

games à peu près quadruple de ce qu'elle est avec le mercure. Elle est pour chaque métal plus forte avec le bromure et avec le chlorure qu'avec l'iodure, dans le rapport de 100 à 160 environ pour le bromure et de 100 à 180 pour le chlorure. Dans le couple de M. Doat et dans ceux analogues, l'iodure de potassium liquide avec lequel est en contact le mercure ou un autre métal attaquable, est placé dans une auge poreuse; celle-ci plonge elle-même dans une autre solution d'iodure de potassium qui renferme de l'iode dissous, lequel mis en excès à l'état solide sert à maintenir la constance; c'est le charbon qui sert d'élément négatif. Une pile composée des couples de M. Doat n'a besoin d'aucun autre soin que de celui qui consiste à soutenir à l'aide d'un siphon en verre le liquide saturé d'iodure de mercure, iodure qu'on revivifie facilement par la chaleur pour retrouver les éléments primitifs. Toutefois, malgré la facilité qu'on éprouve à régénérer les produits formés par l'action chimique, l'embarras qu'elle occasionne, le prix élevé des matières qu'elle emploie, et surtout sa faible force électromotrice, ne permettront pas à la pile de M. Doat d'être bien usuelle.

§ 13. Transformation de la chaleur électrique en travail mécanique.

Nous avons exposé les recherches diverses qui ont été faites pour établir un rapport entre la chaleur produite directement par une certaine action chimique et celle qui provient de l'électricité qu'engendre cette même action chimique¹. On sait que M. Favre a démontré, par des expériences suivies et concluantes, le principe que j'avais le premier énoncé à la suite d'une seule expérience, savoir, que dans un circuit la somme des chaleurs dégagées, soit dans la pile, soit dans le conducteur qui unit les pôles de la pile, est constante pour une même quantité d'action chimique. Des recherches récentes ont eu pour objet d'étudier la transformation de la chaleur qui résulte de cette action chimique en travail méca-

¹ Tome II, pages 807 et suivantes.

nique par l'intermédiaire de l'électricité. M. Favre¹ vient de démontrer expérimentalement que le travail mécanique produit par un courant entraîne toujours une dépense de chaleur empruntée à la chaleur totale que dégagent les actions chimiques de la pile. Voici comment il opère : un premier calorimètre renferme la batterie voltaïque, les cinq couples formés de zinc amalgamé et de platine platiné; un second calorimètre reçoit un électromoteur construit par M. Froment dans ce but spécial; pour rendre les hélices des électro-aimants capables de se refroidir plus facilement, on les a composées d'une série de disques conducteurs séparés par des disques isolants très-minces; ces disques, qui présentent à l'extérieur leurs tranches métalliques et qui sont séparés seulement par les minces tranches des disques isolants, communiquent entre eux de manière à établir un enroulement continu de l'une à l'autre des extrémités des bobines; ils sont isolés du cylindre de fer doux qu'ils enveloppent, aussi bien qu'ils le sont les uns des autres. — L'arbre de l'électromoteur sort du calorimètre et communique par une courroie sans fin avec un arbre à tourillons coniques, portant une poulie sur laquelle s'enroule une corde qui soulève un poids. M. Favre a d'abord fait fonctionner la pile seule dans son calorimètre, tout le travail produit par l'action chimique s'effectuant alors dans la pile elle-même; la chaleur dégagée lui en a donné la mesure; il a trouvé 18682 calories pour 1 gramme d'hydrogène dégagé. En faisant ensuite passer le courant à travers les gros fils qui doivent faire communiquer la pile avec l'électromoteur, on s'est assuré que leur résistance peut être négligée; puis en faisant passer le courant dans l'électromoteur, mais sans le mettre en mouvement, on a trouvé pour la chaleur développée dans le calorimètre de la pile, 16448, et pour le calorimètre de l'électromoteur 2219, ce qui donne une somme de 18667, ne différant du travail primitif considéré toujours comme travail moteur que de 15 unités, écart inséparable des expériences de ce genre. On a mis alors l'électromoteur en mouvement, mais sans lui faire soulever de poids; cette série

¹ Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. XLV, p. 56.

d'expériences a donné pour somme du travail résultant dans les deux calorimètres le nombre 18657. Ainsi le principe de la constance de la chaleur développée dans un circuit peut être considéré comme étendu à celle qui se développe sous les actions extérieures.

