

## CHAPITRE III.

## AIMANTATION, LOI DES ACTIONS MAGNÉTIQUES.

602. **Sources d'aimantation, saturation.** — Les diverses sources d'aimantation sont l'influence des aimants puissants, le magnétisme terrestre et l'électricité. Nous ne ferons connaître que plus tard cette dernière source d'aimantation; quant à l'aimantation par les aimants, elle s'opère par trois méthodes : celle de la simple touche, celle de la touche séparée et celle de la double touche.

Quelle que soit celle de ces trois méthodes dont on se sert pour aimanter un barreau d'acier, il y a une limite à la puissance magnétique que celui-ci peut acquérir, limite qui dépend de son degré de trempe et de la force des aimants qui servent à l'aimantation. On exprime que cette limite est atteinte en disant que le barreau est aimanté à saturation. Lorsque le point de saturation a été dépassé, le barreau y revient bientôt, et tend même à descendre au-dessous, si l'on n'entretient pas sa force magnétique à l'aide d'armures, comme on le verra bientôt (607).

603. **Méthode de la simple touche.** — La méthode de la simple touche consiste à faire glisser le pôle d'un fort aimant d'un bout à l'autre du barreau qu'on veut aimanter, et à répéter plusieurs fois les frictions, toujours dans le même sens. Les deux fluides sont ainsi séparés (588 successivement dans toute la longueur du barreau, et la dernière extrémité que touche l'aimant mobile présente un pôle contraire à celui avec lequel on a fait les frictions. Ce procédé n'a qu'une faible puissance d'aimantation, d'où il résulte qu'il ne peut être appliqué qu'à de petits barreaux; de plus, il développe fréquemment des points conséquents (584).

604. **Méthode de la touche séparée.** — La méthode de la touche séparée, adoptée par Knight, en Angleterre, en 1745, consiste à placer les deux pôles contraires de deux barreaux d'égale force au milieu du barreau à aimanter, et à les faire glisser simultanément chacun vers un des bouts du barreau, en les tenant verticalement. On rapporte ensuite chaque aimant vers le milieu du barreau, et l'on recommence de la même manière. Après plusieurs frictions semblables sur les deux faces, le barreau est aimanté.

Duhamel a perfectionné cette méthode en plaçant les deux bouts du barreau à aimanter sur les pôles contraires de deux aimants fixes, dont l'action concourt avec celle des aimants mobiles qui

servent à opérer les frictions, la position relative des pôles étant la même que dans la figure 464.

605. **Méthode de la double touche.** — Dans la méthode de la double touche, due à Mitchell, les deux aimants qui servent à opérer les frictions sont encore placés au milieu du barreau à aimanter, leurs pôles contraires en regard; mais au lieu de glisser en sens contraires vers ses extrémités, ils sont maintenus à un intervalle fixe au moyen d'une petite pièce de bois placée entre eux (fig. 464), et glissent ensemble du milieu à une extrémité, puis de celle-ci à l'autre extrémité, et ainsi de suite, de manière que chaque moitié du barreau reçoive le même nombre de frictions.

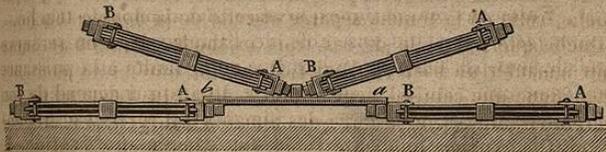


Fig. 464.

Epinus, en 1758, perfectionna cette méthode en plaçant, comme dans le procédé de la touche séparée, deux forts barreaux aimantés sous celui qu'on veut aimanter, et en inclinant les barreaux mobiles d'un angle de 15 à 20 degrés (fig. 464). On aimante ainsi de forts barreaux, mais on obtient souvent des points conséquents.

Remarquons que, dans les différents procédés d'aimantation par les aimants, ceux-ci ne perdent rien de leur force, ce qui fait voir que les fluides magnétiques ne passent pas d'un barreau à un autre.

