

VIII. Le développement de l'électricité par les actions chimiques est soumis aux lois suivantes :

1° Quand l'oxygène se combine avec un autre corps, il s'électrise positivement, tandis que le corps combustible prend l'électricité négative ;

2° Dans l'action chimique d'un acide sur un métal, l'acide prend toujours l'électricité positive, et le métal se charge d'électricité négative ;

3° Dans la combinaison des acides avec les bases, l'acide prend toujours l'électricité positive, et la base l'électricité négative ;

4° Dans les décompositions chimiques, les effets électriques sont inverses des précédents.

IX. L'intensité du courant dans la pile voltaïque décroît rapidement. C'est pour obvier à cet inconvénient que l'on a imaginé les piles à *courant constant*, qui ont pour caractère principal de contenir deux liquides différents, séparés par des diaphragmes poreux. Les piles à courant constant les plus usitées sont celles de Daniell et de Bunsen.

X. Les effets calorifiques de la pile se traduisent par l'incandescence, la fusion et la volatilisation des métaux.

XI. Les effets lumineux s'obtiennent à l'aide de deux charbons placés au contact ou à une très-petite distance l'un de l'autre et communiquant avec les pôles d'une forte pile.

XII. Les effets physiologiques de la pile sont ceux qu'elle produit sur des animaux morts ou vivants. Ce sont en général des contractions musculaires ou des commotions plus ou moins violentes.

XIII. Les effets chimiques de la pile sont très-variés et très-nombreux. Les plus remarquables sont la décomposition de l'eau, la réduction des oxydes et la décomposition des sels.

XIV. La galvanoplastie est l'art de modeler les métaux en les précipitant de leurs dissolutions salines par l'action d'un courant électrique. Elle a pour but la reproduction des médailles, l'application des métaux en couches minces à la surface des corps. la dorure et l'argenture.



CHAPITRE XXI.

ÉLECTRO-MAGNÉTISME.

Expérience d'Erstedt. — Construction et usages du galvanomètre. — Actions des courants sur les aimants et des courants sur les courants. — Solénoïdes. — Action directrice de la terre sur les courants. — Assimilation des aimants aux solénoïdes. — Théorie d'Ampère.

Électro-magnétisme. Expérience d'Erstedt.

295. *Électro-magnétisme.* — On donne le nom d'*électro-magnétisme* à cette partie de la physique qui a pour objet l'étude des actions réciproques des courants sur les aimants et des aimants sur les courants.

296. *Expérience d'Erstedt.* — C'est Erstedt, professeur de physique à Copenhague, qui fit le premier connaître, en 1820, l'action directrice des courants électriques sur l'aiguille aimantée. Voici sur quelle expérience fort simple repose cette importante découverte, qui a servi de point de départ à l'électro-magnétisme. Concevons (*fig. 191*) que l'on ait réuni les deux

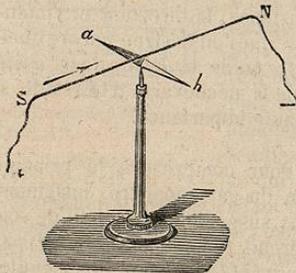


Fig. 191.

pôles d'une pile voltaïque ou d'un simple élément de Bunsen par un long fil métallique, et qu'on approche une portion rectiligne de ce fil, maintenue dans le méridien magnétique SN, au-dessus ou au-dessous d'une aiguille aimantée *ab*, mobile sur un pivot vertical ; l'aiguille se déviera aussitôt de sa position d'équilibre, et tendra à prendre une direction perpendiculaire au courant, c'est-à-dire à se mettre en croix avec lui.

Voici maintenant les lois de cette déviation :

1° Si le courant passe *au-dessus* de l'aiguille et va du *sud* au

nord*, le pôle austral de l'aiguille est dévié à l'ouest, comme le représente la fig. 191 ;

2° Si le courant passe au-dessous de l'aiguille en allant toujours du sud au nord, le pôle austral est dévié à l'est ;

3° Si le courant passe au-dessus de l'aiguille et va du nord au sud, le pôle austral est dévié à l'est ;

4° Si le courant passe au-dessous de l'aiguille en allant toujours du nord au sud, le pôle austral est dévié à l'ouest.