Lorsque l'électromoteur a fait monter un poids en produisant un travail de 131 kilogrammètres, la somme des deux quantités de chaleur accusées par les deux calorimètres a été inférieure à la somme primitive de 308 unités; en sorte qu'on doit considérer ces 308 unités comme équivalentes à 131 kilogrammètres de travail moteur.

La question traitée par M. Favre a aussi occupé M. Soret, qui l'a envisagée sous un rapport un peu différent¹. Il s'est d'abord occupé des variations d'intensité que subit le courant, lorsqu'il produit un travail mécanique. Nous avons déjà exposé les recherches, à cet égard, de M. Jacobi². Nous nous contenterons, en ce qui concerne celles de M. Soret, de remarquer qu'il a pu résumer ses résultats en disant que, quand un courant électrique continu tend à déterminer un mouvement relatif de deux pièces d'un appareil, si les deux pièces se déplacent en cédant à cette action, c'est-à-dire s'il se produit un travail mécanique positif, on observe une diminution d'intensité du courant pendant que ce mouvement s'effectue; et inversement quand on oblige ces deux pièces à prendre un mouvement opposé à celui que les forces électriques tendent à leur donner, c'est-à-dire si le travail mécanique est négatif, on observe une augmentation d'intensité du courant. M. Soret a remarqué que, quand on force la machine mue par l'électricité à prendre un mouvement renversé, on arrive à des conséquences qui ne semblent pas s'accorder avec la théorie des électromoteurs, dans laquelle on ne s'est occupé que du cas où le mouvement de la machine s'effectue dans le sens naturel. Cette divergence provient principalement de ce que le courant n'est pas continu, et

¹ *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XLV, p. 301 et 380, et *Archives des sciences physiques (B. univ.)*, t. XXXVI, p. 38.

² Tome III, page 338.

de ce qu'il en résulte la production de courants d'induction qui dirigés, les uns dans un sens contraire à celui du courant primitif, et les autres dans le même sens, ne se compensent pas, vu que les derniers ne peuvent pas se propager, parce que le circuit est interrompu au moment où ils se développent. De plus, différentes expériences montrent que la variation d'intensité, résultant du déplacement des pièces qui s'attirent, est bien plus faible que celle qui provient de l'inertie magnétique et électrique, quand on emploie des courants discontinus.

Venant à la question même du rapport qui existe entre la chaleur dégagée par le courant et l'action extérieure qu'il exerce, M. Soret a cherché à se rendre compte de quelle manière a lieu la transformation de la chaleur électrique en travail moteur et à déterminer la portion du circuit où elle a lieu. Il a dû présumer qu'elle se produisait à l'endroit même où se développe le travail mécanique. En prenant deux hélices parfaitement semblables et faisant partie d'un même circuit, placées chacune dans un calorimètre, M. Soret a pensé qu'en faisant produire à l'une d'elles seulement un travail quelconque, il trouverait peut-être une différence dans les températures indiquées par les calorimètres. Sans entrer dans le détail de ces expériences, qui ont été faites en prenant les plus grandes précautions pour éviter toute cause d'erreur, nous nous bornerons à dire qu'on a introduit dans l'une des hélices un cylindre de fer doux, que l'établissement et l'interruption du courant aimantait et désaimantait; et, après une première série d'expériences faites de cette manière, on a fait produire à l'une des hélices un travail mécanique qui donnait un mouvement de va-et-vient au cylindre de fer doux. L'ensemble des deux séries d'expériences a démontré que le rapport des effets thermiques des deux hélices ne subissait pas de variation régulière qu'on pût attribuer à la transformation en travail extérieur d'une certaine quantité de chaleur; mais on ne peut pas encore conclure qu'il n'y ait pas un affaiblissement général calorifique dans tout l'ensemble du circuit, y compris la partie agissante. M. Soret serait disposé à croire que, lorsqu'un courant exerce une action extérieure, les choses se passent comme si l'on aug-

mentait la résistance électrique de la partie du circuit qui agit par induction, ce qui détermine une diminution dans la quantité de zinc dissous, et par conséquent dans la chaleur intérieure de la pile, avec cette différence que l'augmentation de l'effet mécanique qui devrait être produite là où la résistance aurait reçu un accroissement, au lieu de se porter sur la partie inductrice du circuit, se porterait sur le corps induit.

