

FACULTAD DE MEDICINA Y CIRUGIA

## CHAPITRE VI ÉLECTRO-DYNAMIQUE

### I. — ACTIONS DES COURANTS SUR LES COURANTS

**832. Phénomènes électrodynamiques.** — Puisque, d'une part, un courant crée autour de lui un champ magnétique (814), et que, d'autre part, un élément de courant placé dans un champ magnétique est sollicité par une action électromagnétique (830), il est à prévoir qu'un courant doit exercer des actions sur les divers éléments d'un second courant, placé dans le voisinage du premier.

Tous les phénomènes qui se rattachent à ces actions, et dont l'étude constitue l'*électrodynamique*, peuvent s'interpréter au moyen de trois principes fondamentaux, qui ont été énoncés par Ampère, savoir : 1° le principe des *courants parallèles*; 2° le principe des *courants angulaires*; 5° le principe des *courants sinueux*.

**833. Principe des courants parallèles.** — Deux courants parallèles et de même sens s'attirent; deux courants parallèles et de sens contraires se repoussent. — Pour vérifier ce principe, l'une des dispositions les plus simples est la suivante, qui a été imaginée par Ampère.

Un fil métallique *adefg* (fig. 602), replié comme l'indique la figure, est terminé à ses deux extrémités *a* et *b* par des pointes d'acier, qu'on plonge dans des godets pleins de mercure. Ces godets communiquent, l'un *a*, avec une colonne métallique creuse *H*, dans laquelle on peut amener un courant, au moyen d'un fil plongeant dans le godet *M*; l'autre *b*, avec une tige métallique *H'*, située à l'intérieur de *H*, isolée dans un tube de verre, et par laquelle le courant, après avoir parcouru l'équipage mobile, revient au godet *N* et à la pile. Le conducteur *defg* peut ainsi, sans cesser d'être parcouru par le courant, tourner autour d'un axe vertical passant par *a* et *b*.

Pour avoir une autre portion de courant fixe, dont nous puissions étudier l'action sur les diverses parties du conducteur mobile, nous intercalerons, dans le circuit de la pile, un fil métallique couvert de soie, et enroulé un certain nombre de fois sur un cadre de bois rectangulaire *MNPQ* (fig. 605).

Si, tenant à la main le cadre *MNPQ*, on approche le côté vertical *MN* du côté vertical *fg*, on observe une attraction : or, les portions du fil

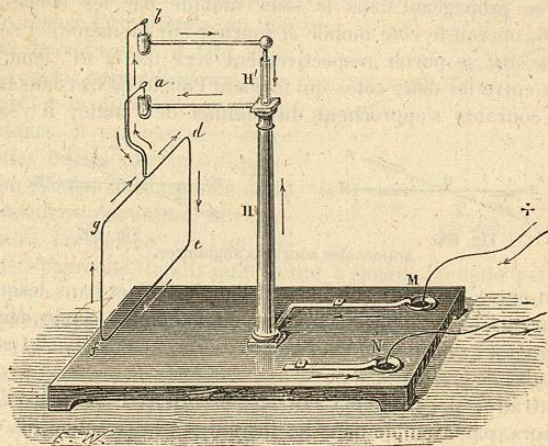


Fig. 602. — Appareil d'Ampère, pour l'étude des actions exercées sur un courant mobile

qui couvrent le côté *MN* du cadre sont parallèles à *fg* (fig. 604), et le courant s'y propage dans le même sens que dans *fg*. — Donc deux courants parallèles et de même sens s'attirent.

Au contraire, si l'on approche ce même côté *MN* du côté de du fil mobile, il se produit une répulsion : or, les portions du fil qui sont appliquées sur *MN* sont encore parallèles à *de* (fig. 605), mais elles sont parcourues par le courant en sens contraire. — Donc deux courants parallèles et de sens contraires se repoussent.

