D'après M. Mascart, l'unité absolue d'électricité est capable de décomposer $0^{mmg},9373$ d'eau en une seconde.

3° *Unité secondaire de résistance.* — Elle est égale à 10^9 unités absolues : on l'appelle *ohm*.

Nous avons vu que cette unité secondaire a été réalisée matériellement, c'est-à-dire qu'on a pu construire un *ohm-étalon*, comme on a construit un mètre-étalon.

Le Congrès des Électriciens ayant décidé qu'on établirait l'étalon de résistance en colonne de mercure à 0°, de section égale à 1^{mmq}, des expériences précises ont démontré que la longueur de cette colonne est exactement égale à 106^{cm}.

L'*ohm-étalon* qui avait été précédemment déterminé par l'Association Britannique, est trop faible : il diffère d'environ 0,010 de l'ohm théorique.

L'*unite de résistance Siemens* (qui n'est pas autre chose que l'ancienne unité de Pouillet) vaut environ 0,945 de l'ohm théorique.

Il faut de 48 à 50 mètres d'un fil de cuivre du commerce pour faire un ohm.

L'ancienne unité de résistance des télégraphes français, qui était d'un kilomètre de fil de fer de 4 millimètres de diamètre, vaut environ 10 ohms.

Un élément Bunsen de dimension moyenne a une résistance d'environ $0^{ohm},15$ et un élément Daniell de dimension moyenne une résistance de $0^{ohm},85$.

4° *Unité secondaire de force électromotrice ou de différence de potentiel.* — Elle est égale à 10^8 unités absolues : on l'appelle *volt*.

Un élément Volta ordinaire, formé de zinc, cuivre et sulfate de zinc, a une force électromotrice sensiblement égale à 1 volt.

Un élément Daniell formé de cuivre, sulfate de cuivre, sulfate de zinc et zinc amalgamé a une force électromotrice qui varie entre $1^v,09$ et $1^v,14$.

La force électromotrice de l'élément Latimer Clark, le plus constant des éléments voltaïques, a pour valeur $1^v,457$.

5° *Unité secondaire de capacité électrique.* — Elle est égale à $\frac{1}{10^9}$ d'unité absolue : on l'appelle *farad*.

D'après la formule fondamentale des condensateurs $Q = CV$, on voit qu'un condensateur de 1 farad se charge d'*un coulomb* sur chacune de ses armatures pour une différence de potentiel d'*un volt*.

Remarque. — L'unité absolue de capacité électromagnétique est énorme.

Le farad lui-même est une unité trop grande dans la pratique. On construit pour les mesures de capacité électriques des *condensateurs-étalons* donnant le microfarad et les sous-multiples du microfarad.

Une batterie électrique de dix jarres, ayant un développement en surface de 1^{mq} et un verre d'une épaisseur de 1 millimètre, a une capacité qui n'est que $\frac{1}{55}$ de microfarad.

CHAPITRE VII

EFFETS PHYSIQUES DES COURANTS.

AIMANTATION PAR LES COURANTS, ÉLECTRO-AIMANTS.

1071. **Aimantation par les courants.** — D'après l'influence que les courants exercent sur les aimants, il est naturel de pense

qu'ils agiront aussi sur les substances magnétiques de manière à les aimanter en orientant les courants d'Ampère. Arago découvrit, en effet, qu'en plongeant un fil de fer parcouru par un courant dans de la limaille de fer, celle-ci s'y attache abondamment, et qu'elle retombe aussitôt que le courant cesse, tandis que l'action est nulle sur la limaille de tout autre métal non magnétique.

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

Si, au lieu d'un courant de pile, on fait passer dans le fil la décharge d'une bouteille de Leyde, on trouve encore que le barreau s'aimante. On peut donc aimanter également par l'électricité voltaïque et par l'électricité des machines.

1072. **Procédé d'aimantation.** — 1° *Cas de l'acier.* — On place en général le barreau d'acier dans l'axe d'un tube de verre sur lequel on enroule le fil conducteur du courant. L'enroulement du fil peut avoir lieu de gauche à droite en dessus, et alors on a une *hélice dextrorsum* (fig. 996) ; s'il se fait de gauche à droite en dessous, on a une *hélice sinistrorsum* (fig. 997). Dans la première, le

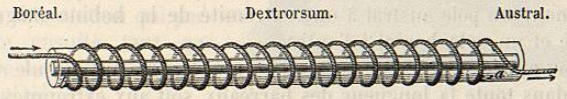

Fig. 996.

Fig 997.

pôle boréal du barreau est toujours à l'extrémité par laquelle entre le courant; c'est le contraire qui a lieu dans l'hélice sinistrorsum.

La nature du tube sur lequel s'enroule l'hélice n'est pas sans influence. Le bois et le verre sont sans effet; mais un cylindre de cuivre épais peut détruire complètement l'effet du courant. Il en est de même avec le fer, l'argent et l'étain. On verra que ce phénomène est dû à des courants dits *d'induction*, qui sont développés dans le métal sur lequel est enroulée l'hélice.

