

De ces deux équations, on tire

$$\frac{r}{s} = \frac{a}{b},$$

c'est-à-dire que, s'il ne passe aucune portion du courant par le pont, résistances des conducteurs situés au delà du pont sont dans le même rapport que les résistances des conducteurs situés en deçà.

Pour appliquer ce résultat à la mesure de la résistance d'un fil, on pourra placer en A et en B deux bobines, de résistances connues a et b ; en R, le fil qui est l'objet de l'expérience; enfin en S, une boîte de résistances (fig. 412). On déterminera, par tâtonnements, quel est le nombre d'ohms s qu'on devra prendre, pour que le galvanomètre du pont reste au zéro, et l'on en déduira la valeur de r , en ohms :

$$r = s \cdot \frac{a}{b}.$$

Remarque. — On emploie quelquefois une disposition un peu différente, qui dispense de l'emploi d'une boîte de résistances. — On place en A (fig. 419)

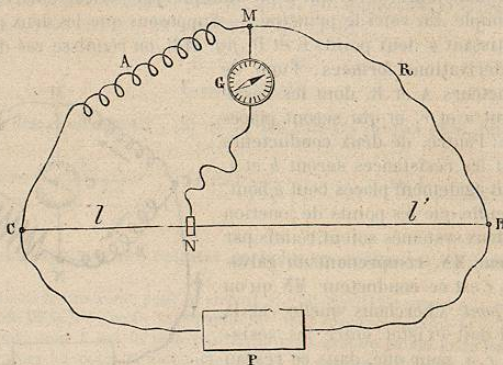


Fig. 419. — Pont à corde.

une bobine, dont la résistance a est connue en ohms; en R, le fil qui est l'objet de l'expérience; entre C et D est tendu un fil rectiligne, sur une règle divisée. Sur ce fil est disposée une petite pièce métallique N, qui est mobile sur le fil lui-même, et à laquelle vient aboutir l'extrémité du conducteur MGN qui forme le pont. — On règle, par tâtonnements, la position de la pièce N sur le fil, de manière que l'aiguille du galvanomètre reste au zéro. En lisant alors, sur la règle divisée, les deux longueurs CN et ND, et désignant ces longueurs par l et l' , on a

$$\frac{r}{l'} = \frac{a}{l}, \quad \text{ou} \quad r = a \frac{l'}{l};$$

la résistance a de la bobine étant donnée en ohms, on obtient ainsi la valeur de r , évaluée avec la même unité.

CHAPITRE V

ÉLECTRO-MAGNÉTISME

I. — CONSTRUCTION ET USAGE DES GALVANOMÈTRES.

584. **Rhéomètres. — Galvanomètres.** — On donne le nom général de *rhéomètres* aux appareils qui servent à mesurer les intensités des courants. — Les *galvanomètres* sont des rhéomètres construits spécialement dans le but : 1° de constater l'existence des courants de faible intensité, 2° d'en déterminer le sens, 3° d'en mesurer l'intensité.

Quand on fait passer un courant dans un conducteur métallique, placé dans la direction N. S. du méridien magnétique, au-dessus d'une aiguille aimantée (fig. 405), on sait que, conformément à l'expérience d'Ørsted et à la règle d'Ampère, l'aiguille tend à se mettre en croix avec la direction du courant, le pôle austral se portant à la gauche du courant; et nous avons vu en outre que si la distance du conducteur à l'aiguille est assez grande par rapport à la longueur de l'aiguille, l'intensité du courant est proportionnelle à la tangente trigonométrique de la déviation observée (569).

Mais des courants peu intenses ne produiraient, dans l'expérience ainsi faite, que des déviations inappréciables. — Nous allons voir comment on est parvenu, à l'aide de diverses dispositions, à donner une valeur plus grande aux forces C et C', et une valeur plus petite aux forces T et T' (fig. 406); par suite, à obtenir des déviations sensibles avec des courants d'une intensité beaucoup moindre.

585. **Multiplieur de Schweigger.** — Schweigger a eu l'idée d'augmenter les actions exercées par le courant, en multipliant autour de l'aiguille les portions du fil qui peuvent agir sur elle. Pour nous rendre compte de l'efficacité du *multiplieur* qui fut construit par lui, supposons d'abord que le fil conducteur

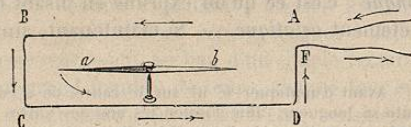


Fig. 420.

ait été plié en un rectangle ABCDF (fig. 420), au milieu duquel nous placerons l'aiguille aimantée ab . Si le fil est parcouru par un courant, dans le sens des flèches indiquées ci-contre, il est facile de voir, en considérant successivement chacune des quatre parties rectilignes du courant, AB, BC, CD, DF, qu'elles ont toutes leur gauche en avant du plan de la figure : donc les actions de ces quatre parties *concordent* pour amener le pôle austral de l'aiguille en avant de ce plan.