Remarque. — Les quatre énoncés qui précèdent peuvent se résumer en une seule proposition, qui est la suivante : *Dans l'action directrice d'un courant sur un aimant, le pôle austral est constamment dévié à la gauche du courant.* Il suffit, pour comprendre cette proposition, de personnifier le courant, c'est-à-dire de supposer, comme l'a fait Ampère, un observateur placé dans le fil qui unit les pôles, de manière que le courant, allant du pôle positif au pôle négatif, le traverse des pieds à la tête et que sa face soit constamment en regard de l'aiguille. Il est facile de voir que, dans les quatre positions que nous venons d'indiquer, le pôle austral sera toujours à la gauche de l'observateur.

Construction et usages du galvanomètre.

297. *Galvanomètre.* — On appelle *galvanomètre* un instrument qui sert à reconnaître l'existence, la direction et l'intensité des courants. Cet instrument, que l'on désigne encore quelquefois sous les noms de *rhéomètre* ou de *multiplicateur*, a été une des premières applications de la découverte d'Oerstedt, si féconde en résultats de la plus haute importance.

Théorie du galvanomètre. — Pour comprendre le principe sur lequel repose la construction du galvanomètre, imaginons (fig. 192) une aiguille aimantée ba suspendue, par un fil de soie sans torsion, au milieu d'un circuit rectangulaire formé par un fil de cuivre $mnpq$ et placé, suivant la direction de l'aiguille, dans le plan du méridien magnétique. Dans l'état de repos, l'ai-

* Rappelons-nous que l'on est convenu de considérer toujours le courant comme allant, dans le fil conducteur, du pôle positif au pôle négatif de la pile.

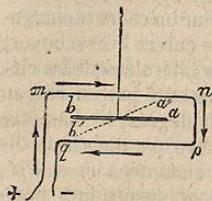


Fig. 192.

guille est parallèle aux côtés horizontaux du circuit. Mais aussitôt que le courant est établi, l'aiguille est déviée de sa position d'équilibre, et il est facile de voir que toutes les parties du courant tendent à la diriger dans le même sens, $b'a'$, c'est-à-dire son pôle austral a' vers la gauche d'un observateur qui serait couché dans le courant et marcherait avec lui suivant la direction des flèches, en regardant toujours l'aiguille.

Par cette disposition, l'action du courant sur l'aiguille se trouve donc augmentée. Mais si, au lieu d'un seul rectangle entourant l'aiguille, on en forme plusieurs avec le même fil, en l'enroulant autour d'un cadre en bois, l'action du courant deviendra nécessairement beaucoup plus forte. Toutefois, ce moyen fort simple de multiplier la force électro-magnétique a une limite, qui tient à ce que l'intensité du courant s'affaiblit à mesure que la longueur du fil augmente.

Dans le système qui précède, l'action directrice de la terre lutte sans cesse contre celle du courant, en tendant à ramener l'aiguille dans le plan du méridien magnétique. C'est pour parer à cet inconvénient que Nobili a eu l'heureuse idée d'employer, au lieu d'une seule aiguille, un système de deux aiguilles astatiques ab et ba (fig. 193), réunies entre elles par un fil de cuivre, et dont les pôles sont tournés en sens contraire. L'une d'elles est en dehors et l'autre en dedans et au milieu du circuit $mnpq$. De cette manière, non-seulement l'action du globe est compensée, mais, de plus, les actions du courant sur les deux aiguilles s'ajoutent pour les diriger ensemble dans un même sens $a'b'$, $b'a'$, ce qui augmente encore l'effet produit.

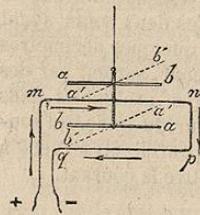


Fig. 193.

Il ne faudrait pas cependant que le système des deux aiguilles fût complètement astatique; car un courant, quelque faible qu'il fût, les mettrait toujours en croix avec lui, et toute comparaison entre les intensités de divers courants deviendrait alors impossible. Il faut donc que l'une des deux aiguilles soit toujours un peu plus fortement aimantée que l'autre, afin que l'action directrice de la terre, bien que réduite à une très-petite fraction de sa valeur, ne soit pas complètement anéantie.