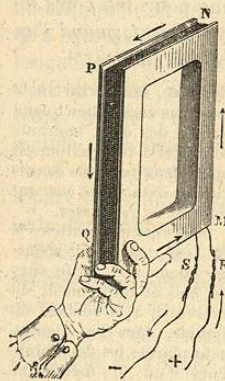


Fig. 605.  
Courant fixe.

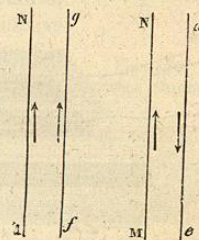


Fig. 604. Fig. 605.  
Actions des courants parallèles.

**834. Principe des courants non parallèles, ou courants angulaires.** — Deux courants non parallèles s'attirent, quand ils s'approchent ou s'éloignent ensemble de leur point de croisement; ils se repoussent, quand l'un s'en approche tandis que l'autre s'en éloigne.

Reprenons le cadre MNPQ (fig. 605), et plaçons le côté PN au-dessous de fe (fig. 602), de manière qu'il fasse avec lui un certain angle. Les courants se propageant dans le sens indiqué par les flèches de la figure 606, on voit le côté mobile ef tourner sur lui-même, et ses deux moitiés Oe, Of, se porter respectivement vers ON et OP. Donc il y a attraction entre les deux côtés qui forment l'angle eON, et dans lesquels les deux courants s'approchent du sommet de l'angle; il y a aussi

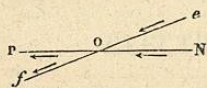


Fig. 606.

Actions des courants angulaires.

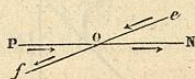


Fig. 607.

attraction entre les côtés qui forment l'angle POe, et dans lesquels les deux courants s'éloignent du sommet de l'angle. — Donc deux courants angulaires s'attirent, quand ils s'approchent ou s'éloignent ensemble de leur point de croisement.

Au contraire, si l'on intervertit le sens du courant dans l'un des conducteurs, par exemple dans les fils qui ont la direction NP, de telle sorte que le courant prenne la direction PN (fig. 607), on voit les deux moitiés Oe et Of s'éloigner respectivement de ON et OP, pour se porter vers OP et ON. Donc il y a répulsion entre les deux côtés de l'angle eON, dans lesquels l'un des courants s'approche du sommet de l'angle tandis que l'autre s'en éloigne; il en est de même pour les côtés de l'angle POe. — Donc deux courants angulaires se repoussent, quand l'un s'approche du point de croisement tandis que l'autre s'en éloigne (\*).

(\*) Puisque deux courants angulaires tels que eO, OP (fig. 606), faisant un angle obtus, se repoussent, on peut se demander si la répulsion n'aura pas encore lieu quand l'angle des deux courants sera égal à 180°; s'il en est ainsi, deux portions consécutives d'un même courant doivent se repousser.

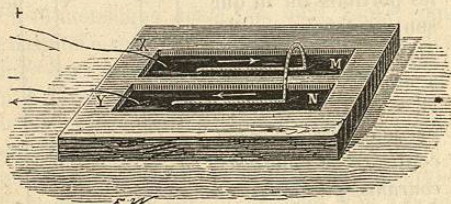


Fig. 608.

Deux rigoles parallèles M et N (fig. 608) sont ménagées dans une petite auge de bois et contiennent du mercure; à la surface du liquide, dans les rigoles, sont placées les deux branches d'un fil métallique couvert de soie, et replié comme l'indique la figure; les extrémités du fil ont été mises à nu, recourbées, et plongent dans le liquide: le courant, arrivant en X et sortant en Y, traverse le mercure et le conducteur mobile, dans le sens des flèches. Aussitôt que les communications sont établies, on voit ce conducteur vivement repoussé (vers la droite, dans la figure actuelle).

Il faut cependant remarquer que, dans cette expérience, la répulsion peut s'expliquer par l'action des courants rectilignes X et Y, sur le courant qui passe dans la portion repliée du conducteur mobile.