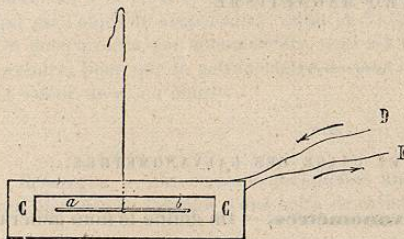


Fig. 421.

Si maintenant, au lieu de former avec le fil un simple rectangle autour de l'aiguille, on l'enroule, un grand nombre de fois et toujours dans le même sens, sur un cadre rectangulaire CC (fig. 421), tous les tours ainsi formés seront parcourus dans le même sens par le courant : ils exerceront encore des actions *concordantes* sur une aiguille aimantée ab , placée à l'intérieur du cadre. — Si le fil conducteur fait quelques centaines de tours, cet appareil pourra permettre d'obtenir une déviation sensible de l'aiguille, sous l'action de courants qui seraient tout à fait inappréciables par l'expérience d'Ersted (*).

586. Emploi de deux aiguilles, formant un système presque astatique. — On augmente encore la sensibilité du *multiplicateur*, en employant, comme l'a indiqué Nobili, un système de deux aiguilles.

On assujettit l'une à l'autre deux aiguilles aimantées, à peu près égales, en les réunissant par une tige de cuivre rigide (fig. 422); on a soin de les placer parallèlement entre elles, mais de façon que leurs pôles contraires se correspondent, comme l'indiquent les lettres de la figure; enfin on suspend le système à un fil de soie sans torsion G. — Si les deux aiguilles étaient parfaitement identiques pour la grandeur et le degré d'aimantation, il est clair que les actions exercées sur leurs pôles par la terre se neutraliseraient toujours, quelle que fût l'orientation, et que le système resterait en équilibre *dans une position quelconque* : c'est ce qu'on exprime en disant que le système serait complètement *astatique*. — Si maintenant, ainsi que nous le supposons

(*) Avant d'appliquer le fil sur le cadre, on a eu soin de l'entourer de soie, dans toute sa longueur, afin d'isoler les uns des autres les tours contigus. Remarquons aussi que, au lieu de placer l'aiguille sur un pivot, ce qui développe toujours des frottements pendant les mouvements de l'aiguille, on peut la suspendre, comme l'indique la figure 421, à un fil de soie sans torsion, qui passe dans une ouverture pratiquée au travers du cadre.

dans ce qui va suivre, l'une des aiguilles, l'aiguille supérieure par exemple, possède une aimantation un peu plus intense, la Terre agit encore faiblement sur le système, et c'est le pôle a' qui se dirige vers le nord : lorsque le système des aiguilles est écarté de cette position, la Terre tend à l'y ramener, mais l'action directrice de la Terre n'est que la différence des actions exercées sur chacune des aiguilles.

Voyons maintenant quelles sont les actions qu'éprouve un pareil système, de la part d'un courant passant dans un fil rectangulaire AB CDF, orienté dans le méridien magnétique, l'aiguille inférieure ab étant placée à l'intérieur de ce rectangle, et l'aiguille supérieure $a'b'$ étant en dehors, à une petite distance du côté AB. — Le courant qui passe dans le fil,

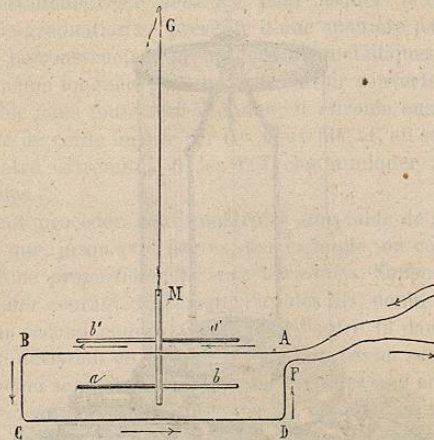


Fig. 422.

s'il se propage dans le sens des flèches, agit d'abord, comme nous l'avons vu (585), par les quatre côtés du rectangle à la fois, pour amener le pôle austral a de l'aiguille intérieure en avant du plan de la figure; il reste donc à considérer son action sur l'aiguille extérieure. — Or, en appliquant la règle d'Ampère, on voit que le côté supérieur AB du rectangle tend à porter le pôle austral a' en arrière du plan de la figure, et par suite le pôle b' , qui correspond à a , en avant; cette action *concorde* avec celles qui s'exercent sur l'aiguille ab . Quant aux actions exercées sur l'aiguille $a'b'$ par les trois côtés BC, CD, DF, il est facile de voir qu'elles sont inverses; mais comme ces côtés sont beaucoup plus éloignés de cette aiguille que le côté AB, leurs actions sont beaucoup plus faibles. L'action *totale* du rectangle sur l'aiguille extérieure doit donc être considérée comme s'ajoutant à l'action exercée sur l'aiguille intérieure, en sorte que *ces deux actions tendent à faire tourner le système dans le même sens*. — Si, au lieu d'un simple rectangle, on a un cadre portant un grand nombre de tours, chaque tour se comporte comme le courant rectangulaire qui vient d'être considéré.

