

CHAPITRE II

MAGNÉTISME

I. — PRINCIPES GÉNÉRAUX DU MAGNÉTISME.

475. **Aimants naturels et aimants artificiels. — Substances magnétiques.** — L'aimant naturel ou la pierre d'aimant ($\mu\acute{\alpha}\gamma\eta\tau\iota\varsigma$) est un oxyde de fer naturel (*), dont certains échantillons possèdent la propriété remarquable d'attirer le fer et quelques autres métaux, comme le nickel, le cobalt, le chrome : cette propriété, connue dès l'antiquité, a reçu le nom de *magnétisme*. — On nomme *substances magnétiques* les substances qui sont attirables par l'aimant.

Lorsqu'on exerce, sur un barreau d'acier trempé (**), des frictions avec un aimant, il acquiert et conserve la propriété d'attirer le fer ; il devient un *aimant artificiel*. Au contraire, le fer, lorsqu'il est parfaitement pur (*fer doux*), ne peut acquérir une aimantation permanente.

Les aimants artificiels présentent cet avantage, qu'on peut leur donner des formes et des dimensions quelconques. C'est spécialement à ces aimants que nous aurons recours dans l'étude du magnétisme.

476. **Pôles des aimants ; ligne neutre.** — Lorsqu'on plonge dans

(*) C'est la combinaison qu'on désigne, en chimie, sous le nom d'*oxyde magnétique*, et qu'on présente par la formule Fe^2O^3 .

(**) L'acier est une combinaison de fer et d'une petite quantité de carbone. — L'opération de la *trempé* consiste à chauffer d'abord l'acier à une température plus ou moins haute, et à le refroidir ensuite brusquement, ce qu'on fait en général par une immersion dans l'eau froide. Ordinairement, après avoir trempé les barreaux d'acier qui doivent servir à la construction des aimants, on les *recuit*, c'est-à-dire qu'on les rechauffe à une température plus ou moins élevée, pour les laisser ensuite refroidir lentement. Cette dernière opération a pour effet de ne laisser à l'acier qu'un degré déterminé de dureté, qui dépend de la température à laquelle on l'a recuit.

la limaille de fer un barreau aimanté, on voit s'attacher, autour de ses deux extrémités (fig. 538), des filaments formés par des grains de limaille, juxtaposés et serrés en houppes les uns contre les autres. Ils deviennent d'autant plus rares qu'on approche davantage de la ligne

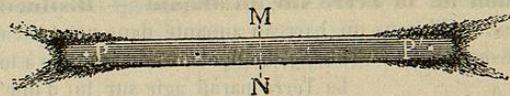


Fig. 538. — Barreau aimanté.

médiane MN, où ils disparaissent complètement. Les deux points P et P', vers lesquels convergent les filaments formés par la limaille, et qui paraissent agir comme deux centres d'attraction, ont reçu le nom de *pôles* ; la ligne médiane MN est la *ligne neutre* (*).

477. Cette inégalité d'action des diverses régions d'un barreau sur la limaille apparaît mieux encore quand on place un barreau aimanté sous une feuille de carton horizontale, et quand on fait tomber, au moyen d'un tamis, une pluie de limaille de fer sur ce carton. On voit alors les grains se grouper de manière à dessiner nettement le contour du bar-

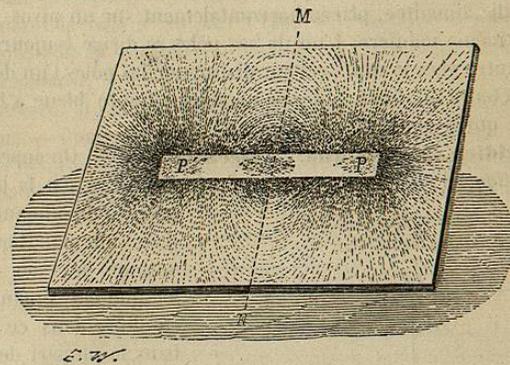


Fig. 539.

reau (fig. 539), surtout si l'on a soin d'imprimer au carton de petites secousses, pour permettre à la limaille de se déplacer à sa surface. Autour des pôles P et P', elle forme de longs filaments, dont les direc-

(*) Il arrive parfois que les barreaux mal aimantés ou les aimants naturels, au lieu d'offrir seulement deux pôles et une ligne neutre, présentent en outre, dans leur longueur, plusieurs centres d'attraction, qu'on appelle *points conséquents* ; ces points sont séparés par des régions inactives. C'est là une irrégularité exceptionnelle, sur laquelle nous reviendrons plus loin.

tions convergent vers les pôles ; au-dessus de la partie médiane, se trouve un peu de limaille, qui est demeurée là où elle était tombée ; enfin, autour de cette région, les filaments viennent, en se courbant comme des espèces d'arcades, réunir les points symétriques des deux moitiés du barreau.

