

l'expérience d'Ersted (fig. 557), l'aiguille aimantée étant mobile, tandis que le courant est fixe, c'est elle qui se dirige et se met en croix avec le courant. Si, au contraire, l'aimant est fixe et le courant mobile, c'est celui-ci qui se dirige et vient se mettre en croix avec l'aimant, le pôle austral occupant toujours la gauche. Pour démontrer ce principe, on dispose l'expérience comme le montre la figure 561. Le circuit que parcourt le courant est mobile, et au-dessous de sa branche inférieure on approche un fort barreau aimanté : aussitôt le circuit se met à tourner, et s'arrête, après quelques oscillations, dans un plan perpendiculaire à l'aimant, de manière que le pôle austral de celui-ci se trouve à la gauche du courant dans la partie inférieure du circuit.

On verra bientôt, en traitant des courants d'Ampère (727), comment on explique l'action réciproque entre les aimants et les courants.

#### CHAPITRE IV.

##### ÉLECTRO-DYNAMIQUE, ATTRACTIONS ET RÉPULSIONS DES COURANTS PAR LES COURANTS.

**713. Actions mutuelles des courants électriques.** — Lorsque deux fils métalliques voisins sont traversés simultanément par un courant électrique, il se produit entre ces fils, selon la direction relative des deux courants, des attractions ou des répulsions analogues à celles qui s'exercent entre les pôles de deux aimants. Ces phénomènes, dont la découverte est due à Ampère, peu de temps après celle d'Ersted (707), constituent une branche de l'électricité dynamique qu'on désigne sous le nom d'*électro-dynamique*. Les lois qui les régissent présentent différents cas, suivant que les courants sont parallèles ou angulaires, rectilignes ou sinueux.

**714. Lois des courants parallèles.** — 1<sup>o</sup> Deux courants parallèles et de même sens s'attirent.

2<sup>o</sup> Deux courants parallèles et de sens contraires se repoussent.

Pour démontrer ces lois, on partage le circuit que parcourt le courant en deux parties, l'une fixe, l'autre mobile, comme le montre la figure 562. La partie fixe se compose de deux colonnes de cuivre placées verticalement sur une planchette de bois. L'électrode positive d'une pile de quatre ou cinq couples Bunsen communiquant avec le pied de la colonne qui occupe la gauche du

dessin, le courant monte dans cette colonne, se rend dans un fil A, et de là dans une capsule B, contenant du mercure. A partir de celle-ci, commence la partie mobile du circuit, laquelle se compose d'un fil de cuivre rouge, dont une extrémité repose, à l'aide d'un pivot, sur la capsule B, et l'autre plonge dans une seconde capsule C, de laquelle le courant s'élève dans la colonne à droite, qui, par son sommet, communique avec l'électrode négative de la pile.

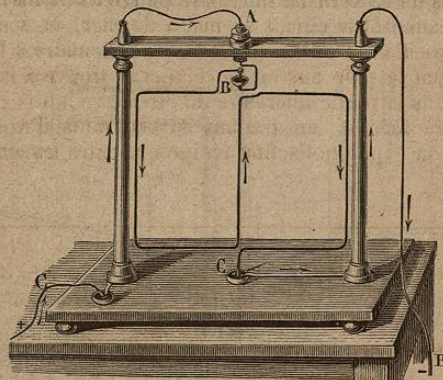


Fig. 562 (h = 51).

D'après la disposition des flèches, on voit que le courant marche en sens contraire dans les colonnes et dans le circuit mobile. Or, celui-ci, qu'on a soin de placer, avant le passage du courant, dans le plan des axes des colonnes, s'en éloigne en tournant sur son pivot B, aussitôt que le courant passe ; ce qui démontre la deuxième loi.

Pour démontrer la première, on enlève le circuit mobile de la figure 562, et on lui substitue celui représenté dans la figure 563. Le courant étant alors de même sens, dans les colonnes et dans la partie mobile, on constate qu'il y a attraction, car le circuit mobile revient toujours dans le plan des axes des deux colonnes aussitôt qu'on l'en éloigne.

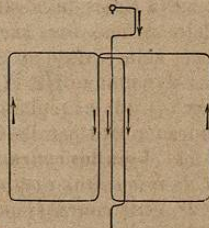


Fig. 563.

**715. Lois des courants angulaires.** — 1<sup>o</sup> Deux courants rectilignes, dont les directions forment entre elles un angle, s'attirent lorsqu'ils s'approchent ou s'éloignent tous les deux du sommet.

2<sup>o</sup> Ils se repoussent, si, l'un marchant vers le sommet de l'angle, l'autre s'en éloigne.



Pour démontrer ces deux lois, on fait généralement usage d'un appareil que nous avons donné dans nos précédentes éditions, et qui est dû à M. Pouillet. Mais cet appareil marche fort difficilement, et l'on doit lui préférer celui qui est représenté dans la figure 565. Ce dernier, qui n'est qu'une modification d'un appareil déjà adopté par Ampère pour démontrer les lois des courants angulaires, et qui est décrit dans le *Traité d'électricité* de M. de La Rive, est extrêmement sensible.

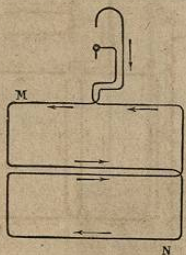


Fig. 564

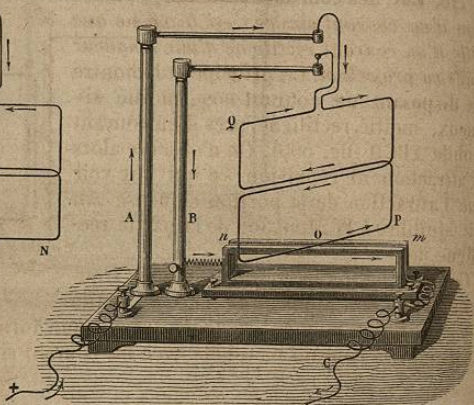


Fig. 565.

