

REVUE UNIVERSELLE

DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DES TRAVAUX PUBLICS,
DES SCIENCES ET DES ARTS

APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE.



TÉLÉGRAPHE A AIGUILLE PERFECTIONNÉ.

PAR

M. GLOESENER,

PROFESSEUR DE PHYSIQUE A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE, MEMBRE CORRESPONDANT
DE L'ACADÉMIE DE BRUXELLES, ETC.

Jusque vers 1855, les télégraphes à une et à deux aiguilles, inventés par M. Ch. Wheatstone, ont fonctionné presque exclusivement sur les différentes lignes des chemins de fer en Angleterre. On les emploie encore beaucoup aujourd'hui, bien que l'appareil à écrire de M. Morse et le système électro-chimique de M. Bain commencent à recevoir une application plus générale. Le seul défaut qu'on puisse reprocher aux télégraphes à aiguilles, disposés comme nous le verrons, c'est de ne pas laisser de traces des dépêches communiquées. Le correspondant est obligé de suivre de l'œil les signaux fugitifs, de les retenir, et de les écrire ensuite ou de les dicter à un second employé. Cet inconvénient leur est commun avec le système aérien et celui à lettres.

Toutefois on reconnaît aux télégraphes à aiguilles plusieurs qualités précieuses et qui leur sont propres :

- 1^o La manipulation en est très-facile et fort simple.
- 2^o Ils sont toujours prêts à fonctionner.

TOME II.

1

3° Les organes dont ils se composent sont très-simples, solides et en petit nombre ; aussi se dérangent-ils très-rarement.

4° Le courant de la station qui transmet passe à la fois dans l'appareil de cette station et dans celui de la station qui reçoit, et, si un signal est mal compris, le correspondant peut interrompre la transmission de la dépêche en inclinant simplement la manivelle de son manipulateur. Il avertit ainsi le stationnaire qu'il n'a pas compris sans perte de temps sensible et sans que les deux appareils cessent d'être d'accord. En un mot, les correspondants conservent toujours une action directe l'un sur l'autre.

5° Les signaux sont indépendants les uns des autres, comme ceux des télégraphes à écrire. Lorsque le stationnaire se trompe de lettre, cette erreur n'a aucune influence sur la lettre ou les lettres qui suivent.

6° Ils fonctionnent avec des courants sensiblement plus faibles que tous les autres systèmes de télégraphes. C'est là un point important, car, en diminuant la force des courants, on affaiblit aussi proportionnellement la polarisation, l'oxydation des parties métalliques fixes et mobiles en contact et l'intensité du courant appelé *courant de retour*, qui se développe dans des fils conducteurs très-longs. On atténue ou on évite les dérivations des courants. L'avantage de télégraphier avec des courants faibles se fait surtout vivement sentir lorsque les fils de ligne sont mal isolés. Ceux-ci peuvent conduire suffisamment bien des courants faibles, tandis que, pour des courants un peu intenses, les pertes par dérivation rendraient la transmission impossible.

Citons à l'appui de ces dernières observations une expérience frappante qui a été faite en 1854 sur le fil de ligne de Liège à Verviers, qui passe pour être mal isolé. Il s'agissait de transmettre des dépêches à Verviers au moyen d'un télégraphe marchant d'ordinaire avec 30 à 36 éléments de la pile de Daniell. Le temps était un peu orageux, et la transmission fut complètement impossible.

On recourut à mon télégraphe à lettres qui se trouvait alors à l'essai, et qui n'exigeait que 6 à 8 éléments ; l'essai fut

couronné d'un succès complet. On vit ainsi, le même jour et au même moment, un fil de ligne transmettre régulièrement un courant de 6 à 8 éléments, et rester impuissant pour la transmission d'un courant de 30 à 36 éléments. Cette expérience constate l'avantage des courants faibles en télégraphie. A mon avis, on ne devrait jamais employer plus de 15 à 16 éléments de la pile de Daniell pour le service télégraphique intérieur de la Belgique.

Toutefois, pour que ces télégraphes réalisent tous les avantages dont ils sont susceptibles, il faut : 1° les composer de deux aiguilles aimantées, fixées en croix sur un axe horizontal entre les pôles d'un électro-aimant; ou bien, d'une seule aiguille aimantée et d'un seul électro-aimant; ou, enfin, d'une seule aiguille aimantée et de deux électro-aimants recourbés, chacun n'étant muni que d'une seule bobine, et ayant sa branche nue très-rapprochée du fil de la bobine; 2° munir l'appareil d'une boussole électro-magnétique pour les correspondances directes. Cette boussole électro-magnétique permettra d'opérer avec des courants beaucoup plus faibles; de garder le secret des dépêches pour toutes les stations intermédiaires situées sur la ligne qui réunit les deux points en correspondance; enfin de transmettre sur une même ligne un plus grand nombre de dépêches.

Ce sont là deux perfectionnements pour lesquels je revendique la priorité : ils font l'objet de la présente notice.

M. Ch. Wheatstone a construit et construit encore les télégraphes à aiguilles avec un multiplicateur et une aiguille astatique. Presque tous les constructeurs l'ont imité.