Remarque. — Ce principe s'applique encore à deux courants non situés dans un même plan, comme ab et cd dans la figure 609, et c'est même toujours dans ces conditions que l'on réalise l'expérience. Au lieu du point de croisement, il faut alors considérer la perpendiculaire commune pp' à la direction des deux conducteurs. Il y a attraction entre les parties où les courants s'approchent ou s'éloignent ensemble de la perpendiculaire commune, et répulsion entre les parties où l'un des courants s'approche, tandis que l'autre s'éloigne de cette perpendiculaire.

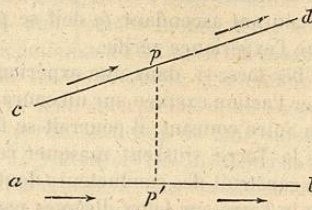
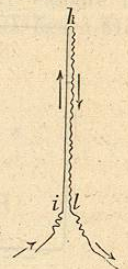


Fig. 609.

835. Principe des courants sinueux. — Un courant sinueux a la même action qu'un courant rectiligne de même intensité et terminé aux mêmes extrémités, pourvu que la distance à laquelle s'exerce cette action soit très grande par rapport à l'amplitude des sinuosités.

Pour vérifier ce principe, on prend un fil de cuivre ihl (fig. 610), dont l'une des branches ih est rectiligne, l'autre hl sinuose, et dont les extrémités communiquent avec les pôles de la pile; si le principe précédent est exact, l'action du système de ces deux fils sur un conducteur quelconque doit être nulle, puisque l'action de hl doit être équivalente à celle d'un courant rectiligne de même longueur et de même intensité que ih, mais de sens contraire. On constate, en effet, en approchant le système ihl de l'un quelconque des côtés du courant mobile de la figure 602, qu'il n'imprime aucun mouvement à ce courant, pourvu que la distance qui l'en sépare soit suffisamment grande par rapport à l'amplitude des sinuosités.

Fig. 610.  
Courant sinueux.

836. Action du champ magnétique terrestre sur des courants mobiles. — Conducteurs astatiques. — Dans toutes les expériences qu'on réalise au moyen de conducteurs plus ou moins mobiles, parcourus par des courants, ces conducteurs sont nécessairement soumis à l'action du champ magnétique terrestre, dont l'existence est rendue manifeste par l'action de la Terre sur l'aiguille aimantée (750). — Ainsi, par exemple, le courant fermé defg (fig. 602), abandonné à lui-même, doit se comporter comme une lame aimantée mobile autour d'un axe vertical, qui posséderait une couche de magnétisme austral sur celle de ses faces qui correspond à la gauche du courant fermé, et une couche de magnétisme boréal sur l'autre face (817, Rem.). Or, la face australe d'une pareille lame aimantée se tournerait vers le nord.

De même le courant *defg* doit se mettre en équilibre dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique; la face qui est à la gauche du courant fermé doit se porter vers le nord, ce qui revient à dire que le courant ascendant *fg* doit se porter vers l'ouest. C'est, en effet, ce que l'expérience vérifie.

Dès lors, si, dans une expérience quelconque, on se propose d'étudier l'action exercée sur un courant mobile, soit par un aimant, soit par un autre courant, il pourrait se faire que les effets produits par l'action de la Terre vinsent masquer ceux dont il s'agit. — C'est pourquoi on construit des conducteurs dont la disposition est telle, que les actions de la Terre sur leurs diverses parties se neutralisent: ces conducteurs prennent le nom de *conducteurs astatiques*.

Les figures 611 et 612 représentent deux conducteurs de cette

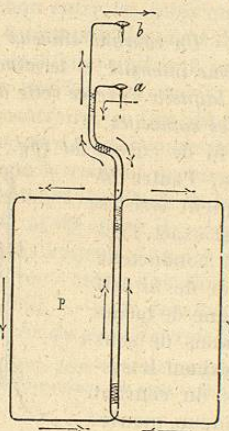


Fig. 611.

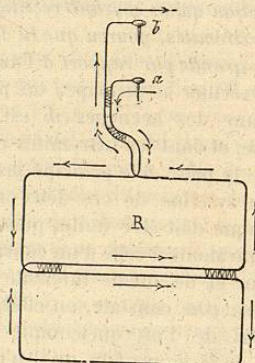


Fig. 612.