On voit qu'il n'est autre chose que l'appareil déjà représenté dans la figure 561; seulement, sur la planchette, on pose un petit cadre de bois  $mn$ , sur lequel s'enroule plusieurs fois un gros fil dans lequel passe le courant, de manière à multiplier son action sur le circuit mobile  $PQ$ , qui est astatique (731). Le courant, entrant par le pied de la colonne  $A$ , gagne le circuit  $PQ$ , qu'il parcourt dans le sens indiqué par les flèches; puis revient par la colonne  $B$ , se rend dans le multiplicateur, et sort en  $C$ . Or, ayant disposé le circuit mobile de manière que son plan fasse un angle avec le multiplicateur, et le courant s'écartant du sommet de l'angle dans les deux fils, comme le montre la figure, on voit, aussitôt que le courant passe, l'angle  $POm$  diminuer, ce qui montre que, conformément à la première loi, il y a attraction entre les deux courants. Au contraire, si au circuit  $PQ$  on substitue le circuit  $MN$  (fig. 564), les deux courants étant alors de sens contraires par rapport au sommet de l'angle  $POm$ , celui-ci augmente; ce qui indique qu'il y a répulsion, et prouve la seconde loi.

Ampère a conclu de la deuxième loi ci-dessus qu'un courant angulaire tend à se redresser, et que, dans un courant rectiligne, chaque élément du courant repousse le suivant et en est repoussé. On essaie ordinairement de démontrer ce principe en faisant voir que, lorsque le courant passe d'un bain de mercure dans un petit fil de cuivre qui repose sur la surface du liquide, ce fil est repoussé; mais la résistance qui résulte du changement de conducteur peut suffire pour produire le phénomène.

716. **Loi des courants sinueux.** — L'action d'un courant sinueux est la même que celle d'un courant rectiligne d'une longueur égale en projection. Ce principe se démontre en disposant un courant  $mno$ , moitié sinueux, moitié rectiligne, près d'un courant mobile  $ABCD$  (fig. 566). On n'observe alors ni attraction ni répulsion, ce qui fait voir que l'attraction de la portion sinieuse  $mn$  fait équilibre à la répulsion de la partie rectiligne  $no$ .

Ce principe sur les courants sinueux trouvera bientôt son application dans de petits appareils qu'on nomme *solénoïdes*, et qui sont formés de la combinaison d'un courant rectiligne avec un courant sinueux (722).

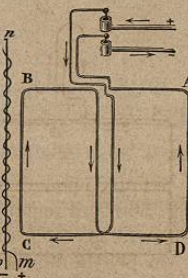


Fig. 566.

## DIRECTION DES COURANTS PAR LES COURANTS.

717. **Action d'un courant indéfini sur un courant perpendiculaire à sa direction.** — D'après l'action qui s'exerce entre deux courants angulaires (715), on peut facilement déterminer celle qu'exerce un courant rectiligne  $PQ$  (fig. 567), fixe et indéfini, sur un courant mobile  $KH$  perpendiculaire à sa direction. Pour cela, soit  $OK$  la perpendiculaire commune à  $KH$  et  $PQ$ , laquelle est nulle si les deux lignes  $PQ$  et  $KH$  se rencontrent. Le courant  $PQ$  étant dirigé de  $Q$  vers  $P$ , dans le sens des flèches, considérons d'abord le cas où le courant  $KH$  se rapproche du courant  $PQ$ . D'après la première loi des courants angulaires, la portion  $QO$  du courant  $PQ$  attire le courant  $KH$ , puisque ces courants se dirigent tous les deux vers le sommet de l'angle formé par leurs directions. Quant à la portion  $PO$  du courant  $PQ$ , elle repousse au contraire le courant  $KH$ , car ici les deux courants sont de sens contraires par rapport au sommet de l'angle formé par leurs directions. Représentant donc par  $mq$  et  $mp$  les deux forces, l'une attractive, l'autre répulsive, qui



sollicitent le courant KH, forces qui sont nécessairement de même intensité, puisque tout est symétrique des deux côtés du point O, on sait (29) que ces deux forces se composent en une force unique mn, laquelle tend à entraîner le courant KH, parallèlement au courant PQ, dans un sens opposé à ce dernier.

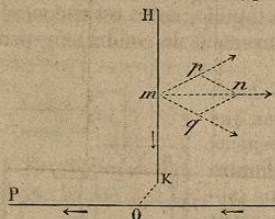


Fig. 567.

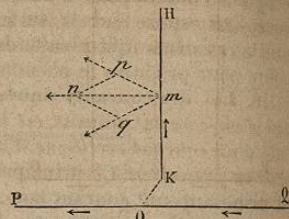


Fig. 568.

Si l'on considère le cas où le courant KH s'éloigne du courant PQ (fig. 568), on reconnaît facilement qu'il est encore entraîné parallèlement à ce courant, mais dans le même sens que lui.

