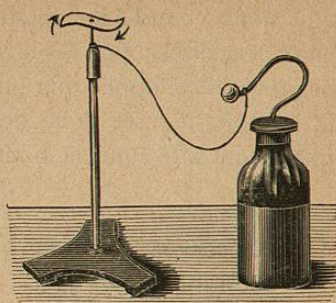


354. Placez le tourniquet sur sa pointe isolée, reliez cette pointe par un fil métallique avec le bouton de la bouteille de Leyde, chargez alors la bouteille, et observez le tourniquet. (V. la fig.)



354.

Le vent électrique met le tourniquet en rotation (Exercice 345).

— On portera à plusieurs reprises le plateau chargé de l'électrophore contre le bouton de la bouteille; l'armature extérieure communique avec le sol par la table.

Electricité dynamique.

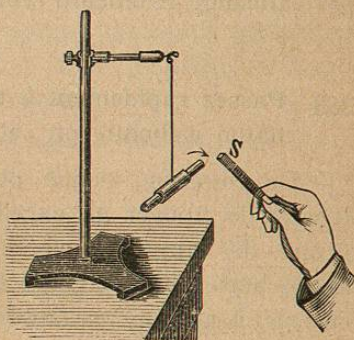
Magnétisme.

355. Suspendez par un fil le barreau de fer doux, et approchez-en le barreau aimanté. (V. la fig.)

L'aimant attire le barreau de fer. Il est indifférent d'approcher l'un ou l'autre bout de l'aimant.

Les anciens connaissaient déjà une pierre, de couleur gris-noir, jouissant de la propriété d'attirer le fer. Cette pierre se trouvant principalement aux environs de Magnésie, ville de l'Asie mineure, les phénomènes qu'elle produit ont reçu le nom de *phénomènes magnétiques* ou de *magnétisme*.

Ce dernier nom désigne encore la cause à laquelle on attribue ces phénomènes. Les aimants attirent non seulement le fer et l'acier, mais encore deux autres métaux, le nickel et le cobalt.



355.

On appelle *aimants artificiels* des barreaux d'acier auxquels on a communiqué les propriétés des aimants naturels. L'aimant de cette Collection est un aimant artificiel.

356. Suspendez l'aimant à un fil, et approchez-en le barreau de fer doux.

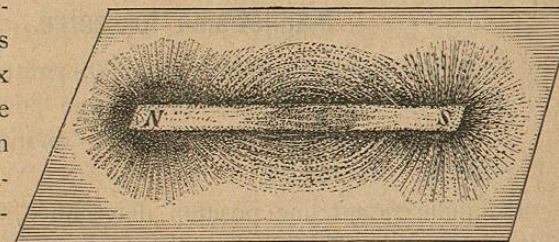
Par suite de l'attraction magnétique, le barreau est attiré par le fer. Il est indifférent d'approcher le fer de l'un ou de l'autre bout de l'aimant.

357. Placez au-dessus du barreau aimanté une feuille de papier, semez sur le papier de la limaille de fer, et observez la disposition que prennent les grains de limaille sur le papier. (V. la fig.)

Les grains de limaille se groupent suivant des lignes courbes de forme régulière, qu'on nomme courbes magnétiques ou *lignes de force* magnétiques.

Ces lignes relient entre eux les deux points de l'aimant où l'action de celui-ci se manifeste le plus énergiquement: ces points portent le nom de *pôles*.

— On se procurera de la limaille de fer chez un serrurier, mais, avant de s'en servir, on la purifiera au moyen de l'aimant lui-même. Pour cela, on l'approchera de la limaille juste assez pour qu'il puisse en attirer à lui les parcelles, on en détachera ensuite celles-ci en passant le doigt sur le barreau au-dessus d'une feuille de papier. Les lignes de force sont très belles lorsqu'on laisse tomber d'assez haut et peu à peu les grains de limaille sur le papier.



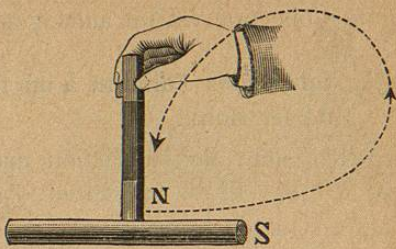
357.