L'appareil de M. Wheatstone, bien que prompt dans ses indications, n'est pas exempt d'inconvénients : l'action directe du courant sur les deux aiguilles aimantées qui constituent le système compensé, modifie leur polarité, et déplace leurs axes magnétiques. Leurs pôles, ne se trouvant ni près du fer ni près d'un électro-aimant, ne se conservent pas, ils s'affaiblissent rapidement avec le temps; les moindres causes perturbatrices les affectent subitement, et même les détruisent et les renversent quelquefois, de sorte qu'il arrive alors qu'à la station d'arrivée et à celle de départ les aiguilles indiquent des signaux différents.

Pour obvier à ces inconvénients, on est obligé de réaimanter les aiguilles très-souvent, et même tous les jours dans plusieurs localités de l'Angleterre. Or, pour faire cette opération convenablement, on doit démonter le multiplicateur double, retirer, réaimanter, puis replacer les aiguilles, et remettre le multiplicateur dans sa position initiale.

On évite ces difficultés, et on rend en même temps l'appareil à la fois plus sensible et plus simple dans sa construction, en remplaçant, ainsi que je vais l'indiquer, l'aiguille astatique par deux aiguilles fixées en croix, et le multiplicateur par un électro-aimant de même fil. L'action de celui-ci est beaucoup plus énergique que celle du multiplicateur, et les pôles des aiguilles sont toujours en présence du fer de l'électro-aimant, quand le circuit n'est pas établi, et, si ce circuit est établi, les pôles de chaque aiguille se trouvent simultanément attirés ou repoussés dans le même sens; leur magnétisme se conserve très-longtemps conformément à l'expérience. Enfin, lorsqu'il est nécessaire de les réaimanter, on le fait en un instant et sans les déplacer.

Le premier, j'ai proposé et réalisé l'emploi des électro-aimants dans les télégraphes à aiguilles. Dès le 6 octobre 1850, j'avais déposé à l'Académie des sciences de Bruxelles, dans un paquet cacheté, une notice dans laquelle je démontrais l'avantage de combiner un électro-aimant avec un multiplicateur pour accroître la puissance motrice dans les télégraphes à aiguilles. Dans ma demande de brevet, en date du 5 juillet 1851, accordé le 16 septembre suivant, je présentai par des dessins un télégraphe à une seule aiguille composé de deux électro-aimants et d'une très-légère palette aimantée, sans multiplicateur. Ce télégraphe fut essayé à la station des Guillemins, à Liège, en présence de MM. VINCENT, ingénieur de l'État, et VANDENSANDE, capitaine d'état-major. La puissance motrice était considérable, mais il y manquait des vis d'arrêt et un léger contrepoids pour régler la course de la petite palette qui adhérerait aux électro-aimants, le courant électrique dont je pouvais disposer étant trop intense. Depuis 1851, cet appareil bien disposé a fonctionné chaque année dans mon cours de physique.

Dans ma brochure sur la télégraphie publiée en 1853 (1), je cite nombre d'expériences dans lesquelles mes télégraphes à aiguilles ont fonctionné de quatre manières différentes : 1° par l'action d'un multiplicateur seul ; 2° par l'action d'un multiplicateur et d'un électro-aimant combinés ; 3° par l'action d'un multiplicateur et de deux électro-aimants combinés ; 4° par l'action de deux électro-aimants, dont l'un était placé près du pôle boréal et l'autre près du pôle austral d'une aiguille aimantée fixée sur l'axe et à la face postérieure du multiplicateur. Or, ce dernier cas est le même que si le multiplicateur et l'aiguille placée à l'intérieur avaient été supprimés. Il est même bon d'ajouter que cette dernière aiguille exerçait encore une légère influence nuisible par son inertie et les effets, opposés à ceux de l'aiguille fixée à la face postérieure, qu'elle produisait sur les électro-aimants. Mais nonobstant cette résistance les expériences (2) ont prouvé qu'avec deux électro-aimants seuls et une aiguille aimantée, on peut construire un télégraphe plus sensible qu'avec un multiplicateur fait avec autant de fil qu'il y en a sur les électro-aimants en question.

Ainsi déjà en 1851, puis en 1853, j'avais conçu, décrit, construit et expérimenté un télégraphe à aiguille sans multiplicateur. En combinant un multiplicateur et deux électro-aimants, comme je l'ai fait dans mes télégraphes fournis à l'État en 1853, j'avais pour but principal l'accroissement de la force motrice et le moyen de pouvoir transmettre les dépêches à de très-grandes distances avec des courants relativement faibles ou fournis par une pile composée d'un petit nombre d'éléments.

Cette substitution avantageuse d'un électro-aimant au multiplicateur dans les télégraphes à aiguilles a été adoptée en Angleterre, du moins par plusieurs constructeurs, notamment par MM. Dehring, Henley et d'autres ; mais leurs premiers appareils ne datent que de 1854.

(1) Pages 52-58.

(2) Ibidem.

DESCRIPTION DES APPAREILS.