On peut donc poser ce principe général : *Un courant fini mobile, qui s'approche d'un courant fixe indéfini, est sollicité à se mouvoir dans une direction parallèle et opposée à celle du courant fixe; si le courant mobile s'écarte du courant fixe, il est encore sollicité à se mouvoir parallèlement à ce courant, mais dans le même sens.*

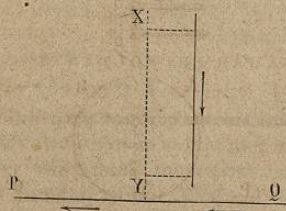


Fig. 569.

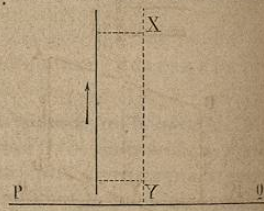


Fig. 570.

Il suit de là qu'un courant vertical étant mobile autour d'un axe XY parallèle à sa direction (fig. 569 et 570), tout courant horizontal PQ a pour effet de faire tourner le courant mobile autour de son axe, jusqu'à ce que le plan de l'axe et du courant soit devenu parallèle à PQ, le courant vertical s'arrêtant, par rapport à son axe, du côté d'où vient le courant PQ (fig. 569), ou du côté où il se dirige (fig. 570), selon que le courant vertical est descendant ou ascendant, c'est-à-dire selon qu'il s'approche ou qu'il s'écarte du courant horizontal.

On déduit encore du principe ci-dessus qu'un système de deux

courants verticaux, mobiles ensemble autour d'un axe vertical (fig. 571 et 572), est dirigé par un courant horizontal PQ dans un plan parallèle à ce courant, quand des deux courants verticaux l'un est ascendant et l'autre est descendant (fig. 571); mais que

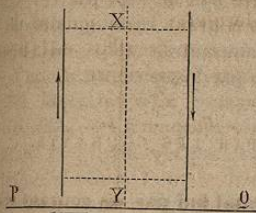


Fig. 571.

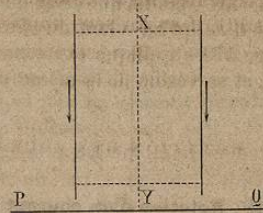


Fig. 572.

s'ils sont tous deux descendants (fig. 572), ou tous deux ascendants, ils ne sont pas dirigés.

718. **Action d'un courant rectiligne indéfini sur un courant rectangulaire ou circulaire.** — Il est facile de reconnaître qu'un courant horizontal indéfini exerce sur un courant rectangulaire mobile autour d'un axe vertical (fig. 573) la même action directrice que ci-dessus. En effet, d'après la direction des courants marqués

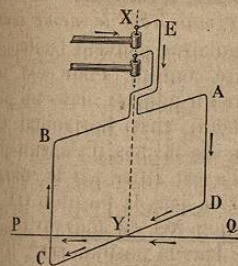


Fig. 573.

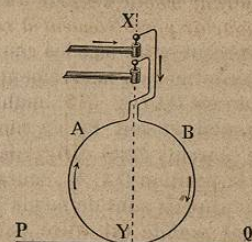


Fig. 574.

par les flèches, la portion QY agit par attraction non-seulement sur la portion horizontale YD (loi des courants angulaires, 715), mais encore sur la partie verticale AD (loi des courants perpendiculaires, 717). La même action a évidemment lieu entre la portion PY, et les parties CY et BC. Donc le courant fixe PQ tend à diriger le courant rectangulaire mobile ABCD dans une position parallèle à PQ, et telle, que dans les fils CD et PQ le sens des deux courants soit le même.

Ce principe est facile à démontrer par l'expérience, en plaçant



le circuit ABCD sur l'appareil à deux colonnes de la figure 565, et en faisant passer au-dessous un courant un peu intense, qui fasse d'abord avec lui un angle plus ou moins aigu. Toutefois il sera préférable de faire usage du circuit de la figure 565, qui est astatique (731), tandis que celui de la figure 573 ne l'est pas.

Tout ce qu'on vient de dire sur le courant rectangulaire de la figure 573 s'applique exactement au courant circulaire de la figure 574, et se vérifie de la même manière par l'expérience.

ROTATION DES COURANTS PAR LES COURANTS.

719. **Rotation d'un courant horizontal fini par un courant rectiligne horizontal indéfini.** — Les attractions et les répulsions

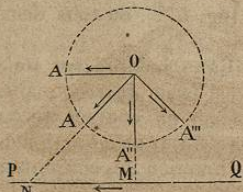


Fig. 575.

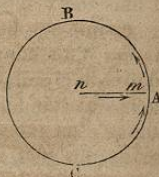


Fig. 576.

qu'exercent entre eux les courants angulaires peuvent facilement se transformer en mouvement circulaire continu. Pour cela, soit un courant OA (fig. 575), mobile autour du point O, dans un plan horizontal, et soit PQ un courant indéfini, aussi horizontal. Ces deux courants étant dirigés dans le sens des flèches, il s'ensuit que, dans la position OA, le courant mobile est attiré par le courant PQ, puisqu'ils sont de même sens. Arrivé dans la position OA', le courant mobile est attiré par la portion NQ du courant fixe et repoussé par la portion PN. De même dans la position OA'', il est attiré par MQ et repoussé par PM, et ainsi de suite; d'où résulte un mouvement de rotation continu dans le sens A A' A'' A'''.... Si le courant mobile, au lieu d'être dirigé de O vers A, l'était de A vers O, il est facile de voir que la rotation aurait lieu en sens contraire. Donc, par l'effet du courant fixe indéfini PQ, le courant mobile OA tend à tourner d'un mouvement continu dans une direction rétrograde par rapport à celle du courant fixe.

