CII d 35

B. 3. 3. 16

RECUEIL
D'OBSERVATIONS
ÉLECTRO-DYNAMIQUES,

CONTENANT

DIVERS MÉMOIRES, NOTICES, EXTRAITS DE LETTRES OU D'OUVRAGES PÉRIODIQUES SUR LES SCIENCES,

RELATIFS

A l'Action mutuelle de deux courans électriques, à celle qui existe entre un courant électrique et un aimant ou le globe terrestre, et à celle de deux aimans l'un sur l'autre;

PAR M. AMPÈRE,

Membre de l'Académie royale des Sciences (Institut de France), de la Société royale d'Édimbourg et de la Société helvétique.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE Bibliothèque

B. 3. 3. 16

A PARIS,

CHEZ CROCHARD, LIBRAIRE,

CLOÎTRE SAINT-BÉNOÎT, N° 16, PRÈS LA RUE DES MATHURINS.

1822.

EXTRAIT *d'une Lettre de M.* Ampère *à M.* Faraday.

Paris, 18 avril 1823.

MONSIEUR,

LE temps m'ayant manqué pour répondre à la dernière lettre que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire avec autant de détail que j'aurais voulu le faire, je me bornerai, dans celle ci, à tirer des lois que j'ai données pour déterminer toutes les circonstances des phénomènes produits par l'action électro-dynamique, trois conséquences qui ont été vérifiées par des expériences dont il était, en partant de ces lois, facile de prévoir les résultats. Ces résultats, quoiqu'ils soient réellement de nouvelles preuves de ma théorie, pourraient, au premier coup-d'œil, lui paraître opposés; c'est pourquoi j'ai cru devoir commencer par les en déduire.

La première de ces conséquences est relative à un cas de rotation d'un aimant flottant, que vous avez obtenu et que m'a communiqué M. Hachette.

Si j'ai bien conçu cette intéressante expérience, un fil conducteur *LOM* (pl. 10, fig. 8), plié en fer à cheval et mobile autour de la verticale *KO*, communique, par son milieu *O*, avec une des extrémités de la pile que je supposerai l'extrémité positive pour fixer les idées; il plonge en *L*, *M*, dans le mercure que contient le vase *CDEF*; dans la même verticale *KO* se trouve l'axe d'un aimant flottant *AB*, chargé en *B* d'un poids de platine *BT* destiné à maintenir cet aimant dans une situation verticale.

Les choses ainsi disposées, voyons d'abord ce qui doit

arriver d'après ma théorie : un des faits généraux les plus importans sur lesquels elle repose, et qui m'a suggéré l'expérience et les calculs d'après lesquels j'ai déterminé, dans le Mémoire que j'ai lu à l'Académie des Sciences, le 10 juin 1822, ce qui restait d'indéterminé dans la formule par laquelle j'ai représenté l'action qu'exercent l'une sur l'autre deux portions infiniment petites de courans électriques, fait que j'avais déjà annoncé dans la Note que je lus dans la séance publique du 8 avril de la même année, consiste en ce que l'action mutuelle de deux circuits fermés ne peut imprimer à l'un de ces circuits un mouvement de rotation continue, toujours dans le même sens, et qu'ainsi celle de deux assemblages de circuits fermés, de quelque manière qu'ils soient disposés, ne peut jamais produire cette sorte de mouvement. Il ne peut en résulter, dans l'un d'eux, qu'une tendance à prendre une position fixe lorsqu'on le suppose mobile; d'où il suit que si un tel assemblage ne peut que tourner autour d'un axe et que les circuits dont il se compose soient situés symétriquement des deux côtés de cet axe, il n'éprouvera absolument aucune action de la part d'un circuit fermé ou d'un assemblage de circuits fermés. C'est ce qui doit arriver à un aimant assujetti à ne pouvoir que tourner autour de son axe, lorsqu'on le considère comme devant ses propriétés à des courans électriques, et c'est ainsi que j'explique, dans ma théorie, pourquoi on ne peut d'aucune manière lui imprimer un mouvement autour de son axe par l'action d'autres aimans.