606. **Aimantation par l'action de la terre.** — L'action de la terre sur les substances magnétiques étant comparable à celle des aimants, le magnétisme terrestre tend constamment à séparer les deux fluides qui sont à l'état neutre dans le fer doux et dans l'acier. Mais, dans ce dernier corps, la force coercitive étant très-grande (589), l'action de la terre est insuffisante pour produire l'aimantation. Il n'en est plus de même sur une barre de fer doux, surtout si on la place dans le méridien magnétique parallèlement à l'inclinaison. Les deux fluides sont alors séparés, le fluide austral se portant vers le nord et le fluide boréal vers le sud. Toutefois ce n'est là qu'une aimantation instable, car si l'on retourne la barre, les pôles sont aussitôt intervertis, la force coercitive du fer doux étant nulle.

Cependant on parvient à donner au fer doux une force coercitive très-sensible, si, tandis qu'il est sous l'influence de la terre et dans la direction indiquée ci-dessus, on le soumet à une forte torsion,

ou si on le bat à froid sur une enclume, à coups de marteau. Mais la force coercitive ainsi développée est faible et se perd bientôt complètement, ce qui n'a pas lieu pour l'acier.

C'est par l'influence prolongée du magnétisme terrestre qu'on explique la formation des aimants naturels, ainsi que l'aimantation qu'on observe fréquemment dans les vieux objets d'acier ou de fer; car les fers ordinaires du commerce, qui ne sont pas purs, possèdent une faible force coercitive: il en résulte qu'ils présentent presque toujours des traces d'aimantation, ainsi que cela s'observe dans les clous, les pelles, les pinces, etc. La fonte a, en général, une grande force coercitive et s'aimante très-bien.

607. **Faisceaux magnétiques, armures des aimants.** — Un faisceau magnétique est un ensemble de barreaux aimantés réunis parallèlement par leurs pôles de même nom. Tantôt on leur donne une forme en fer à cheval (fig. 465), tantôt une forme rectiligne (fig. 466). Le faisceau représenté dans la figure 465 est formé de 5 lames d'acier juxtaposées. Celui de la figure 466 se compose de 12 lames disposées en trois couches de 4 lames chacune. La forme en fer à cheval est préférable pour faire porter un poids à l'aimant, car les deux pôles sont utilisés en même temps. Dans les deux espèces de faisceaux, les lames sont trempées et aimantées séparément, puis superposées et réunies par des vis ou par des viroles.

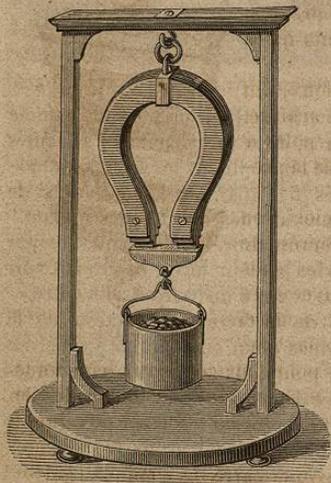


Fig. 465.

La force d'un faisceau n'est pas égale à la somme des forces de chaque barreau, ce qui provient des actions répulsives qu'exercent les uns sur les autres les pôles voisins; on augmente la force d'un faisceau en faisant les lames latérales plus courtes de 1 à 2 centimètres que la lame du milieu (fig. 465 et 466).

On nomme *armures*, des pièces de fer doux A et B (fig. 466) qu'on met en contact avec les pôles pour conserver leur magnétisme, ou même pour l'augmenter, par suite d'une action par influence.

La figure 467 représente, avec ses armures, une pierre d'aimant

naturel; sur les faces qui correspondent aux pôles sont deux lames de fer doux, terminées chacune par un talon massif. Sous l'influence de l'aimant naturel, ces lames s'aimantent, et les lettres A et B représentant le lieu des pôles de l'aimant naturel, il est facile de voir que les pôles des armures le sont respectivement par les lettres

Fig. 466 ( $l=40$ ).

a et b. Or, ces armures, une fois aimantées, réagissent à leur tour sur le fluide neutre de l'aimant naturel. Le décomposent et accroissent ainsi sa puissance magnétique. Sans armure, les aimants naturels sont très-faibles; mais armés, ils deviennent capables de porter des poids qui augmentent progressivement jusqu'à une certaine limite qu'ils ne peuvent dépasser.

Le portant a'b', qui est de fer doux, fait lui-même l'office d'une deuxième armure, car s'aimantant par influence, ses pôles a' et b' réagissent sur les pôles a et b de la première.