Si, les deux courants étant encore horizontaux, le courant fixe est circulaire au lieu d'être rectiligne, il est facile de reconnaître que son effet sera encore de produire un mouvement circulaire

continu. Soient, en effet, deux courants placés dans un plan horizontal, l'un ABC (fig. 576), fixe et circulaire, l'autre *mn*, rectiligne et mobile autour du centre *n*. Ces courants, étant dirigés dans le sens des flèches, s'attirent dans l'angle *nAC*, car ils vont tous les deux vers le sommet (715, 1°). Dans l'angle *nAB*, au contraire, ils se repoussent, car l'un va vers le sommet, tandis que l'autre s'en éloigne. Les deux effets concourent donc pour faire tourner le fil *mn* d'une manière continue dans le sens ACB.

720. **Rotation d'un courant vertical par un courant circulaire horizontal.** — Un courant circulaire horizontal, qui agit sur un courant rectiligne vertical, lui imprime aussi un mouvement de rotation continu. Pour le démontrer, on fait usage de l'appareil représenté dans la figure 577. Il se compose d'un vase de cuivre

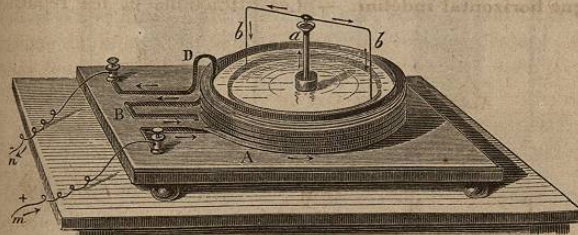


Fig. 577 (h = 16).

rouge autour duquel s'enroule une lame de même métal recouverte de soie ou de laine, et parcourue par un courant fixe. Au centre du vase est une colonne de laiton *a*, terminée par une capsule qui contient du mercure. Dans celui-ci plonge un pivot qui supporte un fil de cuivre rouge *bb*, recourbé à ses extrémités en deux branches verticales qui viennent se souder à un anneau très-léger de cuivre rouge, plongeant dans de l'eau acidulée contenue dans le vase. Le courant d'une pile arrivant par le fil *m* se rend dans la lame A, d'où, après avoir fait plusieurs circuits autour du vase, il arrive à la lame B, et de là gagne, au-dessous du vase, la partie inférieure de la colonne *a*. Montant alors dans cette colonne, il passe dans les fils *bb*, dans l'anneau de cuivre rouge, dans l'eau acidulée et dans les parois du vase, d'où il revient à la pile par la lame D. Le courant se trouvant ainsi fermé, le circuit *bb* et l'anneau se mettent à tourner en sens contraire du courant fixe, mouvement qui est bien dû à l'action du courant circulaire sur le courant des branches verticales *bb*, comme il est facile de le voir d'après les deux lois des courants angulaires, la branche *b*, de droite, étant attirée en avant par la portion A du circuit fixe, et la branche *b*,



de gauche, l'étant en sens contraire par la portion opposée. Quant à l'action du courant circulaire sur la partie horizontale du circuit *bb*, elle concourt évidemment pour faire tourner dans le même sens; mais son action peut être rendue négligeable par la distance.

721. **Rotation des aimants par les courants.** — Les mêmes mouvements de rotation que les courants font prendre aux courants, ils les imprimant aussi aux aimants, ce que M. Faraday, le premier, a démontré au moyen de l'appareil représenté dans la figure 578. Cet appareil se compose d'une large éprouvette de

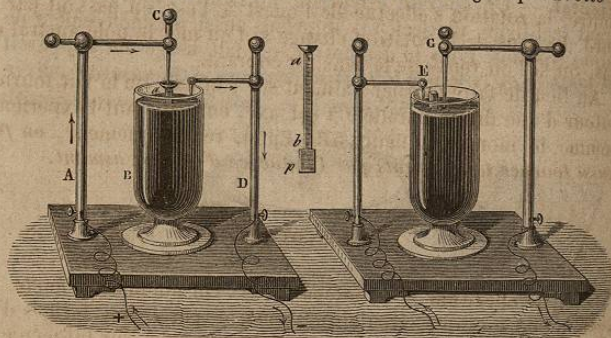


Fig. 578.

Fig. 579.

verre remplie à peu près complètement de mercure. Au centre de ce liquide plonge un aimant de 20 centimètres de longueur environ, s'élevant de quelques millimètres au-dessus de la surface du mercure, et lesté, à sa partie inférieure, par un cylindre de platine, comme il est représenté en *ab* sur la droite de l'appareil. A la partie supérieure de l'aimant est adaptée une petite capsule de cuivre rouge contenant du mercure; c'est dans cette capsule qu'arrive le courant par une tige C. Or, aussitôt que le courant, montant par la colonne A, passe dans l'aimant, de là dans le mercure, et sort par la colonne D, on voit l'aimant tourner sur lui-même, autour de son axe, avec une vitesse qui dépend de sa puissance magnétique et de l'intensité du courant.

On explique ce mouvement de rotation en s'appuyant sur la théorie d'Ampère qui va être donnée ci-après, et d'après laquelle les aimants sont parcourus sur leur contour par une infinité de courants circulaires de même sens, dans des plans perpendiculaires à l'axe de l'aimant (727). Cela posé, au moment où, dans l'expérience ci-dessus, le courant passe de l'aimant dans le mercure, il se divise, à la surface de celui-ci, en une infinité de courants rec-

tilignes dirigés de l'axe de l'aimant à la périphérie de l'éprouvette. Or, chacun de ces courants agit sur les courants de l'aimant, de la même manière que, dans la figure 576 ci-dessus, le courant rectiligne *mn* agit sur le courant circulaire CAB; c'est-à-dire que le cercle CAB figurant un des courants de l'aimant, il y a attraction dans l'angle  $\angle nAC$  et répulsion dans l'angle  $\angle nAB$ , et par suite rotation continue de l'aimant autour de son axe. C'est seulement sur l'extrémité supérieure de l'aimant que s'exerce l'action du courant; et si le pôle austral est en haut, comme dans le dessin ci-contre, la rotation s'effectue de l'ouest à l'est, en passant par le nord. Le sens de la rotation change si l'on met le pôle austral en bas, ou si l'on renverse le sens du courant.

