

ter en même temps une argile très-alumineuse, ou de l'oxide de fer, ou un calcaire très-magnésien.

(6) Il se peut que la chemise granitique des fourneaux à manche fournisse de l'alcali aux scories; mais il paraissait peu probable que cette substance ne provint pas aussi d'une autre source. L'expérience a justifié nos doutes. Ayant analysé un échantillon de minerai bleu, on l'a trouvé composé de :

Deutoxide de cuivre.	0,369
Tritoxide de fer.	0,077
Acide carbonique et eau.	0,235
Gangue pierreuse.	0,308

0,989

Fondu avec trois parties de flux noir, il a donné 0,272 de cuivre pur.

On a analysé la gangue au moyen du carbonate de plomb, et on y a trouvé 0,05 d'alumine et 0,02 au moins de potasse. C'est donc principalement cette gangue qui introduit de l'alcali dans les scories, et elle y porte en même temps de l'alumine. Au reste, sa composition doit être fort variable; car on reconnaît aisément qu'elle résulte d'un mélange, en diverses proportions, de quartz, de feldspath et d'argile.

(7) Il est très-vraisemblable, comme M. Thibaud le reconnaît lui-même, que l'on ne peut pas déduire de ses analyses la proportion de cuivre qui se perd dans le traitement du minerai bleu; il paraît même que la quantité en est peu considérable. Nous ne pouvons admettre que la perte dans le traitement des mattes puisse être très-grande. M. Guenyveau dit bien, à la vérité, que l'on ne retire de la pyrite que la moitié du cuivre qu'elle renferme; mais il parle du minerai pauvre, qui ne contient que 0,04 à 0,05 de ce métal: or, la perte est loin d'être proportionnelle à la quantité de cuivre contenu dans le minerai; elle est tout au plus constante pour une même quantité de minerai, et il est même probable qu'elle est d'autant plus grande que celui-ci est plus pauvre, parce que la masse des scories qui peuvent retenir l'oxide de cuivre en combinaison est d'autant plus grande elle-même. Il y a donc tout lieu de croire que si cette perte est de 0,02 pour un minerai qui contient 0,04 de cuivre, elle est encore de 0,02 tout au plus pour un minerai qui en contient 0,20; dans le premier cas, elle s'élève à la moitié du cuivre; et dans le second au dixième seulement.

NOTE

SUR LES EXPÉRIENCES

ÉLECTRO - MAGNÉTIQUES

DE MM. OERSTED, AMPÈRE ET ARAGO,

RELATIVES

A L'IDENTITÉ DE L'AIMANT AVEC L'ÉLECTRICITÉ.

M. OErsted, professeur à l'université de Copenhague, avait publié, avant 1807, un ouvrage dans lequel il s'était proposé de vérifier si l'électricité dans son état le plus latent n'a aucune action sur l'aimant (1); mais ce n'est que pendant l'hiver de 1819, qu'il a découvert l'action du fil conjonctif de la pile voltaïque sur l'aiguille aimantée, dont il a donné une explication particulière, qui ne s'accorde point avec l'idée que les fluides électriques et magnétiques sont une même chose (2).

Le résultat de la belle expérience faite par M. OErsted n'a été connu à Paris que vers le mois de juillet 1820, et déjà plusieurs savans en ont déduit des conséquences très-importantes sur les rapports de l'électricité avec le magnétisme.

M. Ampère a démontré que deux fils conjonc-

(1) Chap. VIII de la traduction de l'allemand par M. Marcel de Serres, publiée en 1807.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XIV, p. 244.

tifs de métaux non magnétiques s'attirent et se repoussent par la seule action du fluide électrique ; que l'on peut remplacer un des deux fils conjonctifs par un *aimant* sans changer la nature des actions, ce qui donne tous les phénomènes découverts par M. OErsted ; que l'on peut de même, sans qu'elle soit changée, mettre un *aimant* à la place du second fil conjonctif, d'où résultent les faits connus de l'action mutuelle de deux aimans. Il en a conclu que tous les phénomènes des aimans sont purement électriques, et que la distribution de l'électricité dans le fil conjonctif est la même que dans des plans perpendiculaires à la ligne qui joint les deux pôles d'un aimant suivant des courbes fermées, tracées dans ces plans.

Pendant que M. Ampère établissait ainsi l'identité des fluides électriques et magnétiques, M. Arago aimantait de la limaille de fer par le fil conjonctif droit. Bientôt M. Arago, par un procédé déduit des idées théoriques de M. Ampère, aimanta des aiguilles et des barreaux d'acier, en les plaçant dans la partie intérieure d'un fil conjonctif plié en hélice sur une portion de sa longueur : ces corps s'y aimantent parfaitement, soit qu'ils posent immédiatement sur les filets de l'hélice, soit qu'ils soient enveloppés d'un papier, ou introduits dans un tube de verre qui empêche leur contact direct.