358. Présentez à l'aimant un fil de fer mince et léger, et observez à quel endroit de l'aimant il est le moins attiré.

Le fil de fer ne subit aucune attraction au milieu du barreau; on appelle cette place la *ligne neutre*. On peut faire la même observation en plongeant le barreau aimanté dans la limaille. L'explication en sera donnée plus loin (Exercice 371).

359. Aimantez un morceau de fil d'acier par frictions faites avec l'aimant. (V. la fig.)

On peut prendre une aiguille à coudre ou la moitié d'une aiguille à tricoter. On placera l'un des bouts de l'aimant au milieu de l'aiguille, puis, en exerçant une pression uniforme, on frottera l'aimant sur l'aiguille en allant jusqu'à l'extrémité S, on la dépassera,



359.

et, décrivant un arc dans l'air, on reviendra au milieu pour recommencer. On fera ce mouvement une vingtaine de fois. On placera alors l'autre bout de l'aimant au milieu de l'aiguille, et l'on répétera les mêmes opérations sur l'autre moitié.

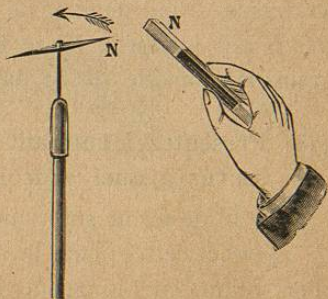
Magnétisme terrestre.

360. Placez l'aiguille aimantée sur la pointe du support, et observez comment elle prend une position déterminée à laquelle elle revient toujours quand elle en a été écartée. (V. la fig.)

L'aiguille prend une position déterminée, dans la direction du nord au sud. Par suite, on nomme *pôle nord* d'un aimant celui qui se tourne vers le nord, et *pôle sud* l'autre pôle de l'aimant.

361. Placez l'aiguille aimantée sur la pointe du support, approchez de l'un de ses pôles le barreau aimanté, et observez quand il se produit une attraction ou une répulsion. (V. la fig.)

Il se produit une attraction quand il y a en présence des pôles de noms contraires, et répulsion quand il y a en présence des pôles de même nom. Ainsi un pôle nord et un pôle sud s'attirent; deux pôles nord ou deux pôles sud se repoussent. — Nous reviendrons là-dessus.



361.

362. Placez l'aiguille aimantée sur la pointe du support; au-dessus et près de l'aiguille, suspendez à un fil le barreau aimanté, et observez la position que prend l'aiguille.

Conformément aux observations faites dans l'Exercice précédent, l'aiguille se place de telle sorte que son pôle nord soit au-dessous du pôle sud de l'aimant.

363. Placez l'aiguille aimantée sur la pointe du support; au-dessus d'elle, suspendez à un fil le barreau aimanté, et placez-le à une distance telle que l'aiguille, écartée de sa direction nord-sud, n'y revienne plus.

D'après cette expérience, la tendance d'un aimant à se placer dans la direction nord-sud peut être contrebalancée par un second aimant. Il s'ensuit que cette tendance doit elle-même être l'effet d'une autre action magnétique. Des recherches ultérieures ont montré que cette action magnétique réside dans la terre.

Cependant un champ de terre, quelque grand qu'il soit, ne manifeste aucune propriété magnétique. Mais, autour de la terre, de l'ouest à l'est, circulent des courants électriques produits par les radiations du soleil et la rotation du globe terrestre. Or, comme nous le verrons plus loin, ces courants produisent le même effet que si la terre était un grand aimant, ayant ses pôles tellement placés que celui qui est dans l'hémisphère nord attire le pôle nord de l'aiguille. C'est ce qu'on nomme *l'aimant terrestre*.

364. Faites flotter sur l'eau une aiguille à coudre aimantée, et observez son mouvement.

L'aiguille se place dans la direction nord-sud, mais sans se mouvoir vers le nord. — On fera flotter l'aiguille de la manière indiquée à l'Exercice 71.