Manipulateur. — La figure 1, pl. 25, représente la face extérieure du cadran vertical de l'appareil formé par la réunion de deux appareils simples. MMMM, face verticale antérieure du cadran de la caisse de l'appareil; A, manivelle; B, aiguille indicatrice de l'appareil gauche; *a* et *b*, chevilles en ivoire ou laiton contre lesquelles frappe l'aiguille; N, disque mobile dans le cadran portant les supports de l'axe sur lequel sont fixées les deux aiguilles en croix et l'aiguille indicatrice (voir fig. 2 et 3); V, bouton d'une vis traversant une petite pièce terminée en fourche et une petite lame en laiton. Celle-ci peut se mouvoir d'environ 1 1/2 millimètre dans le sens vertical si l'on presse ou pousse le bouton. L'autre pièce s'incline lorsqu'on tourne le bouton, et presse alors par une de ses saillies un petit ressort droit, attaché à son centre par un des bouts et, par l'autre, à un levier court fixé à l'axe des aiguilles. Si l'aiguille aimantée reste collée contre l'une des chevilles par l'influence de l'humidité ou d'autres causes, il suffit de tourner le bouton pour la ramener à sa position initiale : en pressant dans le sens vertical contre le bouton, on tend ou détend le petit ressort. Ce ressort remplace avec avantage le contrepoids destiné à lester les aiguilles; il agit plus promptement que le poids, et, bien disposé, il empêche l'aiguille d'osciller. On règle la marche des aiguilles en un instant sans démonter le couvercle de la caisse. On peut même se dispenser de mettre des disques mobiles dans le cadran. A', B', *a'*, *b'* et V', mêmes organes de l'appareil droit. Q et Q', manivelles des commutateurs pour l'usage de la boussole électro-magnétique décrite page 9.

La fig. 2 représente l'intérieur du manipulateur. Z, L, L', C, T et T', vis de pression pour attacher les fils de communication isolés de gutta-percha. Z communique avec le pôle zinc et C avec le pôle cuivre de la batterie; L avec le fil de ligne et T avec le fil de terre de l'appareil de gauche; L' et T' avec le fil de ligne et celui de terre de l'appareil de droite. O, support vertical en laiton fixé par huit fortes vis sur le pied horizontal de la

caisse ; Y, axe en acier de la manivelle A muni d'une forte saillie V, tournant librement dans son support et dans une virole en laiton qui est invisible sur le dessin ; s, anneau en ivoire solidement fixé sur l'axe horizontal Y ; r, anneau en laiton enveloppant solidement l'anneau en ivoire, bien isolé et portant à sa partie inférieure une forte lame verticale en laiton U. Les mêmes lettres accentuées représentent respectivement les organes semblables de l'appareil de droite.

P et Q, socles en laiton enchâssés dans le pied de la caisse à gauche et à droite de la lame U qui va frapper l'un ou l'autre, suivant que la manivelle A est tournée dans un sens ou dans l'autre. R, forte lame-ressort adaptée au socle P ; S, lame-ressort semblable vissée par un bout au socle Q, l'une et l'autre lame s'appuyant contre le pont en laiton X.

Les mêmes lettres accentuées représentent respectivement les parties semblables de l'appareil de droite.

H, H', H'', trois colonnes verticales en laiton enchâssées dans le pied de la caisse, et G, G', G'', G''', quatre forts ressorts à boudin en laiton qui communiquent : le premier, avec la colonne H et la lame U ; le second, avec U et H' ; le troisième, avec la colonne H' et la lame U' ; et le quatrième avec U' et H''. Ainsi les trois colonnes, les quatre ressorts et les deux lames U et U' sont en communication. Ces ressorts servent à la fois à transmettre le courant et à ramener les aiguilles très-promptement à leur position initiale.

Le pôle C de la batterie communique par le fil de cuivre cc à la fois avec les deux supports O et O', les axes Y et Y' et les saillies V et V'. Le pôle Z est réuni par le fil zz à la colonne H'. La vis L est reliée par le fil ll à la lame-ressort S ; la vis de pression T communique par le fil tt au fil e'e' et à la vis E'. La vis de pression L' est reliée par le fil l'l' à la lame-ressort S'S', et la vis T' est réunie par le fil t't' à la lame M'.

Indicateurs. — L'indicateur fixe de l'appareil gauche se compose de deux aiguilles aimantées ns et n's' fixées en croix sur un axe horizontal entre les deux branches d'un électro-aimant NS, et d'une aiguille indicatrice B fixée sur le même axe à la face extérieure ; V, vis à mouvement doux fixée dans la traverse

de l'électro-aimant NS, et servant à l'avancer ou à le reculer à volonté; *m, m, m*, tablette en acajou sur laquelle l'électro-aimant est fixé; *n*, support de la vis V, et *p, p, p*, celui de la tablette. (Voir les détails fig. 3.)

L'indicateur du second appareil ne diffère du premier qu'en ce que son électro-aimant N'S' agit sur un pôle d'une seule aiguille aimantée. On peut placer un aimant temporaire près de chaque pôle; on peut même mettre sur chaque électro-aimant une seule bobine, et laisser nue l'autre branche.

