachât de l'électro-aimant. Or, ces poids additionnels étaient inégaux; il en fallait plus lorsque le courant parcourait la première couche intérieure, que lorsqu'il traversait la dernière : leur nombre diminuaient graduellement de couche en couche.

Dans une autre expérience, je placai l'électro-aimant, qui m'avait servi dans l'expérience précédente, devant l'un des pôles d'une boussole d'inclinaison. Je fis passer le courant d'une pile constante successivement par chacune des sept couches, et j'observai les déviations de la boussole : je trouvai que les déviations étaient sensiblement inégales, que la plus forte était produite par la première couche intérieure, et la plus faible par la plus éloignée du fer.

Enfin, je construisis un galvanomètre avec quatre couches séparées d'un fil de cuivre, faisant chacune le même nombre de tours. Le courant parcourut la première, puis la seconde, la troisième et la quatrième. J'observai les déclinaisons de l'aiguille compensée et trouvai qu'elles étaient inégales, que la plus grande était produite par la première couche intérieure, et la plus petite par la couche extérieure. Ainsi l'action de différentes couches sur le magnétisme déjà développé dans l'aiguille est la même que celle des

couches sur le magnétisme naturel du fer dans l'électro-aimant.

Il paraît donc résulter de ces expériences, d'accord avec d'autres que je ne rapporterai pas ici, que les différents tours du fil conducteur dans les électro-aimants produisent des effets inégaux et en raison inverse de leurs diamètres.

Or, s'il en est ainsi, on doit se demander quelle quantité de fil il faut prendre pour construire les électro-aimants dans les meilleures conditions possibles. Si l'on en prend trop, une partie de ce fil qui forme les couches les plus éloignées du fer n'agira pas sur celui-ci, tout en offrant cependant une résistance à la circulation du courant dont elle diminue l'intensité. Au contraire, quand on emploie une trop petite quantité de fil pour construire des électro-bobines, celles-ci ne produisent pas des effets suffisants.

Il faut toujours se laisser guider par les deux lois suivantes que démontre l'expérience : 1° un électro-aimant produit le maximum d'effet quand son fil est équivalent au fil qui représente la résistance que le courant aura à vaincre ; 2° l'intensité est en raison inverse de la longueur réduite du circuit et en raison directe de la section.

Dès-lors on voit clairement que les mêmes électro-aimants peuvent être très-bons sur une ligne télégraphique et fort mauvais sur une autre. Pour construire des électro-aimants, on prend généralement du fer dont l'épaisseur n'excède pas 13 à 14 millimètres. Or, nous avons vu que 1500 mètres de fil de cuivre de $^1/_5$ de millimètre d'épaisseur équivalent à 110 kilomètres de fil de fer de 4 millimètres de diamètre. Mais on peut facilement enrouler 1500 mètres de ce fil fin bien revêtu de soie sur des bobines de 13 à 14 millimètres d'épaisseur, sans que la couche extérieure soit éloignée de plus de 15 millimètres du fer ; ce fil ferait sans doute 17 à 18 mille tours. On peut mettre trois mille mètres du même fil sur ces électro-bobines, qui feraient au moins 24 à 25 mille tours, dont les extérieurs ne s'éloigneraient pas à plus de 25 millimètres du fer. Or, les couches extérieures agiraient encore sur le fer des bobines, si leur fil était traversé par un courant d'une pile *Daniell* de 40 éléments, placée à 200 lieues de distance. Car j'ai vu qu'un électro-aimant, où le fer est à un centimètre de la bobine et dont le fil a une résistance de 20 kilomètres, agit encore sensiblement sur une aiguille astatique distante de 2 centimètres, s'il est traversé par un courant d'une pile *Daniell* de six éléments, après qu'il a parcouru un fil de 200 kilomètres de résistance.

La distance à laquelle les derniers tours cessent d'agir d'une manière sensible sur le fer des électro-aimants dépend évidemment beaucoup de l'intensité de la pile. Mais en ne prenant même que 25 millimètres pour limite de cette distance, nous ne devons pas oublier que le courant qui a parcouru des lignes de 150, 200 lieues de distance est très-faible, même dans le cas où il provient d'une forte pile; que, par suite, les couches à plus de 15 et de 20 millimètres du fer ne produisent que très-peu d'effet; que, d'autre part, le fil dont elles sont formées oppose une résistance à la circulation du courant, sans compensation sensible; par exemple, 100 mètres de fil des électro-bobines offrent une résistance égale à un fil de ligne de 7300 mètres, et 400 mètres équivalent à un fil de ligne de 29200 mètres.

Ceci fait comprendre qu'il n'est guère utile et qu'il peut même être désavantageux de construire des électro-bobines avec la quantité de fil exigée pour le maximum d'effet, si toutes les couches agissent avec la même intensité. On voit qu'on ne peut satisfaire à cette condition que sur des lignes de certaines longueurs, tandis que sur des lignes ~~très~~ peu-longues on ne doit employer que des électro-aimants dont les derniers tours de fil peuvent encore avoir une influence sensible sur le fer, et enfin que sur de très-grands parcours une quantité de fil plus petite que celle qu'on pourrait prendre, n'empêche pas, d'après la loi de résistance, les appareils de fonctionner convenablement.

En appliquant les observations précédentes à l'emploi de deux électro-aimants dans la Télégraphie, on voit combien il est avantageux, lorsqu'il s'agit de communiquer des dépêches à de très-grandes distances. On peut, dans ce cas, enrouler très-utilement 3000 mètres de fil et plus sur les deux électro-aimants, sans que les tours extérieurs s'éloignent de plus de 16 à 17 millimètres du fer. Par là on gagne beaucoup plus en puissance qu'on ne perd par la résistance qu'occasionne le surplus de fil mis sur les deux électro-aimants, et que l'on n'employerait qu'en pure perte sur un seul électro-aimant dans l'ancien système.

Or, comme la puissance dans le nouveau système est déjà le double de ce qu'elle est dans l'ancien, à quantité égale de fil employé de deux côtés, nous voyons qu'elle sera bien plus que le double dans les cas dont il est question, et c'est en cela que consiste le premier moyen que nous avons voulu indiquer en tête de ce paragraphe. Ajoutons encore que nous pouvons aussi nous

servir d'électro-aimants de plus grandes dimensions que dans le système ordinaire, par la raison que le courant changeant alternativement de direction en sens contraire, l'effet nuisible du magnétisme remanent n'est pas à craindre.

2° Le second moyen de rendre mon appareil plus sensible consiste à employer une palette double au lieu d'une simple, et quatre électro-aimants au lieu de deux. On place (Pl. 4, Fig. 2) les deux électro-aimants A et A′ de part et d'autre et près de NS^x, et les deux autres B et B′ de la même manière près de N′S′. Les petits aimants sont réunis à leur courbure par une légère lame de cuivre suspendue avec soin à l'axe horizontal *ab*. Le courant passe par le fil des quatre électro-aimants à la fois, mais de façon que la palette NS^x soit attirée par A vers la gauche et simultanément repoussée par A′ dans le même sens, et qu'en même temps ~~cette~~ la (N′S′) palette soit attirée vers la droite par B et repoussée du même côté par B′.

Aussitôt que le courant change de direction, la double palette se déplace en sens contraire et se met à vibrer rapidement, lorsque ces alternatives se succèdent avec une grande vitesse.

Ce système, que j'ai soumis à des épreuves répétées, produit sensiblement plus d'effet que le premier, lorsqu'il s'agit de communiquer des dépêches sur de très-grandes lignes. J'ai trouvé que les forces motrices des deux systèmes étaient dans le rapport de $1\frac{1}{2}:1$. Mais ce rapport croît sans aucun doute, lorsqu'on fait des essais sur des parcours plus longs que ceux qui étaient à ma disposition, car ainsi le veulent les lois de résistance si bien établies par Ohm et par Pouillet.

En donnant à chacun des quatre électro-aimants 1500 mètres de fil, les tours extérieurs ne seraient pas encore assez éloignés du fer, ainsi qu'on l'a vu plus haut, pour ne pas agir efficacement sur lui, et, d'un autre côté, les 6000 mètres de fil fin seraient beaucoup trop courts pour opposer au courant une résistance égale à celle des fils de 800 et de 1000 kilomètres.

Le moyen proposé permettrait même d'employer un fil de plus de 6000 mètres de longueur, ou un fil plus mince de moins de $^1/_5$ de millimètre d'épaisseur, sans que le courant perdît son influence sur le fer.

Le système de quatre électro-aimants n'est pas convenable pour des distances plus petites que 400 à 500 kilomètres, et produirait sur des lignes sensiblement plus courtes des résultats peu satisfaisants, attendu que le long fil des électro-bobines opposerait une

trop grande résistance au courant qui les parcourrait. Mais il présente une ressource pour des distances extraordinaires. Du reste, le système simple avec deux électro-aimants suffit pour des distances de 150 à 200 lieues, du moins, si l'on emploie, comme je le fais, un récepteur avec mouvement d'horlogerie.

3° Le troisième moyen d'accroître la puissance motrice de mon système consiste à remplacer la palette aimantée par un électro-aimant et les deux aimants temporaires par un aimant artificiel très-fort, et, par suite, à faire osciller le premier entre les pôles permanents de l'autre. Voici comment je procède : Je suspends (Pl. IV, Fig. 4), avec beaucoup de soin, à un axe horizontal *ab* un électro-aimant AB; je l'équilibre en faisant passer l'axe de suspension un peu au-dessous de son centre de gravité. J'en construis plusieurs, en variant leur longueur depuis trois jusqu'à six centimètres, et leur diamètre depuis un jusqu'à trois centimètres. Afin de diminuer leur poids, je les fore le long de leur axe, en laissant une épaisseur pleine de 2, 3 ou 4 millimètres. J'introduis ces cylindres forés dans des bobines revêtues de 300, 400 et jusqu'à 600 mètres de fil de cuivre isolé de $^1/_5$ de millimètre de diamètre. J'obtiens ainsi des électro-aimants pesant 112, 140, 161, 206 et jusqu'à 250 grammes. Je suspends celui d'entre eux, que je veux soumettre à l'expérience, entre les deux pôles d'aimant dont la force varie entre 5, 6 et 10 kilogrammes.

Il convient que l'écartement des pôles soit tel que l'électro-aimant puisse librement osciller, et de plus, que la hauteur des lames superposées de l'aimant soit égale à la longueur de l'électro-aimant, afin que chaque pôle puisse agir avec une égale énergie sur ses deux bouts. Or, d'après la théorie, le même pôle agit par attraction sur l'un des bouts et par répulsion sur l'autre, de telle façon, que ces attractions et répulsions sont toujours solidaires et simultanées pour imprimer à l'électro-aimant double un mouvement alternatif en sens opposé.

Voici les expériences que j'ai faites dans ce système :

J'ai pris successivement des aimants dont les pôles étaient également distants, mais dont les forces variaient depuis 5 jusqu'à 10 kilogrammes, en conservant le même électro-aimant et le même nombre d'éléments. Je fis passer le courant par l'électro-aimant et en même temps par une bobine de 50, puis par une de 100, enfin par une de 150 kilomètres de résistance; j'augmentai graduellement la vitesse du manipulateur au point de lui faire décrire un tour

entier par seconde, et même quelquefois en moins d'une seconde, de sorte que l'aiguille du récepteur parcourait, pendant ce temps, les 25 lettres de l'alphabet sur le cadran. Or, son mouvement restait parfaitement régulier avec toutes les vitesses qu'on lui imprimait. Voici les expériences à l'appui :

Entre les pôles d'un aimant posé de champ, de la force de 8 kilogrammes, je fixai le pied d'un électro-aimant vertical, creux, de 3 $^1/_2$ centimètres de hauteur, de 2 millimètres d'épaisseur, et revêtu de 400 mètres de fil, éloignés de 2 millimètres de l'aimant et pesant 116 grammes. Je conduisis le courant de 16 éléments faibles de la pile de *Daniell* par l'électro-aimant, et, en outre, par un fil de 50, puis de 100, enfin de 150 kilomètres de résistance, en faisant décrire au changeur un tour entier par seconde.

Je remplaçai ensuite l'électro-aimant par un autre également creux, mais ayant 5 centimètres de hauteur, 3 millimètres d'épaisseur et pesant 206 grammes. Le courant de la même pile passa par le fil de la bobine et en même temps par un fil de 100 kilomètres, puis par un de 150 kilomètres de résistance. Je répétai cette dernière expérience en remplaçant l'électro-aimant creux par un autre plein et pesant 260 grammes. Je réunis l'électro-aimant par une tige avec les palettes d'échappement d'un récepteur, et fis décrire à son aiguille un tour entier par seconde. Enfin, j'adaptai à l'électro-aimant une légère tige, munie d'une pointe en acier, et fis écrire ou marquer des points et des lignes sur des feuilles d'étain et sur du papier mou, en conduisant le courant par l'électro-aimant, d'abord dans un sens, puis en sens contraire.

Dans toutes ces expériences les oscillations de l'électro-aimant furent très-régulières et fort vives, et il me fut facile de reconnaître que ce système présentait une puissance motrice sensiblement plus grande que celui à deux aimants temporaires et un permanent. Mais il est facile de doubler et de tripler cette force en se servant d'un aimant fixe de la puissance de 20, de 30 kilogrammes, et en employant un électro-aimant de 700 à 800 mètres de fil, dont le poids n'excédera pas 260 grammes. Par ce moyen on pourra, j'en ai la conviction, se procurer une puissance motrice plus grande que celle produite par les autres moyens développés plus haut.

A ceci je dois ajouter encore que dans mes expériences il se développe des courants d'induction très-sensibles, dont l'action semble s'ajouter à celle du courant de la pile. Je compte soumettre à

de nouvelles épreuves le mouvement oscillatoire d'un électro-aimant en le soumettant à l'influence d'aimants fixes, afin de constater quel parti on pourra tirer de ce système en Télégraphie.

Il y a plus de deux ans que j'ai fait mes premières expériences sur le système ci-dessus; dès cette époque j'avais constaté qu'il offre plus de force motrice que le premier, mais je n'ai pu obtenir des vitesses plus grandes qu'un tour en 4 secondes. La suspension n'était pas assez parfaite ni les électro-aimants assez bien construits.

A cette époque, je fis osciller très-souvent un aimant au-dessus d'un électro-aimant placé dans une position verticale, en les rapprochant l'un de l'autre autant que possible, de sorte que l'aimant effleurait, pour ainsi dire, la surface de l'électro-aimant.

Je variai la disposition de mon expérience de différentes manières. Je donnai à l'aimant une largeur égale à la distance qui sépare les axes des deux électro-aimants simples, pour que ceux-ci pussent agir tous deux sur le pôle voisin. Je fixai près de chacun des pôles de l'aimant un électro-aimant de la manière indiquée plus haut. Je substituai à l'aimant droit un autre un peu moins large, qui pouvait passer entre les deux bouts de l'électro-aimant à un millimètre de distance de chacun d'eux. Enfin, je remplaçai l'aimant droit par un autre recourbé, dont l'un des pôles étaient presqu'en contact avec l'aimant temporaire, tandis que l'autre en était éloigné. Dans toutes ces expériences, les amplitudes des oscillations furent limitées à un millimètre de chaque côté. L'action réciproque des pôles en présence avait lieu latéralement, c'est-à-dire suivant des lignes obliques, et non suivant des lignes parallèles à leurs axes. Aussitôt que le courant traversait les électro-aimants, en changeant alternativement de direction, l'aimant commençait à vibrer en imprimant un mouvement très-rapide à l'aiguille du récepteur; cependant il était visible que ces différents modes de produire la force motrice dans les Télégraphes offraient moins d'avantage que le premier système.

M. Edmond Denys, de Nancy, a proposé un moyen d'augmenter la sensibilité des Télégraphes avec lettres, qui revient à faire agir l'électro-aimant obliquement et non parallèlement à son axe. Il n'emploie qu'un seul électro-aimaint et remplace le ressort de rappel par un léger poids, c'est-à-dire par un ressort à tension constante. Il creuse les deux bouts de l'électro-aimant et du fer de contact de 2 millimètres de profondeur, afin que le magnétisme

développé se porte sur les bords. « Les contacts, dit M. Denys, se séparent difficilement des aimants dans une direction perpendiculaire aux plans d'attraction, mais presque sans effort, quand on les tire obliquement, en les faisant glisser ou tourner sur les plans tangents. » Mais M. Denys se trompe évidemment ; car si l'action du magnétisme permanent est faible parce qu'il s'exerce obliquement ou perpendiculairement, et non parallèlement à l'axe de l'électro-aimant, qui ne voit que l'action de celui-ci, lorsqu'il est traversé par le courant, s'exerçant suivant la même ligne oblique pour ramener le contact ou la palette à sa première position, doit aussi être plus faible que si elle avait lieu suivant une ligne parallèle à son axe? Du reste, j'ai répété l'expérience de M. Denys dans des conditions avantageuses, en supprimant le petit poids qui remplace le ressort de rappel dans ses expériences, et en faisant agir à la fois les quatre pôles de deux électro-aimants droits sur deux petites palettes aimantées, de manière que ces quatre actions étaient conspirantes et que le courant par le changement alternatif de sa direction détruisait tout le magnétisme permanent. Mais malgré ces dispositions, qui auraient dû augmenter la force produite, le résultat de mon expérience, quoique bon, n'est cependant pas tel qu'on puisse recommander l'application de la méthode de M. Denys.

M. Dujardin, de Lille, est l'inventeur d'un autre moyen de produire la force motrice dans les Télégraphes par des courants d'induction développés par un ou plusieurs aimants très-forts. Ces aimants portent des électro-bobines à très-long fil sur leurs pôles, et agissent sur une plaque de fer, qu'on éloigne et rapproche alternativement des pôles ou qui tourne devant ceux-ci avec une très-grande vitesse. Le courant passe dans un seul électro-aimant devant lequel est suspendu un aimant qui est attiré lorsque le courant est dirigé dans un sens et repoussé quand il suit une direction contraire dans l'électro-aimant ; de sorte que, si ces alternatives se répètent très-rapidement, l'aimant devrait, d'après M. Dujardin, osciller avec une très-grande vitesse, et s'il est convenablement disposé à cet effet, faire marcher l'aiguille d'un récepteur ou faire écrire un levier-plume dans le système de Morse.

Ce système est, sans contredit, mauvais et inacceptable ; voici pour quelles raisons. On peut bien employer comme force motrice dans les Télégraphes l'action des courants temporaires d'induction ; je m'en suis servi moi-même très-fréquemment dans mes recher-

ches, et M. Dujardin a fait, à mon avis, une fort belle expérience, en transmettant des dépêches de Lille à Paris, à l'aide d'un courant magnéto-électrique développé par un seul aimant dans deux bobines et ensuite dans une seule. Mais afin d'éviter l'emploi du ressort de rappel, M. Dujardin propose (1) de placer auprès des pôles d'un électro-aimant, au lieu d'une lame de fer doux, un petit barreau d'acier trempé dur et aimanté à saturation, et de faire passer dans les bobines des courants dirigés alternativement en sens contraire. « Lorsque le courant, dit-il, parcourt les bobines dans un sens, le barreau aimanté se précipite vers l'électro-aimant, et lorsque le courant les parcourt en sens contraire, le barreau aimanté s'éloigne. » L'idée de supprimer le ressort de rappel ou de faire cesser ses inconvénients par un moyen quelconque doit se présenter infailliblement à l'esprit de quiconque a vu fonctionner un récepteur avec ressort, et qui a été témoin des variations sensibles en plus ou en moins qu'éprouve la pile. Pour ma part, j'ai eu longtemps cette idée avant d'avoir trouvé le moyen de remplacer le ressort.

Mais la méthode proposée par M. Dujardin est impraticable. J'ose affirmer que le remède augmente le mal qu'il s'agit de supprimer. En effet, dans l'ancien système on peut au moins transmettre des signaux, tandis que dans celui de M. Dujardin on ne le peut guère que dans certains cas spéciaux, et même alors cela ne se peut qu'au dépens de la vitesse de communication.

L'attraction et la répulsion ne sont jamais dans le système proposé, simultanées, conspirantes et solidaires; avantages que M. Dujardin se fût procuré, s'il eût suspendu l'aimant verticalement entre les deux pôles d'un aimant temporaire vertical ou horizontal. La puissance motrice eût été moins grande que dans le cas d'un aimant placé entre deux électro-aimants, mais l'appareil eût fonctionné régulièrement et mieux que l'ancien système.

MM. Breguet et Gonon ont démontré par l'expérience (*Comptes-rendus*, vol. 23), que le moyen proposé par M. Dujardin est mauvais, excepté dans le cas où l'on emploie de forts courants. Je l'ai soumis de mon côté à des épreuves variées, et j'ai reconnu qu'il ne vaut rien, quelles que soient la force ou la faiblesse des courants employés. Si l'électro-aimant est fort et que la palette soit comparativement faible, il change les pôles de cette dernière, en

(1) Comptes-rendus, vol. 23, p. 835.

développe d'autres et l'attire toujours, comme le fait un aimant fort relativement à un aimant faible. Si, au contraire, la palette est forte par rapport à l'électro-aimant, elle développe du magnétisme naturel dans celui-ci, et en est attirée dans les cas où elle devrait être repoussée. L'appareil peut marcher quand il y a un certain rapport entre la force de l'aimant et celle de l'électro-aimant; mais dans ce cas même, sa marche est lente et pénible, lorsqu'on la compare à celle d'un appareil semblable, où la palette oscille sous l'influence de l'attraction et des répulsions combinées et conspirantes de deux électro-aimants.

J'ai notablement amélioré la méthode de M. Dujardin, en plaçant une plaque de fer doux d'un côté de la palette et un électro-aimant de l'autre. L'influence de cette plaque sur l'aimant est très-grande : celui-ci y décompose du magnétisme naturel et est attiré par elle; mais il est attiré en même temps avec plus d'énergie en sens contraire par l'électro-aimant traversé par un courant; par suite, il se déplace du côté de celui-ci. Mais lorsque le courant change de direction, il est repoussé par l'électro-aimant, et en même temps attiré par la palette; et c'est à l'aide de cette attraction que son mouvement se produit avec facilité et promptitude. De plus, placé entre un électro-aimant et une palette de fer l'aimant agit sur tous deux à la fois; il a moins de tendance à se porter du côté du premier et son magnétisme se conserve bien et longtemps.

Faute d'avoir placé l'aimant entre deux électro-aimants, comme je le fais, ou du moins entre un électro-aimant et une palette de fer, ainsi que je viens de le dire, M. Dujardin a été obligé de renoncer à écrire des dépêches avec des lignes et des points, comme on le fait dans le système de M. Morse. Il a dû se borner à écrire avec des points et des groupes de points; il en convient lui-même dans sa brochure. S'il s'était servi de l'un des deux moyens indiqués ci-dessus, et surtout du premier, il aurait pu écrire, à l'aide de l'action des courants temporaires, des lignes, des points et laisser des intervalles blancs entre eux, ainsi que je l'ai fait tant de fois au moyen des courants développés par un aimant artificiel.

Aux longs développements qu'on vient de lire, je crois intéressant d'ajouter plusieurs séries d'expériences, que j'ai faites avec une pile de *Daniell* dans le cabinet de Télégraphie de M. Breguet et conjointement avec lui.

Première Série [1].

N° D'ORDRE.	NOMBRE des éléments.	RÉSISTANCE ou longueur des lignes parcourues en kilomètres.	RÉSISTANCE de chaque électro-bobine en kilomètres.	VITESSE par seconde.	MARCHE.	DÉVIATION de la Boussole.
1	10 faibl.	0	91	plus d'1 tour par 1''	très-bonne.	7° 1/2
2	10	50	»	»	»	6° 3/4
3	5	0	»	»	»	4°
4	5	50	»	moins d'1 t. par 1''	moins bonne	3°
5	10	150	»	plus d'1 t. par 1''	bonne.	6°
6	10	300	»	1 t. par 1''	»	4°,30'
7	10	500	»	1 t. par 1''	»	3°
8	16	0	»	1 t. en 0'',45	très-bonne.	12°,45'
9	16	50	»	1 t. en 0'',45	»	11°
10	16	150	»	1 t. en 0'',50	»	8°,30'
11	16	500	»	1 t. en 0'',50	bonne.	6°,30'
12	16	500	»	1 t. en 0'',62	»	5°,30
13	22	1000 à 1200	»	1 t. en 0'',50	»	3°,30'
14	16	1000 à 1200	»	1 t. en 1''	faible.	2°,45

Deuxième Série.

1	16	1250	»	1 t. en 1'',25	douce	
2	16	900	»	1 t. en 0'',83	bonne	
3	22	1250	»	1 t. en 0'',83	»	
4	22	900	»	1 t. en 0'',55	»	
5	22	925	»	1 t. en 0'',55	»	
6	16	625	»	1 t. en 0'',40	»	

(1) Les résultats de cette première série ont été obtenus dans des conditions où les meilleurs appareils de Breguet ne font le même nombre de tours qu'à la condition que la boussole marque 15 à 20 degrés.

Troisième Série.

N° D'ORDRE.	NOMBRE des éléments.	RÉSISTANCE ou longueur des lignes parcourues en kilomètres.	RÉSISTANCE de chaque électro-bobine en kilomètres.	VITESSE par seconde.	MARCHE.	DÉVIATION de la Boussole.
1	16	50	50	1 t. en 0",40	fort bonne.	16°,25'
2	»	100	»	1 t. en 0",40	»	14°,45'
3	»	230	»	1 t. en 0",50	»	10°,10'
4	»	505	»	1 t. en 0",80	»	5°,7'0
5	»	630	»	1 t. en 1",25	bonne.	4°,8'0
6	10	100	»	1 t. en 0",50	très-bonne.	10°,35'
7	»	230	»	1 t. en 0",71	bonne.	6°,55'
8	5	100	»	1 t. en 0",25	»	5°,35
9	22	1100	»	1 t. en 1",43	trop faible.	3°

Quatrième Série.

1	22	150	11000 t. de fil du n° 28.		fort bonne.	11°
2	16	»	»		»	8°
3	10	»	»		bonne	5°
4	5	»	»		insuffisante.	»
5	28	»	»		supérieure.	15°
6	34	»	»		»	16° 1/2
7	40	»	»		»	18°
8	46	»	»		»	21°
9	10	350	»		insuffisante.	3° 1/2
10	16	»	»		suffisante.	5°
11	22	»	»	1 t. en 1"	très-bonne.	7° 1/2
12	28	»	»		»	10°
13	40	»	»		supérieure.	12°
14	10	450	»		insuffisante.	3°
15	16	»	»		suffisante.	4° 1/2
16	22	»	»	1 t. en 1",50	bonne.	6°
17	28	»	»	1 t. en 0",75	très-bonne.	8°,45'
18	34	»	»	1 t. en 0,50	supérieure.	9°,30'

Cinquième Série.

N° D'ORDRE.	NOMBRE des éléments de la pile Bunsen.	RÉSISTANCE ou longueur des lignes parcourues en kilomètres.	RÉSISTANCE de chaque électro-bobine en kilomètres.	VITESSE par seconde.	MARCHE.
1	29 faibles.	234 et 1 parcours égal par la terre.	91	1 t. en 0″,50	très-bonne.
2	20	»	»	»	»
3	15	»	»	1 t. en 1″	»
4	10	»	»	»	fort bonne.
5	7	»	»	1 t. en 1″,75	un peu trop faible
6	8	»	»	»	beaucoup trop faible.
7	29	468	»	1 t. en 0″,50	très-bonne.
8	15	»	»	»	»
9	10	»	»	1 t. en 1″	fort bonne.
10	7	»	»	1 t. en 1″,75	un peu trop faible.
11	5	»	»	»	beaucoup trop faible.

Les expériences qui précèdent ont été faites en commun avec M. Breguet, qui a bien voulu mettre à ma disposition tout ce qu'il fallait pour essayer mes appareils, après les avoir construits sur mes indications. Ces expériences donnent lieu à plusieurs observations intéressantes :

1° On emploie généralement sur les lignes télégraphiques du fil de fer de 4 millimètres de diamètre, et l'on représente les fils en cuivre des électro-bobines par des longueurs de fil de fer de ce diamètre, qui leur sont équivalentes. Ces deux fils diminuent considérablement l'intensité du courant qui les parcourt, et cela en raison de leur longueur ; mais si ce courant conserve encore assez d'énergie pour imprimer, par suite du magnétisme qu'il développe dans le fer de l'électro-aimant, un mouvement rapide à l'aiguille du récepteur d'un Télégraphe, on est certain qu'un courant d'une intensité égale suffit, abstraction faite de toute perte qu'il peut éprouver, pour transmettre avec le même appareil, des dépêches

entre deux villes distantes d'un nombre de kilomètres égal à la longueur parcourue par le premier courant. On est également certain que ce même courant suffit aussi dans la pratiqne pour parler à la distance indiquée, si l'on a seulement le soin d'en augmenter l'intensité en raison de l'affaiblissement que lui font éprouver diverses causes locales, telles que des déviations, une communication défectueuse établie avec la terre, des contacts imparfaits, l'influence de l'électricité atmosphérique, etc. Or, ces diverses influences nuisibles pouvant être, pour la plupart, en très-grande partie évitées, et étant d'ailleurs entièrement indépendantes de la construction de l'appareil, il est vrai de dire que s'il fonctionne bien dans un cabinet, il fonctionnera également bien sur les lignes; et que, par conséquent, nos expériences ont, dans la réalité, le même caractère d'utilité pratique que si elles avaient été faites sur de grandes lignes.

2° Nous nous sommes servis d'une pile de *Daniell* faible et déjà longtemps en service pour faire les expériences des quatre premières séries, et d'une vieille pile de *Bunsen* montée avec de l'eau et de l'acide sulfurique, sans acide nitrique, pour celles de la dernière.

3° Les résultats de la première série ont été obtenus, comme on l'a vu plus haut, dans des conditions où les appareils de M. Breguet les mieux faits n'exécutaient le même nombre de tours qu'à la condition que la boussole marquat 15 à 20 degrés, ce qui fait ressortir avec évidence le grand avantage du nouveau système sur l'ancien; avantage qui est également démontré par les expériences des autres séries, que nous avons pris le soin de répéter dans les deux systèmes en consultant la boussole. Nous avons, en outre, constamment remarqué que malgré les variations si différentes de l'intensité des courants employés, aucun réglage du récepteur n'était jamais nécessaire.

4° En comparant dans la seconde colonne les grandes distances parcourues par le courant avec le petit nombre des éléments, qui l'ont produit, on est surpris des résultats obtenus. Ceci dépend d'abord de la bonté du système, mais en même temps de ce que le récepteur est construit avec un mouvement d'horlogerie, proposé en premier lieu par M. Wheatstone, mais amélioré et exécuté avec une précision parfaite par M. Breguet. (Voir paragraphe XIII).

5° Quand on met en parallèle plusieurs expériences, soit de la

même série, soit de séries différentes, on remarque que la déviation de la boussole peut être la même, ou à-peu-près, et que cependant la marche de l'appareil est loin de l'être. C'est que le courant, provenant du plus grand nombre des éléments, et ayant déjà surmonté de plus grandes résistances, imprime plus de vitesse à l'appareil. Il perd en quantité, par les résistances qu'il doit vaincre, mais il acquiert une plus grande tension, devient plus propre à surmonter de nouvelles résistances, et agit avec plus d'énergie sur le fer de l'électro-aimant. C'est M. Breguet qui m'a fait faire cette remarque. Il ressort aussi de nos expériences qu'avec un courant produit par ce même nombre d'éléments on peut parler à des distances diverses, avec des vitesses peu différentes, si le courant a beaucoup d'intensité. Par exemple, à l'aide d'un courant de 16 éléments, on parle à une distance de 100 kilomètres avec une vitesse de 2 $^1/_2$ tours par seconde, et à une distance de 230 kilomètres avec une vitesse de 2 tours par seconde, les lignes étant supposées en très-bon état.

6° Les expériences de la dernière série ont été faites de deux manières différentes sur la ligne de Paris à Bourges, et par conséquent sur une distance de 234 kilomètres, en présence de M. Alexandre, administrateur des Télégraphes, et de M. Breguet: 1° Le courant a passé par le fil de la ligne de Paris à Bourges, puis est revenu par la terre à Paris, et réciproquement. On a varié le nombre des éléments de 29, 20, 15, 10, 7 et 5. 2° on a conduit le même courant par le fil de Paris à Bourges et par un second fil de Bourges à Paris; c'est-à-dire par un fil d'une longueur double, et par conséquent, par une résistance double, puisque celle que la terre oppose est à-peu-près ou même tout-à-fait nulle. Or, malgré la résistance double, on a conservé la même pile, et l'on a varié le nombredes éléments dans le même ordre que dans la première expérience. Le récepteur marchait néanmoins parfaitement bien. (Voir la 5me série).

V.

Accroissement de sensibilité dans les Télégraphes à aiguille astatique.

M. Wheatstone est l'inventeur du Télégraphe à aiguille astatique ; il en a construit avec une seule et avec deux aiguilles. Celui à une seule aiguille est composé d'un multiplicateur à long fil M (Pl. V, Fig. 1) avec une aiguille composée *ns* N *n's'* mobile autour de l'axe horizontal *xz ;* d'une manivelle A adaptée à l'axe en acier V muni d'une pièce en laiton échancrée *m* N *n*, d'un fort ressort en acier R passant dans l'entaille *m* N *n*, d'une plaque en laiton L, de deux ressorts en laiton PP' et QQ', fixés à une pièce en bois BB', tous deux en contact intime avec la lame L.

Le multiplicateur est fixé verticalement dans une caisse en bois, dont la face antérieure porte un cadran en cuivre argenté, sur lequel sont gravés les signes adoptés pour les dépêches et se trouvent deux supports en ivoire *c* et *d* placés de part et d'autre de l'aiguille extérieure *n's'*, tandis que vis-à-vis de l'aiguille de la face opposée *n''s''*, au fond de la caisse, sont fixés deux électro-aimants EE', l'un près du pôle austral, l'autre près du pôle boréal, à une distance de 8 à 10 millimètres, distance que l'on détermine par l'expérience et que l'on peut varier à volonté.

Le courant passe de la pile *k* dans la vis à pression *a*, puis par le fil *aaa* dans l'axe V, où il est arrêté. Mais si l'on tourne la manivelle A vers la gauche, il suivra N*m* en contact avec PP', puis le fil *fo*, parcourra le multiplicateur et les deux électro-aimants, en sortira au point *o'*, traversera le fil *o'f'a'*, puis le fil de la ligne, parcourra le multiplicateur et les deux électro-aimants du récepteur à la seconde station, et reviendra par la terre, ensuite par le fil *b'e'* dans le ressort en laiton QQ', passera par la lame L dans le fil *bb* pour retourner à la pile, et fera en même temps frapper l'aiguille *n's'* contre le pivot *d*. Lorsqu'on veut interrompre le courant, on retire la main, et aussitôt le ressort R ramène la manivelle dans sa position initiale.

Quand on incline la manivelle de la droite vers la gauche, le courant passe de l'axe V par N*n* dans le ressort QQ', puis par le fil *c'b'*, et par la terre dans le multiplicateur et les électro-aimants du récepteur à la seconde station; il revient par le fil *a'f'o'*, par le

multiplicateur et les électro-aimants, passe ensuite par le fil $o'f'$, par le ressort PP′, par la lame L, retourne dans la pile, et l'aiguille $n's'$ frappe en même temps contre le support c.

On comprend qu'on peut faire dévier l'aiguille un nombre quelconque de fois vers la droite, puis vers la gauche, soit en alternant, soit d'une manière consécutive. On représente la déviation vers la gauche par l, celle vers la droite par r, et si l'aiguille ne touche pas le support, elle est censée ne pas avoir dévié. Il est maintenant facile de comprendre comment, par les diverses combinaisons possibles des déviations de l'aiguille on forme l'alphabet; par exemple, un mouvement vers la droite signifie e; un mouvement vers la gauche signifie i; rlr signifient a; rrl signifient k; rr signifient r, etc.

Lorsqu'on reçoit des dépêches, la manivelle A est au repos, le courant de la pile k est rompu, mais celui de la station qui parle, vient par le fil de la ligne en a', parcourt successivement les deux électro-aimants, et le multiplicateur arrive en $\not{a}afo$, passe par PP′LQ′Q et retourne par b' et la terre dans la pile de la seconde station. Si, à cette station on change la direction du courant, il vient par la terre en b', passe par QQ′LP′P, traverse ofa, puis le multiplicateur et les électro-aimants et retourne par a' et le fil de la ligne dans la pile de la seconde station.

Les récepteurs, comme on le voit, fonctionnent à la fois aux deux stations : celui de la première station sert à transmettre et l'autre à indiquer les signaux. On conçoit sans peine que c'est une affaire de convention de représenter une lettre par tels mouvements de l'aiguille plutôt que par tels autres. Par exemple, on peut désigner a par rr et f par rlr, ou bien faire l'inverse. Mais il convient de représenter de préférence par le plus petit nombre de mouvements les lettres qui se rencontrent le plus fréquemment. Voici l'alphabet à une et à deux aiguilles adopté en Belgique.

ALPHABET A UNE AIGUILLE.

+ = *l*	k = *lrl*	t = *rrrl*
a = *ll*	l = *lrlr*	u = *rll*
b = *lll*	m = *r*	v = *rrrl*
c = *llll*	n = *rr*	w = *rll*
d = *lr*	o = *rrr*	y = *rlr*
f = *llllr*	p = *rrrr*	x = *lrlr*
g = *lrr*	q = *lrl*	z = *rrl*
h = *llrr*	r = *rl*	
i = *rrr*	s = *rrl*	

ALPHABET A DEUX AIGUILLES.

AIGUILLE A GAUCHE.		AIGUILLE A DROITE.		MOUVEMENTS PARALLÈLES ET SIMULTANÉS (1).		
+ = *l*	d = *lr*	h = *l*	m = *lr*	r = *l*	u = *rl*	x = *rr*
a = *ll*	e = *r*	i = *ll*	n = *r*	s = *ll*	v = *lr*	y = *rrr*
b = *lll*	f = *rr*	k = *lll*	o = *rr*	t = *lll*	w = *r*	z = s
c = *rl*	g = *rrr*	l = *rl*	p = *rrr*			

ALPHABET POUR LES CHIFFRES.

1 = c	6 = m
2 = d	7 = n
3 = e	8 = r
4 = h	9 = u
5 = l	0 = v.

La lettre *z* est omise et remplacée par la lettre *s*, *q* est omis et remplacé par *k*. Les chiffres sont représentés par les mêmes mouvements que les lettres. Le passage des lettres aux chiffres, s'indique par les signes *h* et + qui sont répétés par la personne qui reçoit, afin de faire connaître qu'elle a compris. Lorsque le Télégraphiste veut repasser des chiffres aux lettres, il donne les signes *m* et +, qui sont répétés à l'autre station.