Le pôle nord de l'aiguille est à la fois attiré et poussé vers le nord, attiré par le pôle de l'aimant terrestre de nom contraire au sien, qui se trouve près du pôle nord de la terre, et poussé par le pôle de même nom, qui se trouve près du pôle sud de la terre. De même, le pôle sud de l'aiguille est à la fois attiré et poussé vers le sud. Mais les pôles de la terre sont si éloignés de l'aiguille que les attractions et les répulsions émanées d'un même pôle terrestre sont égales entre elles. Par suite, l'aiguille

ne se meut ni dans un sens ni dans l'autre, seulement elle se place dans une direction déterminée. C'est ce qu'on exprime en disant que l'action de l'aimant terrestre ou de la terre se réduit à une action purement *directrice*.

365*. Reliez ensemble et suspendez à un fil deux barreaux aimantés de même force, de telle sorte que le magnétisme terrestre n'exerce plus sur eux aucune action.

On peut fixer les deux barreaux l'un au-dessus de l'autre ou l'un derrière l'autre. Dans le premier cas, le pôle sud de l'un se trouve au-dessus du pôle nord de l'autre (v. la fig. 400); dans le second cas, les barreaux se touchent par les pôles de même nom, de manière à former en quelque sorte un seul barreau, ayant, par exemple, à ses deux extrémités un pôle nord et au milieu le pôle sud. Un système de deux barreaux ou aiguilles ainsi disposés se nomme *astatique*, c'est-à-dire sans position déterminée.

366. Suspendez à un fil une aiguille à tricoter non aimantée de telle sorte qu'elle soit parfaitement horizontale; aimantez-la alors sans déplacer le fil, et observez si l'aiguille ainsi aimantée est encore horizontale.

L'aiguille s'incline, et son pôle nord s'abaisse vers la terre. Le pôle de l'aimant terrestre situé dans l'hémisphère nord attire plus fortement le pôle nord de l'aiguille que le pôle situé dans l'hémisphère sud n'attire le pôle sud de l'aiguille. En nous transportant avec l'aiguille aimantée dans le voisinage du pôle nord de la terre, nous trouverions un point où l'aiguille se tiendrait parfaitement verticale: c'est le pôle nord magnétique de la terre. Dans le voisinage de l'équateur terrestre se trouve de même une ligne en tous les points de laquelle l'aiguille se tient horizontale: c'est l'équateur magnétique.

On nomme *déclinaison* l'angle que fait avec la direction nord-sud, ou avec le méridien géographique, une aiguille aimantée mobile autour de son centre de gravité ou autour d'un axe vertical. Le plan vertical passant par l'aiguille s'appelle *méridien magnétique*.

On nomme *inclinaison* l'angle que fait avec l'horizon la moitié nord d'une aiguille aimantée mobile autour de son centre

de gravité ou autour d'un axe horizontal perpendiculaire au méridien magnétique.

Ces deux déviations dépendent du lieu de la terre où se trouve l'aiguille et du temps auquel on les observe. Dans un même lieu, elles subissent des variations journalières et d'autres que l'on nomme séculaires parce qu'elles se répartissent sur une longue suite d'années.

Influence magnétique.

367. Tenez le barreau de fer doux au-dessus de la limaille de fer, et approchez de son extrémité supérieure l'un des pôles de l'aimant.

L'extrémité inférieure du fer doux attire aussitôt la limaille. — A l'approche de l'aimant, le fer doux s'est aimanté par influence: l'extrémité voisine du pôle de l'aimant est devenue un pôle de nom contraire, l'extrémité opposée, un pôle de même nom.

Voici les deux lois principales de l'aimantation par influence:

1. A l'approche d'un aimant, il ne se produit jamais dans un corps une seule espèce de magnétisme, mais toujours et simultanément deux pôles de noms contraires aux deux extrémités.
2. Les pôles de même nom se repoussent, ceux de noms contraires s'attirent.

Un aimant n'attire un corps que lorsqu'il peut l'aimanter par influence. C'est ce que les aimants ordinaires ne peuvent faire que dans le fer, l'acier, le nickel et le cobalt. Avec des aimants d'une puissance exceptionnelle, on peut constater que tous les corps sont susceptibles de subir leur influence: les uns sont attirés, d'autres sont repoussés.