N, M et K (fig. 3), trois lames de cuivre isolées entre elles et faisant partie de l'appareil de gauche; M', N' et K', trois pièces semblables de l'appareil de droite; A, lame en cuivre fixée en *o*, pouvant être amenée par la manivelle Q (fig. 1), de la lame M à la lame N et réciproquement; elle est disposée de façon qu'elle touche toujours intimement les lames K et M ou K et N. La lame A' fixée en *o'* mue par la manivelle Q' (fig. 1), touche également les lames K' et M' ou K' et N'. La lame K communique par un fil avec la lame-ressort RR, et la lame K' avec le fil de ligne du côté droit.

L'électro-aimant NS communique, au moyen d'un fil attaché à la vis E, avec la lame M, et par la vis E', le fil *e' e'* et le fil *ttt* avec la vis T du fil de terre. L'électro-aimant N'S' communique par la vis D et le fil *rr* avec la lame-ressort R'R', par la vis D' le fil *d' d'* avec la lame M'; enfin, avec la vis T' du fil de terre, au moyen du fil *tt'* et du ressort fixé à la lame en laiton M'', isolée et en contact intime avec M'. Le bouton en ivoire *a* fixé sur la lame *o' A'* sert à écarter le ressort *i* du contact M. Lorsque cette lame est amenée de N' en M', il lui permet de reprendre sa position aussitôt que *o' A'* repasse de M' en N'.

L'électro-aimant N''S'' (fig. 4) de la boussole électro-magnétique représentée à part fig. 5, est réuni par le fil *ff* à la lame N, et par le fil *f' f'* à la lame N'. AA, supports de l'aimant temporaire; *n'' s''* et *n''' s'''*, deux aiguilles aimantées fixées en croix entre les branches N'' et S'' sur un axe horizontal que soutient un support vertical; V aiguille indicatrice visible à la face extérieure (fig. 1).

Il est facile de rapprocher les lames *oA* et *o' A'* ainsi que les

autres lames N, M, K et M', N', K', et de disposer entre les deux lames oA et $o'A'$ sur un axe vertical un levier horizontal à deux bras, de manière qu'en tournant il amène par un bras la lame oA de M en N, et par l'autre la lame $o'A'$ de M' en N', et réciproquement.

L'appareil sera disposé pour la correspondance directe, lorsque les deux lames oA et $o'A'$ seront, l'une en contact avec K et N, et l'autre avec K' et N'. Le courant qui vient d'une station de gauche par le fil de ligne L passera par les lames K et N, sans traverser l'appareil indicateur dans la boussole électromagnétique, puis par les lames N'K' dans le fil de ligne de droite. L'aiguille de la boussole oscillera pendant toute la durée de la communication directe, et, dès qu'elle aura cessé quelques instants de se mouvoir, son immobilité indiquera que la transmission de la dépêche est terminée. On remettra alors le communicateur dans son autre position, c'est-à-dire qu'on remettra la lame-ressort oA en contact avec les lames K et M, et la lame-ressort $o'A'$ avec K' et M'. Dans cette position, on peut recevoir des dépêches du côté gauche, et, en outre, dans l'indicateur de droite, par le fil de ligne qui communique avec la lame K'; à chacun des deux fils de ligne doit correspondre une boussole.

DESCRIPTION DE LA BOUSSOLE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE.

Les figures 5 et 6 représentent les boussoles électro-magnétiques à deux aiguilles fixées en croix et à une aiguille; AA' (fig. 5), électro-aimant vertical sur son pied horizontal MM' ; N et S, pôles temporaires; ns et $n's'$, deux aiguilles aimantées horizontales, fixées en croix à leur centre par une chape d'agate m portée par la pointe en acier trempé c ; aa , axe vertical de la pointe c , qui peut être haussée et baissée à l'aide de la vis v ; r , petit fil d'acier vertical fixé par une extrémité à la vis b ; l'autre extrémité du fil, passant entre les aiguilles ns et $n's'$, sert à les ramener à leur position initiale pendant qu'elles oscillent; ttt , fil de laiton fixé à l'axe aa et recourbé au-dessus de la chape m sans la toucher. On voit que, si le circuit est établi, puis interrompu et rétabli, et ainsi

de suite, le pôle temporaire N attire le pôle s' et repousse le pôle n , et qu'en même temps le pôle temporaire S attire le pôle n' et repousse le pôle s . Dans le cas où l'on renverse le courant dans l'électro-aimant alternativement en sens contraire, le fil-ressort r devient inutile et devra être supprimé.

Si dans la fig. 5 nous supposons l'électro-aimant A A' couché horizontalement, et l'axe aa , la pointe c et la chape m remplacés par un axe horizontal mobile entre les vis v et v' , comme le montre la fig. 6 pour l'axe de l'aiguille ns , nous réalisons précisément la disposition de l'indicateur (fig. 3) et celle de la boussole électro-magnétique (fig. 4).