Il semble même, au premier coup-d'œil, à cause de la disposition symétrique de tous les courans d'un aimant

relativement à son axe, qu'il est également impossible de le faire tourner autour de cet axe par l'action d'un conducteur voltaïque, puisque les courans de la pile agissent, d'après mes premières expériences, comme ceux des fils conducteurs, et que la pile, réunie à tout le reste du courant électrique qu'elle produit, compose toujours un circuit complètement fermé. C'est en effet ce qui a lieu tant qu'aucune partie de ce dernier circuit ne traverse l'aimant ou n'est liée invariablement avec lui ; nous verrons tout-à-l'heure pourquoi le mouvement de rotation continue, autour de l'axe même de l'aimant, devient possible dans cette dernière circonstance ; il faut auparavant examiner toutes les actions qui s'exercent dans l'appareil que j'ai représenté (pl. 10, fig. 8) lorsque l'aimant *AB* n'est lié à aucune partie du circuit voltaïque composé du conducteur mobile *LOM*, du mercure contenu dans le vase *CDEF*, des deux rhéophores *RP*, *SN* (1) et de la pile *PN*.

Puisque le courant voltaïque va en s'approchant de ceux de l'aimant dans les branches *OL*, *OM*, elles tendront à tourner autour de lui dans le sens opposé à la direction de ces derniers, et il en résulte une réaction sur l'aimant tendant à le faire tourner avec une force égale en sens contraire, c'est-à-dire, dans le sens de ses propres courans ; les courans qui des points *L*, *M* passent

(1) Je nomme ainsi les deux fils de cuivre soudés aux deux extrémités de la pile, et qui servent à *porter le courant électrique* dans les appareils destinés à observer l'action mutuelle des diverses portions de ce courant, et celle qui s'exerce entr'elles et le globe terrestre ou un aimant.

dans le mercure, vont au contraire en s'éloignant de ceux de l'aimant : leur action tend donc à faire tourner le mercure autour de lui dans le sens de ses courans, conformément à l'expérience de Sir H. Davy relative à la rotation du mercure, et il en résulte une réaction sur l'aimant qui tend à le faire tourner en sens contraire; enfin, le reste du courant électrique, qui est contenu dans les rhéophores et la pile, agit pour faire tourner l'aimant avec une force égale à la différence des deux actions du fer à cheval *LOM* et du mercure, puisque l'action totale de tout le circuit voltaïque doit être nulle; le tout conformément à une loi générale de la manière d'agir des conducteurs, que vous pouvez voir énoncée dans les premières lignes de la page 161 de mon *Recueil d'observations électro-dynamiques* (1).

Il suit de là que quand rien ne s'oppose à la rotation du fer à cheval *LOM*, il tourne en sens contraire des courans de l'aimant *AB*, que si l'action est assez forte pour vaincre l'inertie du mercure et les frottemens, le mercure tourne aussi, mais dans le sens de ces courans, tandis qu'il ne peut y avoir aucune action pour faire tourner l'aimant tant qu'on ne le lie à aucune partie du circuit voltaïque.

Mais si l'on vient, comme dans votre dernière expérience, à lier l'aimant à la partie mobile *LOM*, ou qu'on y fasse passer une portion du courant, comme dans l'expérience où j'ai obtenu, dans le temps, la rotation continue d'un aimant autour de son axe, alors toute

(1) Cette loi est aussi énoncée dans les *Annales de Chimie et de Physique*, tome XVIII, page 373.

action mutuelle entre les élémens d'un système de forme invariable ne pouvant lui imprimer aucun mouvement (1), ce sera comme si l'on avait supprimé du circuit total la portion de ce circuit qui fait corps avec l'aimant; et comme c'était l'action de cette portion qui faisait équilibre à l'action égale et opposée du reste du circuit, celle-ci aura tout son effet et l'aimant tournera en vertu de cette dernière action. Quant au mercure contenu dans le vase *CDEF*, sa tendance à tourner sera la même dans les deux cas, et elle aura ou n'aura pas son effet,

---

(1) Ce principe était admis par tous les physiciens depuis que Newton en avait fait un des trois axiomes sur lesquels il a élevé l'admirable édifice de sa théorie de l'univers, et qu'il a placés à la tête des *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, en l'énonçant en ces termes : *L'action est toujours égale et opposée à la réaction; c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales et dans des directions contraires.*

On ne peut douter que Newton n'entende, en s'exprimant ainsi, que l'action et la réaction sont deux forces égales dirigées en sens contraire suivant une même droite, en sorte que, quand ces deux corps sont liés invariablement, ces deux forces se font équilibre, et qu'il n'en peut résulter aucune sorte de mouvement. Je ne pensais pas d'abord que ce dût être là un objet de controverse, et mes recherches sur les lois de l'action électro-dynamique n'ont point eu d'autre base; je me suis constamment attaché, dans ces recherches, à suivre la marche rigoureuse dont il a donné le premier et le plus parfait modèle, d'une part, en imitant, dans la détermination de l'expression analytique de la force électro-dynamique élémentaire, que j'ai faite d'après des cas d'équilibre observés avec précision, le procédé par lequel on déduit, des lois de Kepler, celle de la gravitation universelle en raison inverse du carré de la distance; de l'autre, en analysant les phénomènes où l'action et la réaction semblaient agir en sens contraire, non pas suivant une même droite, mais suivant deux droites parallèles, de manière à les ramener à des forces

suivant que cette force sera ou ne sera pas suffisante pour vaincre les résistances qui s'opposent à la rotation du mercure. Il est aisé de voir que tout, dans cette expérience, se passe comme dans celle de M. Savary, qui est décrite dans mon *Recueil*, pages 243, 244, et dans les *Annales de Chimie et de Physique*, tome XX, pages 66 et 67 : le mercure y est seulement remplacé par de l'eau acidulée, et l'aimant par une spirale électro-dynamique qui doit, d'après ma théorie, agir précisément comme lui. Il est à remarquer que l'action du reste du circuit, qui produit alors la rotation de l'aimant, étant égale et op-

---

dont l'action fût toujours directement opposée à la réaction. D'autres physiciens ont préféré d'admettre, pour rendre raison des phénomènes électro-dynamiques, des forces qui ne satisfissent pas à cette condition commune à toutes les autres forces de la nature, et qui fussent telles qu'en s'exerçant entre deux corps liés invariablement ensemble, elles imprimassent un mouvement de rotation au système solide résultant de la réunion de ces deux corps.

Si l'on pouvait citer un seul fait qu'on ne pût expliquer autrement, il faudrait bien avoir recours à cette singulière supposition ; mais il n'en est pas ainsi, et il suffit, pour s'en convaincre, de suivre les explications que j'ai données de tous ceux qui ont été observés jusqu'à présent, sans renoncer à un des principes fondamentaux de la physique newtonienne, et surtout de consulter les calculs contenus dans le Mémoire de M. Savary cité plus haut, qui ont si complètement justifié ces explications. Ajoutons que les fluides électriques en mouvement dans le circuit voltaïque y sont toujours en même quantité, qu'il n'y entre et qu'il n'en sort ni électricité positive ni électricité négative, en sorte que ce serait bien en vain qu'on croirait pouvoir prévenir cette difficulté en disant que le système solide qu'on suppose ainsi tendre à tourner sur lui-même, ne le fait qu'en vertu d'actions et de réactions exercées en ligne droite, conformément au principe de Newton, entre les molécules électriques et la matière pondérable du système.

posée à celle que *LOM* exerçait sur lui avant qu'on les liât, et celle-ci étant aussi égale et opposée à l'action qu'exerçait en même temps l'aimant pour faire tourner *LOM*, la force qui tend à faire tourner, dans le premier cas, l'aimant et le fer à cheval réunis est de même intensité et de même signe que celle qui tend à faire tourner, dans le second, le fer à cheval seulement; mais le mouvement de rotation doit parvenir plus lentement à l'état uniforme lorsque l'aimant et le fer à cheval sont liés ensemble, parce que la masse à mouvoir est augmentée de toute celle de l'aimant, et sa vitesse doit même rester toujours un peu moindre à cause du frottement entre le mercure et la surface de l'aimant. Il est aisé de voir que cette sorte de mouvement n'aurait pas lieu dans le cas où la portion mobile du circuit voltaïque qu'on lie avec l'aimant, où la portion du courant de ce circuit qui passe par l'aimant dans l'appareil à l'aide duquel j'ai obtenu le mouvement de rotation continue, avait ses deux extrémités dans l'axe, puisqu'il n'y a point d'action entre un aimant et un courant électrique terminé de part et d'autre à l'axe de cet aimant. On voit aisément, à l'aide du calcul, que la force qui produit ce mouvement est à son *maximum* quand la distance des points *L* et *M* diffère peu du diamètre de l'aimant.

La seconde conséquence de ma théorie, sur laquelle j'ai desiré, Monsieur, d'appeler votre attention, consiste en ce qu'un aimant *AB* (planche 10, figure 9), qui a l'un de ses poles dans l'axe de rotation *KO* du fer à cheval *LOM*, tend à le faire tourner dans le même sens, soit qu'il soit placé horizontalement comme en

AB, verticalement comme en AB', ou dans une situation inclinée comme en AB''. Non-seulement il est bien aisé de voir que cela est une suite nécessaire de ma manière d'expliquer les propriétés des aimans, mais M. Savary a en outre, dans un Mémoire sur l'application du calcul aux phénomènes électro-dynamiques qui sera bientôt publié, déduit directement ce résultat de la formule par laquelle j'ai représenté l'action mutuelle de deux élémens de conducteurs voltaïques. On ne doit donc pas le regarder, avec un savant physicien anglais, comme une objection contre mon opinion, mais, au contraire, comme une nouvelle preuve en sa faveur.

Les calculs de M. Savary, ainsi que vous l'avez pu voir dans mon *Recueil*, pages 349 et 350, conduisent aussi à ce résultat remarquable, que quand l'aimant est assez long pour qu'on puisse en regarder la longueur comme infinie relativement à la partie mobile LOM du conducteur, son action, pour la faire tourner autour de la verticale KO, dans laquelle se trouve le pole de l'aimant qui en est le plus près, doit toujours rester la même, quelle que soit la direction de l'aimant.

La troisième conséquence est relative à la manière dont un fil de fer ou plutôt d'acier AB (fig. 10) roulé en hélice doit s'aimanter, par l'action d'un courant CD qui parcourt un conducteur rectiligne indéfini CD parallèle à l'axe de l'hélice, d'après ma manière d'expliquer les phénomènes que présentent les aimans. Si l'on considère sur chacune des spires du fil d'acier les deux points P, Q, où la surface cylindrique qu'elles forment est touchée par deux plans passant par CD et tangens à cette surface, la moitié PMQ d'une spire, qui est comprise entre ces deux points

du côté du conducteur, s'aimantera comme on le voit dans la figure, de manière que son pole austral sera en P et son pole boréal en Q, tandis que la moitié QNP' de la même spire qui est comprise entre les points Q et P du côté opposé au conducteur CD s'aimantera de manière que son pole boréal sera en Q et son pole austral en P'; en sorte que le long des deux côtés du cylindre où sa surface est touchée par les deux plans tangens dont j'ai parlé tout-à-l'heure, il y aura en P, P', P'', etc., une suite de points conséquens ayant les propriétés du pole austral d'un aimant, et en Q, Q', Q'', etc., une suite de points conséquens ayant les propriétés d'un pole boréal; tandis que si le conducteur passait dans l'intérieur de l'hélice de fil d'acier, tous les points de ce fil devraient être aimantés dans le même sens, sans points conséquens, et avec un pole austral en A et un pole boréal en B.

Dans ce dernier cas, il n'y a de poles qu'aux extrémités de l'hélice en fil d'acier, et pour se faire une idée nette des propriétés qu'elle doit présenter, il faut concevoir que les petits courans électriques d'une pareille hélice sont, d'après ma théorie, dans des plans qui forment avec son axe des angles d'autant plus petits que le pas des spires de l'hélice a moins de hauteur, et que, si l'on projette les circonférences qu'ils décrivent sur des plans perpendiculaires à l'axe de l'hélice, chaque courant circulaire donnera sur un de ces plans un courant elliptique L'ensemble de ces projections devra agir sensiblement comme si ces ellipses étaient des cercles d'un plus petit diamètre que les circonférences décrites par les courans du fil, c'est-à-dire, comme un aimant; les

projections sur deux plans rectangulaires perpendiculaires entr'eux et passant par l'axe seront aussi des ellipses dont les arcs infiniment petits pourront être projetés parallèlement et perpendiculairement à l'axe suivant de petites droites où la direction des courans sera, dans un sens, pour chaque demi-ellipse, et, en sens contraire, pour chacune des autres demi-ellipses, dont la réunion avec une des premières forme une ellipse entière, en sorte que leurs effets devront se neutraliser presque complètement ; l'action totale sera donc sensiblement celle d'un aimant, ainsi que l'a trouvé M. de La Borne, en faisant des expériences avec une hélice en fil de fer non recuit, et propre par conséquent à conserver les propriétés magnétiques qu'il avait acquises par l'action d'un fil conducteur placé dans l'axe de l'hélice, et par lequel M. de La Borne avait fait passer le courant électrique instantané d'une bouteille de Leyde (1).

Je n'ai point répété ses expériences sur ce sujet ; mais l'on ne peut guère douter, d'après ce qu'il dit des résul-

---

(1) « J'ai formé, dit ce jeune physicien, avec un fil de » fer non recuit, une hélice autour d'un tube de verre ; j'ai » fait passer le fil qui devait communiquer avec les deux » armures d'une bouteille de Leyde, par l'axe de cette hé- » lice. Alors chaque élément de l'hélice se trouvait à la » même distance du fil de décharge et à-peu-près perpendi- » culairement à ce dernier. Il résultait de là qu'en faisant » passer une décharge par le fil situé dans l'axe, toutes les » parties de l'hélice devaient se trouver aimantées à la fois, de » sorte que, développant l'hélice, on devait trouver le pole » austral à une des extrémités et le pole boréal à l'autre. » Considérant que le fil ployé en hélice a une direction géné- » rale dans le sens de l'axe, on pouvait penser que cette

tats qu'elles lui ont donnés, que l'action des hélices en fil de fer ou d'acier aimantées de cette manière ne soit en tous points telle qu'elle doit être d'après ma théorie, comme dans le cas où l'on aimante les mêmes hélices avec un conducteur toujours parallèle à leur axe, mais placé en dehors de ces hélices. Il me semble qu'il suffirait d'examiner avec l'attention convenable la manière dont cette théorie rend raison des phénomènes qu'on observe lorsqu'on fait agir les uns sur les autres les conducteurs voltaïques rectilignes ou circulaires, les hélices formées avec ces conducteurs, les aimans et les hélices de fils d'acier aimantés par un conducteur voltaïque placé, 1°. au dedans de ces hélices, 2°. au dehors des mêmes hélices, pour qu'il ne restât plus de doute sur ce qu'elle exprime le véritable état des choses.

Vous me disiez avec grande raison, Monsieur, dans votre dernière lettre, que d'autres physiciens avaient proposé des théories différentes de la mienne qu'ils avaient annoncées comme devant rendre raison non-seulement des phénomènes déjà découverts, mais de ceux qu'on devait découvrir par la suite, et que cette prédiction de leur part ayant été complètement démen-

---

» hélice serait magnétique, et dans le même sens que le fil » développé. Ces résultats ont eu lieu en effet... Une telle » hélice présente le cas singulier d'un aimant flexible, élas- » tique, qu'on peut ployer, allonger, accourcir, et qui, » suivant la théorie généralement admise, doit cesser d'agir » comme aimant sur une aiguille de boussole, si, en joi- » gnant les deux extrémités, on en forme un anneau : c'est » en effet ce qui arrive, du moins sensiblement. Une hélice » ainsi ployée s'arme d'elle-même : c'est un moyen de lui » faire conserver son magnétisme. » (*Annales de Chimie et de Physique*, tome XVI, pages 194 et 195.)