M. Leroux, dans un travail sur les machines électro-magnétiques et magnéto-électriques¹, vient de s'occuper des mêmes questions qui ont été l'objet des recherches de M. Soret, et il est arrivé, en même temps que lui, à une idée semblable, savoir, que le mouvement d'une partie d'un circuit (mouvement nécessairement accompagné d'un travail mécanique), vu la discontinuité du courant, fait naître une résistance spéciale qu'il appelle *résistance dynamique*. L'intensité du courant, c'est-à-dire la quantité de travail mise en jeu pendant l'unité de temps, est toujours en raison inverse, toutes choses égales d'ailleurs, de la somme des résistances dynamiques ou statiques. Le travail mis au jour, que ce travail soit extérieur comme dans les machines magnéto-électriques, ou intérieur comme dans les appareils où entrent les éléments de pile, se partage entre les diverses parties du circuit (chacune prise en bloc, c'est-à-dire avec les corps avoisinants) proportionnellement aux résistances dynamiques et statiques de ces parties. Il ne faut pas perdre de vue que les étincelles et les aimantations absorbent une certaine portion du travail; c'est ce qui explique pourquoi, si on compare la chaleur produite dans le circuit total au travail mécanique, on trouve un nombre un peu trop fort pour exprimer l'équivalent mécanique de la chaleur. Il résulte de là que, dans les machines mues par l'électricité, dans lesquelles on veut faire rendre à l'électricité le plus de travail possible, il faut éviter les changements de sens trop fréquents et la production des étincelles.

Ajoutons encore aux recherches que nous venons d'énumérer

¹ *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XLV, p. 414.

celles toutes récentes de M. Quintus Icilius¹, sur la détermination du travail produisant l'unité de chaleur, au moyen du courant électrique. En désignant par I l'intensité d'un courant électrique, supposé constant, par V la résistance voltaïque d'un fil parcouru par ce courant, par U la chaleur qui y est développée pendant l'unité de temps, et par A une constante, on sait qu'on a $U = A I V$, formule dans laquelle $I V$ n'est autre chose que le travail exécuté par l'électricité mue en vainquant la résistance du fil. En conséquence, on peut l'exprimer par un nombre dont l'unité est l'unité de travail. On y arrive en adoptant les mesures absolues de M. Weber, pour mesurer les quantités électriques. Pour employer ces mesures, il faut fixer l'unité de distance, le millimètre, l'unité de temps, la seconde; l'unité de masse, le milligramme. Cela posé, l'unité de travail sera le travail qu'il faudra employer pour mouvoir une masse = 1 milligramme sur un chemin = 1 millimètre, la masse n'opposant aucune autre résistance que celle de sa propre inertie. Il résulte de là qu'on obtient la chaleur qui est excitée par cette unité de travail, quand on détermine la valeur numérique de la constante A , en désignant par unité de chaleur la quantité de chaleur qu'il faut pour augmenter la température d'un milligramme d'eau d'un degré centigrade. Sans nous arrêter aux expériences faites avec beaucoup de soin par M. Quintus Icilius, pour obtenir U au moyen d'un calorimètre, et pour déterminer I et V par les procédés indiqués par M. Weber, nous nous contenterons de dire qu'il arrive, en prenant la moyenne de 58 expériences faites en trois séries, chaque série présentant des conditions un peu différentes, à trouver 311,7 kilogrammètres pour la quantité de travail que produit l'unité de chaleur; nombre qui n'excède pas les limites qui renferment les nombres trouvés pour cette constante par les physiciens, suivant des méthodes toutes différentes.

M. Clausius et M. Soret lui-même² viennent encore de traiter la question de la conversion de la chaleur du courant électrique

¹ *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XLV, p. 420.

² *Archives des sciences physiques et naturelles*, t. XXXVI, p. 119 et 123.

en travail moteur extérieur ; leurs idées nous paraissant se rapprocher beaucoup de celles de MM. Joule et Scoresby, que nous avons fait connaître dans notre paragraphe relatif aux électromoteurs¹.