La figure 6 représente une boussole composée d'une aiguille de fer doux verticale mobile sur son axe horizontal, supporté par des vis v et v' , et d'un électro-aimant incliné de façon qu'un de ses pôles se trouve à gauche de l'extrémité n et l'autre à droite de l'extrémité s de l'aiguille. Un mince fil-ressort r fixé à la vis b et à une cheville engagée dans l'axe de l'aiguille ramène celle-ci à sa position verticale, aussitôt que le courant est interrompu.

Cette boussole est d'une très-grande sensibilité; elle a cet avantage sur les boussoles avec aiguilles aimantées que jamais on n'a besoin de la réaimanter. Mais elle ne dévie que dans un sens; tandis que les premières, munies d'un faible ressort de rappel (fig. 5), peuvent indiquer deux espèces de signaux, par exemple, une espèce, en déviant continuellement vers la gauche, et une autre en oscillant vers la droite, après que l'on a renversé le courant.

L'aiguille ns (fig. 6) peut aussi être horizontale et se mouvoir dans un plan vertical, tandis que l'électro-aimant est vertical et porte à un de ses bouts une lame de fer doux fixée par une vis en fer et recourbée au-dessous de l'aiguille. Le pôle se transporte dans cette partie et attire l'aiguille de bas en haut en même temps que l'autre pôle temporaire l'attire de haut en bas. On peut remplacer l'aiguille de fer doux par une aiguille aimantée et développer dans l'électro-aimant A A' deux pôles homologues à ses deux extrémités. Il est bon de remarquer que ces pôles sont plus faibles que ne seraient ceux de nom contraire

développés dans le même électro-aimant par le même courant. Mais la disposition est très-bonne, et peut être employée dans l'indicateur du télégraphe, lorsqu'on enveloppe les bobines de l'électro-aimant AA' de beaucoup de fil.

J'ai souvent employé dans mes expériences une aiguille aimantée, épaisse, longue de 1 1/2 cent., munie à son extrémité supérieure d'un léger indicateur en laiton, à l'extrémité inférieure d'un ressort vertical qui la ramenait à sa position normale de repos. Un électro-aimant, vertical, agissait par chacun de ses pôles sur les deux pôles de l'aiguille, en attirant l'un et repoussant l'autre en sens contraire, de sorte que la déviation était produite par la somme de ces attractions et répulsions simultanées.

J'ai constaté et vérifié, par des expériences multipliées, les bons résultats des divers systèmes d'indicateurs et de boussoles que je viens de décrire; ils sont tous préférables aux indicateurs et boussoles avec multiplicateurs: ils permettent aussi de supprimer les disques mobiles adaptés au cadran (fig. 1), si, comme je l'ai indiqué plus haut, on remplace le contrepoids par des fils-ressorts. Dans le télégraphe à une aiguille aimantée, on peut employer celle-ci à la fois comme aiguille aimantée et comme aiguille indicatrice des signaux.

L'emploi de deux électro-aimants, chacun avec une seule bobine munie de fil et une branche nue recourbée et presque en contact avec le fil de la bobine, est très-avantageux, non-seulement dans les indicateurs des télégraphes à aiguilles, mais aussi dans les récepteurs des télégraphes à lettres, dans ceux à écrire, dans les relais, les translateurs et dans les horloges électriques. Je me sers constamment de ce système dans mes recherches sur les télégraphes et les horloges électriques.

Il produit sensiblement plus d'effet qu'un seul électro-aimant muni d'un même fil et animé par le même courant, et il permet de fixer l'aiguille ou la palette aimantée, de façon que chacun de ses pôles soit toujours simultanément attiré et repoussé dans le même sens par deux pôles contraires. La branche nue devient aimant comme l'autre par l'action du courant, avec cette différence que l'électro-aimant est cependant un peu moins fort,

que s'il était muni de deux bobines de même fil. Mais la force développée suffit dans un très-grand nombre de cas; on économise ainsi du fil, en même temps qu'on évite des résistances.

Il me reste à examiner quelle quantité de fil fin il faudra mettre sur les bobines d'une boussole. Cette quantité dépend des longueurs et des diamètres de fil que le courant aura à parcourir, ainsi que de l'intensité de ce dernier. J'ai construit des boussoles avec 10, 20, 30, 50, 100 mètres de fil et plus. Il faut remarquer que la force de l'électro-aimant peut être très-faible, et qu'il suffit que la boussole oscille sans qu'il ait d'autres signaux à produire. Il est même bon de faire l'électro-aimant avec des cylindres en fer creux. Il faut encore ne pas perdre de vue que la longueur du fil offre toujours une résistance très-peu sensible comparativement à celle que produisent le fil de ligne et ceux des électro-aimants des appareils, de sorte que le fil des boussoles ne modifie pas sensiblement l'intensité du courant.

REMARQUES SUR L'EMPLOI DE LA BOUSSOLE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE.