Pour armer les aimants artificiels, on les dispose par paire, comme le représente la figure 468, en placant en regard les pôles contraires, puis on ferme le circuit avec deux petits barreaux de fer doux AB; ceux-ci s'aimantant par influence, leurs pôles réagissent sur les barreaux aimantés pour leur conserver leur force magnétique. Quant aux aiguilles mobiles (456), comme elles se dirigent vers les pôles magnétiques du globe, l'influence de celui-ci leur tient lieu d'armure.

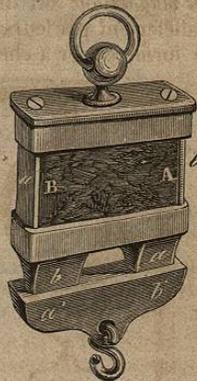


Fig. 467.

Fig. 468 ( $l=45$ ).

\* 608. **Loi des attractions et des répulsions magnétiques.** — Coulomb, le premier, a constaté cette loi, que les attractions et les répulsions magnétiques s'exercent en raison inverse du carré de la distance, et il l'a démontrée par deux méthodes: celle de la balance de torsion et celle des oscillations.

1<sup>re</sup> *Méthode de la balance de torsion.* — La balance de torsion consiste en une cage de verre (fig. 469), recouverte d'une glace qu'on enlève à volonté, et qui est percée, près des bords, d'une ouverture destinée à introduire un aimant A. Au

centre de cette même glace est une seconde ouverture à laquelle est adapté un tube de verre, qui peut tourner à frottement doux sur les bords de l'orifice. Ce tube porte, à sa partie supérieure, un micromètre. On nomme ainsi un système de deux pièces : dont l'une, *e*, qui est fixe, est divisée sur son contour en 360 degrés, et l'autre, *d*, qui est mobile, porte un point de repère qui indique de combien de degrés on fait tourner cette pièce *d* sur le cadran *e*. A gauche du dessin, en E et en D, sont représentées, sur une plus grande échelle, les deux pièces du micromètre. Au disque E sont fixés deux montants traversés par un axe horizontal sur lequel s'enroule un fil d'argent très-fin, qui soutient une aiguille aimantée *ab*. Enfin, sur une bande de papier collée sur la cage, sont tracées, à droite et à gauche du zéro *o*, des divisions qui servent à mesurer l'écart de l'aiguille *ab*, et, par suite, la torsion du fil d'argent.

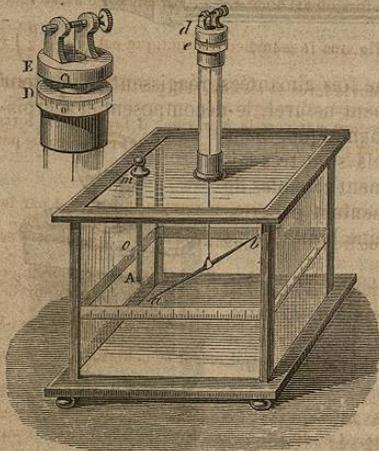


Fig. 469 (h = 36).

et l'on y remet l'aiguille aimantée *ab*; celle-ci se plaçant exactement dans le méridien magnétique, la torsion du fil d'argent est nulle.

L'appareil ainsi disposé, il est nécessaire, avant d'introduire l'aimant A, de connaître l'action de la terre sur l'aiguille mobile *ab*, lorsque celle-ci est déviée du méridien magnétique d'un certain nombre de degrés. Pour cela, on tourne la pièce E jusqu'à ce que l'aiguille AB se déplace de 1 degré dans le même sens. Le nombre de degrés moins un, dont on a tourné le micromètre, représente évidemment la torsion totale du fil. Dans les expériences de Coulomb, ce nombre était 33; mais il varie avec la longueur du fil, son diamètre et l'intensité du barreau *ab*. Or, l'aiguille demeurant actuellement en équilibre, il est évident que la force de torsion du fil est précisément égale et contraire à l'action directrice de la terre. Donc, cette action, dans les expériences de Coulomb, était représentée par 33, pour une déviation de 1 degré; mais la force de torsion étant proportionnelle à l'angle de torsion (70,2°), et l'action directrice de la terre, une fois qu'il y a équilibre, lui étant égale, il en résulte que cette dernière force, pour des déviations de 2, 3... degrés, est représentée par 2 fois, 3 fois 33.