§ 14. Recherches relatives aux poissons électriques.

Malgré les détails dans lesquels nous sommes entré sur les poissons électriques² nous croyons intéressant pour nos lecteurs de leur faire connaître des recherches récentes de M. Kolliker sur la terminaison des nerfs dans l'organe électrique de la torpille, terminaison que n'ont pu apercevoir correctement les physiologistes qui se sont servis surtout de préparations conservées dans des réactifs. M. Kolliker ayant étudié à Nice, dans l'automne de 1856, l'organe électrique sur des poissons tout frais, a réussi à trouver la véritable terminaison des nerfs dont il s'agit³. Après avoir formé les ramifications pâles, connues et très-bien figurées par M. Wagner, et regardées jusqu'à présent comme les véritables terminaisons, les nerfs se divisent en des rameaux pâles et très-déliés qui, en s'anastomosant de toutes parts, forment un *réseau nerveux* très-élégant et délicat. Ce réseau dont les fibrilles constituantes ne mesurent pas plus de 0,0015 à 0,0020 d'un millimètre, et dont les mailles offrent la même grandeur, forme à lui seul une membrane nerveuse particulière de 0,0020 à 0,0025 de millimètre d'épaisseur, qui est étendue dans tout l'espace d'une cloison électrique, étant appliquée partout à une membrane homogène contenant des noyaux, qui lui sert de support. Chaque cloison de l'organe électrique, qui est séparée des avoisinantes par un petit espace contenant un fluide clair, est formée de cinq couches ; au milieu se trouvent les grandes ramifications nerveuses et les vaisseaux sanguins supportés par un tissu conjonctif homogène, puis viennent des deux côtés les membranes délicates formées par le réseau nerveux, décrit, qui sont recouvertes enfin par des

¹ Tome III, page 340.

² Tome III, page 61.

³ *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XLIII, p. 792.

membranes homogènes à noyaux, qui ne portent pas de traces d'épithélium du côté de l'espace contenant le fluide. Ces réseaux nerveux sont extrêmement délicats, c'est ce qui fait qu'ils sont détruits par presque tous les réactifs qu'on emploie dans de pareilles observations et qu'ils ne se voient que sur les préparations prises sur l'animal vivant, ou toutes fraîches. M. Kolliker remarque que la densité et la richesse de l'expansion nerveuse terminale ne sont pas insignifiantes pour l'explication des fonctions toutes particulières de l'organe électrique. Il nous paraît en effet que les observations de M. Kolliker sont de nature à donner un appui à l'explication que nous avons donnée de l'action de l'organe électrique¹, et de la part principale qu'ont dans cette action les terminaisons des nerfs qui y aboutissent.

Nous profiterons de l'occasion qui nous amène à nous occuper de nouveau de l'électricité des torpilles pour réparer une omission que nous avons faite en ne parlant pas du travail remarquable qu'avait fait sur ce sujet en 1836 M. le professeur Colladon². Sans nous arrêter aux expériences par lesquelles M. Colladon avait constaté l'état électrique des différents points du corps de la torpille, nous insisterons sur un fait important qu'il avait observé en même temps que M. Matteucci l'observait de son côté, et qui l'avait conduit à une théorie de ces phénomènes bien rapprochée de la véritable.

Ayant mis les deux pointes de platine terminales d'un galvanomètre en contact respectivement avec la partie inférieure et supérieure du corps d'une torpille affaiblie par l'effet de plusieurs excitations, M. Colladon voulut savoir si elle donnerait encore des secousses quand elle serait profondément blessée. Dans ce but il fit d'abord de fortes incisions dans la partie charnue du corps de l'animal, sans obtenir de déviation sensible ; puis, enfonçant la pointe d'un canif dans le cervelet de la torpille ainsi mutilée, il vit l'aiguille du galvanomètre pirouetter complètement ; il obtint le même résultat en agissant de même sur une autre torpille avec une pointe d'ivoire. Cette expérience

¹ Tome III, page 71.

² *Institut* du 26 octobre 1836, p. 150, et *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. III, p. 490.

importante montrait bien l'influence prédominante du système nerveux dans la production de l'électricité de la torpille, influence que les recherches ultérieures ont rendue encore plus évidente en prouvant qu'elle est la source de cette électricité.