Construction du galvanomètre. — La construction du galvanomètre est maintenant facile à comprendre. Sur un cadre rectangulaire en bois CD (fig. 194) s'enroule un fil de cuivre FG recouvert de soie dans toute sa longueur, afin d'isoler latéralement les circuits les uns des autres. Ce cadre est surmonté par un cadran horizontal dont le limbe est divisé en 360 degrés; le diamètre qui correspond aux degrés 0 et 180 doit être parallèle à la direction du fil sur le cadre. Deux aiguilles aimantées *ab* et *b'a'*, ayant leurs pôles contraires en regard, sont suspendues horizontalement au moyen d'un simple fil de cocon, l'une au-dessus du cadran, l'autre dans l'intérieur du cadre ou du circuit. Ces deux aiguilles sont réunies entre elles par un fil de cuivre vertical comme celles de la précédente figure, afin qu'elles ne puissent être déviées l'une sans l'autre. Leurs intensités magnétiques ne doivent pas être rigoureusement égales, pour la raison que nous avons tout à l'heure indiquée. Enfin tout le système est recouvert d'une cloche de verre qui le garantit des agitations de l'air, à l'exception des deux bouts F et G du fil conducteur qui est enroulé sur le cadre. Ces deux bouts, ayant chacun quelques décimètres de longueur, sortent par des ouvertures pratiquées dans l'épaisseur du socle qui soutient l'appareil et servent à transmettre le courant.

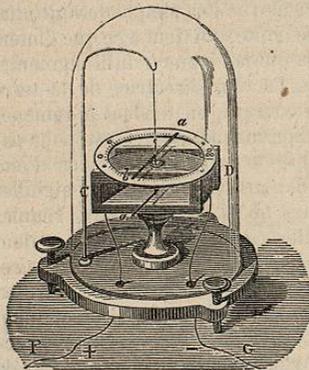


Fig. 194.

Usages du galvanomètre. — L'instrument que nous venons de décrire sert à constater la présence des plus faibles courants électriques et à faire connaître en même temps leur direction et leur intensité. Quand on veut en faire usage, on commence par tourner le cadre jusqu'à ce que l'aiguille supérieure soit sur le zéro du cadran; la direction du circuit est alors dans le plan du méridien magnétique, et les deux aiguilles lui sont par conséquent parallèles. Aussitôt que le courant, transmis par les extrémités F et G du fil conducteur, passe dans le circuit, on voit l'aiguille faire un angle de déviation dans un sens ou dans l'autre, selon

la direction du courant, et d'autant plus grand que celui-ci est plus énergétique.

Remarque. La déviation des aiguilles du galvanomètre augmente avec l'intensité du courant; mais au delà de 20 à 30 degrés elle ne lui est plus proportionnelle. La relation qui existe entre ces deux termes dépend d'ailleurs d'une foule d'éléments qui varient dans chaque galvanomètre, tels que la longueur du fil conducteur enroulé sur le cadre, la distance du circuit aux aiguilles, la forme, la grandeur de celles-ci et leur degré d'aimantation. Il est donc indispensable de construire expérimentalement, pour chaque galvanomètre, une table qui donne les intensités correspondantes aux divers angles de déviation.

298. Lois de l'intensité des courants électriques. — L'intensité des courants électriques varie selon la longueur, le diamètre et la nature des fils conducteurs. Elle est soumise aux lois suivantes, que l'on peut vérifier expérimentalement, soit au moyen du galvanomètre, soit avec le voltamètre (291), par la comparaison des quantités d'hydrogène dégagées dans le même temps par divers courants :

1^{re} loi. *Lorsque les deux pôles d'une pile ou d'un simple élément sont réunis par un conducteur, que ce conducteur soit homogène ou formé de fragments de nature et de dimensions diverses, l'intensité du courant est la même dans tous les points du circuit.*

2^e loi. *L'intensité d'un courant est inversement proportionnelle à la longueur du fil conducteur.*

3^e loi. *L'intensité d'un courant est directement proportionnelle à la section transversale du fil conducteur.*

4^e loi. *L'intensité d'un courant varie en raison directe de la conductibilité du métal dont se compose le fil conducteur.*

En d'autres termes, la résistance qu'oppose un circuit au courant qui le traverse est d'autant plus grande que le fil est plus long, plus fin et moins bon conducteur; elle est d'autant moindre que le fil est plus court, plus gros et meilleur conducteur.