Au lieu de faire tourner l'aimant sur son axe, on le fait tourner autour d'une droite parallèle à cet axe, en disposant l'expérience comme le montre la figure 579. Enfin, réciproquement, on fait aussi tourner les courants par l'influence d'un fort aimant.

## SOLÉNOÏDES.

722. **Composition d'un solénoïde.** — On nomme *solénoïde*, un système de courants circulaires égaux et parallèles, formés d'un même fil de cuivre recouvert de soie et replié sur lui-même en hélice, comme le montre la figure 580. Toutefois un solénoïde n'est complet qu'autant qu'une partie BC du fil est ramenée



Fig. 580.

suivant l'axe dans l'intérieur de l'hélice. Avec cette disposition, lorsque le circuit est parcouru par un courant, il résulte de ce qui a été dit sur les courants sinueux (716) que l'action du solénoïde, dans le sens de sa longueur AB, est détruite par celle du courant rectiligne BC. Cette action est donc nulle dans le sens de la longueur, et, par conséquent, l'effet d'un solénoïde équivaut rigoureusement, dans une direction perpendiculaire à l'axe, à celui d'une série de courants circulaires égaux et parallèles.

723. **Action des courants sur les solénoïdes.** — Ce qui a été dit de l'action des courants rectilignes fixes sur les courants finis, rectangulaires ou circulaires (718), s'appliquant évidemment à chacun des circuits d'un solénoïde, il en résulte qu'un courant rectiligne doit tendre à diriger ces circuits parallèlement à lui-même. Pour constater ce fait par l'expérience, on construit le solénoïde comme le montre la figure 581, de manière à pouvoir le suspendre par deux pivots sur les godets A et B de l'appareil représenté dans la



figure 582 ci-après. Le solénoïde est alors très-mobile autour d'un axe vertical, et si l'on dirige en dessous, parallèlement à son axe, un courant rectiligne qui passe en même temps dans les fils du solénoïde, on voit celui-ci tourner et se mettre en croix avec le courant, c'est-à-dire dans une position telle, que ses circuits se

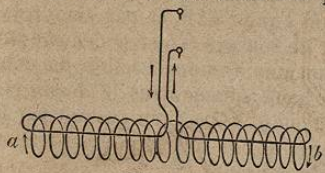


Fig. 581.

trouvent parallèles au courant fixe, et, de plus, dans la partie inférieure de chacun d'eux, le courant est de même sens que dans le fil rectiligne (718).

Si au lieu de faire passer horizontalement un courant rectiligne au-dessous du solénoïde, on le fait passer verticalement sur le côté, on observe une attraction ou une répulsion, suivant que, dans le fil vertical et dans la partie du solénoïde la plus voisine, les deux courants sont de même sens ou de sens contraires.

**724. Action directrice de la terre sur les solénoïdes.** — Si l'on pose sur les godets A et B de l'appareil à deux colonnes de la figure 582 le solénoïde à suspension représenté ci-dessus, et qu'on le dirige d'abord hors du méridien magnétique, on observe qu'aussitôt qu'un courant assez énergique passe dans le solénoïde, celui-ci entre en mouvement et s'arrête dans une direction telle, que son axe est parallèle à la direction de l'aiguille de déclinaison (596). De plus, dans la partie inférieure des courants circulaires qui composent le solénoïde, le courant est dirigé de l'est à l'ouest. On verra ci-après (728) comment Ampère a expliqué l'action directrice de la terre sur les solénoïdes.

Dans l'expérience ci-dessus, le solénoïde se dirigeant comme une aiguille aimantée, on nomme *pôle austral*, de même que dans les aimants, l'extrémité qui se dirige vers le nord, et *pôle boréal* celle qui se dirige vers le sud.

**725. Actions mutuelles des aimants et des solénoïdes.** — Il se manifeste entre les solénoïdes et les aimants identiquement les mêmes phénomènes d'attraction et de répulsion réciproques qu'entre les aimants. En effet, si l'on présente à un solénoïde mobile et parcouru par un courant, un des pôles d'un fort barreau aimanté, il y a répulsion ou attraction, suivant que les pôles de l'aimant et du solénoïde qu'on met en présence sont de même nom ou de noms contraires.

Réciproquement, le même phénomène a lieu si l'on présente à une aiguille aimantée mobile un solénoïde qu'on tient à la main tandis qu'il est traversé par un courant. La loi des attractions et

des répulsions des aimants (585) s'applique donc exactement aux actions mutuelles des solénoïdes et des aimants.