La personne qui reçoit transmet après chaque mot reçu la lettre *e*, quand elle a compris, et le signe + si elle n'a pas compris ; et alors le même mot est répété par celui qui transmet. Par les lettres *r* et *w* on indique « *Attends* » et « *Va plus loin.* »

Le Télégraphe représenté, Fig. 3, PLV, diffère à plusieurs égards de celui de M. Wheatstone : Le ressort R ramène la clef A instantanément à sa position de repos, dès que la main cesse de la déplacer : il en résulte que le courant est subitement interrompu et qu'il ne peut être rétabli par des causes accidentelles.

(1) Les lettres sont indiquées par les parties inférieures des aiguilles suspendues au-dessus de leurs centres de gravité; *l* indique le mouvement vers la gauche, et *r* le mouvement vers la droite.

Les deux petits ressorts r et r' en contact avec la plaque L frottent un peu contre P′ et Q′, lorsque ceux-ci reviennent à leur position initiale, et par là le contact métallique nécessaire pour le passage du courant est accru et assuré.

J'ai introduit dans la construction de mon appareil deux perfectionnements, qui en augmentent considérablement la force motrice, en la doublant et la triplant même, s'ils sont convenablement disposés.

Le premier consiste à employer trois aiguilles aimantées au lieu de deux, comme le fait M. Wheatstone. Deux d'entre elles forment un système compensé et ont un centimètre de largeur et environ 10 de longueur. La troisième, adaptée à l'axe devant le cadran, sert d'indicateur des signaux; elle est moins large que les autres, et est rapprochée autant que possible du multiplicateur.

Le second perfectionnement, beaucoup plus important que le premier, consiste dans l'emploi simultané d'un multiplicateur et de deux électro-aimants placés, l'un près du pôle austral, et l'autre près du pôle boréal de l'aiguille, à la face postérieure du multiplicateur, de telle façon que leurs actions soient toujours simultanées et conspirantes. C'est surtout l'influence de ces électro-aimants placés à la distance de 10 millimètres de l'aiguille, comme nous le verrons, qui produit l'accroissement notable de force motrice de mon appareil.

Ces deux moyens, je les indique comme des perfectionnements importants dans une demande de brevet, en date du 14 janvier 1851; et dans ma lettre cachetée, en date du 1er octobre 1850, adressée à l'Académie de Bruxelles, je recommande, pour la construction des Télégraphes à aiguilles, l'emploi de deux électro-aimants conjointement avec un multiplicateur à aiguille astatique. Dans cette lettre, j'apporte à l'appui plusieurs expériences, dont je me bornerai à citer les deux suivantes :

1° Je construis un multiplicateur vertical avec un fil de cuivre de 80 mètres et une aiguille astatique lestée par en bas, et je conduis par l'appareil un courant d'un élément de la pile *Daniell;* la déviation de l'aiguille observée est de 15°. Je partage ensuite le fil en deux parties égales, en en laissant 40 mètres sur le multiplicateur et enroulant les 40 autres sur un fer recourbé; je place celui-ci à 23 millimètres de distance devant l'un des pôles de l'aiguille extérieure, en faisant passer en même temps le courant du même élément à la fois par le multiplicateur et par l'électro-aimant.

La déviation observée est cette fois de 45° ; par conséquent les 40 mètres de fil animés par le même courant constant produisent, en agissant comme simple multiplicateur, un effet trois fois plus petit que s'ils agissent par l'influence du magnétisme qu'ils développent dans le fer, et cette différence d'action serait bien plus grande encore, si l'électro-aimant était placé non à 23, mais à 10 ou 12 millimètres de l'aiguille.

2° Je fais passer un courant électrique d'un seul élément *Daniell* par le multiplicateur de 70 mètres de fil d'un petit Télégraphe qui me sert dans mes recherches, en affaiblissant le courant, à l'aide d'un rhéostat, au point que l'aiguille cesse de dévier. Puis j'enlève 30 de ces 70 mètres de fil, et j'en construis un électro-aimant que je place à 10 millimètres de distance devant l'aiguille du multiplicateur. Aussitôt que le courant de la même pile traverse ce dernier et l'électro-aimant, l'aiguille commence à osciller rapidement et frappe les supports à gauche et à droite assez vivement pour pouvoir servir à transmettre des communications. On se procure une force motrice plus grande encore si l'on divise le fil du multiplicateur en trois parties, dont l'une est employée à construire un multiplicateur et les deux autres deux électro-aimants, en plaçant chacun de ceux-ci près de l'un des pôles de l'aiguille fixée à la face postérieure du multiplicateur.

L'utilité de l'emploi des électro-aimants étant constatée, il se présente trois questions à examiner :

1° A quelle distance de l'aiguille convient-il de les placer?

2° Entre quelles limites peut-on varier l'intensité ou la force du courant pour la transmission des communications, sans être obligé de changer la distance des électro-aimants par rapport à l'aiguille?

3° Quel est l'accroissement de force motrice qu'on se procure, en employant simultanément dans la construction des Télégraphes à aiguilles un multiplicateur et deux électro-aimants?

En effet, il est certain que l'action oblique des électro-aimants sur l'aiguille varie avec leur distance, l'écartement de leurs pôles et l'intensité du courant qu'on emploie. S'ils sont très-éloignés de l'aiguille, leur action sera ou nulle ou minime. Si, au contraire, ils en sont très-près, alors il se peut que le circuit du courant étant interrompu, le magnétisme permanent et l'influence de l'aiguille sur le fer empêchent celle-ci de retourner à sa position initiale. Enfin le magnétisme permanent étant proportionnel à l'inten-

sité du courant employé, l'aiguille pourra bien se mouvoir librement, lorsque le courant interrompu aura une certaine intensité *b*, tandis qu'elle cesserait de le faire, si l'intensité était beaucoup plus forte.

Voici maintenant comment j'ai constaté l'influence de la troisième aiguille et résolu les trois questions ci-dessus.

Je me sers d'une pile *Daniell* de 6 éléments, d'un transmetteur des signaux dont le multiplicateur à 3 aiguilles porte 600 mètres de fil, et de deux électro-aimants recourbés de 6 centimètres de longueur, revêtus chacun de 400 mètres de fil et ayant leurs pôles distants de 4 centimètres. Les électro-aimants sont disposés de manière que, leur fil étant réuni à celui du multiplicateur, ils agissent simultanément avec lui pour faire dévier les aiguilles dans le même sens, et qu'on peut les enlever et faire agir le multiplicateur seul.

1° Pour reconnaître si la troisième aiguille contribue au mouvement de l'appareil, je l'enlève d'abord en la remplaçant par une autre en cuivre; je retire les électro-aimants et je conduis le courant par le multiplicateur seul en l'affaiblissant assez à l'aide de bobines de résistance, pour qu'en opérant avec le manipulateur, l'aiguille en cuivre n'exécute que des oscillations courtes, sans frapper contre les supports; j'observe le nombre de ces dernières qui ont lieu par minute. Ensuite je répète la même expérience après avoir substitué la troisième aiguille en cuivre à celle-ci. La comparaison des mouvements des 2 aiguilles dans les deux expériences fait voir que cette aiguille exerce une influence prononcée sur la marche de l'appareil.

2° Afin de savoir à quelle distance il convient de placer les électro-aimants relativement à l'aiguille, je supprime la communication entre eux et le multiplicateur, et les éloigne de celui-ci jusqu'à la distance de 6 centimètres; je fais alors passer par leur fil le courant de 6 éléments, en rapprochant peu à peu du multiplicateur le montant sur lequel les électro-aimants sont solidement fixés. Lorsqu'ils sont à 4 centimètres de l'aiguille, l'appareil donne à peine quelques signes de mouvements; mais il devient de plus en plus sensible lorsque la distance continue de décroître; dès qu'elle n'est plus que de 6, 5 ou 4 millimètres, l'aiguille ne se meut plus librement et finit par ne plus retourner à sa position verticale après l'interruption du courant. Dans toutes mes expériences, j'ai reconnu que pour être certain que les aiguilles du multiplicateur obéiront

librement et promptement au poids par lequel elles sont lestées, il faut éloigner les électro-aimants à 1 centimètre de l'aiguille. A cette distance on ne peut plus reconnaître d'action sensible de cette dernière sur le fer des électro-aimants, et le magnétisme remanent, dû à l'influence du courant qui a parcouru la ligne de communication, n'est pas assez énergique pour troubler le mouvement des aiguilles. J'ai transmis des signaux à la distance de 236 kilomètres en réduisant successivement le parcours à 216, 162, 108, 54, 0; et néanmoins l'appareil fonctionnait parfaitement, malgré l'accroissement de l'intensité du courant, qui augmentait en raison de la diminution de la résistance ou de la longueur parcourue, abstraction faite de la très-petite résistance de la pile. Dans une autre expérience, j'ai choisi la distance entre deux stations pour transmettre des signes avec sûreté au moyen d'une pile de deux éléments, puis j'ai doublé, triplé la pile sans avoir à changer la distance des électro-aimants.

En résumé, ces expériences démontrent qu'il convient de placer les électro-aimants à la distance d'un centimètre de l'aiguille, et qu'alors on peut doubler, tripler la force du courant sans que le mouvement des aiguilles soit troublé en aucune façon. Or, dans la pratique ce cas ne se présente jamais, du moins dans les circonstances ordinaires. On emploie toujours des courants plus intenses, mais non pas trois ou quatre fois plus énergiques qu'il ne le faut. Le courant dont on se sert diminue toujours avec le temps, et dans ce cas l'appareil n'a jamais besoin de réglage. Mais quand, au contraire, dans un cas exceptionnel, par suite de l'influence d'une cause extraordinaire, par exemple, de la foudre, l'intensité du courant serait triplée, il n'y aurait pas encore besoin de toucher aux électro-aimants : et dans le cas où cela deviendrait nécessaire, on remédierait au mal en tournant le bouton d'une petite vis qui fait mouvoir les électro-aimants à la volonté de l'expérimentateur.

3° Quant à l'accroissement de force motrice produit par l'emploi simultané de deux électro-aimants et d'un multiplicateur à 3 aiguilles, elle est deux fois plus grande que celle qu'on obtient avec le même courant lorsqu'on se sert d'un multiplicateur composé d'autant de fil qu'en contiennent le multiplicateur et les électro-aimants du nouveau système. Pour démontrer ceci, j'ai fait plusieurs expériences, parmi lesquelles je me contenterai de rapporter les suivantes :

1°) Je construis un galvanomètre avec 150 mètres de fil, et un

électro-aimant avec 30 mètres du même fil ; je conduis un courant, d'abord dans le multiplicateur, puis dans l'électro-aimant que je place à 6 millimètres devant l'aiguille; la déviation de l'aiguille est la même dans les deux cas. Par conséquent le même courant produit par le magnétisme qu'il développe en parcourant 30 mètres de fil, a autant d'effet qu'en agissant directement dans le fil 5 fois plus long du multiplicateur.

2°) Je fais un multiplicateur à une aiguille avec 200 mètres de fil divisé en quatre parties égales, formant autant de couches parallèles et superposées : lorsque le courant traverse la couche la plus voisine de l'aiguille, la déviation de celle-ci est de 56° tandis qu'elle n'est que de 26°, s'il parcourt la couche extérieure. Ceci prouve, comme le démontre aussi la théorie, que l'action d'un courant diminue en raison inverse de la distance du fil au centre de l'aiguille.

3°) Dans toutes mes expériences, et je les fais avec une pile *Daniell* de 6 éléments faibles, le multiplicateur et les électro-aimants étant disposés comme on l'a vu plus haut, je conduis successivement le courant : 1° par le multiplicateur seul ; 2° par le multiplicateur et par l'un des électro-aimants ; 3° par le multiplicateur et les deux électro-aimants à la fois ; 4° par les deux électro-aimants seuls. Dans le premier cas, le manipulateur fonctionne bien et transmet nettement des signes à la distance de 54 kilomètres. Dans le second, sa marche est bonne et suffit à des distances de 108 et de 162 kilomètres, c'est-à-dire à des distances deux et trois fois plus grandes que la première. Dans le troisième cas, la marche de l'appareil est au moins aussi assurée, pour donner des signaux à 216 kilomètres, qu'elle l'est dans le premier cas. D'après ces résultats, la force motrice dans le troisième cas est à celle qui agit dans le premier comme 4 est à 1. Le calcul basé sur les lois de résistance donne 3, 29 pour ce rapport.

Enfin 4°) lorsqu'on supprime le multiplicateur, les électro-aimants seuls suffisent pour transmettre des signaux à 162 kilomètres de distance, c'est-à-dire à une distance trois fois plus grande que celle à laquelle on peut parler à l'aide du multiplicateur seul.

Il résulte donc des trois premières expériences que l'influence des électro-aimants sur la marche de l'appareil est trois et même quatre fois aussi grande que celle du multiplicateur. La quatrième confirme la conséquence déduite des trois premières, et prouve en même temps qu'avec deux électro-aimants seuls on peut construire

un Télégraphe à aiguille astatique plus sensible qu'avec un multiplicateur fait avec autant de fil qu'il y en a sur les électro-aimants en question.

Toutefois, le rapport ci-dessus entre les forces motrices dans le nouveau et l'ancien système n'est pas applicable au multiplicateur à deux aiguilles, qui, lui seul, a autant de fil qu'en ont le multiplicateur à trois aiguilles et les deux électro-aimants réunis. Et cependant ce sont les effets de ces deux derniers appareils qu'il faut comparer entre eux. En faisant les expériences qui m'ont donné le rapport indiqué plus haut, je n'avais à ma disposition qu'un manipulateur à trois aiguilles, avec 600 mètres de fil qui équivalent à 384 mètres de fil de $^1/_5$ de millimètre de diamètre. Afin de comparer les deux systèmes l'un à l'autre, d'une manière rigoureuse, j'ai construit un manipulateur à trois aiguilles, avec 896 mètres de fil qui sont équivalents à 1400 mètres de fil de $^1/_4$ de millimètre d'épaisseur. Les 896 mètres ont été divisés en trois parties : l'une de 384 mètres, les deux autres chacune de 256. Le même instrument représente donc à la fois un transmetteur de 384 mètres de fil de $^1/_5$ ou de 640 mètres de $^1/_4$ millimètre de diamètre, ou enfin un transmetteur de 640 mètres ou de 896 mètres, qui équivalent à 1400 mètres de fil de $^1/_4$ millimètre de diamètre. J'ai comparé la marche du manipulateur à trois aiguilles avec 384 mètres de fil à celle du même appareil, ~~puis~~ mais avec 896 mètres; or, la marche de ce dernier, lorsque le même courant traverse une bobine de résistance de 165 kilomètres est, autant que je puis m'en assurer, la même que celle de l'autre, quand le courant passe par une bobine de résistance de 110 kilomètres; donc, les forces devant être proportionnelles aux résistances vaincues, sont dans le rapport 3:2. De là il résulte, que le courant qui, dans notre première expérience, a pu vaincre une résistance de 54 kilomètres et faire marcher convenablement le manipulateur, lorsqu'il passait par un multiplicateur de 600 mètres, aurait pu faire marcher l'appareil aussi bien et surmonter en même temps une résistance de 81 kilomètres, si le multiplicateur de l'appareil avait eu 1400 mètres de fil. Mais alors nous aurions eu à comparer 81 et non pas 54 à 162 et à 216, et le rapport n'eût pas été 3 et 4, mais seulement 2 et 2,32.

De même, le rapport de l'action de deux électro-aimants avec 512 mètres de fil sur le multiplicateur à celle d'un multiplicateur avec 900 mètres du même fil, ne serait pas 2, mais un peu plus

que 1. En répétant mes expériences avec le nouveau manipulateur, dans des conditions variées avec la même pile de 6 éléments, j'ai trouvé :

1° Qu'avec un multiplicateur à 3 aiguilles et 384 mètres de fil de $^1/_5$ le manipulateur fonctionne bien sur des parcours moindres que 105 kilomètres, mais qu'à cette distance sa marche n'est plus suffisante, tandis qu'elle est encore bonne lorsque le multiplicateur a 900 mètres de fil.

2° Que la marche du manipulateur construit avec deux électro-aimants de 512 mètres de fil est un peu meilleure que celle d'un transmetteur avec multiplicateur à 3 aiguilles, de 900 mètres de fil sans électro-aimants.

3° Que la puissance motrice d'un Télégraphe avec deux électro-aimants revêtus de 512 mètres de fil et un multiplicateur à 3 aiguilles avec 900 mètres de fil, est pour le moins le double de celle qu'à le même multiplicateur à 2 aiguilles, et ce rapport croît lorsque pour de très-longs parcours on doit employer plusieurs mille mètres de fil. Dans ce cas les couches extérieures du multiplicateur produiraient très-peu d'action, tandis que le fil dont elles seraient formées, enroulé sur les électro-aimants, produirait des effets beaucoup plus sensibles.

En résumé, nous pouvons déduire de nos recherches les conséquences suivantes, utiles pour la pratique :

1° Il est bon de construire le multiplicateur des Télégraphes avec trois aiguilles;

2° La puissance motrice d'un Télégraphe avec deux électro-aimants et un multiplicateur à 3 aiguilles, est plus du double de celle de l'ancien système, lorsqu'on emploie plus de 1500 mètres de fil;

3° Enfin, dans la pratique on doit toujours diviser le fil en trois parties à peu près égales, l'une employée à former un multiplicateur, les autres deux électro-aimants, en disposant le tout comme il a été dit plus haut.

VI.

Construction d'un Télégraphe à cadran, dans lequel l'aiguille peut avancer, rétrograder et osciller à la volonté du télégraphiste.

Le Télégraphe que je vais décrire n'est pas destiné à être introduit dans la pratique. Je l'ai construit en 1849, lorsqu'on pouvait à peine transmettre 25 signaux par minute; mon but était d'augmenter la célérité dans la transmission des signaux, en évitant les mouvements inutiles de l'aiguille pour passer d'une bonne lettre à une autre. Je parvins, quoique peu familiarisé alors avec le maniement des appareils télégraphiques, à envoyer 46 lettres par minute, et j'entrevoyais le moyen d'en donner encore d'avantage. Mais aujourd'hui que je puis en transmettre 80 et même davantage dans le même espace de temps, et que l'appareil dont je me sers est à la fois plus simple, plus commode, plus parfait et partant plus sûr que celui que j'employais alors, je me contenterai ici d'indiquer brièvement comment je suis parvenu à réaliser le mouvement de l'aiguille à double effet, direct, rétrograde et oscillatoire.

Je supprime tout mouvement d'horlogerie qui s'oppose au mouvement de l'aiguille des signaux dans deux sens contraires. Au cadran vertical X (Pl. VI, Fig. 1 et 2) on adapte, au moyen de vis, la pièce horizontale en cuivre MM'M'' : par le centre de X et la partie M'' passe l'axe *ab* sur lequel on fixe solidement l'aiguille des signaux et trois roues à rocher Z, Z', Z'' de 28 dents chacune. A l'aide d'une vis V on tend le ressort spiral V', qui presse à volonté la lame d'acier PP' fixée au point M contre l'axe *ab*, et empêche celui-ci de se mouvoir, tout en le laissant libre d'obéir à la force qui tend à le faire tourner de gauche à droite ou de droite à gauche. NN'N'' est une pièce en cuivre fixée au cadran à l'aide d'une vis, V'' au-dessus des roues Z et Z' et taillée en bizeau formant deux plans inclinés et inverses : *ns* et *n's'* sont deux palettes aimantées ajustées par des vis dans des montants en cuivre; *gh* une tige en fer soudée à *ns* en *g*, portant en *h* un axe horizontal autour duquel se meut l'encliquetage R, qui, en engrenant dans la roue Z, fait avancer l'aiguille du cadran dans un sens; *ca* fil léger en fer, soudé en *c* à *gh*, portant en *a* une aiguille en ivoire *r*, mobile

dans la fente l lorsque la tige gh est en mouvement; (les lettres accentuées $R'g'h'$, etc., ont respectivement la même signification pour la palette $n's'$); d et d' ressorts de rappel de ns et $n's'$; t et t' petites lames d'acier destinées à empêcher R et R' de s'élever plus qu'il ne faut; b' et b'', ε' et ε'' vis empêchant ns et $n's'$ de toucher les électro-aimants; l et l' petites fentes dans le cadran X où les aiguilles en ivoire r et r' exécutent un mouvement de va et vient de 1 vers 2 et de 2 vers 1, pendant que ns et $n's'$, et par suite les tiges gh et $g'h'$, exécutent leurs oscillations entre les électro-aimants A et A', A'' et A'''.

Pour transmetteur je me sers du manipulateur du Télégraphe à aiguilles, en y ajoutant les pièces suivantes : j'adapte solidement sur l'axe V un anneau en ivoire, en fixant à frottement dur sur celui-ci une roue légère en laiton de 13 dents et sur une de ses faces une aiguille en fer. Je dispose devant celle-ci un cadran avec les lettres de l'alphabet sur deux circonférences concentriques, semblables à celui du récepteur (Fig. 2) mais indépendant de l'axe V qui passe par son centre. A la manivelle j'attache un demi-cercle en métal, muni à chaque bout de deux pointes disposées de manière que, la manivelle étant inclinée, ces pointes comprennent entre elles une dent, la poussent, avancent la roue d'une dent à la fois, en l'empêchant d'avancer d'avantage ou de rétrograder, et lorsque la manivelle est ramenée vers sa position initiale, les pointes se dégagent de la roue sans la déplacer. Quand on incline la manivelle vers la gauche, la roue et, par suite, l'aiguille tournent en sens contraire, et les mêmes phénomènes se reproduisent. V. note II.

Le récepteur est représenté Fig. 2; sur le cadran X on trace deux circonférences concentriques divisées chacune en 13 parties égales, en inscrivant sur l'intérieure le signe + et 12 lettres, et sur l'extérieure les 13 autres. On pratique dans le cadran deux fentes horizontales l et l', dans lesquelles les aiguilles r et r' se meuvent de 1 vers 2 et de 2 vers 1, lorsque les tiges gh et $g'h'$ se déplacent. Mon usage est d'indiquer les lettres sur la circonférence intérieure par l'aiguille V, et celles sur la circonférence extérieure par le mouvement de va de r et r' dans le sens de 1 vers 2, pendant que V reste immobile. Par exemple, si l'aiguille V marche du signe + vers A, en s'y arrêtant un instant, le stationnaire veut écrire la lettre A; mais quand il veut transmettre B, il interrompt le courant aussitôt que V arrive devant A et attend environ un tiers de seconde avant de le rétablir; pendant ce court instant l'ai-

guille r va de 1 vers 2, tandis que V continue de rester devant A; et par ce mouvement de r le correspondant reconnaît que le stationnaire veut envoyer la lettre B.

Ainsi, par la simple convention de prendre le mouvement de va de r et r' dans le sens de 1 vers 2, comme indicateur des lettres sur la circonférence extérieure, on réalise un système de transmission direct et rétrograde à double effet, qui permet d'envoyer les signaux avec deux fois plus de vitesse que par l'ancien système.

Chaque station doit avoir à la fois un transmetteur ou manipulateur et un récepteur, et la correspondance entre deux stations se fait de la manière suivante :

Pendant que le Télégraphe est en repos, les encliquetages R et R′ reposent tous deux sur les petits plans N′N″; mais aussitôt que le stationnaire incline la manivelle du manipulateur, soit vers la gauche, soit vers la droite, l'aiguille de celui-ci passe du signe + à la lettre A, le circuit est établi, le courant traverse le fil de la ligne, puis successivement les quatre électro-aimants du récepteur. Ceux-ci sont disposés de telle sorte que tandis que le courant retourne par la terre à la première station, l'électro-aimant A attire et celui A′ repousse la palette ns, et qu'en même temps A″ attire et A‴ repousse $n's'$. Par suite de ces attractions et répulsions l'un des encliquetages R ou R′ ne peut jamais empêcher ni même gêner le mouvement qui tend à produire l'autre. En effet, R′ glissant sur la roue Z′, monte et est maintenu sur le plan N″ par l'attraction de A″, puis par la répulsion de A‴ sur $n's'$ et enfin par le ressort de rappel d'. Aussitôt et aussi longtemps que R imprime son mouvement à la roue Z et qu'il la fait tourner d'une dent à la fois, l'arrêt de sûreté R″ l'empêche de tourner de plus de cette dent. Réciproquement R passe sur le plan N′ et y est maintenu à son tour; aussitôt que le courant change de direction, tandis que $n's'$ oscille et déplace la roue Z′ d'une dent par chaque impulsion, l'arrêt de sûreté R‴ l'empêche d'avancer de plus d'une dent.

Le système de Télégraphe que nous venons de décrire peut être simplifié, en ne plaçant qu'un seul électro-aimant près de chaque palette. Si l'on supprime A′ et A‴, et que l'on conduise le courant par les deux autres électro-aimants, A attire ns et A″ $n's'$; et après l'interruption du courant, d ramène ns et d' $n's'$ à sa position initiale. Quand la première exécute ses oscillations, R′

repose constamment sur le plan N″, y étant amené et maintenu par le ressort D′ et la répulsion de A″, et réciproquement.

J'ai reconnu par l'expérience qu'il est préférable de remplacer les deux électro-aimants par deux petites plaques de fer doux : les aimants conservent mieux leur magnétisme et l'influence de leurs pôles sur le fer augmente la force motrice.

On peut encore améliorer ce dernier système, en supprimant le ressort de rappel, et remplaçant chacun des électro-aimants par un aimant énergique, et chaque palette aimantée par un électro-aimant creux de 4 à 4 $^1/_2$ centimètres de hauteur, de 2 centimètres environ de diamètre extérieur, et revêtu de 500 à 600 mètres de fil de cuivre fin. On suspend cet aimant temporaire avec beaucoup de soin au-dessus de son centre de gravité, de manière qu'aussitôt que le courant est interrompu, il revient toujours promptement à sa position initiale : ensuite on fixe le montant qui le porte entre les pôles de l'aimant fixe, de façon que chacun agisse avec la même énergie sur l'extrémité supérieure et inférieure de l'aimant temporaire (Voir paragraphe IV). Les quatre actions des deux pôles fixes sur les deux pôles mobiles conspirent toujours pour faire osciller l'électro-aimant avec une très-grande rapidité. Je me suis assuré par l'expérience que le système ci-dessus bien exécuté est préférable à l'ancien : il a encore, quoique le récepteur n'ait pas de mouvement d'horlogerie, une puissance motrice au moins égale à celle du premier; il n'a pas les inconvénients du ressort de rappel et transmet avec beaucoup plus de vitesse.

Enfin il est encore possible de disposer les choses d'une autre manière, en inscrivant sur chaque circonférence un alphabet complet, la lettre A du second étant placée près de la lettre N du premier. Dans ce cas, on fixe le petit plan N″ au-dessous de la roue Z′, ainsi que l'encliquetage R′; celui-ci tire Z′ vers la gauche, lorsque R est en repos, et au contraire R tire la roue Z vers la droite, quand R′ reste immobile : par suite de ces deux tractions successives, l'aiguille V du cadran marche toujours dans le même sens.

Le procédé exposé plus haut pour imprimer à l'aiguille un mouvement rotatoire ou alternatif, n'a pas encore été employé, que je sache. J'ai vérifié par une foule d'expériences qu'il est très-convenable pour construire des électro-moteurs puissants. On peut, en effet, adapter à l'axe de l'appareil deux ou plusieurs roues dentées, puis placer de chaque côté des électro-aimants, ensuite faire agir

d'abord une partie de ces derniers, puis l'autre, en changeant la direction du courant. De cette façon on utilise à la fois la puissance directe et totale de plusieurs électro-aimants très-énergiques ; on multiplie cette action un grand nombre de fois pendant la durée de chaque révolution ; on détruit le magnétisme permanent, si nuisible dans les électro-aimants forts, et on empêche en même temps leurs encliquetages de troubler le mouvement du système.

En résumé, il est, je le pense, permis de conclure de ce qui précède, que, si le système direct et rétrograde à double effet, avait d'abord été bien exécuté et introduit dans le service de la Télégraphie, il l'aurait emporté sur l'ancien système auquel il est manifestement supérieur.

VII.

Récepteur dans lequel les lettres sont disposées sur plusieurs circonférences concentriques, et accroissement de vitesse qui résulte de cette construction.

Sur le cadran X (Fig. 1, Pl. VII) on trace plusieurs circonférences concentriques, par exemple, trois : du centre commun on mène huit rayons qui les divisent chacune en autant de parties égales. Sur le premier on inscrit le signe de repos +, et sur les sept autres on répartit les 21 lettres de l'alphabet, en omettant W, ~~G~~ Y, Z et Q, et les remplaçant respectivement par V, I, S et K.

Le récepteur se compose du cadran avec l'alphabet, d'un mouvement d'horlogerie, d'un électro-aimant N'S' ajusté sur une planchette horizontale en bois, et d'un petit aimant recourbé NS suspendu à un axe horizontal au moyen des vis en acier trempé V et V'. Cet aimant est placé entre l'électro-aimant et une plaque de fer ; il est ramené à sa position initiale, à l'aide d'un faible ressort spiral, aussitôt que le circuit du courant est rompu.

A côté du récepteur se trouve un appareil-timbre (Fig. 2) composé du timbre T, du martinet M, de l'électro-aimant A'B', d'une palette aimantée N'S' placée entre A'B' et une petite plaque de fer doux. La tige de M tourne autour de l'axe R : le pivot ou pointe *m*, fixé sur la tige *n* de la palette aimantée, passe dans le levier de M : les vis *a* et *b* règlent le mouvement du petit aimant N'S'.

Le manipulateur consiste en un récepteur semblable à celui représenté Fig. 1, et en un changeur (1) à deux touches de clavier marquées 1 et 2 (Fig. 2); la première sert à faire marcher l'aiguille du récepteur, et l'autre à faire fonctionner le timbre. Pour rétablir et rompre le courant, on abaisse et soulève la même touche, et pour en changer la direction, on passe la main de celle qui agit sur l'autre.

Le système complet fonctionne entre deux stations A et B de la manière suivante :

Le courant passe de la pile dans le changeur, puis dans l'électro-aimant du récepteur et dans celui de l'appareil-timbre à la station A; il se rend ensuite par le fil de la ligne dans les électro-aimants du récepteur et de l'appareil-timbre à la station B, pour revenir par la terre à la pile en A. Les deux appareils marchent simultanément et indiquent les mêmes signes, s'ils sont semblables et que tout se passe d'une manière régulière. Les électro-aimants des récepteurs font marcher les aiguilles des cadrans; ceux qui sont près des palettes N'S' font résonner les timbres, lorsqu'ils les attirent; mais quand le courant change de direction, ils les repoussent, les martinets M restent dans leur position initiale; ils s'approchent même d'avantage de la verticale. Les quatre aimants temporaires sont disposés de façon que, lorsque les aiguilles du cadran se meuvent, les timbres restent en repos.

Voici maintenant comment les signaux sont transmis : Le stationnaire rétablit et rompt le courant au moyen de la touche 1 du manipulateur. Il voit l'aiguille de son récepteur sauter de lettre en lettre : dès qu'elle est arrivée sur le rayon où est inscrite la lettre à donner, il l'arrête pendant un quart de seconde en interrompant le courant. Si la lettre à envoyer est sur la circonférence extérieure, il fait marcher de nouveau l'aiguille, sans faire résonner le timbre. Quand cette lettre est sur la seconde circonférence ou sur la troisième le télégraphiste fait passer l'aiguille sur le rayon où est inscrite la lettre; il l'arrête un instant, porte rapidement la main sur la touche 2 pour changer la direction du courant, et au même

---

(1) J'ai proposé ce mot, le premier, je crois, en 1846, dans le tome II de la *Société Royale des Sciences de Liége*, pour désigner l'appareil employé pour interrompre le courant et en changer la direction. Cette expression est aujourd'hui généralement adoptée.

moment il entend le martinet frapper un coup sur le timbre. S'il abaisse une seconde fois la même touche, le timbre résonne une seconde fois. Un seul coup signifie que la lettre est sur la seconde circonférence, et deux indiquent qu'elle est sur la troisième.

Ainsi, on distingue parfaitement sur laquelle des trois circonférences se trouve la lettre transmise, par cette simple convention, qu'elle est sur la première circonférence intérieure si le timbre ne résonne pas, et sur la seconde ou la troisième, suivant que le martinet frappe un coup ou deux. Pendant que le martinet est en mouvement, l'aiguille du cadran reste immobile, si elle est sur un des rayons impairs; mais si elle se trouve sur un des rayons pairs, elle passe au rayon suivant aussitôt qu'on change la direction du courant et que le timbre commence à résonner. Mais ce déplacement n'entraîne aucun inconvénient, parce qu'en l'arrêtant un moment sur la lettre précédente, avant de changer la direction du courant, on a fait comprendre que la lettre à transmettre est sur celui-ci. Dans le cas où la lettre qu'on veut indiquer après celle-là est sur le rayon auquel l'aiguille vient de passer, on fait faire un tour entier à celle-ci en l'arrêtant devant la même lettre. Cette fois elle est sur un rayon impair et reste en repos si l'on change la direction du courant pour faire résonner le timbre.

On peut supprimer le timbre, remplacer le martinet par un petit bouton coloré en rouge, et disposer le tout de façon que si la tige se soulève, le bouton devient visible, tandis qu'il reste derrière le cadran, si la tige reste dans sa position initiale.

Dans ce système le correspondant de la station A voit constamment l'aiguille de son récepteur marcher, et celui de la station B lit ou écrit les mêmes lettres, si les deux appareils s'accordent dans leur marche.

Le courant devant faire fonctionner deux appareils simultanément, doit avoir une intensité beaucoup plus grande que s'il n'a qu'à mouvoir l'aiguille indicatrice du récepteur de la station B.

Pour transmettre les signaux directement de la première station à la seconde, on dispose au-dessus de la touche 1, et dans le sens de sa longueur, un cadran semblable à celui du récepteur, ayant sa périphérie dentée de telle sorte que si, devant une aiguille fixe, on tourne le cadran à l'aide d'une manivelle autour d'un axe horizontal, les huit saillies ou dents abaissent la touche et établissent le courant précisément au moment où les lettres se

présentent devant l'aiguille, tandis que l'instant d'après le courant est interrompu.

Je n'ai jamais essayé le Télégraphe à plusieurs circonférences qu'au cabinet de Physique de l'Université, mais toujours avec succès. La réunion de l'appareil-timbre avec le récepteur n'a rien de compliqué. Sept des lettres qui se présentent très-fréquemment sont inscrites sur la première circonférence, et les autres le sont sur les rayons impairs devant lesquels l'aiguille n'est pas déplacée lorsqu'on change la direction du courant. Les mouvements inutiles de l'aiguille sont notablement diminués, par suite la marche de l'appareil gagne en sûreté et acquiert une vitesse double de celle de l'ancien système. Les deux systèmes ont en commun l'inconvénient du ressort de rappel, et l'un comme l'autre a une sensibilité deux fois plus petite que le système décrit dans le Paragraphe IV. L'avantage qu'offre le système à plusieurs circonférences de transmettre dans le même espace de temps deux fois plus de signes que l'ancien, est sans doute précieux; mais ceci n'est pas un motif suffisant pour l'adopter aujourd'hui en présence d'un autre système (Voir paragraphe X) qui est meilleur.

VIII.

Système de Télégraphe dans lequel le courant électrique agit seul, à double clavier, sans ressort de rappel et sans que le courant change de direction.

Pour construire ce Télégraphe, je me sers d'un principe que j'ai appliqué à la construction d'horloges électriques en 1848 (1).

J'emploie deux récepteurs semblables, l'un placé à la station qui donne, et l'autre à celle qui reçoit les signaux. Chacun se compose d'un mouvement d'horlogerie avec roue à rochet de 14 dents et de deux palettes d'échappement, de deux électro-aimants, d'une palette d'acier aimantée ou mieux d'une palette de fer doux, d'un clavier à 28 touches (2) portant la lettre E deux fois, les 24 autres

---

(1) *Comptes-rendus*, 1848.

(2) Les claviers ne seront décrits que dans le paragraphe X afin de ne pas avoir à les décrire deux fois.

lettres de l'alphabet, le signe + et un espace en blanc diamétralement opposé à ce signe. Les claviers ne servent qu'à rompre et à rétablir le courant.

Voici comment les deux appareils parlent simultanément aux deux stations : Le courant part de la pile dans le pied du récepteur bien isolé de la terre, puis passe dans l'axe de l'aiguille, la roue dentée R (Pl. VIII, Fig. 1), ensuite dans l'une des deux palettes d'échappement *mm* ou *nn*, isolées l'une de l'autre par la pièce en ivoire I. Par exemple, s'il se rend dans *nn*, il passe ensuite dans l'électro-aimant AA, puis par le fil AC de la ligne dans la roue dentée R′ du récepteur de la station B, traverse la palette *n′n′* homologue de *nn*, puis l'électro-aimant A′A′ et revient enfin par la terre à la station A. L'aimant temporaire AA attire vers lui la palette NS, et au même instant son homologue attire N′S′; les palettes d'échappement se déplacent en même temps et les aiguilles marchent d'une lettre à la suivante. Le courant est un instant interrompu; une dent de la roue R s'échappe, tombe sur la palette *mm*, et une dent de R′ vient en contact avec *m′m′*. Le courant passe de R par *mm* dans l'électro-aimant BB, et de R′ par *m′m′* dans B′B′; les palettes sont déplacées en sens inverse du précédent, mais du même côté, et les aiguilles sautent de A en B. Le courant est de nouveau interrompu, puis subitement rétabli, et ainsi de suite; les palettes NS et N′S′ sont toujours simultanément déplacées dans le même sens, mais alternativement inverse; elles se mettent à vibrer avec une très-grande rapidité, et par suite l'aiguille exécute quelques révolutions entières par seconde.

Il est indispensable que les intensités des électro-aimants des deux récepteurs, ainsi que celles des palettes aimantées, ou que les qualités de palettes de fer qu'on leur substitue, soient les mêmes, et que rien n'agisse sur l'un des appareils, sans avoir une influence égale sur l'autre. Dans cette hypothèse, ils marchent constamment d'accord. Quand le stationnaire veut transmettre des signaux, lorsque le circuit est établi, il n'a rien à faire qu'à abaisser du doigt la touche du clavier qui porte la lettre à envoyer; une petite aiguille en laiton parallèle à l'aiguille du cadran et fixée sur l'axe de ce dernier, va frapper contre la petite tige de la touche, arrête à l'instant même et maintient la roue R au milieu de sa course, dans une position telle que ses dents ne touchent ni la palette *mm* ni celle *nn*. Par suite de cette disposition de l'aiguille d'arrêt le courant est interrompu à la fois dans les deux récepteurs; mais

rien n'empêche la roue R′ de continuer son mouvement jusqu'au contact avec l'une des palettes d'échappement *m′m′* et *n′n′* : là elle s'arrête, le courant étant interrompu dans tout le circuit, et les aiguilles indicatrices continuent d'indiquer la même lettre sur les récepteurs des deux stations. Le télégraphiste veut-il envoyer une autre lettre? il porte la main sur la touche qui la porte; en même temps un ressort soulève la touche abaissée de la lettre transmise, le courant s'établit, l'aiguille marche promptement jusqu'à ce que la tige de la touche abaissée l'arrête; le courant est de nouveau interrompu, et pendant ce temps l'aiguille de l'autre station, mue par la même force, passe à la même lettre. Les deux aiguilles marchent toujours à la fois et s'arrêtent ensemble, mais non pas mathématiquement au même instant, devant la même lettre.