Vitesse de l'électricité. Plusieurs expériences ont été tentées pour mesurer la vitesse de l'électricité dans des fils conducteurs. Ces expériences ont conduit à des résultats qui diffèrent beaucoup les uns des autres, mais qui tous démontrent que la vitesse de propagation du fluide électrique est énorme. D'après les re-

cherches de M. Wheatstone, cette vitesse serait de 460,000 kilomètres par seconde, c'est-à-dire une fois et demie plus grande que celle de la lumière.

Actions des courants sur les aimants, des courants sur les courants.

299. *Actions des courants sur les aimants.* — Les courants électriques exercent sur les aimants deux genres d'action : 1^o une action *directrice*; 2^o une action *attractive* ou *répulsive*.

1^o *Action directrice.* L'action directrice des courants sur les aimants vient d'être démontrée par l'expérience d'Oerstedt (296).

D'après les recherches de MM. Biot et Savart, elle est soumise aux deux lois suivantes :

I. *Son intensité est en raison inverse de la distance qui sépare le courant de l'aiguille aimantée;*

II. *Elle s'exerce dans tous les sens et à travers toutes les substances, excepté les substances magnétiques.*

2^o *Action attractive ou répulsive.* Cette action se constate en présentant un courant horizontal à une petite aiguille à coudre aimantée et suspendue verticalement, par l'une de ses extrémités, à un fil de soie très-fin. On observe alors, suivant la direction du courant, des attractions ou des répulsions dont l'explication repose sur la théorie des solénoïdes, que nous allons bientôt exposer (302).

500. *Action des aimants sur les courants.* — L'action des courants sur les aimants est réciproque. En effet, si au lieu de présenter, comme dans l'expérience d'Oerstedt, un courant fixe à un aimant mobile, on présente au contraire un aimant fixe à un courant rendu mobile par une disposition que nous indiquerons plus loin, celui-ci se met aussitôt en croix avec l'aimant, le pôle austral de ce dernier occupant toujours la gauche du courant.

501. *Actions des courants sur les courants.* — Deux fils métalliques, traversés par des courants et placés à une petite distance l'un de l'autre, s'attirent ou se repoussent selon la direction réciproque des courants qui les parcourent. Voici quelles sont les lois, découvertes par Ampère, qui régissent ces actions mutuelles des courants :

1^o *Deux courants parallèles et de même sens s'attirent;*

2^o *Deux courants parallèles et de sens contraire se repoussent;*

3^o *Deux courants croisés s'attirent quand ils s'approchent ou s'éloignent ensemble de leur point de croisement;*

4^o *Deux courants croisés se repoussent quand l'un s'approche du point de croisement tandis que l'autre s'en éloigne.*

Démonstration expérimentale. — On démontre ces lois en présentant, dans différentes positions, un courant fixe à un courant mobile. Un *courant fixe* n'est autre chose que celui que l'on obtient en réunissant les deux pôles d'une pile ou d'un simple élément de Bunsen par un long fil de cuivre que l'on peut plier et diriger comme l'on veut. Un *courant mobile* est celui qui est libre de tourner autour d'un axe vertical et de prendre telle ou telle position d'équilibre sous l'influence d'un courant fixe ou de toute autre cause agissant sur lui.

Pour obtenir un courant mobile, on se sert de l'appareil représenté par la fig. 495. P et P' sont deux colonnes métalliques recourbées en forme de potence et terminées par deux petites capsules c et c', dont le fond est une lame de verre. Les centres des deux capsules sont situés sur une même verticale. Chacune d'elles reçoit du mercure destiné à transmettre le courant au circuit ABCD, dont les deux extrémités, terminées par des pointes d'acier, reposent sur le fond des capsules. Les deux colonnes P et P' sont mises en communication avec les pôles d'une pile au moyen de deux bandes métalliques M et M', fixées

à la planchette en bois qui supporte l'appareil. D'après cette disposition, il est facile de voir que le circuit ABCD peut tourner très-librement autour de la verticale cc' qui joint les centres des capsules. Ce circuit est ordinairement formé par un fil de cuivre que l'on peut plier de différentes manières, en rectangle, en carré, en cercle, en hélice, etc.

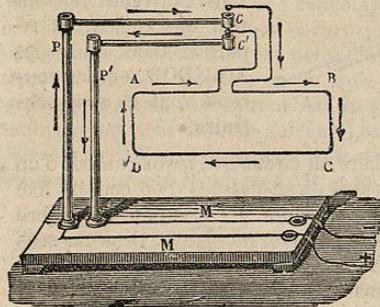


Fig. 495.