La position des pôles des corps ainsi aimantés se trouve déterminée par celle des spires de l'hélice qui les enveloppe, et différente si ces spires tournent de gauche à droite ou de droite à gauche. D'après cette observation, M. Arago a plié un même fil conjonctif de cuivre suivant

deux hélices symétriques placées à la suite l'une de l'autre, mais dont les spires tournaient en sens contraire ; il a placé dans chacune d'elles une aiguille, et elles se sont trouvées aimantées en même temps, de manière que leurs pôles de même nom étaient contigus. Il est parvenu au même résultat, soit qu'il se servit de l'appareil voltaïque, soit qu'il employât une machine électrique ordinaire, soit qu'il fit passer une décharge de la bouteille de Leyde à travers le fil plié en hélice.

On connaissait depuis long-temps des faits qui prouvaient l'influence mutuelle des fluides électriques et magnétiques ; on savait que des croix situées sur des églises, des verges de paratonnerre s'aimantent naturellement par l'électricité atmosphérique.

L'Annuaire de 1819, publié par le Bureau des Longitudes, contient un article de M. Arago sur les forces magnétiques, où ce savant annonce avoir été témoin qu'un bâtiment génois qui faisait route pour Marseille, étant à peu de distance d'Alger, fut frappé par la foudre, qui fit faire aux aiguilles des boussoles une demi-révolution, et que le bâtiment vint se briser à la côte au moment où le pilote croyait avoir le cap au nord.

On avait aussi remarqué que l'aiguille aimantée était souvent agitée lorsqu'il paraissait une aurore boréale. Francklin attribuait ce phénomène au fluide électrique (1) ; M. Arago vient de montrer, d'après des expériences faites en

(1) *Traité de Physique* de M. Haüy, année 1805, paragraphe 628.

Angleterre, comment l'aurore boréale est produite par des courans électriques semblables au courant lumineux que donne la pile de Volta dans ces expériences (1).

Ritter (*Journal de Physique*, tome LVII, année 1803) avait conclu de quelques essais qui n'ont pas été vérifiés depuis, que la terre a des pôles électriques, comme elle a des méridiens magnétiques. Il est prouvé aujourd'hui que tout ce qu'avait avancé Ritter sur ce sujet, est contraire à la manière dont le globe terrestre agit réellement sur les conducteurs électriques.

MM. Hachette et Desormes avaient eu, en 1805, l'idée heureuse de reconnaître la direction que prendrait une pile électrique horizontale libre, composée de mille quatre cent quarante-vingt plaques minces de cuivre, revêtues de zinc sur une de leurs deux faces, et du diamètre d'une pièce de 5 francs. Ils avaient placé cette pile dans un bateau qui flottait sur l'eau d'une grande cuve, où ils avaient reconnu précédemment qu'un barreau d'acier aimanté d'un poids à-peu près égal à celui de la pile, et placé dans le bateau, arrivait, après quelques oscillations, dans le méridien magnétique; mais la pile ne prit aucune direction déterminée, comme cela devait arriver, puisqu'ils n'en mettaient pas les extrémités en communication, et qu'ainsi il n'y avait point de courant électrique : tous ces faits, et même les expériences de M. OErsted, étaient loin de prouver l'identité de l'électricité avec l'aimant. Cette identité n'a été établie que par

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XV, p. 101 et 102.

M. Ampère; ce savant a lu, à ce sujet, plusieurs mémoires à l'Académie royale des sciences, dont voici l'extrait :

Le 18 septembre 1820, il réduisit les phénomènes observés par M. OErsted à deux faits généraux; il montra que le courant qui est dans la pile agit sur l'aiguille aimantée, comme celui du fil conjonctif, et rapporta les expériences d'après lesquelles il avait constaté l'attraction ou répulsion de toute la masse d'une aiguille aimantée par le fil conjonctif; il décrivit les instrumens qu'il se proposait de faire construire, et entre autres les spirales et les hélices galvaniques, qu'il annonça devoir produire les mêmes effets que les aimans; il donna ensuite quelques détails sur la manière dont il concevait que les aimans devaient uniquement leurs propriétés à des courans électriques dans des plans perpendiculaires à leur axe; il montra qu'on devait admettre des courans semblables dans le globe terrestre, et réduisit tous les phénomènes magnétiques à des effets purement électriques.

Le 25 septembre, il donna plus de développement à cette théorie; il annonça le fait nouveau de l'attraction et de la répulsion de deux courans électriques sans l'intermède d'aucun aimant, et répéta cette expérience dans le cours de la séance avec des conducteurs pliés en spirales. M. Ampère fit ensuite le résumé de ce qu'il avait lu dans cette séance et dans la précédente, et s'exprima ainsi :

1°. Deux courans électriques s'attirent quand ils se meuvent parallèlement dans le même sens, et ils se repoussent quand ils se meuvent parallèlement en sens contraire;

2°. Il s'ensuit que quand les fils métalliques qu'ils parcourent ne peuvent que tourner dans des plans parallèles, chacun des deux courans tend à amener l'autre dans une situation où il lui soit parallèle et dirigé dans le même sens ;

3°. Ces attractions et répulsions sont absolument différentes des attractions et répulsions électriques ordinaires ;