Pour transmettre une dépêche entière, le stationnaire n'a rien à faire qu'à abaisser successivement les touches qui portent les lettres à envoyer dans l'ordre où elles se suivent, arrêter en pressant la touche, l'aiguille devant chacune d'elles pendant une fraction de seconde, et chercher de l'œil en même temps la lettre à transmettre immédiatement après celle-là. Si le correspondant n'a pas compris, il coupe immédiatement la parole à celui qui parle, en abaissant une touche et arrêtant ainsi l'aiguille à la station qui donne. Par là il indique qu'il n'a pas compris.

On peut substituer aux deux claviers des leviers mobiles fixés au-dessus des cadrans, au centre de ces derniers et indépendants de leurs axes. Ils se meuvent à la main de lettre en lettre et arrêtent les aiguilles qui les rencontrent par un point d'arrêt que l'on peut déplacer et fixer à l'extrémité du levier, afin de pas empêcher le mouvement de l'aiguille lorsqu'on reçoit.

Ce système à double échappement, fonctionnant avec des forces faibles et des forces intenses, sans avoir besoin de réglage, et très-facile à mettre en mouvement, a été soumis par moi à des épreuves variées.

Dans l'origine il me paraissait présenter des avantages réels, tant sous le rapport de sa grande sensibilité que sous celui de sa grande vitesse de transmission, sur le système de Siémens et sur d'autres où la pile est chargée de toute l'opération; mais il a en commun avec tous les appareils du même genre, un inconvénient dont il sera question dans le paragraphe suivant.

Avant de conduire le courant dans la roue à rochet et dans les palettes isolées l'une de l'autre, comme on l'a vu plus haut, j'avais fixé deux ressorts en acier isolés de manière que, l'un touchant une des dents de la roue, l'autre correspondait au milieu de l'espace vide, entre deux dents. Mais ces ressorts, en exécutant leurs vibrations, n'étaient pas toujours suffisamment en contact avec la roue et produisaient d'ailleurs des chocs très-nuisibles à la marche de l'appareil. Alors afin d'établir le plus de contact possible entre les roues et les palettes d'échappement de chaque récepteur, je les confectionnai en platine, en leur donnant le plus de largeur possible. Je conduisis également le courant à la fois dans les montants isolés des axes, et dans ces derniers à l'aide de fils en cuivre.

Cet appareil fait plus de deux révolutions par seconde. Si un seul récepteur fonctionne, sa marche est régulière, c'est-à-dire qu'au bout de deux, cinq ou dix tours, l'aiguille revient à la même lettre. Quand on fait marcher les deux récepteurs à la fois, les choses se passent autrement. Ils restent souvent d'accord pendant une demi-heure, une heure même et davantage encore, en marchant continuellement et faisant à-peu-près deux révolutions par seconde; puis ils cessent de s'accorder dans leur marche. Quelquefois l'un d'eux cesse de marcher, tandis que l'autre continue son mouvement et d'une manière plus régulière que lorsqu'ils marchaient tous deux à la fois. J'avais toujours soin de me servir d'électro-aimants et de palettes de fer semblables; on conçoit sans peine combien il est indispensable de remplir ces conditions.

Pour remédier aux inconvénients qui précèdent, au lieu de faire agir les deux électro-aimants du même récepteur, l'un après l'autre, je les fis agir simultanément, en renversant alternativement la direction du courant, à l'aide d'un changeur de petite dimension fixé sur l'axe du récepteur. Je conduisis le courant directement du changeur dans les fils conducteurs et les électro-aimants, espérant par là réaliser des contacts plus intimes entre les pièces métalliques que le courant devait traverser. Mais le changeur frottant continuellement, pendant son mouvement de rotation de plus d'un tour par seconde ou à peu près, contre les ressorts en laiton qui y amenaient le courant de la pile et contre celles qui le conduisaient dans le fil de la ligne et le ramenaient de la terre dans l'appareil, produit par ces divers frottements une résistance si notable, qu'elle empêche le mouvement de l'appareil, à moins que l'on emploie

un courant d'une intensité sensiblement plus grande qu'il n'en eut fallu si ces frottements avaient été plus faibles.

Je compte encore revenir sur ce point. Les expériences que j'ai entreprises pour vaincre la difficulté en question m'ont conduit à construire un système de transmetteur nouveau qui, réuni au récepteur décrit dans le paragraphe III, constitue un Télégraphe à cadran qui m'a entièrement satisfait dans les épreuves multipliées auxquelles je l'ai soumis.

IX.

Examen critique des différents modes de construction des transmetteurs ou manipulateurs des Télégraphes à cadran.

Tout transmetteur ou manipulateur doit, pour remplir convenablement son objet, être construit de telle façon, 1° qu'on puisse établir le courant, l'interrompre, en changer alternativement la direction, le conduire dans les fils des lignes télégraphiques, le ramener de la terre dans l'appareil pendant qu'on envoie des signaux, enfin conduire à tout instant, dans un récepteur placé à côté, le courant de la station qui veut parler; 2° que le correspondant puisse, sans perte de temps sensible, couper la parole à celui qui transmet aussitôt qu'il n'a pas compris.

Ces conditions peuvent être parfaitement remplies par quatre modes de construction essentiellement différents que je vais d'abord décrire, et ensuite discuter successivement.

1° Elles sont toutes réalisées dans la construction du changeur représenté Fig. 1, Pl. IX. Sur l'une des faces d'un disque circulaire en ivoire, je fixe deux larges anneaux en cuivre concentriques, et sur l'autre un disque circulaire en laiton Y, divisé en 26 secteurs égaux, isolés les uns des autres par des espaces vides et échancrés de chaque côté à leur extrémité externe. J'inscris sur l'un des secteurs le signe + et sur chacun des autres une des lettres de l'alphabet; et, à l'aide de petites tiges en cuivre, je fais communiquer l'un des anneaux concentriques avec les secteurs pairs, et l'autre avec les secteurs impairs. Un axe A, isolé de toutes parts, qui traverse une tablette en acajou, les centres des disques en ivoire et en laiton, porte une aiguille et une manivelle

articulée MMMN munie d'une petite cheville passant dans les trous qui traversent incomplètement les secteurs. Deux lames en laiton P et P′, communiquant respectivement avec les deux pôles de la pile, sont constamment en contact intime, l'une avec l'anneau en cuivre intérieur, l'autre avec l'extérieur, quand on tourne au moyen de la manivelle le changeur Y. Autour de celui-ci est fixé un anneau plat en laiton CC′C″ sur lequel sont gravées les mêmes lettres que sur les secteurs. Trois ressorts en acier R, R′ et R″ sont adaptés solidement sur la même tablette aux points O, O′, O″. R communique avec le fil de la ligne, R′ avec la terre et R″ avec un récepteur placé à côté. A la face postérieure de chacun de ces ressorts j'ajuste avec des vis à bois trois plaques en laiton Q, Q′, Q″, qui sont destinées à assurer le contact intime des ressorts contre les secteurs, lorsqu'ils exécutent librement leurs vibrations pendant que le changeur tourne rapidement autour de son axe A. Ils doivent tous les trois se plier légèrement et frotter en même temps, en glissant, contre le changeur, afin de recevoir et de transmettre aux fils conducteurs le courant électrique avec la moindre perte possible. Il faut, en outre, qu'ils soient disposés de façon à satisfaire aux conditions suivantes :

a) Les ressorts R et R′, pendant que le changeur tourne, doivent toucher au moins, pendant quelques instants, l'un un secteur pair et l'autre un secteur impair, R″ étant isolé, afin que le courant de la pile puisse passer uniquement dans le récepteur de la station éloignée. Si dans ce cas R″ communiquait aussi pendant un seul instant avec un des secteurs, le courant de la pile passerait à la fois dans les récepteurs de la station qui donne et de celle qui reçoit, mais principalement dans celui de la première.

b) Le récepteur de la station qui donne, communiquant par les deux bouts du fil de ses électro-aimants avec les ressorts R′ et R″, ce dernier doit toucher, au moins pendant un temps très-court, un des secteurs, toutes les fois que l'autre ressort R communique avec le changeur par un des secteurs du même nom, afin que le courant venant de la station éloignée puisse passer dans le récepteur, et qu'après chaque lettre transmise, le correspondant puisse au besoin dire promptement qu'il n'a pas compris.

c) Lorsque le manipulateur est en repos, le ressort R″ doit communiquer ~~seul, ou bien~~ en même temps que R ~~ou R′~~, avec le changeur, afin que le correspondant puisse toujours parler à volonté.

De nombreuses expériences m'ont démontré que le manipulateur ci-dessus remplit exactement sa destination. Pour reconnaître si le courant passe, on place à chaque station dans le circuit un multiplicateur ou une boussole dont les aiguilles dévient sous l'influence du plus faible courant.

Afin de pouvoir couper facilement et instantanément après chaque lettre la parole à celui qui parle et l'empêcher de transmettre, je divise en deux parties la palette en laiton qui réunit le fil de la ligne au ressort R, en séparant l'une de l'autre de 4 à 5 millimètres, et au-dessous d'elles j'en fixe une autre en laiton dans la tablette en acajou, de telle sorte qu'un ressort solide la soulève, en la pressant fortement contre les deux parties de la lame coupée en deux, et qu'à l'aide d'une touche de clavier adaptée à sa face supérieure on puisse l'abaisser. Par ce moyen on interrompt le courant, en abaissant la touche du doigt, et on le rétablit en retirant la main.

Veut-on interrompre la communication et indiquer qu'on n'a pas compris? Il suffit d'abaisser la touche instantanément; les aiguilles du multiplicateur de la station qui parle, comme celles de la station qui reçoit, retournent immédiatement à leur position de repos, et par là le correspondant reconnaît qu'on n'a pas compris.

Il est presqu'inutile de dire que, pour transmettre des signaux, on saisit la manivelle par le bras N, et qu'on tourne le changeur sur son support en l'arrêtant un instant, lorsque son aiguille est vis-à-vis de la lettre gravée sur l'anneau C C′ C″ qu'on veut signaler. Ensuite on continue de mouvoir le changeur et d'arrêter son aiguille pendant un quart de seconde devant la lettre qu'elle doit indiquer après la première, et ainsi de suite.

2° Le second mode de transmettre des signaux consiste à se servir du changeur uniquement pour renverser alternativement la direction du courant (ou pour l'interrompre dans l'ancien système), et le conduire dans le récepteur de la station qui donne, et de là par le fil de la ligne dans celui qui reçoit. Le stationnaire en faisant tourner le changeur, suit d'un œil attentif l'aiguille indicatrice, lui fait faire une courte pause devant la lettre qu'il veut signaler, en arrêtant le changeur un instant, puis continue de mouvoir ce dernier, et, par suite, à faire parcourir à l'aiguille la circonférence du cadran.

Si les deux récepteurs sont semblables, que le courant qui anime

leurs électro-aimants ait la même intensité aux deux stations et qu'aucune cause accidentelle ne dérange les appareils, le stationnaire peut être sûr que l'aiguille du récepteur à la station qui reçoit n'indique pas d'autres lettres que celles qu'il voit marcher devant lui.

Quant au changeur, on peut faire usage de celui que j'ai décrit plus haut; les aiguilles des récepteurs et celle du changeur en mouvement se trouveront alors toujours sur la même lettre, si tout se passe régulièrement, et les indications des récepteurs sont, en quelque sorte, contrôlées par celles du manipulateur. Mais on peut aussi se servir du transmetteur représenté Fig. 2, et dans ce cas, on fait jouer d'une main la touche 1 et de l'autre la touche 2, mais en abaissant toujours alternativement l'une et l'autre. Voici comment le courant est conduit successivement dans les deux récepteurs aux deux stations :

Si l'on abaisse la touche 1, le courant passe de la pile par le fil $m''m'$ dans la lame en laiton LL, traverse le bouton a abaissé et communiquant avec le fil $a''a'$, entre dans le récepteur X de la première station au point Q, en sort au point S, parcourt le fil de la ligne, entre au point S′ dans le récepteur X′ de la seconde station, en sort au point T′ et revient par la terre et par le fil TQ′ au point b', suit le fil $b'm$, passe dans le bouton abaissé P, dans la lame L′L′, isolée en M de LL, et retourne dans la pile par le fil $n'n''$ en contact avec la lame en n'.

Quand on abaisse la touche 2 le courant suit le fil $m''m'$, en contact avec LL au point m', arrive au bouton abaissé b, suit le fil bb', traverse Q′, puis T, la terre, entre au point T′ dans le fil des électro-aimants du récepteur X′, en sort au point S′, passe par S dans le fil des électro-aimants de X, enfin revient par Q, par a', par P′ et par le fil $n'n''$ dans la pile.

Pour transmettre des communications, le télégraphiste fait jouer alternativement la touche 1 et la touche 2. Pendant qu'il opère, il suit attentivement le mouvement de l'aiguille indicatrice, en se conformant de tous points à ce que j'ai dit concernant la transmission avec le manipulateur du numéro précédent.

3° Le troisième mode de transmission des signaux consiste à confier l'opération principale à l'action du courant de la pile. On fait jouer les deux claviers de la manière que j'ai exposée dans le paragraphe précédent.

4° Le quatrième procédé consiste à faire mouvoir le manipu-

lateur par une force mécanique. Au lieu d'agir avec la main sur celui qui est représenté Fig. 1, je le fais tourner à l'aide d'un fort mouvement d'horlogerie pourvu d'un ressort solide. Je transmets les signaux au moyen d'un clavier de la manière que j'indiquerai dans le paragraphe suivant.

Quel est maintenant le meilleur de ces quatre modes de transmettre les signaux lorsqu'on se sert d'un Télégraphe à cadran?

J'ai reconnu par mes expériences que le quatrième est le seul parfait. En effet, il est d'un maniement très-facile et très-commode, en même temps qu'il est sûr et extrêmement prompt. Un commis exercé peut aisément transmettre 80 lettres par minute, et même autant que les sens permettent d'en saisir. Le manipulateur à clavier, mû par un mouvement d'horlogerie, a le précieux avantage de marcher avec une vitesse uniforme et susceptible d'être réglée à volonté. Le courant passant directement du changeur dans le récepteur placé à la station qui reçoit, le mouvement de celui-ci est tout-à-fait indépendant; il est produit d'une manière régulière, quand même l'intensité du courant varie; il suffit que celle-ci soit encore suffisante pour faire mouvoir l'aiguille indicatrice. Or, l'uniformité et l'indépendance de la marche du récepteur, ainsi que sa grande vitesse, sont précisément les qualités auxquelles le système à clavier doit ses bons résultats.

Lorsque le stationnaire conduit le manipulateur à la main, il ne peut transmettre ni aussi facilement, ni aussi promptement, ni enfin avec autant de certitude, que si l'appareil était mû par une force mécanique régulière. S'il fait tourner le manipulateur avec trop de vitesse, l'aiguille indicatrice ne pourra le suivre dans son mouvement saccadé, et il s'expose en même temps à dépasser sur le manipulateur la lettre qu'il doit transmettre. Dans les deux cas il y aura des erreurs commises; au contraire, si le manipulateur marche lentement, il y aura perte de temps. Par conséquent, il est préférable de faire tourner le manipulateur au moyen d'un mouvement d'horlogerie à ressort.

Le second mode indiqué plus haut a les mêmes inconvénients que le premier, et même d'autres encore. Le courant devant, dans ce système, faire marcher deux récepteurs à la fois, son intensité doit être beaucoup plus grande que s'il n'avait qu'à en mouvoir un seul; et alors même que cette intensité est suffisante, la marche simultanée des aiguilles des récepteurs est extrêmement difficile à régler. Il faut que les deux récepteurs des deux stations

indiquent à chaque instant la même lettre ; il est donc indispensable qu'ils soient parfaitement identiques dans leur construction, et qu'en outre leurs électro-aimants soient constamment animés par un courant d'égale force. Par conséquent, le courant qui va de la pile dans le fil des électro-aimants de la station qui transmet, doit, en sortant de ce fil, traverser, sans perdre de son intensité, tout le fil de la ligne, parcourir celui des électro-aimants du récepteur de la station qui reçoit, et revenir par la terre à la pile d'où il est parti.

Cette condition est presqu'impossible à remplir, et l'on ne peut jamais être certain qu'elle l'est. Les fils des lignes sont toujours plus ou moins imparfaitement isolés ; il s'établit entre eux et la terre des dérivations qui sont encore augmentées par les résistances dues aux contacts imparfaits des conducteurs. Par suite, le courant sorti du premier récepteur, arrive à la seconde station plus ou moins affaibli. L'influence de l'électricité atmosphérique, si elle est sensible, étant ordinairement très-différente à des stations éloignées les unes des autres, modifie aussi inégalement l'action du courant dans les deux récepteurs. Or, une différence dans l'action du courant occasionne un désaccord dans les indications des aiguilles des cadrans. Si cette différence est faible, et que la vitesse du changeur soit modérée, les aiguilles restent encore d'accord ; mais plus la vitesse du changeur s'accroît, et plus grande est la chance qu'elles ne correspondent pas à la même lettre, comme le démontrent les expériences suivantes :

Le changeur de mon transmetteur étant mû uniformément par un mouvement d'horlogerie, et souvent par l'action d'une machine à vapeur, j'ai conduit le courant tantôt dans deux récepteurs semblables, tantôt dans un seul : j'ai constamment trouvé que l'accord dans la marche des deux appareils avait lieu pour 8, 9, 10 et 11 tours en 15 secondes ; mais qu'il cessait avec des vitesses plus grandes, tandis qu'un seul récepteur indiquait encore les lettres avec certitude, lorsque son aiguille exécutait 17 révolutions complètes en 15 secondes. Je n'ai pas opéré avec des vitesses plus grandes.

Dans le troisième mode de transmission, il est bien plus difficile encore que dans le second de réaliser et de maintenir l'accord dans la marche des deux récepteurs. Dans celui-ci les changements de direction du courant étant produits par une force indépendante de l'action du courant (le bras du stationnaire), on peut régler,

du moins jusqu'à un certain point, la marche du changeur, et, par suite, la durée pendant laquelle le courant agit, et celle pendant laquelle il est interrompu. Dans le troisième système, au contraire, on ne peut varier la vitesse des aiguilles indicatrices qu'en augmentant ou en diminuant l'intensité du courant. Aussi les fréquents désaccords auxquels ce système donne lieu sont-ils bien connus de tous les Télégraphistes qui l'ont mis en usage.

Le système de Siémens, par exemple, bien que très-savamment conçu et exécuté, est peu employé en Allemagne; il ne l'est que dans une partie de la Prusse sur de petites lignes et pour le service des chemins de fer, si mes renseignements sont exacts. Je sais aussi que des employés qui se servent de ce Télégraphe se plaignent de la lenteur de sa marche et de la grande difficulté de le régler.

Dans un rapport remarquable par sa clarté sur le Télégraphe de Siémens, M. Pouillet dit : « que si les aiguilles des deux appareils introduits dans le circuit l'un à Berlin et l'autre à Paris correspondaient à la même lettre, en commençant de se mouvoir, elles feraient des milliers de tours et marcheraient pendant des journées et des années entières, en se trouvant toujours d'accord. » J'ai cherché en vain à constater cet accord entre les aiguilles de mon appareil décrit dans le Paragraphe VIII. Afin d'imiter davantage la construction du Télégraphe de Siémens, j'ai conservé les deux ressorts de rappel, et j'ai conduit le courant dans les roues d'échappements, puis dans les palettes non isolées l'une de l'autre; je me suis assuré que le courant passait parfaitement, et néanmoins il m'a été impossible de maintenir longtemps l'accord entre les deux aiguilles. Seulement celles-ci se trouvaient beaucoup plus longtemps au même instant devant les mêmes lettres, lorsque je ne conduisais le courant que dans la roue d'échappement d'un seul récepteur, puis directement dans le fil des électro-aimants de l'autre. Dans cette dernière expérience, je n'interrompts et ne change le courant qu'au moyen d'une seule roue d'échappement. Elle m'a conduit à imaginer un appareil qui, me semble-t-il, remplacerait avec avantage celui représenté Pl. VIII.

Sur l'axe de la roue d'échappement de l'un des récepteurs j'adapte un petit changeur. De celui-ci je conduis le courant dans un électro-aimant creux suspendu entre les pôles d'un fort aimant, afin de produire une grande force motrice; de là le courant passe directement dans le fil ~~des~~ d'un électro-aimant semblable du récepteur de la sta-

tion qui reçoit, monte par l'axe isolé de la roue d'échappement, passe dans une tige verticale fixée à côté et divisée en trois pièces : tout est disposé de façon que celle du milieu est pressée contre les deux autres par un petit ressort fixe, et qu'elle en est séparée par un levier en laiton parallèle à l'aiguille indicatrice fixée sur le même axe, chaque fois que ce levier est arrêté par la touche du clavier qu'on abaisse. Ce système me paraît le meilleur de tous ceux connus dans lesquelles l'action du courant joue le principal rôle.

Tous ces appareils donnent à celui qui reçoit la dépêche une très-grande facilité de parler à chaque instant.

On obtient ce même avantage dans tous les systèmes où le courant passe à la fois par les électro-aimants des récepteurs des deux stations qui correspondent entre elles, si l'on emploie le moyen dont je me sers pour arrêter le courant à volonté. Dans le cas où le courant passe directement du transmetteur dans le récepteur de la station qui reçoit le moyen indiqué numéro 1 sert encore. Aussitôt que le correspondant n'a pas compris, il ramène promptement au repos les aiguilles des boussoles placées dans le circuit aux deux stations; il arrête par la même opération l'aiguille du récepteur, et le stationnaire voyant en repos l'aiguille de la boussole qui est près de lui, apprend que l'on n'a pas compris.

Le correspondant atteint le même but si, lorsqu'il s'aperçoit que la lecture des lettres devient inintelligible, il transmet immédiatement le courant de sa pile dans le récepteur de l'autre station. Par le mouvement instantané de l'aiguille de celui-ci le stationnaire voit qu'il doit répéter le mot transmis avant celui non compris, ainsi qu'il est d'usage de le faire dans tous les systèmes. Il ne résulte de cette opération ni trouble ni confusion, et je ne pense pas qu'elle se fasse en moins de temps dans le système où les deux récepteurs fonctionnent simultanément que dans celui dont il s'agit en ce moment.

Ce dernier système est réalisé dans les Télégraphes aériens de M. Foy, administrateur en chef de la Télégraphie en France, Télégraphes très-habilement construits par M. Breguet et adoptés dans dans toute la France. Dans le Télégraphe de M. Morse, le plus répandu de tous, on transmet le courant directement dans le relais qui fait fonctionner la pile locale de la station qui reçoit.

Ces deux exemples prouvent combien il est inutile de faire fonctionner par l'action du même courant deux appareils semblables.

En résumé, mes expériences et les renseignements que j'ai pris m'ont convaincu que le meilleur mode de transmettre les signaux ou dépêches, est de faire tourner uniformément à l'aide d'une force mécanique, un changeur construit comme il est dit numéro 1, et de conduire le courant dans un multiplicateur sensible placé à côté, puis directement dans le récepteur de la station qui reçoit, et réciproquement.

Si le courant passe à la fois dans les deux récepteurs des stations qui correspondent entre elles, il faut employer plus de force et ralentir la vitesse, et, même dans ce cas, on n'a pas la même certitude que les dépêches seront transmises fidèlement que dans le cas où la transmission est directe.

X.

Système à cadran avec clavier complet, sans ressort de rappel, le courant étant alternativement dirigé en sens contraire par un mouvement d'horlogerie.

Mon Télégraphe à clavier se compose d'un transmetteur à clavier K, [Pl. X, Fig. 1, 2, 3, 4, 5 (1)], et d'un récepteur X, (Pl. I) pour chaque station. Ce dernier consiste en un mouvement d'horlogerie M, une roue et deux palettes d'échappement R, *m* et *n*, une palette aimantée NS et deux électro-aimants EE.

Le transmetteur K se compose d'un fort mouvement d'horlogerie M, fixé dans une petite boîte B, réglé par un volant et pouvant faire un tour par seconde pendant 24 heures, sans avoir besoin d'être remonté. Sur l'axe de ce mouvement on ajuste un changeur Y, formé de deux disques en laiton P et P′ de même diamètre, parallèles et isolés l'un de l'autre, portant chacun sur leur circonférence 13 dents de même largeur et autant d'espaces vides entre elles. Ces disques sont disposés symétriquement de manière que chaque dent de l'un divise en deux parties égales l'espace vide entre deux dents de l'autre, et qu'elles forment toutes ensemble

(1) La coupe longitudinale de l'appareil est représentée Fig. 1, la vue intérieure du clavier Fig. 2, la projection horizontale de la boîte et du mouvement d'horlogerie Fig. 3, la projection horizontale du clavier Fig. 4, et la coupe transversale de l'intérieur de la boîte Fig. 5.

un contour de 26 dents également espacées et parfaitement isolées les unes des autres.

Deux ressorts Z et Z′ recevant, l'un l'électricité positive et l'autre l'électricité négative de la pile, communiquent respectivement avec P et P′. Trois ressorts ou lames en acier R, R′, R″ sont fixés, au moyen des plaques Q, Q′, Q″, aux points O, O′, O″ (Pl. I et Pl. X). Ils sont ajustés précisément de la même manière que les ressorts et les plaques de même nom le sont Fig. 1, Pl. IX (1). Les secteurs pairs de cette figure peuvent être assimilés aux dents du disque P, et les secteurs impairs à celles du disque P′, et réciproquement. Le ressort R communique avec le fil de la ligne, R′ avec la terre, et R″ avec le récepteur placé à côté du transmetteur et avec la terre (Pl. X et Pl. I). Les ressorts doivent être disposés de façon à remplir les conditions exposées dans le numéro 1 du Paragraphe IX. R″ ne doit jamais communiquer ni avec le disque supérieur, ni avec l'inférieur, pendant que R communique avec l'un et R′ avec l'autre. R″ doit communiquer un instant soit avec le disque supérieur, soit avec l'inférieur, si R communique avec le même disque, pendant que R′ est isolé.

Le clavier circulaire V est placé au-dessus du changeur Y. A la face intérieure du couvercle de la boîte B j'adapte un anneau plat en laiton sur lequel je trace une circonférence de cercle dont le centre se trouve dans l'axe prolongé du changeur. 26 ressorts en acier ajustés sur cette circonférence par un de leur bout, portent à l'autre de petites tiges en fer qui passent dans autant d'ouvertures percées dans le couvercle. Je visse sur ceste tigesde gros boutons en laiton sur lesquels j'inscris le signe + et les 25 lettres de l'alphabet.

Sur l'axe prolongé du changeur je fixe deux aiguilles ou lames en laiton N et N′ : l'une à l'intérieur, l'autre à l'extérieur de la boîte, de telle façon que, si le changeur tourne, l'aiguille intérieure passe librement au-dessous des pieds des touches, et qu'elle est, au contraire, arrêtée en même temps que tout le système par le pied de chacune des touches qu'on abaisse. Dans le même ins-

---

(1) Les lettres sur les secteurs du changeur de cette figure sont utiles seulement dans le cas où le stationnaire veut amener successivement les lettres à indiquer près d'un point d'arrêt fixé devant lui, comme cela se pratique encore quelquefois.

tant l'aiguille extérieure N se trouve vis-à-vis de la lettre que porte la touche abaissée. Les deux aiguilles sont adaptées à l'axe du changeur de telle manière que toutes les fois que celle de l'intérieur ou N′ est arrêtée par le pied d'une des touches, les ressorts R et R″ communiquent avec l'un des disques P et P′, tandis que le troisième ou R′ est isolé.

Dans cette position le circuit du courant de la pile est rompu, mais le stationnaire peut recevoir des nouvelles de son correspondant.

Pour faire jouer ou pour arrêter le Télégraphe, le stationnaire sait qu'en abaissant une touche, le changeur est immédiatement ramené au repos lorsque les aiguilles sont venues se placer vis-à-vis de cette touche; il sait aussi que celle-ci est instantanément soulevée par l'influence du ressort sur lequel elle repose dès qu'on retire la main. On sait qu'il est d'usage de ramener toujours les aiguilles du transmetteur et du récepteur devant le signe de la croix, lorsque l'appareil ne travaille pas. On maintient le manipulateur dans cette position à l'aide d'une petite lame d'acier fixée près de cette touche. Retirer la lame d'acier pour mettre le transmetteur en mouvement, poser successivement la main sur les lettres qu'on veut donner, mais toujours l'appuyer sur la lettre à signaler avant de la retirer de la lettre déjà transmise, est en définitive, il n'est pas inutile de le répéter, toute l'opération du stationnaire, lorsque le manipulateur est à clavier.

Mon appareil a fonctionné plusieurs fois d'une manière très-satisfaisante dans le cabinet de Physique de l'Université, puis sur une ligne de 60 et une de 120 lieues, bien que la construction du transmetteur ne fût pas soignée autant qu'elle eut pû l'être et qu'elle le sera avant que le Télégraphe soit introduit dans le service public.

Mon système offre, je le crois, des avantages importants :

1° Lorsqu'il est en repos, la pile n'est pas fermée, et ne s'use par conséquent pas inutilement. Cet avantage, il l'a en commun avec plusieurs autres systèmes.

2° Le mouvement de l'aiguille du récepteur est indépendant de celui de toute autre appareil mis en jeu par l'action du même courant; par suite, la marche de l'aiguille est plus assurée, ainsi que la certitude d'une transmission exacte des signaux.

3° Le récepteur est d'une très-grande sensibilité, à double échappement, sans ressort de rappel, et très-prompt dans ses indica-

tions. Sous ces trois rapports, mon Télégraphe à de grands avantages sur ceux de MM. Drescher, Kramer, Siémens, Froment, etc. Il convient parfaitement pour transmettre directement et avec beaucoup de célérité à de très-grandes distances, par exemple de Berlin à Cologne, les nouvelles politiques et commerciales, aussi bien que celles qui concernent le service des chemins de fer.

Aucun autre système à clavier ne présente, que je sache, cet avantage. On évite en l'employant les pertes de temps et les embarras qu'on éprouve en transmettant les nouvelles de station à station jusqu'à celle avec laquelle on doit correspondre. On n'a pas besoin non plus de remplacer un système destiné au service des chemins de fer par un autre plus prompt.

4° Mon appareil permet à un télégraphiste habile de transmettre environ 100 signaux par minute. Dès lors on ne peut plus dire en général des Télégraphes à cadran, qu'ils sont lents et que, pour cette raison, ils ne conviennent que pour les services ordinaires. On peut même tirer parti de la grande vitesse de l'appareil pour rendre les signaux à transmettre indépendants les uns des autres. A cet effet, on pose la main après chaque lettre transmise, sur la touche de la croix en s'y arrêtant une fraction de seconde. On perd ainsi, à la vérité, un peu de temps, mais la vitesse de transmission est encore, pour le moins, aussi grande que celle obtenue dans les systèmesà clavier en usage.

5° La construction du transmetteur de mon appareil est d'une très-grande simplicité. Le changeur étant mû par une force mécanique énergique, on peut rendre les contacts entre lui et les divers conducteurs avec lesquels il communique, aussi intimes que l'on veut. Dans tout le reste du circuit les contacts ont lieu entre des conducteurs fixes; on les rend parfaits à l'aide des boutons avec vis de pression.

Ce grand avantage n'existe pas dans les Télégraphes à clavier les plus employés, parce qu'il y a des contacts entre des parties fixes et des parties mobiles, qui ne sont établis que par la faible action du courant électrique. Il est impossible que ces contacts ne soient pas plus ou moins imparfaits, et qu'ils ne donnent pas lieu à de fréquentes irrégularités, surtout lorsque celles-ci sont favorisées par des causes accidentelles, même des plus faibles.

6° Si l'on juge à propos de faire fonctionner simultanément deux récepteurs, l'un à la station qui envoie les dépêches, et l'autre à celle qui les reçoit, il est encore très-avantageux de se servir du

transmetteur à clavier, afin de pouvoir régler à volonté la vitesse du mouvement saccadé des aiguilles des récepteurs.

XI.

Télégraphe à écrire sans clavier et avec clavier,
sans ressort de rappel, à double effet,
et avec ou sans pile locale.

Je n'ai pas besoin pour rendre clair ce qui suit de donner la description complète du Télégraphe de Morse; il me suffira d'exposer les modifications que je crois avoir apportées à cet appareil.

M. Morse écrit les dépêches en représentant les lettres de l'alphabet par des points, des lignes et des espaces blancs laissés entre les points, entre les lignes, et entre les points et les lignes.

Ce nouveau mode d'écrire, ou, si l'on veut, d'imprimer les dépêches, n'est pas difficile à comprendre. Un levier *ab* (Pl. XI, Fig. 1) fixé au point *c* sur un axe horizontal *xz* et mobile autour de lui, porte à l'extrémité *b* une pointe en acier très-dur et un peu tronquée *d*. Cette pointe repose sur une lame de liége *l* attachée au support en laiton A. Entre *d* et *l* on fait passer uniformément une longue bande de papier, à l'aide d'un mécanisme particulier, en imprimant au levier-plume des impulsions vives et continuellement répétées. Celui-ci se met à vibrer rapidement entre deux pivots *m* et *n* très-rapprochés qui en règlent le mouvement. Il frappe contre le papier en laissant chaque fois des impressions faciles à distinguer. S'il ne fait que toucher le papier, il produit un point; si ce contact se prolonge pendant quelques instants, il produit une petite ligne, et s'il dure plus longtemps encore, il produit une ligne plus longue. M. Morse en combinant ces points et ces lignes représente la lettre *a* par un point suivi d'une ligne courte, *b* par une ligne courte, suivie de trois points, *e* par un point, *p* par cinq points, *z* par quatre points dont le dernier est plus éloigné du troisième que celui-ci ne l'est du second, etc. Mais de là à écrire des dépêches d'une station à une autre, il y a loin encore.

Voici par quelles combinaisons M. Morse est parvenu à atteindre ce dernier but. Il enroule le papier sur la circonférence creuse d'une poulie et le fait avancer uniformément par un mouvement d'horlogerie à poids. Le papier est conduit au-dessous d'un cylin-

dre P (Fig. 2) sur lequel est tracé une rainure étroite correspondant à la pointe de la plume, puis il passe entre deux cylindres P′ et P″ qui le pressent et l'avancent pendant que chacun d'eux tourne autour de son axe.

Au levier-plume M. Morse attache transversalement un fer doux N au-dessous duquel il fixe verticalement un électro-aimant M, dont le fil communique par l'un de ses bouts avec le fil de la ligne, et l'autre avec la terre. Au point A du levier-plume il attache un ressort de rappel R fixé par l'autre bout au support de l'électro-aimant.

A la station qui envoie les dépêches M. Morse place un interrupteur (Fig. 3) qui est un levier *abc* recourbé en *b*, porté en *o* par un support P qui communique avec le fil de la ligne. Lorsque *aob¢* est abaissé, le levier communique par le point *c* avec la plaque Q qui est liée au pôle positif de la pile, dont le pôle négatif communique constamment avec la terre. Ainsi lorsque *c* communique avec Q, le courant passe dans l'électro-aimant M et revient par la terre.

Chaque fois que le courant passe, l'électro-aimant attire le fer N, soulève le levier-plume, qui va frapper contre le papier ; si le courant est instantanément interrompu, la plume fait un point; s'il subsiste, elle trace une ligne sur le papier. Aussitôt que le courant est interrompu, le ressort R ramène le levier-plume dans sa position de repos. Ceci suffit pour faire comprendre comment on communique des dépêches d'une station à une autre. Nous verrons plus bas des dispositions plus avantageuses de l'interrupteur aussi bien que de l'appareil qui écrit les lettres ; mais je crois qu'il est convenable de donner auparavant l'alphabet du système à écrire les dépêches, non pas précisément l'alphabet proposé par M. Morse, mais celui qui est adopté en Prusse, dans le Hanovre, et ailleurs encore.

ALPHABET POUR LES LETTRES.

a . —	d — . .	i . .	o . — . . .	s . . .	w . — —	? . . . — . .
ä . — . —	e .	k — . —	ô . —	t —	x . . — . . .	/ — . . .
b — . . .	f . . — .	l . — . .	p	u . . —	y — — — . . .	, — . . .
c — . — .	g — — .	m — —	q — — . —	û . . — —	z . — — . .	
ch — . — . .	h	n — .	r . — .	v . . . —		

ALPHABET POUR LES CHIFFRES.

1 . — — .	6 . . . . .
2 . . — — . .	7 — — . .
3 . . . — .	8 — . . . .
4 . . . . —	9 — . . —
5 — — —	0 —

Dans cet alphabet les lignes sont toutes de même longueur, elles doivent être lues en relief et être très-saillantes, de même que les points, d'où suit que l'action du levier-plume qui les produit doit être très-énergique. Or, l'action d'un courant, même très-intense, est fort affaiblie par les pertes qu'il éprouve et par toutes les résistances qu'il doit surmonter dans le très-long trajet qui sépare les deux stations correspondantes. Il en résulte que le courant ne conserve pas assez d'énergie pour faire tracer au levier-plume d'une manière distincte les lettres qu'il s'agit de transmettre.

M. Morse remédie à ce grave inconvénient, en employant une pile locale. Le levier-plume n'est plus mis en mouvement par l'action du courant provenant de la station qui envoie les dépêches; ce courant ne sert qu'à fermer et ouvrir le circuit d'une autre pile placée à côté de l'appareil à écrire. Le courant de cette dernière pile, composée de 3 à 5 éléments, n'ayant qu'à parcourir un petit nombre de mètres de gros fil enroulé sur un fer recourbé épais, fait de celui-ci un aimant énergique, qui attire une armure fixée au-dessus de lui sur le levier-plume, lequel est mobile autour d'un axe horizontal. Lorsque le courant traverse le fil de l'électro-aimant, l'armure est attirée et le levier-plume va frapper vivement le papier; mais un ressort le ramène à sa position de repos, aussitôt que le courant est interrompu.

La pile dont le courant fait agir le levier-plume porte le nom de *pile locale*. Celle qui envoie son courant de la station qui parle dans l'appareil employé pour fermer et ouvrir la pile locale, s'appelle *batterie principale*. On nomme *relais* (1) l'appareil qui reçoit le courant de cette batterie, et *clef* celui qui sert à transmettre le courant

(1) Voir le paragraphe XII.

de la batterie à l'interrompre ; on l'appelle aussi quelquefois *interrupteur*. Ces quatre appareils, réunis à celui qui fait avancer le papier sur lequel on écrit, constituent un Télégraphe à écrire complet. Il en faut un à chaque station, afin de pouvoir transmettre et recevoir des dépêches.

La clef doit être construite de manière à satisfaire aux conditions suivantes :

1° Lorsque le Télégraphe ne fonctionne à aucune des deux stations correspondantes, les batteries principales et locales doivent rester ouvertes, afin qu'elles ne s'usent pas inutilement.