Conducteurs astatiques.

espèce. — Quand on fait passer un courant dans le conducteur de la figure 611, la partie fermée de ce conducteur se compose de deux circuits rectangulaires, placés symétriquement par rapport à l'axe autour duquel le conducteur est mobile; mais il est aisé de voir que la gauche du courant, pour l'un de ces deux circuits fermés, correspond à la droite du courant pour l'autre; il en résulte que le conducteur équivaut à un système astatique de deux aiguilles aimantées. — Les mêmes remarques sont applicables au conducteur de la figure 612.

C'est le conducteur de la figure 611 qui devra être employé, préférablement à celui de la figure 602, pour vérifier le principe des courants parallèles (855), sans avoir à tenir compte de l'action de la Terre. — Le conducteur de la figure 612 servira pour vérifier le principe des courants angulaires (854).

837. **Phénomènes électro-dynamiques en général.** — Ampère, et d'autres physiciens après lui, ont appliqué les trois principes dont nous venons de donner une vérification expérimentale, à l'interprétation de diverses expériences, dans lesquelles une portion mobile d'un conducteur parcouru par un courant était soumise à l'action d'un courant fixe: on obtenait, selon les cas, tel ou tel mouvement, d'orientation, de rotation, etc. — Ces expériences, et leur interprétation au moyen des principes posés par Ampère, ont perdu beaucoup de leur valeur. Il est plus simple, et plus général, de rattacher les phénomènes de l'Électrodynamique à ceux de l'Électromagnétisme, par la considération des *champs magnétiques* créés par les courants. — Nous n'y insisterons pas davantage.

## II. — SOLÉNOÏDES. — THÉORIE DU MAGNÉTISME, D'AMPÈRE.

838. **Solénoïdes.** — On appelle *solénoïde*, un système de courants circulaires égaux, de même sens, et dont les plans sont perpendiculaires à la ligne qui passe par leurs centres.

Pour réaliser un solénoïde, on prend un fil de cuivre entouré de soie, et on le contourne sur lui-même comme l'indique la figure 615.

Si un courant pénètre par l'extrémité *a* et sort par l'extrémité *b*, il parcourt dans le même sens toutes les portions circulaires du fil; quant aux portions rectilignes, leur ensemble constitue deux courants rectilignes, de même longueur totale et de sens contraires, dont les actions se neutralisent: le système se comporte donc comme s'il se réduisait aux courants *circulaires*.

Les lignes de force du champ créé par ce système de courants circulaires (fig. 581) présentent une analogie remarquable avec celles que produirait un aimant cylindrique, ayant les mêmes dimensions que le solénoïde. — Nous allons montrer, en effet, par un certain nombre d'expériences, que les solénoïdes jouissent de toutes les propriétés des aimants.

839. **Les solénoïdes jouissent de toutes les propriétés des aimants.** — Suspendons le solénoïde de la figure 615 au support représenté par

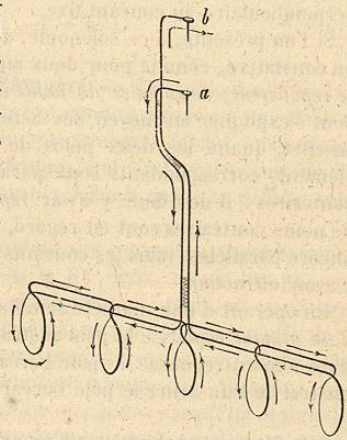


Fig. 615. — Solénoïde.

la figure 602 : il est alors mobile autour de la verticale passant par les pointes *a* et *b*. Or on sait que le plan de chaque cercle tend à s'orienter, sous l'action de la Terre, perpendiculairement au méridien magnétique : le solénoïde doit donc s'orienter de manière que son *axe*, c'est-à-dire la droite qui passe par les centres de tous les cercles, se place comme une aiguille aimantée, dans le plan du méridien magnétique. C'est ce que vérifie l'expérience. — Par analogie avec les aimants, on doit appeler *pôle austral* du solénoïde, l'extrémité qui se tourne vers le nord; *pôle boréal*, l'extrémité qui se tourne vers le sud. — D'ailleurs, les pôles du solénoïde sont définis par le sens même du courant. Le pôle austral est l'extrémité qui est à la gauche de chacun des courants circulaires.