478. Action de la Terre sur un aimant. — Distinction des deux pôles. — Plaçons un barreau aimanté dans un petit étrier de papier C, suspendu par un fil (fig. 560), et abandonnons-le à lui-même.

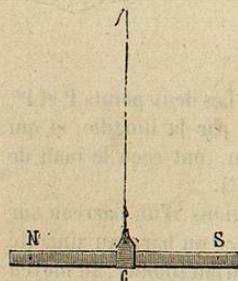


Fig. 560. — Action de la Terre sur un aimant.

La Terre paraît agir sur lui d'une manière particulière, car il prend toujours une direction qui est à peu près celle du nord au sud, et il revient à cette direction quand on l'en écarte. — Si même on le retourne complètement, de manière à placer du côté du nord le pôle qui s'était dirigé vers le sud, il ne conserve pas cette position : il revient toujours, après quelques oscillations, à sa position primitive. Cette dernière remarque montre que les deux pôles ne sont pas identiques entre eux : nous les nommerons provisoirement *pôle nord* et *pôle sud*.

Une aiguille aimantée, placée horizontalement sur un pivot, se comporte de la même manière. L'un de ses pôles se dirige toujours vers le nord, et l'autre vers le sud. — Pour distinguer les pôles l'un de l'autre, les constructeurs donnent généralement une teinte bleue à la moitié de l'aiguille qui se tourne vers le nord (*).

479. Méridien magnétique. — Déclinaison. — On appelle *méridien magnétique* d'un lieu, le plan vertical qui passe par la ligne des pôles d'un aimant mobile dans un plan horizontal, autour de son milieu, lorsque cet aimant est en équilibre dans ce lieu. — Dans la plupart des points de la Terre, ce plan ne coïncide pas exactement avec celui du méridien géographique ; il forme avec lui un angle plus ou moins grand, qu'on nomme la *déclinaison* du lieu.

Pour déterminer approximativement la direction du méridien magné-

(*) L'opération de la trempé donne à l'acier une teinte bleu foncé, qui est due à une couche mince d'oxyde, formée à sa surface. Après l'aimantation, on enlève cet oxyde dans la moitié de l'aiguille qui correspond au pôle sud.

Fig. 561.

tique, il est commode d'employer une aiguille aimantée, taillée en forme de losange (fig. 561), et portant en son milieu une petite chape d'agate, par laquelle elle repose sur un pivot vertical. En raison de la forme même de cette aiguille, la *ligne des pôles* coïncide toujours sensiblement avec la ligne des pointes.

480. Actions réciproques des pôles de deux aimants. — Supposons que, par une expérience préliminaire, on ait déterminé le pôle nord N et le pôle sud S d'une aiguille, et de même les pôles N' et S' d'un

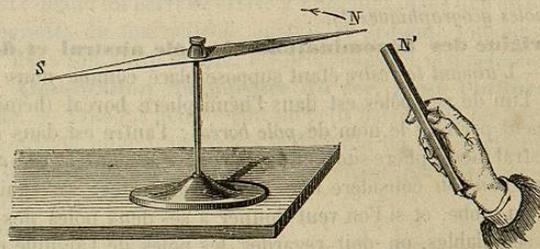


Fig. 562. — Actions réciproques des pôles de deux aimants.

barreau. Si, prenant à la main le barreau, on l'approche de l'aiguille en présentant le pôle N' au pôle N (fig. 562), on observe une répulsion ; de même, le pôle S' repousse le pôle S. — Donc, *deux pôles de même nom se repoussent*.

Au contraire, si l'on présente le pôle N' au pôle S, on observe une attraction. — Donc, *deux pôles de noms contraires s'attirent*.

Plaçons maintenant un barreau aimanté sur une table, et au-dessus de lui une aiguille sur son pivot (fig. 565). Nous voyons l'aiguille prendre

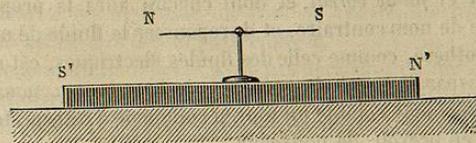


Fig. 565. — Action d'un barreau sur une aiguille placée au-dessus de lui.

la même direction que le barreau, mais les pôles de l'aiguille se placent en *sens inverse* de ceux du barreau. — C'est bien ainsi que les choses doivent se passer, puisque ce sont les pôles de noms contraires qui s'attirent entre eux.

481. L'action de la Terre est assimilable à celle d'un aimant. — Cette dernière expérience nous permet de nous faire une idée du genre d'action qu'exerce la Terre sur une aiguille aimantée

placée à sa surface. En effet, quand l'aiguille est loin de tout autre aimant, elle prend une direction fixe, celle du nord au sud : la Terre agit donc sur elle comme le ferait un aimant qui serait placé au-dessous d'elle, dans cette direction même, mais dont les pôles seraient disposés *en sens inverse* des siens.

On donne le nom d'*aimant terrestre* à cet aimant, dont on imagine l'existence au sein de la Terre, pour expliquer l'orientation que prennent les aimants mobiles, placés à sa surface. Nous supposons cet aimant situé *au voisinage du centre du globe, à peu près dans la direction de la ligne des pôles géographiques* (*).

482. Origine des dénominations de pôle austral et de pôle boréal. — L'*aimant terrestre* étant supposé placé comme nous venons de le dire, l'un de ses pôles est dans l'hémisphère boréal (hémisphère nord), et peut prendre le nom de *pôle boréal*; l'autre est dans l'hémisphère austral (hémisphère sud), et peut prendre le nom de *pôle austral*. — Si maintenant on considère une aiguille aimantée, en équilibre à la surface du globe, et si l'on veut donner à ses deux pôles des dénominations semblables, on doit regarder les pôles de l'aiguille comme placés *en sens inverse* de ceux de l'aimant terrestre. On doit donc nommer *pôle austral* de l'aiguille celui qui se dirige vers le nord, et *pôle boréal* celui qui se dirige vers le sud.

C'est là, en effet, le système de dénominations le plus usité. Mais on voit qu'il est nécessaire d'en bien connaître l'origine, pour s'expliquer l'emploi de ces deux mots *austral* et *boréal*, appliqués aux pôles d'une aiguille, dans un sens qui semble en opposition avec leur signification habituelle (**).

485. Hypothèse des deux fluides magnétiques. — On peut s'expliquer les phénomènes du magnétisme en admettant, comme pour les phénomènes électriques, l'existence de deux *fluides*, que l'on appellera *fluide austral* et *fluide boréal*, et dont chacun aura la propriété d'attirer le fluide de nom contraire, et de repousser le fluide de même nom. — Cette hypothèse, comme celle des fluides électriques, est sans doute destinée à disparaître, par les progrès de la science : nous la considérerons simplement comme un moyen commode d'interpréter les faits connus, et d'en prévoir de nouveaux.

(*) C'est l'observation même des phénomènes qui conduit à se représenter cet aimant comme placé *au voisinage du centre du globe*. — En effet, la direction d'une aiguille aimantée ne change pas sensiblement lorsque, l'ayant laissée se mettre en équilibre dans un lieu, on la transporte dans un autre lieu, situé à quelques kilomètres du premier : ce résultat ne peut se concevoir qu'en considérant l'aimant terrestre comme placé très loin de la surface de la région où les expériences sont faites. Enfin, comme il en est de même en quelque région du globe qu'on opère, l'aimant terrestre ne peut être placé qu'à une très grande distance de *tous les points* de la surface du globe, c'est-à-dire *vers le centre*.

(**) On emploie, dans la marine, les expressions d'*extrémité nord* et *extrémité sud* qui ne donnent lieu à aucune ambiguïté.

Un barreau *non aimanté* est considéré comme contenant, en chacun de ses points, des quantités égales de l'un et de l'autre fluide; on dit alors qu'il est à l'*état neutre*.

L'opération de l'*aimantation* est considérée comme ayant pour effet de séparer les deux fluides, de manière que la présence de l'un se manifeste dans l'une des moitiés du barreau, et la présence de l'autre dans l'autre moitié. Mais ce qu'il importe de remarquer, c'est que ces fluides magnétiques ne peuvent jamais abandonner le barreau qui les contient; quand un barreau arrive à présenter, dans une de ses moitiés, les propriétés du magnétisme austral, il présente toujours en même temps, dans son autre moitié, les propriétés du magnétisme boréal.

484. Aimantation temporaire du fer, sous l'influence d'un aimant. — Prenons maintenant un petit barreau de fer pur, et, après avoir constaté qu'il n'attire pas la limaille de fer, mettons-le à une petite distance du pôle austral A d'un aimant (fig. 364). Ses extrémités acquièrent la propriété d'attirer la limaille de fer, c'est-à-dire que le petit barreau de fer *s'aimante*.

— Pour savoir comment sont disposés ses pôles, nous pouvons, sans le déplacer, approcher de son

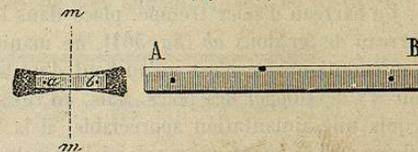


Fig. 364. — Aimantation temporaire du fer, sous l'influence d'un aimant.

extrémité *a* le pôle austral d'une aiguille aimantée, mobile sur un pivot : nous observerons une répulsion, d'où nous concluons que l'extrémité *a* contient un pôle *austral*. L'autre extrémité *b* contient un pôle *boréal*. — On explique ce résultat en admettant que le fer contenait, avant l'expérience, les deux fluides magnétiques également distribués en tous ses points : sous l'influence du pôle A de l'aimant, le fluide austral a été repoussé du côté de l'extrémité *a*, et le fluide boréal a été attiré du côté de l'extrémité *b*.

Mais cette aimantation du fer n'est pas persistante : dès qu'on éloigne l'aimant influent AB, le barreau de fer revient à l'état neutre et abandonne la limaille qui s'y était fixée. — On donne ordinairement au fer pur le nom de *fer doux*, pour le distinguer de l'acier, qui conserve l'aimantation une fois qu'il l'a acquise.

485. Attraction du fer doux par un aimant. — On comprend que, si le petit barreau de fer *ab* est abandonné à lui-même, à une petite distance de l'aimant AB, l'attraction exercée par le pôle A sur le pôle voisin *b* arrive à l'entraîner. Il s'attache alors à l'aimant, et y reste suspendu, si son poids n'est pas trop considérable.

Mais, le petit barreau de fer étant maintenant devenu un aimant, on peut lui en présenter un second, sur lequel il agit à son tour de la même manière, et ainsi de suite. — C'est par une succession d'actions

semblables, qu'on peut suspendre au pôle d'un aimant (*fig. 365*) une série de morceaux de fer doux, dont chacun s'aimante sous l'influence de celui qui le précède. — Cependant les morceaux de fer successifs prennent une aimantation de plus en plus faible, et ils cessent bientôt d'en pouvoir soutenir de nouveaux.

Fig. 365. — Attraction d'une série de barreaux de fer doux par un aimant.

C'est ainsi encore que les grains de limaille de fer s'attachent les uns aux autres, autour des pôles d'un aimant (*fig. 358*), de manière à former des filaments dont la longueur dépend du degré d'aimantation de l'aimant lui-même.

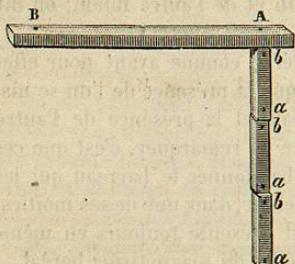
486. Aimantation permanente de l'acier. — Force coercitive.

— Un barreau d'acier trempé, placé dans les mêmes conditions que le barreau de fer doux *ab* (*fig. 364*), ne manifeste d'abord aucune trace d'aimantation : ce n'est qu'au bout d'un temps assez long qu'on peut voir s'y développer des pôles. Mais, en revanche, une fois que l'acier a acquis une aimantation appréciable, il la conserve, même quand on l'éloigne de l'aimant qui a servi à la développer.

Dans la théorie des fluides, on considère l'acier trempé comme se distinguant du fer doux par la difficulté que les deux fluides éprouvent à s'y mouvoir, en sorte que le groupement capable de produire l'aimantation ne peut s'y effectuer qu'avec une grande difficulté; mais, une fois l'aimantation développée, la même cause empêche les deux fluides de se recombinaison sous l'influence de leurs attractions mutuelles, alors même qu'on enlève l'aimant influent. — Cette résistance qu'oppose l'acier aux mouvements des fluides magnétiques a reçu le nom de *force coercitive*.

487. Répartition des fluides magnétiques dans les corps aimantés. — Théorie de Coulomb. — Lorsqu'on cherche à se rendre compte de la répartition des fluides magnétiques, soit dans un barreau de fer doux aimanté par influence, soit dans un barreau d'acier aimanté d'une manière durable, les analogies qui existent entre les phénomènes de l'aimantation et ceux du développement de l'électricité par influence portent d'abord à les interpréter d'une manière analogue : le fluide austral se transporterait en quantité prédominante vers l'une des extrémités du barreau; le fluide boréal, vers l'autre extrémité. Cette assimilation serait inexacte, ainsi que nous allons le montrer.

1° Lorsqu'on met en présence d'un pôle magnétique A (*fig. 366*) une série de barreaux de fer doux, en contact les uns avec les autres, on observe deux pôles contraires aux deux extrémités A' et B' de la série,



et une ligne neutre entre ces deux points : l'ensemble de ces barreaux juxtaposés se comporte donc comme un barreau unique. Ce-

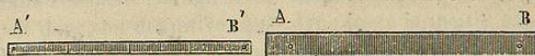


Fig. 366.

pendant il n'y a pas eu transport des fluides, d'un barreau à un autre, vers les extrémités de la série; car, si l'on enlève l'un *quelconque* de ces barreaux, il retombe à l'état neutre, ce qui montre qu'il contenait toujours les deux fluides en égales quantités.

2° Prenons une aiguille d'acier aimanté AB (*fig. 367*), et plongeons-la dans la limaille de fer, de manière à constater que la limaille s'attache seulement aux deux extrémités, et que le milieu N est une ligne neutre; approchons-la ensuite d'une aiguille aimantée, afin de distinguer le

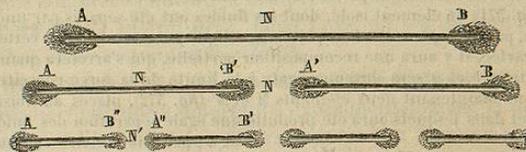


Fig. 367, 368, 369.

pôle austral A et le pôle boréal B. Cela fait, brisons l'aiguille au point N (*fig. 368*) : chacun des deux fragments attire la limaille de fer par ses deux extrémités, et l'on peut constater que le fragment de gauche a un pôle austral en A, un pôle boréal en B', et une ligne neutre en son milieu; le fragment de droite a, de même, un pôle austral en A', un pôle boréal en B, et une ligne neutre en son milieu. — Brisons encore l'un de ces fragments en deux parties (*fig. 369*) : chacun des fragments partiels devient encore un aimant complet, dont les pôles sont distribués comme l'indique la figure. — Il en est toujours de même, quelque loin qu'on pousse la division des fragments.

Il est donc impossible d'admettre : 1° que, dans une série de barreaux de fer doux, aimantés par influence, les fluides se soient transportés *d'un barreau à un autre*; 2° que, dans un barreau d'acier aimanté, il y ait eu transport des fluides *vers les extrémités*.

488. En présence de ces résultats, Coulomb a été conduit à considérer les fluides comme pouvant se mouvoir seulement dans des espaces très petits, qu'il a nommés *éléments magnétiques* : chacun de ces éléments contiendrait toujours les deux fluides en quantités égales, soit que le corps fût à l'état neutre, soit qu'il fût aimanté; mais il s'opérerait, par le fait de l'aimantation, une *distribution particulière* des fluides

dans chaque élément. — Or, si, dans un barreau d'acier, on considère une série d'éléments disposés suivant une ligne parallèle à son axe (fig. 370), et si l'on admet qu'il y ait eu, par une action extérieure

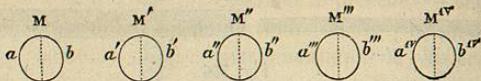


Fig. 370.

quelconque, une séparation uniforme des fluides dans tous ces éléments, on peut démontrer que la séparation ne peut demeurer égale pour tous, une fois cette action extérieure supprimée. Coulomb a montré que les quantités de fluides qui restent séparées présentent un *maximum* au milieu de la série, et vont en *décroissant vers chacune des extrémités* (*).

(*) Le raisonnement suivant permet de s'en rendre compte :

Soit M (fig. 371) un élément isolé, dont les fluides ont été séparés par une influence quelconque, par exemple celle d'un pôle magnétique puissant. Lorsque cette influence aura été écartée, il y aura une recombinaison partielle, qui s'arrêtera quand l'attraction des fluides *b* et *a* sera devenue égale à la limite de la force coercitive.

Considérons maintenant deux éléments M et M' (fig. 372), placés au voisinage l'un de l'autre, et dans lesquels aura été produite une égale séparation des fluides, *a* et *b*,



Fig. 371.

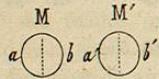


Fig. 372.

a' et *b'*, par une action extérieure. Je dis que, dans chacun de ces éléments, après qu'on aura écarté le pôle influent, il restera une plus grande quantité de fluides séparés que si cet élément était isolé. Considérons, en effet, les actions réciproques qui prennent naissance entre M et M'; elles se composent : 1° des actions répulsives qui s'exercent, entre *a* et *a'* d'une part, entre *b* et *b'* de l'autre; mais ces actions tendent, dans chaque élément, l'une à recomposer les fluides, l'autre à les tenir séparés; et comme elles s'exercent entre des quantités de fluides égales deux à deux, et à des distances égales, elles ne doivent avoir aucun effet; 2° des actions attractives qui s'exercent, entre *b* et *a'* d'une part, entre *a* et *b'* de l'autre, la première tendant à séparer les fluides, la seconde à les réunir; mais, comme la première s'exerce à une distance moindre, elle l'emporte sur la seconde, et leur différence s'ajoute à la force coercitive pour conserver la séparation. — Donc la résultante des actions mutuelles de deux éléments voisins tend à maintenir la séparation des fluides, et cette action est d'autant plus intense que les éléments sont plus voisins.

Considérons enfin une série formée d'un nombre quelconque d'éléments également distants, cinq par exemple (fig. 370): soit *d* la distance de deux éléments consécutifs. Supposons qu'une action extérieure ait produit, dans tous les éléments de la série, une séparation considérable des fluides, séparation égale dans tous les éléments: cette action extérieure étant supprimée, voyons ce qui doit résulter des actions des éléments les uns sur les autres. — L'élément M subit l'action de quatre éléments, situés à des distances de lui qui sont représentées respectivement par *d*, *2d*, *3d*, *4d*. L'élément M' subit encore l'action de quatre éléments, mais ils sont situés à des distances de lui qui sont représentées par *d*, *2d*, *3d*, *d*: donc cette action doit surpasser celle qui s'exerce sur M, et les quantités de fluides maintenues séparés doivent être plus grandes en M' qu'en M. — Un raisonnement semblable conduira à conclure que, dans l'élément M'', la séparation doit être la même qu'en M, et moindre qu'en M'''; enfin c'est dans l'élément du milieu M'' que la séparation sera maximum. — Ces conclusions sont évidemment générales.

Ce principe étant admis, on voit que la quantité *a'* de fluide austral séparé dans l'élément M' (fig. 370) surpasse la quantité *b* de fluide boréal séparé dans l'élément contigu M; de même, la quantité *a''* surpasse *b'*: on conçoit donc, en définitive, que, dans toute la moitié gauche de la série, le fluide austral prédomine en chaque point sur le fluide boréal, et que tout se passe comme si cette moitié ne contenait que du fluide austral *libre*. — De même, tout se passe comme si la moitié droite de la série ne contenait que du fluide boréal *libre*.

Dans cette théorie, les phénomènes qui s'observent à la rupture d'un aimant (487, 2°) s'interprètent sans difficulté. Au moment de la rupture, un fragment quelconque se compose toujours d'éléments magnétiques dans lesquels l'orientation des fluides est la même: mais, par le fait même de la rupture, les actions que chacun de ces éléments éprouve de la part des éléments voisins étant modifiées, il se fait, en chaque point, une recombinaison partielle des fluides séparés, et chaque fragment, dans son état définitif, se comporte encore comme s'il ne contenait que du fluide austral *libre*, dans l'une de ses moitiés; du fluide boréal *libre*, dans son autre moitié (*).

489. **Distribution du magnétisme libre dans un barreau aimanté.** — Coulomb a déterminé expérimentalement la distribution du magnétisme libre dans les divers points d'un barreau aimanté. — Il a trouvé que l'intensité magnétique, sensiblement *nulle au milieu*, et très petite encore dans les points voisins, acquiert ensuite des valeurs rapidement *croissantes* jusqu'aux extrémités.

En d'autres termes, si l'on représente les *quantités de magnétisme libre*, aux différents points, par des perpendiculaires élevées sur l'axe du barreau, dans un même plan, et d'un côté ou de l'autre de l'axe selon que le fluide libre est austral ou boréal, la courbe obtenue en joignant les extrémités de ces perpendiculaires présente la forme indiquée par la figure 375.

490. **Définition précise des pôles d'un aimant.** — Considérons les actions exercées sur les divers points d'une tige d'acier aimantée, par un centre d'action magnétique extérieur et *très éloigné*. Ces actions sont proportionnelles aux perpendiculaires qui représentent la distribution du magnétisme libre dans la tige (fig. 375). Ce sont des forces qui sont toutes parallèles entre elles: attractives pour la moitié boréale de la tige, par exemple; répulsives pour la moitié australe. — Or, la résultante de toutes les forces attractives est une force égale à leur somme, parallèle à leur direction commune, et dont le point d'appli-

(*) La production de *points consécutifs* (note de la page 415), dans la longueur de la série, peut s'expliquer en admettant que, de distance en distance, dans un même barreau aimanté, l'orientation des fluides séparés soit intervertie. Le barreau se comporte alors comme une réunion d'aimants, placés bout à bout et se touchant par les pôles de même nom.

cation sur l'axe de la tige est indépendant de cette direction, c'est-à-dire de la position du centre magnétique extérieur. Il est également indépendant de l'intensité magnétique de ce centre d'action, puisqu'il ne dépend que des rapports de grandeur des forces, et non de leur grandeur absolue. On peut donc appeler *pôle boréal* de la tige, le point β par

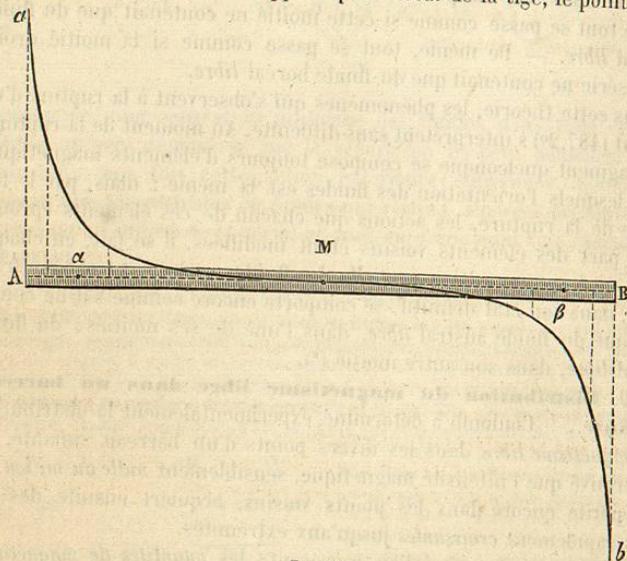


Fig. 373.

lequel passe constamment la résultante des actions exercées sur tous les points de sa moitié boréale par un centre magnétique très éloigné, quelles que soient la position et l'intensité de ce centre. — Le *pôle austral* α est le point par lequel passe constamment la résultante des forces parallèles aux précédentes, mais de sens contraire, qui sont appliquées aux divers points de la moitié australe de la tige.

On voit ainsi que l'action exercée sur un barreau aimanté par un centre magnétique extérieur, assez éloigné par rapport à la longueur du barreau pour qu'il puisse être considéré comme placé à l'infini, se réduit toujours à celle d'un couple; les forces de ce couple sont appliquées en des points constants du barreau, que l'on nomme ses *pôles*.

Il n'en serait évidemment pas de même de l'action d'un centre magnétique dont la distance aux divers points du barreau serait peu considérable, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que la longueur du barreau lui-même.

491. **Énoncé des lois des attractions et répulsions magnétiques.** — Coulomb a déterminé, par l'expérience, la loi suivant laquelle varient les attractions ou les répulsions qui s'exercent entre les extré-

mités de deux barreaux aimantés, placés successivement à différentes distances, mais ces distances étant toujours assez grandes pour que les pôles puissent être considérés comme satisfaisant à la définition précédente. — *Les forces répulsives, qui s'exercent entre deux pôles de même nom, sont en raison inverse des carrés des distances.*

Les forces attractives, qui s'exercent entre deux pôles de noms contraires, suivent la même loi.

II. — MAGNÉTISME TERRESTRE.

492. En considérant l'action exercée par la terre sur une aiguille aimantée mobile dans un plan horizontal, autour de son milieu, nous avons été conduits à assimiler cette action à celle d'un aimant puissant, orienté à peu près du nord au sud, et situé au voisinage du centre du globe (481). — Nous allons maintenant revenir sur cette assimilation, et indiquer d'abord comment on peut vérifier les conséquences les plus simples qui s'en déduisent.

495. **L'action exercée par la Terre sur un aimant placé à sa surface est simplement directrice.** — La distance de chacun des pôles de l'aimant terrestre à une aiguille aimantée, placée à la surface du globe, doit toujours être considérée comme très grande par rapport

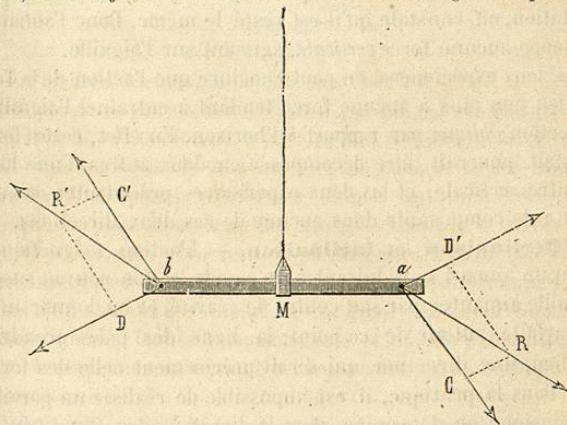


Fig. 374.

à la longueur de l'aiguille. Dès lors, d'après ce qu'on a vu (490), l'action exercée sur l'aiguille par le pôle boréal de l'aimant terrestre doit se réduire à un couple, dont les forces aC , bC' (fig. 374) sont appliquées respectivement au pôle austral a et au pôle boréal b de l'aiguille. — De

même, l'action du pôle austral de l'aimant terrestre doit se réduire à un couple, dont les forces aV' et bD sont appliquées aux mêmes points. — Or, les forces aC et aD' , appliquées au point a , ont une résultante aR , représentée en grandeur et en direction par la diagonale du parallélogramme construit sur ces deux forces. Il en est de même des forces bC' et bD , appliquées en b . Les deux parallélogrammes étant égaux et ayant leurs côtés parallèles deux à deux et dirigés en sens contraires, leurs diagonales sont égales, parallèles et dirigées en sens contraires, c'est-à-dire que les deux résultantes aR et bR' forment un couple. — Donc l'action de la Terre ne doit tendre qu'à faire tourner l'aiguille, de manière à la placer dans une *direction* déterminée, sans lui imprimer aucun mouvement de translation.

494. Vérification expérimentale. — Les expériences suivantes permettent de vérifier que l'action de la Terre ne tend à imprimer à un aimant aucun mouvement de translation.

1° Si l'on fixe une aiguille aimantée sur un disque de liège flottant à la surface de l'eau, on voit cette aiguille tourner autour de son milieu, de manière à prendre une orientation déterminée, mais on n'observe jamais de mouvement de translation du disque vers un autre point du liquide (*). — Donc l'action de la Terre ne développe aucune force tendant à produire un mouvement de translation *horizontal*.

2° Si l'on détermine, au moyen d'une bonne balance, le poids d'une aiguille avant de l'aimanter, et qu'on le détermine de nouveau après l'aimantation, on constate qu'il est resté le même. Donc l'aimantation ne développe aucune force *verticale*, agissant sur l'aiguille.

De ces deux expériences, on peut conclure que l'action de la Terre ne donne lieu non plus à aucune force tendant à entraîner l'aiguille dans une direction *oblique* par rapport à l'horizon. En effet, cette force, si elle existait, pourrait être décomposée en deux autres, l'une horizontale, l'autre verticale, et les deux expériences précédentes ont montré qu'il n'y a de composante dans aucune de ces deux directions.

495. Déclinaison et inclinaison. — L'action magnétique de la Terre sur un aimant se réduisant à un couple, si l'on pouvait suspendre une aiguille aimantée par son centre de gravité, et lui donner une mobilité parfaite autour de ce point, la ligne des pôles prendrait, en chaque lieu, une direction qui serait précisément celle des forces du couple. Dans la pratique, il est impossible de réaliser un pareil mode de suspension; on détermine alors la direction des forces du couple

(*) Lorsqu'on réalise cette expérience, il est rare que les trépidations imprimées accidentellement au vase ne portent pas le disque vers tel ou tel point de son contour. Mais, ce qu'on remarque, c'est que la direction dans laquelle l'aiguille se transporte varie d'une expérience à une autre, sans aucune loi, en sorte que ce mouvement de translation n'a aucun rapport avec l'effet que pourrait produire une action magnétique.

terrestre au moyen de deux aiguilles, assujetties chacune d'une manière particulière, comme nous allons l'indiquer.

1° Soit un aimant ab , mobile dans un plan horizontal, autour d'un axe vertical MN (fig. 375), et supposons cet aimant orienté d'abord d'une manière quelconque. Chacune des forces qui le sollicitent, la force R , par exemple, peut se décomposer en deux autres, l'une V verticale, l'autre H horizontale et située dans le même plan que R et V . La force R' se décomposera de même en deux autres, V' et H' , qui seront respectivement égales et parallèles à V et H , mais dirigées en sens con-

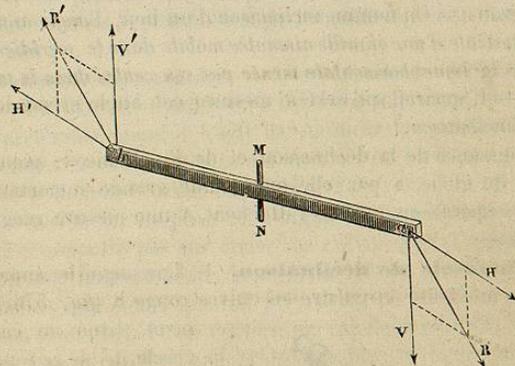


Fig. 375.

traire. En d'autres termes, le couple des forces R et R' se décompose en un couple de forces verticales V et V' , et un couple de forces horizontales H et H' . — Les forces verticales V et V' n'ont d'autre effet que d'appuyer sur les supports de l'axe MN ; au contraire, les forces horizontales H et H' doivent faire tourner l'aimant autour de cet axe, jusqu'à ce qu'il se place dans leur direction. — Lorsque le barreau arrive dans cette position, le plan vertical passant par la ligne des pôles contient aussi les forces R et R' : or, le plan vertical qui passe par la ligne des pôles d'un semblable aimant en équilibre est précisément ce que nous avons nommé le *méridien magnétique* (479); donc, en chaque point du globe, le méridien magnétique est le *plan des forces du couple terrestre* en ce point.

On définit, en général, la direction du méridien magnétique d'un lieu, par la *déclinaison*, c'est-à-dire par l'angle dièdre que fait le *méridien magnétique* avec le *méridien géographique*. Cet angle a pour mesure l'angle plan que fait une aiguille aimantée, mobile dans un plan horizontal, avec la méridienne du lieu. — La déclinaison d'un lieu est dite *orientale*, si le pôle austral de l'aiguille se porte à l'est du méridien magnétique; elle est dite *occidentale*, si le pôle austral se porte à l'ouest