2° La clef étant en repos, il faut qu'on puisse recevoir des dépêches de la station correspondante. Pour cela il est nécessaire que la clef, dans sa position de repos, communique avec la batterie principale de la même station en même temps qu'avec le fil de la ligne.

3° Il faut qu'on puisse transmettre à tout moment des nouvelles d'une station à la station correspondante : pour cela il est nécessaire que pendant le temps qu'on opère, le courant de la batterie principale passe dans le relais de la station éloignée, sans traverser celui de la station qui envoie.

M. Morse emploie dans la construction de son Télégraphe deux ressorts de rappel : l'un dans l'appareil à écrire, l'autre dans le relais. Dans le premier cas, l'emploi du ressort n'offre pas de grands inconvénients, du moins que je sache.

On emploie toujours un courant à-peu-près constant, et d'une intensité assez grande : de plus, le ressort peut être fortement tendu sans inconvénient et au point que sa tension soit toujours plus grande que le magnétisme rémanent dans l'électro-aimant. Il en est tout autrement du ressort de rappel dans les relais. Ici il présente absolument les mêmes inconvénients que les ressorts de rappel dans les récepteurs des Télégraphes à cadran. Il faut donc les supprimer et les remplacer par le moyen que j'ai indiqué plus haut (1). De cette manière, on évite tous les désagréments qu'offre l'emploi de ce ressort, et l'on obtient en même temps une puissance motrice double pour faire fonctionner le relais, ce qui est un avantage d'une grande importance, lorsqu'il s'agit de transmettre des dépêches à de très-grandes distances.

---

(1) Voir paragraphe II.

Le Télégraphe de M. Morse a un autre inconvénient, celui de fonctionner à simple effet. J'ai introduit dans la construction de cet appareil d'autres modifications qui le rendent susceptible de fonctionner à effet double.

Pour plus de clarté, il convient de voir d'abord comment les choses sont établies dans le système ordinaire, et ce qu'il importe d'y changer. Ce système, sauf la clef, est représenté Fig. 4, Pl. XI : L pile locale, M'M' électro-aimant qui imprime le mouvement au fer du levier-plume, W relais, MM son électro-aimant, F armure de fer, et *ba* levier qui le porte, mobile autour de l'axe *xz* ; R ressort de rappel du levier attaché au ~~levier~~ point *a* et à la plaque en laiton A ; *m* vis à pression en laiton, communiquant avec l'un des bouts du fil de l'électro-aimant M'M', l'autre bout de ce fil étant réuni au pôle négatif de la pile L ; *n* vis à pression communiquant avec le pôle positif de la pile L et avec un montant en laiton Q, qui porte deux vis en métal D et D', cette dernière isolée à son extrémité pointue. Ces vis sont très-rapprochées l'une de l'autre, et servent à régler le mouvement vibratoire du levier *ba* dans des limites très-restreintes, lorsque le courant est alternativement établi et rompu dans l'électro-aimant MM.

La clef du Télégraphe de M. Morse est disposée de manière que si on l'abaisse jusqu'au point d'entrer en contact avec une lame conductrice qui communique avec le pôle positif de la batterie, le courant de celle-ci est établi dans tout le circuit. Il est interrompu aussitôt que la clef est soulevée, et n'est rétabli que lorsque cette dernière, après une double oscillation, est revenue en contact avec la lame indiquée plus haut. Aussitôt le courant traverse le fil de la ligne, celui de l'électro-aimant MM (Fig. 4), et revient par la terre dans la batterie : en même temps l'aimant temporaire attire l'armature F, le levier *aob* s'abaisse et touche la vis D; la pile locale L se ferme, son courant traverse la vis *n*, Q, D, le levier *acb*, le ressort R, la plaque A, le fil de l'électro-aimant M'M' et retourne dans la pile locale.

Dès que la clef ne communique plus métalliquement avec la batterie principale, le courant est rompu dans tout le circuit; le ressort R ramène le levier *acb* à sa position de repos, la pile locale est ouverte et le levier-plume ramené à sa position initiale à l'aide d'un ressort. Le courant de la batterie et celui de la pile locale sont rétablis et rompus ensemble, mais non pas précisément au même instant mathématique. Ils restent interrompus pendant la

durée d'une double oscillation de la clef. Si l'on imprime à celle-ci des oscillations qui se succèdent à des intervalles de temps inégaux, la plume marque autant de signes inégalement espacés que la clef aura fait de doubles oscillations.

Pour faire produire au Télégraphe deux fois autant de signes qu'en donne dans le même temps le système en usage, il faut disposer la clef de façon que le courant s'établisse à la fin de chaque oscillation simple. A cet effet, je fixe de chaque côté de la position initiale de la clef une lame en cuivre, qui communique avec le pôle positif de la batterie, de telle sorte qu'en oscillant autour de sa ligne de repos la clef touche l'une des lames conductrices dans chacune de ses positions extrêmes. Le courant passe, au moment du contact, par la clef et son support dans le fil de la ligne; et si l'on a soin d'imprimer à la clef des pulsations assez vives pour assurer le contact parfait entre elle et les lames conductrices, à chaque extrémité de son amplitude, on est certain de transmettre un signe à la fin de chaque oscillation simple. Au moment même du contact le courant s'établit dans tout le circuit ; l'électro-aimant MM attire son armature, le levier *boa* va frapper la vis D, et la pile locale se ferme et se rouvre deux fois plus souvent que ne le fait l'ancien système dans le même temps.

Pour construire un télégraphe à double effet et sans ressort de rappel, il faut disposer la clef et le relais tout autrement que dans le système ordinaire. Voici comment je procède dans ce but : je remplace l'armature F par une palette d'acier aimantée et je fixe au-dessus un électro-aimant semblable à MM; je réunis ~~ses~~ leurs fils par un de leurs bouts, de façon qu'ils n'en font plus qu'un et qu'en changeant au moyen de la clef, alternativement en sens contraire, la direction du courant qui les parcourt, ces deux aimants temporaires agissent toujours simultanément et solidairement sur la palette aimantée, l'un par attraction et l'autre par répulsion, et fassent vibrer le levier *acb* entre les vis en métal D et D′ avec une grande rapidité, lorsque le courant passant, de la vis D par le levier et son support dans les électro-aimants et dans la pile, est rompu et rétabli avec beaucoup de célérité.

La clef dont je me sers, est à la fois fort commode et très-simple. Elle se compose d'un axe horizontal en acier V (Pl. XI, Fig. 5) adapté à un support en bois B, d'une manivelle M ajustée à l'axe V, d'un fort ressort S, destiné à rappeler et à maintenir la manivelle dans sa position initiale, d'une pièce rectangulaire en ivoire I

fixée sur la manivelle et portant deux disques semi-circulaires A et A′ parallèles et isolés l'un de l'autre. Le disque A′ n'a qu'une seule dent *c*; l'autre est muni de deux dents à rochet *a* et *b*, séparées par un intervalle assez large, et porte une petite tige horizontale en acier *t* à laquelle est adaptée une plaque en ivoire. Sur celle-ci on taille deux petits plans inclinés en sens inverse, en laissant entre eux la face supérieure de la tige à nu sur une largeur de 1 à 1 $^1/_2$ millimètre. Un ressort Z communique avec le disque A et le pôle + de la batterie principale; un autre ressort C avec le disque A′ et le pôle — *e*. Trois ressorts R, R′ et R″ ajustés au support B qui porte l'axe V, doivent satisfaire aux conditions suivantes :

1° Lorsque la manivelle M est dans sa position de repos ou initiale, le ressort R, réuni au fil de la ligne, doit communiquer avec le disque A et toucher l'une de ses dents, par exemple *a;* le ressort R″, uni par un fil conducteur à celui des deux électro-aimants du relais, doit communiquer avec la tige *t*, et par conséquent avec le disque A qui la porte; mais dans cette position le ressort R′ ne doit jamais communiquer avec le disque A′ (Fig 5, *a*). Dans ce cas on peut recevoir, mais non pas envoyer des dépêches.

2° Dès qu'on met en mouvement la manivelle de la gauche vers la droite, les deux disques A et A′ et la tige *t* tournent de la droite vers la gauche (Fig. 5, *b*); le ressort R″, glissant sur le plan incliné de la droite, s'isole de la tige *t;* immédiatement après, le ressort R′ doit toucher le disque A′, tandis que R continue de rester en contact avec le disque A. Dans cette position de la clef on peut transmettre, mais non pas recevoir des nouvelles.

3° Lorsque la manivelle est ramenée dans sa position initiale, on peut, au contraire, recevoir, mais non pas donner des communications.

4° Il va sans dire que lorsqu'on tourne la manivelle M de la droite vers la gauche (Fig. 5, *c*), le ressort R″ glissant sur le plan incliné de gauche, est isolé, que R vient en contact avec la dent *c* du disque A′, et R′ avec la dent *b* du disque A; que, par conséquent, la direction du courant est changée et que l'on peut de nouveau transmettre, mais non pas recevoir.

On assure les contacts entre les disques et les ressorts, en fixant au-dessus de ceux-ci des lames ou vis d'arrêt. Il faut, en outre, donner aux dents des disques une largeur convenable et les espacer assez pour qu'elles puissent remplir les conditions indiquées plus haut. On satisfait encore à ces dernières, en donnant à cha-

cun des disques deux dents suffisamment espacées pour que les ressorts R et R′ touchent *a* et *c*, lorsque la manivelle tourne vers la gauche, et soient, au contraire, isolés si elle tourne à droite. Alors deux autres ressorts T et T′, isolés dans le premier cas, touchent celui-là la dent *b* en communiquant avec R′, celui-ci la dent *d* en entrant en contact avec le ressort R (Fig. 6, *c*, *d* et *f*).

La clef que je viens de décrire est d'un emploi très-facile. Il suffit de faire mouvoir vivement la manivelle de droite à gauche et *vice-versâ*, jusqu'au point d'entrer en contact avec une plaque d'arrêt fixe; la forte résistance qu'on éprouve et le bruit sec qu'on entend chaque fois qu'elle frappe cette dernière indiquent que l'appareil fonctionne convenablement.

C'est la faculté que donne cette clef de pouvoir changer la direction du courant et de le faire agir après chaque oscillation simple, qui fait que dans le nouveau système on produit cent signaux dans le même espace de temps qu'on n'en produit que cinquante dans l'ancien. Il est facile de comprendre l'importance de cette modification.

Depuis longtemps on a cherché à transmettre avec plus de rapidité les communications au moyen du Télégraphe à écrire.

M. Steinheil a essayé d'écrire sur deux lignes parallèles avec deux leviers-plumes et deux clefs; mais son système n'a pas été introduit dans la pratique. M. Stachrer, mécanicien intelligent de Leipsig, se sert, sur les lignes télégraphiques de la Saxe, du même système modifié. Il écrit, comme M. Steinheil, sur deux lignes parallèles. Son relais se compose de deux aimants artificiels, de deux armatures de fer et d'un électro-aimant. Il emploie deux clefs, deux leviers-plumes et deux électro-aimants pour les mouvoir. Chacune des plumes fonctionne à l'aide de l'un des électro-aimants et de l'une des clefs, et le télégraphiste opère à volonté avec l'une de ces dernières, mais toujours avec une seule à la fois. Ce système est assez compliqué; il présente l'avantage qu'on peut se servir deux fois du même signe : par exemple, un point sur la ligne à droite signifie *e*, et sur la ligne de gauche *i*. Une petite ligne représente *a* sur la ligne de gauche, et *u* sur celle de droite. Ainsi Stachrer, en écrivant des lignes et des points sur chacune des deux lignes parallèles, dispose en réalité de quatre signes élémentaires pour représenter les lettres.

Voici l'alphabet qu'il a adopté.

ALPHABET POUR DEUX PLUMES ÉCRIVANT ALTERNATIVEMENT.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m
		—			—.	.—	.	.	..	.	
—	—.	.	.—	.			..		.	..	...

n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	z
	...	—		..	.	.	—	.	..	.
..		.	.—		.	.		—	.	..

En général on écrit les signes représentant les lettres sur la même ligne, mais on compose l'alphabet de trois manières différentes; on forme les lettres : 1° avec quatre signes élémentaires : de courtes et de longues lignes, des points également espacés, et des points inégalement espacés; 2° avec trois signes élémentaires diversement combinés : des lignes, des points également espacés et des points inégalement espacés; 3° avec deux signes élémentaires : des lignes et des points différemment combinés.

Le mode de représenter les lettres par des points et des lignes est le plus simple de tous. Soixante-douze points et lignes convenablement réunis suffisent pour former, à l'exemple de Steinheil (1), toutes les lettres de l'alphabet. Staehrer compose tout l'alphabet avec cinquante signes élémentaires, d'où il résulte que son Télégraphe transmet les dépêches avec plus de rapidité que ceux qui n'écrivent qu'avec une seule plume.

Mais je pense, avec M. Steinheil, qu'un Télégraphe avec deux clefs et deux plumes offre plus de difficulté pour écrire rapidement que ceux avec une clef et une seule plume, et l'on peut, ce me semble, ajouter qu'il présente aussi plus de chances d'erreur. En effet, le relais du Télégraphe du mécanicien de Leipsig se compose d'un électro-aimant, de deux gros aimants, de deux palettes aimantées, et de deux ressorts de rappel (2). C'est réunir trop d'organes différents pour en composer un appareil unique.

J'écris, comme Staehrer, sur deux lignes parallèles, en suivant un procédé bien plus simple que le sien. Je me sers de la clef décrite ci-dessus et d'un relais très-simple (voir paragraphe XII) qui permet au stationnaire de faire passer le courant de la pile locale

(1) Journal de Dingler, vol. 115.
(2) Ibid. vol. 124, 1852.

à volonté dans l'un ou dans l'autre des électro-aimants, et de faire par conséquent fonctionner celle des deux plumes qu'il a en vue.

S'il tourne la manivelle de la clef de sa position initiale vers la gauche, par exemple, qu'il la ramène ensuite à la ligne de repos ou verticale sans dépasser celle-ci, et qu'il répète la même opération autant de fois qu'il veut envoyer de signes, le courant de la batterie est transmis chaque fois que la manivelle est inclinée, et interrompu toutes les fois qu'elle est ramenée à sa position initiale; par suite le courant de la pile locale est établi et interrompu un égal nombre de fois dans l'un des électro-aimants, et la plume que celui-ci met en mouvement marque tous les signes transmis. Pour faire fonctionner l'autre plume, il n'a qu'à tourner la manivelle de la clef vers la droite et répéter la même opération. Mais il faut préférer à ce système celui avec une clef et une plume, à double effet et sans ressort de rappel. On dispose le levier *bca* du relais sur son axe entre les deux électro-aimants, de telle façon que s'il est en repos, son extrémité *b* ne touche ni la pointe D ni celle D′, afin que la pile locale ne soit pas fermée. On trouvera une autre disposition du relais dans le paragraphe suivant.

Pour écrire sans pile locale, je procède comme suit :

Je prends du papier suffisamment résistant, mais beaucoup plus doux que le papier employé jusqu'ici en télégraphie, et une plume tronquée en acier dur aussi pointue que le papier le permet (1), en lui donnant un levier au moins deux fois plus court que celui de la force motrice. Le système complet est représenté Fig. 6, Pl. XI. B planche en bois portant tout l'appareil, *ab* axe horizontal du levier *od* de la plume *p* monté sur un support en cuivre B′; 2 ... 2 bande de papier glissant à l'aide d'un mécanisme particulier (2) au-dessous de la plume, sur un cylindre où est tracée une petite rainure correspondant à la plume, *mm* lame en bois fixée en *d* transversalement au levier horizontal *od*; EE et E′E′ deux électro-aimants verticaux fixés sur la planche B, l'un à côté de l'autre, leurs pôles se trouvant dans le même plan vertical. F et F′ palette de fer (ou deux palettes séparées) suspendue à des pointes horizontales en acier au-dessus et très-près des deux électro-aimants

(1) Dans mes essais je me suis souvent servi de feuilles d'étain un peu épaisses.

(2) Ce mécanisme n'est pas réprésenté tout entier dans la figure.

et reposant à l'état de repos sur la lame en bois *mm*; *r* ressort empêchant la plume *p* de marquer lorsque le courant ne traverse pas les électro-aimants; F″ palette de fer horizontale fixée en *d′* sur le prolongement du levier de la plume *od*; E″E″ électro-aimants verticaux fixés au-dessus de cette palette contre un montant en bois.

J'enroule le fil conducteur sur les quatre électro-aimants de telle façon que, lorsqu'il est animé par le courant de la pile, ceux-ci attirent tous les quatre à la fois, les deux premiers la palette voisine et les autres la palette F″. Ces attractions conspirent toujours pour abaisser et faire marquer la plume sur le papier. En changeant la direction du courant à l'aide de la clef décrite plus haut, le magnétisme rémanent est détruit, le ressort *r* soulève instantanément le levier *od* et la plume *p*; des pôles contraires sont développés dans les électro-aimants; mais malgré ce changement de la direction du courant, ceux-ci attirent de nouveau les palettes de fer, et la plume marque une seconde fois. En répétant la même opération avec rapidité un grand nombre de fois, la plume écrit de la même manière que si elle est mue par la pile locale.

Dans ce système les électro-aimants n'agissent que par attraction, et le magnétisme permanent est constamment détruit par l'action du courant dirigé alternativement en sens contraire, ce qui est très-avantageux. De plus la résistance du ressort *r* est constante et faible. Il suffit qu'il empêche la plume toujours en contact ou à-peu-près avec le papier, d'y pénétrer pendant les courts instants où le courant de la batterie est interrompu. En me servant d'une vieille pile *Daniell* de six éléments, j'ai pu écrire d'une manière très-lisible, lorsque le courant passait par 800 mètres de fil fin enroulé sur deux des trois électro-aimants (1), et, en outre, par un électro-bobine de résistance de 50 kilomètres.

Je suis parvenu à un résultat semblable et même un peu meilleur, en faisant osciller un électro-aimant entre les pôles de deux aimants fixes, de la force de 5 à 6 kilogrammes chacun. Un électro-aimant EE′ de 800 mètres de fil fin, pesant environ 280 grammes, en équilibre stable dans sa position horizontale, est suspendu à deux pointes horizontales en acier trempé. Devant l'une de ses extrémités est placé de champ un aimant A, et devant l'autre un aimant semblable A′, leurs pôles et ceux de l'électro-aimant étant situés

(1) Ce courant ne passait pas par le fil du troisième électro-aimant.

dans le même plan vertical. J'adapte latéralement à l'électro-aimant la tige T près de E, et celle T′ près de E′, en le fixant devant les pôles des aimants et au-dessus de la lame en cuivre *mm′*, ajustée en *d* au levier *od* de la plume *p* (Fig. 6), de façon que si on le fait osciller vivement, les tiges T et T′ pressent, l'une après l'autre, avec force sur la lame *mm′*, en abaissant et faisant marquer chaque fois la plume *p* sur le papier.

Lorsque, l'appareil étant ainsi disposé, le courant de la pile qui a servi dans l'expérience précédente, est conduit avec célérité, alternativement en sens contraire dans le fil de l'électro-aimant, celui-ci se met à vibrer entre les pôles des aimants avec une grande rapidité. Aussitôt qu'il s'incline d'un côté ou de l'autre, l'une des tiges frappe vivement la lame *mm′* et la plume s'abaisse en marquant un signe; le courant changeant de direction, le ressort soulève instantanément la plume, l'autre tige frappe la lame *mm′* et la plume s'abaisse de nouveau en écrivant un second signe. Chacun des chocs communiqué à la lame *mm′* par l'électro-aimant abaisse et fait écrire la plume, et elle est soulevée par le ressort pendant le temps qui s'écoule entre deux chocs.

La plume marque encore très-distinctement sur le papier, lorsque le courant de la pile traverse à la fois le fil de l'électro-aimant et celui d'une bobine de résistance de 50 kilomètres. Mais si l'on augmente sensiblement cette dernière, la plume cesse d'imprimer des signes nets et distincts.

Je ne puis, pour le moment, donner suite à mes expériences; mais je me réserve de les reprendre en employant de nouveaux moyens d'expérimentation. Il n'est pas à ma connaissance qu'avec une pile aussi faible que celle dont je me suis servi on ait produit des effets aussi considérables. On voit sans peine qu'avec une pile *Daniell* de 24, 30, 40 éléments en bon état, j'aurais sans doute pu écrire distinctement, tout en faisant passer le courant par une bobine de résistance de 5 à 6 fois 50 kilomètres, c'est-à-dire que j'aurais pu écrire des dépêches à une distance de 250 kilomètres, abstraction faite de toute perte de force que le fil de la ligne peut éprouver.

De plus, les dispositions de mes appareils sont telles qu'elles permettent de leur faire produire des effets plus grands. Je puis donner aux électro-aimants de l'appareil (Fig. 6) de très-grandes dimensions, puisqu'il n'y a point d'aimant permanent qui agisse sur le fer. Le magnétisme restant au moment de l'interruption du

courant ne suffit jamais pour empêcher la plume de se soulever un peu, et il est d'ailleurs, immédiatement après l'interruption, détruit par le courant contraire renaissant. Enfin on peut faire fonctionner à volonté 2, 3 et 4 électro-aimants simultanément.

Dans l'appareil Fig. 7 je puis remplacer l'électro-aimant droit par deux petits électro-aimants recourbés, de même poids que le premier, et me servir en même temps d'aimants fixes de la force de vingt, vingt-cinq, etc. kilogrammes (Fig. 7, *b*). Enfin rien n'empêche de faire agir à la fois sur le levier-plume un électro-aimant oscillant et un ou deux électro-aimants fixes, ces derniers soulevant l'un des bras du levier-plume, en même temps que l'autre est abaissé par l'une ou l'autre tige de l'électro-aimant mobile.

Je parviendrai ainsi, je l'espère, à me procurer des forces motrices plus grandes que celles dont je puis disposer dans ce moment, même en me servant d'une pile assez forte. Toutefois, ce sont les expériences que je vais entreprendre, qui décideront à quelle distance je pourrai, à l'aide des moyens indiqués plus haut, écrire avec certitude sans pile locale. Mais cette distance ne fut-elle que la moitié, le tiers, ou même le quart de celle à laquelle on envoie les dépêches imprimées, en se servant de la pile locale, les résultats seraient encore très-beaux. Mon appareil, plus simple dans sa construction que l'ancien et permettant en même temps d'éviter les chances d'erreur qui peuvent provenir du mode de fermer et d'ouvrir la pile locale par le relais, pourra servir dans des cas très-divers. Le Télégraphe qui écrit les dépêches, présente des avantages tels, qu'il finira sans doute par servir à établir des communications d'un établissement à un autre dans la même ville. Il devient surtout utile de supprimer la pile locale, lorsqu'on se sert de translateur pour envoyer les dépêches (paragraphe XII).

Au lieu de transmettre avec la clef représentée dans ses diverses positions (Fig. 5), on peut se servir d'un clavier d'une construction particulière, qui n'a qu'un nombre de touches égal à celui des signes élémentaires qui forment la lettre la plus composée : par exemple, on donne au clavier 4, 5 ou 6 touches au plus, suivant l'alphabet qu'on adopte. Devant chaque touche principale, sur le même rayon, on en adapte une autre plus petite disposée de façon que, si l'on abaisse celle-ci, en maintenant l'autre déprimée, on rétablit le courant qui avait été rompu, aussitôt que le levier d'arrêt du changeur arrive en contact avec la touche principale.

Par ce moyen on ferme la pile locale et on la maintient fermée pendant les quelques instants que les deux touches restent abaissées; par suite la plume trace une petite ligne. Elle cesse de marquer aussitôt que le télégraphiste, retirant la main des touches abaissées, le changeur tourne de nouveau. On voit que pour marquer des points avec la plume, on n'abaisse que les touches principales, et que pour lui faire tracer de petites lignes, on presse d'abord sur une touche principale, puis aussitôt après sur la petite touche devant celle-ci. Dans ce dernier cas, il faut que le courant ne soit pas interrompu au moment où le changeur est arrêté.

Quand on sait l'alphabet par cœur, on s'habitue en quelques jours à transmettre les dépêches très-facilement et avec une grande rapidité. Mais depuis que j'ai découvert la clef décrite plus haut, qui me permet de rendre à double effet le Télégraphe à écrire, je la trouve plus simple, et pour le moins aussi expéditive que le transmetteur à clavier. L'opération avec la clef est si commode, si sûre et si prompte, que je ne vois pas quel autre transmetteur on pourrait lui substituer avec avantage. En introduisant dans l'alphabet des points et trois lignes de diverses longueurs, j'ai combiné ces quatre signes élémentaires de façon à réduire de 72 à 42 le nombre de signes nécessaires pour représenter toutes les lettres de l'alphabet. Si la seconde ligne est égale au double et la troisième au triple de la première, l'œil les distingue facilement les unes des autres. Ainsi on diminue de beaucoup le nombre de mouvements qu'il faut imprimer à la plume pour transcrire les dépêches, et on augmente par conséquent la vitesse de transmission.

Mais comme le Télégraphe que j'ai perfectionné, écrit deux fois plus vite que le système en usage, il importe peu de diminuer le nombre des signes élémentaires de l'alphabet, et dès-lors il convient, ce me semble, d'adopter celui qui est le plus simple de tous et dans lequel l'on ne se sert que de points et de lignes, sans avoir égard à leur longueur.

En résumé, je crois avoir démontré dans ce paragraphe les points suivants :

1° Comment on peut disposer le Télégraphe de M. Morse pour le faire écrire deux fois plus vite, en employant une clef d'une construction particulière et en conduisant le courant de la pile locale, alternativement par deux vis métalliques D et D′ (Fig. 4) dans le relais, et de là, par le ressort de rappel, dans le fil des électro-aimants moteurs de la plume et dans la pile locale.

2° J'ai disposé le Télégraphe à écrire de telle façon qu'il est à double effet, sans ressort de rappel, et que la force motrice du relais est au moins deux fois plus grande que cette même force dans le système ordinaire.

3° Comment on peut écrire, au moyen d'un relais très-simple, d'une seule clef, et deux plumes marquant l'une après l'autre, sur deux lignes parallèles.

4° J'ai construit un appareil susceptible d'écrire à des distances assez grandes, sans pile locale, en indiquant en même temps des dispositions nouvelles qui permettent d'agrandir beaucoup les effets antérieurement obtenus par moi.

XII.

Appareil pour transmettre les dépêches à des stations éloignées, en omettant les stations intermédiaires. — Translateur. — Relais.

On sait que le relais sert à faire fonctionner la pile locale : mais les distances auxquelles on veut transmettre des dépêches peuvent être si grandes, que le courant d'une batterie, même très-forte, est trop affaiblie dans son parcours par diverses causes (paragraphe XIII), pour que le relais puisse encore ouvrir et fermer la pile locale avec l'énergie et la célérité nécessaires. Dans ce cas, on est obligé de limiter les distances que le courant de la batterie doit parcourir et de faire copier les dépêches de station à station, ou bien de disposer le relais de façon qu'il puisse faire fonctionner, non pas une pile locale, mais une batterie principale, placée à grande distance de la station avec laquelle on veut communiquer.

Les appareils qui servent à cet usage ont été désignés sous le nom de *translateurs* par M. Steinheil, qui les a appliqués le premier au système de Morse. Ils se composent chacun essentiellement de deux appareils à écrire, réunis d'une manière particulière, et des indicateurs placés dans la direction de la ligne. Le levier-plume de chaque station communique avec la batterie principale de telle façon que, s'il fonctionne ou semble fonctionner, il ouvre et referme la batterie principale précisément comme le fait le relais pour la pile locale. Les indicateurs sont mobiles autour de leurs axes. On place leurs aiguilles sur le mot *translateur*, lorsqu'on veut communiquer

directement en dépassant des stations intermédiaires. Dans le cas contraire, on transmet à la manière ordinaire.

Pour envoyer une dépêche de la station A à celle D, en omettant les deux intermédiaires B et C, on commence par indiquer à la station B la lettre initiale de la station D : en B on répète le même signe à la station C, qui le transmet à la station D; aussitôt les translateurs sont disposés aux diverses stations, dans les directions des lignes, et les indicateurs mis sur le signe « *translateur.* » On transmet de A; le levier-plume imite les signes transmis; le courant de la batterie principale passe dans le fil du relais en B, ouvre la pile locale et retourne par la terre en A; le levier-plume en B se soulève et ferme la batterie; le courant de celle-ci passe dans le relais à la station C et retourne en B; le levier-plume ferme la batterie en C, le courant passe dans le relais en D, et retourne par la terre en C; la pile locale se ferme à la station D et le levier-plume marque un signe. Si le courant est interrompu, puis rétabli en A, il l'est dans chacune des stations, le levier-plume écrit un second signe à la station D, et ainsi de suite. Ce n'est qu'à cette dernière qu'il écrit, tandis qu'aux autres il ouvre et ferme la batterie par ses mouvements, en simulant de marquer.

La conception des translateurs est ingénieuse, comme le sont en général les découvertes de M. Steinheil, mais leur emploi est difficile et compliqué; je ne les connais que par une simple indication (1). M. Steinheil même recommande, dans l'emploi de ces appareils, des précautions qu'il est à-peu-près impossible de réaliser. Ils sont à l'essai depuis 8 à 10 mois dans le Würtemberg et la Bavière. L'expérience décidera jusqu'à quel point on pourra s'en servir avec avantage. Mais on peut dire, dès à présent, que les obstacles à surmonter, en se servant de ces translateurs, sont assez grands.

En effet, M. Steinheil recommande d'employer des courants très-constants, et, pour reconnaître s'ils sont tels, d'intercaler dans les fils des lignes des boussoles et des rhéostats, puis de régler les effets des relais à l'aide de leurs ressorts de rappel. Or, les piles ne restent jamais constantes; les indications des boussoles sont quelquefois incertaines et trompeuses, le rhéostat offre une résistance à vaincre; le réglage des ressorts de rappel est gênant, il

(1) Numéro 213 de la *Gazette d'Augsbourg*, 1852.

occasionne une perte de temps, et en même temps une résistance réelle à surmonter par le courant.

Il se présente encore d'autres difficultés : quel que soit le Télégraphe employé, on commet de temps en temps des erreurs, et, dans ce cas, lorsqu'un seul signe est mal donné par le premier translateur, il est mal donné par les suivants; et si chacun de ceux-ci indique mal à son tour l'un ou l'autre signe, la dépêche finit par devenir inintelligible et arrive à la dernière station dans un état de complète confusion; par conséquent il faut la vérifier, ce qui exige plus de temps qu'il n'en faudrait pour la transmettre à la manière ordinaire.

C'est ici surtout qu'on voit combien il importe d'avoir des relais d'une très-grande sensibilité. Tous ceux qui sont employés dans les Télégraphes à écrire présentent les inconvénients exposés dans le Paragraphe I. Ceux que je propose dans celui qui précède sont doués d'une sensibilité double. J'en ai construit deux qui, ce me semble, peuvent remplacer avec avantage les translateurs, même dans le cas où l'expérience démontre l'utilité de ceux-ci. Ils peuvent être employés pour communiquer les dépêches, comme on le fait à l'aide de translateurs; mais ils peuvent aussi servir à en éviter l'emploi, en raison de leur très-grande sensibilité. Dans ce dernier cas, la transmission devient beaucoup plus simple, plus sûre et plus prompte.

Le premier relais se compose de deux doubles électro-aimants AA′, BB′ (Fig. 8, Pl. XI), fixés sur une tablette en acajou MM, au moyen de deux traverses C,C′ et de quatre vis de pression v,v',v'',v'''. Une plaque en laiton Q, fixée sur la traverse C, porte une pièce rectangulaire en ivoire I, à laquelle sont vissées quatre lames solides en laiton S, S′, S″, S‴, munies respectivement des vis R, R′, R″, R‴. La lame S, pourvue d'un bouton en cuivre b et communiquant avec le fil de la ligne, est réunie en croix à la lame S‴ par un fil en cuivre r, et la lame S′, munie d'un bouton en cuivre b' et réunie avec la terre, est reliée en croix à S″ par un autre fil en cuivre r' isolé de r. Une palette aimantée verticale P, suspendue à des vis horizontales en acier a et a' entre les deux électro-aimants, porte quatre lames flexibles en laiton p et p', q et q' isolées d'elle : les deux premières communiquent entre elles, avec la vis a, la lame en laiton m et le pôle positif d'une batterie voltaïque, tandis que les deux autres q et q' communiquent entre elles, avec la vis a', la lame en laiton m', et le pôle négatif de la batterie. Deux vis V

et V′ servent à rapprocher et à éloigner à volonté les électro-aimants de la palette aimantée P.

Un relais semblable se trouve à chaque station extrême, et deux à chacune des stations intermédiaires qu'on veut dépasser; l'un sert à donner et l'autre à recevoir, à l'aide de la même batterie. Aussitôt qu'on transmet à la station A, le courant passe par le fil de la ligne dans celui des électro-aimants du relais à la station B et retourne en A; ceux-ci déplacent la palette aimantée P de gauche vers la droite, par exemple; les palettes p et q viennent en contact immédiat avec les vis R et R″; le courant de la batterie est établi; il parcourt le fil de la ligne et celui des électro-aimants du relais à la station C et revient en B. Ces derniers électro-aimants ferment la batterie à la station C, le courant passe à la station D dans le récepteur d'un Télégraphe à cadran ou dans le relais d'un Télégraphe à écrire. Dans le premier cas, l'aiguille passe du signe + à la lettre A, et dans le second le relais ferme la pile locale et le levier-plume marque un signe. Lorsqu'on interrompt et qu'on change la direction du courant à la station A, il l'est à chacune des autres stations, et, à la dernière, l'aiguille du cadran saute à la lettre suivante, ou bien la plume du Télégraphe marque un second signe.

Les lames p, p', q et q' sont très-flexibles et très-rapprochées des vis en cuivre R, R′, etc.; leur bras de levier commun est très-court; les électro-aimants sont de leur côté très-près de la palette aimantée; par conséquent, le relais est d'une très-grande sensibilité, et les contacts entre les conducteurs mobiles et fixés, pour le passage du courant, sont parfaitement établis. Lorsque le relais est en repos, la palette P est un peu inclinée, les lames touchent les vis et la batterie est fermée. Mais ceci n'est pas un inconvénient, puisqu'il est de règle que le poste qui reçoit une communication directe se remet sur la position de la correspondance ordinaire, immédiatement après la réception de la dépêche.

J'ai fait fonctionner le relais décrit ci-dessus d'une manière très-régulière, en me servant de 22 éléments faibles d'une pile *Daniell*, et en conduisant le courant par une électro-bobine de résistance de 1100 à 1200 kilomètres de fil de fer de 4 millimètres de résistance. La vitesse de l'appareil correspondait, malgré la très-grande résistance que le courant avait à surmonter, à celle de l'aiguille d'un récepteur qui faisait un tour complet en moins d'une seconde et demie. On peut accroître encore la force motrice de l'appareil,

en employant (Paragraphe IV) une double palette aimantée et quatre électro-aimants, réunis de telle façon que leurs actions sur le double aimant soient toujours conspirantes.

Le second relais, dont je me sers, surpasse le premier en sensibilité. Il consiste essentiellement en un Télégraphe avec multiplicateur à trois aiguilles et deux électro-aimants (Paragraphe V). En me servant de cet appareil pour relais, je change alternativement la direction du courant en sens inverse, sans jamais devoir l'interrompre plusieurs fois de suite, comme c'est le cas lorsqu'il doit servir comme Télégraphe; dès-lors je puis employer des aiguilles plus fortes et rapprocher les électro-aimants jusqu'à un ou deux millimètres des pôles de l'aiguille, qui est à la face postérieure du multiplicateur. Par là, j'augmente la sensibilité du relais. Lorsque le courant passe par le fil de celui-ci, l'aiguille fixée à la face antérieure du multiplicateur frappe vivement contre une lame flexible en métal, par exemple, contre *a* (Fig. 9, Pl. XI); mais aussitôt qu'on change la direction du courant, elle va frapper avec énergie la lame flexible *b* du côté opposé.

Ces lames-ressorts *a* et *b* sont en contact intime, par leurs extrémités supérieures, avec une plaque en laiton M (Fig. 9), lorsque les aiguilles du multiplicateur sont dans la position de repos ou verticale, et reviennent toujours en contact avec elle, aussitôt que la force qui les en écarte cesse d'agir. La lame *a* communique par son extrémité inférieure avec l'un des bouts des électro-aimants, soit du récepteur d'un Télégraphe à cadran, soit d'un appareil à écrire, l'autre bout du même fil étant réuni au pied de la lame *b*. L'axe des aiguilles, bien isolé, est constamment en communication avec le pôle positif, et la plaque M avec le pôle négatif de la pile locale.

Quand le courant électrique passe de la station A dans le relais placé à la station B, les aiguilles de celui-ci dévient; celle qui est à la face antérieure touche, par exemple, la lame ressort *a*; aussitôt le courant de la pile locale passe de l'axe par l'aiguille, la lame *a* par le fil du multiplicateur et des électro-aimants, et retourne par la lame *b* et la plaque M dans la pile. Par conséquent, l'aiguille du récepteur saute du signe + à la lettre A, ou le levier-plume marque un signe. Les aiguilles du multiplicateur, surtout celle qui est à sa face postérieure, étant très-près des électro-aimants, restent inclinées, même après l'interruption du courant; mais aussitôt qu'on change la direction de celui-ci, elles dévient en sens con-

traire; celle de la face antérieure frappe avec énergie la lame-ressort *b*, tandis qu'en même temps la lame *a* se remet en contact avec la plaque M; le courant de la pile locale passe, cette fois, de l'aiguille dans la lame *b*, traverse le multiplicateur et les électro-aimants, et retourne par la lame *a* et la plaque M dans la pile; en même temps il se produit un second signe, et ainsi de suite. Ce relais est d'une grande sensibilité, mais il doit être construit de façon que l'aiguille qui transmet le courant, n'oscille pas ou presque pas pendant qu'on change la direction de ce dernier. Si dans ce moment elle frappait deux fois de suite la même lame-ressort, ou bien l'une, puis l'autre, le récepteur ou l'appareil à écrire marquerait des signes que le télégraphiste n'a pas l'intention d'envoyer. Je m'occupe en ce moment d'amortir les oscillations des aiguilles du relais décrit ci-dessus. Si j'y parviens, comme quelques essais me le font espérer, il sera à la fois sûr et très-sensible. Mais dans le cas contraire, on ne pourrait s'en servir avec confiance que lorsqu'on n'envoie pas les dépêches avec une grande célérité.

Le principe d'après lequel le relais à aiguilles est construit présente ce grand avantage, qu'il permet de changer la direction du courant de la pile locale, alternativement en sens inverse, par le contact de l'aiguille qui transmet ce courant avec une seule des deux lames-ressorts *a* et *b*. La marche du relais devient ainsi à la fois plus sûre et plus facile. En appliquant le même principe au premier relais (Fig. 9, Pl. XI), je l'ai encore amélioré, tant sous le rapport de la sensibilité que sous celui de la certitude de transmission des signaux. J'ai donné au changeur (Fig. 9) une disposition différente, représentée Fig. 10.