L'acier seul conserve l'aimantation développée en lui par influence. Dans le fer doux celle-ci se manifeste également, mais elle cesse dès que l'on écarte l'aimant qui la produit. Dans l'acier, les effets de l'influence se produisent plus difficilement, mais ils persistent même lorsqu'on a écarté l'aimant inducteur. Cette propriété de l'acier se nomme *force coercitive*. Cette expression se rapporte à une théorie dans laquelle les phénomènes magnétiques étaient attribués à deux fluides distincts, analogues

aux fluides électriques. Dans cette hypothèse, les deux fluides magnétiques, fluide nord ou boréal et fluide sud ou austral, sont séparés et accumulés vers les pôles dans les aimants, réunis et neutralisés l'un par l'autre dans les autres corps. Dans les phénomènes d'influence, un pôle d'un aimant décompose le fluide neutre du corps influencé, attire de son côté le fluide de nom contraire et repousse au bout opposé le fluide de même nom. Cette séparation se fait aisément dans le fer doux, mais elle cesse dès que la présence de l'aimant ne la maintient plus, les deux fluides séparés s'attirant, et pouvant aisément se réunir. Dans l'acier, la séparation est plus difficile, mais, pour la même raison, la recomposition ou réunion l'est également: l'aimantation persiste. On pourrait dire que l'acier est, pour le fluide magnétique, moins bon conducteur que le fer doux.

368. Tenez verticalement le barreau de fer doux au-dessus de la limaille de fer, et touchez-en l'extrémité supérieure avec un pôle de l'aimant.

L'extrémité inférieure du fer doux attire la limaille encore plus énergiquement que dans l'Exercice 367. — C'est donc maintenant que l'influence produit son plus grand effet. Si c'est un pôle sud qui touche le fer doux, c'est également un pôle sud qui se forme à l'autre bout et attire la limaille.

369. Suspendez à l'un des pôles de l'aimant deux légers fils de fer un peu pointus, et observez leur position respective. (V. la fig.)

Les extrémités inférieures se repoussent, parce qu'elles sont de noms contraires. — On se servira de deux petites pointes de Paris ou de morceaux d'une aiguille à cheveux.

370. Suspendez à l'un des pôles de l'aimant un petit morceau de fil de fer, puis à celui-ci un second, au second un troisième, etc.

Le premier morceau que l'on suspend s'aimante par influence, attire le second en l'aimantant de même, et ainsi de suite.



371. Fabriquez un aimant artificiel, cassez-le par le milieu, et examinez les deux moitiés.

On peut, par exemple, aimanter une aiguille à coudre. Après l'avoir brisée, on trouvera que les deux moitiés sont deux aimants complets ayant chacun ses deux pôles. Il s'est produit deux pôles nouveaux à la place où s'est faite la rupture. On peut casser de nouveau les deux moitiés, autant de fois que l'on voudra, tous les morceaux ainsi obtenus seront toujours des aimants complets avec leurs deux pôles. — D'après cette expérience, un aimant peut être considéré comme une série d'une infinité de très petits aimants orientés tous de la même manière. Deux aimants voisins quelconques s'attirent mutuellement par leurs pôles de noms contraires et ne peuvent, par suite, faire sentir leur action au dehors. Seuls, ceux qui sont voisins des extrémités ont du magnétisme libre qui peut exercer ses effets au dehors. V. l'Exercice 358.

372. Réunissez les deux morceaux de l'aiguille, brisée dans l'expérience précédente, et examinez si le fer est encore attiré à la place où s'est faite la rupture.

Si les deux morceaux sont égaux, il n'y a plus d'attraction. Cela résulte des explications données dans l'Exercice précédent.

373. Suspendez à l'aimant une aiguille à coudre, enlevez-la, et examinez si elle s'est aimantée.

L'aiguille s'est aimantée par influence. Pour s'en assurer, le moyen le plus simple, c'est de la présenter à l'aiguille aimantée placée sur la pointe du support (fig. 361). — Ici, comme pour l'électroscope, une attraction ne prouve rien; une répulsion seule permet de distinguer un aimant d'un corps non aimanté.

374. Vérifiez au moyen de l'aiguille aimantée, placée sur son pivot, si les pôles de l'aiguille à coudre, aimantée dans l'Exercice précédent, se sont formés suivant la loi de l'aimantation par influence.

Il en est ainsi. Si le chas de l'aiguille était suspendu au pôle sud de l'aimant, la pointe est aussi un pôle sud. — Le fer doux lui-même conserve aussi des traces de magnétisme après

l'aimantation par influence. C'est ce qu'on nomme *magnétisme rémanent*.