L'appareil étant mis en activité, si l'on place, parallèlement au côté vertical BC du rectangle ABCD, un fil métallique traversé par un courant, on voit aussitôt le conducteur mobile s'approcher peu à peu du conducteur fixe, si les deux courants vont dans le même sens, et s'en éloigner s'ils vont en sens contraire; ce qui démontre les deux premières lois. Si on place horizontalement le conducteur fixe un peu au-dessous de la base DC du rectangle ABCD de manière que la direction des deux courants forme un angle, on voit aussitôt le rectangle tourner autour de son axe; l'angle formé par les deux courants diminue s'ils vont dans le même sens, il augmente s'ils vont en sens contraire. Dans les deux cas, le rectangle ne s'arrête en équilibre que lorsque les deux courants sont devenus parallèles et de même sens; ce qui démontre la troisième et la quatrième loi.

Conséquences. — Les lois et les démonstrations qui précèdent nous conduisent aux deux résultats suivants, que l'on peut vérifier expérimentalement.

1° Deux courants mobiles, plus ou moins distants l'un de l'autre, et croisés comme ceux que représente la fig. 196, tourneront autour du point d'entre-croisement O, jusqu'à ce qu'ils soient devenus parallèles et qu'ils soient dirigés dans le même sens. Il est facile de voir, en effet, qu'il y aura attraction dans les angles AOD, COB, où les courants marchent dans le même sens relativement au sommet des angles, et répulsion dans les angles AOC, DOB, où les courants vont en sens contraire.

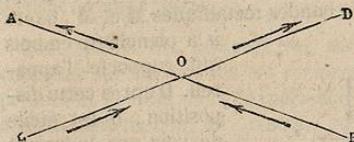


Fig. 196.

2° Un courant rectangulaire ou circulaire, mobile autour d'un axe vertical, et placé au-dessus ou au-dessous d'un courant fixe horizontal et indéfini, prend toujours une position d'équilibre stable dans un plan parallèle au courant fixe et dans un sens tel, que la partie du courant mobile la plus rapprochée du courant fixe marche dans la même direction que lui. Soit (fig. 197) un courant fixe et indéfini PQ placé horizontalement au-dessous des deux courants, rectangulaire ABCD et circulaire MN, mobiles l'un et l'autre autour d'un axe vertical KO; ces deux cou-

rants, pour se mettre en équilibre, se dirigeront dans un plan parallèle au courant fixe PQ, de manière que dans la base inférieure CD du rectangle, ainsi que dans l'arc MON du circuit

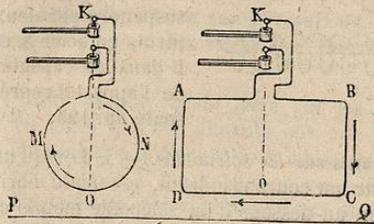


Fig. 197.

circulaire, le sens du courant soit le même que dans le fil horizontal PQ. Ce second résultat des principes que nous avons précédemment posés est très-important à connaître pour l'intelligence des développements qui vont suivre.

Solénoïdes. Actions des courants sur les solénoïdes.

502. *Solénoïdes.* — On donne le nom de *solénoïdes* à un système de courants circulaires égaux et parallèles, dont les plans sont perpendiculaires à une même ligne droite que l'on appelle *axe du solénoïde*.

Pour construire ce petit appareil, on enroule en hélice (fig. 198) un long fil de cuivre ABC, recouvert de soie, en ayant soin de ramener une partie rectiligne BC du fil métallique dans l'intérieur et suivant l'axe de l'hélice. Quand un solénoïde ainsi formé est mis en activité, c'est-à-dire quand ses deux extrémités A et C communiquent avec les pôles d'une pile, le courant qui le parcourt peut se décomposer en trois parties : 1° un courant rectiligne suivant la longueur AB du solénoïde; 2° un courant rectiligne en sens inverse suivant l'axe BC; 3° une suite de courants circulaires égaux, parallèles et de même sens. Les effets des deux courants rectilignes AB et BC se détruisant, puisque ces courants vont en sens contraire, il ne reste donc, pour l'effet du solénoïde, que les courants circulaires.

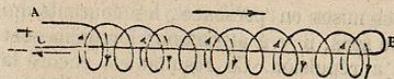


Fig. 198.