Une palette aimantée NS est suspendue verticalement entre deux électro-aimants EE et E′E′, à l'aide d'un axe horizontal *zx*; cet axe lui-même repose sur deux supports en laiton A et A′, fixés sur une tablette en acajou et portant: le premier une vis de pression en laiton *a*, et l'autre une vis semblable *b*. Au point O de la palette est soudée une tige en cuivre F, longue d'environ 8 millimètres, terminée horizontalement en forme de T par une lamelle épaisse en cuivre doré ou platiné *ll′*. Aux montants en laiton PQR est adaptée, au-dessus de la palette aimantée, une pièce en ivoire I à laquelle on fixe horizontalement par les extrémités *m*, *n* et *d* les deux lames-ressorts en acier doré *mm′* et *nn′*, ainsi que la tige *dd′*, terminée en forme de T par une lamelle solide en cuivre doré *ss′*.

Tout est disposé de façon que, la palette aimantée étant en repos,

les extrémités libres m' et n' des deux lames-ressorts sont en contact intime avec les deux bouts s et s' de la tige dd', et séparées de $^1/_5$ ou $^1/_6$ de millimètre des bouts l et l' de la tige F (1). S'il y a contact du bout l avec la lame-ressort mm', ou du bout l' avec la lame-ressort nn', la pile locale est fermée pendant que le relais ne travaille pas. Ceci n'a pas d'inconvénient, lorsque l'appareil ne sert que pour les communications directes, qui ne durent chaque fois qu'un temps très-court et fixé à l'avance par le stationnaire qui les demande. Mais lorsque le relais sert pour toutes les transmissions, comme dans le Télégraphe à écrire, on interrompt le circuit de la pile locale au moyen d'un commutateur qu'on place sur le réveil. Dès qu'on entend le bruit de la marche du relais ou celui du réveil, on rétablit la communication entre le relais et la pile locale. Le pôle positif de cette pile communique à la fois avec les vis de pression a et b; la lame-ressort mm' est réunie à l'un des bouts du fil des électro-aimants d'un récepteur ou d'un appareil à écrire, tandis que l'autre bout de ce fil communique avec l'autre lame-ressort $n'n'$.

Aussitôt que le stationnaire transmet une dépêche, la palette aimantée du relais vibre rapidement; la tige F porte le courant alternativement dans les lames-ressorts mm' et nn'; il passe, par exemple, de la première dans les électro-aimants, revient par la seconde, par le bout s', et retourne par la tige dd' dans la pile. L'instant d'après le courant suit une direction contraire en traversant la lame-ressort nn', ainsi que les électro-aimants, et en revenant par celle mm', par s et par la tige dd', dans la pile.

La marche du relais décrit ci-dessus est très-sûre et sa sensibilité est extrêmement grande. Cette dernière surpasse de beaucoup celle du récepteur qui a servi pour toutes les expériences énumérées dans le Paragraphe IV. Dans ce dernier récepteur le rapport de longueur des leviers de la puissance et de la résistance est de un à trois, tandis qu'au contraire ce même rapport dans le relais dont il s'agit en ce moment est de un à un.

---

(1) On isole la tige F des lames mm' et nn', en fixant au-dessus de ll' un très-faible ressort disposé de façon à maintenir la palette aimantée, et, par suite, la tige elle-même dans une position verticale, lorsque le relais ne fonctionne pas. Ce ressort occasionnerait une faible résistance, mais l'appareil reste encore très-sensible; toutefois, il est encore préférable de supprimer le ressort.

Le levier de la tige F, qui déplace les lames-ressorts, n'est que de 18 à 20 millimètres, et la résistance que celles-ci offrent est plus faible que la résistance que la force motrice doit surmonter dans le récepteur. Or, je me sers dans celui-ci et dans le relais précisément des mêmes électro-aimants et de la même palette aimantée. Par conséquent, si 22 éléments d'une pile *Daniell* ont pu (Paragraphe IV) faire décrire à l'aiguille du récepteur un tour entier en une demi-seconde, le courant passant par une électro-bobine de résistance de 1000 à 1200 kilomètres, à plus forte raison ces vingt-deux éléments peuvent-ils faire marcher le relais placé à la distance de 1200 kilomètres de la station qui transmet, abstraction faite de toute perte de courant sur la ligne. Cela est si vrai que six éléments d'une vieille pile *Daniell* m'ont suffi pour faire marcher le relais ci-dessus, lorsque le courant passait par une électro-bobine de résistance de 314 kilomètres. On peut même accroître encore beaucoup (surtout s'il s'agit de très-longues lignes télégraphiques), la sensibilité du relais ci-dessus, en se servant (Paragraphe IV) d'une double palette aimantée et de quatre électro-aimants au lieu de deux.

Le relais que je viens de décrire permet de changer la direction du courant alternativement en sens contraire, ou bien de l'interrompre simplement et de le rétablir, à la volonté de l'opérateur. On peut s'en servir dans tous les Télégraphes en usage; il devient même indispensable, dans mon opinion, lorsqu'on veut supprimer le ressort de rappel dans le relais du système à écrire et rendre cet appareil à double effet. Il en est encore de même lorsqu'on supprime le ressort de rappel dans le récepteur d'un Télégraphe à cadran, et que la très-grande distance de la ligne exige qu'on se serve d'une pile locale. Il pourra aussi servir de translateur, dans le cas où l'expérience justifierait l'usage de ce dernier. Enfin il permet de transmettre directement à des distances beaucoup plus grandes que ne le permettent les relais ordinaires; mes expériences m'autorisent à porter la distance au double.

En résumé, on voit que :

1° La transmission des dépêches, à l'aide des translateurs, est compliquée et moins sûre que le mode de communication ordinaire. L'expérience n'a pas démontré jusqu'ici qu'on peut s'en servir sans inconvénient.

2° J'ai construit un appareil qui peut remplacer les translateurs

ALPHABET.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
J	K	L	M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X	Y	Z	É
(') *Apostrophe*	(–) *Trait d'union*	(·) *Point*	(?) *Point d'interrog.*	(,) *Virgule*	*Alinéa*	( ) *Parenthèse*	" *Guillemets*	— *Souligné*

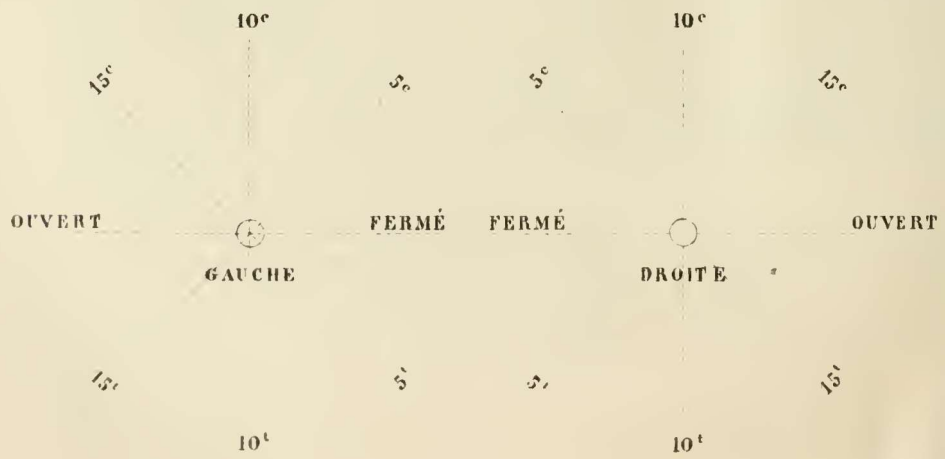
Les trois derniers signaux se donnent au commencement et à la fin de chaque passage qu'ils concernent.

ABRÉVIATIONS.

ment.	*tion.*	*ont.*	*ant.*	*able.*	*enr.*

Les dix chiffres sont représentés par les signaux suivants.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	*barre des Fractions.*



et servir aussi de relais sans ressort de rappel, en permettant même de changer la direction du courant dans la pile locale.

3° Tous les relais employés jusqu'ici, consistant en un seul électro-aimant et un ressort de rappel, offrent les inconvénients de celui-ci et sont, en outre, des électro-moteurs trop faibles pour des transmissions à de très-grandes distances. J'ai proposé un relais qui possède une sensibilité deux fois plus grande que celle des meilleurs relais en usage, sans exiger le moindre réglage. Il permet d'éviter l'emploi des translateurs, quand même ils fonctionneraient bien, et de se servir des communications directes toujours plus simples et aussi expéditives, à mon sens, que celles qu'on pourra établir à l'aide de ces derniers appareils placés à divers postes entre les stations extrêmes.

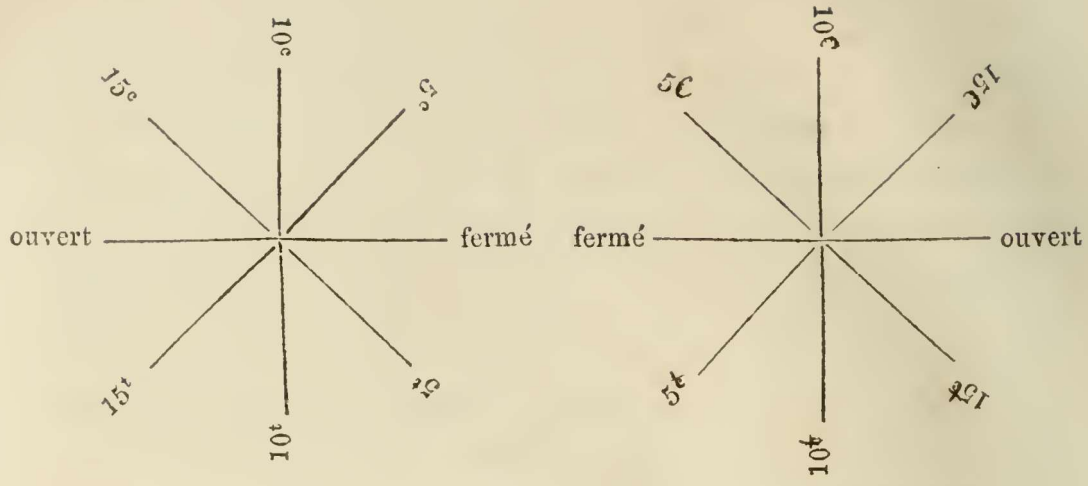
XIII.

Comparaison des divers systèmes de Télégraphes; avantages et désavantages de chacun d'eux. Examen des causes qui peuvent déranger leur marche.

En France, on ne se sert, pour le service public, que de Télégraphes avec les lettres de l'alphabet, et de Télégraphes à signaux aériens. Dans les deux systèmes les transmetteurs ou manipulateurs sont mus à la main par le télégraphiste : les récepteurs sont tous munis de rouages d'horlogerie.

Dans le Télégraphe à signaux aériens le récepteur consiste en deux récepteurs simples réunis, communiquant chacun avec un fil de ligne particulier, et ayant pour roue d'échappement une roue à rochet de quatre dents. Sur le cadran vertical est tracée une ligne noire, horizontale, qui est la ligne de repos (*régulateur*). A chacune des extrémités de celle-ci est fixée, sur un axe horizontal, une aiguille en mica ou en métal. Cette aiguille peut prendre sept positions différentes relativement à la ligne de repos, ainsi que l'indique la figure ci-dessous. L'aiguille de gauche porte le nom d'*indicateur de gauche*, et celle de droite celui d'*indicateur de droite*.

La planche ci-jointe représente les lettres de l'alphabet, et les deux figures qui suivent les dénominations des sept positions différentes que prend chacun des régulateurs.



Lorsque le Télégraphe ne travaille pas, on amène toujours les indicateurs sur la ligne qui porte le mot : *fermé ;* ils se meuvent en sens contraire l'un de l'autre. L'indicateur de gauche tourne de la droite vers la gauche, en passant successivement aux positions désignées par 5 *terre*, 10 *terre*, 15 *terre*, horizontal ; — 15 *ciel*, 10 *ciel*, 5 *ciel*, *zéro*. L'indicateur de droite tourne de la gauche vers la droite de *zéro* aux positions 5 *terre*, 10 *terre*, 15 *terre*, horizontal ; — 15 *ciel*, 10 *ciel*, 5 *ciel*, *zéro*.

Les signaux peuvent être formés soit avec deux manivelles, soit avec une seule. Dans le premier cas, les signaux horizontaux sont faits comme ils sont écrits. Le simple à l'oblique horizontal (\—) se forme en ouvrant horizontalement l'indicateur de droite. Les signaux verticaux sont précédés de l'indice du vertical (—\) et formés ensuite comme s'ils étaient horizontaux, l'indicateur du haut étant reporté à gauche. Le simple à l'oblique vertical suit la même règle.

Lorsqu'on travaille avec une seule aiguille, les signaux se font en deux temps. Quelle que soit la manivelle avec laquelle on opère, on fait successivement les deux angles télégraphiques en commençant par la gauche du signal, par exemple, ( ), cinq terre, quinze ciel se représentera avec la manivelle gauche par (\—), cinq terre zéro, quinze ciel zéro ; et avec la manivelle droite par ( ), zéro cinq terre, zéro quinze ciel.

Aux signaux alphabétiques il importe d'ajouter les signes régle-

mentaires ou de convention, qui sont au nombre de douze, représentés par le tableau suivant :

1.	Grande ouverture.	7.	Final.
2.	Grande urgence.	8.	Réception.
3.	Petite urgence.	9.	Attente.
4.	Grande activité.	10.	Congé d'1 1/4 d'heure.
5.	Petite activité.	11.	Répétition de mot.
6.	Erreur.	12.	Non réponse.

La grande ouverture (1) commence toute espèce de transmission. Les signaux d'urgence et d'activité sont donnés à la suite de l'ouverture pour préciser l'importance des dépêches et le sens de leur marche.

La grande urgence l'emporte sur la petite urgence et la petite activité.

La petite urgence l'emporte sur la grande activité.

La grande urgence et la grande activité précèdent les dépêches s'éloignant de Paris. La petite urgence et la petite activité celles qui vont en sens inverse.

Le signal d'erreur (6) annule le signal précédent.

Le signal final (7) annonce la fin de toute espèce de transmission.

La réception (8) indique que la transmission est comprise.

Le signal d'attente (9) sert à indiquer que les agents doivent se tenir prêts à recevoir.

Les congés d'un quart d'heure dispensent les stationnaires de rattaquer, mais n'autorisent pas leur absence.

Le signal de répétition (11) indique que la transmission n'a pas été comprise et qu'elle doit être répétée. Dans les dépêches en lettres, le stationnaire qui transmet donne aussi ce signal à la suite de certains mots pour en demander la répétition.

On indique sur le procès-verbal la non-réponse par le signal (12).

La transmission est en signaux, en lettres ou en phrases conven-

tionnelles : elle commence par la grande ouverture suivie du fermé. Le poste qui reçoit répète immédiatement les mêmes signaux pour indiquer qu'il est prêt à recevoir. La dépêche vient ensuite, précédée des signaux qui indiquent son importance ou son espèce.

Les phrases conventionnelles sont composées de deux signaux, dont le premier est un signal à grande ouverture. Dans les transmissions en signaux, le stationnaire qui transmet donne le fermé après chaque série de dix signaux. L'erreur et le signal qu'elle annule ne sont pas comptés dans l'évaluation des dizaines.

Les transmissions en lettres sont précédées des signaux indiquant leur espèce et le nombre de mots qu'elles contiennent.

Le stationnaire qui transmet se ferme sur chaque mot ; il s'arrête, après chaque série de trois ou quatre mots au plus, jusqu'à ce que son correspondant lui ait indiqué, par un tour de manivelle, que la transmission peut continuer. Les noms propres de personne et des lieux doivent être transmis lentement, et chaque lettre écrite à mesure de sa transmission. Le stationnaire qui reçoit répète immédiatement les mots ainsi transmis. Les mêmes règles sont applicables aux mots suivis du signal de la répétition.

Les nombres seront transmis en toutes lettres ou en chiffres, selon que le portera l'original de la dépêche ; mais ils seront toujours répétés lentement et en chiffres par le stationnaire qui reçoit.

Le stationnaire qui transmet est particulièrement responsable des fautes commises sur les nombres et sur les mots répétés.

Lorsqu'une transmission est terminée, celui qui l'a reçue doit, après avoir donné le signal d'attente, indiquer en chiffres le nombre de signaux ou de mots reçus.

Je dois à l'obligeance de M. Alexandre, administrateur des lignes télégraphiques à Paris, un exemplaire du règlement pour le service de la télégraphie en France. J'ai cru ne pouvoir mieux faire que d'extraire littéralement de cette pièce officielle tout ce que je viens de dire sur les signaux alphabétiques, ainsi que sur la nature de leurs transmissions.

Sans la connaissance de ces données, il est impossible de comparer la télégraphie française à celle adoptée dans d'autres pays. D'ailleurs, j'ai eu mainte fois l'occasion de me convaincre que le système du Télégraphe aérien est trop peu connu hors de France et qu'il ne l'est pas même suffisamment dans ce pays.

Voyons maintenant ce que les différents systèmes de Télé-

graphes ont de commun entre eux, et en quoi ils diffèrent les uns des autres.

Il faut évidemment préférer celui d'entre eux qui réunit au plus haut degré ces trois qualités : simplicité dans la construction, rapidité et certitude dans la transmission des signaux. Tous les Télégraphes commettent de temps en temps des erreurs; mais en les comparant entre eux, on ne doit avoir égard qu'à celles qui dépendent de leur construction.

Parmi les Télégraphes, les uns écrivent ou impriment les dépêches, et les autres produisent des signaux fugitifs. Les premiers n'exigent qu'un seul employé à la station de départ pour transmettre. A la station d'arrivée le stationnaire n'a ni à écrire ni à lire les dépêches, il peut même s'absenter pendant la transmission; en effet, aussitôt que le levier-plume se meut, la détente arrêtant le mécanisme qui avance le papier, part, et l'appareil écrit.

Lorsque la dépêche est transmise, elle est lue et mise de côté pour servir, au besoin, de pièce authentique qui permet la vérification de la correspondance. Le stationnaire seul doit être responsable des fautes commises. Un signal mal donné n'a aucune influence sur ceux qui suivent; mais l'emploi d'une pile locale donne lieu à des erreurs, si la construction du relais laisse à désirer. La transmission est rapide; au moyen d'un seul fil un commis habile peut envoyer environ cent signaux ou vingt mots par minute. On double à-peu-près cette vitesse, en rendant le Télégraphe à double effet. D'un autre côté on accroît la force motrice et on assure la marche de l'appareil, en supprimant le ressort de rappel, et en se servant d'un relais semblable à celui représenté Fig. 10, Pl. XI, et d'une clef pareille au changeur de ce relais, ou bien de l'une des deux clefs proposées Paragraphe XI.

Le Télégraphe à écrire ainsi perfectionné est, à mon sens, le meilleur de tous ceux que je connaisse; il doit être préféré à tous pour la transmission des nouvelles politiques et commerciales. Mais la transmission des signaux est moins simple au moyen de ce Télégraphe qu'à l'aide d'un Télégraphe à cadran avec lettres. Aussi se sert-on toujours de ces derniers pour le service des chemins de fer et pour les usages ordinaires de la vie.

Les Télégraphes à aiguilles, sans électro-aimants, sont en usage principalement en Angleterre, en Belgique sur quelques lignes, et ils viennent, à ce que j'apprends, d'être introduits en Espagne.

Ces Télégraphes, surtout s'ils se composent à la fois de trois aiguillles et de deux électro-aimants (Paragraphe v), présentent plusieurs avantages :

1° Ils sont beaucoup plus sensibles que les autres. J'ai transmis des signaux, avec célérité, au moyen d'un courant très-faible, traversant une électro-bobine de résistance de 400 kilomètres, tandis que ce même courant, sans avoir eu de résistance à surmonter, était insuffisant pour imprimer un mouvement régulier à l'aiguille d'un récepteur d'une grande sensibilité. M. Steinheil (1) dit que l'action du multiplicateur traversé par un courant est très-faible sur les aiguilles, la transmission des signaux lente et incertaine, et que par conséquent les Télégraphes à aiguilles conviennent moins pour la pratique que ceux qui se composent d'un électro-aimant. Mes propres expériences ne sont pas conformes à cette observation de M. Steinheil; elle n'est d'ailleurs pas applicable aux Télégraphes à aiguilles où le multiplicateur est combiné avec un ou deux électro-aimants. Ces derniers sont très-convenables pour transmettre à de très-grandes distances par communication directe.

2° Les Télégraphes à aiguilles sont sûrs et plus simples dans leur construction que les autres.

3° Les signaux sont indépendants les uns des autres, comme dans les Télégraphes à écrire. Lorsque le stationnaire transmet une lettre pour une autre, cette erreur n'a aucune influence sur la lettre ou les lettres qui suivent.

Voici maintenant les inconvénients : les signaux sont fugitifs; il faut au stationnaire un correspondant aussi exercé que lui pour les marquer, et même un second observateur pour les écrire sous la dictée du premier, dans les cas où la transmission est très-rapide, ce qui est pourtant rare. On reproche, en outre, aux Télégraphes à deux aiguilles astatiques d'exiger deux fils de ligne. Néanmoins on peut télégraphier avec une seule, et plus d'une fois j'ai ainsi transmis 70 lettres par minute : je crois même que sur les lignes où il y a deux fils, il serait plus avantageux de se servir de l'un pour transmettre les dépêches de la station A à la

---

(1) Rapport sur la Télégraphie en Allemagne. Journal de *Dingler*, vol. 115, 1850.

station B, et, de l'autre, pour en recevoir en même temps de cette dernière, que de transmettre les communications à la fois par les deux fils et de les recevoir ensuite par la même voie.

Un autre inconvénient des Télégraphes à aiguilles est celui-ci : les aiguilles ne s'arrêtent pas promptement après l'interruption du courant, et alors leurs oscillations gênent et rendent même impossible une très-prompte transmission des signaux. Pour parer à cela, on leste un peu les aiguilles, mais par là on diminue la sensibilité de l'appareil. Je suis parvenu à éteindre ces oscillations instantanément, en faisant frapper l'aiguille qui est à la face postérieure du multiplicateur contre une plaque d'acajou, tandis que celle de la face antérieure effleure à peine les pivots d'arrêt. De cette manière la première aiguille produit contre le bois un choc sec qu'on entend de loin et qui est aussitôt absorbé.

Mais il se présente souvent, en outre, des inconvénients graves, auxquels on ne peut remédier qu'imparfaitement. L'électricité atmosphérique, l'expérience le démontre, affecte les aiguilles de différentes manières : elle développe dans les fils de lignes des courants qui, selon qu'ils sont dirigés dans le même sens ou en sens contraire du courant transmis, augmentent ou diminuent les déviations des aiguilles. Ces courants modifient en même temps, détruisent quelquefois, et même renversent les pôles des aiguilles. Ces perturbations se présentent parfois à une station, sans se manifester à la station correspondante, et alors les effets des courants transmis, mêlés avec les effets des causes locales, déterminent une confusion complète dans les communications. Il y a même mieux ; les signaux observés à la station d'arrivée peuvent être inverses de ceux qu'on doit transmettre. L'aurore boréale dérange aussi le Télégraphe à aiguilles. Quand ce météore se déclare, les aiguilles sont agitées, dit Walker (1), comme si un fort courant circulait le long des fils ; elles s'écartent brusquement, tantôt à droite, tantôt à gauche, et changent ainsi de direction plusieurs fois par seconde, ou se meuvent lentement, et restent écartées pendant quelques minutes.

Ces causes perturbatrices, l'électricité ordinaire, la foudre, l'aurore boréale, dérangent tous les Télégraphes, mais ceux à aiguilles plus souvent et plus facilement que les autres. Il y a des moments

(1) Manuel sur la Nature électrique de l'aurore boréale.

où toute transmission devient impossible, quel que soit l'appareil dont on se sert.

En résumé on reproche aux Télégraphes à aiguilles :

1° Leurs signaux fugitifs; 2° les deux fils dont ils exigent l'emploi ; 3° leur très-grande sensibilité aux influences des causes perturbatrices, et, par suite, les fréquents dérangements et réaimantations des aiguilles qu'elle rend nécessaire.

Le premier inconvénient leur est commun avec tous les Télégraphes qui n'écrivent et n'impriment pas. Le second ne me paraît nullement grave, puisqu'avec un seul fil on peut envoyer 80 signaux et plus. Le troisième est fondé; mais, d'un autre côté, le Télégraphe à aiguilles est le plus simple de tous dans sa construction; il est toujours réglé; il est le plus sensible de tous; il n'exige aucun relais, puisqu'il est plus sensible que tout relais possible, surtout si l'on se sert du Télégraphe à trois aiguilles avec deux électro-aimants (1).

Les Télégraphes à cadran, avec les lettres de l'alphabet, sont construits de différentes façons; ils diffèrent entre eux tant par les organes des transmetteurs que par ceux des récepteurs adoptés dans différents pays.

Les récepteurs des Télégraphes français se composent tous d'un seul électro-aimant, d'une palette de fer, d'un ressort de rappel, et d'un mouvement d'horlogerie à ressort, qui fait tourner les roues d'engrenage, et, par suite, l'aiguille du cadran, tandis que le le courant ne fait que dégager par son action les dents d'une roue à rochet des palettes qui l'arrêtent ou la laissent échapper, selon qu'elles sont dans leur position de repos ou qu'elles oscillent alternativement en sens contraire.

Il résulte de cette disposition que l'action d'un courant faible suffit pour imprimer aux aiguilles des mouvements saccadés uniformes, et que les récepteurs permettent de transmettre des nouvelles à grande distance.

En Allemagne, au contraire, les récepteurs des Télégraphes sont construits en général sans mouvement d'horlogerie (2), avec

---

(1) Je ne parle pas ici des sonneries ni de plusieurs détails relatifs à la construction et à l'emploi des Télégraphes, que l'on peut voir dans les ouvrages de l'abbé Moigno et du docteur Schellen, mon but n'étant pas de faire connaître en détail la construction des Télégraphes, ainsi que je l'ai dit en commençant.

(2) Excepté le récepteur du Télégraphe de Kramer.

un seul électro-aimant et un ressort de rappel. Le mouvement de l'appareil est directement produit par l'action réciproque de l'électro-aimant sur la palette de fer.

Les transmetteurs ou manipulateurs des Télégraphes en usage dans ces deux pays diffèrent aussi beaucoup dans leur construction.

En France, le stationnaire meut à la main l'interrupteur, en transportant rapidement et successivement l'indicateur sur la lettre que porte un disque immobile, et en l'arrêtant un instant devant celle qu'il doit envoyer. Le courant passe directement du manipulateur dans le fil d'une boussole, puis dans celui de la ligne, etc.

Dans la Télégraphie allemande les transmetteurs sont disposés tout autrement. L'aiguille qui indique les lettres n'est pas mue par le stationnaire. Le manipulateur tourne à l'aide d'un mouvement d'horlogerie (1), et il est arrêté au moyen des touches d'un clavier. Le courant passe dans un récepteur ou indicateur à la station de départ, et, de là seulement, par le fil de la ligne, dans les récepteur à la station d'arrivée, etc. Mais dans les Télégraphes le plus en usage, ceux de Kramer et de Siémens, le transmetteur et le récepteur sont semblables, tous deux à clavier circulaire horizontal, et sont placés, l'un à la station de départ, l'autre à celle d'arrivée. Dans celui de Siémens, qui est le plus renommé, les courants de deux piles placées, l'une à la station qui donne et l'autre à celle qui reçoit les dépêches, se réunissent et font tourner, par leurs actions directes sur les électro-aimants, les aiguilles des deux récepteurs, qui doivent toujours indiquer en même temps la même lettre (2).

Froment, habile mécanicien de Paris, a construit un transmetteur à clavier rectiligne, qui n'est pas, que je sache, introduit dans la pratique. Au-dessous du clavier tourne, au moyen d'un mouvement d'horlogerie, un arbre horizontal en acier portant des tiges fixées en hélice sur sa longueur, en nombre égal à celui des touches, de telle façon que chacune des premières est arrêtée par chacune des secondes qu'on abaisse. Sur l'arbre sont fixés un inter

---

(1) Dans le Télégraphe de Drescher.

(2) Les détails de construction sont indiqués dans les ouvrages de l'abbé Moigno et du docteur Schellen sur la Télégraphie.

rupteur et une roue à rochet dans laquelle s'engrène une barre en métal ajustée de façon, qu'elle s'abaisse et dégage la roue, lorsqu'on abaisse l'une ou l'autre des touches, et permet à l'arbre de tourner, tandis qu'au contraire elle monte et arrête l'arbre aussitôt qu'on retire la main des touches. Le mouvement du transmetteur fonctionne, dit-on, très-bien, ce qui ne surprendra personne de ceux qui connaissent M. Froment.

Toutefois, les claviers circulaires sont, à mon avis, plus simples et susceptibles d'être réduits à un volume plus petit, ce qui les rend plus élégans que les claviers rectilignes. Le transmetteur de M. Froment est à simple échappement, sans mouvement d'horlogerie, et avec ressort de rappel; par conséquent, il ne possède pas la vitesse de transmission, ni la sensibilité qu'il pourrait avoir.

J'ai fait exécuter un transmetteur à clavier circulaire, dont la construction me semble des plus simples, parmi tous les claviers circulaires que j'ai eu l'occasion de voir ou de trouver décrits dans des ouvrages. Il réunit de plus plusieurs autres qualités, qui se trouvent indiquées dans le Paragraphe x.

En résumé, dans les Télégraphes à cadran employés en Allemagne, les récepteurs sont moins sensibles que ceux des Télégraphes français, pour deux raisons :

1° Ils ne sont pas munis de mouvement d'horlogerie;

2° L'action du courant électrique, devant mettre en mouvement deux récepteurs, l'un à la station de départ, l'autre à celle d'arrivée, est considérablement plus affaiblie que si le courant n'avait qu'à mouvoir le récepteur à la station qui reçoit les dépêches. Aussi les Télégraphes à cadran ne servent en Allemagne que sur de petites lignes. Dans tout ce pays les communications directes à de grandes distances se font au moyen de l'appareil à écrire : il y a même beaucoup de localités où l'on ne se sert que de celui-ci sur de petites lignes.

Les Télégraphes de MM. Kramer, Staehrer, Geiger et Siémens, quoique savamment combinés et exécutés, sont lents, le dernier surtout. M. Steinheil, dans un rapport déjà cité sur la Télégraphie en Allemagne, dit que le Télégraphe de M. Siémens, introduit dans le circuit de la ligne, fait vingt révolutions par minute (1),

---

(1) J'ai vu plusieurs fois fonctionner cet appareil, et toujours avec des vitesses d'un tour en 3 $\frac{1}{2}''$ au plus.

et qu'il transmet les signaux environ six fois plus lentement que le Télégraphe à écrire. En 1849, il fallut sept heures pour communiquer un discours du trône de Berlin à Francfort, au moyen de l'appareil de M. Siémens, tandis que soixante-dix minutes suffirent pour envoyer la même dépêche, à l'aide du Télégraphe à écrire. M. Pouillet, dans son rapport à l'Académie des sciences de Paris, dit que, quant à la vitesse, le Télégraphe de M. Siémens ne le cède à aucun autre appareil alphabétique; mais il me paraît assez difficile à concevoir comment un appareil à simple échappement peut transmettre avec la même célérité qu'un autre à double échappement, toutes choses égales d'ailleurs.

Outre les inconvénients de peu de sensibilité relative et de lenteur, le Télégraphe de M. Siémens, plus en usage que les autres appareils à cadran, en présente encore d'autres : il y a dans chaque récepteur un ressort de rappel, qui occasionne une résistance et nécessite un fréquent réglage; de plus, des conducteurs fixes et mobiles destinés à établir et à rompre le circuit. Or, les contacts produits par la seule action du faible courant ne peuvent être que plus ou moins imparfaits, même dans la supposition que les points de contact sont inaltérables par le courant, ou qu'ils ont lieu entre des lames d'un alliage d'or et de platine.

Enfin, l'accord parfait dans la marche des deux récepteurs, placés à des stations éloignées l'une de l'autre, est à-peu-près impossible à obtenir et à conserver (Paragraphe IX). Il résulte de plusieurs expériences faites par M. Matteuci (1) que l'intensité d'un courant, mesurée sur plusieurs points éloignés d'une même ligne, est très-différente, et que cette différence croît avec la longueur du courant. Sur la ligne de 76 kilomètres qui réunit Pise à Florence, l'intensité moyenne du courant de douze éléments placés à Pise, était de 0,4069 dans cette dernière ville, et de 0,3529 dans l'autre. L'intensité moyenne du courant de seize éléments placés à Pise était de 0,4462, et de 0,2924 à Sienne, à 107 kilomètres de la première ville.

L'observation démontre aussi que les poteaux isolent toujours plus ou moins imparfaitement; qu'un temps humide, des pluies prolongées, etc., font varier l'intensité du courant d'une manière inégale sur différents points d'une même ligne. En 1849, M. Baum-

---

(1) Télégraphie de M. Moigno, p. 288.

gartner reconnut, sur la ligne de Prague à Vienne, que le fil conducteur était parcouru sans cesse par des courants électriques accidentels de deux sortes : les uns d'intensité plus grande, et les autres d'intensité moindre.

Enfin on sait que des nuages électriques produisent dans les fils de lignes des courants, dont le sens varie avec la direction des nuages, et qui peuvent quelquefois aimanter les électro-aimants et même changer les pôles des aiguilles aimantées. Or, si l'influence de l'une ou de l'autre, ou même de plusieurs de ces causes perturbatrices, peut quelquefois rendre impossible toute transmission quelconque, on comprend également sans peine que souvent cette même influence peut suffire pour troubler l'accord dans la marche des deux récepteurs placés aux stations correspondantes, tandis que l'action du courant transmis suffit encore complètement pour faire fonctionner, malgré l'influence de causes étrangères, un seul récepteur, dont la marche est tout-à-fait indépendante de celle de tout autre appareil : j'ai souvent eu l'occasion de constater l'exactitude de cette remarque.

Toutes ces considérations prouvent, à mon avis, que la transmission des signaux est moins sûre, au moyen de deux récepteurs, qu'à l'aide d'un transmetteur placé à la station de départ et d'un récepteur à la station d'arrivée.

En résumé, les Télégraphes à cadran avec lettres, en usage en Allemagne, même ceux qui sont les plus employés, présentent dans la pratique plusieurs inconvénients :

1° Ils sont tous munis d'un ressort de rappel, qui occasionne une résistance et exige un réglage continuel;

2° Ils sont lents comparativement à d'autres du même genre;

3° Ils sont peu sensibles et ne conviennent pas pour la transmission directe des dépêches à de grandes distances. Il faut se servir, à côté de ces Télégraphes, de celui à écrire pour les communications promptes et importantes;

4° Leurs récepteurs placés aux stations correspondantes, sont fort difficiles à régler et à maintenir dans un accord parfait, et cette difficulté donne souvent lieu à des erreurs;

5° Les signaux transmis sont dépendants les uns des autres.

Les Télégraphes à cadran avec lettres, qui servent sur les lignes en France, sont des appareils sensibles : ils sont tous munis d'un mouvement d'horlogerie. Ils conviennent pour toutes les correspondances à grandes et à petites distances. Le courant électrique

passe directement du manipulateur de la station de départ, par le fil de la boussole et celui de la ligne, dans le récepteur de la station d'arrivée. Le mouvement d'horlogerie et tous les organes du récepteur sont construits par M. Breguet avec une admirable perfection. L'aiguille peut faire deux tours, et même plus, par seconde, sans cesser de revenir chaque fois au même signe. Le récepteur étant à double échappement, il permet de donner soixante signaux par minute; mais le manipulateur est affecté des inconvénients auxquels donnent lieu les transmetteurs conduits à la main de lettre en lettre (Paragraphe IX).

Les Télégraphes à cadran dont on se sert en France sont préférables, comme instruments pratiques, à ceux du même nom en usage en Allemagne. Ceci résulte de toutes mes expériences et de toutes les observations que j'ai faites sur les lieux dans ces deux pays, ainsi que des renseignements que j'y ai pris. Le Dr Schellen est d'un avis contraire : il croit qu'en Allemagne la construction des Télégraphes avec lettres est poussée jusqu'à la perfection. Sans doute l'exécution des appareils de MM. Halske, Staehrer, etc., ne laisse rien à désirer. Mais l'idée de vouloir que le courant de la pile fasse à-peu-près tout a eu pour conséquence forcée : 1° que les appareils sont comparativement lents; 2° que l'accord nécessaire entre deux récepteurs, à deux stations correspondantes éloignées, est assez souvent troublé, et que les contacts peu intimes entre des conducteurs mobiles et fixes donnent parfois lieu à des erreurs. Il est juste d'ajouter qu'aucun pays n'a fait autant pour la science sur la Télégraphie que l'Allemagne. Les travaux de Steinheil, Gauss, Weber et Jacobi sont là pour le prouver à toute évidence.

Toutefois, les systèmes français de Télégraphes avec lettres ne sont pas à l'abri de tout reproche. Ils ont en commun avec tous les systèmes à cadran les inconvénients suivants :

1° Les signaux sont fugitifs et dépendent les uns des autres; si un seul est mal fait, tous les autres sont erronés.

2° Ils fonctionnent avec un seul électro-aimant et un ressort de rappel. On ne peut éviter le premier désavantage; mais il n'est pas, à mon avis, aussi grave qu'il le paraît au premier abord : il est extrêmement facile de piquer les lettres, surtout si l'on se sert d'un clavier comme transmetteur. Quelque courte que soit la pause de l'aiguille, on la distingue facilement. De plus, il est d'usage de

ramener souvent l'aiguille au signe de repos. Quant au second inconvénient, on peut y parer, même avec avantage, en supprimant le ressort de rappel et en remplaçant la palette de fer par une palette aimantée, suspendue symétriquement entre deux électro-aimants. On évite ainsi le fréquent réglage du ressort et le récepteur acquiert une force motrice au moins double. (Paragraphes I à IV).

Une seconde amélioration importante, selon moi, à introduire dans la Télégraphie française, c'est de remplacer le manipulateur (1) par un transmetteur à clavier avec changeur (Paragraphe X).

L'expérience m'a appris que la transmission des signaux devient très-facile, très-prompte et sûre. La vitesse des communications, au moyen de mon système (Paragraphe X), est plus grande que celle du Télégraphe à une seule aiguille compensée, et égale à celle de l'appareil à écrire à simple effet. Cette grande rapidité permet de ramener souvent l'aiguille au point de repos, par exemple après deux ou trois révolutions, et d'éviter ainsi les erreurs possibles dues à la dépendance des signes.

On peut augmenter encore la vitesse de transmission, si l'on écrit sur un seul rayon du cadran les trois lettres C, K et Q; sur un second les lettres I, J et Y; sur un troisième les lettres S et Z, et sur un quatrième V et W. Ces lettres sur le même rayon pouvant se remplacer les unes les autres, on marque en général la première : le mot transmis indique celle qu'il faut écrire. Veut-on désigner la seconde? on fait faire un tour entier à l'aiguille, en l'arrêtant avant, après et devant la même lettre. A l'aide de cette convention la roue d'échappement ne doit avoir que onze dents et permet encore d'écrire la lettre E deux fois. Ce nombre de dents peut même être réduit à dix, si l'on écrit les lettres *p* et *b* sur le même rayon.