§ 15. Nouvelles recherches sur les variations des éléments magnétiques du globe terrestre.

Nous avons fait connaître d'une manière abrégée¹ les nombreux travaux qui ont été faits sur ce sujet intéressant; pour compléter notre résumé, nous devons dire quelques mots d'un travail récent² du P. Secchi sur les perturbations extraordinaires; c'est en se servant des nombreuses observations du général Sabine et en particulier de celles faites à Toronto, qu'il a réussi à trouver les lois auxquelles elles sont soumises. La première de ces lois, lorsqu'il s'agit de la période diurne, est que *les perturbations suivent le temps local et qu'elles affectent simultanément tous les éléments magnétiques*; la seconde, c'est que *la courbe perturbée est la courbe ordinaire, seulement déplacée extérieurement d'une certaine quantité*. Le P. Secchi a construit la courbe ordinaire en prenant pour chaque heure du jour, sur l'axe des abscisses, une longueur égale à la variation de la déclinaison, et en élevant une ordonnée proportionnelle à la variation de l'inclinaison à la même heure; puis c'est en augmentant ou diminuant chaque abscisse et chaque ordonnée correspondante à chaque heure, de l'effet moyen dû à la perturbation, qu'il a obtenu la courbe perturbée dont le contour est à peu près semblable à celui de la première, avec la différence seulement qui résulte d'un déplacement total. La comparaison des deux courbes conduit à une troisième loi, savoir: que *par l'effet des perturbations, la courbe tend toujours plus à devenir symétrique et égale dans les deux lobes*. Cette conséquence inattendue a été vérifiée par le P. Secchi de différentes manières, et il en a conclu que *les périodes sont liées par une loi très-simple, ayant pour base une variation dans la force qui produit les variations périodi-*

¹ Tome III, page 219.

² Archives des sciences physiques (B. univ.), t. XXXV, p. 161.

ques et qui se manifeste dans la variation des divers éléments, d'après la loi géométrique de la décomposition des forces.

Après la période diurne vient la période annuelle, qui peut se résumer en une loi très-simple aussi, c'est que *les perturbations sont en maximum aux équinoxes, et en minimum aux solstices*. M. Wolf a cru reconnaître une relation analogue pour les taches solaires, dont les minima correspondent aux deux époques où la terre passe par le plan contenant l'axe du soleil et une parallèle à l'axe de la terre, c'est-à-dire aux époques des solstices, et les deux maxima aux deux époques où la terre s'éloigne le plus de ce plan, c'est-à-dire aux époques des équinoxes; il a insisté sur la correspondance qui existe entre cette période annuelle des taches solaires et celle des variations du magnétisme terrestre, déduites de la combinaison des variations en déclinaison observée sur l'hémisphère boréal avec celles de l'hémisphère austral, combinaison faite pour éliminer l'influence de la déclinaison du soleil.

Mais c'est dans la période décennale que se trouve surtout une correspondance remarquable entre les variations des taches solaires et un changement des variations magnétiques; c'est ce que nous avons déjà fait remarquer¹. Annoncée en 1843 par M. Schwabe en ce qui concerne les taches du soleil, et plus tard par M. Lamont pour la déclinaison magnétique, cette période décennale a été constatée en 1852 pour l'un et l'autre des deux phénomènes, d'abord par le général Sabine, et peu de mois après par M. Wolf et par M. Gautier, qui n'avaient pas connaissance de la remarque de M. Sabine. Dès lors ce dernier observateur et M. Hansteen se sont assurés que cette période s'étendait aux variations de tous les éléments magnétiques et même à celles des aurores boréales. M. Wolf, qui a fait des recherches considérables sur les anciennes observations de taches du soleil, est parvenu à la valeur de 11 ans $\frac{1}{3}$ pour la durée moyenne de cette période, valeur qui lui paraît confirmée par l'étude spéciale qu'il a faite des variations magnétiques observées depuis la fin du siècle dernier. Il n'est question ici que d'une quantité moyenne, car M. Wolf a constaté des

¹ Tome III, page 278.