4°. Tous les phénomènes que présente l'action mutuelle d'un courant électrique et d'un aimant, découverts par M. OErsted, que j'ai analysés et réduits à deux faits généraux dans un mémoire précédent, lu à l'Académie le 18 septembre 1820, rentrent dans la loi d'attraction et de répulsion de deux courans électriques, telle qu'elle vient d'être énoncée, en admettant qu'un aimant n'est qu'un assemblage de courans électriques qui sont produits par une action des particules de l'acier les unes sur les autres, analogue à celle des élémens d'une pile voltaïque, et qui se meuvent dans les plans perpendiculaires à la ligne qui joint les deux pôles de l'aimant ;

5°. Lorsque l'aimant est dans la situation qu'il tend à prendre par l'action du globe terrestre, ces courans sont dirigés dans le sens opposé à celui du mouvement apparent du soleil ; en sorte que quand on place l'aimant dans la situation contraire, afin que ceux de ses pôles qui regardent les pôles de la terre soient de même espèce qu'eux, les mêmes courans se trouvent dans le sens du mouvement apparent du soleil ;

6°. Les phénomènes connus qu'on observe lorsque deux aimans agissent l'un sur l'autre, rentrent dans la même loi ;

7°. Il en est de même de l'action que la terre exerce sur un aimant, en admettant dans le globe terrestre des courans électriques dans des plans perpendiculaires à la direction de l'aiguille d'inclinaison, et qui se meuvent de l'est à l'ouest ;

8°. Il n'y a rien de plus à l'un des pôles d'un aimant qu'à l'autre ; la seule différence qu'il y ait entre eux est que l'un se trouve à gauche et l'autre à droite des courans électriques qui donnent à l'acier les propriétés magnétiques.

9°. Lorsque Volta eut prouvé que les deux électricités, positive et négative, des deux extrémités de la pile s'attiraient et se repoussaient d'après les mêmes lois que les deux électricités produites par les moyens connus avant lui, il n'avait pas pour cela démontré complètement l'identité des fluides mis en action par la pile et par le frottement ; mais cette identité le fut autant qu'une vérité physique peut l'être, lorsqu'il montra que deux corps, dont l'un était électrisé par le contact des métaux, et l'autre par le frottement, agissaient l'un sur l'autre dans toutes les circonstances, comme s'ils avaient été tous les deux électrisés avec la pile ou avec la machine électrique ordinaire. Le même genre de preuves se trouve ici à l'égard de l'identité des attractions et répulsions des courans électriques et des aimans. Je viens de montrer à l'Académie l'action mutuelle de deux courans ; les phénomènes anciennement connus relativement à celle de deux aimans rentrent dans la même loi : en partant de cette similitude, on prouverait seulement que les fluides électriques et magnétiques sont soumis aux mêmes lois, comme on l'admet depuis long-temps, et le seul changement à faire à

la théorie ordinaire de l'aimantation serait d'admettre que les attractions et répulsions magnétiques ne doivent pas être assimilées à celles qui résultent de la tension électrique, mais à celles que j'ai observées entre deux courans. Les expériences de M. Oersted, où un courant électrique produit encore les mêmes effets sur un aimant, prouvent de plus que ce sont les mêmes fluides qui agissent dans les deux cas.

Le 9 octobre suivant, M. Ampère présenta à l'Académie des expériences qui mettaient dans tout son jour *l'identité d'action entre les fils conjonctifs et les courbes fermées*, qu'il conçoit comme des courans électriques dans des plans perpendiculaires à la ligne qui joint les deux pôles d'un aimant. Il fit voir, sur deux courans électriques rectilignes, les mêmes effets qu'il avait montrés, dans la séance précédente, sur des courans dont les conducteurs étaient pliés en spirales.

M. Ampère lut, dans la même séance, un mémoire où il donnait les résultats de quelques nouvelles expériences sur les mêmes phénomènes, et sur les circonstances où ils se produisent; il décrivit la marche qu'il a suivie depuis pour calculer les effets des courans électriques d'une longueur finie et ceux des aimans; il annonça qu'il attendait, pour entreprendre ces calculs, d'avoir achevé de déterminer, par l'expérience, la loi des attractions de deux portions infiniment petites de courans électriques, sur laquelle il donna de premiers aperçus. Il insista, dans ce mémoire, sur toutes les différences qui établissent, entre les attractions et les répulsions des courans électriques et celles de l'électricité

ordinaire, *une dissemblance et presque une opposition complète.*

Le 16 octobre, il lut une note relative aux belles expériences de M. Arago sur l'*aimantation de l'acier* à l'aide du courant produit par une pile voltaïque, en le faisant passer dans un fil conducteur plié en hélice, expériences conformes à ce qu'il avait annoncé sur l'identité de ces courans et de ceux qu'il admet dans les aimans, et qui peuvent être regardées comme en *complétant la démonstration.*