Du reste, pour aimanter un barreau d'acier à l'aide d'un courant, il n'est pas nécessaire de le placer dans un tube, comme le montrent les figures 996 et 997. Il suffit de l'entourer, dans toute sa longueur, d'un fil de cuivre qu'on a recouvert de soie, afin d'en isoler les différentes spires, puis d'y faire passer le courant.

Un barreau d'acier acquiert ainsi, sous l'influence d'un courant assez puissant, une intensité magnétique très grande, laquelle persiste après le passage du courant, en décroissant toutefois lentement jusqu'à ce que le barreau arrive à un état de saturation stable.

2° *Cas du fer doux.* — Si dans les hélices ci-dessus on place un barreau de fer doux, dès qu'un courant parcourt le fil, le barreau s'aimante fortement et reste aimanté tout le temps que le courant passe; mais, la force coercitive du fer doux étant nulle, aussitôt que le courant est interrompu, toute aimantation disparaît. Toutefois, si le fer n'est pas parfaitement pur, il conserve des traces d'aimantation plus ou moins sensibles.

1073. **Électro-aimants.** — On nomme *électro-aimants* des barreaux de fer doux sur lesquels s'enroule un grand nombre de fois, en hélices superposées, un fil de cuivre recouvert de soie. Ces hélices superposées sont alternativement dextrorsum et sinistrorsum; mais, comme le courant s'y propage en sens contraires de deux en deux, leurs effets s'ajoutent pour développer respectivement un pôle austral à une extrémité de la bobine magnétisante et un pôle boréal à l'autre.

Lorsque les électro-aimants sont rectilignes, on enroule le fil soit dans toute la longueur des barreaux, soit aux extrémités seulement, en deux bobines distinctes, le fil allant de l'une à l'autre et s'enroulant dans le même sens. Lorsque les barreaux sont recourbés en fer à cheval (fig. 998), on enroule le fil seulement sur les deux branches, en deux bobines A et B, et l'on passe d'une branche à l'autre, comme l'indique la figure, de manière que chaque bobine soit la continuation de l'autre et que les extrémités possèdent deux pôles de noms contraires.

On construit aussi des électro-aimants de trois pièces : deux bobines, l'une dextrorsum, l'autre sinistrorsum, sont enroulées chacune autour d'un noyau de fer doux, et une armature de même métal relie les deux noyaux à l'aide de fortes vis. Ces électro-aimants sont plus faciles à construire que les électro-aimants d'une seule pièce et ils sont tout aussi puissants.

1074. **Magnétisme rémanent.** — On nomme *magnétisme rémanent* une aimantation faible que conserve souvent le fer des électro-aimants après l'interruption du courant.

Ce phénomène s'observe ordinairement dans un fer qui n'est pas parfaitement pur; car alors le métal est doué d'une certaine force coercitive, qui retient l'aimantation après le passage du courant. Toutefois le magnétisme rémanent se manifeste aussi dans le cas d'un fer parfaitement pur, lorsque l'électro-aimant est en contact avec son armature. Dans ce cas, l'armature étant aimantée par influence, ses deux pôles, au moment de la rupture du courant, réagissent sur le fer de l'électro-aimant pour y maintenir deux pôles de noms contraires; de là une aimantation qui persiste ensuite tant que dure le contact, et cesse avec lui.

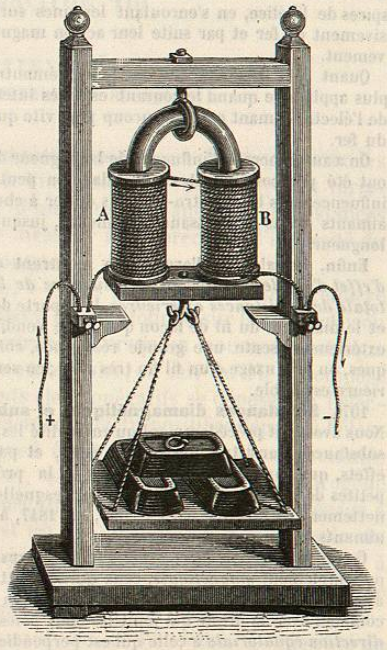

Fig. 998.

Dans les appareils où des électro-aimants agissent par intermittence sur leur armature, le magnétisme rémanent empêche celle-ci de se détacher. Il en résulte un fonctionnement irrégulier, qu'on évite en interposant une mince feuille de papier ou d'une autre substance inerte entre les électro-aimants et leurs armatures.

1075. **Puissance des électro-aimants.** — La puissance d'un électro-aimant dépend : 1° de l'intensité du courant; 2° du nombre des tours du fil; 3° du diamètre du cylindre de fer sur lequel sont enroulées les bobines.

Lenz et Jacobi ont donné pour les électro-aimants les lois suivantes, qui ne sont qu'empiriques et approchées :

1° *La puissance d'un électro-aimant est proportionnelle à l'intensité du courant;*

2° *Elle est proportionnelle au nombre des tours de l'hélice magnétisante;*

3° *Elle est proportionnelle à la racine carrée du diamètre du barreau.*

L'influence des deux premières causes a une limite; car le barreau, en s'aimantant davantage, approche de plus en plus d'un état de saturation au delà duquel sa force magnétique reste constante, malgré l'accroissement d'intensité du courant et la multiplication des tours de l'hélice. En outre, les spires de l'hélice, en s'enroulant les unes sur les autres, s'écartent progressivement du fer et par suite leur action magnétisante décroît aussi progressivement.