375. Désaimantez un fil d'acier aimanté.

Le plus sûr moyen pour cela, c'est de chauffer le fil d'acier au rouge. On peut aussi désaimanter l'acier en renversant rapidement les deux pôles.

376. Répétez l'expérience du n° 355 en interposant une feuille de papier entre l'aimant et le fer.

On ne remarque aucun changement dans la force d'attraction. Il était à prévoir que l'aimant agirait à travers certains corps, car, dans l'Exercice 355, il y avait aussi un corps, à savoir l'air, entre l'aimant et le fer. — On placera de même entre l'aimant et le fer une plaque de verre, une planchette mince, etc.

377. Répétez l'expérience du n° 355 en interposant entre l'aimant et le fer une feuille de fer-blanc ou de tôle.

On remarque une notable diminution dans la force d'attraction. — L'aimant agit par influence sur la tôle, l'influence qu'il exerçait auparavant sur le fer diminue donc en proportion. — La tôle est *magnétiquement opaque*. Au lieu de la feuille de tôle, on peut interposer une lame de couteau un peu large.

378. Placez l'aiguille aimantée sur son pivot, imprimez-lui des oscillations horizontales, et observez comment elles se ralentissent quand on approche de l'aiguille le barreau aimanté en mettant en regard des pôles de même nom.

Les oscillations de l'aiguille aimantée se font d'après les mêmes lois que celles du pendule. Celles du pendule sont produites par l'attraction de la terre, celles de l'aiguille par le magnétisme terrestre. Le barreau aimanté, qu'on approche de l'aiguille, contrebalance plus ou moins l'action du magnétisme terrestre; par suite, les oscillations de l'aiguille doivent se ralentir. Si l'action du barreau aimanté fait exactement équilibre à celle du magnétisme terrestre, l'aiguille reste indifféremment dans toute position: sa durée d'oscillation devient infinie.

Une aiguille aimantée oscillant librement dans un plan horizontal oscille d'autant plus vite que son aimantation est plus forte. Cette propriété fournit un moyen facile de comparer le degré d'aimantation de deux aimants. Deux aimants de même poids et de même forme n'ont évidemment la même force que s'ils font, dans un même temps, le même nombre d'oscillations.

379. Placez l'aiguille aimantée sur son pivot, imprimez-lui des oscillations horizontales, et observez comment elles s'accroissent quand on approche de l'aiguille le barreau aimanté en mettant en regard des pôles de noms contraires.

L'action du barreau renforce l'action du magnétisme terrestre; par suite, l'aiguille oscille plus rapidement.

Electricité dynamique ou voltaïque. Sa production. Bons et mauvais conducteurs. Electrolyse.

La combustion du charbon dans un poêle produit de la chaleur; la combustion du zinc dans une pile produit de l'électricité dynamique. Dans le poêle, l'oxygène nécessaire à la combustion du charbon est emprunté à l'air atmosphérique; dans la pile, l'oxygène nécessaire à la combustion du zinc est emprunté au liquide dont on remplit l'élément.

Si l'électricité voltaïque, une fois produite, ne peut pas se propager, elle se transforme aussitôt en chaleur: le liquide où plonge le zinc s'échauffe. Si nous relions à la terre par un fil métallique le zinc et le liquide, l'électricité produite dans la pile peut suffisamment se propager. (De simples fils ne suffisent pas pour cela, ils doivent être terminés par de larges plaques métalliques enfoncées dans le sol.) Il s'écoule alors dans le sol, d'une manière continue, de l'électricité négative venant du zinc et de l'électricité positive venant du liquide.

Au lieu de relier avec le sol les deux fils métalliques, on peut aussi les relier entre eux de manière que le zinc communique immédiatement avec le liquide par un conducteur métallique. De l'endroit où le zinc est chimiquement attaqué par le liquide

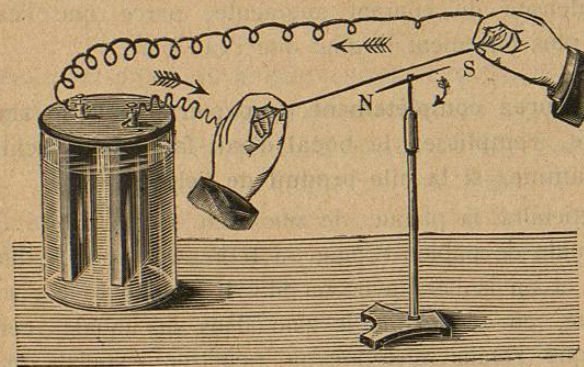
il s'établit dans le fil un double courant, l'un d'électricité positive vers le zinc à travers le liquide et l'autre d'électricité négative vers le liquide à travers le zinc. Les deux électricités opposées se réunissent dans le conducteur; par suite, au milieu de ce dernier, on ne trouve pas de trace d'électricité libre soit négative soit positive.