**726. Actions mutuelles des solénoïdes.** — Lorsqu'on fait agir l'un sur l'autre deux solénoïdes parcourus par un courant assez puissant, l'un qu'on tient à la main, l'autre mobile autour d'un

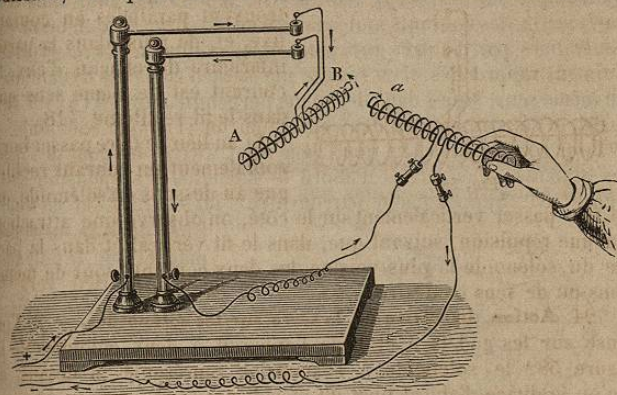


Fig. 582.

axe vertical, comme le montre la figure 582, on observe, entre les extrémités de ces deux solénoïdes, des phénomènes d'attraction et de répulsion identiques avec ceux que présentent entre eux les pôles des aimants; ces phénomènes s'expliquent par la direction relative des courants dans les extrémités mises en présence (714).

**727. Théorie d'Ampère sur le magnétisme.** — Se fondant sur l'analogie qui existe entre les solénoïdes et les aimants, Ampère a donné une théorie ingénieuse, à l'aide de laquelle les phénomènes magnétiques rentrent dans le domaine de l'électro-dynamique.

Au lieu d'attribuer les phénomènes magnétiques à l'existence de deux fluides (586), Ampère les a attribués à des courants voltaïques circulaires qui existeraient autour des molécules des substances magnétiques. Quand ces substances ne sont pas aimantées, les courants moléculaires ont lieu dans toutes les directions, et la résultante de leurs actions électro-dynamiques est nulle; mais aussitôt que par une cause quelconque ces courants moléculaires sont orientés tous dans le même sens, leurs actions concordantes s'ajoutent pour donner une résultante qui équivaut à un courant unique, dirigé circulairement à la surface de l'aimant. En effet, à l'inspection de la figure 583, dans laquelle les courants molécu-



lares sont représentés par une suite de petits cercles intérieurs dans les deux extrémités d'un barreau cylindrique, on reconnaît que dans les parties contiguës les courants sont de directions opposées, et ne peuvent dès lors exercer aucune action électrodynamique sur les corps voisins. Or, il n'en est plus ainsi à la surface; là, les courants moléculaires en *a*, en *b*, en *c*, n'étant pas neutralisés par d'autres courants, et les points, *a*, *b*, *c*,... étant infiniment rapprochés, il en résulte une série d'éléments dynamiques de même sens, situés dans des plans perpendiculaires à l'axe de l'aimant, et constituant par leur ensemble un véritable solénoïde.

Pour reconnaître dans quel sens sont dirigés les courants dans les aimants, considérons d'abord le solénoïde à suspension de la figure 581. Supposons-le parcouru par un courant, et en équi-

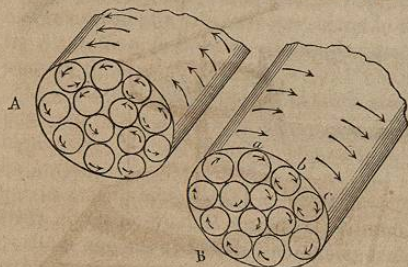


Fig. 583.

libre dans le méridien magnétique, le pôle austral *a* dirigé vers le nord. D'après l'action directrice qu'on va voir ci-après (731), que la terre exerce sur les courants fermés, le courant, dans la partie inférieure de chaque spire du solénoïde, est dirigé de l'est à l'ouest,

ou, ce qui revient au même, de gauche à droite, pour l'observateur qui, placé dans l'axe du solénoïde, regarde le pôle austral. S'il regarde le pôle boréal, c'est l'inverse qui a lieu : le courant, dans la partie inférieure de chaque spire, est alors dirigé de droite à gauche.

Or, d'après l'identité qui existe entre les solénoïdes et les aimants, tout ce qui précède s'appliquant exactement à ces derniers, on peut dire, avec M. Faraday, qu'à l'extrémité sud d'un aimant, c'est-à-dire au pôle boréal, les courants d'Ampère sont dirigés dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre, et en sens contraire au pôle austral, c'est-à-dire à l'extrémité qui regarde le nord.

728. **Courant terrestre.** — Pour compléter la théorie sur les aimants, et expliquer le magnétisme terrestre, Ampère a admis en outre l'existence de courants électriques circulant sans cesse autour de notre globe, de l'est à l'ouest, perpendiculairement, en chaque lieu, au méridien magnétique. Ces courants, se superposant, donnent un courant résultant unique, dirigé de l'est à l'ouest et parcourant l'équateur magnétique. Quant à leur nature, ce se-

raient surtout des courants thermo-électriques (770) dus aux variations de température qui résultent de la présence successive du soleil sur les différentes parties de la surface du globe, de l'orient vers l'occident.

Ce sont ces courants qui dirigent les aiguilles des boussoles et les solénoïdes, et qui agissent sur les courants horizontaux et verticaux, comme on va le voir ci-après (729, 73) et 731).

## ACTION DE LA TERRE SUR LES COURANTS.

729. **Action directrice de la terre sur les courants verticaux.** — Le courant terrestre qui exerce une action directrice sur les ai-

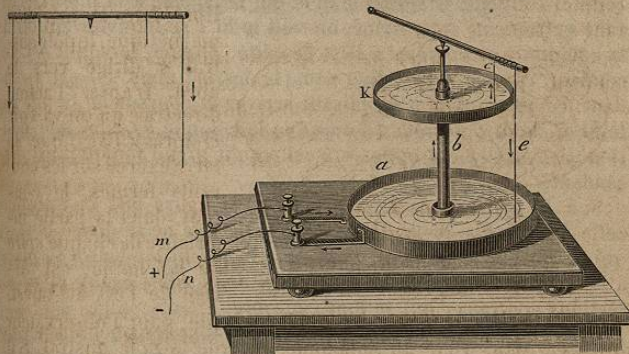


Fig. 585.