Donc, en résumé, l'introduction, dans le *multiplicateur*, d'un système de deux aiguilles aimantées, d'une intensité presque égale, c'est-à-dire formant un système *presque astatique*, offre deux avantages : 1° de di-

minuer considérablement l'action de la terre; 2° d'augmenter l'action du courant lui-même. — Pour ces deux raisons, la sensibilité de l'appareil devient beaucoup plus grande.

587. **Galvanomètre de Nobili.** — Le galvanomètre de Nobili (fig. 425) n'est autre chose qu'un multiplicateur à deux aiguilles, auquel

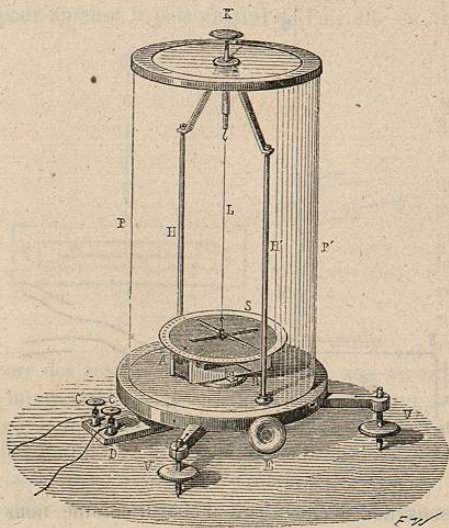


Fig. 425. — Galvanomètre de Nobili.

on joint un cercle divisé pour mesurer les déviations. Un système de deux aiguilles aimantées, disposées comme il vient d'être dit, est suspendu à un fil de cocon L; ce fil est soutenu par un crochet fixé à un bouton K, qui permet de le faire monter ou descendre de petites quantités. Sur le cadre AB est enroulé un fil de cuivre couvert de soie; les extrémités de ce fil vont aboutir à deux bornes métalliques C, C', fixées sur une planchette d'ivoire D. L'aiguille inférieure est au

milieu du cadre (on en peut voir une petite partie dans la figure); l'aiguille supérieure est en dehors du cadre, au centre d'un cercle de cuivre S, dont le contour est divisé en degrés; le diamètre qui passe par le zéro est parallèle aux tours du fil. — L'appareil est environné d'une cloche de verre PP', qui préserve les aiguilles des agitations de l'air. Lorsqu'on veut mettre le galvanomètre en expérience, on oriente d'abord le cadre AB parallèlement à la position prise par les aiguilles; pour cela, on fait tourner le cercle et le cadre autour de leur axe vertical, au moyen d'un engrenage qui correspond au bouton extérieur E, jusqu'à ce que le zéro de la graduation vienne se placer sous l'une des extrémités de l'aiguille extérieure. — On fixe alors des fils conducteurs dans les bornes C, C', au moyen de vis de pression. Si ces fils font partie d'un circuit parcouru par un courant appréciable, le sens de la déviation fait connaître la direction de ce courant dans le fil; quant à son intensité, on peut la déduire de la grandeur de la déviation, si l'on a construit, comme nous allons l'indiquer, une table fournissant, en

regard des diverses déviations, les intensités des courants qui les produisent. — Pour les déviations d'un petit nombre de degrés, on peut regarder les intensités comme proportionnelles aux déviations elles-mêmes.

588. **Graduation du galvanomètre à deux fils.** — Becquerel a fait construire des galvanomètres à deux fils, pour lesquels la construction d'une table de graduation se présente d'une manière particulièrement simple. — Le constructeur prend deux fils métalliques, de même diamètre et de même longueur, et, après les avoir couverts de soie, il les tord ensemble dans toute leur étendue; il enroule ensuite autour du cadre l'espèce de corde formée par ces deux fils, et, en séparant seulement les quatre extrémités, il les fait communiquer avec quatre bornes métalliques.

Voici comment on peut procéder pour construire une table de graduation. — Admettons que, jusqu'à 20 degrés, par exemple, on considère les intensités comme proportionnelles aux déviations. Supposons maintenant qu'un premier courant, traversant l'un des fils, donne une déviation de 15°; qu'un second courant, traversant l'autre fil dans le même sens, donne une déviation de 19°: si on les fait passer simultanément et dans le même sens, ils auront sur les aiguilles une action dont l'intensité sera évidemment représentée par 32: si donc on n'observe qu'une déviation de 50°, on inscrira dans la table, en regard de la déviation 50°, l'intensité 32. — De même, si deux courants donnent séparément les déviations 17° et 20°, et simultanément la déviation 54°, on inscrira dans la table, en face de la déviation 54°, l'intensité 37; et ainsi de suite.

Le galvanomètre à deux fils est souvent désigné sous le nom de *galvanomètre différentiel*, parce qu'il permet d'apprécier la différence d'intensité de deux courants, en les faisant passer simultanément, mais en sens contraire, l'un dans un fil, l'autre dans l'autre.