Les Télégraphes à aiguilles avec signaux aériens sont construits d'après les mêmes principes que ceux à cadran. Chaque récepteur se compose précisément des mêmes organes. Mais la roue d'échappement n'a que quatre dents; par suite, le disque du ma-

---

(1) Le manipulateur est bon, s'il est mû à la main; mais rien n'est plus facile que de le combiner avec le changeur de mon relais, Fig. 10, de faire mouvoir le système au moyen d'une force mécanique, et d'en faire un transmetteur à clavier.

nipulateur doit être disposé de façon qu'il établisse et interrompe le courant quatre fois alternativement, pendant que le stationnaire lui fait décrire une révolution entière, à l'aide d'un levier conduit à la main.

Les Télégraphes à deux aiguilles fonctionnent au moyen de deux fils de ligne séparés. Il faut placer à chaque station extrême une pile, deux manipulateurs et deux récepteurs juxtaposés; et, à chacune des stations intermédiaires, deux fois le double manipulateur et le double récepteur, afin de pouvoir correspondre dans deux directions opposées. Une seule pile suffit pour transmettre par deux fils à la fois et aussi pour parler en même temps dans des directions différentes. Le stationnaire tourne simultanément les deux manipulateurs, l'un de la main gauche et l'autre de la droite, chaque fois d'un angle de quarante-cinq degrés, et les aiguilles des récepteurs décrivent un angle égal (1).

En examinant avec un peu d'attention l'alphabet indiqué plus haut, on voit qu'avec de l'exercice on parvient en peu de temps à transmettre les signes avec célérité et correctement. Les stationnaires, qui n'ont pas l'habitude d'envoyer des dépêches, prennent l'alphabet devant eux; mais ceux qui ont acquis de l'usage savent s'en passer et tournent les manipulateurs avec une vitesse uniforme, tout en transmettant avec une grande rapidité.

MM. Foy, Alexandre et Breguet ont eu l'obligeance de m'accompagner quelquefois au bureau de Télégraphie, rue de Grenelle, à Paris. J'y ai vu avec étonnement combien les télégraphistes opèrent promptement et avec facilité. J'ai vu un stationnaire qui m'a dit être peu exercé, transmettre avec une seule manivelle quatre-vingt lettres, et avec deux manivelles cent cinquante lettres par minute.

Les Télégraphes avec signaux aériens peuvent encore être améliorés, sans changer leur système. On y apporte un grand perfectionnement en supprimant dans les récepteurs le ressort de rappel, et en y introduisant une palette aimantée et deux électro-aimants pareils à ceux des Télégraphes à cadran. L'avantage qu'on obtient par là consiste à éviter les inconvénients du ressort et à doubler la sensibilité de l'appareil.

---

(1) Je n'ai pas à m'occuper des détails de construction des Télégraphes, ni de plusieurs petits appareils accessoires. Tout cela est clairement exposé dans l'ouvrage de M. Moigno.

Le savant abbé Moigno critique dans son ouvrage les Télégraphes à signaux aériens sous plusieurs rapports :

1° Il veut que le stationnaire voie (comme dans le Télégraphe à aiguille astatique) fonctionner le Télégraphe devant lui et pour lui avant de fonctionner à distance. Nous avons vu (Paragraphe IX et ailleurs) que ce mode de transmission ne présente aucune utilité, qu'il peut avoir des inconvénients, et qu'il y a plus d'avantage à faire passer le courant directement du manipulateur dans la boussole de sinus, puis par le fil de ligne dans le récepteur à la seconde station, que de le conduire dans un récepteur placé à chaque station.

2° M. Moigno trouve les signaux de l'alphabet mal choisis (1); ils sont, dit-il, tout-à-fait arbitraires et ne disent rien à l'esprit. Je ne puis comprendre ce reproche : je ne trouve rien de plus clair, de plus positif que les signes de convention; ils expriment toujours nettement ce que l'on veut leur faire dire. Il est, ce me semble, aussi simple de représenter les lettres de l'alphabet par les diverses positions qu'occupent, relativement à une ligne horizontale fixe, deux aiguilles qui tournent chacune autour de l'une des extrémités de cette ligne, que de les représenter par les divers mouvements d'une ou deux aiguilles vers la gauche et vers la droite.

En écrivant les lettres *c*, *t*, *r* et *p* comme exposants à la droite des nombres, par exemple, o^r, 5^t, 10^t, 15^t, *op*, 15^c, 10^c, 5^c pour exprimer *horizontale de repos*, 5 *terre*, 10^t, 15^t, *horizontale prolongée*, etc., on a, pour représenter les diverses positions des aiguilles, des dénominations très-distinctes, très-nettes et plus courtes que celles-ci : *Deux mouvements de l'aiguille droite, le premier à droite, le second à gauche* (signe de la lettre L) : *Deux mouvements parallèles des deux aiguilles; le premier à droite, le second à gauche* (signe de la lettre U), etc. Ces deux conventions pour représenter l'alphabet sont claires; cependant M. Moigno comprend l'une à merveille et semble désapprouver l'autre.

3° Le savant abbé trouve incomplète et inopportune la transformation des signaux aériens de Chappe en signaux électro-télégraphiques. Je m'imagine que M. Foy n'a jamais songé à se servir de tous les signaux du système-Chappe, mais qu'il s'est dit : « De

(1) Page 412.

même que dans le système-Chappe il y a des indicateurs mobiles, qui tournent autour d'un régulateur et prennent chacun par rapport à celui-ci sept situations différentes, de même on peut faire tourner deux aiguilles par la force de deux électro-aimants, faire prendre à chacune d'elles sept positions différentes par rapport à une ligne horizontale fixe, et obtenir par les diverses combinaisons de ces positions quarante-neuf signaux différents, et même plus si l'on a recours à un régulateur vertical. » Je trouve que les signaux adoptés et exposés plus haut représentent parfaitement l'alphabet et divers signes réglementaires, au moyen desquels on accélère la transmission des dépêches.

4° Enfin, « les manivelles des manipulateurs, dit M. Moigno, sont pesantes et pénibles à mouvoir : la correspondance, d'après des documents dignes de foi, serait souvent interrompue; les dépêches ne seraient transmises qu'avec beaucoup de peine, et de fréquentes répétitions : l'intensité de courant exigée par la forme particulière des appareils est énorme; la dépense de la pile employée serait excessive. »

Aucune de ces objections n'est fondée : l'honorable abbé a été sans doute induit en erreur. Je dois à la vérité de dire que j'ai vu plusieurs fois fonctionner les Télégraphes à signaux aériens, et que les dépêches se sont toujours transmises très-exactement et avec une grande rapidité. Les récepteurs étant tous munis d'un mouvement d'horlogerie et construits avec beaucoup de soin, ils peuvent être mus par des forces comparativement faibles; et, ce qui le prouve, c'est qu'on envoie directement les dépêches de Paris à Strasbourg, Bordeaux, Valence, etc. A l'appui de ceci viennent encore mes expériences (Paragraphe IV) faites avec des récepteurs sortis de l'atelier de M. Breguet et modifiés par moi. Les erreurs qui se commettent ne proviennent pas des appareils eux-mêmes, s'ils sont bien disposés. D'ailleurs il s'en produit quelquefois dans tous les systèmes de Télégraphes.

Les changements que je crois utiles d'introduire dans les Télégraphes à signaux aériens ne touchent nullement aux systèmes mêmes. Par une disposition particulière du récepteur, on obtient, comme on l'a vu plus haut, une force motrice double. Le manipulateur doit aussi être modifié. Il faut qu'il soit muni d'un changeur au lieu d'un interrupteur, puisque dans mon système le courant électrique doit traverser le récepteur alternativement en sens contraire. Ses dimensions même, bien qu'il ne soit certainement ni

pesant ni difficile à mouvoir, peuvent, selon moi, être diminuées beaucoup. On peut fixer le changeur dans une boîte horizontale en bois, le munir d'une manivelle ou forte aiguille qu'on tourne à la main : ou bien on fait tourner le changeur à l'aide d'un mouvement d'horlogerie à ressort, et l'on arrête son aiguille à la main ou à à l'aide de touches convenablement disposées à cet effet. Je n'ai pas eu l'occasion de construire un tel manipulateur, mais je suis persuadé qu'après avoir acquis l'habitude de s'en servir, la transmission deviendrait très-facile.

Je crois que si l'on introduit les changements indiqués ci-dessus dans les Télégraphes à signaux aériens, ils seront sensiblement améliorés et deviendront d'excellents Télégraphes.

En Belgique on se sert des Télégraphes à aiguilles compensées, des Télégraphes à signaux aériens et d'un Télégraphe à écrire. Le Gouvernement m'a demandé un double appareil à aiguilles avec les perfectionnements que j'y ai faits, et un double appareil à clavier décrit dans le Paragraphe x. Je puis croire que j'aurai aussi l'occasion de lui fournir un Télégraphe à écrire à double effet et sans ressort de rappel. J'aurai ainsi la satisfaction de voir que les Télégraphes belges seront meilleurs que ceux en usage dans de grands pays.

Il me reste à parler du Télégraphe imprimeur et du Télégraphe électro-chimique. MM. Brett et Siémens ont construit des appareils de la première espèce : ils sont lents et peu sûrs, et ne sont nulle part, que je sache, introduits dans la pratique. J'ai vu, à Berlin, en octobre 1851, celui de M. Siémens refuser de fonctionner passablement, et, à mon sens, cela ne peut guère être autrement. En effet, son défaut principal consiste en ce que le disque en cuivre, qui porte les lettres de l'alphabet, tournant rapidement et d'un mouvement saccadé, la pile locale, dont le courant traverse l'électro-aimant d'impression, se ferme et s'ouvre continuellement, et que par conséquent, le martinet peut se soulever et imprimer, tandis qu'une impression régulière exige que l'aimant temporaire ne soulève et ne fasse frapper le martinet d'impression que lorsque le disque tournant s'arrête quelques instants, et que, par suite, la pile locale reste fermée pendant ce court espace de temps.

Il y a toutefois un moyen d'éviter cet inconvénient, et, dans ce but, j'ai conçu le plan d'un Télégraphe imprimeur que voici. Pendant que le disque tourne, le cylindre sur lequel le papier est enroulé, reste immobile, et la pile locale constamment fermée;

dès que l'on doit imprimer une lettre, on interrompt le courant; on en change la direction et le disque s'arrête; un second électro-aimant soulève une détente, le rouleau de papier se met en mouvement, la pile locale se ferme et le martinet d'impression imprime.

Les choses se passent à-peu-près comme dans le Télégraphe avec trois circonférences et timbre (Paragraphe VII) (1).

Le Télégraphe électro-chimique, imaginé par M. Bain, imprime aussi les lettres, mais en les représentant par des points et des lignes, comme le Télégraphe à écrire. On peut se servir du même transmetteur que dans ce dernier. Le récepteur se compose d'un mouvement d'horlogerie et d'un cylindre en métal autour duquel on enroule une longue bandelette de papier, humectée préalablement d'une solution de prussiate de potasse mêlée avec un peu d'acide nitrique et hydrochlorique. Ce papier devant être constamment mouillé passe au-dessus d'un paquet de mèches plongées à moitié dans de l'eau. Le cylindre doit recevoir l'électricité négative du fil de la ligne, et au-dessus du papier repose un stylet en métal qui communique avec le fil de la terre, et, par suite, avec le pôle positif de la pile de la station de départ. Dès que le courant est établi et interrompu à la station de départ, il l'est pendant un temps égal à la station d'arrivée. Il se forme à celle-ci, dans le papier qui s'avance, de petites taches rondes et de petites lignes brunes, selon que le courant, qui s'établit momentanément, dure un ou plusieurs instants.

M. Bain construit le transmetteur de la manière suivante : il compose les dépêches d'avance, en perçant dans des disques de papier de petits trous ronds et des ouvertures allongées; il pose le papier sur un disque en laiton qui communique avec le pôle négatif de la pile, le pôle positif étant uni au fil de la terre. A

---

(1) Comme la roue d'échappement se déplace d'une dent 12 fois sur 24, lorsqu'on arrête l'aiguille du récepteur devant une des lettres paires, par exemple B A V C etc., et en interrompt le courant, et qu'ensuite on en change la direction pour faire agir le martinet d'impression, il faut donner à la roue 18 dents au lieu de 12, et au disque 36 secteurs au lieu de 24. On inscrit chacune des lettres paires sur deux divisions consécutives du cadran et sur les deux secteurs correspondants. De cette manière l'impression devient régulière; mais on diminue la vitesse. On peut procéder d'une manière analogue pour construire un récepteur à trois circonférences avec timbres.

l'aide d'un mécanisme convenablement disposé, il fait tourner sur le papier une petite roulette en métal, reliée à un levier de même nature qui communique avec le fil de la ligne; ce levier fait avancer la roulette de telle sorte qu'elle décrit sur le papier des circonférences différentes. Lorsqu'elle est en contact avec le papier, le courant est interrompu; mais dès qu'elle touche le disque en laiton, le courant passe et l'action chimique se produit sur le papier à la station d'arrivée (1). Lorsque le courant ne passe pas, aucun effet ne se produit.

M. Bain a été autorisé, en 1851, à établir son appareil au bureau de Télégraphie, à Paris, afin qu'on pût en constater le mérite; il ne paraît pas avoir réussi.

La transmission des signaux se fait, il est vrai, avec une grande célérité au moyen du transmetteur de M. Bain; mais il est à remarquer qu'il faut un temps sensible pour préparer les dépêches, humecter le papier, en un mot, disposer l'appareil. J'ai peu opéré avec le Télégraphe électro-chimique, à l'aide d'un transmetteur ordinaire; mais j'ai pu constater que les taches et les lignes brunes ne se produisent pas distinctement si le courant n'a pas une certaine intensité, s'il ne subsiste pas pendant un certain temps qui est d'autant plus long que le courant est plus faible, ni si le papier n'est pas suffisamment trempé dans la solution de prussiate de potasse. J'ai trouvé, d'autre part, que si le papier est très-humide, il se déchire facilement lorsqu'il s'avance pendant que le cylindre qui le porte tourne. Je me propose de continuer ces expériences. Ce Télégraphe, s'il est reconnu bon, aura dans la pratique l'avantage de ne pas exiger d'emploi d'une pile locale.

J'ai construit un Télégraphe que j'appelle *Télégraphe chimique*, parce que le courant agit simplement comme force motrice, en amenant des gouttes d'acide sulfurique en contact avec du papier en mouvement, trempé dans une dissolution de teinture de tournesol sur lequel il se forme des points et des traits rouges.

Cherchant à écrire les dépêches avec de l'encre sans pile locale, j'ai essayé, secondé par mon préparateur M. Tissington, diverses espèces d'encre et des plumes. Nous avons pris pour plumes de petits tubes capillaires en verre, en métal, des fils de platine entourés de laine, d'asbeste, de petits cônes pointus en coke, en terre poreuse, en pierre ponce. Nous avons pris pour encre de l'eau colo-

(1) Voir les détails dans l'ouvrage de M. Moigno.

rée. Puis, d'essai en essai, nous avons fini par employer de l'acide sulfurique concentré; comme papier, du papier ordinaire trempé dans une dissolution de teinture de tournesol et desséché ensuite; enfin, pour plume, un fil de platine fixé par l'un de ses bouts à une palette d'acier aimantée et portant à l'autre bout un petit cône de pierre-ponce pointu, plongeant dans de l'acide sulfurique, à la hauteur de trois millimètres près.

Nous avons disposé la plume pour écrire à double effet, en employant deux électro-aimants et y changeant alternativement la direction du courant. Nos expériences ont été des plus satisfaisantes. L'action de la plume sur le papier est instantanée, les traits et les points rouges sont on ne peut plus distincts. Le mouvement de la plume est extrêmement facile à produire; la transmission des signaux se fait au moyen d'une clef disposée pour écrire à double effet. Ce Télégraphe est sensiblement plus prompt que les autres Télégraphes à double effet de même espèce, et leur doit être préféré de beaucoup. La plume est inaltérable, aucune saleté ne s'y dépose, aucune tache nuisible à la lecture des signes ne peut se faire sur le papier, et celle-ci est des plus faciles.

Les quatre causes (l'isolément imparfait des poteaux, l'aurore boréale, l'électrité atmosphérique et la foudre) qui troublent la marche des autres Télégraphes, dérangent aussi celle du Télégraphe électro-chimique. Pour diminuer les influences des deux dernières on fixe sur les lignes, de distance en distance, des paratonnerres; on fait passer, en-dehors du bureau de Télégraphie, le fil de la ligne dans une large plaque de laiton armée de petites pointes en métal et fixée à un millimètre environ d'une autre plaque semblable qui communique avec la terre. On intercale aussi dans le fil de la ligne un autre fil plus mince, isolé d'une petite plaque en laiton qui communique avec la terre; le fil fond, si l'orage est intense, et la foudre passe par la dernière plaque dans la terre, sans occasionner d'accidents graves.

Résumons maintenant ce qui a été dit dans ce paragraphe sur les avantages et les inconvéniens des divers Télégraphes à écrire, à aiguilles astatiques et des Télégraphes à cadran de diverses constructions.

1° Les Télégraphes à cadran, portant les lettres de l'alphabet, sont les plus simples de tous dans la pratique : ils serviront probablement toujours pour les usages ordinaires de la vie et pour ceux des chemins de fer. Tout le monde peut transmettre et

lire les signaux avec une grande facilité; un moment d'attention suffit pour marquer une lettre.

2° Les signaux de ces Télégraphes sont solidaires; si un seul est faux, ceux qui suivent le seront également. Cet inconvénient est moins grave qu'il ne le paraît au premier abord; si l'appareil est bien construit, et qu'on ramène souvent l'aiguille indicatrice, pendant la communication, au signe de repos, l'expérience démontre que les erreurs commises sont rares, du moins dans les circonstances ordinaires.

3° Les Télégraphes à cadran, composés d'un transmetteur à clavier avec changeur mû par un mouvement d'horlogerie à ressort, conviennent sur de grands et de petits parcours; ils sont aussi sûrs et presque aussi prompts qu'aucun autre Télégraphe avec un seul fil. On peut conduire, à volonté, le courant dans un récepteur, à la station de départ, et dans un autre à la station d'arrivée; mais il est préférable de ne le faire qu'à cette dernière station.

4° Les Télégraphes à trois aiguilles avec deux électro-aimants, sont les plus sensibles de tous. Ils exigent deux fils; mais on peut aussi télégraphier avec un seul. Leurs signes sont indépendants les uns des autres, mais leur lecture est moins facile que celle des lettres alphabétiques, attendu qu'elle exige une attention continue. Ces appareils sont toujours réglés; toutefois, les aiguilles se dérangent plus facilement que les autres Télégraphes, sous l'influence de faibles causes perturbatrices, et il arrive parfois qu'à la station d'arrivée et à celle de départ les aiguilles indiquent des signaux différents.

5° Les Télégraphes à signaux aériens, bien construits et modifiés comme il a été dit plus haut, sont très-bons; ils exigent deux fils, comme ceux à aiguilles, et une force motrice un peu plus grande; mais ils transmettent aussi un peu plus rapidement que ces derniers; leurs signes sont solidaires, mais faciles à saisir, même au moment des plus grandes vitesses des aiguilles. Ils sont moins sensibles que les derniers Télégraphes, à l'influence des causes perturbatrices.

6° Les Télégraphes à écrire ont sur les Télégraphes à aiguilles et à cadran un grand avantage consistant en ce qu'ils donnent les dépêches écrites, et permettent de les copier à la station d'arrivée, et de les conserver pour en faire usage à volonté. Mais l'appareil qui écrit avec une plume d'acier, exige l'emploi d'une pile locale et un

relais : si celui-ci n'est pas parfait, la première donne lieu à des erreurs, et d'ailleurs elle empêche aussi de transmettre aussi vite qu'on le pourrait si elle n'était pas nécessaire.

6° Le Télégraphe électro-chimique de M. Bain exige qu'à la station de départ on compose d'avance la dépêche à transmettre, et que le papier sur lequel on écrit à la station d'arrivée soit mouillé pendant la transmission et desséché ensuite. C'est là un inconvénient, et en même temps une perte de temps. On peut éviter l'emploi du transmetteur de M. Bain et transmettre les signaux, au moyen d'une clef qui sert dans les Télégraphes à écrire avec plume d'acier.

Le Télégraphe électro-chimique écrit sans pile locale; mais il ne peut le faire qu'à simple effet.

7° Le Télégraphe chimique écrit à double effet, sans pile locale; il transmet deux fois au moins plus rapidement que le Télégraphe électro-chimique; les signes sont aussi distincts que possible. Enfin le papier, trempé d'abord dans une dissolution de teinture de tournesol, n'exige plus aucune préparation ultérieure. Ce Télégraphe me paraît être le meilleur des Télégraphes à écrire (1).

XIV.

Emploi du courant d'induction comme force motrice en Télégraphie (2).

MM. Gauss et W. Weber se sont les premiers servi, en Télégraphie, d'un courant d'induction développé par un fort aimant. En 1833 ils établirent une correspondance suivie entre l'observatoire et le cabinet de physique de l'Université de Gœttingue. Les premiers également ils démontrèrent qu'on peut éviter la multiplicité des fils conducteurs, et qu'un seul suffit pour se procurer un grand nombre de signes différents, en formant un alphabet complet au moyen des déviations diversement combinées vers la gauche

(1) Le même mode d'écrire me semble très-important pour enregistrer les observations météorologiques et autres semblables.

(2) Il faut lire *courant d'induction* au lieu d'*extra-courant* dans la table des matières.

et vers la droite d'un aimant. Depuis, MM. Steinheil, Masson, Dujardin et Stoehrer se sont servi, comme force motrice, de courants d'induction développés par des aimants. Moi-même j'ai employé l'action de courants d'induction dans mes premières recherches sur les Télégraphes et les Horloges électriques.

Une belle expérience que l'habile mécanicien Rhumkorff, de Paris, a eu l'obligeance de me montrer, m'a conduit à penser que la grande force du courant d'induction, développé à l'aide d'un seul élément Bunsen, pourrait convenir pour la transmission des signaux télégraphiques à de très-grandes distances.

Désireux de soumettre ma conjecture à l'épreuve, j'obtins de M. Breguet des bobines de résistance, et, à l'aide d'un élément Bunsen, M. Rhumkorff et moi nous développâmes un courant d'induction. Nous le fîmes passer successivement par les fils réunis bout à bout de bobines différentes, et finalement par un fil de 3002 kilomètres de résistance évaluée en fil de fer de 4 millimètres d'épaisseur, et en même temps par un long et mince fil en cuivre isolé et enroulé autour d'un fer recourbé. Celui-ci attirait encore une palette de fer fixée par l'une de ses extrémités à l'électro-aimant, l'autre restant libre et éloignée de 2 millimètres.

De retour à Liége, je m'empressai de faire fonctionner un Télégraphe à cadran à l'aide d'un courant d'induction développé au moyen du courant d'un et de deux éléments Bunsen, en me servant du même appareil qu'à Paris. Le Télégraphe fonctionna bien lorsque le courant passait par une bobine de 50 et 80 kilomètres de résistance : sa marche devenait irrégulière, puis nulle, lorsque j'augmentais successivement la résistance, en la portant à 120, 162 kilomètres. Le courant de l'élément Bunsen était-il trop faible pour développer un courant très-intense, ou peut-on expliquer par quelque autre raison le désaccord entre cette expérience et celle faite à Paris? Forcé en ce moment par mes occupations d'abandonner ces recherches, je compte les reprendre prochainement.

En Télégraphie on se sert presqu'exclusivement de courants hydro-électriques. On peut à l'aide de courants de cette nature provenant d'une seule pile, transmettre des signaux simultanément dans des directions différentes, si l'on dispose les appareils de façon que les courants dérivés ont chacun l'intensité qu'exige la résistance qu'ils ont à surmonter. On voit sans peine qu'il résulte de l'emploi des courants dérivés une grande économie dans la cons-

truction des piles. Cette intéressante et utile application des courants dérivés a été spécialement proposée par M. Petrina, professeur de physique à l'Université de Prague, qui l'a introduite dans la Télégraphie en Autriche et ailleurs.

Ce professeur distingué a eu la générosité de communiquer le résultat de ses découvertes à plusieurs Gouvernements et notamment au Gouvernement belge.

XV.

Établissement des fils aériens et des fils souterrains des lignes télégraphiques.

Faut-il établir les fils des lignes télégraphiques, en les isolant dans l'air, sur des poteaux espacés de 50 à 60 mètres environ; ou est-il préférable de les placer sous terre enveloppés de tubes de gutta-percha renfermés à leur tour dans des tuyaux en plomb? En adoptant ce second procédé on espérait protéger les fils de ligne contre la malveillance, la cupidité et les dérangements dûs quelquefois à l'impétuosité des vents. On comptait aussi soustraire le courant à l'influence de toutes les causes perturbatrices qui se manifestent dans l'atmosphère.

M. Jacobi a eu le premier l'idée de recourir à ce moyen, et après lui MM. Steinheil et Siémens. Le premier s'apercevant des inconvénients multipliés que présentent les fils souterrains cessa de s'en occuper; M. Siémens parvint à en poser en Prusse sur une grande étendue; on l'imita en Saxe, ainsi qu'en Autriche, mais sur de petites longueurs.

Aujourd'hui la question est résolue en faveur des fils aériens. Malgré les inconvénients qu'offrent ceux-ci, les premiers en présentent de plus grands encore; et ce qui le prouve d'une manière péremptoire, c'est qu'en Prusse et en Saxe on a retiré les fils de la terre pour les placer sur des poteaux.

En octobre 1851, j'ai entendu, au bureau de télégraphie à Berlin, des plaintes nombreuses sur les fils souterrains. On citait des accidents occasionnés par des orages sur la ligne souterraine de Berlin à Postdam, tandis que le fil aérien de la même ligne n'avait pas été endommagé.

En effet, comment expliquer que les orages n'aient pas d'in-

fluence sur les fils placés sous terre? Le fluide électrique, repoussé dans le sol pendant un orage, ne rencontre-t-il pas des conducteurs métalliques d'une grande surface, dans les tuyaux de plomb qui enveloppent la gutta-percha; et ce fluide ne doit-il pas se diriger en grande partie précisément vers le Télégraphe, au lieu d'être absorbé par le sol? Ainsi la théorie ne justifie pas, ce me semble, l'idée que les fils souterrains doivent être soustraits aux influences des électricités atmosphériques et à celle de la foudre. La malveillance même peut endommager, rompre les fils sous la terre, et l'isolement de ces fils n'est pas non plus aussi parfait qu'il le paraît au premier abord. La gutta-percha se gerce, se détériore, et il s'y opère des solutions de continuité; les tuyaux de plomb qui l'entourent sont rongés par les souris, les rats, etc. On m'en a fourni la preuve à Berlin.

Aussi, les défauts des fils souterrains sont-ils démontrés jusqu'à l'évidence par les fréquentes interruptions dans les correspondances, d'après le témoignage des commis télégraphistes. Voici ce que je lis à ce sujet dans la *Gazette de Dresde*, du 20 octobre 1851 :

« Les fils souterrains de nos Télégraphes, pour le service de l'Etat, seront sous peu remplacés par des fils suspendus dans l'air, dont l'emploi est beaucoup plus rationnel et considérablement moins cher. »

La substitution de ces derniers fils aux premiers, dont l'établissement manqué sur la ligne de Dresde à Leipzig avait occasionné de si grandes dépenses, est la confirmation un peu coûteuse de ce que des hommes capables avaient prédit dès le commencement.

Il est démontré, par tout ce qui précède, que les fils souterrains ne sont pas seulement beaucoup plus chers à établir, mais qu'ils présentent aussi plus d'inconvénients que les fils aériens. Néanmoins, dans des villes, et par conséquent sur de très-petites étendues, on peut leur donner la préférence pour des motifs particuliers et importants qu'on devinera sans peine.

XVI.

Remarques sur un rapport relatif à trois notices sur la Télégraphie, présentées par moi à l'Académie des sciences de Bruxelles.

Le 7 mai, le 14 juin et le 7 juillet 1851, j'eus l'honneur de présenter à l'Académie des sciences de Bruxelles, trois notices sur la Télégraphie. Désirant prendre date pour des points scientifiques, qui me paraissaient importants, j'avais rédigé chaque fois, à la hâte, les résultats de mes expériences. Mon intention était de continuer mes recherches sur le même sujet, et de les réunir ensuite simplifiées et coordonnées en un seul Mémoire. Je ne doutais pas que la Classe des sciences ne reconnût mes intentions, et qu'avant qu'aucun rapport ne fût fait, elle ne voulût me laisser revoir et refondre mon travail afin de le rendre plus digne d'être livré à l'impression.

Je fus donc assez surpris lorsque, dans la séance du 7 août 1851, l'honorable M. Devaux, Inspecteur-général des mines, fit un rapport sur mes trois notices. Il y loue beaucoup, je le reconnais avec plaisir, mon perfectionnement consistant à remplacer un seul électro-aimant, un fer doux et un ressort spiral par une palette aimantée vibrant entre deux électro-aimants. Il trouve que ce système augmente de beaucoup les chances d'infaillibilité, et doit avoir en tout cas pour effet de doubler au moins la sensibilité de l'appareil, eu égard à ce qui aurait lieu s'il était muni d'un ressort de rappel.

Le savant rapporteur aurait pu ajouter, d'après une de mes notices, que ce perfectionnement a d'autant plus d'importance, qu'il est également applicable au Télégraphe à écrire, le plus employé de tous les Télégraphes. Il ne cite aussi qu'en passant plusieurs autres points scientifiques dont j'avais parlé, et que l'expérience est venue confirmer depuis. Mes recherches auraient aussi paru plus importantes, si les appareils perfectionnés que je proposais eussent été comparés avec ceux alors existants, et non pas avec des appareils parfaits.

M. Devaux, après avoir reconnu les avantages de mon système, ajoute :

« Cette idée, au surplus, n'est pas restée jusqu'ici confinée dans le domaine de la théorie. A notre instigation M. Lippens, méca-

nicien à Bruxelles, s'en est emparé, et il est parvenu, à l'aide de combinaisons aussi simples qu'ingénieuses, à la mettre heureusement à profit pour la pratique, au risque même d'abuser de l'accroissement de puissance motrice ainsi obtenue; il a été jusqu'à supprimer dans ses appareils l'emploi de tout mouvement d'horlogerie, et à emprunter exclusivement à cette puissance toute la force nécessaire, soit pour produire les échappements successifs, qui règlent la marche de l'aiguille traînante dans les Télégraphes à cadran, soit pour activer les sonneries. »

Ce passage est suffisamment clair; il signifie que j'ai conçu, proposé une idée féconde, mais que cette idée est restée à l'état de théorie chez moi, et n'est devenue pratique qu'à l'instigation de l'honorable M. Devaux, et à l'aide de combinaisons ingénieuses et simples dues au mécanicien Lippens.

Je demande bien pardon à M. Devaux de ne pouvoir être de son opinion. Aussitôt que j'eus conçu l'idée du perfectionnement dont il s'agit, je le soumis à l'épreuve; je l'ai démontrée expérimentalement; j'ai construit une Horloge et un Télégraphe munis de mon perfectionnement; je l'ai décrit dans un Mémoire du 24 juin 1848, adressé à l'Institut de France; j'ai fait fonctionner mon appareil nombre de fois dans mon cours de physique devant un grand nombre de personnes réunies au Cabinet de physique de l'Université; je l'ai fait fonctionner au cabinet devant l'honorable M. Devaux lui-même. Il voudra bien se souvenir qu'il a vu marcher mon appareil à côté d'un Télégraphe à cadran construit à Paris, que ces deux appareils étaient placés dans les mêmes circonstances, et mûs par l'action du même courant électrique. M. Devaux fut frappé de la différence très-grande avec laquelle ces deux appareils fonctionnaient, et, de retour à Bruxelles, il m'écrivit le 15 juin 1850, de lui confier mon instrument avec le commutateur dont il était muni et qui est nécessaire pour le faire fonctionner, afin de pouvoir, disait-il, mettre ces deux appareils sous les yeux de la Commission télégraphique, qui ne pouvait, se rendre à Liége pour en prendre connaissance. Quelques jours après la réception de la lettre de M. Devaux, j'expédiai mon appareil à l'adresse qu'il m'avait indiquée. En le confiant à la Commission, je dus croire et je crus que je le prêtais au Gouvernement même.

Mon appareil resta à Bruxelles pendant environ trois mois. Il était disposé pour fonctionner sur une ligne télégraphique, à l'aide d'un courant d'une intensité suffisante. S'il ne l'a pas fait, la

faute ne provenait pas de l'appareil, mais de ce qu'on s'y prenait mal pour le faire marcher, ou que le courant employé était trop faible pour vaincre la résistance du parcours et celle qu'offre l'appareil même.

Il résulte de tout ceci que j'avais conçu, construit et mis entre les mains de la Commission un appareil pratique. Il est dès lors assez singulier que dans son rapport M. Devaux ne dise pas qu'il a vu fonctionner mon appareil à Liége et à Bruxelles, ni que je l'avais prêté à la Commission de Télégraphie. Il n'est pas moins extraordinaire que, sans mon consentement et à mon insu, il ait pu engager quelqu'un à s'emparer de mon perfectionnement.

M. Lippens a construit un Télégraphe dans lequel se trouvent réunis mon perfectionnement et un commutateur ou changeur construit à l'instar du mien, mais changeant, 14 fois ~~comme le mien~~, la direction du courant et le mien quatre fois pendant que la manivelle du manipulateur décrit une révolution entière. M. Lippens a supprimé le mouvement d'horlogerie, et par là il a ôté à l'appareil une partie de sa sensibilité. Aussi en plaçant cet appareil et le mien dans le même circuit, le mien marchait avec quatre éléments d'une pile *Daniell* de moins que l'autre.

Par un motif que n'a certainement pas dicté l'expérience, M. Lippens a inscrit l'alphabet deux fois sur le contour du cadran; il en résulte qu'il faut donner à la roue d'échappement deux fois autant de dents qu'aux roues des récepteurs ordinaires; mais la vitesse de l'aiguille reste évidemment la même dans les deux appareils.

L'appareil dont M. Devaux paraissait espérer le succès, est, d'après le témoignage des stationnaires, relégué depuis longtemps en magasin.

XVII.

Pendules magnéto-électriques et Pendules électriques.

En 1848 j'ai construit une horloge électrique (1) en développant le courant au moyen d'un fort aimant. Sur les pôles de l'aimant j'ajuste deux électro-bobines dont les fils longs et fins sont réunis bout à bout. Le fer de contact mobile est fixé à l'aide d'une char-

(1) Télégraphie de l'abbé Moigno.

nière au-dessus des pôles, et porte une tige trois fois plus longue que lui. Lorsque celle-ci est abaissée promptement, l'extrémité libre du fer se détache immédiatement, et au même instant il se produit un courant d'induction. Lorsqu'on soulève la tige, le fer de contact, fortement attiré par l'aimant, retombe subitement sur celui-ci, et au même moment un nouveau courant dirigé en sens contraire, se développe.

Ces courants sont produits à intervalles fixes, lorsqu'on soulève et abaisse le fer de contact uniformément avec une grande vitesse. A cet effet je fixe sur un axe horizontal, devant la roue d'échappement d'une horloge, un petit levier, dont l'un des bouts est muni d'un martinet pesant environ 30 grammes, et dont l'autre bout est saisi par les dents de la roue, qui abaissent le levier et s'échappent en glissant sur l'extrémité en contact. Le martinet soulevé retombe subitement, détache le fer de l'aimant par l'impulsion vive imprimée à la tige, et il se produit un courant. L'instant d'après le levier est de nouveau abaissé par une autre dent de la roue, le martinet soulevé, le fer de contact attiré, un nouveau courant se développe, et ainsi de suite.

Ces courants, dirigés alternativement en sens contraire, étant conduits dans le fil de deux électro-aimants placés de part et d'autre d'une palette aimantée suspendue à un axe horizontal, celle-ci vibre d'une manière régulière, si les courants se succèdent à intervalles égaux. Cette palette étant disposée comme dans le mouvement d'horlogerie d'un récepteur de Télégraphe à cadran, elle laisse passer et arrête alternativement les dents d'une roue à rochet qui met en mouvement l'aiguille à seconde, et, par suite, celles des minutes et des heures. Il est inutile d'ajouter qu'on peut disposer ce système de façon qu'on ne marque que les heures et les minutes, ou bien les heures et chaque cinq minutes. Afin de rendre le mouvement des aiguilles uniforme, j'ai dû augmenter de 8 à 9 kilogrammes les poids de l'horloge régulatrice. Quatre kilogrammes suffiraient si l'horloge était une horloge ordinaire, au lieu d'être une grosse horloge destinée à un service public.

On peut développer, par ce moyen, des courants assez intenses pour faire mouvoir un grand nombre de pendules, si l'on emploie un aimant portant 50 kilogrammes ou plus encore et des bobines à fil fin de plusieurs millimètres de longueur ; mais dans ce cas il faudrait augmenter les poids additionnels.

Ce système d'horloges électriques a marché d'une manière satis-

faisante à l'Université de Liége. Je l'ai plus tard remplacé par un autre, qui permet d'employer des aimants beaucoup plus énergiques, et de régler en même temps la marche de l'horloge à l'aide de poids additionnels moindres (1).

Ce dernier est suffisamment représenté Fig. 11, Pl. XI. Un fort aimant EE′, portant deux électro-bobines à long fil, est fixé horizontalement sur une planche en bois; devant ses pôles tourne, dans un plan vertical, une plaque de fer fixée sur un axe horizontal *xz*, porté par un support *aa′*. Sur le même axe se trouve une roue d'échappement B. Ces trois pièces C, B et l'axe *xz* tournent, au moyen d'un mouvement d'horlogerie, d'un angle droit à la la fois. Leur mouvement est réglé par un levier DD′D″ à charnière, et une fourchette d'échappement D″*mm′*. Le levier est fixé par un bout au point M du pendule P, et par l'autre à l'axe D″. Lorsque le pendule oscille, la fourchette tourne, mais plus lentement que la plaque C; celle-ci est arrêtée un instant par celle-là à l'aide de quatre chevilles-boutons *b* et *b′*, *c* et *c′*, puis elle s'échappe en passant dans les deux bras de la fourchette. Tout est disposé de façon que le courant se développe chaque fois que le pendule P est arrivé dans sa position verticale, et qu'il la quitte. Lorsque l'appareil est en repos, la plaque C se trouve devant les pôles de l'aimant dans la position horizontale ou à angle droit.

L'horloge que je viens de décrire exige l'emploi d'un mécanisme particulier pour faire tourner la plaque de fer, et pour régler en même temps son mouvement, ce qui est un inconvénient. Il se développe, pendant chaque révolution entière de la plaque, quatre courants, qui se succèdent à des intervalles de temps égaux : le premier est produit lorsque la plaque passe de sa position verticale supérieure devant les pôles de l'aimant; le second pendant qu'elle passe de la position horizontale à la verticale inférieure, etc.