Le solénoïde que nous venons de décrire est un solénoïde fixe ou à la main. Pour rendre cet appareil mobile autour d'un axe

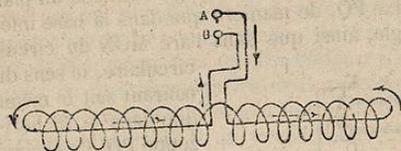


Fig. 199.

503. Actions des courants sur les solénoïdes. — 1^o Lorsqu'un fil rectiligne, traversé par un courant indéfini, est tendu horizontalement au-dessus ou au-dessous d'un solénoïde mobile et parallèlement à sa longueur, on voit le solénoïde tourner sur lui-même et tendre à se placer dans un plan perpendiculaire au fil rectiligne, c'est-à-dire en croix avec lui. Cette position d'équilibre une fois atteinte, on reconnaît que les courants circulaires, dans chacune de leurs moitiés les plus voisines du fil rectiligne, sont de même sens que le courant fixe et indéfini qui passe par ce fil. Ce fait est la conséquence de l'action des courants rectilignes fixes sur les courants rectangulaires et circulaires mobiles dont nous avons parlé plus haut (304).

2^o Si, au lieu de placer un courant horizontalement au-dessus ou au-dessous d'un solénoïde mobile, on approche de l'une de ses extrémités un courant vertical très-puissant, on observe que cette extrémité du solénoïde est attirée ou repoussée, selon que le courant qui circule dans les parties du solénoïde les plus rapprochées du courant vertical est de même sens que lui ou de sens contraire.

504. Action mutuelle des solénoïdes. — Quand on approche l'extrémité d'un solénoïde que l'on tient à la main de l'une des extrémités d'un solénoïde mobile, on observe entre les deux solénoïdes des phénomènes d'attraction et de répulsion semblables à ceux que présentent entre eux les pôles des aimants. Lorsque, dans les parties mises en présence, les courants qui circulent sont de même sens, il y a attraction; lorsqu'ils sont de sens contraire, il y a répulsion. Ce résultat est encore la conséquence des deux premières lois qui régissent l'action mutuelle des courants (304).

Remarque. Dans les expériences qui précèdent, nous avons fait abstraction de l'action directrice que la terre exerce sur

vertical, on le construit comme l'indiquent la fig. 199, de manière qu'on puisse le suspendre par deux pivots en acier A et B dans les capsules de l'appareil représenté fig. 195.

les solénoïdes. C'est cette action que nous allons maintenant étudier.

Action de la terre sur les courants. Assimilation des aimants aux solénoïdes. Théorie d'Ampère.

505. Action de la terre sur les courants. — Nous avons vu (300) que les aimants ont une action directrice sur les courants : la terre doit donc aussi exercer sur eux son influence magnétique. C'est en effet ce qui a lieu. Si l'on suspend verticalement un circuit rectangulaire ou circulaire comme le représente la fig. 200, et qu'on le place d'abord dans le plan du méridien magnétique, on le voit, dès que le courant est établi, se dévier spontanément, et s'arrêter, après quelques oscillations, dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique. On observe en outre que, dans la partie inférieure du circuit, l'électricité se meut de l'est à l'ouest. Si l'on renverse le sens du courant, le circuit mobile fait aussitôt une demi-révolution et s'arrête encore dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, le courant allant toujours de l'est à l'ouest dans sa partie inférieure.

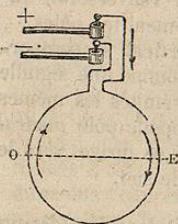


Fig. 200.

Dans cette expérience, il est évident que le circuit mobile n'est sollicité que par la seule action magnétique de la terre. Or, en rapprochant ce fait des principes que nous avons précédemment développés (304), il est facile de voir que la terre agit sur le circuit mobile comme le ferait un courant fixe indéfini placé au-dessous de lui et allant de l'est à l'ouest (fig. 197). On peut donc, d'après cette expérience, considérer le globe terrestre comme étant sillonné à sa surface par de vastes courants électriques, dirigés perpendiculairement au méridien magnétique et de l'est à l'ouest, c'est-à-dire en sens inverse de son mouvement de rotation diurne.