589. **Galvanomètre de W. Thomson.** — Dans le galvanomètre de Sir William Thomson, chacune des deux aiguilles du galvanomètre de Nobili est remplacée par un système de quatre ou cinq lames d'acier, d'environ 8 millimètres de longueur, et disposées parallèlement (fig. 424); les deux groupes de lames, qui forment le système astatique, sont réunis entre eux par une tige d'aluminium suspendue par un fil de cocon. Chacun des groupes d'aiguilles est au centre d'une bobine circulaire, qui se comporte comme un multiplicateur: pour que les actions du courant s'ajoutent, on le fait passer en sens inverse dans les deux bobines. Pour mesurer les déviations, on fait usage du système optique décrit à propos de l'électromètre de Thomson (fig. 298); le miroir métallique est fixé contre les lames d'acier du groupe supérieur.

Il n'est pas nécessaire d'orienter l'appareil dans le méridien magnétique comme le galvanomètre de Nobili: on peut l'orienter dans un azimut quelconque; pour amener les aiguilles aimantées à se placer parallèlement aux

tours du fil, il suffit de faire tourner autour d'un axe vertical l'aimant correcteur NS, jusqu'à ce que le miroir fixé aux aiguilles se tiende en équilibre dans une position perpendiculaire aux axes des bobines.

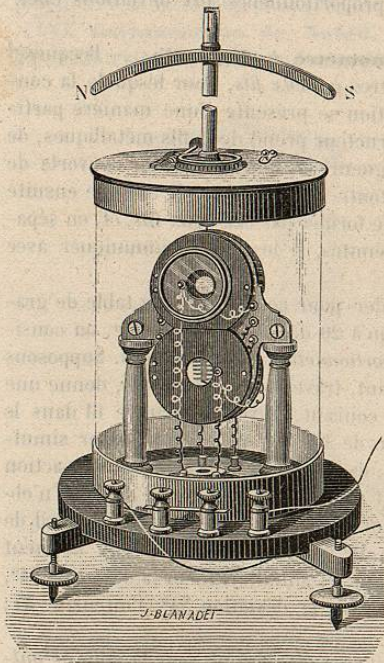


Fig. 424. — Galvanomètre de Thomson.

avec ce même galvanomètre, des intensités de valeurs très diverses, tout en n'observant toujours que de faibles déviations.

Les deux fils qui amènent le courant sont attachés aux deux bornes A, B, d'où partent les fils qui vont au galvanomètre; entre ces deux bornes est une cheville C, de résistance nulle, par laquelle passe tout le courant; l'aiguille du galvanomètre reste alors au zéro. — La borne B communique avec la pièce de cuivre centrale. Trois bobines, dont les résistances sont respectivement $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{99}$ et $\frac{1}{999}$ de celle du fil du galvanomètre, communiquent d'une part avec la borne A, d'autre part avec les trois pièces de cuivre marquées $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{99}$ et $\frac{1}{999}$; enfin, une deuxième cheville D peut être disposée entre l'une de ces trois pièces et la pièce centrale. Les chevilles étant disposées comme l'indique la figure 425, aucun courant ne passe dans le galvanomètre.

Supposons maintenant qu'on enlève la cheville qui est entre les deux bornes; le courant de la pile se partagera entre le fil du galvanomètre de résistance r , et la troisième bobine, de résistance $r' = \frac{r}{999}$; d'après la for-

590. **Shunt des galvanomètres.** — La déviation observée dans un galvanomètre en général, ne peut être considérée comme proportionnelle à l'intensité du courant que si elle ne dépasse pas quelques degrés; d'autre part, un courant trop fort peut détériorer le galvanomètre. On appelle *shunt* d'un galvanomètre (fig. 425), une disposition qui permet de mesurer,

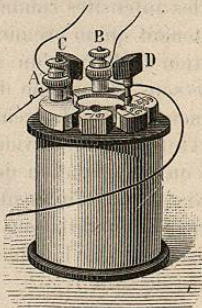


Fig. 425. — Shunt.

mule des courants dérivés (582), $i = I \frac{r'}{r + r'}$; on aura $i = \frac{1}{1000}$; la millièmième partie du courant passera donc dans l'appareil; si la déviation est sensible, on en fera la lecture, et on multipliera par 1000 l'indication fournie par le galvanomètre.

Si la déviation est insensible, on replacera la première cheville entre les deux bornes, et on transportera la deuxième cheville entre la pièce centrale et la pièce marquée $\frac{1}{99}$; puis on enlèvera la première cheville. S'il y a une déviation, on multipliera par 100 l'intensité mesurée. — Si, cette fois encore, la déviation n'était pas sensible, on replacerait encore la première cheville, on amènerait la deuxième cheville entre la pièce centrale et la pièce $\frac{1}{9}$, retirant la première cheville, on ferait passer la dixième partie du courant. — Enfin, si la sensibilité était encore insuffisante, on ferait passer dans le galvanomètre le courant tout entier, en retirant les deux chevilles.