L'emploi des courants d'induction, comme force motrice, permet de supprimer le changeur ou commutateur, et par conséquent d'éviter dans la marche des horloges toutes les chances d'irrégularité qui peuvent provenir d'un manque de contact métallique entre les conducteurs fixes et mobiles que le courant doit traverser.

Le changeur est indispensable lorsqu'on se sert des courants

(1) Deux kilogrammes m'ont suffi dans toutes mes expériences.

hydro-électriques, comme force motrice, dans les horloges. Ce dernier système est représenté Pl. XI, Fig. 12. Le courant passe du pôle positif Z, par le fil *aa'*, dans la tige en cuivre F, puis par *l'*, si le pendule a dévié vers la gauche ; par la lame platinée *n'n*, par le fil *bb'*, les électro-aimants de diverses horloges, par le fil *cc'c''*, la lame platinée *mm'*, par *sd'd*M et retourne par les deux électro-aimants A et A', au pôle négatif de la pile. Quand le pendule dévie vers la droite, le courant traverse les mêmes fils, mais en sens contraire.

Il est plus simple de remplacer les deux électro-aimants A et A' par un seul, entre les pôles duquel doit se trouver la palette NS fixée à la verge du pendule. L'intervalle à laisser entre ces aimants fixe et temporaire, ainsi que leur distance relativement à l'axe de suspension M, sont faciles à déterminer par l'expérience. Les actions réciproques des deux aimants ont pour résultat de rendre plus intimes les contacts entre les conducteurs fixes et mobiles, et de faire chaque fois équilibre aux causes résistantes. Leurs pôles ne doivent pas être trop rapprochés, afin que leur influence soit modérée et à-peu-près constante, alors même que l'intensité du courant varie entre certaines limites.

Il est, à mon avis, préférable d'employer dans la construction des horloges électriques, un changeur à mercure, composé : 1° d'un godet en bois sec, divisé par une lame isolante d'ivoire en deux compartiments semi-circulaires A et B, communiquant, l'un avec le pôle positif, et l'autre avec le pôle négatif de la pile ; 2° d'une bascule horizontale, semblable à celle proposée par Ampère pour changer la direction des courants électriques. Cette bascule, portée par un axe horizontal, est attachée à la verge du pendule, de telle sorte qne celui-ci, oscillant de la droite vers la gauche, elle tourne un peu sur son axe et transmet le courant dans un sens, et qu'ensuite le pendule, déviant de la gauche vers la droite, la bascule tourne aussi en sens contraire et transmet le courant en sens inverse à travers les fils de toutes les pendules électriques.

Les horloges électriques où l'on supprime le ressort de rappel, en se servant de deux électro-aimants, conservent leur marche uniforme alors même que l'intensité du courant varie ; les battements du pendule se font avec la même intensité des deux côtés de la position verticale. Les poids à ajouter pour vaincre la résistance qu'occasionnent les contacts entre les diverses pièces conductrices doivent être, d'après mes expériences, d'environ un kilo-

gramme et demi pour des pendules de corridors, lorsque je me sers du changeur représenté Fig. 11. Mais en me servant du changeur avec mercure et à bascule, les poids additionnels sont tout-à-fait minimes; c'est ce dernier changeur qui est le meilleur de tous.

Je termine ici ce travail, sans m'occuper des deux dernières questions relatives aux Galvanomètres et à l'influence du Magnétisme ordinaire sur le corps humain, que j'ai fait figurer en commençant parmi celles que je devais traiter. Outre qu'elles n'ont pas de rapports directs avec la Télégraphie, je désire les soumettre à des expériences dont l'idée m'est venue en rédigeant ce Mémoire.

NOTES

ADDITIONNELLES AUX RECHERCHES

SUR LA

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

I.

J'ai indiqué brièvement (page 103) comment on peut écrire, à l'aide d'un procédé chimique, les dépêches à de très-grandes distances sans pile locale et sans ressort de rappel.

L'importance et la simplicité de construction de ce système m'engage à le décrire en détail; il peut fonctionner à simple effet et à double effet. Dans le premier cas une batterie assez intense pour faire fonctionner un relais suffit; dans l'autre, il faut employer une force motrice un peu plus grande.

Le Télégraphe complet se compose d'un transmetteur, d'un appareil à écrire, et d'un mécanisme particulier pour mouvoir le papier.

Je me sers de la clef décrite Fig. 5, Pl. XI ou d'un manipulateur semblable à celui qui est employé dans les Télégraphes à aiguilles (p. 28).

L'appareil qui écrit se compose d'une palette aimantée NS (Pl. XII, Fig. 1) suspendue verticalement, au moyen d'un axe horizontal XZ, entre deux doubles électro-aimants E et E′, F et F′ fixés horizontalement sur une planche en bois, à l'aide de deux traverses en laiton C et C′ portées chacune par deux vis V et V; V′ et V′. Au point O de la palette est soudée une tige T en laiton, terminée par un gros fil en platine, formant à l'extrémité A un petit porte-plume P où l'on fixe un léger cône tronqué en pierre-ponce.

2.. 2.. 3.. 3... bande de papier passant au-dessus de la plume P, sous un rouleau en laiton R, et au-dessus d'un autre rouleau semblable R'; MM bac en porcelaine ou en verre épais, large près de sa base et étroit à sa partie supérieure, contenant de l'acide sulfurique faible ou toute autre dissolution propre à faire des marques distinctes sur du papier plongé préalablement dans une dissolution de teinture de tournesol ou dans une autre aussi convenable. La plume plonge presque en totalité dans l'acide; et aussitôt que le courant passe par les électro-aimants, alternativement en sens contraire, elle se soulève, marque sur le papier ou un point ou une petite ligne rouge, retombe, se soulève de nouveau, et ainsi de suite. Cet appareil à simple effet fonctionne parfaitement bien.

Pour rendre ce système à double effet, on adapte à la planche en bois un support vertical en laiton QQ' portant deux vis *c* et *d*, entre lesquelles on suspend une tige en laiton T' reposant sur la lame *mn* soudée à la palette en *m* et terminée par un gros fil en platine formant un porte-plume P', où l'on engage aussi un cône tronqué en pierre-ponce, comme dans l'autre porte-plume.

Tout est disposé de telle façon qu'aussitôt que la palette aimantée commence à vibrer entre les deux électro-aimants, l'une des plumes, par exemple P, se soulève et marque sur le papier, lorsque l'autre P' s'abaisse, et réciproquement. Les signes tracés par l'une sont sur une ligne parallèle à celle où se trouvent les marques faites par l'autre. Mais les marques faites par l'une d'elles correspondent à des blancs laissés entre celles que trace l'autre; toutefois, rien n'empêche de lire ces points et ces lignes, comme s'ils se trouvaient sur la même ligne.

Quoique ce dernier système fonctionne bien et soit aussi très-simple, le premier est pourtant plus simple encore et marche aussi sous l'action d'une force motrice plus faible. S'il n'envoie pas les dépêches avec autant de célérité que l'autre, sa vitesse de transmission égale cependant pour le moins celle du système de M. Morse auquel il est, sous d'autres rapports, manifestement préférable.

II.

J'ai cru convenable de représenter un poste télégraphique complet (Pl. I) pour le Télégraphe à cadran, et un autre (Pl. II) pour le Télégraphe à aiguilles astatiques. En jetant les yeux sur ces

planches, le lecteur embrasse d'un seul regard les différentes parties qui, réunies, constituent un Télégraphe complet, disposé comme il doit l'être dans la pratique. Il comprendra très-facilement tout ce que je dis en parlant soit du manipulateur, soit du récepteur, soit enfin de l'un ou l'autre organe de chacun de ces appareils.

Au surplus, le lecteur pourra consulter les paragraphes IX et X de mon Mémoire relativement à la première planche, et le paragraphe V pour la planche II. Le Télégraphe représenté sur cette dernière est double, c'est-à-dire composé de deux appareils simples juxta-posés. Une seule pile les fait fonctionner alternativement ou simultanément à la volonté du télégraphiste. Il faut employer deux fils de ligne, deux fils de terre, et deux fils qui passent des deux pôle de la pile au Télégraphe.

Je n'ai fait figurer sur la planche II qu'un seul fil de ligne et un fil de terre, afin de ne pas la surcharger.

Le courant venant de la pile ne peut se rendre que dans celui des Télégraphes dont la manivelle est inclinée. Le lecteur comprendra facilement comment le circuit du courant s'établit, s'il veut bien jeter un coup-d'œil sur la Fig. I de la Pl. V qui représente un appareil simple, et fixer son attention sur la position des deux ressorts PP′, QQ′, ainsi que sur celle de la tige T et de la lame LL de la Pl. II. La tige T est fixée à l'axe V de la manivelle, mais isolée de cet axe. Si le courant passe de V dans le ressort PP′, il circule par le multiplicateur et les électro-aimants, par le fil de la ligne dans le Télégraphe homologue de la station éloignée, revient par la terre et passe dans le ressort QQ′. Or, la tige T s'incline avec la manivelle et est disposée de façon à ce qu'elle touche le ressort QQ′, lorsque l'axe V, touche celui PP′, et réciproquement : cette même tige T frotte d'ailleurs en se mouvant contre la lame LL; par conséquent, le courant arrivé dans le ressort QQ′ passe par la tige T dans la lame LL et dans la pile, puisque cette lame communique métalliquement avec cette dernière.

Lorsque le courant passe de la pile par le ressort QQ′, l'axe V étant mis en contact avec QQ′, il revient après avoir parcouru son circuit par le ressort PP′, par la tige T, et par la lame LL dans la pile.

Quand deux appareils contigus fonctionnent à la fois, le courant se divise en deux autres, dont l'un passe dans l'appareil A et le fil de ligne B, etc., et l'autre dans l'appareil A′ et le fil de ligne B′,

mais, après avoir achevé leur circuit, ils retournent chacun par une tige T dans la lame LL et dans la pile.

Le Télégraphe à mouvement direct et rétrograde, avec lequel j'ai transmis 46 lettres par minute (p. 38), était à simple effet; chacune des trois roues à rocher Z, Z', Z'' avec 26 dents; le cadran X portait 25 lettres et le signe +. Je me servais ordinairement du changeur (Pl. IX, Fig. 2) décrit dans le paragraphe IX. Le courant passait dans l'appareil représenté Fig. 1 et 2, Pl. VI. De là il se rend par le fil de la ligne dans un appareil semblable, placé à la station qui reçoit, pour revenir par la terre. L'aiguille du premier appareil indique les lettres à transmettre, et celle du second les lettres reçues.

Lorsque je faisais fonctionner les deux appareils simultanément, je ne mettais que deux électro-aimants dans chacun, ainsi qu'il est dit p. 40, et, comme je le faisais souvent dans mes recherches, en opérant avec un seul appareil.

Le manipulateur décrit p. 39 peut servir de deux manières différentes : si l'on conduit le courant du manipulateur dans le récepteur Fig. 2 ou dans le récepteur semblable Fig. 1, à la station A, puis par le fil de la ligne dans un récepteur identique placé à la station B, l'anneau en ivoire, la roue dentée fixée au-dessus et le demi-cercle adapté à la manivelle sont inutiles. Mais ces pièces deviennent nécessaires lorsque on veut transmettre directement, c'est-à-dire ne se servir que d'un seul récepteur placé à la station qui reçoit.

Dans ce dernier cas le lecteur comprendra plus facilement le texte, si après les mots : *sans la déplacer,* il ajoute le passage suivant omis par mégarde :

« Le dernier cercle est fixé dans son point milieu à la manivelle, au moyen d'une cheville en bois ou d'une tige en acier autour de laquelle il peut tourner un peu à frottement dur. Chacun de ses bouts rencontre, quand il est à la moitié de sa course, un petit plan incliné qui le soulève subitement et fait que les pointes dont il est muni peuvent avancer la roue d'une dent. Cette disposition ne serait pas nécessaire, si l'anneau en ivoire et la roue dentée qu'il porte, étaient séparés de la manivelle et restaient par conséquent immobiles. »

Ma brochure était déjà imprimée lorsque j'ai soumis le relais à aiguilles (p. 80) à de nouvelles épreuves : les battements de l'aiguille, qui reçoit le courant positif de la pile locale contre des tiges

ou lames en métal, me semblent un peu faibles pour fermer cette pile avec régularité et la faire par conséquent écrire avec certitude, surtout si l'on opère avec célérité. Par conséquent, il faudra préférer à ce relais les deux relais représentés Fig. 8 et 10, Pl. XI, et surtout ce dernier, qui me semble ne rien laisser à désirer.

III.

Je n'ai pas parlé dans mon Mémoire de l'appareil télégraphique de M. Lippens. Il s'en trouve une description détaillée et un compte très-favorable rendu par M. Vinchent, ingénieur de l'Etat, dans le tome XI des *Annales des travaux publics de Belgique*, année 1852. Je regrette beaucoup et sincèrement que, sous plusieurs rapports, je ne puisse partager l'opinion de cet honorable et savant ingénieur.

M. Lippens, dans sa requête à M. le Ministre des travaux publics en date du 4 novembre 1850, tendant à obtenir la fourniture des Télégraphes à cadran et à lettres pour le service des stations des chemins de fer, dit (p. 357), « que le principe caractéristique et dominant du système qu'il propose est celui que j'ai recommandé dans un Mémoire adressé à l'Institut de France en 1848. »

A la même page, il est dit « qu'il s'agissait d'appliquer les principes précédemment découverts. » D'autres passages contiennent des dispositions proposées par M. Lippens, et nécessaires, d'après lui, pour rendre applicable aux Télégraphes à cadran et à lettres le principe du renversement des courants que j'ai adopté dans mon perfectionnement des Télégraphes à cadran et à lettres.

D'après la teneur de la demande de M. Lippens, il paraîtrait qu'il a construit ses appareils télégraphiques conformément à un principe proposé par moi, et que ce principe n'était pas encore directement applicable aux Télégraphes à cadran, sans les perfectionnements ultérieurs qu'il y a lui-même ajoutés. Or, ce sont ces deux points que je conteste et contre lesquels je réclame.

J'ai construit un appareil télégraphique, qui a fonctionné depuis 1848 dans mes cours et devant des témoins à l'Université de Liége. Il peut fonctionner sur de grandes lignes, sans qu'il soit nécessaire d'y apporter des dispositions particulières : il suffit d'employer une batterie voltaïque de l'intensité qu'exige la distance à parcourir par le courant.

M. Lippens, au lieu de construire les appareils télégraphiques,

d'après un principe proposé par moi dans un mémoire qu'il n'a pu connaître, les a confectionnés en ayant sous les yeux un appareil que j'avais confié à M. Devaux membre de la Commission des Télégraphes, appareil qu'il a vu et fait fonctionner en qualité de mécanicien de cette Commission.

Le récepteur du premier appareil de M. Lippens se compose d'un cadran vertical portant les lettres de l'alphabet et des chiffres ; des roues de rencontre ; d'une palette aimantée suspendue verticalement entre deux électro-aimants horizontaux placés symétriquements de part et d'autre et fort près de cette palette , dont le mouvement vibratoire est réglé par deux pointes contre lesquelles sa tige va frapper alternativement.

Le récepteur de mon appareil consiste en un cadran vertical portant les lettres de l'alphabet ; en un mouvement d'horlogerie ; en une palette aimantée verticale, et deux électro-aimants disposés précisément comme ils le sont dans l'appareil de M. Lippens. Or, mon perfectionnement consiste dans la suppression du ressort de rappel, ainsi que dans l'emploi et la disposition de la palette aimantée et des deux électro-aimants.

Ce sont ces pièces qui donnent une supériorité marquée à mon récepteur sur les récepteurs des Télégraphes à cadran ordinaires.

Le manipulateur de mon appareil construit en premier lieu, se compose d'un commutateur qui change la direction du courant quatre fois dans une révolution ; d'un cadran avec l'alphabet et des roues dentées ajusté de façon que l'on transmet une lettre chaque fois que le cadran mobile l'amène devant une aiguille fixe. Cette disposition des roues et du cadran est indiquée pag. 571 de l'ouvrage sur la Télégraphie de M. Moigno. Mon appareil a été déposé en 1848 au cabinet de physique de l'Université de Liége, et c'est cet appareil qui a fonctionné devant l'honorable M. Devaux, en 1850. Dans sa lettre du 15 juin de la même année, il ne me demande de lui confier que le récepteur décrit ci-dessus et le commutateur de mon manipulateur.

M. Lippens a donc pû voir ce commutateur, et le faire fonctionner devant la Commission des Télégraphes. On peut donner à cet organe des formes différentes (paragraphe IX et X), et le nombre de fois qu'il renverse le courant n'influe pas sur le mode, mais uniquement sur la vitesse de transmission des signaux.

Il résulte de tout ceci qu'au lieu de recommander un principe , comme le dit M. Lippens, j'ai construit un Télégraphe propre à

fonctionner. Les pièces accessoires et nécessaires pour un service complet sur des grandes lignes ne peuvent être prises ici en considération.

Mon appareil n'a pas besoin de nouvelle disposition, comme le pense l'honorable mécanicien, pour les communications directes : « ces communications, dit-il, donnent lieu à une difficulté inhérente au mode de renversement des courants. » D'après lui, deux appareils impairs, entre lesquels on a supprimé momentanément un appareil pair, ne peuvent se comprendre : il en est de même de deux appareils pairs entre lesquels on a momentanément supprimé un appareil impair. Il faut un commutateur à glissière pour les mettre d'accord. Ce cas se présente en effet dans la disposition des appareils de M. Lippens; mais les lois de l'électro-magnétisme permettent de disposer sur une ligne un nombre quelconque d'appareils, de façon à ce que deux appareils pairs ainsi que deux appareils impairs, se comprennent parfaitement, et que les aiguilles indicatrices de tous soient d'accord dans leur marche.

J'ai pris trois appareils, A, B, C; j'ai changé à l'aide d'un commutateur la direction du courant alternativement en sens contraire, puis je l'ai fait passer : 1° dans les appareils A et B; 2° dans les appareils B et C; 4° dans les trois appareils à la fois. Or, dans ces diverses expériences, les aiguilles indiquaient constamment la même lettre dans le même moment, c'est-à-dire qu'elles se comprenaient parfaitement; et cela doit être ainsi pour un nombre quelconque d'appareils fonctionnant simultanément.

Il résulte de ces expériences, d'accord avec la théorie, que le principe du renversement des courants est directement applicable aux communications directes comme aux communications entre des stations voisines, et que par conséquent la disposition consistant en un commutateur à glissière, n'est utile que pour corriger une faute commise et facile à éviter.

Outre cette disposition dont il vient d'être question, l'appareil de M. Lippens en a une autre qui ne semble pas produire l'effet qu'il a en vue. Elle se rapporte à l'interruption du courant, et n'est d'ailleurs applicable qu'au cas où le courant fait marcher deux aiguilles à la fois, l'une à la station qui parle, et l'autre à celle qui reçoit. A la page 368 du tome XI précité, il est dit : « il pourrait arriver que les armatures (aimantées) des deux appareils se trouvant dans une position intermédiaire, et n'étant plus sollicitées par une force attractive ou répulsive, l'une d'elles fût envoyée à droite,

tandis que l'autre resterait à gauche. Ainsi l'une des aiguilles avancerait d'une lettre, et leur concordance serait détruite. »

Pour remédier à cet inconvénient, M. Lippens dispose les choses de façon, que le courant peut se rendre dans un petit ressort fixé au dessous des tiges horizontales des palettes, lorsque ces tiges s'abaissent, et achever sa circulation par ces tiges, etc., tandis qu'au contraire il est arrêté lorsque les tiges s'élèvent. Mais les deux palettes aimantées et leurs tiges sont semblables, et chaque tige, ainsi que la palette qui la porte, est solidaire.

Ainsi, si l'une des palettes va à droite, et l'autre à gauche, par rapport à leur position normale, l'une des tiges s'abaisse, tandis que l'autre s'élève, l'une va toucher le ressort placé au dessous d'elle, tandis que l'autre s'éloigne du ressort homologue. Or, le courant ne peut passer que lorsque les deux tiges touchent à la fois, et dans le même instant chacune, le ressort placé près d'elles. Il paraît donc que la disposition ci-dessus ne remédie pas à l'inconvénient qui peut se présenter; en outre elle est inutile dans les circonstances ordinaires ou régulières, les aiguilles marchant d'accord dans ces cas, et elle offre toujours une résistance constante au mouvement des palettes.

Tel est l'ensemble des dispositions de l'appareil de M. Lippens; il n'emploie pas de mouvement d'horlogerie dans le récepteur de son appareil, comme on le fait en France, même sur de très-petites lignes : cependant l'expérience prouve que ce mouvement ne se dérange que très rarement et qu'il permet l'emploi de piles sensiblement plus faibles qu'un appareil semblable qui n'est pas muni de cet organe; les électro-aimants et la palette aimantée sont disposés comme il a été dit ci-dessus.

Le mécanicien de Bruxelles se sert de deux appareils semblables, dont l'un est placé à la station qui donne les signaux, et l'autre à celle qui les reçoit. Le courant fait marcher à la fois les aiguilles des deux appareils; l'une indique les lettres à envoyer, et l'autre les lettres transmises. Ces aiguilles devront toujours être d'accord dans leur marche.

J'avais recommandé cette manière d'opérer dans ma demande de brevet en date du 4 juillet 1851, et dans une de mes notices adressées à l'Académie des Sciences de Bruxelles. Ma manière de voir sur les différents modes de transmettre les signaux est exposée au paragraphe IX.

Le manipulateur de l'appareil de M. Lippens est disposé de

façon qu'il doit faire trois tours et demi, pour que l'aiguille qui indique les lettres sur un cadran horizontal fixe en fasse un seul. Ceci est à mon sens un grand inconvénient. On perd ainsi gratuitement à peu près la moitié de la vitesse de transmission qu'on aurait, si le commutateur changeait dans une révolution la direction du courant autant de fois qu'il y a des signes sur le cadran, c'est-à-dire vingt-huit fois au lieu de huit fois. De plus la manivelle ou son prolongement, qui représente une aiguille et l'aiguille du cadran, indiquerait toujours la même lettre; l'une controlerait en quelque sorte l'autre; l'œil du Télégraphiste suivrait simultanément les deux aiguilles, et l'observation des lettres deviendrait des plus facile.

Le Télégraphiste ne peut recevoir de signe de son correspondant que lorsque son manipulateur occupe l'une ou l'autre de quatre positions différentes; il conviendrait qu'il pût recevoir après chaque lettre transmise, ou du moins après deux lettres transmises.

L'appareil de M. Lippens réunit des sonneries, des interrupteurs, une boussole et en général tout ce qui peut rendre le service complet. Toutes ces dispositions sont exposées en détail par M. Vinchent, dans le tome XI ci-dessus indiqué.

FIN.

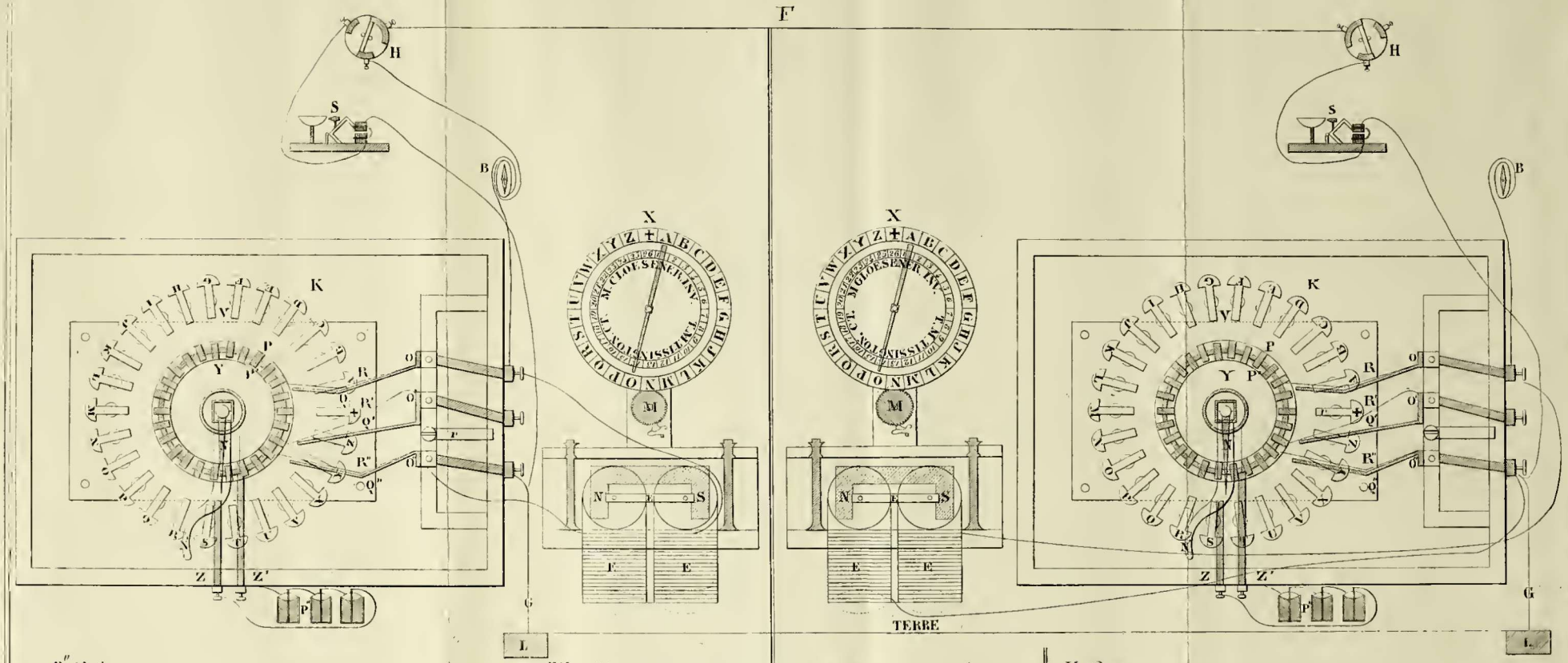
ERRATUM.

Page 111 Ligne 14. Au lieu de changeant, comme le mien, la direction du courant quatre fois ou 14 fois, *lisez*, mais changeant vingt huit fois la direction du courant, et le mien quatre fois.

POSTE TÉLÉGRAPHIQUE.

Télégraphe à Cadran avec Clavier complet.

POSTE ATTAQUANT. POSTE RECEVANT.



P'' Pile.
K Transmetteur.
Y Changeur.
X Récepteur.
M Mouvement d'horlogerie, les rouages, la roue et les palettes d'échappement R m,n, cachées dans la figure sont visibles Pl. III et VIII.

EE 2 Electro-aimants dont le plan est invisible, en derrière et dans le même.
B Boussole.
S Sonnerie.
L Lame de cuivre.
F Fil de ligne.
G Fil de terre.

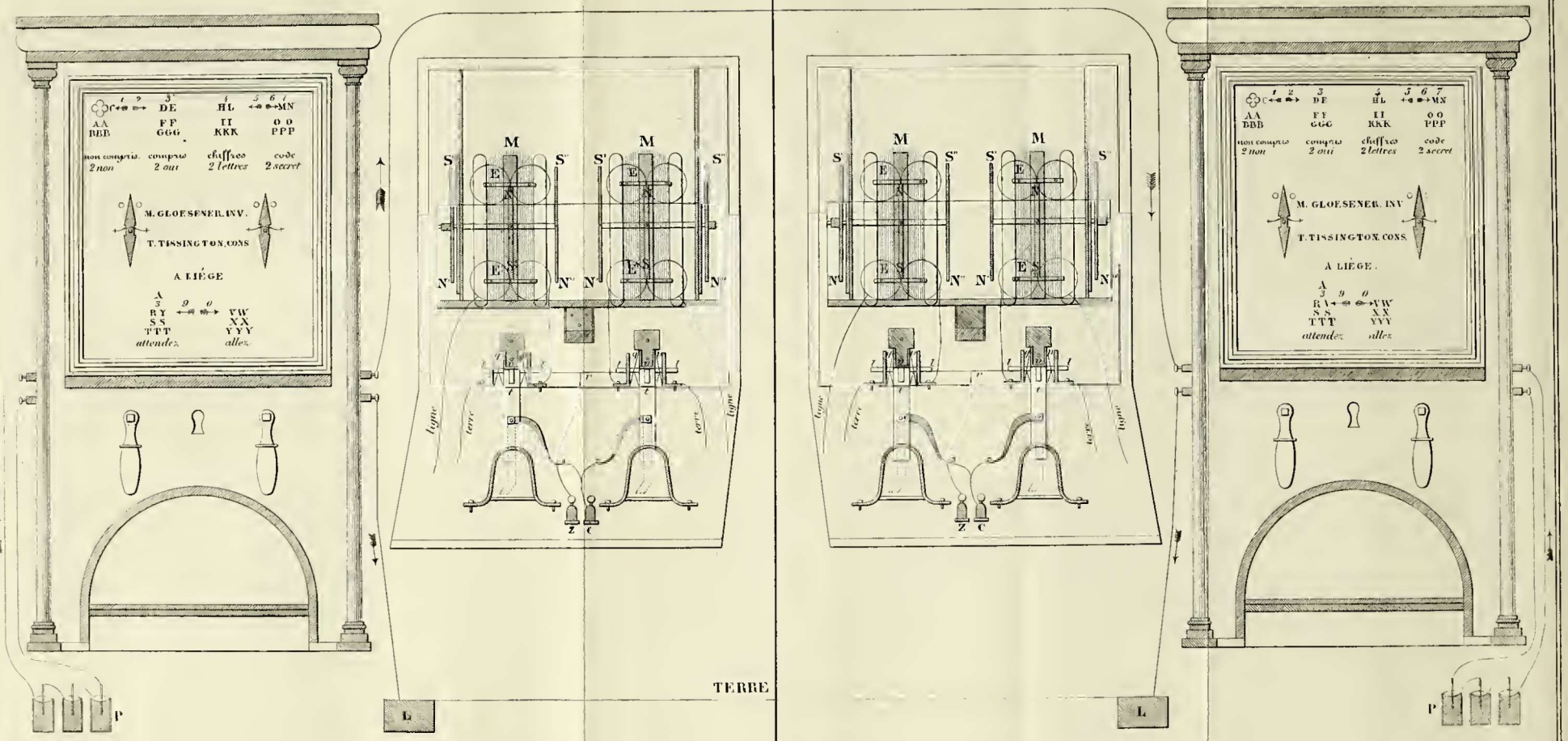
H Commutateur.
N' Tige d'arrêt.
N Aiguille indicatrice.
V Lame d'acier tournant, servant à abaisser la touche du signe + et à maintenir en repos le transmetteur.
Voir pour les autres lettres le paragraphe X.

TÉLEGRAPHE COMPLET A DEUX AIGUILLES

avec multiplicateur à trois Aiguilles, et deux électro aimants.

POSTE TRANSMETTANT.

POSTE RECEVANT.



P Pile.

M Multiplicateur

NS, N'S', N''S'' Aiguilles aimantées.

E E Electro-aimants.

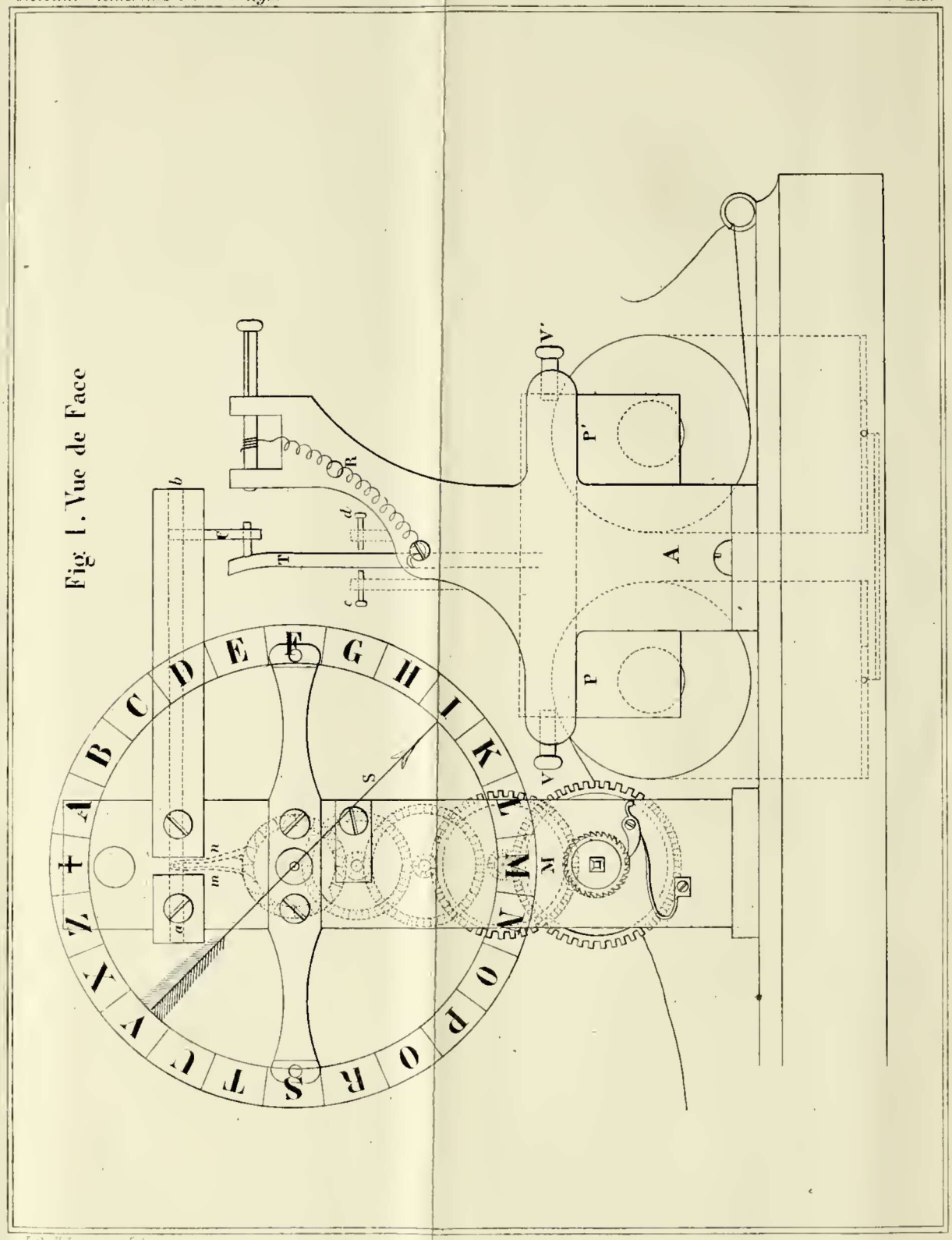


Fig. 1. Vue de Face

Lith. H. Dessain à Liége

Fig. II.

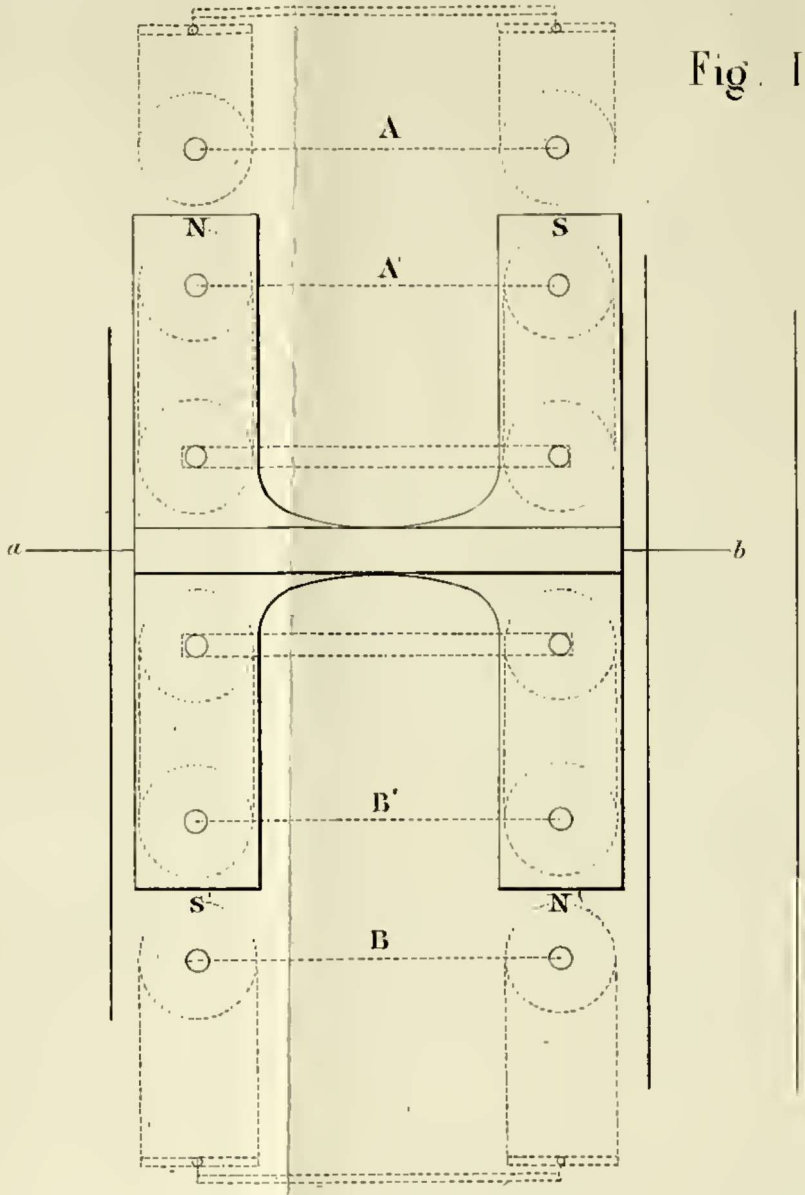
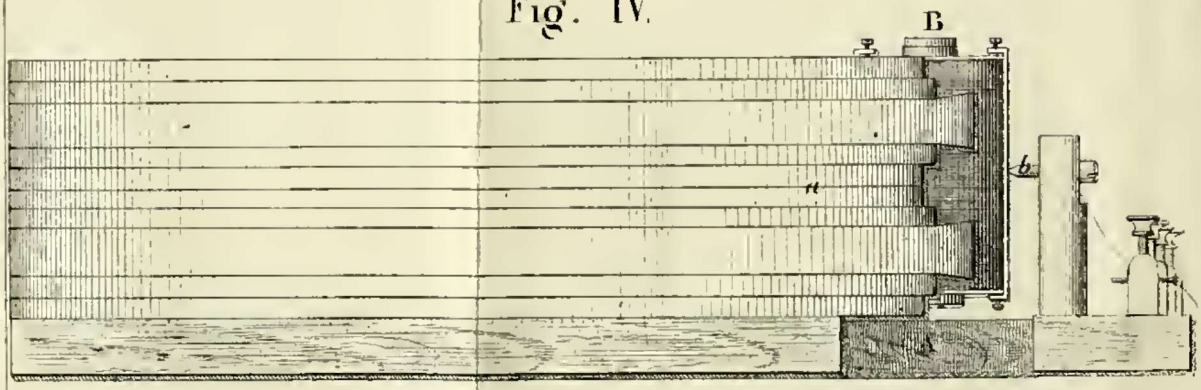


Fig. IV.