Le 30 suivant, M. Ampère annonça à l'Académie que, conformément à sa théorie sur les phénomènes que présentent les courans électriques et les aimans, l'action du globe terrestre amène dans un plan perpendiculaire à la direction de l'aiguille d'inclinaison le plan d'une portion mobile du conducteur d'un appareil voltaïque, disposée de manière à former un circuit presque fermé. Il décrivit deux instrumens, dont le premier lui avait servi à produire le mouvement du fil conjonctif, correspondant à la direction de l'aiguille d'une boussole dans le plan horizontal suivant la ligne de déclinaison, et l'autre, celui qui correspond à la direction de l'aiguille d'inclinaison dans le plan du méridien magnétique. Il fit voir, dans cette séance, un instrument où l'on fait tourner dans un plan horizontal une portion du courant électrique, dont le conducteur est attaché à un pivot vertical, par l'action d'un autre courant, action qui l'amène dans la situation où *ces deux courans sont parallèles et dirigés dans le même sens.*

Dans la séance du 6 novembre 1820, M. Ampère annonça à l'Académie un fait relatif à l'ac-

tion des conducteurs pliés en hélices, fait qu'il avait reconnu long-temps avant d'en connaître la cause, et que M. Arago avait également observé; il en conclut :

1°. Un moyen très-simple de neutraliser l'effet longitudinal d'un courant électrique dans un conducteur plié en hélice, et d'en réduire l'action à l'effet transversal, qui se trouve alors identique à celui d'un aimant;

2°. Une loi qu'il n'avait alors vérifiée qu'à l'égard de l'action exercée par cette sorte de courans, mais qu'il a depuis prouvée, par des expériences directes, être vraie en général pour chacune des portions infiniment petites dont il faut concevoir les courans électriques comme composés, pour pouvoir en calculer les effets.

Quand on veut se faire une idée nette de la loi que M. Ampère expose dans ce mémoire, il faut concevoir dans l'espace une ligne représentant, en grandeur et en direction, la résultante de deux forces qui sont semblablement représentées par deux autres lignes, et supposer dans les directions de ces trois lignes trois courans électriques dont les forces attractives ou répulsives sont proportionnelles à leurs longueurs. La loi dont il s'agit consiste en ce que le courant dirigé suivant la résultante exerce, dans quelque direction que ce soit, sur un autre courant électrique, ou sur un aimant, la même action que la réunion des deux courans dirigés suivant les composantes.

M. Ampère n'a, dans ce mémoire, établi cette loi que sur un seul fait, celui de la double action produite par un fil conducteur plié en hélice, qui agit à-la-fois comme un conducteur

rectiligne égal en longueur à l'axe de l'hélice, et comme un assemblage d'autant de portions de conducteurs circulaires égaux et parallèles à la circonférence de la base du cylindre qu'entoure l'hélice, que cette hélice a de spires, conformément à la loi dont nous parlons. L'égalité de la première action et de celle d'un conducteur rectiligne égal en longueur à l'axe de l'hélice, est prouvée par l'expérience d'une manière rigoureuse, parce que cette action est exactement compensée par celle en sens opposé qu'on produit en faisant revenir le même fil conducteur par l'axe de l'hélice dans un tube de verre ou de papier recouvert de ses spires, et qui empêche cette hélice de communiquer avec la portion du fil enfermée dans le tube: l'action se réduit alors à celle d'un assemblage d'autant de courans électriques circulaires qu'il y a de spires. D'après la manière dont M. Ampère conçoit les courans des aimans auxquels il attribue tous les effets qu'ils produisent, l'action d'un fil conducteur ainsi disposé doit être identique à celle d'un barreau aimanté: c'est ce que l'expérience a vérifié de la manière la plus complète. L'instrument qui résulte de cette disposition, suspendu comme l'aiguille d'une boussole, se conduit précisément de la même manière que cette aiguille en présence d'un aimant, et agit à son tour sur l'aiguille d'une boussole précisément comme un aimant. M. Ampère a présenté cet instrument à l'Académie des sciences, après avoir fini la lecture de son mémoire. Les expériences auxquelles il est destiné et qui ont été répétées devant plusieurs de ses membres, offrent une des preuves les plus frappantes de la théorie de l'auteur sur

l'identité de l'électricité et du magnétisme. M. Ampère a aussi conclu des mêmes considérations qu'un tube de verre d'un petit diamètre, entouré des spires d'une hélice assez inclinée, en fil de laiton, forme, lorsque l'autre extrémité du conducteur revient par l'intérieur du tube, un instrument très-simple, et très-commode pour porter le courant électrique où l'on veut, sans que l'action qui lui reste, et qui est alors très-petite, trouble sensiblement celle du reste du conducteur, lorsqu'on veut l'observer ou en mesurer les effets.

Mémoire sur l'expression analytique des attractions et répulsions des courans électriques. Lu le 4 décembre 1820.