Pour reconnaître en télégraphie si le circuit de la batterie est établi, on se sert d'une boussole-multiplicateur. Celle-ci est employée en Belgique pour indiquer dans les bureaux intermédiaires que les stations voisines sont en correspondance. En France, où les correspondances directes sur de longues lignes sont très-fréquentes, on préfère aux indications tardives et souvent infidèles de la boussole l'usage de fixer d'avance aux stations intermédiaires la durée présumée des correspondances directes, lorsqu'on transmet les dépêches par les télégraphes à lettres ou à signaux aériens. Les inconvénients de ce procédé sautent aux yeux, car si la durée fixée est trop longue, on perd du temps, et, si elle est trop courte, on est forcé de redemander la communication directe, et l'on éprouve un retard dans la transmission. En Belgique, les télégraphes à aiguilles d'une même ligne fonctionnent tous ensemble dans les correspondances directes. Lorsque Bruxelles s'adresse au bureau de Louvain, la dépêche est également répétée à Liège et à Verviers; et si Bruxelles communique avec Verviers, elle le fait en même temps avec les bureaux de

Louvain et de Liège, qui ne devraient avoir aucune connaissance de la dépêche. Or, s'il se trouvait aux stations intermédiaires des appareils propres à indiquer sans perte de temps le commencement et la fin des correspondances directes, *le secret des dépêches serait gardé*. De plus, au même moment, Bruxelles pourrait communiquer avec Louvain et Liège avec Verviers, et réciproquement Louvain avec Bruxelles et Verviers avec Liège. Enfin, il suffirait de donner au courant la force nécessaire pour faire fonctionner les deux appareils en communication, au lieu que dans le système actuel il doit avoir une intensité capable de faire marcher plusieurs appareils à la fois, c'est-à-dire tous les appareils placés sur le même fil de ligne. L'exemple que nous venons de citer est applicable à toutes les lignes servies par ce système. Dans les appareils à écrire, on emploie, pour les correspondances directes, des boussoles-multiplicateurs; mais on rend l'aiguille astatique, et l'on revêt le multiplicateur d'une grande quantité de fil. Il serait également bon de limiter les excursions de l'aiguille pour rendre ses oscillations plus promptes. C'est afin d'éviter tous les inconvénients signalés plus haut ainsi que ceux des boussoles-multiplicateurs, que j'ai proposé dans une notice présentée le 5 décembre 1854 à l'Académie des sciences de Bruxelles d'employer dans tous les systèmes de télégraphes les boussoles électro-magnétiques que nous avons décrites dans le paragraphe précédent.

Les honorables rapporteurs MM. MAUS, ingénieur, et DEVAUX, inspecteur-général des mines, reconnaissent que mon appareil atteint le but, mais ils ajoutent que ce résultat est déjà obtenu par l'emploi de la petite boussole-multiplicateur. Ils trouvent encore que mon appareil exige plus de fil sur son électro-aimant que la boussole sur son multiplicateur, qui n'a, disent-ils, qu'un ou deux mètres de fil. M. VINCENT, ingénieur de l'État, pense, comme les deux savants rapporteurs, que mon appareil doit demander plus de fil que le multiplicateur de la boussole en usage, qui n'a, selon lui, qu'un ou deux mètres de longueur; mais il reconnaît, dans sa brochure sur les appareils télégraphiques (1856), que mon appareil offre des avantages sous d'autres rapports.

Voici ma réponse aux observations de MM. les rapporteurs.

1° Mon appareil oscille pendant toute la transmission des dépêches, quelque rapide qu'elle soit; il se met en mouvement aussitôt que le courant est établi, et il s'arrête subitement dès que ce dernier est interrompu. Au contraire, la boussole multiplicateur cesse d'osciller d'une manière visible, lorsque le courant est interrompu ou renversé et rétabli avec une grande célérité : et elle s'arrête encore plus tôt, si sa course n'est pas limitée par des pointes d'arrêt très-rapprochées, ce que je n'ai vu dans aucune boussole. De plus, la boussole, au lieu de s'arrêter instantanément, continue d'osciller après que le circuit est rompu. Entre ces deux appareils, le choix peut-il être douteux, toutes choses égales d'ailleurs?

2° Les raisons qui existent pour remplacer les multiplicateurs par des électro-aimants dans les télégraphes à aiguilles exigent aussi que, dans les boussoles, on substitue des électro-aimants aux multiplicateurs. Les boussoles ainsi modifiées deviennent plus sûres, plus sensibles, plus simples dans leurs constructions et plus promptes dans leurs indications.

3° Les savants ingénieurs, MM. MAUS et VINCENT, se trompent sur la longueur du fil des multiplicateurs des boussoles. Cette longueur n'est pas d'un ou de deux mètres, comme ils l'assurent, mais au moins de dix à douze mètres; et l'on reste convaincu que cette longueur est insuffisante, si l'on observe le mouvement très-lent, très-pénible de l'aiguille et souvent son immobilité absolue, bien que le courant qui agit sur elle provient (en Belgique) d'une pile de Daniell de 30 éléments, et qu'il parcourt rarement plus de 80 kilomètres. Au surplus, l'expérience prouve surabondamment qu'une boussole électro-magnétique est plus sensible qu'une boussole multiplicateur, si la longueur du fil, le poids et la sensibilité de suspension sont les mêmes de part et d'autre.