Fig. 584 (h = 30).

mants et sur les solénoïdes (728), agit aussi sur les courants, en leur imprimant tantôt une direction déterminée, tantôt un mouvement de rotation continu, suivant que ces courants sont disposés dans une direction verticale ou horizontale.

La première de ces deux actions, celle qui a pour effet de diriger les courants, peut se formuler ainsi : *Tout courant vertical, mobile autour d'un axe qui lui est parallèle, vient se placer, sous l'influence de l'action directrice de la terre, dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, et s'arrête, après quelques oscillations, à l'est de son axe de rotation, lorsqu'il est descendant, et à l'ouest, quand il est ascendant.*

Ce fait se constate par l'expérience, au moyen d'un appareil formé de deux vases de cuivre rouge *a* et *K* (fig. 584), d'inégale grandeur. Le plus grand, *a*, qui a environ 30 centimètres de diamètre, est percé, à son centre, d'une ouverture au milieu de la-



quelle s'élève une colonne de laiton  $b$ , isolée du vase  $a$ , mais communiquant avec le vase  $K$ . Cette colonne se termine par une petite capsule dans laquelle repose, par un pivot, une tige légère de bois. A l'une des extrémités de cette tige s'enroule un fil fin de platine  $ce$ , dont chaque bout plonge dans de l'eau acidulée qui remplit les deux vases.

Le courant d'une pile arrivant par le fil  $m$ , comme le montre la direction des flèches dans le dessin ci-dessus, passe dans une lame de cuivre qui, par-dessous la planchette de bois qui porte tout l'appareil, va se souder au pied de la colonne  $b$ . S'élevant alors dans cette colonne, le courant gagne le vase  $K$  et l'eau acidulée qu'il contient; de là il monte dans le fil  $c$ , redescend par le fil  $e$ , et, se rendant aux parois du vase  $a$  au travers de l'eau acidulée que celui-ci contient, il atteint le fil  $n$ , qui le ramène à la pile. Le courant se trouvant ainsi fermé, on voit le fil  $e$  se mouvoir autour de la colonne  $b$  et s'arrêter à l'est de cette colonne, lorsqu'il est descendant, comme cela a lieu dans le dessin; mais s'il est ascendant, ce qu'on obtient en faisant arriver le courant de la pile par le fil  $n$ , le fil  $e$  s'arrête à l'ouest de la colonne  $b$ , dans une position diamétralement opposée à celle qu'il prend lorsqu'il est descendant.

Si à la tige de bois à un seul fil de la figure 584 on substitue celle à deux fils de la figure 585, cette tige ne se dirige plus, ce qui se conçoit facilement, puisque, chaque fil tendant à se placer à l'est de la colonne  $b$ , il se produit deux effets égaux et de directions contraires qui se font équilibre.

Dans l'hypothèse du courant terrestre, tous les phénomènes qui précédent s'expliquent très-bien par l'action d'un courant indéfini sur un courant perpendiculaire à sa direction (717).

**730. Action de la terre sur les courants horizontaux mobiles autour d'un axe vertical.** — L'action de la terre sur les courants horizontaux ne consiste plus à les diriger, mais à leur imprimer un mouvement de rotation continu de l'est à l'ouest, en passant par le nord, quand le courant horizontal s'éloigne de l'axe de rotation, et de l'ouest à l'est, quand le courant se dirige vers cet axe.

Cette action sur les courants horizontaux se démontre au moyen de l'appareil représenté dans la figure 586, lequel ne diffère de celui de la figure 584 que parce qu'il n'a qu'un seul vase. Le courant montant par la colonne  $a$  passe dans les deux fils  $cc$  et descend par les fils  $bb$ , d'où il revient à la pile. C'est alors que le circuit  $bccb$  se met à tourner d'un mouvement continu, de l'est à l'ouest ou de l'ouest à l'est, suivant que dans les fils  $cc$  le courant s'écarte du centre, comme cela a lieu dans le dessin, ou suivant

qu'il s'en rapproche, ce qu'on obtient en faisant arriver le courant de la pile par le fil  $m$ , au lieu de le faire arriver par le fil  $n$ .

Or, on a vu (729) que l'action de la terre sur les fils verticaux  $bb$  est détruite; c'est donc bien par son action sur les branches horizontales  $cc$  que la rotation se produit.

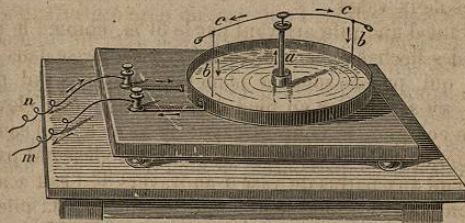


Fig. 586 (h=15).

Cette action rotative du courant terrestre sur les courants horizontaux est la conséquence de la rotation d'un courant horizontal fini par un courant horizontal indéfini (719).

**731. Action directrice de la terre sur les courants fermés, mobiles autour d'un axe vertical.** — Si le courant sur lequel agit la

terre est fermé, qu'il soit rectangulaire ou circulaire, ce n'est plus un mouvement de rotation continu qui se produit, mais une action directrice, comme dans le cas des courants verticaux (729), en vertu de laquelle le courant vient se placer dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, de manière qu'il soit descendant à l'est de son axe de rotation, pour un observateur qui regarde le nord, et ascendant à l'ouest.