tie, principalement par le fait du mouvement de rotation continue qui est en contradiction avec ces théories, vous hésitiez à adopter la mienne, dans l'appréhension qu'il ne lui arrivât à son tour la même chose; en approuvant entièrement cette sage réserve de votre part, je vous prierai cependant de me permettre une observation qui me paraît de quelque importance. Il y a près de trois ans que j'ai conçu ma théorie : j'en ai publié tous les principes dans les conclusions du Mémoire que j'ai lu à l'Académie royale des Sciences, le 25 septembre 1820. Depuis, de nouveaux phénomènes que je ne pouvais prévoir ont été découverts par divers physiciens : bien loin de se trouver en opposition avec ma théorie, ils en ont tous offert de nouvelles preuves, ou plutôt des conséquences nécessaires qu'elle aurait pu prévoir d'avance. N'est-ce pas le cas de dire avec le philosophe de Rome : *Opinionum commenta delet dies, naturæ judicia confirmat.*

M. Seebeck vient de produire le courant électrique par l'influence de la différence de température des points de contact entre deux sortes de métaux dont on forme un circuit fermé. M. Œrsted, qui est actuellement à Paris, vient de communiquer à notre Académie des expériences où il a agrandi considérablement le domaine de ces expériences, en multipliant le nombre des contacts entre l'antimoine et le bismuth, et les alternatives de chaud et de froid dans ces contacts. Il a trouvé : 1°. que dans cette pile, qu'il a nommée *thermo-électrique*, la tension est extrêmement faible; en sorte que le courant ne s'établit que parce que la conductibilité d'un circuit tout métallique est très-grande; 2°. qu'à cause

de cette faiblesse de la tension électrique produite par ce moyen, on n'observe pas d'élévation sensible de température, même dans les fils conducteurs les plus fins; 3°. que l'intensité du courant dans des circuits de même étendue croît, à la vérité, avec le nombre des contacts des deux métaux, tenus alternativement à deux températures différentes, mais qu'elle diminue pour un même nombre de ces contacts à mesure que le circuit devient plus long, précisément en raison inverse de sa longueur. Ces faits relatifs à un nouveau moyen de développer l'électricité semblaient devoir rester indépendans de ma théorie; et cependant combien n'y sont-ils pas favorables, 1°. en montrant, dans des circuits entièrement métalliques, comme je suppose ceux des particules des aimans, l'existence de courans électriques produits par une force électro-motrice très-faible, parce que la résistance opposée par un circuit tout métallique est aussi très-faible; 2°. en nous apprenant que les alternatives de chaud et de froid des contacts sont une cause du développement de l'électricité dynamique qui ne peut manquer d'avoir lieu entre les différens matériaux de notre globe à mesure que le soleil fait varier la température des diverses régions qu'il parcourt successivement, et cela principalement dans celles sur lesquelles il agit avec le plus de force; 3°. en nous indiquant, dans ces mêmes variations journalières de la température, la cause des variations diurnes de la déclinaison et de l'inclinaison d'une aiguille aimantée; 4°. en détruisant l'objection qu'on m'avait faite sur ce que la température des aimans où j'admets des courans électriques n'est pas plus

élevée que celle des autres corps ; 5°. en montrant que la force électro-motrice des courans électriques des aimans peut être très-faible et ces courans avoir une très-grande intensité, puisque cette intensité croît, pour une même action électro-motrice, à mesure que la longueur du circuit diminue, en raison inverse de cette longueur, et que la longueur des circuits que j'admets autour de chaque particule d'un aimant ne peut être qu'extrêmement petite !

Voilà, Monsieur, les observations que je vous soumets à la hâte, partagé que je suis entre une foule d'occupations obligées qui ne me laissent pas le temps de m'occuper, comme je le voudrais, de cette nouvelle branche de physique à laquelle je desirerais donner tout mon temps ; elle vous doit la découverte d'un des plus singuliers phénomènes dont elle se compose, celle du mouvement de rotation continu ; elle en attend bien d'autres de votre part, qui finiront sans doute par faire adopter généralement une théorie qui réunit en sa faveur les démonstrations de l'expérience et celles du calcul : théorie que je ne peux m'attribuer que parce que j'en ai eu le premier l'idée ; car elle est une conséquence si naturelle des faits, qu'elle n'aurait sans doute pas tardé à être imaginée par d'autres si je ne m'étais pas occupé de ce sujet.

J'ai l'honneur d'être, etc.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE Bibliothèque