591. **Galvanomètre de M. Bourbouze.** — M. Bourbouze a construit un galvanomètre moins sensible que les précédents, et destiné spécialement aux expériences de Cours.

L'aimant sur lequel doit agir le courant est un barreau d'acier BB' (fig. 426), mobile comme un fléau de balance, sur un couteau d'acier reposant

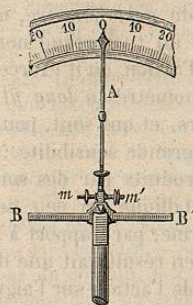


Fig. 426.

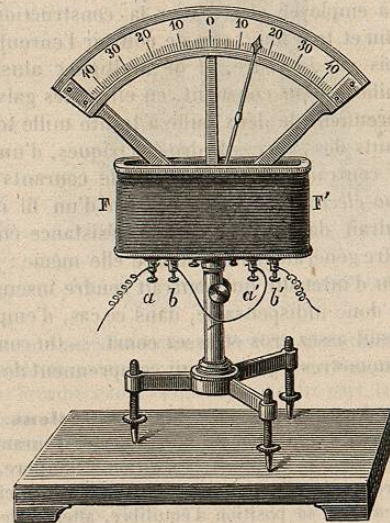


Fig. 427. — Galvanomètre de M. Bourbouze.

sur un plan d'agate: il est muni d'une aiguille A, qui lui est perpendiculaire, et qui se déplace, par les mouvements du barreau, sur un cadran divisé. Deux petites masses m, m' , mobiles à vis sur une petite tige parallèle au barreau, permettent d'effectuer un réglage préalable, de manière que le barreau se place en équilibre dans la position horizontale, c'est-à-dire de

manière que l'aiguille A vienne au zéro de la graduation, quelle que soit l'orientation de l'appareil. Une autre petite masse, mobile sur l'aiguille elle-même, permet de déplacer le centre de gravité, de façon que cette espèce de balance ait une sensibilité aussi grande que possible. — Le barreau et son support sont placés à l'intérieur d'une large bobine FF' (fig. 427), sur laquelle s'enroule le fil dans lequel doit passer le courant. — Lorsque l'instrument est bien réglé, on obtient des déviations appréciables, même avec des courants d'une assez faible intensité.

592. Des différences à apporter dans la construction des galvanomètres, selon les usages auxquels ils doivent être employés. — L'interposition du fil d'un galvanomètre, dans un circuit parcouru par un courant, introduit toujours dans ce circuit une résistance qui a pour effet de diminuer l'intensité du courant lui-même. — Lorsqu'il s'agit de courants produits par des sources *hydro-électriques*, dont la résistance intérieure est très grande (571), la résistance du fil du galvanomètre, alors même qu'il aurait une petite section et une grande longueur, doit le plus souvent être considérée comme assez petite par rapport à celle de la source elle-même. Il y a donc avantage à employer alors, pour la construction du galvanomètre, un fil très fin et très long, afin de pouvoir l'enrouler un très grand nombre de fois sur le cadre, et de multiplier ainsi l'action qu'il exerce sur l'aiguille. — On construit, en effet, des galvanomètres à *long fil*, qui comprennent de deux mille à trente mille tours, et qui sont, pour les courants des sources hydro-électriques, d'une grande sensibilité.

Au contraire, lorsqu'il s'agit de courants produits par des sources *thermo-électriques*, l'interposition d'un fil métallique un peu fin introduirait dans le circuit une résistance énorme, par rapport à celle qu'offre généralement la source elle-même : il en résulterait une diminution d'intensité qui pourrait rendre insensible l'action sur l'aiguille. Il est donc indispensable, dans ce cas, d'employer un instrument dont le fil soit assez gros et assez court. — On construit, pour cet usage, des galvanomètres à *gros fil*, qui comprennent de trente à trois cents tours.

593. Amortissement des oscillations. — Galvanomètres apériodiques. — Quand on fait passer un courant dans un galvanomètre de Nobili, l'aiguille ne prend sa position d'équilibre, sous l'influence du courant, qu'après avoir effectué un grand nombre d'oscillations : elle passe *périodiquement* par sa position d'équilibre, alternativement dans un sens et dans l'autre, et ne se fixe qu'au bout d'un temps assez long.

Pour abréger la durée d'une mesure, on a dû chercher à *amortir* les oscillations, c'est-à-dire à faire décroître rapidement les amplitudes des oscillations successives, de telle sorte que, au bout d'un temps assez court, l'aiguille paraisse en repos, à sa position d'équilibre (*). — Or, nous verrons plus loin

(*) La résistance de l'air, qui contrarie le mouvement des pièces mobiles, produit un amortissement naturel, mais insuffisant dans la plupart des cas.