506. Action de la terre sur les solénoïdes. — Supposons (fig. 201) un solénoïde BA traversé par un courant et pouvant tourner librement autour d'un axe vertical; chacun des cercles parallèles qui le composent se placera, d'après l'expérience précédente, dans un plan perpendiculaire au méridien

dien magnétique, et dans un sens tel, que la partie inférieure des courants circulaires marche de l'est à l'ouest. Par conséquent, l'axe BA du solénoïde sera situé dans le méridien magnétique lui-même; de telle sorte que le solénoïde se dirigera exactement, suivant sa longueur, comme l'aiguille aimantée, l'une

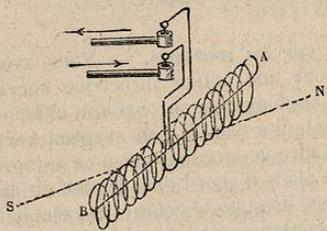


Fig. 201.

de ses extrémités se tournant vers le nord et l'autre vers le sud. Si on renverse le sens du courant, le solénoïde fait aussitôt une demi-révolution pour venir se placer de nouveau dans le méridien magnétique, comme le ferait un aimant dont on renverserait instantanément les pôles.

Un solénoïde mobile autour d'un axe vertical se comportant, sous l'influence terrestre, exactement comme une aiguille aimantée, on a dû appliquer à ses deux extrémités les mêmes noms qu'aux pôles de l'aimant. Ainsi on appelle pôle *austral* d'un solénoïde celle de ses extrémités qui se dirige vers le nord, et pôle *boréal* celle qui se tourne vers le sud.

507. Action des aimants sur les solénoïdes et des solénoïdes sur les aimants. — Nous avons déjà vu (304) que les solénoïdes s'attirent ou se repoussent à la manière des aimants; les mêmes phénomènes se produisent entre ceux-ci et les solénoïdes. Par exemple, le pôle austral d'un aimant attire le pôle boréal d'un solénoïde et repousse son pôle austral. Réciproquement, le pôle austral ou boréal d'un solénoïde attire le pôle contraire d'un aimant et repousse le pôle de même nom. Les lois des attractions et des répulsions magnétiques s'appliquent donc exactement aux actions réciproques des solénoïdes et des aimants.

508. Assimilation des aimants aux solénoïdes. Théorie d'Ampère. — Nous venons de voir que les solénoïdes se comportent exactement comme se comportent les aimants eux-mêmes, soit entre eux, soit sous l'action des courants, soit sous l'action de la terre, soit enfin sous l'action des aimants. En réfléchissant à cette analogie frappante, et qui se poursuit dans les moindres détails, on est naturellement conduit à se demander si les phénomènes magnétiques, au lieu d'être la conséquence de

deux fluides particuliers, ne se rattacheraient pas aux propriétés générales de l'électricité dynamique.

Pour expliquer, d'après cette théorie, les actions magnétiques, Ampère a le premier considéré les aiguilles et les barreaux aimantés comme des systèmes de courants circulaires, constituant de véritables solénoïdes, c'est-à-dire dirigés dans des plans parallèles entre eux et perpendiculaires à l'axe magnétique de l'aimant. Ces courants électriques circulant incessamment dans le même sens autour des molécules de chaque aimant, équivaudraient, par conséquent, à un courant unique, d'une intensité égale à la somme de toutes leurs intensités partielles, et qui serait dirigé circulairement à la surface des aimants, comme le représente la fig. 202.

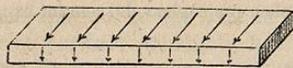


Fig. 202.

Ainsi, d'après cette ingénieuse théorie, les aimants et la terre elle-même ne sont autre chose que des solénoïdes. Le phénomène de la direction des aimants par le globe terrestre, les attractions et les répulsions magnétiques, ne sont plus que la conséquence des actions mutuelles des courants. Si cette théorie n'offre pas le caractère de la certitude absolue, elle est du moins l'expression fidèle de tous les faits relatifs à l'électromagnétisme. Toutes les recherches qui, depuis Ampère, ont été faites dans cet ordre d'idées n'ont fait que la confirmer, et elle a été le point de départ de nombreuses et importantes découvertes.

Résumé.