Le but que s'est proposé M. Ampère dans ce mémoire, est de montrer que tous les faits relatifs soit à l'action mutuelle de deux aimans, soit à celle d'un conducteur voltaïque et d'un aimant, découverte par M. OErstedt, soit à celle de deux conducteurs qu'il a observés le premier, peuvent être ramenés à une cause unique, consistant dans une force tantôt attractive, tantôt répulsive entre les portions infiniment petites de ce qu'il a nommé courans électriques, mais agissant toujours suivant la ligne qui joint leurs milieux; seule direction dans laquelle l'auteur pense qu'on puisse supposer que s'exerce une force attractive ou répulsive, de quelque nature qu'elle soit. Il s'agissait pour cela de trouver d'abord la loi suivant laquelle cette force doit

varier, pour que ses effets soient tels que les offre l'expérience.

M. Ampère a admis que cette action n'est pas seulement fonction de la distance, mais qu'elle dépend aussi des angles qui déterminent la position respective des deux portions infiniment petites des courans électriques et de la ligne qui en joint les milieux.

Cette supposition ne semble pas d'abord conforme à l'idée qu'on se fait des forces attractives et répulsives; mais c'est uniquement, remarque l'auteur, parce que l'attraction universelle, premier type de cette idée, ne dépendant que de la distance, nous ne sommes pas encore accoutumés à y faire entrer d'autres élémens.

Quoi qu'il en soit, la manière dont la distance entre dans l'attraction de deux courans électriques, est celle qu'il avait annoncée comme la base de toutes ses recherches, dans un précédent mémoire, lu le 9 octobre 1820.

Non-seulement la force que M. Ampère admet entre deux portions infiniment petites des courans électriques, est dirigée suivant la ligne qui en joint les milieux, mais elle se rapproche encore des lois d'attraction et de répulsion observées dans d'autres phénomènes, en ce que pour une même position respective des deux portions de courans électriques que l'on considère, elle est en raison inverse du carré de la distance.

Le premier résultat qu'en a déduit M. Ampère, par une intégration fort simple, est que, conformément à ce que M. le marquis de Laplace avait trouvé par le calcul, et M. Biot par l'expérience, dans le cas de deux courans rectilignes dont les directions sont parallèles, si l'on sup-

pose un des courans d'une longueur infinie, la résultante des actions de toutes ses parties sur un élément de l'autre, et par conséquent aussi sur une de ses portions d'une longueur déterminée, est en raison inverse de la plus courte distance des deux courans.

L'auteur remarque à ce sujet que ce résultat est indépendant de la manière dont on admet que l'angle que forment deux portions infiniment petites de courans parallèles avec la ligne qui en joint les milieux, entre dans la valeur de leur attraction mutuelle; il est une suite nécessaire de ce qu'alors cette attraction ne peut dépendre que de cet angle et de la distance entre ces deux petites portions de courans électriques.

Cette loi peut donc être considérée comme une conséquence nécessaire des principes dont M. Ampère avait établi, dans le mémoire que nous venons de citer, qu'on devait partir pour calculer les phénomènes de ce genre; mais il n'en était pas moins important de la comparer avec des résultats d'expériences précises. Ces expériences ont été faites par M. Biot; il s'est servi pour cela d'un moyen ingénieux, qui l'a conduit à reconnaître l'exactitude de cette loi, avant qu'elle eût été déduite par le calcul de la théorie de M. Ampère. Les résultats de ces expériences ont été communiqués à l'Académie royale des sciences dans un mémoire lu à la séance du 30 octobre 1820.

Mais le savant auteur de ce mémoire suppose (1) que la force émanée du conducteur électrique qu'il faisait agir sur un petit aimant,

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XV, p. 225.

s'exerce dans un sens perpendiculaire au rayon vecteur, et M. Ampère pense qu'elle agit dans la direction de ce rayon. Quelque différence qu'il y ait entre ces deux manières de concevoir les phénomènes, elles conduisent dans un grand nombre de cas aux mêmes conséquences, en sorte que les expériences où ces conséquences se vérifient, ne peuvent servir à décider directement la question. Mais, comme le fait remarquer M. Ampère dans son mémoire, la manière dont il explique l'action des conducteurs voltaïques sur les aimans, offre le double avantage,

1°. De ne pas supposer que ces conducteurs agissent sur des particules magnétiques dont rien ne démontre l'existence, mais de les considérer comme exerçant leur action sur des dispositions de l'électricité, semblables à celle qu'on établit dans des fils de laiton lorsqu'on les met en communication avec les deux extrémités d'une pile voltaïque, et cela précisément de la même manière qu'ils agissent sur les fils où elle existe dans les expériences où il n'y a point d'aimant.

2°. De n'admettre des forces attractives ou répulsives entre deux points que suivant la ligne qui joint ces deux points.

Ce n'est pas seulement sur les faits découverts par M. OErstedt et sur ceux que M. Ampère a fait connaître aux physiciens, qu'il appuie sa théorie. Il en trouve des preuves dans tous les phénomènes que présente l'action mutuelle de deux aimans; il pense qu'on rend plus complètement raison de ces phénomènes, lorsqu'on regarde les aimans comme des assemblages de courans électriques, qu'on ne peut le faire dans la supposition de deux fluides magnétiques, l'un

austral, l'autre boréal, adoptée jusqu'à présent. Il cite à l'appui de ses idées quelques-uns de ces phénomènes, auxquels on n'a pas jusqu'à présent fait assez d'attention, et qui ne lui paraissent pouvoir s'expliquer d'une manière satisfaisante qu'en l'adoptant.