effets de perturbation dus à des causes inconnues encore, qui altèrent quelquefois de quelques années le retour d'un maximum ou d'un minimum de taches, et qui sont analogues à ceux qu'on observe dans les périodes des étoiles fixes d'éclat variable. Plusieurs astronomes, tels que sir John Herschell, MM. Carrington et Wolf, ont déjà remarqué que cette période héliomagnétique de 11 ans $\frac{1}{5}$ se rapproche beaucoup de la révolution de la planète Jupiter autour du soleil, qui est d'environ 11 ans et 10 mois. M. Wolf a, de plus, émis la supposition qu'elle correspond à la révolution *tropicque* de Jupiter, c'est-à-dire relative à ses points équinoxiaux, plutôt qu'à sa révolution *sidérale*, la première de ces révolutions devant être un peu plus petite que la seconde, surtout à cause de l'aplatissement de Jupiter, qui est vingt fois plus grand que celui de la terre. Tout récemment enfin, M. Wolf a annoncé qu'ayant recherché si la planète Vénus n'aurait pas aussi quelque influence sur les taches du soleil, il a trouvé un maximum bien marqué correspondant à l'époque du périhélie de Vénus. Nous avons déjà fait remarquer l'influence magnétique de la lune¹, qui a été mise en évidence avec une rare habileté par le général Sabine pour Toronto, Sainte-Hélène et Hobart-Town. Tous les éléments magnétiques sont influencés par la lune, et on trouve pour les variations lunaires des lois semblables à celles qu'on avait reconnues pour les variations solaires, mais ces variations sont beaucoup plus faibles.

Nous ne suivrons pas le P. Secchi dans l'étude qu'il fait des variations séculaires en vue de démontrer encore dans leur marche l'influence du soleil; nous nous bornerons à ajouter que M. Lamont a trouvé de son côté que la variation séculaire de la déclinaison est assez régulière, et peut être regardée comme une oscillation de longue période; seulement une retardation très-remarquable a eu lieu entre 1855 et 1856. Le même observateur nous communique encore quelques résultats intéressants, savoir que l'intensité horizontale augmente de $\frac{1}{50}$, et l'intensité totale diminue de $\frac{1}{400}$ par an, mais d'une manière irrégulière; c'est probablement ce mouvement irrégulier qui

¹ Tome III, pages 259 et suivantes.

produit les petites irrégularités de la variation séculaire de la déclinaison. M. Lamont, à la suite de nombreux calculs pour découvrir les lois du mouvement diurne des trois éléments, a bien trouvé une grande régularité dans les coefficients des différents mois, mais sans que les nombres suivent aucune loi simple. Il croit avoir démontré que les idées de M. Lloyd, sur la liaison entre la température de l'air et les mouvements magnétiques, ne sont pas fondées; il n'estime pas non plus pouvoir adopter les conséquences que le général Sabine a déduites des observations de Sainte-Hélène à l'égard de l'influence du soleil, et de l'inflexion opposée des courbes, selon que la déclinaison du soleil est australe ou boréale.

§ 16. Procédé de M. Wartmann pour établir une correspondance immédiate entre deux quelconques des stations situées sur une même ligne télégraphique.

Nous avons décrit (p. 400 et 401) les moyens employés pour établir une communication directe entre deux stations télégraphiques éloignées; le plus usité consiste à requérir de toutes les stations intermédiaires qu'elles rompent leur liaison avec la terre; mais outre que ce mode exige un temps assez long, il présente l'inconvénient que la dépêche est reproduite par le relais dans chacune des stations. M. Wartmann a fait connaître en 1853¹ un procédé qui lui permet d'obtenir avec un seul fil télégraphique tous les avantages qu'on obtiendrait en ayant des fils spéciaux pour unir les stations les unes aux autres. Chaque station doit être munie d'un relais composé de deux électro-aimants fixés des deux côtés d'une armature aimantée à bascule, qui se trouve rappelée contre un butoir au moyen d'un ressort antagoniste. Au-dessous de celle des extrémités de la bascule qui n'est pas reliée au ressort antagoniste, est fixée une lame de ressort disposée de manière à être remontée par cette extrémité; cette lame appuie ordinairement contre une vis reliée métalliquement avec la terre, tandis que la lame elle-même communique avec les fils des deux électro-aimants, qui sont eux-mêmes dans le circuit du fil de ligne.

¹ Archives des sciences physiques et naturelles (B. univ.), t. XXIII, p. 5.