- I. On donne le nom d'*électro-magnétisme* à cette partie de la physique qui a pour objet l'étude des actions réciproques des courants sur les aimants et des aimants sur les courants.
- II. Quand on place dans le méridien magnétique un courant rectiligne au-dessus et au-dessous d'une aiguille aimantée mobile sur un pivot vertical, l'aiguille tend à se mettre en croix avec le courant, son pôle austral tourné à gauche.
- III. On appelle *galvanomètre* ou *multiplicateur* un instrument qui sert à reconnaître l'existence, la direction et l'intensité des courants. Sa construction repose sur l'action directrice des courants sur les aimants.
- IV. Indépendamment de leur action directrice sur les aimants, les courants exercent encore sur eux une action attractive ou répulsive.

V. Les courants agissent sur les courants selon les lois suivantes : 1° deux courants parallèles et de même sens s'attirent ; 2° deux courants parallèles et de sens contraire se repoussent ; 3° deux courants angulaires s'attirent quand ils se rapprochent ou qu'ils s'éloignent tous les deux du sommet de l'angle ; 4° ils se repoussent dans le cas contraire.

VI. Deux courants croisés tendent à devenir parallèles et de même sens.

VII. Un courant rectangulaire ou circulaire, mobile autour d'un axe vertical, et situé au-dessus ou au-dessous d'un courant fixe horizontal, se place toujours dans un plan parallèle au courant fixe, de manière que la partie du courant mobile la plus rapprochée du courant fixe marche dans le même sens que lui.

VIII. On donne le nom de *solénoïde* à un système de courants circulaires égaux et parallèles, formé par un fil de cuivre recouvert de soie et roulé sur lui-même en hélice.

IX. Quand un solénoïde, mobile autour d'un axe vertical, est sollicité par un courant fixe tendu horizontalement au-dessus ou au-dessous de lui, il se place toujours, comme le ferait un aimant, dans une direction perpendiculaire au courant fixe.

X. Les extrémités de deux solénoïdes s'attirent ou se repoussent, à la manière des pôles des aimants, selon que les courants, dans les extrémités mises en présence, sont de même sens ou de sens contraire.

XI. Un circuit rectangulaire ou circulaire, mobile autour d'un axe vertical, se place constamment, sous l'influence de l'action magnétique de la terre, dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, le courant allant de l'est à l'ouest dans sa partie inférieure.

XII. Un solénoïde librement suspendu sur un pivot vertical et traversé par un courant se dirige exactement comme l'aiguille aimantée. De là l'assimilation des aimants aux solénoïdes, d'après la théorie d'Ampère sur le magnétisme.



CHAPITRE XXII.

Aimantation par les courants. — Électro-aimants. — Télégraphes et sonneries électriques. — Applications diverses des électro-aimants.

Aimantation par les courants. Électro-aimants.

509. *Aimantation par les courants.* — Lorsqu'on plonge dans de la limaille de fer un fil de cuivre traversé par un courant énergétique, on voit la limaille s'enrouler avec force autour du fil et y rester adhérente tant que le courant subsiste. Mais vient-on à interrompre le courant, la limaille se détache et tombe à l'instant même. Ce fait capital, découvert par Arago, prouve que *les courants électriques agissent sur les substances magnétiques de manière à déterminer leur aimantation*. Le fer doux et l'acier trempé sont, de toutes les substances magnétiques, celles qui s'aimantent avec le plus d'énergie sous l'influence des courants.

510. *Aimantation du fer doux.* — Soit un fil métallique (fig. 203) traversé par un courant indéfini et mis en croix avec un barreau ou une aiguille de fer doux AB : on constate que le barreau s'aimante immédiatement et que, conformément à la loi que nous avons indiquée plus haut (296) son pôle austral A se forme à la gauche du courant. L'aimantation développée de cette manière sera, à la vérité, très-faible ; mais si le fil conducteur, au lieu de passer simplement devant le barreau, s'enroule en hélice autour de lui, perpendiculairement à son axe, toutes les spires de l'hélice ainsi formée exerçant sur le barreau des actions concourantes, l'aimantation pourra devenir alors très-énergique. Elle sera d'autant plus forte que le nombre des tours de spire sera plus considérable. Toutefois cette aimantation, quelque puissante qu'elle soit, n'est jamais que tempo-

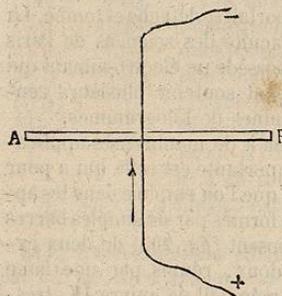


Fig. 203.