(630) que tout déplacement d'un aimant, par rapport à un circuit conducteur voisin, fait naître dans ce circuit un *courant induit*, dont le sens est tel que, en réagissant sur l'aimant, il contrarie son mouvement. — On comprend dès lors que, dans un galvanomètre quelconque, les courants induits qui, à chaque oscillation de l'aimant, prennent naissance dans le fil même du multiplicateur, doivent produire un amortissement des oscillations. — Pour que les amplitudes des oscillations décroissent assez rapidement, il faut, d'une part, faire en sorte que les courants induits soient aussi intenses que possible; d'autre part, donner au système mobile une faible masse et de petites dimensions. D'après ces indications on a pu, non seulement réaliser des appareils, comme le galvanomètre de sir W. Thompson, dans lesquels les oscillations s'amortissent très rapidement, mais même construire des galvanomètres *apériodiques*, dans lesquels les oscillations sont complètement supprimées.

La figure 428 représente un galvanomètre apériodique de MM. Deprez et d'Arsonval. Entre les branches d'un aimant en fer à cheval, est un cylindre de fer F, qui s'aimante par influence. Le cadre rectangulaire qui l'entoure est mobile : il est suspendu entre deux fils métalliques, dont la tension est réglée par un ressort placé à la partie inférieure; c'est par ces fils que le courant est amené dans le cadre. — Selon le sens du courant, le cadre se déplace dans un sens ou dans l'autre, conformément à la règle d'Ampère, et il prend immédiatement sa position d'équilibre : en effet, d'une part, en raison de la puissance de l'aimant fixe, les courants d'induction qui naissent dans le cadre sont très intenses; d'autre part, la masse du cadre mobile est très faible. — Quand on supprime le courant, le cadre revient immédiatement à sa position primitive.

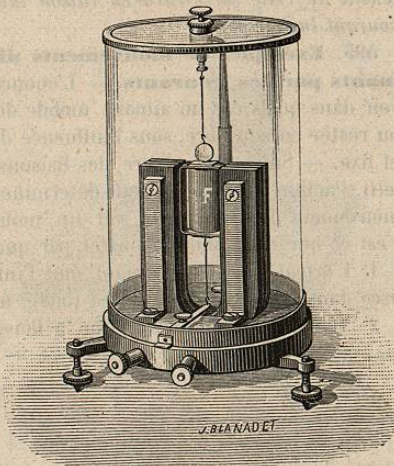


Fig. 428. — Galvanomètre apériodique, de MM. Deprez et d'Arsonval.

II. — ACTIONS DES COURANTS SUR LES AIMANTS, ET ACTIONS RÉCIPROQUES.

594. Loi générale de l'action exercée par un courant rectiligne sur un aimant. — L'*électro-magnétisme* est l'étude des actions exercées par les courants sur les aimants, et des actions réciproques. — Dans le cas particulier où un aimant *mobile autour de son milieu* est soumis à l'action d'un courant rectiligne, nous avons vu que cette

action tend à mettre l'aimant en croix avec le courant, le pôle austral de l'aimant étant à gauche du courant : c'est la conséquence de l'expérience d'Ersted, interprétée par la règle d'Ampère (568). — Les expériences de Biot et Savart, soumises au calcul par Laplace, ont montré que tous les phénomènes observés, en faisant varier les conditions d'assujettissement, ou les positions relatives de l'aimant et du courant, peuvent être réunis dans la loi générale suivante :

Lorsqu'un courant rectiligne et indéfini est en présence d'un aimant, chaque pôle de l'aimant est sollicité par une force, dont la direction est perpendiculaire au plan qui passe par ce pôle et par le courant. L'intensité de cette force varie en raison inverse de la distance du pôle au courant lui-même.

595. Exemples de mouvements divers, imprimés à des aimants par des courants. — L'énoncé qui précède permet de prévoir dans quels cas un aimant mobile doit se mettre en mouvement, ou rester en équilibre, sous l'influence d'un courant rectiligne indéfini et fixe. — Suivant la nature des liaisons auxquelles l'aimant est assujetti, l'action du courant peut déterminer, soit une orientation, soit un mouvement de translation, soit un mouvement de rotation continue : c'est ce que nous allons montrer par quelques exemples.

1° L'orientation d'un aimant sous l'influence d'un courant est réalisée dans l'expérience d'Ersted (568) ; nous n'y reviendrons pas.

2° Voici une disposition, due à Boisgiraud, dans laquelle l'action d'un courant communie à un aimant communique à un aimant un mouvement de translation. — Une aiguille aimantée très légère AB (fig. 429) est placée sur un flotteur, à la surface de l'eau ; sous l'influence de la terre, elle s'oriente

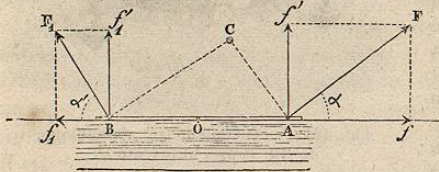


Fig. 429. — Expérience de Bois giraud.

dans le plan du méridien magnétique, que nous supposons être le plan de la figure. Perpendiculairement au méridien magnétique, on dispose un long fil de cuivre rectiligne, dont C représente la section, et dont les deux extrémités sont mises en communication avec les pôles d'une pile : l'aiguille prend un mouvement de translation suivant sa propre direction, mouvement dont le sens dépend du sens du courant et de la position du fil par rapport aux deux pôles magnétiques (*).