Supposons maintenant trois stations A, B et C; si on télégraphie entre A et B, on emploie un courant d'une intensité suffisante pour vaincre la résistance du circuit à parcourir, mais cette intensité n'est pas suffisante pour faire marcher la lame du relais de M. Wartmann mis dans le circuit en B, à cause de la résistance du ressort qui la retient, laquelle a été calculée en conséquence. Mais si on veut télégraphier de A en C, on emploie un courant plus fort, et cette augmentation doit être telle qu'elle triomphe de la résistance du ressort de la lame aimantée, qui étant attirée par l'électro-aimant fait cesser toute communication du relais avec la terre; en même temps ce mouvement établit la communication directe entre A et C sans que l'intervention d'aucun employé ait été nécessaire. Si la station C possède un appareil analogue à celui de la station B, on pourra, en renforçant encore le courant, pousser jusqu'à une station D la communication directe, et ainsi de suite.

Il faut, pour que toutes ces communications s'effectuent commodément, plusieurs dispositions accessoires, dont la plus importante est de pouvoir par une simple manœuvre introduire dans le circuit le nombre de couples nécessaires pour faire fonctionner par communication directe les appareils télégraphiques de telle ou telle station; c'est ce que M. Wartmann obtient au moyen d'un appareil de son invention, qu'il a nommé *régulateur*. A cet appareil est joint un appareil *indicateur* destiné à indiquer si la station voulue a été atteinte, et par conséquent si le courant lancé a eu une intensité suffisante pour faire jouer les appareils qui doivent fermer le circuit à chaque station intermédiaire. La persistance du magnétisme rémanent dans les électro-aimants fait que le circuit demeure fermé malgré les petites interruptions qu'exige la transmission des signes télégraphiques; et quand on veut obtenir instantanément la rupture du circuit, il suffit d'y lancer un courant inverse de courte durée, courant qui en renversant les pôles des électro-aimants, fait détacher les armatures aimantées qu'une répulsion immédiate ramène dans chaque appareil contre les butoirs d'arrêt.

NOTES

RELATIVES

AUX DÉVELOPPEMENTS MATHÉMATIQUES

DE QUELQUES POINTS PARTICULIERS¹.

NOTE A (p. 206),

RELATIVE A LA MESURE ABSOLUE DE L'INTENSITÉ DU MAGNÉTISME TERRESTRE.

Nous donnons dans cette note les développements de la méthode de Gauss, pour la mesure de l'intensité absolue du magnétisme terrestre (*Annales de chimie et de physique*, T. LVII, p. 3). Elle est un exemple intéressant de physique mathématique autant par la généralité avec laquelle l'illustre géomètre a traité la question, que par les résultats pratiques auxquels il a été conduit.

Pour comprendre ce qui va suivre, il est nécessaire de revenir un instant sur les principes fondamentaux de la théorie du magnétisme. Un corps magnétique doit être considéré comme un assemblage de particules dont chacune contient des quantités égales des deux fluides, et c'est la séparation plus ou moins grande, ou en plus ou moins grande quantité de ces deux portions de fluide, qui constitue le magnétisme libre de la particule. L'attraction qui a lieu entre deux quantités données de fluides de noms contraires supposés concentrés chacun en un point, est égale à la répulsion produite par des quantités respectivement égales de fluides de même nom agissant à la même distance. En prenant pour unité la quantité de fluide qui, agissant sur une quantité égale à elle-même et à l'unité de distance, produit l'unité de force accélératrice, l'action d'une quantité m de fluide boréal sur une quantité m' du même fluide, à la distance r , sera exprimée par $\frac{m m'}{r^2}$

(en admettant la loi de la raison inverse du carré de la distance), et la formule sera applicable à tous les cas si l'on convient de donner le signe négatif au fluide austral, et d'entendre par une attraction une force négative.

Concevons un corps magnétique de forme quelconque rapporté à trois axes de coordonnées rectangulaires. Soit dm un élément de magnétisme libre, positif ou négatif, en un point x, y, z ; $x dm$ est ce qu'on peut appeler le moment de cet élément par rapport à l'axe des x ou au plan des

¹ Ces notes ont été rédigées par M. LUCIEN DE LA RIVE.