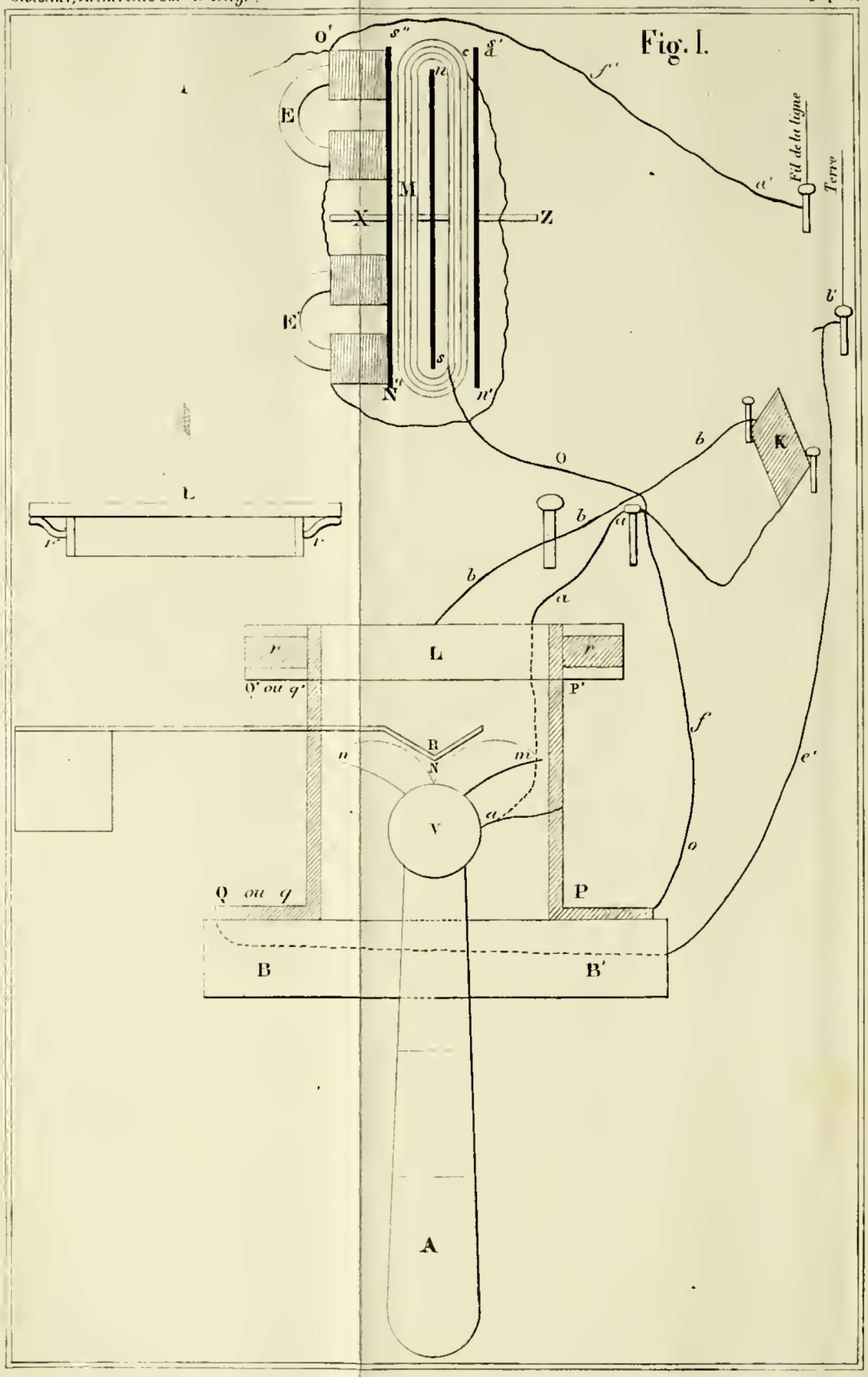


Fig. I.
O'
s''
g'
c
f''
E
M
X
Z
a'
Fil de la ligne
Terre
E'
N''
n'
s
b
K
O
L
b
a
b
a
L
P'
O' ou q'
R
n
N
m
V
a
f
e'
o
Q ou q
P
B
B'
A

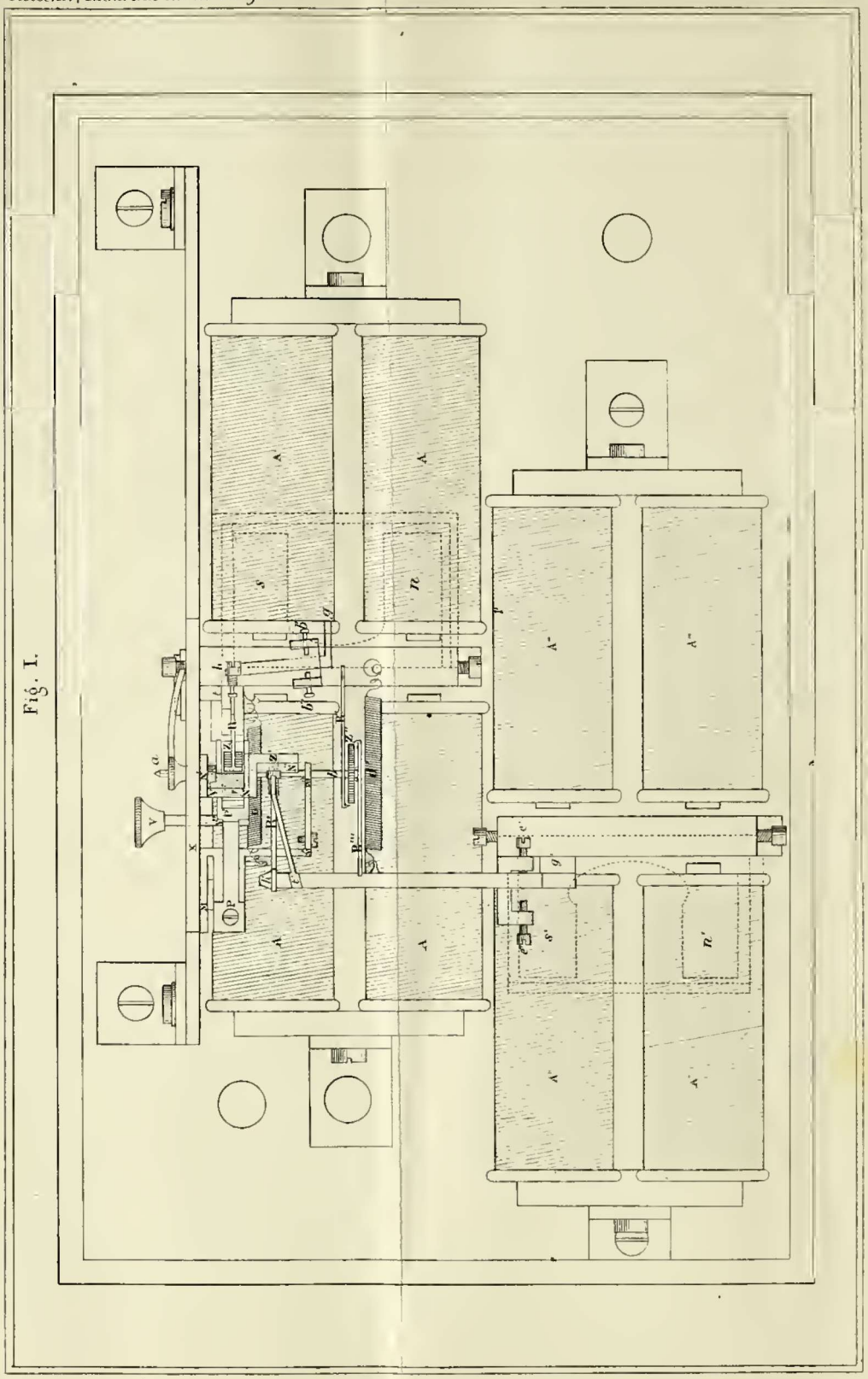


Fig. I.

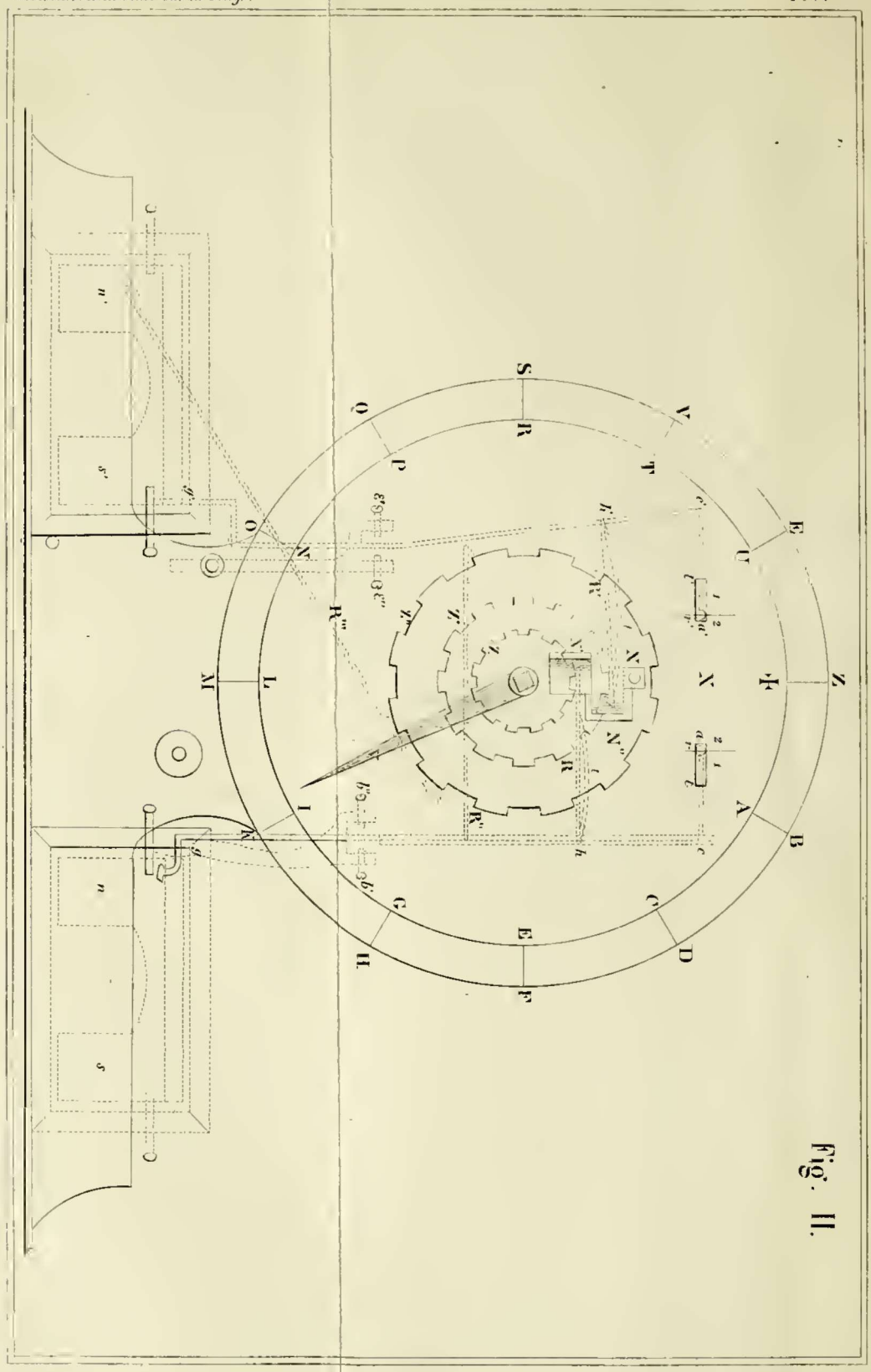


Fig. II.

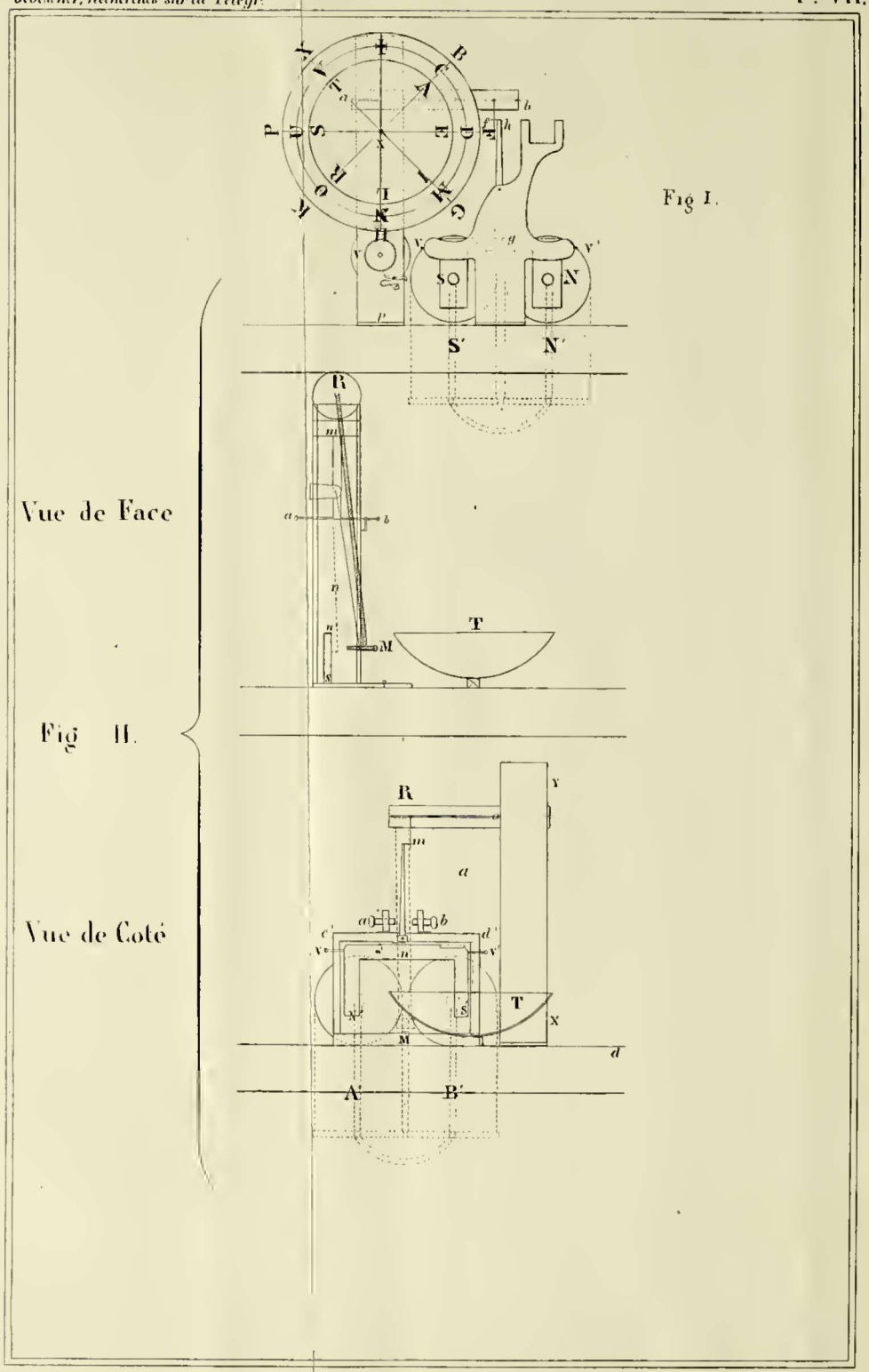


Fig I.
Vue de Face
Fig II.
Vue de Coté
S'
N'
A'
B'
T
M
R
a
d

FIGURE 1

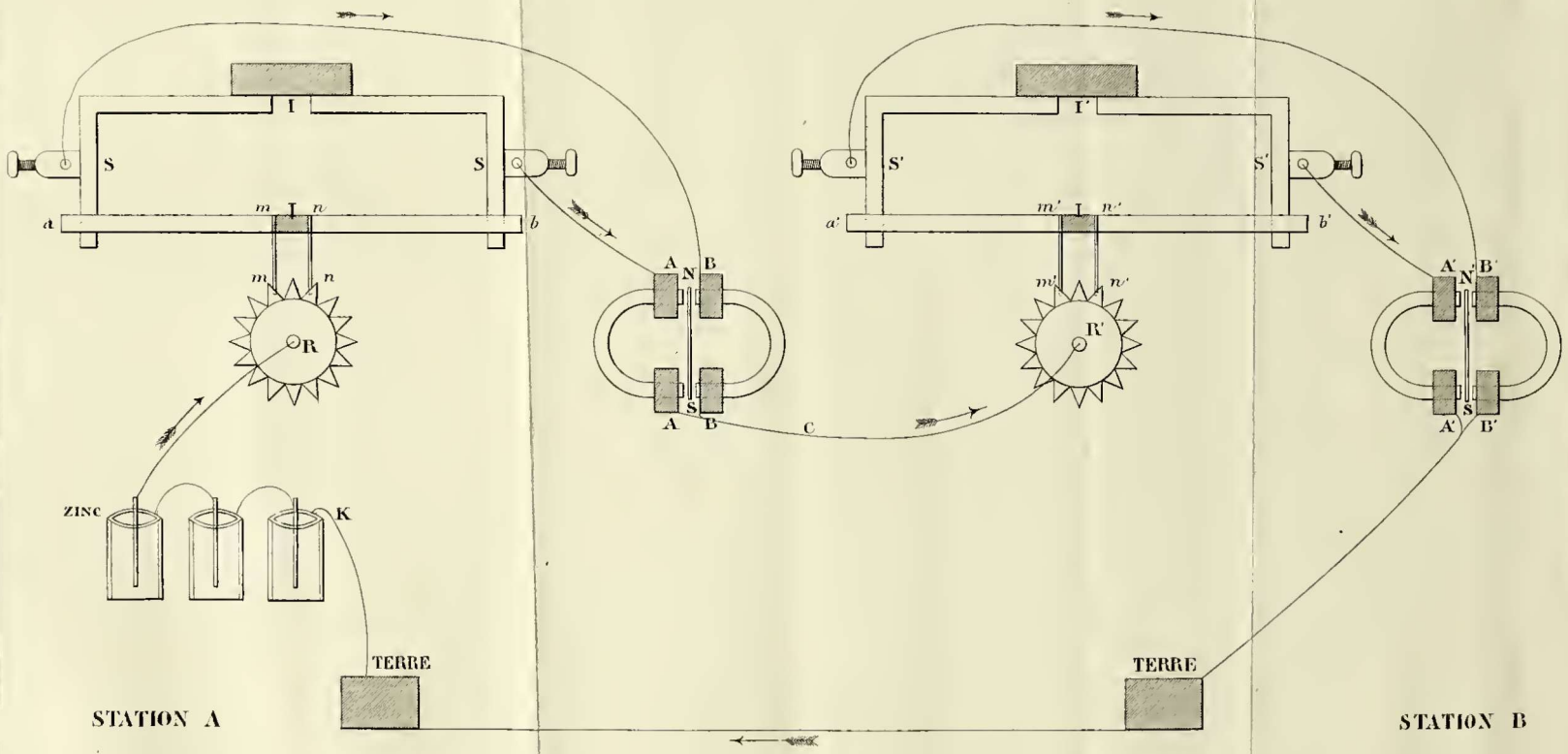


FIGURE 1

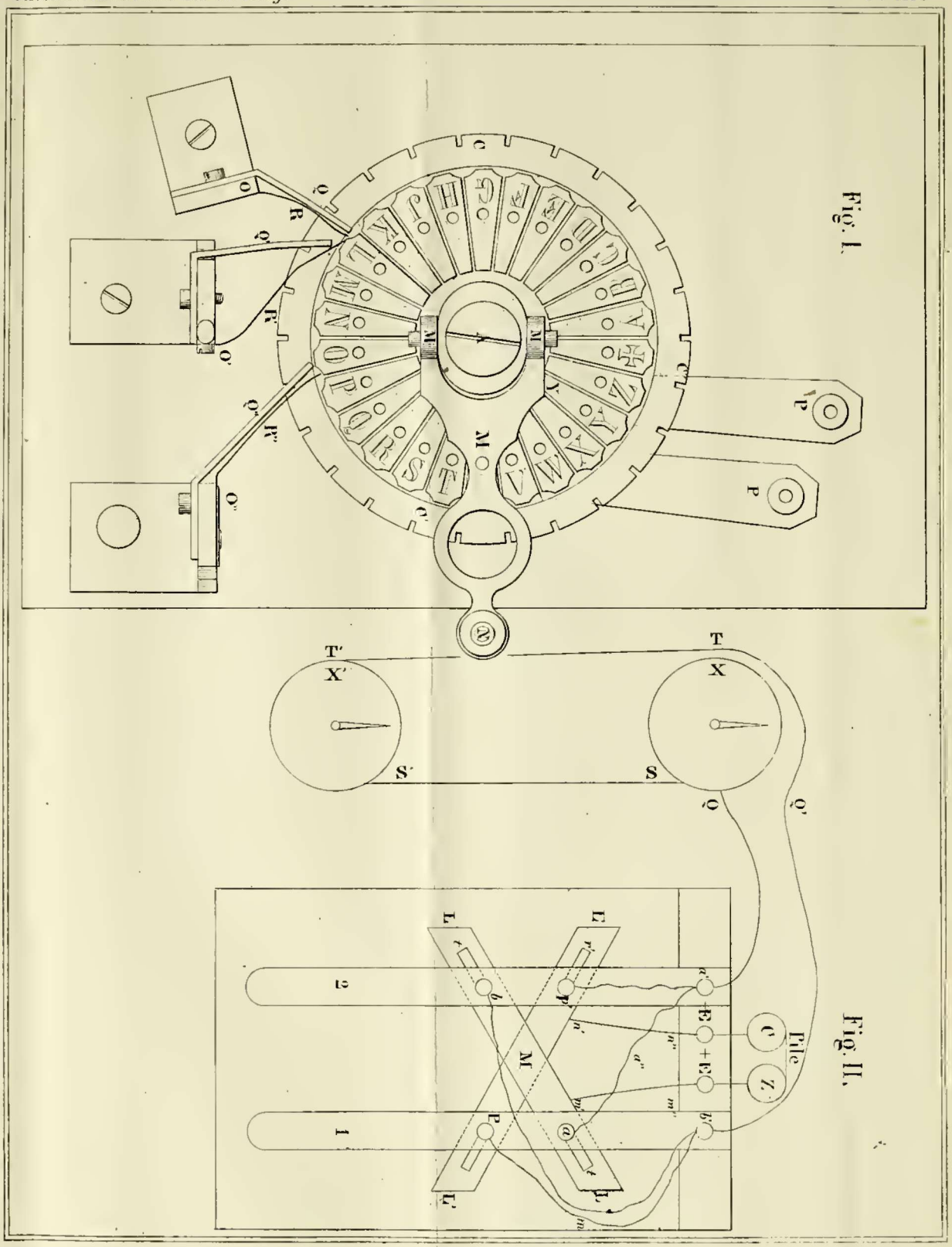


Fig. I.
Fig. II.
Pile
+E
+E
M
T
T'
X
X'
S
S'
Q
Q'
P
P'
L
L'
1
2

Fig. IV.

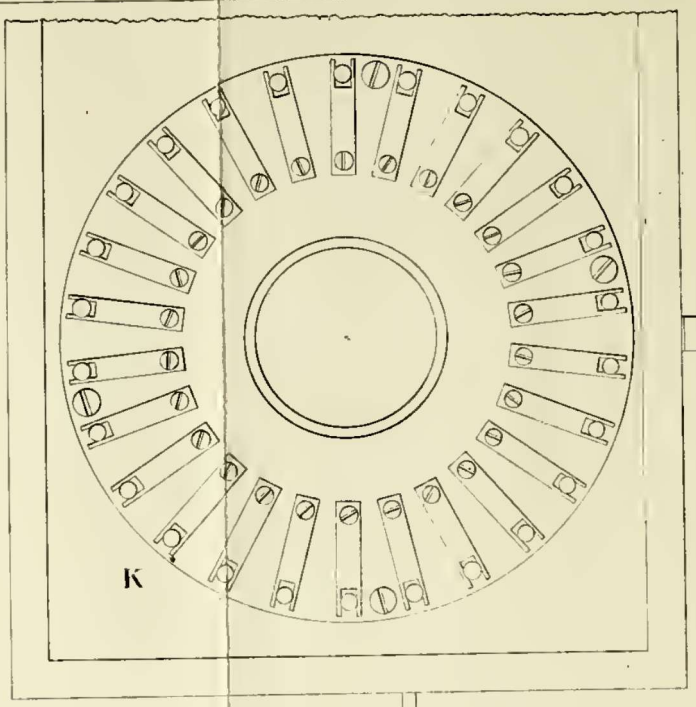
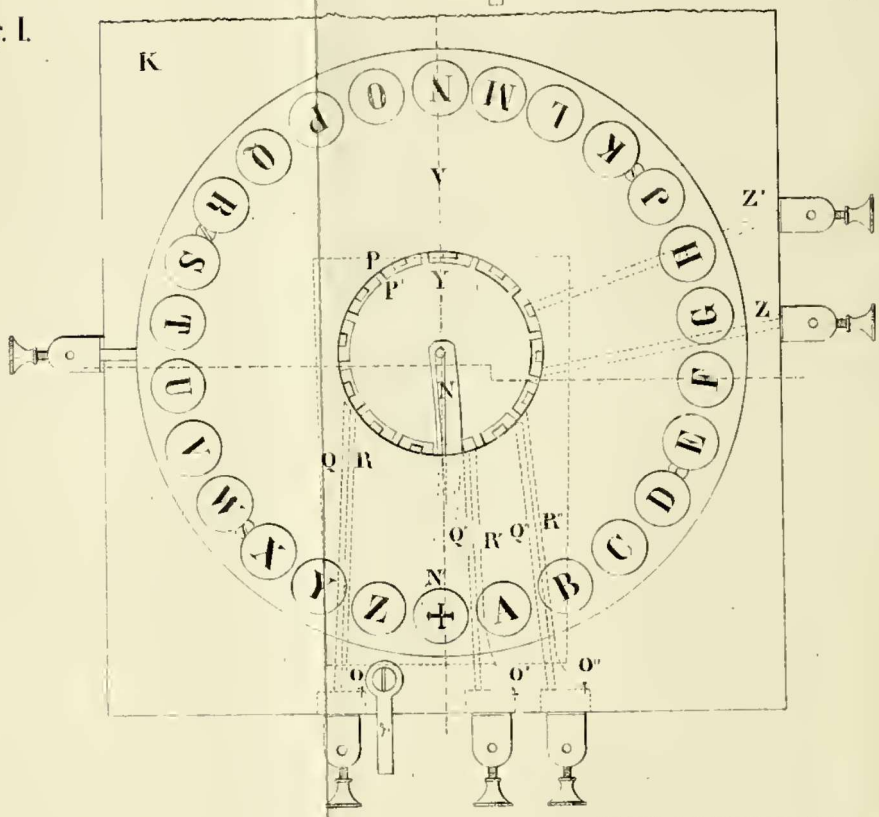
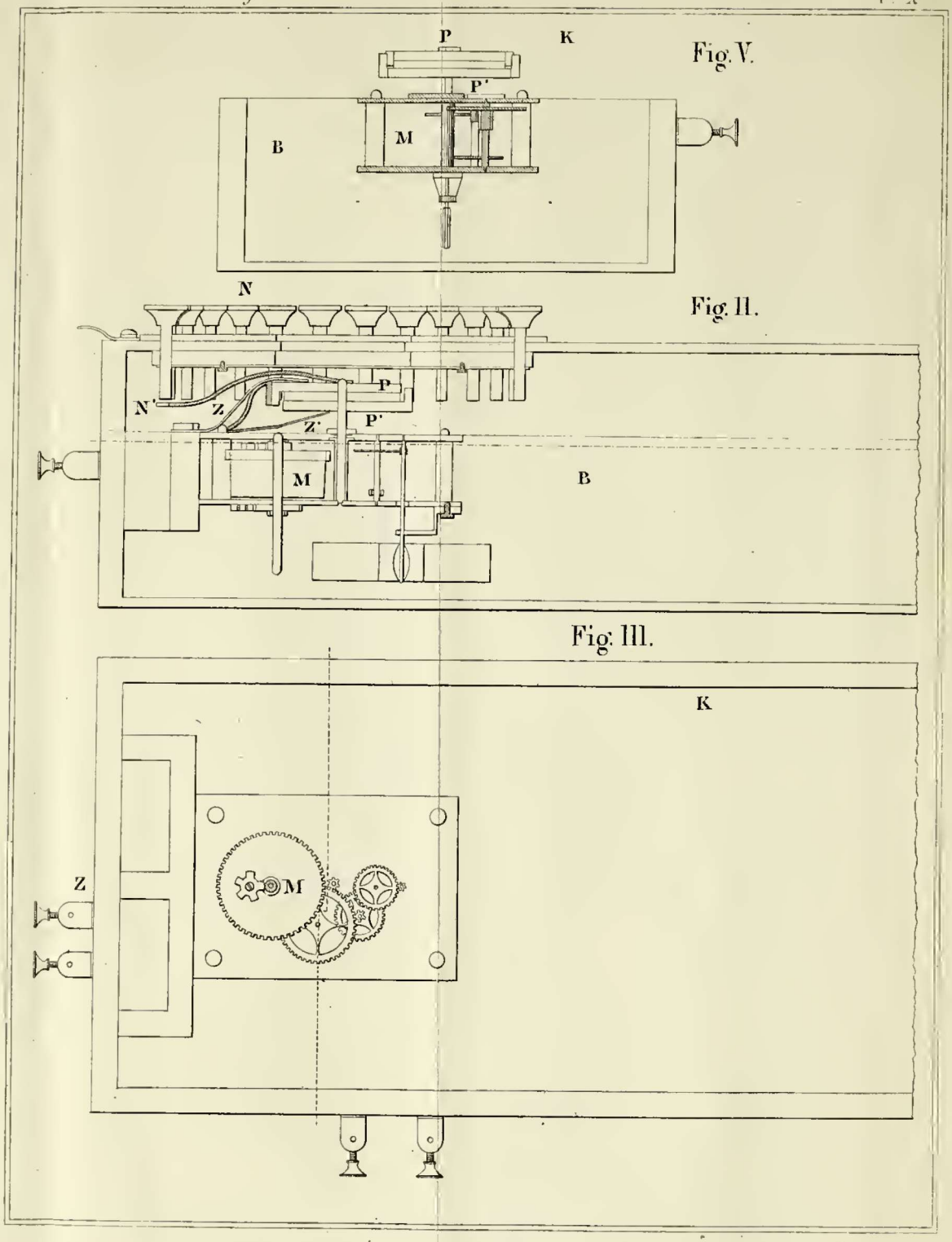
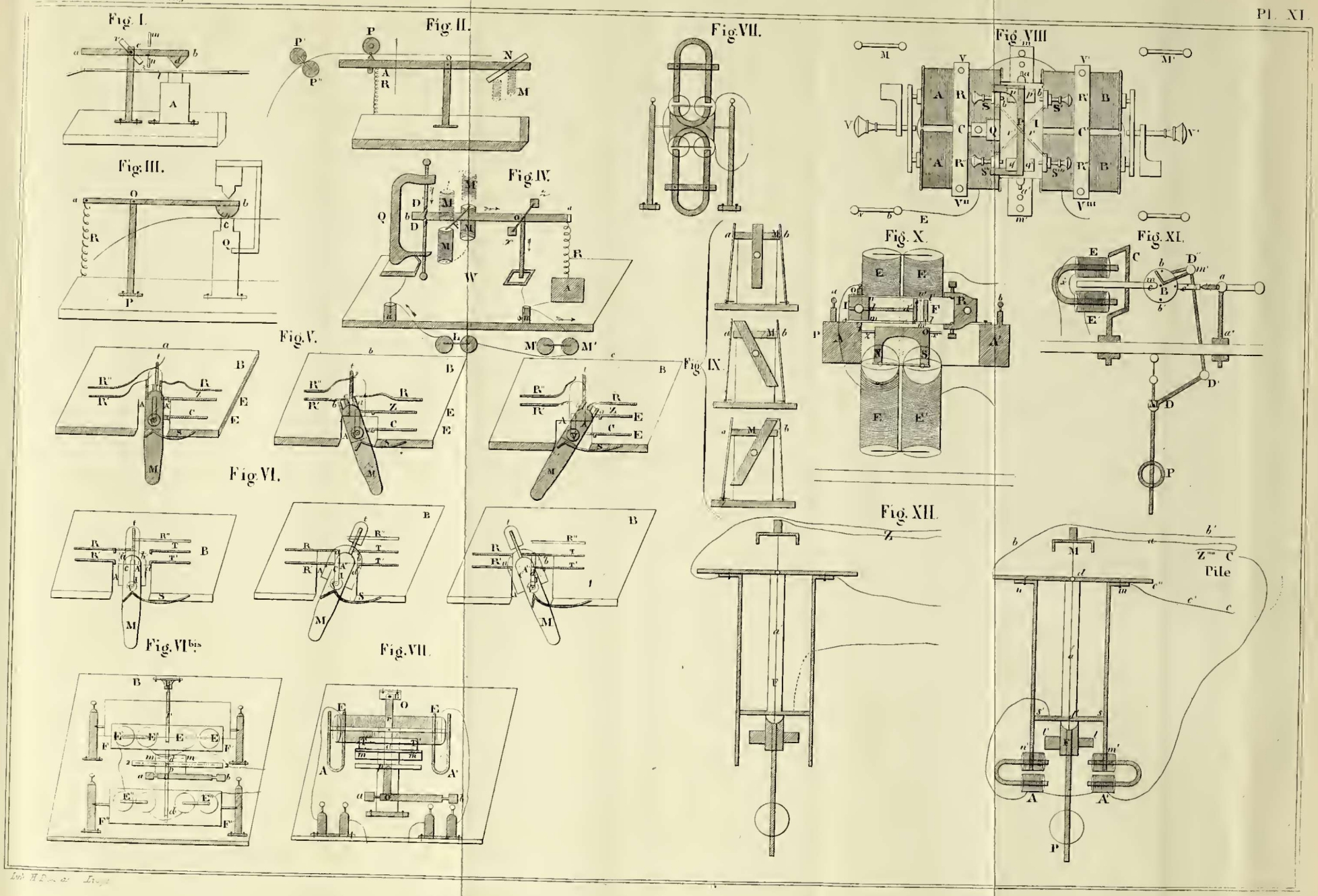


Fig. I.




P
K
Fig. V.
P'
B
M
N
Fig. II.
P
N'
Z
Z'
P'
M
B
Fig. III.
K
Z
M



Les Figures V sont représentées plus distinctement à la Planche Pl XII.

Pl. XII. Fig. I

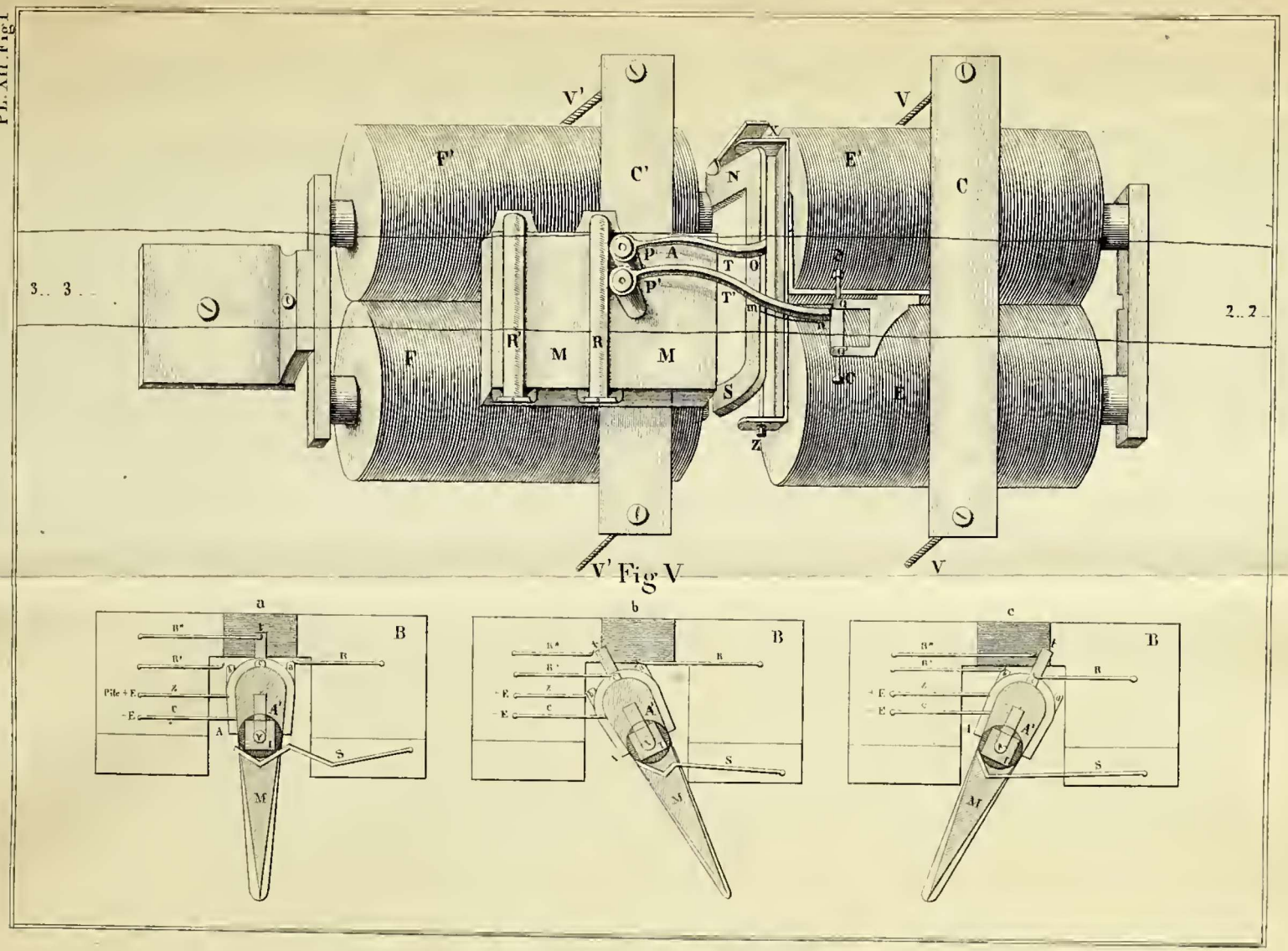


Fig V