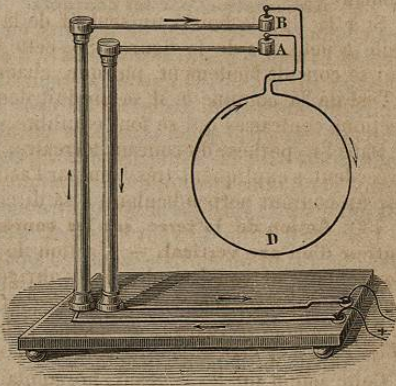


Fig. 587 (h=42).

Cette propriété est une conséquence de ce qui a été dit sur les courants horizontaux et sur les courants verticaux. En effet, il en découle que dans le circuit fermé BDA (fig. 587), le courant, dans les parties supérieure et inférieure, tend à tourner en sens contraire, d'après la loi des courants horizontaux (730), et que par



conséquent il y a équilibre; tandis que, dans les parties latérales, le courant tend à se placer d'un côté à l'est, de l'autre à l'ouest, d'après la loi des courants verticaux (729).

A cause de l'action directrice de la terre sur les courants, il est nécessaire, dans la plupart des expériences sur les courants, de les soustraire à cette action. Pour cela, on donne au circuit mobile une forme symétrique des deux côtés de son axe de rotation, de manière que les actions directrices de la terre sur les deux parties du circuit tendent à les faire tourner en sens contraires, et, par conséquent, se détruisent. Cette condition est remplie dans les circuits représentés dans les figures 564 et 565. C'est pourquoi on donne aux courants qui les parcourent le nom de *courants astatiques*.

## CHAPITRE V.

### AIMANTATION PAR LES COURANTS, ÉLECTRO-AIMANTS, TÉLÉGRAPHES ÉLECTRIQUES.

732. **Aimantation par les courants.** — D'après l'influence que les courants exercent sur les aimants, en tournant le pôle austral à gauche et le pôle boréal à droite (707), il est naturel de penser qu'en agissant sur les substances magnétiques à l'état naturel, les courants doivent tendre à séparer les deux fluides magnétiques. On observe, en effet, qu'en plongeant un fil de cuivre parcouru par un courant dans de la limaille de fer, celle-ci s'y attache abondamment, et retombe aussitôt que le courant cesse; tandis que l'action est nulle sur la limaille de tout autre métal non magnétique.

L'action des courants sur les substances magnétiques est surtout sensible quand on enroule, comme l'a fait Ampère, un fil de cuivre recouvert de soie autour d'un tube de verre, et qu'on place dans celui-ci un barreau d'acier non aimanté. On observe qu'il suffit qu'un courant traverse le fil, même instantanément, pour que le barreau soit fortement aimanté.

Si, au lieu de faire traverser le fil par le courant de la pile, on y fait passer la décharge d'une bouteille de Leyde, en mettant en communication l'un des bouts avec l'armature extérieure, et l'autre avec l'armature intérieure, on trouve encore que le barreau s'aimante. On peut donc aimanter également par l'électricité voltaïque et par l'électricité des machines.

Dans l'expérience ci-dessus, l'enroulement du fil peut avoir lieu de gauche à droite en dessous, et alors on a une *hélice*

*dextrorsum* (fig. 588); ou bien l'enroulement se fait de gauche à droite en dessous, et alors on a une *hélice sinistrorsum* (fig. 589). Dans la première hélice, le pôle boréal du barreau est toujours à l'extrémité par laquelle entre le courant; c'est le contraire qui a lieu dans l'hélice sinistrorsum.

La nature du tube sur lequel s'enroule l'hélice n'est pas sans influence. Le bois et le verre sont sans effet; mais un cylindre de cuivre épais peut détruire complètement l'effet du courant. Il en est de même avec le fer, l'argent et l'étain.

Du reste, pour aimanter un barreau d'acier par l'électricité, il n'est pas nécessaire de le placer dans un tube, comme le montrent

Fig. 588.



Fig. 589.

les figures 588 et 589. Il suffit de l'entourer, dans toute sa longueur, d'un fil de cuivre recouvert de soie, afin d'isoler les uns des autres les circuits du fil. L'action du courant se trouve ainsi multipliée lorsqu'on le fait passer dans le fil, et il suffit d'un courant peu intense pour obtenir un fort degré d'aimantation.

D'après de nombreuses expériences faites par de Haldat, un cylindre de fer doux, creux, quelque mince que soit son enveloppe, acquiert, lorsqu'il est placé dans une hélice parcourue par un courant, sensiblement la même intensité magnétique qu'un cylindre plein de même dimension. De Haldat a conclu de là que, dans les aimants, le magnétisme réside tout entier à la surface, leur masse n'exerçant presque pas d'influence sur leur puissance magnétique.

733. **Électro-aimants.** — On nomme *électro-aimants* des barreaux de fer doux qui s'aimantent sous l'influence d'un courant voltaïque, mais seulement d'une manière temporaire, car la force coercitive du fer doux étant nulle (589), les deux fluides magnétiques se neutralisent aussitôt que le courant ne passe plus dans le fil. Toutefois, si le fer n'est pas parfaitement pur, il conserve des traces d'aimantation plus ou moins sensibles. On dispose les électro-aimants en fer à cheval, comme le montre la figure 590, et l'on enroule un grand nombre de fois, sur les deux branches, un même fil de cuivre recouvert de soie, de manière à former deux bobines A et B. L'enroulement doit se faire en sens contraire sur