Pour faciliter le passage de l'électricité positive du liquide sur le fil de communication, on ne plonge pas simplement ce fil dans le liquide, mais bien une plaque à laquelle on relie le bout du fil. Cette plaque doit conduire l'électricité sans cependant être elle-même attaquée par le liquide. Elle ne peut donc pas, comme le zinc, décomposer le liquide pour s'unir à d'autres éléments et former ainsi un corps nouveau, car cette action donnerait lieu à une nouvelle production d'électricité qui travaillerait en sens contraire de la première. Le platine et le charbon remplissent cette condition. Dans notre élément de pile, nous avons employé le charbon de cornue, sorte de charbon très dur et très compacte qui s'attache aux parois des cornues employées à la fabrication du gaz d'éclairage. Le zinc se ronge et disparaît peu à peu comme s'il se dissolvait dans le liquide; c'est pourquoi on l'appelle la plaque *soluble*; le charbon, qui n'est pas attaqué, est appelé la plaque *conductrice*. La plaque soluble est toujours négative, l'autre est positive. On nomme *pôles*, positif ou négatif, les extrémités libres des deux plaques. Les fils qu'on y attache prennent le nom de *rhéophores* (porte-courant). Le fil métallique qui réunit les deux pôles se nomme le *circuit* ou le conducteur intermédiaire; les bouts de ce fil doivent être proprement décapés avant qu'on les visse dans les bornes placées sur le couvercle. Le *circuit* est *ouvert* quand les deux pôles ne sont pas reliés entre eux, il est *fermé* dans le cas contraire. Pour déterminer la direction que suit le courant dans le circuit, on est universellement convenu de ne considérer que le mouvement de l'électricité positive. Ainsi l'on dit: dans le circuit, le courant va du pôle positif au pôle négatif, quoique, dans l'hypothèse des deux fluides cela ne soit rigoureusement vrai que pour l'électricité positive, l'électricité négative cheminant en même temps en sens inverse. La même remarque s'applique à cet autre énoncé: Dans la pile, le courant va de la plaque soluble à la plaque conductrice.

L'électricité dynamique est invisible comme la chaleur ou comme les vibrations lumineuses et sonores. Nous ne pouvons observer que ses effets. Celui qui s'y prête le mieux, c'est l'action du courant voltaïque sur l'aiguille aimantée.

380. Observez l'action du courant de la pile sur l'aiguille aimantée. (V. la fig.)

La figure montre suffisamment la disposition de l'expérience. On remplira le bocal avec de l'eau additionnée d'acide sulfurique, environ un quinzième en volume. On achètera un demi kilogramme d'acide anglais pour quinze centimes environ; cela suffit pour toutes nos expériences. Il faut toujours verser *d'abord* l'eau dans le bocal, puis y ajouter peu à peu l'acide en mêlant avec



380.

la baguette de verre. Le liquide s'échauffe; il est bon de le laisser bien refroidir avant d'y plonger le zinc. Il faut manier avec précaution l'acide et même l'eau acidulée, car ces liquides brûlent et tachent le bois et les habits. (Les taches faites sur les habits disparaissent pourtant facilement si on les humecte à temps avec un peu d'ammoniaque liquide du commerce.)

Dans la figure, les flèches droites indiquent la direction du courant, définie comme il a été dit plus haut. On tiendra le fil formant le circuit aussi près que possible de l'aiguille et dans sa direction, c'est-à-dire du nord au sud. L'aiguille prendra un mouvement de rotation et tendra à se mettre en croix avec le courant. Elle s'approchera d'autant plus de cette position à angle droit que le courant sera plus intense. Nous pouvons donc apprécier l'intensité d'un courant en mesurant la grandeur de la déviation