(*) Pour nous rendre compte de ce résultat, supposons que le courant soit dirigé, dans le fil C, d'arrière en avant du plan de la figure, et que ce fil soit placé au-dessus de la moitié australe OA de l'aiguille. Le pôle A sera sollicité par une force F, située dans le plan de la figure et perpendiculaire à CA (594) ; de même, le pôle B sera sollicité par une force F_1 , située dans le même plan et perpendiculaire à CB. La force F peut se décomposer en deux autres, l'une f égale à $F \cos \alpha$ et dirigée suivant le pro-

5° Enfin, Faraday est parvenu à produire la rotation continue d'un aimant sous l'influence d'un courant, de la manière suivante. — On place verticalement, au milieu du mercure que contient une éprouvette de verre (fig. 450), un barreau aimanté a , lesté par un petit cylindre de platine p ; un anneau métallique K, qui garnit intérieurement la partie supérieure de l'éprouvette, sert à mettre le mercure en communication, par le contour de sa surface, avec l'un des pôles d'une pile ; le centre de cette même surface est mis en communication avec l'autre pôle, au moyen de la tige métallique T. — Au moment où l'on ferme le circuit, on voit l'aimant se rapprocher de la tige T et prendre autour d'elle un mouvement continu de rotation. — Si les pôles sont placés comme le suppose la figure, le courant marche, à la surface du mercure, de l'extrémité de la tige T vers les divers points de l'anneau K ; alors si le pôle émergé a est un pôle austral, la rotation s'effectue dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre. Si l'on intervertit le sens du courant, le sens de la rotation est également interverti.

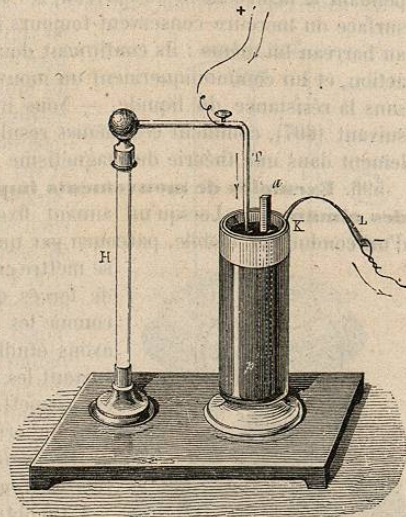


Fig. 450. — Rotation continue d'un aimant sous l'action d'un courant.

L'explication de ce mouvement peut se déduire des lois de l'électro-magnétisme : nous nous contenterons de remarquer que le sens dans

longement de BA, l'autre f' verticale ; de même F_1 peut se décomposer en une force f_1 égale à $F_1 \cos \alpha'$ et dirigée suivant le prolongement de AB, et une force verticale f'_1 ; les deux forces verticales f et f'_1 sont trop faibles pour soulever l'aiguille ; les deux forces horizontales f et f_1 tendent à entraîner l'aiguille, l'une dans la direction BA, l'autre en sens contraire. Or, les intensités des forces F et F_1 étant inversement proportionnelles aux distances CA et CB, on a $F > F_1$; d'ailleurs l'angle α est plus petit que α' , et l'on a $\cos \alpha > \cos \alpha'$; donc $F \cos \alpha$ ou f est plus grand que $F_1 \cos \alpha'$ ou f_1 ; la résultante des deux forces f et f_1 est donc dirigée dans le sens BA. L'aiguille doit donc, dans ce cas, prendre un mouvement de translation suivant BA, c'est-à-dire dirigé du sud au nord, dans le plan du méridien magnétique. — Lorsque, par suite de ce mouvement, le milieu O arrive dans le plan vertical passant par la direction du courant, l'aiguille est animée d'une certaine vitesse qui lui fait dépasser cette position ; mais, la force f_1 devenant alors supérieure à f , la vitesse diminue, puis change de sens. L'aiguille oscille donc de part et d'autre de cette position d'équilibre stable, où elle finit par se fixer.

lequel il s'effectue, sous l'influence des portions les plus voisines du courant, est d'accord avec la règle d'Ampère (568). — Quant à la continuité du mouvement, on peut s'en rendre compte en remarquant que, pendant le déplacement du barreau, les courants qui se propagent à la surface du mercure conservent toujours la même position par rapport au barreau lui-même : ils continuent donc à exercer sur lui la même action, et lui communiqueraient un mouvement indéfiniment accéléré, sans la résistance du liquide. — Nous indiquerons, dans le chapitre suivant (607), comment ces mêmes résultats peuvent s'expliquer facilement dans une théorie du magnétisme qui est due à Ampère.

596) **Exemples de mouvements imprimés à des courants par des aimants.** — Lorsqu'un aimant fixe est placé dans le voisinage d'un conducteur mobile, parcouru par un courant, ce conducteur peut se mettre en mouvement, sous l'influence de forces qui peuvent être considérées

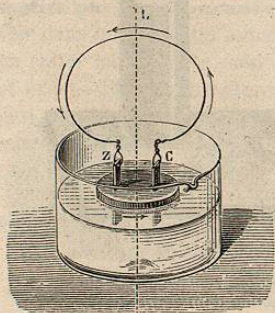


Fig. 451. — Pile flottante.

comme les réactions de celles que nous avons étudiées jusqu'ici. — Ici encore, suivant les liaisons auxquelles le courant est assujéti, le mouvement peut être, soit une *orientation*, soit un mouvement de *translation*, soit un mouvement de *rotation continue*.

1° On obtient l'*orientation* d'un courant mobile, sous l'influence d'un aimant, au moyen des piles flottantes imaginées par de la Rive. — Une lame de zinc Z et une lame de cuivre C (fig. 451) sont assujetties

dans une rondelle de liège, et réunies à leur partie supérieure par un fil métallique rigide L. Si l'on fait flotter le liège sur un vase contenant de l'eau acidulée, il se produit un courant dans le fil. — Si l'on place horizontalement un barreau aimanté, au-dessus de la partie supérieure L et dans le même plan que le fil, on voit l'équipage se mettre en croix avec l'aimant, sa gauche venant se placer du côté du pôle austral. — C'est, comme on voit, l'expérience inverse de celle d'Ersted.

2° Le même appareil peut servir à obtenir un mouvement de *translation* d'un courant, sous l'influence d'un aimant. — Il suffit, pour cela, de placer le pôle du barreau aimanté un peu en avant du circuit CLZ et à la hauteur de son centre, l'axe du barreau étant perpendiculaire au plan du courant. Si c'est le pôle austral qu'on présente, l'expérience montre qu'il y a *répulsion*, dans le cas où le courant est dirigé de telle sorte que l'observateur, placé au pôle austral du barreau, voie ce courant circuler en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre (comme le courant indiqué par la figure 451); il y a *attraction*, si, toutes les conditions étant d'ailleurs les mêmes, le courant

est vu circulant dans le même sens que le mouvement des aiguilles d'une montre (*).

3° L'action d'un aimant fixe peut aussi produire la *rotation continue* d'une portion de courant mobile. C'est ce que montre l'expérience suivante, inverse, quant au résultat, de celle que nous avons décrite plus haut (595, 3°). — Une cuvette de zinc DD (fig. 452), contenant de l'eau acidulée d'acide sulfurique, porte en son centre une colonne métallique H; sur la coupelle o qui termine cette colonne, repose, par une pointe qui plonge dans du mercure, un équipage formé de deux fils métalliques verticaux b et c, et d'un cercle de cuivre horizontal plongé dans l'eau de la cuvette : l'équipage tout entier est ainsi rendu mobile autour d'un axe vertical passant par la pointe i. L'action de l'acide sulfurique sur le zinc développe un courant, dans le circuit qui est formé par la cuvette, le liquide acide, les fils verticaux et la colonne H; ce courant marche dans le sens des flèches de la figure. Si l'on place le pôle d'un aimant K au-dessous de la colonne métallique H, l'équipage prend un mouvement de rotation continu autour de son axe; si c'est le pôle austral de l'aimant qui a été présenté, la rotation a lieu de telle sorte que le système tourne dans le sens des flèches qui sont indiquées au milieu du liquide. — Le sens de cette rotation est, comme on voit, d'accord avec la règle d'Ampère (568); la continuité du mouvement peut se concevoir en remarquant que les courants verticaux conservent, quelle que soit leur position absolue, la même position par rapport à l'aimant. — Nous donnerons plus loin (609) une interprétation de cette expérience dans la théorie du magnétisme qui est due à Ampère.

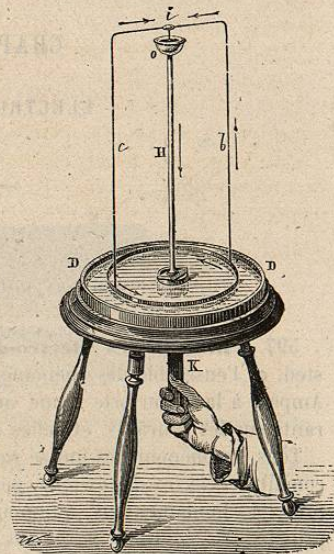


Fig. 452. — Rotation continue d'un courant sous l'action d'un aimant.

(*) L'interprétation de ces faits par les principes fondamentaux de l'électro-magnétisme est un peu plus compliquée que celle de l'expérience de Boisgiraud (595, 2°), parce que le courant a une forme circulaire : nous ne la donnons pas ici. — Nous engagerons seulement le lecteur à revenir sur ces résultats, après avoir lu le chapitre VI, et en considérant l'aimant comme assimilable à un solénoïde : ils apparaîtront alors comme une conséquence nécessaire de cette assimilation, et pourront aisément se fixer dans la mémoire.