M. Ampère démontre ensuite qu'en nommant g, h , les intensités des deux portions infiniment petites de courans électriques, α et β ; les angles que leurs directions font avec la ligne qui en joint les milieux et qui par conséquent en mesure la distance, r la longueur de cette ligne et γ l'angle formé par deux plans passant par la même ligne et par les directions des deux petites portions de courans électriques, l'expression analytique la plus générale de l'action qu'elles exercent l'une sur l'autre, déduite de la loi communiquée à l'Académie dans la séance du 6 novembre dernier, est

$$\frac{gh}{r^2} \left(\sin. \alpha \sin. \beta \cos. \gamma + \frac{n}{m} \cos. \alpha \cos. \beta \right),$$

où $\frac{n}{m}$ désigne une fraction constante; il expose les raisons qui le portent à croire qu'elle est nulle quand cette formule représente l'action dont il est ici question, ce qui la réduit à

$$\frac{gh \sin. \alpha \sin. \beta \cos. \gamma}{r^2};$$

il montre qu'on peut en déduire les résultats obtenus par un de nos premiers physiciens dans des expériences qu'il a communiquées à l'Académie; le 30 octobre dernier, sur la mesure précise de l'action découverte par M. OErstedt entre un con-

ducteur voltaïque et un aimant; il pense que l'hypothèse proposée par l'auteur de ces expériences pour expliquer cette action et la manière dont lui-même l'a auparavant expliquée, conduisent aux mêmes résultats, et ne diffèrent qu'en ce que la première suppose que l'action du conducteur s'exerce sur des molécules de magnétisme boréal et de magnétisme austral: manière de voir qui oblige l'auteur à admettre que cette action est dirigée perpendiculairement aux plans qui passent par ces molécules et par le fil conducteur, et qu'en suivant les idées de M. Ampère, on est conduit à regarder les phénomènes découverts par M. OErstedt, ainsi que ceux connus depuis long-temps qu'offre l'action mutuelle de deux aimans, comme produits *uniquement par l'électricité*, disposée ou se mouvant dans des courbes fermées et situées dans des plans perpendiculaires à l'axe d'un aimant, précisément comme elle est disposée ou se meut dans un conducteur voltaïque. M. Ampère pense qu'il existe entre ces courbes et le fil conducteur la même action qu'il a montrée, par des expériences directes, exister entre deux courans électriques produits par la pile; en sorte que cette action est toujours dirigée suivant la ligne qui joint les points entre lesquels elle s'exerce, et qu'on n'est plus obligé de supposer qu'elle se développe dans une direction perpendiculaire à cette ligne.

Dans la séance du 11 décembre, M. Ampère a lu une note sur quelques expériences qu'il venait de faire: l'une d'elles confirme ce qu'il avait dit dans le mémoire lu le 4 décembre, et tend à prouver qu'en effet la valeur de la fraction $\frac{n}{m}$

est très-petite et doit être considérée comme absolument nulle.

M. Ampère termine cette note en remarquant l'analogie que présente la formule

$$\frac{g h \sin. \alpha \sin. \beta \cos. \gamma}{r^2}$$

avec celle qui exprime la quantité de chaleur rayonnante qu'une portion infiniment petite de surface reçoit d'une autre petite portion de surface ou qu'elle lui envoie. Il résulte de cette analogie que deux portions de surface couvertes de courans électriques dirigés dans le même sens exercent, à quelque distance que ce soit, la même action attractive ou répulsive sur un point pour lequel elles interceptent des portions égales d'une surface sphérique infinie, de même que des surfaces également échauffées exercent, dans le même cas, la même action calorifique. Il s'ensuit aussi que si les courans électriques des deux surfaces ont lieu en sens contraire, les actions qu'elles exercent dans ce cas se détruisent mutuellement. C'est sur cette considération que M. Ampère fonde une explication très-simple des diverses circonstances qu'on observe dans l'action mutuelle de deux aimans. Il en indique plusieurs, qui résultent immédiatement de cette conséquence de sa formule, et qui ne s'expliquent pas aussi bien dans l'hypothèse ordinaire sur la cause des phénomènes magnétiques. Quelques faits sont si peu d'accord avec cette hypothèse, qu'on ne voit guère comment ceux qui l'adoptent pourraient s'en rendre raison. Tels sont la disposition de la limaille de fer sur un parallépipède d'acier aimanté; le changement d'attraction en répulsion