4° Les honorables ingénieurs se méprennent aussi sur l'évaluation des résistances des fils conducteurs. La longueur convenable du fil à employer, soit pour la boussole multiplicateur, soit pour la boussole électro-magnétique, dépend de plusieurs éléments : d'abord de la résistance de la pile

employée; puis de la résistance du fil de ligne; ensuite de la résistance du fil de l'électro-aimant ou des électro-aimants de l'appareil télégraphique. Ainsi la longueur du fil dépend de trois longueurs de fil différentes qu'on exprime par la même unité de longueur. Si le fil du multiplicateur est d'un mètre et celui de l'électro-aimant de 100 mètres, le courant qui les parcourt, après qu'ils sont intercalés successivement dans le fil de ligne, ne s'affaiblit pas dans le rapport de 100 à 1. Supposons que les trois résistances indiquées soient réunies, égales à 30,000 mètres, celle du multiplicateur égale à un mètre et celle de l'électro-aimant à 100 mètres, alors l'intensité F du courant passant par la boussole multiplicateur sera à l'intensité F' du même courant, traversant la boussole électro-magnétique, comme le nombre 30,100 est au nombre 30,001, c'est-à-dire que F' sera $= 0,9967$, si F est supposé égal à l'unité, ou bien que les résistances sont très-sensiblement égales et peuvent être prises comme égales, quoique le fil de l'électro-aimant soit 100 fois plus long que celui du multiplicateur. Si le fil de ce dernier était de 10 mètres et celui de l'électro-aimant de 50 mètres, dans ce cas, on trouverait $F' = 0,9986$ pour $F = 1$. Nous voyons par ces exemples que les longueurs des fils dans le multiplicateur et l'électro-aimant peuvent varier beaucoup, sans que l'intensité du courant varie d'une manière sensible. Plus est long le parcours du courant, c'est-à-dire le fil de ligne et celui de l'électro-aimant ou des électro-aimants du télégraphe, plus peut être long le fil soit d'un multiplicateur, soit d'un électro-aimant intercalé dans le fil de ligne, sans que l'intensité du courant moteur s'affaiblisse d'une quantité appréciable. On voit donc qu'on peut, sans inconvénient, augmenter dans certaines limites la longueur du fil des électro-aimants; et j'ajoute qu'il est utile de le faire, parce que ce surcroît de fil multiplie le nombre des couches qui, animées par le courant, accroissent la puissance de l'électro-aimant. Or, 50, 100, 150 mètres de fil, enroulés sur l'électro-aimant d'une boussole électro-magnétique bien construite et parcourus par le courant passant par le fil de ligne, suffiront pour faire vivement osciller l'aiguille ou les deux aiguilles fixées en croix de cette boussole,

pour appeler et indiquer la correspondance directe, pour donner et recevoir quelques signaux, et même pour faire résonner un petit timbre placé à côté et lui faire produire un son faible, mais doux et agréable, qui n'affecterait pas, comme le craint l'honorable M. Maus, l'organisation nerveuse des télégraphistes.

Ce timbre ne résonnerait que lorsque le courant serait dirigé dans un sens, et resterait silencieux aussitôt que ce dernier serait renversé. Une boussole électro-magnétique de quelques centaines de mètres de fil fin constitue, d'après mes expériences, un très-bon relais. L'une de mes expériences a été faite en présence de deux de mes collègues à l'Université de Liège, MM. Chadelon et de Koninck, et de MM. Maertens, Van Beneden, Van Oyen et Kumps, professeurs à l'Université de Louvain. J'ai fait maintes fois fonctionner ma boussole munie de bobines de 10 mètres et de 20 mètres de fil devant plusieurs personnes; et jamais le résultat de l'essai n'a laissé de doute dans l'esprit de personne.

Les explications que je viens de donner convaincront peut-être MM. Devaux et Maus que mon appareil peut être utilement employé en télégraphie.

M. Vincent, traitant de mes télégraphes à aiguilles fournis à l'État en 1853, dans la brochure qu'il a publiée en 1855 sur les appareils télégraphiques, s'exprime en ces termes : « Ils ont été essayés entre Bruxelles et Ostende, et ont fonctionné très-bien sur cette distance de 140 kilomètres avec une pile de huit et dix éléments. Mais lorsque le temps était humide, ils indiquaient tous les signaux échangés par un fil voisin entre Bruxelles et Londres. Ces deux postes travaillant d'un seul jet, avec l'appareil américain, à travers une ligne sous-marine, devaient employer une pile de 60 à 80 éléments.

» Les dérivations du courant suffisaient pour rendre indistincts les signaux échangés par les appareils de M. Gloesener.