Si l'on soumet le même solénoïde mobile à l'action d'un courant rectiligne fixe, on constate qu'il se comporte encore comme un aimant : il tend à se mettre en croix avec le courant, son pôle austral se portant à gauche. — C'est ce qu'on peut encore s'expliquer, en remarquant que le plan de chacun des courants circulaires tend à se placer parallèlement au courant rectiligne. — Dans ce cas, d'ailleurs, le solénoïde, soumis toujours à l'action de la Terre qui tend à ramener son axe dans le méridien magnétique, prend, comme le ferait un aimant, une position intermédiaire entre la direction du méridien magnétique et la direction perpendiculaire au courant fixe.

Si l'on présente, à ce solénoïde, un autre solénoïde tenu à la main, on constatera, comme pour deux aimants, que deux pôles de même nom se repoussent; deux pôles de noms contraires s'attirent. — Ce résultat peut s'expliquer au moyen des actions des courants sur les courants; en effet, quand les deux pôles de même nom sont en regard, leurs éléments correspondants sont parallèles, et les courants sont de sens contraires : il doit donc y avoir *répulsion* (835). — Quand deux pôles de noms contraires sont en regard, leurs éléments correspondants sont encore parallèles, mais les courants sont de même sens : il doit donc y avoir *attraction*.

En opérant d'une manière semblable, on constate que le pôle austral d'un aimant repousse le pôle austral d'un solénoïde; que le pôle boréal d'un aimant repousse le pôle boréal d'un solénoïde. — Enfin, le pôle austral de l'un attire le pôle boréal de l'autre, et réciproquement.

#### 840. Moment magnétique d'un solénoïde. — Intensité d'aimantation.

— Puisqu'un solénoïde se comporte comme un aimant, on peut définir le *moment magnétique* d'un solénoïde comme on a défini celui d'un aimant : c'est le moment du couple qui sollicite le solénoïde, lorsqu'il est placé dans un champ uniforme dont l'intensité magnétique est égale à l'unité, l'axe du solénoïde étant perpendiculaire à la direction de la force magnétique. — La méthode qui sert à mesurer le moment magnétique d'un aimant (728) peut également servir à mesurer, par expérience, le moment magnétique d'un solénoïde

déterminé, parcouru par un courant d'intensité déterminée. En variant les conditions de l'expérience, on est conduit au résultat suivant, qu'on obtient d'ailleurs par le calcul, en appliquant à chaque élément du solénoïde la loi de Laplace :

Le moment magnétique *M* d'un solénoïde est indépendant de sa longueur *l*; il est proportionnel à sa section *s*, au nombre *N* des courants circulaires, et à l'intensité *i* de ces courants. — Si l'on évalue *i* avec l'unité électromagnétique, on a

$$(1) \quad M = Nsi \quad (*)$$

Si maintenant on remarque que le volume de ce solénoïde est *ls*, on peut définir son *intensité d'aimantation* *A*, comme on a défini celle d'un aimant (728); c'est le quotient de *M* par *ls*, ou  $\frac{N}{l}i$ ; or  $\frac{N}{l}$  représente le nombre *n*<sub>1</sub> de courants circulaires compris dans l'unité de longueur, prise sur l'axe du solénoïde. On a donc

$$(2) \quad A = n_1 i.$$

Enfin, on peut exprimer l'intensité d'aimantation en fonction de la force magnétique *F* prise en un point quelconque, à l'intérieur du solénoïde, quand on le suppose de forme très allongée. Dans ce cas, l'intensité magnétique du champ créé à l'intérieur de la bobine est d'autant plus grande que le courant est plus intense et que les spires sont plus rapprochées; on démontre que l'on a  $F = 4\pi n_1 i$ . En remplaçant *i* par sa valeur, dans l'expression de *A*, il vient,

$$(3) \quad A = \frac{F}{4\pi}, \quad \text{ou} \quad F = 4\pi A.$$

**841. Théorie du magnétisme, d'Ampère.** — Les analogies que présentent les solénoïdes et les aimants ont conduit Ampère à une théorie dans laquelle on considère les aimants comme devant eux-mêmes leurs propriétés à des courants électriques, qui circuleraient autour de leurs molécules, chacun de ces courants fermés ayant sa gauche vers l'extrémité australe.

Dans la théorie d'Ampère, on considère ces courants comme existant toujours, soit dans l'acier, soit dans le fer doux, même lorsque ces corps ne manifestent pas de signes d'aimantation; mais, dans ce cas, les courants présentent des orientations variables d'une molécule à l'autre, en sorte que leur présence ne peut se révéler par aucun effet extérieur. — On admet que l'aimantation a pour effet d'amener tous ces courants particuliers à circuler dans des plans parallèles et dans le même sens. Cette orientation est temporaire dans le fer doux aimanté par influence; elle est durable dans l'acier trempé.

(\*) Cette formule (1) est la véritable formule de définition de l'unité électromagnétique d'intensité de courant. — Si l'on fait  $M = 1$ ,  $N = 1$ ,  $s = 1$ , on a  $i = 1$ . L'unité d'intensité de courant est donc l'intensité d'un courant circulaire fermé, dont le moment magnétique serait égal à l'unité, la surface du circuit étant d'un centimètre carré.

Chaque filet magnétique (722) d'un barreau aimanté est ainsi assimilable à un petit solénoïde. — Pour expliquer que les pôles d'un barreau aimanté sont toujours situés à une certaine distance de ses extrémités, on admet que les divers solénoïdes élémentaires, sous l'influence de leurs réactions mutuelles, arrivent à se courber légèrement, en divergeant les uns par rapport aux autres au voisinage des extrémités du barreau : les centres d'action du système, qui constituent les pôles de l'aimant, se trouvent ainsi à une certaine distance des extrémités elles-mêmes. — Quand on subdivise un solénoïde en plusieurs parties, chaque partie est encore un solénoïde ayant deux pôles disposés comme dans le solénoïde primitif. Il en est de même pour un aimant brisé en plusieurs fragments (721). — On peut, en considérant les aimants sous ce nouveau point de vue, se reporter à chacune des expériences par lesquelles nous avons constaté les actions exercées par les courants sur les aimants, et montrer qu'elles peuvent s'expliquer par les actions des courants sur les courants.

*Remarque.* — Dans le cas d'un aimant de forme très allongée, les filets magnétiques sont parallèles entre eux, sauf aux extrémités; les formules (1) et (2), relatives à un solénoïde, sont alors applicables à un pareil aimant, de dimensions déterminées; le moment magnétique et l'intensité d'aimantation sont d'autant plus grands, que les courants moléculaires sont plus intenses. En tous les points intérieurs d'un pareil aimant, comme en tous les points intérieurs d'un solénoïde allongé, s'exerce une force magnétique  $F$ , proportionnelle à l'intensité des courants particuliers, et par conséquent à l'intensité d'aimantation (840, formule 3) (\*). La valeur de cette force est :

$$F = 4\pi A.$$

On doit considérer les directions des filets magnétiques, à l'intérieur d'un aimant, comme étant des lignes de force magnétiques.

**842. Le champ magnétique terrestre est assimilable à celui que produirait un courant équatorial fermé, dirigé de l'est à l'ouest.** — Le champ magnétique terrestre, tel que l'expérience nous le fait connaître, est uniforme dans une étendue de l'espace très considérable par rapport aux dimensions des aimants qui servent aux expériences; mais, d'un lieu à l'autre de la Terre, la direction et la grandeur de la force magnétique sont variables. — C'est en considérant l'ensemble des lignes de force de tout le champ terrestre, qu'on a pu assimiler ce champ à celui que produirait un aimant placé au centre du globe (750), et dont la ligne des pôles serait un peu inclinée sur l'axe de rotation de la Terre.

On peut aussi assimiler le champ magnétique terrestre à celui que

(\*) Quoiqu'on ne puisse pas mettre facilement en évidence l'existence de cette force magnétique, comme on peut le faire pour un solénoïde, puisqu'on ne peut pas introduire une aiguille aimantée mobile à l'intérieur d'un aimant, les phénomènes d'induction, qu'on étudiera plus loin, permettent néanmoins d'en effectuer la mesure.

produirait un courant équatorial fermé, qui serait dirigé de l'est à l'ouest, et dont l'axe, dirigé à peu près du nord au sud, serait un peu incliné sur l'axe de rotation de la Terre. — La gauche d'un pareil courant fermé est du côté de l'hémisphère sud, dans lequel se trouve le pôle austral de l'aimant terrestre.

### III. — ÉLECTRODYNAMOMÈTRES.

**843. Principe des électrodynamomètres.** — Les électrodynamomètres, destinés à la mesure des intensités des courants, diffèrent des galvanomètres en ce que l'aiguille aimantée, suspendue au centre de la bobine du multiplicateur, est remplacée par un solénoïde, mobile autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de la bobine du multiplicateur. Le courant dont on veut mesurer l'intensité passe successivement dans le multiplicateur et dans le solénoïde.

Sous l'action du multiplicateur, une masse magnétique, australe ou boréale, égale à l'unité, serait sollicitée par une force proportionnelle à l'intensité du courant. Or le solénoïde, parcouru par ce même courant, est équivalent à un aimant d'une longueur déterminée, dont chacune des deux masses magnétiques, australe et boréale, serait aussi proportionnelle à l'intensité du courant; on conçoit donc que les deux pôles du solénoïde seront sollicités par deux forces égales et de sens contraires, proportionnelles au carré de l'intensité du courant. — Ces forces tendent à amener l'axe du solénoïde parallèlement à l'axe de la bobine fixe; si l'on fait en sorte qu'une force antagoniste, telle que la torsion d'un fil, s'oppose à ce mouvement, le système doit se mettre en équilibre dans une position déterminée. — En général, la déviation, si elle ne dépasse pas quelques degrés, est proportionnelle au carré de l'intensité du courant.

Les électrodynamomètres, généralement inférieurs aux galvanomètres sous le rapport de la sensibilité, présentent cependant sur les galvanomètres certains avantages :

1° Le sens de la déviation ne change pas quand on intervertit le sens du courant. Il en résulte qu'on peut employer les électrodynamomètres pour mesurer les intensités de courants alternatifs, c'est-à-dire de courants qui changent de sens à des intervalles de temps réguliers. De pareils courants sont fréquemment employés, notamment pour l'éclairage électrique : en passant dans un galvanomètre, un courant alternatif laisserait l'aiguille au repos, ou la mettrait en oscillation de part et d'autre de sa position d'équilibre.

2° On peut faire en sorte que la composante horizontale du champ terrestre n'intervienne pas dans l'établissement de la position d'équilibre du solénoïde mobile. On peut alors effectuer des mesures absolues

d'intensités de courants, sans qu'il soit nécessaire de connaître la valeur de la composante horizontale du champ terrestre, dans le lieu où l'on opère.

844. **Électrodynamomètre absolu de M. Pellat.** — L'axe de la bobine fixe AB (fig. 614) est horizontal et placé perpendiculairement au méridien magnétique. La bobine mobile *ab* est portée par un fléau de balance DOC; quand l'appareil ne reçoit pas de courant, l'axe de cette bobine est vertical, le fléau étant maintenu horizontal par une tare placée dans le plateau P. — Le fil est enroulé successivement sur les deux bobines de façon que, lorsqu'il sera parcouru par un courant, les deux extrémités A et *a* soient, pour les solénoïdes, des pôles de même nom. Supposons, par exemple, que A soit à la gauche des courants fermés de la bobine fixe : les lignes de force, à l'intérieur de cette bobine, sont alors dirigées suivant BA; l'intensité magnétique du champ est  $F = 4\pi n_1 i$  (840), en désignant par  $n_1$  le nombre de spires par centimètre, et par  $i$  l'intensité du courant, évaluée avec l'unité électromagnétique. Si le fil fait N tours sur la bobine *ab*, la surface de chaque courant circulaire étant  $s$ , le moment magnétique du solénoïde *ab* est  $M = Nsi$ , ou  $M = Si$ , en représentant par S la surface totale de tous les courants circulaires qui composent la bobine mobile. Puisque l'axe de cette bobine est perpendiculaire aux lignes de force du champ magnétique, le couple des forces qui sollicite *a* du côté de A est MF. — Soit  $p$  grammes la masse qu'il faut ajouter sur le plateau P, pour maintenir le fléau horizontal. On peut supposer deux forces égales à  $pg$ , verticales et directement opposées, toutes les deux appliquées au point O; celle qui est dirigée de bas en haut constitue, avec le poids  $pg$  supposé appliqué au point C, un couple de moment  $pga$ , en désignant par  $a$  la longueur du bras de levier OC. C'est ce couple qui fait équilibre au couple provenant des actions électrodynamiques. — On a donc  $MF = pga$ , que l'on peut écrire :

$$4\pi n_1 S i^2 = pga, \quad \text{d'où l'on tire} \quad i = \sqrt{\frac{ay}{4\pi n_1 S}} \sqrt{p}.$$

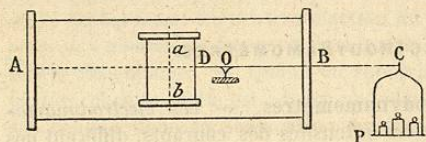


Fig. 614. — Électrodynamomètre absolu.

Fig. 615. — Développement du magnétisme par les courants. — On sait que des tiges de fer ou d'acier, placées dans un champ magnétique, acquièrent une aimantation temporaire ou permanente (718, 720). Puisqu'un courant crée autour de lui un champ magnétique, il doit faire naître l'aimantation dans un corps magnétique placé dans son voisinage. — Les expériences suivantes prouvent qu'il en est ainsi. Si, comme l'a fait Arago, on place une tige de fer en croix avec un conducteur traversé par un courant, on constate qu'il se développe, dans la tige, une aimantation qui persiste tant que le courant passe; les pôles sont placés conformément à la règle d'Ampère (\*). Si l'on place, en croix avec un courant, une aiguille d'acier trempé, non aimantée, on voit l'aimantation s'y développer avec lenteur, mais persister après le passage du courant.

846. **Aimantation permanente de l'acier par les courants ou par les décharges électriques.** — A la suite de ces expériences, Ampère eut l'idée d'accroître le magnétisme développé par un courant dans une aiguille d'acier, en enroulant autour d'elle le fil conducteur. — Si l'on place une aiguille d'acier dans un tube de verre, autour duquel on aura enroulé en hélice un fil métallique (fig. 615), et si l'on fait passer



Fig. 615.

un courant dans ce fil pendant quelques instants, on constate que l'aiguille s'aimante. Le pôle austral se développe à la gauche de chacun des courants circulaires. — On peut encore dire que le pôle austral se forme à l'extrémité devant laquelle il faut se placer pour que

(\*) Si l'on plonge dans la limaille de fer un fil de cuivre, et qu'on y fasse passer un courant, on voit les grains de limaille s'attacher à ce fil et s'attirer les uns les autres, comme de petits aimants : l'attraction cesse dès qu'on ouvre le circuit.

## CHAPITRE VII

### AIMANTATION PAR LES COURANTS TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

#### I. — DÉVELOPPEMENT DU MAGNÉTISME PAR LES COURANTS. — ÉLECTRO-AIMANTS.