entre un aimant et un fil conjonctif dont les directions font un angle droit, quand le fil conjonctif, en se mouvant parallèlement à lui-même, passe d'une situation où il correspond à l'intervalle des deux pôles de l'aimant, à une situation où il se trouve hors de cet intervalle; et une observation de M. Boisgiraud, que ce physicien a publiée avec d'autres expériences intéressantes; dans le cahier de novembre des *Annales de Chimie et de Physique*.

~~~~~

*Exposition du moyen par lequel il est facile de s'assurer directement, et par des expériences précises, de l'exactitude de la loi des attractions et répulsions des courans électriques, suivie de quelques observations sur cette loi. Mémoire lu le 26 décembre 1820.*

Ce mémoire est une suite du précédent, dans lequel, après avoir montré l'importance de la loi qu'il avait communiquée à l'Académie le 6 novembre 1820, par les conséquences qu'il en avait tirées, l'auteur avait annoncé que cette loi n'ayant encore été vérifiée qu'à l'égard des conducteurs pliés en hélice, il s'occuperait des moyens de s'assurer qu'elle n'avait pas lieu seulement dans le cas où les conducteurs sont de cette forme, mais à l'égard des courans électriques en général, de quelque manière que soient disposés les fils métalliques qu'ils parcourent.

Comme c'est de cette loi qu'il a déduit l'expression analytique de l'action mutuelle de

deux portions infiniment petites de courans électriques, dont on peut conclure par les méthodes ordinaires d'intégration toutes les circonstances de cette action, pour des courans de grandeur finie, soit à l'égard de ceux qu'on produit avec une pile de Volta, soit à l'égard des courans disposés dans les aimans de la manière qu'il a précédemment expliquée, on sent qu'il a dû chercher les moyens de la vérifier par des expériences directes et susceptibles de précision.

D'après l'énoncé déjà donné de cette loi, il est aisé de voir qu'elle se réduit à ceci :

Si l'on fixe sur la direction d'un courant électrique deux points infiniment rapprochés, et qu'on substitue à la petite portion de courant comprise entre ces points une autre portion de ce même courant, suivant une ligne pliée ou contournée d'une manière quelconque, mais se terminant toujours aux mêmes points sans s'en écarter nulle part à une distance finie, cette substitution ne changera en aucune manière l'action exercée dans quelque direction que ce soit, par la petite portion de courant que l'on considère sur une autre portion de courant électrique éloignée de la première d'une quantité finie.

M. Ampère remarque qu'il n'en est ainsi que parce que tous les points de la ligne supposée infiniment petite sont censés à la même distance de celui sur lequel elle agit : d'où il suit que l'action d'un circuit fermé infiniment petit serait nulle, par la compensation qui aurait toujours lieu entre l'attraction exercée par une de ces moitiés et la répulsion exercée par l'autre, et qu'enfin, si un circuit d'une grandeur finie produit des attractions ou des répul-

sions, c'est uniquement parce que l'action diminuant en raison inverse du carré de la distance, il n'y a plus, entre les actions produites par ses diverses portions qui se trouvent à différentes distances du courant électrique ou de l'aimant sur lequel il agit, la même compensation qui aurait lieu nécessairement, si elles étaient toutes à la même distance de ce courant ou de cet aimant.

L'auteur donne ensuite la description d'un instrument propre à vérifier directement cette loi, instrument qu'il a depuis fait construire, et avec lequel il a fait des expériences qui en confirment pleinement l'exactitude, quelle que soit la manière dont de très-petites portions du fil conducteur sont pliées ou contournées. Cet instrument se compose de deux règles verticales entre lesquelles on suspend, comme l'aiguille de la balance de torsion et à égales distances de l'une et de l'autre, un conducteur vertical mobile autour d'un axe vertical, et qu'il est bon de rendre astatique en composant la partie mobile de l'appareil de deux circuits presque fermés égaux et opposés, ce qui rend nulle l'action que le globe terrestre exerce sur lui ; on peut aussi faire l'expérience sans cette précaution, mais alors il faut que le plan des deux règles soit parallèle à celui du méridien magnétique, afin que le plan de la partie mobile lui soit perpendiculaire ; tandis que ce dernier plan peut être placé dans le vertical qu'on veut, quand cette partie est astatique : on place alors le conducteur vertical mobile à égale distance des deux règles, en faisant tourner la pince à laquelle est attachée l'extrémité supérieure du fil à l'extrémité infé-