L'action de la terre une fois déterminée, on descend dans la cage l'aimant A, en ayant soin de placer les pôles de même nom. Le pôle *a* de l'aiguille mobile est repoussé, et si l'on représente par *d* le nombre de degrés qui mesurent l'angle d'écart, quand l'aiguille *ab* est en équilibre, cette aiguille tend à revenir

vers le méridien magnétique avec une force représentée par la somme  $d + 33 \times d$ , la partie *d* étant due à la torsion du fil, et la partie  $33 \times d$  à l'action de la terre; puisqu'elle n'y revient pas, il faut que la force répulsive qui s'exerce entre les pôles *a* et A soit elle-même égale à  $d + 33 \times d$ . Cela posé, on tourne le disque E de manière que l'angle de déviation *d* devienne deux fois plus petit. D'après la position de l'aiguille *ab*, dans la figure ci-contre, ce serait de gauche à droite qu'il faudrait tourner. En représentant par *n* le déplacement du disque E, on voit que le fil de suspension est tordu, à son bout supérieur, de *n* degrés à droite, et à son bout inférieur de  $\frac{d}{2}$  degrés à gauche; sa torsion est donc  $n + \frac{d}{2}$ . Par conséquent, la force

réelle qui tend à ramener l'aiguille vers le méridien magnétique est  $\left(n + \frac{d}{2}\right) + 33 \times \frac{d}{2}$ , la partie  $n + \frac{d}{2}$  représentant la force de torsion, et la partie  $33 \times \frac{d}{2}$  l'action de la terre. Or, l'aiguille ne revenant par vers le méridien, il faut que la force répulsive qui s'exerce entre les deux pôles *a* et A soit maintenant représentée par  $\left(n + \frac{d}{2}\right) + 33 \times \frac{d}{2}$ .

Cela posé, en effectuant les calculs, c'est-à-dire en remplaçant *n* et *d* par les nombres que fournit l'expérience, on trouve que la quantité  $\left(n + \frac{d}{2}\right) + 33 \times \frac{d}{2}$  est précisément le quadruple de la quantité  $d + 33 \times d$ , obtenue dans la première expérience. La loi de Coulomb est donc démontrée, car on expérimente sur des arcs *d* et  $\frac{d}{2}$  assez petits pour se confondre sensiblement avec leurs cordes, c'est-à-dire que lorsque l'arc devient deux fois plus petit, il en est sensiblement de même de la distance *aA* des pôles.

2° *Méthode des oscillations.* — Cette méthode consiste à faire osciller une aiguille aimantée pendant des temps égaux, d'abord sous l'influence seule de la terre, puis sous l'influence combinée de la terre et du pôle attractif d'un aimant placé successivement à deux distances inégales. Des trois nombres d'oscillations observés, on déduit ensuite, par le calcul, la loi de Coulomb.

699. *Intensité du magnétisme terrestre.* — Un grand nombre de physiciens et de navigateurs se sont occupés de mesurer l'intensité magnétique du globe en différents lieux et à différentes époques. Plusieurs méthodes ont été adoptées, qui reviennent à faire osciller une aiguille d'inclinaison ou de déclinaison pendant un temps donné, et à déduire des nombres d'oscillations les intensités relatives. On a ainsi trouvé les lois suivantes sur l'intensité du magnétisme terrestre :

1° Elle augmente à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur magnétique, et elle paraît être une fois et demie plus grande aux pôles que sur cette ligne; la ligne sans inclinaison est donc en même temps la ligne de moindre intensité.

2° Elle décroît à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, et ce décroissement suit probablement la loi du rapport inverse du carré des distances.

3° Elle varie avec les heures de la journée, et atteint son minimum entre dix et onze heures du matin, et son maximum entre quatre et cinq heures de l'après-midi.

4° Enfin, elle présente des variations irrégulières, et, comme la déclinaison et l'inclinaison, elle éprouve des perturbations accidentelles par l'influence des aurores boréales.

On a nommé *lignes isodynamiques*, des lignes qui, sur la surface du globe, présentent en tous leurs points la même intensité magnétique; *lignes isogones*, celles qui présentent partout la même déclinaison, et *lignes isoclines*, celles d'égale inclinaison. Duperrey a construit neuf courbes isodynamiques au nord et autant au sud de l'équateur magnétique, et il a trouvé que ces lignes, par leur courbure et leur direction, ont une grande analogie avec les *lignes isothermes*, ou d'égale température.