Quant à la troisième loi, on peut démontrer, par le calcul, qu'elle n'est plus applicable quand le courant est très intense, parce qu'alors la puissance de l'électro-aimant croît beaucoup plus vite que la racine carrée du diamètre du fer.

On a aussi cherché l'influence de la longueur du barreau, mais les expériences ont été peu concordantes. Cependant on peut dire que la longueur est sans influence dans les électro-aimants en fer à cheval, mais que dans les électro-aimants droits la puissance augmente, jusqu'à une certaine limite, avec la longueur.

Enfin, le calcul et l'expérience montrent que, *pour obtenir le maximum d'effet d'un électro-aimant, la résistance de la bobine doit égaler la somme totale des résistances extérieures.* Il importe donc de combiner la longueur et et le diamètre du fil de façon que cette condition soit satisfaite. Si le circuit extérieur présente une grande résistance, comme dans les lignes télégraphiques, on fera usage d'un fil fin très long; ce sera l'inverse si la résistance extérieure est faible.

1076. **Substances diamagnétiques et substances paramagnétiques.** — Nous avons dit précédemment qu'en réalité les aimants agissent sur toutes les substances, par attraction sur les unes, et par répulsion sur les autres. Ces effets, qui furent d'abord attribués à la présence de quantités infiniment petites de fer dans les substances sur lesquelles on expérimentait, ne furent nettement établis que par Faraday, en 1847, à l'aide de ses puissants électro-aimants.

Ce savant a appelé *diamagnétiques* les corps repoussés, et *paramagnétiques*, ou simplement *magnétiques*, ceux qui sont attirés; et comme il expérimentait avec des électro-aimants, il a donné le nom de *direction axiale* à celle qui coïncide avec la droite qui joint les deux pôles de l'électro-aimant, et celui de *direction équatoriale* à celle qui est perpendiculaire à la même ligne. Il a reconnu que le nombre des substances diamagnétiques est beaucoup plus grand que celui des substances magnétiques.

Les substances diamagnétiques sont le bismuth, le plomb, l'antimoine, le zinc, le cuivre, le cristal de roche, le verre, le sel marin, le plâtre, le charbon, le soufre, et en général les substances organiques, comme les résines, le sucre, le bois, la chair des animaux. Les substances magnétiques sont le fer, le nickel, le cobalt, le chrome et la plupart des métaux. On peut admettre aujourd'hui qu'il n'est pas une seule substance sur laquelle n'agissent, dans un sens ou dans l'autre, les aimants puissants.

CHAPITRE VIII

MESURE DE L'INTENSITÉ DES COURANTS. GALVANOMÈTRES ET BOUSSOLES.

1077. **Méthodes et instruments de mesure.** — Pour comparer les courants au point de vue de l'intensité et pour étudier les variations que subit l'intensité d'un courant dans des circonstances particulières, il faut savoir mesurer avec précision l'intensité du courant à un instant quelconque.

1° *Méthode électrochimique.* — Nous avons indiqué une première méthode de mesure, due à Davy. Elle est fondée sur la comparaison des effets chimiques des courants. Lorsqu'un courant électrique traverse un composé binaire ou ternaire, on sait qu'il le décompose en ses éléments : les éléments électronégatifs se déposent à l'électrode *positive*, tandis que l'élément électropositif se dépose à l'électrode *négative*. Si le composé électrolysé est de l'eau (acidulée pour qu'elle soit conductrice), elle est décomposée en hydrogène qui se dégage à l'électrode négative, et en oxygène qui se dégage à l'électrode positive. Si c'est un sel métallique, par exemple du sulfate de protoxyde de cuivre, l'acide et l'oxygène se dégagent à l'électrode positive, tandis que le métal se dépose sur l'électrode négative. Dans l'un et l'autre cas, la quantité de l'électrolyte décomposée par un même courant, ou, si l'on veut, la quantité de l'un ou de l'autre des éléments qui se déposent sur les électrodes, est proportionnelle à la durée de l'expérience pour un même électrolyte, et à l'équivalent chimique de l'électrolyte pour un même intervalle de temps, et, toutes choses égales d'ailleurs, elle est *proportionnelle à la quantité d'électricité* qui traverse l'électrolyte.

Or l'intensité d'un courant doit être considérée, à priori, comme proportionnelle à la quantité d'électricité qui passe, dans l'unité de temps, par une section quelconque du circuit. L'expérience ayant démontré que le poids d'hydrogène dégagé est proportionnel à cette quantité d'électricité, on doit en conclure que *l'intensité d'un courant est proportionnelle au poids* d'hydrogène qu'il dégage ou *au poids* de tout autre électrolyte qu'il précipite *en une seconde dans l'unité de temps*. L'intensité, mesurée par cette méthode, est ce que nous avons appelé l'*intensité électrochimique*.