» Cet excès de sensibilité et leur défaut de concordance avec les anciens appareils ont empêché de les maintenir en service. »

Je me permettrai de soumettre au savant ingénieur les remarques suivantes : 1° Mes appareils ont toujours fonctionné par l'action d'un courant passant par un de mes appareils à Bruxelles,

par un appareil anglais placé à Gand , par un autre appareil anglais placé au bureau de Bruges, et puis de nouveau par mon second appareil au bureau d'Ostende. Or, les télégraphes anglais construits d'après d'autres principes que les miens exigent pour fonctionner des courants d'une intensité plus forte, car il leur faut au moins 20 à 25 éléments, et ordinairement 30, tandis qu'il n'en faut aux miens que 10 ou 15. Dès lors, on ne peut plus s'étonner qu'il y ait désaccord dans la marche de ces deux télégraphes; mais le manque de concordance est en faveur des appareils belges : ceux-ci n'étaient pas destinés à marcher d'accord avec d'autres moins bons ; ils ont été construits pour fonctionner seuls.

2° L'excès de sensibilité de mes appareils à aiguilles n'est pas, je persiste à le croire, un défaut ; c'est, au contraire, une qualité et une qualité précieuse. Cette sensibilité peut être diminuée et augmentée à volonté, car mes appareils peuvent fonctionner, comme je l'ai dit plus haut, de quatre manières différentes : le télégraphiste l'aurait diminuée beaucoup, si l'idée lui était venue de conduire le courant par le multiplicateur seul, ou par les deux électro-aimants seuls. L'appareil n'eût plus répété alors, pendant le temps humide, les signaux donnés par un appareil voisin. D'ailleurs il n'est pas étonnant que, pendant un temps humide, le courant d'une pile de 60 à 80 éléments en bon état éprouve des dérivations, et qu'il produise un courant d'induction dans le fil parallèle et voisin qui communiquait avec mon appareil. Ces deux fils très-voisins, tous les deux recouverts de gutta-percha, mais l'un animé par un courant très-intense, représentent en quelque sorte la très-remarquable expérience de M. FARADAY sur l'induction électrique; le courant qui agissait sur mon appareil n'a été certainement développé par aucune imperfection de ce dernier.

Il est vrai que mes appareils fournis à l'État laissaient à désirer sous le rapport de l'élégance et celui de la solidité de quelques organes. Ils avaient été construits sous ma direction, exclusivement par le préparateur du cabinet de physique et par un menuisier, à une époque où la construction des appareils anglais était également peu soignée. Néanmoins mes appareils

ont souvent fonctionné d'une manière très-satisfaisante entre BRUXELLES et OSTENDE, et même (si je suis bien renseigné) dans des moments où les appareils anglais du même système refusaient le service.

L'appareil perfectionné que j'ai décrit dans cette notice satisfait à toutes les conditions qu'on peut exiger, sauf à celle de ne pas laisser de copie des dépêches transmises. S'il avait été construit ainsi dans l'origine, il eût été sans doute plus répandu et préféré au système aérien et à celui avec lettres. Le système à aiguilles avec électro-aimant continue d'être beaucoup employé en Angleterre; on le trouve encore sur quelques lignes en Belgique. On ne l'avait guère établi dans l'origine que sur les lignes qui avaient deux fils, et le nombre de ces lignes était fort restreint. Mais la cause principale pour laquelle il n'a pas été employé dans les différents pays, c'est la grande utilité d'un contrôle facile des dépêches, et la nécessité de l'adoption d'un système de transmission unique entre les différentes nations.

Mais le télégraphe à une aiguille convient parfaitement pour remplacer dans l'intérieur d'un pays le télégraphe avec lettres; il convient pour le service dans des établissements particuliers de divers genres; il convient pour la translation des dépêches aux stations intermédiaires, et, convenablement disposé, il constituerait un excellent relais, qui permettrait de changer ou d'interrompre le courant à volonté, et de transmettre le courant, et par suite les signaux, avec plus de célérité.

En résumé, les points principaux établis dans cette notice sont les suivants :

1^o J'ai, le premier, introduit l'emploi des électro-aimants dans les télégraphes à aiguilles.

2^o J'ai construit des télégraphes : 1) avec deux aiguilles aimantées fixées en croix entre les pôles d'un électro-aimant; 2) avec une aiguille et un électro-aimant; 3) avec une aiguille et deux électro-aimants munis de quatre bobines ou de deux bobines et de deux branches nues; 4) avec une seule aiguille et un électro-aimant ayant des pôles homologues (de même nom) à ses deux extrémités.

3^o J'ai, le premier, proposé de remplacer les boussoles-mul-

tipificateurs par des boussoles électro-magnétiques plus simples, plus sensibles, et offrant plusieurs avantages. J'ai construit des boussoles de divers systèmes, et notamment une composée d'un électro-aimant et d'une aiguille de fer doux que l'on n'a jamais à réaimanter.

4° J'ai remplacé dans les télégraphes à aiguilles le petit contrepoids par un faible ressort. L'aiguille déviée revient plus promptement à sa position verticale, elle oscille moins, et le ressort peut être réglé à la face extérieure de l'appareil.

5° Le télégraphe à une aiguille peut remplacer avec avantage le télégraphe à lettres, parce qu'il est plus simple, moins sujet à se déranger; la manipulation peut en être apprise par tout employé et en peu de temps.

6° Le télégraphe à aiguille, légèrement modifié, constitue un excellent relais.