rieure duquel la partie mobile est suspendue. Ces deux règles portent deux fils de laiton qui font partie d'un même circuit dont les extrémités communiquent avec celles de la pile. La partie de chaque fil qui est sur la surface de la règle qui la porte, est rectiligne pour l'une, et pliée et contournée à chacun de ses points pour l'autre; le reste du circuit se compose de deux parties égales et semblables, placées à égales distances des deux côtés du petit aimant. On établit les communications de manière que le courant qui a lieu dans les deux moitiés du circuit, exerce sur le conducteur mobile des actions qui tendent à se détruire mutuellement. Comme ces deux moitiés du circuit ne diffèrent qu'en ce qu'une partie rectiligne de l'une correspond à une partie de l'autre, pliée et contournée comme nous venons de le dire, il est évident que, dans le cas où les plis et les contours de cette dernière rendraient son action plus grande ou plus petite que celle de la partie rectiligne de l'autre moitié du circuit, le conducteur mobile serait dévié par une force égale à la différence de ces deux actions, au lieu que si la loi énoncée plus haut est exacte, ce conducteur reste dans la situation où on l'avait mis avant d'établir les communications, en équilibre entre deux forces égales. C'est en constatant qu'il en est en effet ainsi, que l'expérience démontre l'exactitude de cette loi. Une fois qu'elle est mise hors de doute, la formule qu'a donnée M. Ampère s'en déduit aisément par une démonstration purement géométrique que l'auteur a insérée dans le cahier de septembre du *Journal de Physique*; il a aussi tenté l'expérience que nous venons de décrire en substituant

un petit aimant à la portion mobile de fil conjonctif suspendue entre les deux conducteurs, mais il a reconnu que ce moyen n'est point propre à atteindre le but désiré, parce que les courans électriques de l'aimant ayant lieu dans des courbes fermées de grandeur comparable à celle des contours du conducteur fixe non rectiligne, si elles ne sont même beaucoup plus petites, il en résulte entre l'aimant et ce conducteur une action compliquée, qui ne se réduit plus à la somme des actions longitudinales égale à celle d'un conducteur rectiligne.

Dans un dernier mémoire lu à l'Académie des Sciences, les 8 et 15 janvier 1821, M. Ampère a donné quelques essais de calcul, relatifs à l'action mutuelle d'un fil conjonctif et d'un aimant, d'après les formules qui lui servent pour déduire de la loi dont nous venons de parler toutes les circonstances de cette action; il l'a terminé par l'examen d'une question qui ne lui paraît pas susceptible d'être résolue d'une manière certaine avant qu'on ait poussé plus loin ces calculs et qu'on en ait comparé les résultats avec ceux de l'expérience dans des cas où l'on n'a point encore fait d'observation précise. Il s'agit de savoir si les courbes fermées suivant lesquelles ont lieu les courans électriques qui donnent à l'acier aimanté les propriétés qui le caractérisent, sont situées concentriquement autour de la ligne qui joint les deux pôles de l'aimant, ou si ces courans sont répartis dans toute sa masse autour de chacune de ses particules, toujours dans des plans perpendiculaires à cette ligne. Plusieurs considérations que l'auteur n'a pas développées, lui semblent donner peut-être quelques probabilités

de plus à cette dernière manière de concevoir l'existence des courans électriques dans les aimans; mais comme presque tous les phénomènes connus jusqu'à présent s'expliquent également bien dans la première, il a cru devoir laisser cette question indécidée, jusqu'à ce que de nouveaux calculs et de nouvelles expériences aient fourni toutes les données nécessaires à sa solution.

L'auteur a donné dans les mêmes mémoires deux transformations de la formule

$$\frac{gh \sin. \alpha \sin. \beta \cos. \gamma}{r^2},$$

elles consistent en ce que si l'on nomme  $k$ , la plus courte distance des directions des deux petites portions de courans électriques,  $c$  l'angle de ces directions,  $x$ ,  $z$ , les distances des milieux de ces petites portions de courans à la ligne  $k$ , et  $u$ ,  $v$ , leurs distances à l'intersection de deux plans élevés perpendiculairement sur ces milieux, la formule devient :

$$\frac{gh (k^2 \cos. c + xz \sin.^2 c)}{r^4},$$

ou

$$\frac{gh}{r^2} \left( \cos. c + \frac{uv \sin. c}{r^2} \right).$$

Le travail de M. Ampère, dont nous nous sommes proposé de donner une idée sommaire, a été publié dans les *Annales de Chimie et de Physique*, cahiers de septembre et d'octobre, et imprimé à part, chez Crochard, libraire, cloître Saint-Benoît, n°. 16, à Paris.

## DESCRIPTION

*De nouvelles grilles à barres creuses, pour les fourneaux et les foyers;*

PAR M. IKIN (1).

CE nouveau système de grille, pour lequel l'auteur a obtenu une patente en Angleterre, le 27 janvier 1818, se compose de barres creusées dans toute leur longueur, à travers lesquelles on fait passer un courant d'eau. M. Ikin construit ces grilles de deux manières : 1°. en les fondant d'une seule pièce, réunissant les extrémités des barres par une traverse, et laissant entre elles un espace suffisant pour l'admission de l'air, ainsi qu'on le voit *fig. 1, 2 et 3, Pl. VI*; 2°. en formant des barres creuses isolées, les recourbant à leurs extrémités et les joignant bout à bout au moyen des embâses dont elles sont munies. Il résulte de cette disposition indiquée par la *fig. 4*, un canal continu et serpentant, destiné à recevoir un courant d'eau d'un réservoir supérieur par un tuyau de fer ou de cuivre D, *fig. 5*, lequel s'adapte à l'une des ouvertures de la grille; un autre tube E conduit le fluide échauffé par son passage à travers la grille, dans les parties du bâtiment où l'on en a besoin.

Le nombre, la longueur et l'épaisseur des

(1) Cet article est extrait du *Bulletin* de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale.