

**Faraday, « *Esquisse historique de l'électro-  
magnétisme* ».**

***Annals of philosophy*, vol.2 (1821) ; vol. 1 (1822).**

**Traduction, annotation et introduction par Raphaël  
Taillandier.**

**Table des matières**

Introduction :.....	2
- Présentation du texte dans l'œuvre de Faraday.....	2
- Avant la découverte d'Oersted, magnétisme, électricité statique, électricité voltaïque, effets et instruments.....	3
- Un moment historique de crise scientifique.....	5
- La place de l'Esquisse historique.....	7
Conclusion.....	9
<i>Esquisse historique de l'électromagnétisme</i> .....	10
Septembre 1821 :.....	10
Novembre 1821 :.....	14
Février 1822 :.....	29
Illustrations :.....	44
Bibliographie :.....	49

## **Introduction :**

### - Présentation du texte dans l'œuvre de Faraday.

L' « Esquisse historique sur l'électro-magnétisme » de Faraday est un trio d'articles parus dans les *Annales de philosophie* entre 1821 et 1822. Lorsqu'il les écrit, Faraday a 30 ans, travaille comme assistant à la *Royal Institution* depuis sept ans. Immédiatement après, il commencera les « *Experimental researches on electromagnetism* », et découvrira le phénomène d'induction électromagnétique.

Ce texte est donc un écrit d'initiation, et ce à deux égards, au moins. D'abord, il marque les premiers pas de Faraday dans l'étude des relations entre l'électricité et le magnétisme. Auparavant, son travail scientifique est dédié, sous l'égide de Sir Humphrey Davy, à la chimie, à laquelle il se forme en autodidacte. Ses responsabilités éditoriales au *Quarterly journal of science*, dirigé par Thomas Brande, lui donnent l'occasion de rencontrer le terrain naissant de l'électromagnétisme, qui deviendra un nœud du travail scientifique de toute sa vie. En écrivant l'*Esquisse historique*, Faraday se forme en électromagnétisme comme il l'a fait pour la chimie.

D'autre part, c'est un texte par lequel Faraday commence déjà à former son épistémologie, son style scientifique. L'*Esquisse historique* a en effet un statut bien particulier. Il s'agit d'une revue des propositions scientifiques sur les relations entre électricité et magnétisme, et à ce titre, d'un travail d'histoire des sciences. Faraday produit la synthèse la plus compréhensive disponible à ce moment. Mais ce travail d'histoire est en même temps un travail de physicien. Pour rapporter les expériences réalisées par ses contemporains, Faraday les reproduit et ainsi, se les approprie. De plus, l'*Esquisse* est bien plus qu'un simple compte-rendu, dans la mesure où il est truffé de remarques critiques sur les conclusions de ses contemporains. Par conséquent, l'*Esquisse* est un écrit de positionnement en même temps qu'un écrit d'histoire des sciences. Il est en effet notable qu'avant de rédiger l'*Esquisse*, Faraday conçoit l'électricité comme un pouvoir linéaire, analogue aux autres forces physiques<sup>1</sup>. Mais dès l'*Esquisse*, cette conception est plusieurs fois mise en doute. La rédaction de ce texte est donc en même temps un travail scientifique, car en reproduisant et en critiquant les contributions des autres physiciens, il engage la formation de ses propres conceptions qui conduiront dans un premier temps, à la découverte de l'électricité de rotation, qu'il publiera au début de l'année 1821 dans le *Quarterly journal of science*<sup>2</sup>, puis aux monumentales *Experimental researches on electricity*. Nous montrerons qu'il n'est pas déraisonné de soutenir que l'apport critique contenu dans ce court trio d'article contient déjà, en négatif, certains germes de la notion de lignes de forces, et au-delà, de la notion de champ.

C'est que le cœur des difficultés que met en lumière Faraday dans cette *Esquisse* concerne la nature de l'électricité et a des conséquences profondes pour la théorie du monde physique en général. C'est pourquoi une introduction revenant sur la situation historique concernant l'étude de l'électricité, sur le fond théorique dans lequel Faraday se place au sein du problème de la continuité de la matière et sur sur la spécificité de l'épistémologie de Faraday, nous semble utile.

---

1 Sur ce point, voir Williams, *Michael Faraday, a biography*, page 153.

2 Faraday, « On some new Electro-Magnetical Motions, and on the Theory of Magnetism » *Quarterly journal of science*, 1821, volume 12.

- Avant la découverte d'Oersted, magnétisme, électricité statique, électricité voltaïque, effets et instruments.

Le monde scientifique des années 1820 est marqué par un bouillonnement de portée internationale, où les propositions théoriques, plus ou moins complètes, fourmillent. C'est Hans Christian Oersted qui initie ce moment d'exploration de l'électromagnétisme, par une expérience sur l'interaction entre l'électricité et le magnétisme.

Pour comprendre la portée du résultat obtenu par Oersted, il faut revenir sur le début du XVI<sup>e</sup> siècle, auquel les phénomènes électriques prennent une place de premier plan dans la recherche scientifique et dans la culture européenne. Trois phénomènes sont au cœur des réflexions sur l'électricité : le magnétisme, l'électricité statique et l'électricité voltaïque.

Le magnétisme est une propriété de certains matériaux qui se manifeste par des effets d'attraction et de répulsion sur d'autres corps magnétiques. Le magnétisme est polarisé, comme le montre la boussole, dont les cotés s'orientent spontanément vers le nord et le sud. Ce sont les pôles contraires des aimants qui s'attirent, alors que les pôles similaires se repoussent. Cela indique que tous les aimants sont des dipôles. Lorsque l'on brise un aimant en deux, le nouvel aimant est lui aussi un dipôle. Des aimants multipôles sont connus (par exemple, ayant la forme d'un diapason), mais pas de monopoles.

Ce n'est pas le cas de l'électricité statique, qui charge et décharge un corps de façon homogène. En 1750, Benjamin Franklin réalise l'expérience du cerf-volant et propose l'hypothèse que l'électricité est un fluide unique qui exerce des effets d'attraction et de répulsion en fonction de sa surabondance (+) ou de son insuffisance (-). Les effets électriques sont conçus comme dus à un déséquilibre dans la répartition du fluide qui appelle une harmonisation. De plus, des corps de même charge s'attirent entre eux, et des corps de charge opposée se repoussent, au contraire des attractions et répulsions magnétiques. Ces attractions et répulsions peuvent être mesurées par un *électroscope*. C'est une bouteille de verre qui protège deux feuilles de métal des courants d'air. Ces feuilles de métal sont suspendues à un plateau métallique conducteur. Ce dispositif permet de mesurer la présence d'électricité statique à partir de la répulsion des feuilles entre elles. Mais de l'électricité statique, on peut obtenir d'autres effets, comme des étincelles lors d'une décharge soudaine, ou encore, le choc électrique, qu'avait remarqué Galvani. Il est possible d'obtenir de l'électricité statique de façon continue à partir d'une *machine électrique*, qui, par la force mécanique d'une manivelle, produit un frottement constant entre du verre et de la soie. Si on utilise les forces de répulsions induites par ce dispositif, on peut mesurer l'électricité produite sur un *électromètre*. L'*électromètre* continue l'*électroscope*, en lui ajoutant une graduation mesurant la déviation des feuilles de métal par l'électricité. Il est aussi possible, à partir d'une machine électrostatique, de charger une *bouteille de Leyde*. La bouteille de Leyde est une bouteille de verre dont l'intérieur et l'extérieur sont recouverts de feuilles de métal. Le métal à l'intérieur est connecté à une électrode à l'embouchure de la bouteille. Ce dispositif est un condensateur qui permet d'accumuler une charge électrique, et donc de produire des décharges rapides s'il est connecté en circuit.

Mais si l'électricité statique et le magnétisme sont des phénomènes connus depuis longtemps (des traces l'attestent dès l'antiquité), la découverte de l'électricité voltaïque ouvre le XVIII<sup>e</sup> siècle scientifique. En 1791, la découverte accidentelle par Galvani de l'action de l'électricité statique sur la physiologie d'une grenouille confèrera à l'électricité

toute son extension. Dans la culture populaire, l'électricité devient le moteur universel, cœur de métaphores vitalistes enthousiastes ou effrayées. Dans la science, cette découverte est un bel exemple de la façon dont un accident – et donc la sérendipité - peut jouer un rôle moteur pour la connaissance de la nature. L'accident initial est la proximité dans un laboratoire d'une machine électrostatique et d'une grenouille de dissection. Galvani remarque qu'une décharge d'électricité statique déclenche un mouvement moteur dans la cuisse de la grenouille. Des tâtonnements le conduiront à découvrir que certains métaux, formant un circuit avec les tissus vivants de la grenouille, déclenchent un réflexe nerveux. C'est la découverte du galvanisme, dont le mythe de Frankenstein (écrit en 1818) donne une idée de la portée culturelle.

Pourtant, le galvanisme repose sur une mécompréhension du phénomène du choc électrique. Galvani attribue en effet à l'énergie vitale transmise par le système nerveux la *production* des effets électriques qu'il constate. Or, Volta produit en 1800 un appareil qui montrera que le galvanisme est indépendant des corps vivants : la pile voltaïque. En réutilisant les mêmes métaux que Galvani (l'argent et le zinc), mais en substituant à la grenouille du papier imbibé par une solution acide (de la saumure), Volta parvient à obtenir des effets d'échauffement et de commotion (il décharge sa pile sur lui-même), qui seront bientôt suivis par la production d'étincelles (Carlisle en 1800). Il montre ainsi que le système nerveux de la grenouille ne *produit* pas, mais *déclenche* la circulation du courant, comme la saumure : c'est un électrolyte. C'est la découverte de l'électricité de courant ou voltaïque, conçue comme un fluide mis en mouvement par le contact de métaux différents. L'instrument permettant de le générer est un empilement de paires de plaques de cuivre et de zinc, paires reliées par une solution acide, d'où le nom de « *pile* » voltaïque.

Ainsi, le courant continu obtenu par la machine électrique est issu de la force mécanique, ce qui n'est pas le cas de l'électricité voltaïque, qui est produite par une force chimique. Mais l'électricité voltaïque se fait aussi remarquer par le choc qu'elle produit (Volta utilisait notamment son propre corps pour attester la présence d'électricité) ; la capacité qu'elle a d'échauffer les matériaux qui ne sont pas conducteurs ; et certains effets chimiques notables. Il faut notamment mentionner l'électrolyse, qui est la capacité que l'électricité a de décomposer l'eau en oxygène et hydrogène, et donc d'oxyder les métaux, qui jouera notamment un rôle central en théorie des éléments chimiques.

La plupart de ces effets et de ces instruments sont mobilisés par les *Esquisses historiques*, mais ce sont les effets d'attraction et de répulsion qui sont au cœur de la discussion. En effet, c'est le caractère apparemment conflictuel entre les phénomènes électromagnétiques et le paradigme mécaniste qui est la trame de fond des recherches de Faraday.

Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, trois phénomènes physiques sont donc repérés, dont les liens sont problématiques. Le magnétisme et l'électricité statique produisent des effets d'attraction et de répulsion, mais dans des circonstances qui ne se recoupent pas (les pôles doivent être opposés pour le magnétisme, alors que l'attraction a lieu entre deux corps chargés, et donc similaires – positifs-, dans le second) ; l'électricité statique et l'électricité voltaïque peuvent produire des étincelles par décharge, l'électricité statique peut être produite de façon continue par frottement (comme dans la machine électrostatique) et en ce sens ressemble au courant électrique. On obtient cependant des effets chimiques par l'électricité voltaïque qui semblent absents de la statique, l'électricité voltaïque se charge ainsi de façon continue, ce

qui n'est pas le cas de l'électricité statique. Mais aucun lien n'est établi entre le magnétisme et l'électricité voltaïque.

C'est dans ce contexte qu'Oersted découvre, en 1819, qu'un circuit voltaïque approché d'une boussole produit une déviation de l'orientation de l'aiguille. C'est à cette expérience qu'est dédié le premier article de l'*Esquisse historique*. Elle montre que l'électricité voltaïque peut produire des effets d'attraction et de répulsion, et qu'il y a une interaction entre le magnétisme et l'électricité, ouvrant une controverse sur l'unité de l'électricité à laquelle des chercheurs de toute l'Europe contribueront.

- Un moment historique de crise scientifique.

Revenons sur le contexte théorique dans lequel cette découverte intervient pour prendre toute la mesure de ses enjeux.

La science du XVIII<sup>e</sup> et du début du XIX<sup>e</sup> siècle est largement influencée par le paradigme newtonien. La physique de Newton parvient à réduire les mouvements de chute des corps, de rotation des planètes, de marées, etc., à un petit ensemble de lois permettant de formuler une théorie unifiée du mouvement. Cette physique admet pour la réalité deux constituants fondamentaux : la matière et la force. La matière, c'est l'atome, le constituant indivisible et inerte qui n'agit pas par lui-même, et les corps qui en sont composés. La force, c'est ce qui porte l'activité du corps, comme dans le cas d'une impulsion par contact, d'une propulsion par la chaleur, ou dans celui de l'attraction gravitationnelle, qui se fait à distance. Cette dualité entre la matière et la force définit la physique de Newton comme une mécanique. Newton n'est ni le seul, ni strictement un physicien mécaniste. Descartes déjà, entendait rendre compte du monde physique par le seul travail de la force sur les corps. Dans certains de ses textes, Newton fait référence à un médium continu, un éther, pour rendre compte de l'attraction à distance entre les corps célestes, ce qui justifie que l'on n'identifie pas imprudemment Newton à un mécaniste « dur ».

Mais il reste que le paradigme mécaniste, défini par la réduction du réel à deux constituants, les atomes et les forces, a une influence déterminante sur les physiciens post-newtoniens. C'est sous l'influence de l'efficacité de ce paradigme que Coulomb a proposé une loi de type newtonien<sup>3</sup> pour rendre compte des effets d'attraction et de répulsion de l'électricité statique en 1785. Une analogie scientifique entre la force gravitationnelle et la force électrique se forme. Un corps exerce une attraction gravitationnelle sur un autre en vertu de la propriété qu'il a d'être massif. De même, les attractions et répulsions électrostatiques doivent pouvoir être comprise par référence à la propriété qu'ont les corps électriques d'être chargés positivement ou négativement. Des corps de même charge s'attireront, alors que des corps de charge différente se repousseront.

Cependant, des difficultés de principes ont entamé le crédit du paradigme mécaniste. Comment une force peut-elle s'exercer à travers un espace vide comme le suppose

---

3 C'est-à-dire une loi en carré inverse. Une loi en carré inverse est une loi de propagation d'une quantité physique (la force de gravitation, l'intensité de la lumière, la force magnétique, etc.) qui dépend des propriétés géométriques de l'espace. Imaginons deux sphères concentriques dont le centre est une source de lumière. Soit le rayon de la seconde sphère le double de celui de la première. A une portion de la petite sphère donnée, correspond un rayon de lumière qui se propage jusqu'à une portion homologoue de la grande sphère. L'intensité de la lumière affectant une de ces portions est un rapport qui peut être exprimé en fonction d'une intensité donnée à la source, et de l'aire de la sphère (donc de son rayon). La lumière diffusée sur la grande sphère n'aura que le quart de l'intensité de la petite sphère ( $1/2^2$ ). C'est la base géométrique de la loi dite « en carré inverse » selon laquelle l'intensité décroît selon le carré inverse de la distance.

l'attraction à distance de la force gravitationnelle ? Comment une force peut-elle commencer à agir sur un corps, si ce corps n'est directement en contact avec aucune matière ? Comment le vide pourrait-il véhiculer la force qui permet aux corps composés d'être solides ?

Ces problèmes (l'attraction à distance, l'immatérialité de la force et la régression à l'infini de la dualité de l'atome et de la force<sup>4</sup>) mettent le paradigme mécaniste en crise. Dans ce contexte, les phénomènes électriques et magnétiques vont jouer un rôle de premier plan, et contribuer à faire émerger un concept nouveau dans la science physique, le concept de champ.

En effet, les phénomènes électriques et magnétiques posent d'emblée problème au mécanisme du fait qu'ils sont polarisés. Comment comprendre la relation entre des pôles différents (nord - sud pour le magnétisme ; positif - négatif pour l'électricité) dans un cadre mécaniste, alors que la polarisation suppose une totalité indivise ? Ainsi, lorsque l'on brise un aimant en deux, on n'obtient pas un aimant avec un pôle unique, mais un nouvel aimant, qui est toujours un dipôle. En électricité statique, un même corps peut successivement repousser ou attirer un autre corps sans changement matériel. Un circuit voltaïque peut magnétiser un corps métallique sans le toucher. Et c'est seulement lorsqu'un circuit voltaïque est complété que les effets d'électricité de courant se manifestent. Il y a donc des états continus de la matière qui se réalisent dans les phénomènes électriques et magnétiques, ce qui fait problème pour le discontinuisme mécaniste.

C'est ce contexte qui accueille l'expérience d'Oersted en 1819. De même que Newton a unifié les mouvements circulaires des planètes, les mouvements verticaux de chute des corps et les mouvements latéraux des marées, une piste s'ouvre pour l'unification des forces magnétiques, statique et voltaïque. Ce phénomène est d'ailleurs d'abord compris comme une manifestation d'un phénomène d'attraction et de répulsion, pouvant être saisi dans un cadre mécaniste : des forces s'exerçant linéairement sur des corps.

Cependant, cette interprétation du phénomène électro-magnétique, par réduction à un phénomène mécaniste, n'est pas d'emblée satisfaisante, ce que montrent les hésitations sur les dénominations qu'il faut donner aux corps manifestant ces pouvoirs d'attraction et de répulsion.

La distinction entre un pôle « nord » et un pôle « sud » pour un aimant se comprend bien par référence au pôle de la terre qu'indique l'aiguille. Toutefois, les noms « positif » et « négatif » pour désigner les pôles d'une batterie sont aujourd'hui tenus pour principalement conventionnel, ce qui n'est pas encore le cas au moment où Oersted présente sa découverte. Dans les phénomènes d'électricité statique, il semble qu'un fluide « charge » un corps, lui conférant des pouvoirs d'attraction, ce qui semble justifier que ce corps soit chargé (+) à la différence d'un corps qui recevra la charge (-). Mais dans une batterie voltaïque, la décharge n'épuise pas le pouvoir d'attraction du circuit, qui se renouvelle. Faut-il alors considérer qu'un seul fluide parcourt constamment le circuit voltaïque, en un mouvement perpétuel, d'une région de surabondance (+) à une région où il fait défaut (-) ? Ou, parce que l'électricité dans la batterie circule en sens inverse de l'électricité dans le fil qui relie ses

---

4 Cf. Barbara Guisti Doran, « Origins and consolidation of field theory in nineteenth-century Britain : from the mechanical to the electromagnetic view of nature », *Historical studies in the physical sciences*, Vol. 6, 1975, pp 133-260.

pôles<sup>5</sup>, faut-il considérer qu'il existe deux fluides (l'un positif, et l'autre négatif), ayant des pouvoirs et des directions contraires, qui concourent à la production des effets électromagnétiques, comme le soutiendront, notamment, Oersted et Ampère ? Il faut aussi mentionner le problème du rapport entre le magnétisme et l'électricité. S'ils sont capables d'interagir, ce doit être que leurs pouvoirs peuvent être ramenés l'un à l'autre. Mais alors, faut-il réduire l'électricité au magnétisme, comme le proposait, en France, Biot, ou faut-il réduire le magnétisme à l'électricité, comme le soutient le projet, formulé par Ampère, d'une électrodynamique ?

Dans la mesure où l'électricité et le magnétisme manifestent des propriétés de continuité, l'effort pour les ramener au cadre mécaniste met donc en danger le cadre lui-même.

#### - La place de l'Esquisse historique.

L'« Esquisse historique de l'électromagnétisme » de Faraday vise à faire un bilan engagé de cette situation de crise. Le texte est communiqué à l'éditeur des *Annals of philosophy*, Thomas Brande, pour être publié de façon anonyme. Il est divisé en trois parties, rédigés en septembre 1821, novembre 1821 et en février 1822, et publiés dans le tome 2 de 1821 et le tome 1 de 1822. Le premier article est consacré aux expériences et aux instruments produits par Oersted. Le second recense les apports expérimentaux d'autres savants européens. Enfin, le troisième article fait un bilan des théories proposées pour rendre compte des relations entre l'électricité et le magnétisme, au sein desquelles celles d'Ampère a une place de premier choix.

Si la pratique de l'état des lieux historique n'est pas isolée dans les publications de l'époque, le choix de Faraday de distinguer les faits expérimentaux et les conceptions théoriques n'est pas anodin, comme cela a été remarqué<sup>6</sup>. En effet, Faraday a un statut particulier en tant que scientifique. Il ne se distingue pas par ses qualités de mathématicien, bien qu'il soit d'une rare rigueur logique dans la liaison et la distinction des faits. Il est par ailleurs très prudent à l'égard des théories, et il mentionne à plusieurs reprises (à propos d'Oersted et d'Ampère), que la théorie risque de forcer une interprétation des faits empêchant une compréhension complète du phénomène. En séparant les faits des théories, Faraday prévient donc au moins en partie le danger d'une surdétermination des faits par les théories, défaut qu'il rend ostensible dans la proposition de Berzélius<sup>7</sup>.

A cet égard, la pratique de scientifique de Faraday est exemplaire dans la mesure où elle contient *in concreto* des éléments de réponse à l'épineux problème épistémologique de la détermination des faits d'expérience par les théories, que Pierre Duhem a mis en lumière en montrant qu'un instrument de mesure est une théorie matérialisée<sup>8</sup>. Ainsi, le galvanomètre, la forme d'un fil électrique ou la constitution d'une batterie, de même qu'un microscope ou qu'un spectromètre, contraignent les interprétations des faits dans la mesure où les conclusions qu'ils permettent sont déterminées par la façon dont ils rendent saillant un

---

5 Une batterie voltaïque ne génère un courant que lorsque ses pôles sont reliés par un fil conducteur (« conjonctif » dans le vocabulaire de l'époque). Le courant devrait donc aller du pôle positif de la batterie au pôle négatif. Mais cela signifie que le courant arrivant au pôle négatif entre dans la batterie et va en direction du pôle positif. Dans le fil, le courant irait donc du + au -, mais dans la batterie, du - au +.

6 Cobb, « Faraday's historical sketch of electromagnetism and the theory-dependance of observation », *Philosophy of science* 76, décembre 2009, pp. 624-636.

7 Cf. Pages 26 et 30-31.

8 Pierre Duhem, *La théorie physique, son objet, sa structure*.

phénomène, l'unité de mesure qu'ils mobilisent, mais aussi par ce qu'ils ne montrent pas. C'est ainsi que le modèle de Berzelius, qui comprend un corps électriqué comme un double rectangle, chaque rectangle ayant ses pôles inversés par rapport à l'autre, détermine la forme des corps électriques qu'il choisit (des feuilles rectangulaires). Or, Faraday, en distinguant avec un scrupule remarquable les faits observés des théories qui président à leur découverte ou à leur compréhension, se rend capable d'identifier rapidement certaines erreurs théoriques ou expérimentales, et surtout de ne pas confiner ses recherches aux seules directions que l'époque permet.

Or cette pensée manipulatoire est caractéristique du génie de Faraday, qui fait de l'exploration expérimentale une méthode à part entière. On pourrait dire que la démarche de Faraday consiste à tenir les faits d'expérience pour des concepts qu'il faut décaler, confronter, écarter, distinguer, pour faire une théorie complète. Cette scrupuleuse précaution à l'égard des constructions théoriques joue un rôle central dans sa réception de l'état des connaissances du domaine naissant de l'électromagnétisme. En particulier, il interroge constamment « la matérialité de l'électricité », ne cessant de rappeler son caractère hypothétique, et montrant, de façon exemplaire dans l'étude des propositions d'Oersted et d'Ampère, les difficultés liées au fait de donner une description précise et cohérente de la nature du, ou des, fluides électriques<sup>9</sup>. Faraday, à cet égard, suspend son jugement. Il préfère ne pas se prononcer sur la nature physique de l'électricité, mais confronter les résultats de l'observation, contraindre les directions des inductions que permettent les expériences, bref, se garder le plus longtemps possible de formuler un jugement théorique définitif.

Il est remarquable, enfin, que la troisième partie de l'*Esquisse* soit très largement consacrée aux travaux d'Ampère. Le *Mémoire sur l'action mutuelle de deux courants* [...] d'Ampère, partant d'une distinction entre l'électricité de tension (électricité statique ; magnétisme) et l'électricité de courant (électricité voltaïque), propose une théorie cohérente soutenant que le magnétisme n'est qu'un type spécial de manifestation de l'électricité. Ampère soutient un réductionnisme électrique, et pose les bases d'une *électrodynamique* réunissant l'électrostatique, le magnétisme et l'électricité de courant. Pour cela, il propose de concevoir l'électricité comme composée d'éléments infinitésimaux autour desquels circulent des courants circulaires. Ces éléments pouvant constituer deux électricités, positive ou négative.<sup>10</sup> Faraday formule d'abord une réelle déférence devant la proposition d'Ampère, qu'il considère comme la seule pouvant être tenue pour « une Théorie ». Cependant, Faraday est très explicitement critique à l'égard de la proposition d'Ampère, qui est clairement de facture mécaniste. Le reproche central que formule Faraday concerne la nature de l'électricité. D'une part, Ampère commence par admettre l'existence de deux fluides électriques à la manière d'Oersted, mais ne parle plus par la suite que d'un courant électrique, au singulier. D'autre part, si Faraday conclut de sa lecture du *Mémoire* qu'Ampère adhère à une conception discontinue de l'électricité, faisant du fluide électrique un composé d'atomes mobiles capables d'agir sur leur entourage (souscrivant ainsi à une dualité mécaniste entre la matière et la force), il demande s'il faut attribuer les effets

---

9 Cf. en particulier p.34.

10 Ampère, « Mémoire sur l'action mutuelle entre deux courants électriques, entre un courant électrique et un aimant ou le globe terrestre, et entre deux aimants », *Annales de chimie et de physique*, tome 15, 1820, page 64 sqq, « Il y a sur la surface et dans l'intérieur d'un aimant autant de courants électriques dans des plans perpendiculaires à l'axe de cet aimant, qu'on peut y concevoir de lignes formant, sans se couper mutuellement, de courbes fermées ».



électromagnétiques « soit à un état particulier d'un corps, ou à un fluide particulier existant parmi ses particules ».

Faraday pose donc déjà la question centrale qui fructifiera dans le travail de sa vie, et jouera un rôle de premier ordre, ce qui est aujourd'hui bien documenté<sup>11</sup>, dans la formation du concept de champ en physique. Les effets électriques et magnétiques sont-ils l'expression d'une matière ayant des propriétés particulières, capable de circuler dans l'espace avoisinant les corps, ou sont-ils un état de la matière, résultant d'une dynamique intermoléculaire ? Cette seconde alternative enveloppant la possibilité de penser une sortie du mécanisme, dans la mesure où elle contient la notion d'une dynamique s'exerçant sans support matériel, qui trouvera plusieurs expressions, mais sera magnifiée par Maxwell, dans la notion de champ électromagnétique. Dans ce texte que l'on pourrait nommer, pour son statut historique, préscientifique, se trouve donc déjà le germe du concept central de la physique du XIX<sup>e</sup>s, mais plus généralement de la science de la fin de l'époque moderne, le concept de champ (puisque le concept de champ trouvera une place en biologie *via* les travaux de Spemann, en psychologie par la Gestalttheorie, et même en sociologie dans les travaux d'Elias puis Bourdieu ; ce qui suggère qu'une étude génétique de ce concept aurait beaucoup à nous apprendre sur les rapports entre les disciplines scientifiques).

#### Conclusion.

Il ne s'agit évidemment pas de souscrire à une forme de déterminisme historique. Il est clair que l'*Esquisse historique* ne contient pas en elle les développements scientifiques qui conduiront à la théorie unifiée de l'électromagnétisme, voire à la théorie quantique des champs.

Ce que cette introduction aura plutôt voulu montrer, c'est qu'un texte apparemment humble, et certainement technique (la lecture de ce trio d'article n'est pas facile pour le lecteur contemporain, elle exige notamment de lui qu'il oublie ce qu'il sait de l'électricité pour retrouver le processus d'une science en train de se faire), peut être riche d'enseignements. L'effort scrupuleux que mène Faraday pour distinguer les théories et les faits, le rôle de l'imagination dans la constitution des dispositifs expérimentaux, des lois et des hypothèses, tels qu'ils sont mis en lumière par cette *Esquisse historique* suggèrent que l'on ne saurait séparer la science en train de se faire de son histoire.

La science, telle qu'elle est enseignée au jeune savant ou à l'ingénieur, est une discipline qui se passe de sa propre histoire. Les connaissances positives sont dispensées indépendamment de leur contexte de découverte. Séparément, l'histoire des sciences est devenue une discipline proprement historique, qui a vocation à décrire objectivement les rapports de succession, de crises et de productions des idées. L'histoire des sciences et la science se sont distinguées dans la lignée de la rupture entre les « deux cultures » qui s'est réalisée durant le XX<sup>e</sup> siècle. Mais relire Faraday est riche d'enseignements sur les problèmes scientifiques et épistémologiques que rencontre la science en train de se faire. Si cette introduction, et la lecture de l'*Esquisse historique de l'électromagnétisme* pouvait donner envie de rapprocher la science et son histoire, et de resituer la science dans la complexité de son passé, elle aurait déjà largement rempli son office.

---

11 Pour les principales interprétations du rôle de Faraday dans l'histoire du concept de champ, voir William Berkson, *Fields of force* ; Barbara Giusti Doran, *Origin and consolidation of field theory in nineteenth-century Britain* ; Mary Hesse, *Force and Fields* ; Friedrich Steinle, *Exploratory experiments*. ; Leslie Pearce Williams, *Michael Faraday, a biography*.

## ***Esquisse historique de l'électromagnétisme.***

Septembre 1821 :

« Monsieur,

M'étant récemment engagé dans l'examen des différentes publications qui ont été écrites sur le sujet de l'électro-magnétisme, j'ai rencontré bien des difficultés à former une idée claire de ce qui a été accompli, et par qui, en conséquence de la grande variété de ces publications, du nombre de théories qui ont été avancées, de leurs dates confuses et d'autres circonstances. Ceci m'a conduit à dresser un catalogue des publications auxquelles j'ai pu avoir accès, et d'ordonner le matériau qu'elles contiennent. L'essai qui suit ne prétend en aucun cas donner une vue complète de ce sujet, ou des progrès qui y ont été accomplis, néanmoins, peut-être qu'en l'absence d'un compte-rendu systématique et scientifique, vous trouverez qu'il mérite d'être publié. Bien qu'il ne puisse pas donner d'informations à ceux qui ont travaillé dans le champ ouvert par cette nouvelle découverte, il pourra contribuer à informer les autres de ce que les travailleurs ont fait ; et une fois que des connaissances ont été acquises, il est toujours désirable qu'elles soient diffusées.

M. Oersted, Professeur de Philosophie Naturelle, et Secrétaire de la Société Royale de Copenhague, s'est, depuis bien des années, engagé dans des recherches concernant l'identité des forces chimiques, électriques et magnétiques ; et dès 1807 proposait d'expérimenter « si l'électricité la plus latente a la moindre action sur les aimants ». A cette époque, aucune preuve expérimentale des opinions qu'il développait n'était connue ; mais sa constance dans la poursuite de ce sujet, autant par le raisonnement que l'expérimentation, fut bien récompensée en 1819 par la découverte d'un fait dont personne d'autre que lui-même n'avait le moindre soupçon ; mais qui, une fois qu'il fut connu, attira immédiatement l'attention de tous ceux qui pouvaient en apprécier l'importance et la valeur.

Le compte rendu par M. Oersted de sa découverte a été publié dans vos *Annales*, dans le vol. XVI des premières séries<sup>12</sup>. Il est plein de questions importantes, et contient en peu de mots, le résultat d'un grand nombre d'observations ; adjoint à une seconde publication, il comprend une très large partie des *faits* qui sont connus aujourd'hui sur ce sujet. Il est nécessaire dans ce compte-rendu, pour le bien de la transmission, que j'établisse ce qui a été décrit dans ces publications, bien que rien de ce que je dirais ne pourra se substituer à la nécessité de les lire, pour ceux qui veulent acquérir une connaissance de ce sujet.

Avec l'excitation de l'appareil voltaïque<sup>13</sup> par l'arrangement correct de ses lames et fluides, nous savons que certains pouvoirs sont donnés à ses pôles ou extrémités qui les rend capable, lorsqu'il est connecté à un électromètre, de montrer par la divergence<sup>14</sup>, une certaine tension d'électricité ; ou lorsque ces pôles sont connectés entre eux par des fluides, des fils, ou d'autres substances conductrices, de les décomposer<sup>15</sup> ou de les chauffer. Ces effets sont connus depuis plusieurs années, et sont généralement attribués à l'électricité

---

12 *Annals of philosophy*, vol. XVI, 1820, p273.

13 C'est l'empilement de lames de cuivre et de zinc séparées par du carton imbibé de saumure qui génère un courant électrique, la pile voltaïque, découvert par Volta en 1800.

14 La divergence en question est celle des feuilles d'or de l'électromètre.

15 Cette décomposition est l'électrolyse. La découverte de la capacité qu'a l'électricité de décomposer la matière jouera un rôle important dans sa conception, car cela suggère que l'électricité joue un rôle structurant les rapports entre les éléments chimiques.

produite par l'appareil<sup>16</sup> ; les effets de tension appartenant à l'état isolé des pôles ; ceux de décomposition et d'échauffement à leur état connecté.

Lorsque les deux pôles d'une telle batterie ou appareil sont connectés par des conducteurs d'électricité, la batterie est déchargée ; c'est-à-dire que la tension de l'électricité aux pôles est diminuée, et cela en fonction du plus ou moins grand pouvoir conducteur de la substance qui relie les pôles. Les bons conducteurs, comme les métaux, le déchargent entièrement et instantanément ; les mauvais conducteurs, avec plus ou moins de difficulté ; mais comme l'instrument a en lui le pouvoir de renouveler son état premier en un laps de temps très court, il est manifeste que la substance conductrice réalise continuellement le même effet durant toute la durée du contact, que celui qu'elle accomplit au premier moment, qu'il s'agisse d'un bon ou d'un mauvais conducteur ; et il est aussi manifeste que cette situation doit induire en elle un état différent de celui dans lequel elle se trouve lorsqu'elle est séparée de l'appareil. Il est à présent important de considérer plutôt l'action d'un bon conducteur qui décharge la batterie, puisque les phénomènes étudiés dans ce cas sont plus énergétiques. Un fil métallique, par suite, peut être utilisé pour connecter les deux pôles ; il déchargera un appareil puissant ; et conséquemment tout ce qui se trouve dans l'intermédiaire connecteur est comprimé en un très petit espace. Ceux qui considèrent l'électricité comme un fluide, ou comme deux fluides, pensent qu'un courant ou des courants d'électricité passent à travers le fil durant tout le temps ou il forme la connexion entre les pôles d'un appareil actif. Il y a beaucoup d'arguments en faveur de la matérialité de l'électricité, et très peu qui s'y opposent ; mais il s'agit encore seulement d'une supposition ; et il sera bon de se souvenir, en poursuivant la question de l'électro-magnétisme, que nous n'avons pas de preuve de la matérialité de l'électricité, ou de l'existence d'un quelconque courant traversant le fil<sup>17</sup>.

Quelle que soit la cause active dans le fil conducteur, qu'il s'agisse d'une matière qui le traverse, ou de l'induction d'un état particulier de ses parties, cela produit certains effets très extraordinaires. Si le fil est petit, il s'échauffe ; et si la taille du fil est diminuée, ou celle de l'appareil augmentée, la chaleur atteint un degré intense sans aucune limitation apparente, mise à part l'influence des circonstances extérieures ou l'altération du fil. Un autre effet, et c'est celui qui a été découvert par M. Oersted, est que s'il est approché d'une aiguille magnétique, il a le pouvoir de l'attirer et de le repousser d'une façon constante, et en observant certaines lois simples.

Si une aiguille magnétique est laissée à sa direction naturelle, et qu'une portion droite du fil de connexion en est approchée, de façon à être parallèle à l'aiguille, l'extrémité de l'aiguille proche du pôle négatif<sup>18</sup> de la batterie tourne vers l'ouest ; et ceci que le fil soit

---

16 Comme l'exprimera Faraday à la fin du paragraphe suivant, l'existence matérielle de l'électricité est considérée comme une hypothèse (est-il fondamental comme le soutient Ampère, émerge-t-il du magnétisme, comme le soutenait Biot, ou encore électricité et magnétisme sont-ils tous les deux des forces qui émergent d'une force plus fondamentale, comme le soutiendra Faraday?). Il en va de même pour la nature de l'électricité (est-il un fluide qui circule d'une zone de surabondance « + » ? Existe-t-il sous la forme de deux fluides différents capables d'attraction et de répulsion, comme dans les effets de l'électricité statique ?).

17 Faraday est particulièrement prudent, voire méfiant, à l'égard de l'interprétation de l'électricité comme un *fluide*. Il distingue par avance les phénomènes isolés empiriquement, des analogies qui servent à les interpréter (ici, celle du fluide).

18 Si la dénomination positif – négatif pour désigner des pôles électriques est devenue conventionnelle, elle a été au cœur des discussions sur la nature de l'électricité, comme l'introduction l'a suggéré. Les termes « positif » et négatif ont d'abord servi à désigner la présence ou l'absence d'un seul et même fluide, circulant d'une région d'excès à une région de déficience ; il est alors conçu comme un unique fluide directionnel. Mais une pile voltaïque provoque un courant circulant dans le fil conducteur du cuivre (pôle positif) vers le zinc (pôle négatif), de sorte qu'à l'intérieur

d'un côté ou de l'autre de l'aiguille, tant qu'elle reste au-dessus de et parallèle à elle. Si le fil de connexion est plongé d'un des deux côtés de l'aiguille de façon à se trouver dans le plan horizontal sur lequel l'aiguille est laissée mobile, il n'y a pas de mouvement de l'aiguille dans ce plan ; mais l'aiguille cherche à tourner sur un cercle vertical ; et, si l'on omet la suspension imparfaite, et l'influence du magnétisme terrestre, elle le ferait. Lorsque le fil est à l'est de l'aiguille, le pôle de l'aiguille proche de l'extrémité négative de la batterie est élevé ; et lorsqu'il est à l'ouest de l'aiguille, ce pôle baisse. Si le pôle de l'aiguille est maintenant plongé sous le niveau de l'aiguille, des attractions et répulsions similaires prennent place, mais dans des directions opposées à celles suivies lorsqu'elle est au-dessus. Le pôle de l'aiguille opposé à l'extrémité négative de la batterie tourne maintenant vers l'est, quelle que soit la position du fil, tant qu'il est maintenu comme ci-dessus.

Pour que ces positions de l'aiguille magnétique soit retenues plus aisément par la mémoire, Prof. Oersted propose la formule suivante : « le pôle *au dessus duquel* l'électricité négative entre est tourné vers l'est, *sous lequel* vers l'est ».

Oersted a tout de suite souligné, ce qui est facile à voir par l'expérience mentionnée, que le mouvement de l'aiguille a lieu sur un cercle autour du fil de connexion ; et bien que dans la description de ses premières expériences la quantité de déviation donnée à l'aiguille par le fil soit exprimée par un angle d'un grand nombre de degrés, cette déviation varie néanmoins en fonction de la puissance de la batterie. Lorsque l'aiguille est déplacée sur un cercle horizontal ou tout autre que la position qu'elle prend naturellement, le pouvoir qu'a la terre sur l'aiguille tend à lui rendre cette position, et est par conséquent une force active dans cet exemple, opposée au pouvoir du fil de connexion ; il diminue, ainsi, la déviation que l'aiguille aurait sans lui. Aussi, lorsque le fil est amené sur le même cercle horizontal que l'aiguille, ses effets sur elle apparaissent par l'élévation et l'abaissement de ses extrémités opposées ; et c'est le mode de suspension combiné avec la force magnétique de la terre qui l'empêche de se déplacer perpendiculairement sur un cercle vertical. Mais si ces circonstances interférentes sont supprimées, c'est-à-dire si la suspension est rendue telle qu'elle permet un mouvement libre de l'aiguille dans toutes les directions, et si le magnétisme terrestre est annulé, ou contrecarré soit par le placement de l'aiguille, soit par la présence d'un autre aimant, alors une idée plus simple des mouvements relatifs de l'aiguille et du fil peut être obtenue.

Il n'est pas, peut-être, facile d'obtenir cette perfection de l'état de l'appareil, mais il n'est pas difficile de l'arranger pour examiner les mouvements d'abord dans une direction, puis dans une autre. Si les fils de connexion d'un appareil suffisamment puissant sont placés à proximité d'une aiguille magnétique de façon à passer près de son centre, alors nous trouverons que l'aiguille s'orientera d'elle-même perpendiculairement au fil, quelles qu'aient été leurs positions antérieures ; que si le fil est déplacé autour du centre de l'aiguille, ou le centre de l'aiguille autour du fil, alors leur position relative se maintiendra, et que la direction de l'aiguille perpendiculaire au fil n'est pas indifférente, mais a ses pôles dans une position relative constante aux pôles de la batterie. Si le pôle positif d'une batterie est notre main droite, le pôle négatif notre gauche, et qu'un fil est tiré entre elles, les

---

de la pile, le courant circule du zinc (« - ») vers le cuivre (« + »), et donc en sens inverse. Faut-il alors concevoir deux électricités, l'une positive, et l'autre négative, circulant toutes deux en sens opposés, comme le fera Ampère ? Faraday tient cette dénomination pour conventionnelle. Les dénominations « nord » et « sud » pour les pôles d'un aimant sont définies selon la direction que prend l'aiguille sous l'effet du magnétisme terrestre (le pôle nord indique le nord, le pôle sud indique le sud).

connectant, alors une aiguille au-dessus du fil pointera du nord vers le sud ; si elle est au-dessus, elle pointera du sud, vers le nord<sup>19</sup>. Si le fil de connexion et l'aiguille sont représentés par deux petites tiges nommées en fonction, et fixés de façon permanente entre elles, alors ils représenteront le fil et l'aiguille dans une position quelconque<sup>20</sup> ; car quel que soit le placement de l'un, l'autre correspondra avec : ou si sur le coté inférieur d'une petite pièce de verre carrée une ligne est tirée de haut en bas, l'extrémité supérieure sera appelée négative, et l'extrémité inférieure positive ; et si sur la face supérieure une ligne est tirée de gauche à droite, l'extrémité gauche sera appelée sud, celle droite, nord<sup>21</sup> ; alors la ligne inférieure représentera toujours le fil de connexion, et la ligne supérieure l'aiguille<sup>22</sup>.

L'aiguille et le fil étant dans cette position, si le fil est déplacé le long de l'aiguille en direction d'une de ses extrémités, une forte attraction aura lieu entre le pôle et lui, indépendamment du fait que ce soit la même partie du fil employée ; les pôles dans les deux positions étant contraires entre eux. Dans ce cas il apparaît que le même point dans le fil a le pouvoir d'attirer le pôle nord tout comme le pôle sud de l'aiguille. Si, pendant que le fil est ainsi situé à proximité du bout de l'aiguille, on la tourne de façon à remplacer un pôle par l'autre, une forte répulsion aura lieu, et ceci quelque soit le pôle qui a d'abord été approché ; de sorte que le même point qui auparavant attirait les deux pôles les repousse maintenant tous les deux. Si, alors que le fil est près de l'extrémité de l'aiguille ou l'attraction est la plus forte, il est déplacé autour de l'extrémité de façon à passer d'un coté à l'autre, tout en conservant le même point constamment en direction de l'aiguille, on verra son pouvoir attractif sur l'aiguille augmenter à mesure qu'il approche du bout tout en restant du même coté de cette dernière, diminuera en dépassant ce terme, s'annulera lorsqu'il sera exactement opposé au pôle, et obtiendra à mesure qu'il passe de l'autre coté un pouvoir répulsif qui deviendra plus fort à l'extrémité du pôle du coté opposé à celui duquel le fil est parti<sup>23</sup>.

Dans chacun de ces cas, les positions prises par le fil et l'aiguille, qu'ils résultent de l'attraction ou de la répulsion, sont les mêmes que ceux décrits ci-dessus, à la différence du fait que le fil est maintenant près du bout de l'aiguille au lieu de son milieu, comme sur la fig. 5, ou il y a deux positions du fil, chacune d'elles attirant le pôle qui y est opposé, et nous verrons que toutes les attractions et répulsions peuvent être ramenées à quatre situations relatives de l'aiguille et du fil, dans lesquelles ils sont dans des positions tangentes : les figures 6 et 7<sup>24</sup> montrent les positions dans lesquelles les deux pôles sont attirés ; dans la figure 6, le pôle nord ; dans la figure 7 ; le pôle sud ; si dans l'une d'elles les pôles de l'aiguille sont inversés, les tangentes restent dans les mêmes directions, une répulsion aura lieu. Il est donc facile de voir comment une partie individuelle du fil peut être rendue attractive ou répulsive sur chaque pôle de l'aiguille aimantée par un simple changement de placement.

---

19 Cette formulation est la règle du bonhomme, proposée par Ampère.

20 Cf. Illustration 1, figure 1.

21 Cf. Illustration 1, figure 3.

22 Trois images permettent donc à Faraday de représenter les rapports de l'électricité et du magnétisme, qui sont nouvelles. Faraday innove donc dans le cadre d'un travail historique. Mais pourquoi cette redondance d'images ? La première image est autocentrée, la seconde dépend encore de la référence à l'aiguille, mais la troisième est la plus indépendante. Faraday généralise donc en utilisant des images, au sens que donnait Emmanuel Kant à ce concept, il *schématise* ; c'est-à-dire qu'il produit une idée générale à l'aide de l'imagination. L'usage d'images pour formuler des règles est fréquent chez Faraday, ce qui n'est pas sans importance épistémologique.

23 Cf. Illustration 1, figure 4.

24 Cf. Illustration 1.

J'ai été très prudent dans mes efforts pour expliquer ce point simple mais important de placement, parce que j'ai rencontré un grand nombre de personnes qui ont trouvé difficile de le comprendre ; et que cela constitue une part très importante de la découverte de M. Oersted. En ayant, cependant, donné la meilleure représentation dont je suis actuellement capable, je vais me hâter d'énumérer certains autres faits de la découverte.

Les propriétés magnétiques ne dépendent pas du métal employé, ni de sa forme, mais sont déployées pour chacun d'entre eux s'il forme un circuit entre les deux pôles : même un tube rempli de mercure est efficient : la seule différence est dans la quantité de l'effet produit. Il continue aussi, même si le conducteur est interrompu par de l'eau, à moins que l'interruption soit de grande étendue.

L'influence magnétique du fil s'étend à travers toute sorte de substance, et agit sur l'aiguille à distance, comme le magnétisme commun. Elle n'agit pas sur des aiguilles de laiton, de verre ou de cire à cacheter.

Dans une seconde publication sur ce sujet, M. Oersted montre que ce n'est pas l'intensité, mais la quantité<sup>25</sup> qui est disposée dans l'appareil voltaïque à produire cet effet le plus significativement. Un arc galvanique est suffisant pour l'établir. Une plaque de zinc, de six pouces carrées, placée dans un creux de cuivre, remplie avec de l'acide diluée, permet au fil qui connectait les deux métaux d'agir fortement ; et avec un dispositif similaire, la plaque de zinc ayant une surface de 100 pouces carrées, un effet a été produit sur l'aiguille à une distance de trois pieds. Il décrit aussi, dans cette publication, la construction d'une combinaison voltaïque si légère que, suspendue, elle étaient déplacée à l'approche d'un aimant ; les mouvements sont en accord avec ce qui a été dit, et peuvent facilement être conçus. »

#### Novembre 1821 :

« Les résultats obtenus par M. Oersted furent immédiatement répétés et confirmés par un grand nombre de philosophes en plusieurs endroits. Parmi eux, personne n'a été aussi actif que M. Ampère pour faire varier les expériences, en produire de nouvelles, et en concevoir la théorie. Ce philosophe présenta des résultats à l'Académie des Sciences de Paris en septembre 1818, dans lesquels il proposait une théorie ramenant la totalité du phénomène magnétique à des effets purement électriques, et dans de nombreux écrits postérieurs, avança de nouveaux arguments, à la fois théoriques et empiriques, pour la soutenir. Je suis à présent désireux, cependant, de me concentrer plutôt sur les *faits* tels qu'ils furent découverts que sur les théories qui leurs sont attachés : d'abord parce qu'ils sont de la plus grande importance ; et ensuite parce qu'il n'y a pas de danger à attribuer les théories à ceux-là seulement qui sont à leur origine<sup>26</sup>.

---

25 *Annals of philosophy*, vol. XVI, 1820, p375. Oersted obtient la même déviation du galvanomètre avec des appareils faibles ( une paire de plaque) ou puissants (100 paires de plaques). La quantité d'électricité n'est donc pas déterminante. Par contre, une simple paire de plaques dont le zinc et le cuivre sont liés par un liquide fortement conducteur (de l'acide sulfurique ou nitrique) produit un circuit agissant fortement sur le galvanomètre. La différence que fait ici Faraday entre quantité et intensité est la différence entre la puissance de la batterie (« quantité ») et la quantité d'électricité qui circule effectivement (« intensité »).

26 C'est la méthode de cette *Esquisse historique* de séparer les faits (exposés dans les deux premiers articles) et les théories (exposées dans le troisième article). Un des éléments importants de la méthode de Faraday se manifeste ici : la conscience du caractère interprétatif des théories à l'égard des faits.

Les faits découverts par M. Ampère, bien que n'étant pas nombreux, [275] sont d'une importance éminente. A une rencontre de la Royal Society en septembre 1818, il décrit une expérience prouvant que la pile voltaïque elle-même agissait de la même manière que le fil, pourvu que ses pôles soient connectés ; et produisit un instrument qui, tout en prouvant cette action, se révéla d'une grande valeur pour l'expérimentation sur les courants électriques. Il s'agissait simplement d'une aiguille magnétique, mais nommée galvanomètre du fait de l'usage auquel elle était dévolue. Placée près d'une pile active, ou ayant ses pôles connectés à la pile soit par un fil, soit par son introduction directe, elle était immédiatement mise en mouvement, obéissant alors à la batterie de la même façon qu'au fil de connexion ; et les mouvements étaient tels que la batterie pouvait être considérée comme une continuation ou une partie du fil. En conséquence de cette action, l'aiguille devient un instrument approprié pour indiquer cet état d'une pile voltaïque active, et du fil qui la connecte, qui est supposé être occasionné par les courants d'électricité, et dans lequel seulement, le magnétisme a été découvert jusqu'ici.

Le 25 septembre, M. Ampère annonçait le fait nouveau de l'attraction et de la répulsion de deux fils connectant les pôles d'une batterie ; il montra que l'aiguille magnétique, qui avait antérieurement été utilisée pour prouver l'attraction et la répulsion magnétique du fil, pouvait être remplacée par un autre fil de connexion comme le premier. Cette découverte semblait libérer le phénomène du magnétisme de tout pouvoir résidant dans l'aimant, et prouver sa réduction à la seule électricité. Alors qu'il avait été montré par la seule découverte d'Oersted qu'un fil connectant les deux pôles d'une batterie voltaïque agirait sur un aimant, l'attirant et le repoussant, comme un autre aimant le ferait, il était juste d'admettre que le fil possède les pouvoirs de l'aimant qu'il imite ; et lorsque le second aimant était remplacé par un autre fil de connexion, comme dans l'expérience d'Ampère, et que les pouvoirs et actions se maintenaient comme auparavant, il était parfaitement correct de concevoir ces pouvoirs et actions comme magnétiques ; de cette façon, il devenait évident que le magnétisme pouvait être formé indépendamment des aimants, comme ils sont ordinairement nommés, et de chacun des moyens d'excitation ordinairement employés, mais entièrement et par la seule l'électricité, et dans tout milieu électriquement conducteur.

Les phénomènes impliquant deux conducteurs reliant les pôles d'une batterie se déroulent comme suit : lorsqu'ils sont parallèles entre eux, et que leurs extrémités homologues sont identiquement reliées à la batterie ; c'est-à-dire lorsque les courants supposés exister en eux sont dans la même direction, alors ils s'attirent l'un et l'autre ; mais si ce sont les extrémités opposées qui sont connectées avec la batterie, de sorte que les courants conçus comme existant en eux sont dans des directions opposées, ils se repoussent l'un et l'autre. Aussi, l'un étant fixé, l'autre mobile, si l'on envoie le courant, ou si les connexions sont faites dans des directions opposées, alors le fil mobile tournera circulairement jusqu'à ce qu'ils soient opposés. Le contraste entre ces attractions et répulsions, et celles ordinairement nommées électriques<sup>27</sup>, sont très [276] frappantes. Celles-là n'ont lieu que lorsqu'un circuit est complété, celles-ci seulement lorsque le circuit est incomplet. Ces nouvelles attractions ont lieu entre les extrémités similaires des fils, et les répulsions entre les extrémités opposées ; alors que les attractions électriques ont lieu entre des extrémités opposées, et les répulsions

---

27 Le problème scientifique en jeu est celui de l'unité des phénomènes d'électricité dite commune (électrostatique), voltaïque (de courant) et de magnétisme. En suivant le mémoire d'Ampère, Faraday rappelle la distinction entre les phénomènes électrostatiques et les phénomènes électrodynamiques, avant d'en venir au problème du rapport entre l'électrodynamique et le magnétisme.

entre des extrémités similaires. Les premières ont lieu dans le vide, ce qui n'est pas le cas des secondes. Lorsque l'attraction magnétique réunit les deux fils ensemble, ils restent en contact ; mais lorsque l'attraction électrique réunit deux corps ensemble, ils se séparent après le contact.

Ces expériences sont variées de plusieurs façons par M. Ampère ; et l'appareil avec lequel elles sont faites semble, à partir des planches et descriptions publiées, très sensible, ingénieux et efficace. Les résultats généraux que M. Ampère en a lui-même tiré sont que : 1. Deux courants électriques s'attirent lorsqu'ils circulent parallèlement l'un à l'autre, et dans la même direction ; ils se repoussent lorsqu'ils circulent parallèlement l'un à l'autre dans des directions contraires ; 2. Lorsque les fil métalliques traversés par ces courants ne peuvent tourner que sur un plan parallèle, chacun des courants tend à diriger l'autre vers une position dans laquelle ils seront parallèles, et dans la même direction ; 3. Ces attractions et répulsions sont entièrement différentes des attractions et répulsions électriques ordinaires.

Le 25 septembre, M. Arago communiqua à l'Académie Royale des Sciences qu'il avait établi l'attraction de la limaille de fer par les fils de connexion exactement comme par un aimant. Ce fait prouvait non seulement que le fil avait le pouvoir d'agir sur des corps déjà aimantés, mais qu'il était lui-même capable de développer le magnétisme dans du fer qui n'avait pas antérieurement été aimanté. Lorsque le fil connecté aux pôles de la batterie était plongé dans un tas de limaille, la limaille le recouvrait, augmentant son diamètre à celui d'une plume d'oie ; au moment où la connexion à l'un des deux pôles était rompue, la limaille tombait ; et au moment où la connexion était rétablie, elle était attirée à nouveau. Cette attraction avait lieu avec des fils de laiton, d'argent, de platine, etc. et était assez forte pour agir sur la limaille lorsque le fil en était approché sans pour autant la toucher. Il est rendu manifeste que cette attraction ne provient pas d'un magnétisme permanent dans le fil ou la limaille par leur inactivité réciproque lorsque la connexion avec la batterie n'est pas réalisée ; et il est établi que cette attraction n'est pas électrique du fait que le fil de connexion n'a aucun pouvoir sur le cuivre, le laiton, ou sur de la sciure de bois. Lorsque du fer doux était utilisé, le magnétisme produit n'était que momentané ; mais en répétant l'expérience avec des modifications, M. Arago réussit à aimanter complètement et de façon permanente une aiguille de couture.

La théorie que M. Ampère a formé pour rendre compte du phénomène magnétique des aimants à partir des seuls pouvoirs électriques, acceptait que les aimants n'étaient que des masses de matière, autour de l'axe desquels des courants électriques se déplaçaient en courbes fermées<sup>28</sup>. Cette théorie le conduisit, lorsqu'il fut informé par M. Arago de son expérience [277], à attendre un effet bien plus grand sur le fil de connexion lorsqu'il était disposé en forme de spirale, et que la pièce à aimanter était placée sur son axe. D'après la théorie, dans une aiguille ou un aimant, pointant vers le nord, les courants étaient dans la partie supérieure de l'est à l'ouest. En conséquence de ces attentes, MM. Ampère et Arago firent des expériences avec des spirales ou des hélices, et les résultats sont mentionnés dans la publication de M. Arago, la *Communication du Magnétisme à la Limaille de Fer*, publiée dans les *Annales de Chimie*, XV.93 ; bien que la publication ne soit pas datée.

---

28 « Mémoire sur l'action mutuelle de deux courants électriques, sur celle qui existe entre un courant électrique et un aimant ou le globe terrestre, et sur celle de deux aimants l'un sur l'autre », *Annales de chimie et de physique*, 1820, t15, pp 63. Le problème que discute Faraday est celui de la réalité matérielle de l'électricité.



Si l'on entoure une barre d'une torsade de fil, on peut faire en sorte qu'elle passe soit dans une direction ou l'autre, donnant naissance à deux hélices distinctes mais symétriques, qui ont été nommées par les botanistes *dextrorsum* et *sinistrorsum*. Bien que leurs diamètres soient égaux, et que les spirales qui les composent aient des inclinaisons égales, elles ne peuvent toutefois jamais se superposer ; car quelle que soit la façon dont on les torsade, leur direction est toujours la même. Le *dextrorsum*, ou, comme nous l'appellerons, l'hélice droite, partant de la main droite, va en direction du bas vers la gauche sur son axe ; les vrilles de nombreuses plantes en exposent des versions, et il est presque exclusivement utilisé dans les arts : le *sinistrorsum*, ou hélice gauche, partant de la main droite, va en direction du bas vers la droite sur son axe.

Ayant réalisé quelques-unes de ces hélices, l'une était connectée par ses extrémités au pôle d'une batterie voltaïque, et une aiguille enroulée dans du papier était placée à l'intérieur de ses spirales ; étant restée là quelques minutes, elle était extraite, et trouvée fortement aimantée ; et l'effet de l'hélice s'avère très puissant par rapport à celui d'un fil de connexion.

Concernant maintenant la position des pôles dans l'aiguille aimantée, il a été découvert qu'à chaque fois que c'est une hélice droite qui est utilisée, le bout de l'aiguille dirigée vers l'extrémité négative de la batterie pointera vers le nord, et celui qui est dirigé vers l'extrémité positive, pointera vers le sud ; mais avec une hélice gauche, le bout de l'aiguille en direction du positif pointera vers le nord ; et l'autre bout, vers le sud.

Afin d'établir ce point, le fil de connexion fut parfois formé en une hélice, parfois en deux ou trois, ce qui peut facilement être fait en l'enroulant autour d'un tube de verre, ou d'un bâton, d'abord dans une direction, puis dans l'autre ; et lorsque des aiguilles auparavant enfermées dans des tubes de verre étaient placées dans ces hélices, les pôles magnétiques qu'elles recevaient s'accordaient toujours avec la description que nous venons de faire. Dans un cas, aussi, où le fil de connexion avait été mis sous la forme de trois hélices consécutives, celle du milieu étant bien sur différente des deux autres, une unique pièce de fil d'acier assez longue pour passer à travers des trois hélices et étant enfermée dans un tube de verre fut placée entre elles. Étant retirée et examinée, cette pièce d'acier s'avéra avoir six pôles : d'abord un pôle nord, un pôle sud un peu plus loin, puis un autre pôle sud, un pôle nord, un autre pôle nord et à l'autre bout un pôle sud.[278]

La direction et la constance des pôles donnés à l'aiguille par les hélices est une conséquence naturelle de la position invariable de l'aiguille par rapport au fil de connexion, indiquée dans l'expérience d'Oersted ; car si une petite portion de l'une des hélices, avec l'aiguille qu'elle magnétise, est comparée aux fig. 1, 2 ou 3<sup>29</sup> on verra que ces figures les représentent. Ainsi, dans les fig. 8, ou 9, qui représentent les hélices et les aiguilles qu'elles contiennent, on verra que chaque partie des hélices croisent les hélices comme dans 1, 2, ou 3 ; ou encore que si deux exemplaires du « diagramme de verre », fig. 3, sont conjoints de sorte que leurs lignes représentent les aiguilles mises ensemble, de façon à ne devenir qu'une, alors les lignes représentant les fils de connexion représenteront aussi un seul cercle d'une hélice quelconque.

Dans la même publication, M. Arago établit aussi que lorsque le fil de connexion est parfaitement droit, une aiguille placée en dessous de et parallèlement à lui ne recevait aucun magnétisme. Il établit encore, qu'il est arrivé parfois, bien que peu fréquemment, que le fil

---

29 Cf. Illustration 1.

de cuivre connectant les pôles de la batterie maintienne son magnétisme pour quelques instants alors que la connexion était rompue ; et que M. Boisgeraud a observé le même fait avec du fil de platine. Ces fils, nous dit-on, lèvent parfois de la limaille de fer, ou même une aiguille, alors qu'ils sont séparés de la batterie, mais le pouvoir disparaît rapidement, et ne peut être reproduit à volonté.

Le 9 octobre, M. Boisgeraud lu un texte à l'Académie Royale des Sciences, contenant le détail de nombreuses expériences, dont la plupart, cependant, sont des variations de la première expérience d'Oersted. Il remarqua que les fils de connexion, ou arcs, placés n'importe où sur la batterie affecteront l'aiguille, un résultat qui suit comme une conséquence les expériences d'Oersted et Ampère. Il note les différentes intensités dans les effets produits lorsque de mauvais conducteurs électriques sont employés pour compléter le circuit – une différence que M. Oersted lui-même avait indiqué pour le cas de l'eau. M. Boisgeraud, toutefois, propose d'assurer les pouvoirs conducteurs de différentes substances en les plaçant dans l'un des arcs, des cellules ou des divisions de la batterie, et d'approcher l'aiguille magnétique, c'est-à-dire le galvanomètre d'Ampère, à proximité d'un autre arc, c'est-à-dire du fil, ou d'un autre corps connecteur, complétant le circuit de la batterie. Étant donné les positions que M. Boisgeraud observe pour l'aiguille et le fil, elles confirment toutes les affirmations d'Oersted, et peuvent être représentées par les figures mentionnées.

Le 9 Octobre, M. Ampère lu un autre mémoire sur le phénomène de la pile voltaïque, et sur la méthode qu'il avait l'intention de suivre afin de calculer l'action de deux courants électriques. A cette séance, aussi, il montra l'action mutuelle de deux courants électriques rectilignes ; c'est-à-dire de deux portions droites des fils de connexion ; car les phénomènes d'attraction, répulsion, etc., ont d'abord été observés sur des fils en forme de spirale. Ces actions, cependant, [279] sont exactement similaires, et les vues qui en ont été données, comme il s'agit de fils droits, sont plus simples que ne peuvent l'être celles des effets concernant les fils en forme de spirale ; en tout cas, en le considérant comme une question expérimentale seulement, et non pas théorique<sup>30</sup>.

En conséquence de la conception que M. Ampère a adopté de la nature du magnétisme comme ne dépendant que de courants d'électricité, il devint important pour lui d'établir l'action de la terre sur les mêmes courants excités par la batterie voltaïque. Car de sa théorie (aujourd'hui à présenter), il découlait que cette action est aussi efficace pour orienter ces courants que pour orienter ceux qui sont présumés exister dans l'aiguille magnétique. Après quelques tests, il réussit à contourner les obstacles de la sensibilité de la suspension, du contact, etc, et construisit un appareil dans lequel une partie du fil connectant les deux pôles d'une batterie était rendu assez léger et assez mobile pour diverger immédiatement ; les connections étant établies avec le pôle, il prit une direction qui, relativement à la terre, était toujours constante, et en accord avec la théorie de M. Ampère. Une description de ces expériences, et de l'appareil utilisé, fut lue à l'Académie Royale le 30 Octobre. Ce dispositif consistait en un fil courbé de façon à former un cercle presque complet d'environ 16 pouces de diamètre ; les deux extrémités étaient approchées, et placées l'une juste sous l'autre ; et,

---

30 Faraday souligne ici que sur le plan pratique, ce point est d'intérêt mineur, car on observe les mêmes effets, bien que dans une disposition simplifiée. Toutefois, sur le plan théorique, la différence entre les fils rectilignes et les fils en spirale importe, comme le montrera la critique que Lehot adresse à Ridolfi sur ce point (p. 24). En effet, le dispositif en spirale suppose une accumulation des courants passant dans le fil enroulé sur lui-même, ce qui met en question le rapport entre la direction du courant et celle de l'attraction : un courant hélicoïdal doit produire une attraction ou une répulsion linéaire.

attachées à deux points d'acier, étaient connectées entre elles par deux petites cuves de platine contenant du mercure, fixées de façon à les recevoir ; un seul des points touchait le fond de la cuve dans laquelle il était placé ; de sorte que la friction soit presque nulle, le mercure assurant un bon contact<sup>31</sup>. Les cuves étaient connectées avec d'autres fils qui étaient reliés à la batterie voltaïque ; de sorte qu'il soit aisé de connecter ce cercle mobile dans un sens ou dans l'autre entre les pôles ; et étant fermé dans une boîte de verre, tout mouvement reçu était facilement observable sans aucun risque qu'il provienne d'une autre cause que l'action électrique.

Lorsque les extrémités de cet appareil étaient connectées avec les pôles d'une batterie, le cercle tournait immédiatement, et après quelques oscillations se plaçait spontanément sur un plan perpendiculaire au méridien magnétique de la terre ; et à chaque répétition de l'expérience, le même effet avait lieu. La direction dans laquelle il tournait dépendait du sens dans lequel la connexion avait été faite avec la batterie ; et en admettant qu'il y ait un courant passant dans le fil de l'extrémité négative à l'extrémité positive, la courbe s'orientait spontanément de sorte que ce courant descende toujours du côté de l'est, et monte toujours vers l'est<sup>32</sup>. Ce cercle tournait autour d'un perpendiculaire, et, par conséquent, ne représentait que la direction de l'aiguille magnétique ; afin de représenter la plongée verticale, un fil était mis en forme de parallélogramme et étant fixé à un axe de verre était suspendu par des pointes fines, et connecté de même que ci-dessus de façon à se déplacer sur un axe horizontal ; ainsi, cet axe étant placé de façon perpendiculaire au méridien magnétique, [280] et les fils étant connectés avec les pôles d'une batterie, le parallélogramme se déplaçait immédiatement vers une position sur le plan perpendiculaire à l'aiguille plongeant ; lorsque la communication était rompue, elle revenait à sa position de départ ; le courant rétabli, elle reprenait cette position, indiquant évidemment l'influence que la terre avait sur elle. En conséquence de la difficulté à placer le centre de gravité sur le centre de suspension, et à l'y maintenir, ce conducteur n'était pas placé exactement sur un plan perpendiculaire à l'aiguille plongeante, mais l'approchait en équilibre entre les pouvoirs magnétiques et gravitationnels de la terre.

Le 30 octobre, MM. Biot et Savart lurent un mémoire devant l'académie des sciences, dont l'objet était de déterminer la loi par laquelle un fil de connexion agit sur des corps aimantés. De petites plaques rectangulaires, ou des fils cylindriques, d'acier trempé, rendus magnétiques par double touche<sup>33</sup>, et ensuite suspendus par des fils de vers à soie, sont placés dans différentes positions relativement à, et à différentes distances du, fil connectant les pôles de la batterie. Le magnétisme terrestre était parfois combiné à celui du fil, lui était parfois opposé, et parfois neutralisé par l'approche d'un autre aimant. Les différentes positions d'équilibre, et le nombre d'oscillation des aiguilles, étaient alors observées, et ces données accumulées, ce qui a conduit Messieurs Biot et Savart aux résultats suivants, qui expriment l'action exercée par une molécule de magnétisme austral ou boréal<sup>34</sup>, placée à une

31 Cf. Illustration 3, figure 2. L'expérience correspondante est décrite par Ampère dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 1820, tome 15, pp 188 et suivantes.

32 On voit ici que Faraday fait un usage purement instrumental de la théorie du courant. L'hypothèse de l'existence d'un courant électrique sert à décrire le mouvement du fil au lecteur, mais n'est pas considérée comme un fait d'expérience, comme Faraday le rappelle dès le premier article de la présente *Esquisse historique*, page 6.

33 Processus consistant à induire l'aimantation par le mouvement de deux pôles magnétiques à proximité d'un métal.

34 Ces expressions sont une autre façon de nommer les pôles nord (boréal) et sud (austral). L'usage de ces expressions comme distinguant des types de molécules fait cependant référence à une distinction théorique qui opposait Biot et Ampère. Alors qu'Ampère cherchait à réduire le magnétisme à l'électricité, la conception de Biot faisait du magnétisme une réalité fondamentale, à laquelle l'électricité devait être rapportée. Le magnétisme lui-même était

distance quelconque d'un fil cylindrique très fin et indéfini, rendu magnétique par le courant voltaïque. Passons une ligne de cette molécule perpendiculairement à l'axe du fil, la force qui attire la molécule est perpendiculaire à cette ligne et à l'axe du fil ; son intensité varie en raison inverse de la distance. La nature de l'action est la même que celle d'une aiguille aimantée placée sur la surface du fil dans une direction déterminée et constante relativement à la direction du courant voltaïque ; de sorte qu'une molécule de magnétisme boréal et une molécule de magnétisme austral sont attirées dans des directions différentes, bien qu'en observant constamment l'expression donnée ci-dessus.

Ayant réussi à aimanter du fer et de l'acier par un fil déchargeant l'appareil voltaïque, M. Arago fut conduit à attendre que l'électricité commune<sup>35</sup> produise les mêmes effets ; et par l'expérience trouva que les résultats étaient effectivement les mêmes. Il annonça ce fait verbalement le 6 novembre à l'Académie Royale, établissant qu'il avait produit tous les phénomènes correspondants qui avaient été observés avec de l'électricité voltaïque. Aucun compte-rendu de ces expériences n'a été, je crois, publié, mais il est facile de concevoir la manière générale par laquelle elles ont dû être entreprises<sup>36</sup>. Elles sont très importantes en vue d'identifier l'électricité voltaïque et l'électricité commune, bien que peu, je pense, aient encore des doutes sur ce point, ainsi que pour établir que le phénomène magnétique ne dépend pas de tel ou tel mode [281] d'excitation de l'électricité, mais l'accompagne constamment lorsqu'il est en mouvement.

En conséquence de la théorie de M. Ampère, qui attribuait les pouvoirs des aimants à des courants électriques, ainsi que des conceptions admises sur la façon dont il était supposé que les courants électriques dans les fils de connexion induisaient des courants dans les barres d'acier placées à proximité, comme dans les expériences de M. Arago ; il était solidement attendu et espéré que l'on puisse réaliser un arrangement d'aimants, de fils, etc., qui puisse produire la décomposition de l'eau, ou d'autres effets électriques ; car puisque l'électricité pouvait produire du magnétisme, on pouvait considérer que le magnétisme puisse produire de l'électricité<sup>37</sup>. De nombreux dispositifs furent faits assemblant des aimants, ou des fils proches et autour d'aimants ; et il fut d'abord établi que les effets électriques, comme la décomposition de l'eau, l'attraction, etc., étaient réalisés ; mais le 6 novembre, M. Fresnel, qui avait été très consciencieux dans ces efforts pour obtenir ces effets, reconnu devant l'Académie Royale que les apparences n'étaient pas suffisantes pour autoriser la conclusion, que le moindre effet avait été réellement obtenu.

Lors de la même séance (le 6 novembre), M. Ampère souligna un effet produit par le fil de connexion courbé en hélice. Cet effet peut aisément être compris en remarquant que la direction du pouvoir magnétique est toujours perpendiculaire au fil de connexion. Lorsque, par conséquent, le fil de connexion est parallèle à l'axe de l'hélice, le pouvoir est perpendiculaire à cet axe ; lorsque le fil forme un cercle autour de l'axe sur un plan perpendiculaire à l'axe de l'hélice, le pouvoir est perpendiculaire à cet axe ; mais lorsque,

---

une force provenant de la polarisation de particules magnétiques (les molécules boréales et australes). Faraday adopte son vocabulaire en fonction du contexte théorique.

35 C'est-à-dire l'électricité statique.

36 Faraday passe donc du rapport historique à la conjecture. Partant de la description des instruments expérimentaux déjà utilisés et du problème théorique en jeu, il propose une description des expérimentations qu'il refera lui-même.

37 Ce sera un projet de recherche central pour Faraday, d'induire de l'électricité à partir du magnétisme, et qui aboutira à l'invention de ce qui deviendra le moteur électrique (voir les « First séries » des *Experimental researches*). L'ajout de Thomas Brande à l'*Esquisse historique* (p. 37 et suivantes) décrit déjà certains dispositifs d'interaction électromagnétiques.

comme dans l'hélice, il passe autour de l'axe dans une direction intermédiaire entre le parallélisme et la perpendicularité, la direction du pouvoir est bien sur incliné en conséquence.<sup>38</sup> Dans ce cas, le pouvoir peut être considéré comme composé de deux portions, l'une perpendiculaire à l'axe, l'autre lui étant parallèle. Comme M. Ampère considérait les aimants comme étant des assemblages de courants perpendiculaires à leurs axes<sup>39</sup>, il espérait, dans la simulation ainsi faite, se débarrasser de cet effet du à l'extension du fil dans la direction de l'axe de l'hélice, et il y réussit en faisant rentrer le fil à l'une de ses extrémités à travers l'hélice de façon à ce qu'il ne la touche en aucun point ; car dans cette position, son effet magnétique étant contraire à ceux appartenant à la longueur de l'hélice, et aussi proche d'eux, ils se neutralisaient ou s'estompaient entre eux. Une imitation d'aimant était donc produite en formant une hélice, et en faisant revenir les fils aux deux extrémités à travers le centre de l'hélice jusqu'à son milieu, puis en les faisant ressortir vers le haut et vers le bas, de façon à former un axe permanent sur lequel le tout pourrait se mouvoir. L'extrémité d'une batterie étant connectée avec ces deux terminaisons du fil, l'hélice devenait magnétique, et était attirée et repoussée par un aimant précisément de la même façon qu'un véritable aimant l'aurait été<sup>40</sup>.

MM. Buch, de Franckfort, en répétant les expériences d'Oersted le 22 octobre, ne leur ajouta rien ; mais l'appareil qu'ils [282] employèrent est si simple et efficace qu'ils rend l'expérience disponible à l'observation de ceux qui ne pouvaient la réaliser du fait de la complexité du dispositif antérieur. L'un était simplement un creuset de platine avec une plaque de zinc courbée connectée sous le fond, puis passant à l'extérieur, et arrondie jusqu'à plonger dans le creuset<sup>41</sup>. Lorsque de l'acide dilué était mis dans le creuset, l'appareil agissait fortement sur l'aiguille magnétique. Un autre appareil était constitué à partir d'une cuiller dorée au manche de laquelle un morceau de zinc courbé était attaché, de façon à plonger dans le creux de la cuiller. Il agissait très puissamment. Un troisième reposait sur un morceau de zinc et un morceau d'argent mis dans la forme d'un simple cercle voltaïque. Celui-ci, fixé dans du liège, et placé dans de l'acide dilué, obéissait à un aimant mis à sa portée.

Le 13 novembre, M. Lehot établit à l'Académie des Sciences que, malgré les résultats obtenus par M. Fresnel, il était toujours convaincu du pouvoir de décomposition donné aux fils de fer par les aimants, et rapporte des expériences qu'il avait réalisé six années auparavant, qui consistaient à connecter des fils de fer aux pôles d'un aimant, puis à les immerger dans de l'eau. Le pôle sud causait une oxydation, le pôle nord maintenait son fil net<sup>42</sup> ; de même, dans la teinture de tournesol; le pôle sud rougissait la teinture, ce qui n'était

38 Partant d'une loi générale (« la direction du pouvoir magnétique est toujours perpendiculaire au fil de connexion »), Faraday décrit une loi de composition des directions des courants à partir de trois descriptions. Lorsque le fil est droit, et poursuit l'axe d'une hélice d'Ampère (un solénoïde), le pouvoir magnétique lui est perpendiculaire. Lorsque le fil est enroulé en disque, comme dans une spirale d'Ampère, le pouvoir magnétique lui est perpendiculaire et est donc parallèle à l'axe de l'hélice. Enfin, dans un solénoïde, le fil est dans une direction intermédiaire entre les deux cas, de sorte qu'il en va de même avec le pouvoir magnétique.

39 Voir la troisième partie de cette *Esquisse historique* (pages 31-37) pour une exposition de la théorie des aimants d'Ampère.

40 Cf. Illustration 4 (figure 3).

41 Cf. illustration 3, figure 10.

42 C'est la première description détaillée d'une hydrolyse de cette *Esquisse historique*. Les interactions entre la chimie et l'électricité auront pour Faraday une importance théorique et expérimentale centrale, puisqu'elles indiquent l'hypothèse selon laquelle l'électricité joue un rôle dans la cohésion de la matière. C'est donc une piste de recherche prometteuse pour l'investigation des forces physiques fondamentales. La question de la force fondamentale est ici manifestée par la recherche de l'induction d'une décomposition chimique à partir du

pas le cas du pôle nord. Il n'y a pas de raison de considérer ces expériences comme décisives ; et M. Lehot lui-même ne leur attache pas plus d'importance qu'à celles réalisées 20 ans plus tôt par Ritter, dont les incertitudes avait déjà été suffisamment remarquée par M. Fresnel.

Le 13 novembre, aussi, M. Ampère lu une remarque sur les effets électrochimiques d'un fil en spirale sujet à la seule action de la terre. Le fil formait une hélice autour d'un cylindre de carton, dont l'axe était placé parallèlement à la plongée et à la direction de l'aiguille, et dont les extrémités étaient plongées dans une solution de sel commun. En sept jours, du gaz apparut aux deux terminaisons, mais davantage sur celle répondant à l'extrémité négative de la batterie ; les bulles furent déplacées, mais de nouvelles apparurent ; la terminaison restant nette, alors que la seconde s'oxydait, et ne donnait plus de gaz. Dans l'ensemble, toutefois, l'expérience paraissait incertaine, particulièrement après ce qu'avait dit M. Fresnel ; et M. Ampère lui-même affirma qu'il doutait même de l'existence de l'action.

Le 16 novembre, Sir H. Davy lut une lettre adressée au Dr. Wollaston devant la *Royal Society* sur la production du phénomène magnétique par l'électricité. Les expériences qu'elle détaille furent pour la plupart menées durant le mois d'octobre, et sont de très grand intérêt. La façon particulière qu'a ce philosophe de compresser des faits importants et nombreux en peu de mots permettra rarement de faire un compte-rendu condensé de ses publications. Pour ce qui nous concerne, cependant, ce n'est pas l'occasion de faire un tel compte-rendu, puisque la publication elle-même est parue dans un numéro récent de vos *Annales*, et peut être trouvée page 81 de ce volume, ou [283] la déduction de faits en faits peut être élégamment suivie. Ce qui suit n'est pas beaucoup plus qu'une énumération des faits qu'elle contient.

Rappelons que le fil de connexion affecte l'aiguille comme M. Oersted l'a décrit ; l'effet était immédiatement attribué au fait que le fil lui-même devienne un aimant ; et cela fut immédiatement prouvé en l'approchant de limaille de fer, qui était attirée, et qui lui restait attachée aussi longtemps que la communication était maintenue. C'est en fait la même expérience qu'a fait M. Arago (le 25 septembre), mais ces deux philosophes l'ont fait indépendamment ; et comme aucun détail de l'expérience de M. Arago n'a encore été publié, la description précise de Sir H. Davy paraîtra hautement intéressante. Cet effet avait lieu dans toutes les parties du fil et à chaque endroit de la batterie. Les aiguilles d'acier placées sur les fils de connexion devenaient magnétiques ; celles parallèles au fil agissaient comme le fil lui-même<sup>43</sup>, celles le croisant avaient deux pôles ; si elles étaient placées sous le fil, la terminaison positive de la batterie étant à l'est, elles avaient leurs pôles nord au sud du fil, et leurs pôles sud à son nord ; les aiguilles au-dessus du fil étaient dans la direction opposée ; et cette situation était constante, quelle que soit l'inclinaison de l'aiguille par rapport au fil. Il sera remarqué que cette position est précisément celle qui a été décrite dans le compte rendu des expériences de M. Oersted<sup>44</sup>. A la rupture de la connexion, les aiguilles d'acier au-dessus maintenaient leur magnétisme, alors que celles qui étaient parallèles au fil le perdaient dans l'instant.

---

magnétisme, ce qui sera un objet important des *Experimental researches on electricity*.

43 C'est-à-dire qu'elles attirent la limaille de fer sur la feuille de papier.

44 Pour rappel, la *figure 1* de l'illustration 3 schématise la règle de disposition relative du magnétisme et de l'électricité. Si on la réoriente pour la faire correspondre à la description que rapporte ici Faraday, elle est maintenue.

Des fils de platine, d'argent, etc., dans les mêmes conditions, n'étaient pas rendus magnétiques, sauf si, par accident, ils faisaient partie du circuit. Quelle que soit la position de la batterie, ou du fil, l'effet était le même. Le contact s'est avéré non nécessaire : un effet instantané était produit par une simple juxtaposition, bien que du verre épais intervenait ; la limaille s'installait d'elle-même en lignes droites en travers du fil sur une plaque de verre tenue à un quart de pouce au-dessus de lui. L'effet était proportionnel à la quantité d'électricité passant à travers un espace donné, sans la moindre relation au métal qui la transmettait. Augmenter la taille des plaques augmentait proportionnellement l'effet magnétique des fils de connexion. Les fils connectant une batterie de 60 paires de plaques ne levaient pas la moitié de la limaille levée lorsque la batterie était composée de 30 paires de plaques d'une largeur double. Le pouvoir magnétique du fil augmentait avec sa chaleur.

Considérant qu'une grande quantité d'électricité était nécessaire pour produire un magnétisme sensible, Sir H. Davy conclut qu'un courant d'une machine commune serait sans effet, alors que cela serait le cas d'une décharge ; et cela s'avéra être vrai ; les pôles de l'aiguille magnétisée étant situés exactement comme auparavant. Dans ces expériences une batterie de 17 mètrespieds carrés, hautement chargée, étant déchargée à travers un fil d'argent, mesurant 1/20 pouce de diamètre, rendait des barres d'acier de deux pouces de long, d'une épaisseur allant de 1/10 à 1/20 pouces, si magnétiques, qu'elles pouvaient lever des portions de fil d'acier et des aiguilles, [284] et l'effet était communiqué à des aiguilles à une distance de cinq pouces du fil, même lorsque intervenait de l'eau ou d'épaisses plaques de verre ou de métal.

Au cours de ce type d'expériences, il a été établi qu'un tube d'acide sulfurique, d'un diamètre d'un quart de pouce, ne conduisait pas assez d'électricité pour rendre magnétique l'acier ; qu'une explosion<sup>45</sup> à travers l'air rendait une aiguille placée de façon transversale magnétique, bien que moins fortement qu'un fil ne l'aurait fait ; que les barres d'acier dans le circuit de connexion, ou lui étant parallèle, ne devenaient pas des aimants ; que deux barres placées ensemble en travers du fil, passant à travers le centre de gravité commun, ne montraient aucun magnétisme après la décharge après qu'elles soient séparées, mais manifestaient des pôles opposés une fois séparées.

Une conclusion tirée par l'auteur de ces expériences est, que le magnétisme est produit dès lors que de l'électricité concentrée traverse l'espace.

De nombreux fils étant arrangés en cercles, ainsi que dans d'autres directions autour et en direction du fil de décharge, ces fils se retrouvent, après la décharge, tous magnétiques, et les pôles dans la situation exprimée ci-dessus ; de sorte que le pôle nord d'une aiguille était en direction du pôle sud de la prochaine, et dans une relation constante au sens de la décharge<sup>46</sup>.

Le fil de connexion étant divisé d'une partie à trois, quatre, ou plus, par de petits fils, et la batterie voltaïque étant déchargée par leur moyen, tous les fils étaient rendus magnétiques et levaient des cylindres séparés de limaille : lorsque les cotés opposés de deux d'entre eux étaient réunis, les morceaux de limaille s'attiraient entre eux. De là, il était attendu que lorsque les cotés similaires étaient rapprochés, la limaille sur chacun d'eux serait repoussée. Ce qui a été testé en plaçant deux batteries parallèlement, mais dans des directions opposées. La limaille sur chacun de ces fils de connexion repoussait l'autre ; et des fils de

---

45 C'est-à-dire une étincelle électrique.

46 Cf. illustration 1, figure 11.

connexion de platine et des fils d'acier fin sans limaille manifestaient le même phénomène d'attraction et de répulsion. Il sera noté que ces expériences sont similaires à celles réalisées par M. Ampère sur l'attraction et la répulsion de deux fils de connexion, ou, comme il les nomme, de deux courants électriques, et prouvent la même chose. En plaçant des pièces rectilignes de platine, d'argent, et de fil de cuivre, sur deux lames de platine connectées avec les pôles opposés d'une batterie, ils s'attirent et se repoussent dans des directions correspondant à ce que nous avons dit plus tôt. La feuille d'or façonnée de la même manière, afin qu'elle établisse la connexion, est mue par un aimant.

Une façon simple de produire des aimants est indiquée dans cette publication ; à savoir, en fixant des barres d'acier en croix, ou des pièces d'acier circulaires appropriées aux aimants en fer-à-cheval, autour des conducteurs électriques de bâtiments dans des situations élevées et exposées<sup>47</sup>.

M. Le Chev. Yelin semble avoir découvert par accident qu'en plaçant une aiguille d'acier dans un tube de verre encerclé d'une spirale de fil, traversée par de simples étincelles électriques ou par la décharge [285] d'une batterie, on peut rendre l'aiguille magnétique. Ce résultat fut publié dans la « Allgemeine Zeitung », du 2 déc. 1820. C'est longtemps après les expériences antérieures du même type, bien que l'auteur n'en ait pas eu connaissance. M. Bockman, en répétant et en variant ces expériences, augmenta le sinus de l'hélice bien au-delà de ce qui avait auparavant été fait. Lorsque des hélices, variant d'un demi pouce à 13 pouces de diamètre, étaient utilisées, le pouvoir de réception du magnétisme par l'aiguille d'acier placée dans l'axe du plus large ne semblait pas du tout diminué. Avec une hélice de 34 pouces de diamètre, le magnétisme communiqué était bien moindre, et le magnétisme communiqué par une hélice de 84 pouces de diamètre était à peine perceptible. La surface utilisée dans ces expériences était de 300 pouces carrés. Il fut montré, en poursuivant ces expériences, qu'une aiguille hors de l'hélice était aussi bien magnétisée qu'une aiguille en elle ; qu'après avoir été complètement magnétisée, une succession de décharges affaiblissait son pouvoir ; que cinq jarres<sup>48</sup>, chacune de 300 pouces carrés, ne produisaient pas en étant déchargées de manière répétée, beaucoup plus d'effet qu'une seule d'entre elles ; qu'une certaine épaisseur de l'acier dans l'aiguille, ou dans la barre, était requis pour produire le plus grand effet ; que dans un tube de verre, autour duquel est enroulée une spirale, une décharge ne causait aucun magnétisme dans l'aiguille, mais rendait le tube magnétique ; cependant, si le tube de métal était du plomb, alors l'aiguille devenait magnétique.

M. Von Buch, d'Utrecht, alors occupé à répéter les expériences d'Oersted et d'autres, obtint des résultats en accord avec elles, sauf dans un cas de différence avec Oersted. M. Oersted dit que « si le fil de connexion est placé perpendiculairement au plan du méridien magnétique, que ce soit sur ou sous lui, l'aiguille reste au repos, à moins qu'elle ne soit très proche du pôle : dans ce cas, le pôle est élevé lorsque le courant vient du côté ouest du fil, et abaissée lorsqu'il vient de l'est. » M. Von Buch souligne que cet état de repos ne demeure pas dans deux des quatre positions du fil. Lorsque le fil de connexion est sous le centre de l'aiguille, et que le courant positif va d'est en ouest, l'aiguille reste immobile. Lorsque le courant va d'ouest en est, elle réalise une demi révolution. Au contraire, les fils de connexion étant au-dessus du courant d'est en ouest, l'aiguille tourne d'un demi-cercle ; alors qu'allant d'ouest en est, ils laissent l'aiguille immobile. M. Von Buch conçoit que la

---

47 On peut gager qu'il s'agit de produire des aimants à partir de paratonnerres.

48 Jars : Bouteilles de Leyde.



différence entre ses résultats et ceux d'Oersted provient de la faible puissance de sa pile. Les attractions et répulsions, ou les élévations et dépressions, dont il parle lorsque les fils sont approchés des pôles prouvent l'existence de cette action qui, dans les expériences de M. Von Buch, étaient assez fortes pour faire tourner l'aiguille circulairement ; et si la position du fil et de l'aiguille dans ces expériences sont [286] comparées avec les positions déduites des expériences d'Oersted, fig.1, 2 et 3, on trouvera que dans deux des cas, ceux indiqués par M. Von Buch, il fallait une demi-révolution de l'aiguille pour l'amener à un état d'équilibre avec le fil dans ces positions.

M. Von Buch, d'autre part, semble avoir attesté les effets de l'électricité commune dans la production du magnétisme sans connaissance préalable de ce qui avait été fait par d'autres dans cette direction, et avoir réussi à produire ces effets à l'aide d'une puissance moindre que celle qui avait auparavant été utilisée pour cette fin. Il a trouvé qu'une décharge forte n'était pas nécessaire, ni même une bouteille de Leyde ; mais, en fixant une hélice entre le conducteur principal d'une machine<sup>49</sup> et un autre conducteur isolé, en y plaçant une aiguille d'acier, et en tirant des étincelles du dernier conducteur, l'aiguille devenait magnétique. Un seul tour d'une machine, avec deux disques de 18 pouces de diamètre, était suffisant pour rendre l'aiguille manifestement magnétique.

En Italie, de nombreuses expériences concernant le magnétisme par l'électricité ont été faites, et qui, bien que nouvelles à l'époque pour ceux qui les ont réalisées, ont été faites auparavant par d'autres. Une série fut faite entre le 6 et le 18 janvier par messieurs Gazzeri, Ridolfi et Antinori, à Florence. Leurs résultats, qui m'apparaissent être des plus intéressants, sont comme suit : les aiguilles placées dans des hélices connectées aux pôles d'une batterie recevaient leur magnétisation complète en une minute. Les aiguilles à l'extérieur des hélices ne recevaient aucun magnétisme, à moins qu'il n'y en ait une ou plusieurs à l'intérieur, elles devenaient alors magnétiques avec leurs pôles inversés aux pôles de l'aimant intérieur<sup>50</sup>. L'hélice fut modifiée en forme de carré, par l'enroulage de son fil autour d'un parallélépipède ; l'effet magnétique restait le même. Une aiguille et un long fil de platine furent enveloppées dans une feuille d'étain, et la partie qui contenait l'aiguille introduite dans une spirale de fil de cuivre ; le courant était alors passé par le fil de platine sans la spirale de cuivre ; connectée avec l'un ou l'autre pôle, l'aiguille était magnétisée. Une spirale de fil de cuivre contenant une aiguille fut placée à la surface d'une cuvette de mercure, et le mercure connecté au circuit ; l'aiguille était rendue faiblement magnétique. Des étincelles obtenues à partir d'une machine commune chargeant une hélice contenant une aiguille d'acier rendaient l'aiguille magnétique. Ces philosophes semblent avoir trouvé que le fil de connexion placé dans d'autres parties de la batterie qu'à ses extrémités ne magnétiserait pas une aiguille. Il doit, probablement, y avoir quelque erreur sur ce point<sup>51</sup>.

M. la Borne, en répétant les expériences d'Arago, le 8 janvier, fit varier l'usage de l'hélice en la faisant à partir de fer, et en la mettant autour du fil rectiligne, au travers duquel on faisait passer une décharge électrique. Dans ce cas, c'est l'hélice qui devenait l'aiguille à

---

49 L'expérience de Von Buch implique une machine électrostatique, ou machine de Ramsday, qui produit de l'électricité statique à partir du frottement d'un disque de verre, qui est manifesté par l'étincelle produite par une extrémité conductrice (le « conducteur principal ») lorsque l'on approche un autre conducteur sans contact (le « conducteur isolé » par l'air).

50 Ce phénomène est central pour Faraday, car il suggère que ce n'est pas l'électricité seule qui magnétise l'aiguille à l'intérieur de l'hélice, mais que c'est l'aiguille à l'intérieur qui induit la magnétisation de l'aiguille extérieure. C'est la transmissibilité de la magnétisation qui est ici mise en avant.

51 Le contraire a déjà été établi par M. Boisgeraud et sir H. Davy.

magnétiser, et elle s'avérait être un aimant fort, les pôles étant dans les positions auxquelles nous avons déjà si souvent fait référence. Un tel aimant est flexible et élastique, et peut être doublé, allongé ou raccourci : en [287] joignant les deux pôles, son action sur une aiguille magnétique était largement diminuée.

Dans une lettre (qui n'est pas datée) de M. Berzelius à M. Berthollet, publiées dans l'édition des *Annales de Chimie* de février, page 113<sup>52</sup>, une expérience est décrite qui consistait à placer une fine feuille d'étain, de huit pouces de longueur et deux pouces de largeur, parallèle à et dans le plan du méridien, et à la connecter dans cette position aux éléments d'un cercle voltaïque. Une aiguille magnétique approchée du bord inférieur de cette plaque était immédiatement déviée de 20° par rapport au méridien magnétique. En la déplaçant lentement vers le haut, elle reprenait sa position naturelle à l'approche du milieu de la plaque, bien qu'elle soit élevée à une extrémité, et abaissée à l'autre ; et en approchant du bord supérieur de la plaque, elle se déplaçait de 20° par rapport au méridien magnétique dans la direction opposée à celle qu'elle prenait sous la plaque. Lorsque l'aiguille était abaissée ou élevée aux cotés opposés de la plaque, les mêmes déviations et effets avaient lieu, mais dans des directions opposées. Une petite portion du bord supérieur de la feuille était coupée et renversée vers le haut, formant une projection au-dessus du rebord. L'aiguille placée à égale distance de cette projection et du rebord était plus affectée par ce dernier que par le premier.

En utilisant une plaque carrée d'étain, et en formant les connections à des angles opposés, l'examen permettait de conclure que les angles intermédiaires agissaient plus puissamment sur l'aiguille qu'aucune autre partie – une circonstance qui prouve, affirme M. Berzelius, que la polarité magnétique du courant va aux extrémités opposées, comme c'est le cas avec la polarité électrique et dans les aimants artificiels<sup>53</sup>.

La bande ou feuille d'étain placée sur un plan horizontal, et sur le méridien magnétique, agissait sur l'aiguille comme l'aurait fait un fil. La plus grande déviation de l'aiguille advenait immédiatement au-dessus ou en-dessous du milieu de la feuille, et les bords agissaient comme dans la position précédente. Les positions adoptées par les aiguilles dans ces expériences sont exactement telles qu'attendues. Les expériences reçoivent tout leur intérêt de la manière dont leur auteur les réalise en soutien à son opinion particulière, mais ceci étant mis à part n'ont pas grande nouveauté intrinsèque. M. Berzelius pense que l'usage d'un fil rond, rendu conducteur, constitue un cas plus complexe que l'usage d'un fil carré ou en forme de parallélépipède. Je reviendrais cependant plus tard à la théorie présentée par ce philosophe.

Les expériences de M. Lehot (27 février) sont des répétitions de ce qui avait précédemment été accompli, et n'ont d'autre intention que de prouver qu'un conducteur rectiligne peut communiquer le magnétisme en opposition à l'opinion du Marquis Ridolfi, qui considérait qu'il doit être plus ou moins courbé autour de l'aiguille pour la magnétiser.

Après ce qui a été dit, les expériences de M. Schweiger n'ont rien de neuf. Je ne connais pas leur date, mais ils sont insérés dans la *Bib. Univ.*<sup>54</sup> pour mars 1821. L'auteur a fait passer ses fils de connexion plusieurs fois autour de l'aiguille, produisant en fait la même

---

52 *Annales de Chimie et de physique*, 1821, tome 16, page 113.

53 Ce point sera discuté par Faraday dans la troisième partie de l'Esquisse historique, pages 29-30 de cette traduction.

54 Il s'agit de la *Bibliothèque universelle des sciences, belles lettres et arts*, revue scientifique genevoise initiée en 1816.

accumulation d'effet que dans l'hélice, et [288] n'utilisa que deux plaques, de deux pouces carrés. Les effets furent très forts sur l'aiguille magnétique. M. Schweiger s'oppose à la théorie d'Oersted et en propose une personnellement.

Dans le même numéro de la *Bib. Univ.* M. de la Rive décrit la construction de deux petits appareils, qui visent à montrer deux expériences faites par ampère, l'attraction d'un courant électrique par des aimants, et son électro-aimant artificiel. Le premier est fait de deux bandes, l'une de zinc, l'autre de cuivre, passant à travers un bouchon de liège, et connectées au-dessus par un fil de cuivre courbé. Lorsque cet appareil est placé sur une surface d'acide dilué avec les parties inférieures des bandes immergées, une combinaison voltaïque est formée, qui peut être attirée et repoussée en approchant un aimant dans différentes directions vers le fil de cuivre connecteur qui les surplombe (voir figure 12<sup>55</sup>). L'autre est une plaque de zinc et de cuivre, flottant sur un liège comme ci-dessus, mais dont la connexion supérieure est faite par une hélice. Cette hélice est faite en enroulant un fil de cuivre couvert de soie autour d'un petit tube de verre; on le glisse alors hors du tube, faisant retourner des extrémités du fil à travers l'hélice jusqu'à proximité de son centre, et passant ensuite à l'extérieur entre les courbes de l'hélice; ces extrémités sont alors connectées avec celles des bandes de zinc et de cuivre; et en plaçant l'instrument sur la surface d'eau acidulée, les extrémités de l'hélice seront attirées et repoussées, comme les pôles d'un aimant (voir figure 13<sup>56</sup>). Ces appareils sont très simples, aisément fabriqués et efficaces.

M. Moll, dans trois lettres adressées à l'Éditeur du *Journal de physique*, la première étant datée du 23 mars, les autres sans date, rend compte de quelques expériences faites pour attester le pouvoir relatif d'une batterie constituée de nombreuses petites plaques, et d'une autre constituée de deux plaques larges seulement. L'appareil large consistait en une étroite cuvette de cuivre, contenant une plaque de zinc, présentant près de quatre pieds carrés de surface. Le plus petit appareil était constitué de plaques de quatre pouces carrés, assemblées à la manière du Dr. Wollaston, avec le cuivre autour du zinc. Avec l'appareil large, M. Moll remarqua que le pouvoir magnétique était très grand, lorsque le fil de connexion était d'épaisseur considérable (2/10 d'un pouce); mais lorsqu'un fil de platine bien plus petit était utilisé (1/100 d'un pouce), le pouvoir diminuait considérablement. Avec un cylindre de cuivre, par contre, d'environ un pouce de diamètre, le pouvoir était diminué. Aucune action chimique ne pouvait être obtenue par cet appareil en faisant la connexion avec des solutions salines, ou de la teinture d'argile, bien que les effets magnétiques restent très puissants. En comparant cet appareil avec celui fait de petites plaques et cellules, 36 paires de ces dernières furent arrangées; de sorte qu'une surface égale de zinc soit utilisée dans les deux instruments. Celles-ci étant mises en action à l'aide du même acide, et les fils de connexion étant similaires, l'appareil formé de deux plaques déviait l'aiguille de 60° à 70° du méridien magnétique, alors que la batterie faite de petites plaques ne la dévia que de 12°. Le pouvoir de décomposition de la batterie faite de petite plaque était [289] très considérable, et M. Moll en tire la conclusion, que l'appareil avec des cellules produit d'intenses effets chimiques alors que son action magnétique est très minime; alors que les plaques seules n'ont presque aucun effet chimique, bien que leur pouvoir magnétique soit très grand.

M. Moll remarque aussi que les états positif et négatif de son appareil formé d'un couple de plaques sont opposés à ceux de la batterie de plusieurs plaques, pour autant que le pôle

---

55 Illustration 1.

56 Illustration 1.

du zinc est négatif, et le pôle de cuivre positif. Il trouva les positions de l'aiguille magnétique proche de son fil, inverse à celles de l'aiguille proche du fil d'une batterie de nombreuses plaques ; car lorsque le fil s'étendait du pôle de zinc, le nord, au pôle de cuivre, le sud, une aiguille placée en dessous tournait en direction de l'ouest au lieu de l'est, et au-dessus dans la direction contraire. La cause de cette différence sera facilement vue, si l'on se souvient que M. Moll utilisait le fil qui connectait les plaques de zinc et de cuivre de la même paire, et non de différentes paires ; de sorte que, en fait, ses fils de connexion étaient dans la direction inverse de ceux utilisés pour connecter les pôles d'une batterie de quatre paires ou plus. Ainsi la déduction, que les plaques de la batterie faite d'une seule paire sont dans un état opposé à celles de la batterie de plusieurs plaques, est probablement prématurée.

En s'efforçant d'augmenter la taille des plaques, tout en préservant l'instrument sous sa forme portable, les plaques furent, à la demande du Lieut.-Col. Offerhaus, courbées l'une dans l'autre en une forme spirale. Cet arrangement a été adopté quelques fois depuis par le Dr. Hare, de Philadelphie. Les effets obtenus grâce à lui étaient très puissants, et similaires à ceux décrits plus haut.

Bien qu'étant en possession d'appareils aussi puissants, M. Moll ne put réussir à magnétiser une aiguille, sinon en disposant le fil de connexion en hélice autour d'elle ; il conclut de cette expérience, que l'existence d'une telle spirale est absolument nécessaire pour produire du magnétisme. Il ne peut, cependant, y avoir aucun doute, en particulier grâce aux expériences de sir H. Davy, qu'une telle expérience n'est pas nécessaire, puisqu'une décharge rectiligne et transverse à une aiguille la magnétise, même à plusieurs pouces de distance. M. Moll ne reconnaît pas non plus la magnétisation des aiguilles à l'extérieur des spirales.

Certaines expériences réalisées par M. Pictet, le 7 avril, à Florence, confirmèrent les résultats obtenus par M. Oersted.

Le condenseur galvano-magnétique de M. Poggendorf est simplement une hélice placée perpendiculairement, dont les extrémités du fil qui la compose sont attachées à des plaques de zinc et de cuivre, qui sont placées dans de l'acide dilué. Lorsqu'une aiguille non magnétisée est menée sur un pivot à l'intérieur de l'hélice de façon à être perpendiculaire à son axe, il est dit qu'elle devient rapidement magnétique et qu'elle pointe le nord et le sud, quelle que soit la nature de l'hélice, ou quelle que soit sa connexion avec les plaques. Il doit être observé que dans ce cas l'aiguille n'est pas, comme dans toutes les expériences précédentes, à l'intérieur de, ou parallèle [290] à l'axe de l'hélice, mais lui est perpendiculaire. Il est probable qu'elle devient magnétique par quelque action indirecte de l'appareil.

Finalement, un texte fut lu en juillet à la Royal society par sir H. Davy sur les phénomènes magnétiques produits par l'électricité, et leur relation à la chaleur produit par le même agent ; mais il n'a pas encore été publié, et aucun compte-rendu n'en a été donné au monde, de sorte que je ne suis pas capable d'établir les faits qu'il peut contenir.

Voici, monsieur, un compte-rendu imparfait des expériences faites sur ce sujet depuis la découverte d'Oersted, auxquelles j'ai été en mesure d'avoir accès. Compte tenu de ce qui a été fait avant cette époque, et malgré que de nombreux philosophes se soient investis sur la relation de l'électricité au magnétisme, et ont cherché à la théoriser, il reste que l'on ne peut

trouver beaucoup plus que des opinions dans leurs écrits<sup>57</sup>. Je ne peux, je pense, faire mieux que copier la note qui ouvre le premier article de sir H. Davy, pour montrer la petitesse de ce qui avait été fait à ce moment, et avec cela je devrais finir cette esquisse historique des faits ; je m'efforcerais alors, dans le reste de cette lettre, de donner un compte rendu plutôt familier des différentes théories de l'électromagnétisme qui existent actuellement.

« M. Ritter établit, qu'une aiguille composée d'argent et de zinc s'orientait d'elle-même sur le méridien magnétique, et était légèrement attirée et repoussée par les pôles d'un aimant, et qu'un fil métallique, après avoir été exposé à un circuit voltaïque, prit une direction nord-est et sud-ouest. Ses idées sont si obscures qu'il est parfois difficile de les comprendre ; mais il semble avoir eu quelque notions du fait que les combinaisons électriques, lorsqu'elles ne manifestent pas leur tension électriques, étaient dans un état magnétique, et qu'il y avait un genre de méridien électro-magnétique dépendant de l'électricité de la terre. - (Annales de chimie, tome LXIV. p.80.) Depuis que cette lettre fut écrite, le Dr. Marcet a été assez bon pour m'envoyer de Genève quelques pages d'Aldini sur le Galvanisme, et du Manuel de Galvanisme d'Izarn, publié à Paris quelques 16 ans auparavant. M. Mojoun sénateur de Genève, est cité dans ces pages comme ayant rendu une aiguille d'acier magnétique en la plaçant dans un circuit voltaïque durant un grand intervalle de temps. Cela, cependant, semble avoir été exclusivement dépendant de sa position sur le méridien magnétique, ou de la courbure accidentelle de ce méridien ; mais M. Romagnesia, de Trent, établit avoir découvert que la pile de Volta causait une inclination de l'aiguille : les détails ne sont pas donnés ; mais si le jugement général est correct, l'auteur ne pourrait pas avoir observé les mêmes faits que M. Oersted, mais aurait seulement supposé, que l'aiguille avait ses pôles magnétiques altérés après avoir été placées dans le circuit voltaïque comme des parties de la combinaison électrique. »

Février 1822 :

(A l'éditeur des *Annales de philosophie*.)

[107] Mon cher monsieur,

Je regrette que certaines circonstances soient advenues qui m'aient empêché de compléter l'esquisse historique de l'électro-magnétisme, dont vous avez déjà reçu une partie. Beaucoup a été fait dans cette branche de la science depuis avril dernier, date à laquelle s'arrête mon bref compte-rendu, mais je ne suis pas suffisamment disponible pour en donner une synthèse authentique. Faites selon vos souhaits pour les éléments théoriques que j'ai rassemblé, que je joins ici, laissant à votre discrétion l'usage que vous jugerez adapté.

Très sincèrement votre.

---

M'étant efforcé, dans les pages précédentes, de rendre compte des résultats expérimentaux qui ont été obtenus par les ouvriers de cette nouvelle branche de la science, j'établirais maintenant, d'une manière aussi brève que possible, les vues théoriques que différents philosophes ont adoptées à leur sujet pour autant que je peux les comprendre. Le premier essai d'explication théorique des phénomènes, qui mérite attention, est celui de M.

---

<sup>57</sup> Faraday explicite ici son insatisfaction à l'égard des propositions théoriques de ses contemporains, compte tenu des inconsistances de certaines de ces théories, et de l'insuffisance de celles qui sont les plus solides. Il explicite un moment de crise épistémologique en conclusion de ce second article.

Oersted. Il est impossible de douter ne serait-ce qu'un moment pour quiconque a lu les publications de ce philosophe à la fois concernant la découverte et celles qui lui sont antérieures, que c'est sa théorie qui a conduit aux expériences, plutôt que les expériences à sa théorie. Évidemment, le hasard semble n'avoir eu aucun effet sur la découverte, si ce n'est de la retarder, car les pensées étaient formées, et les expériences conçues, un certain temps avant qu'elles soient réalisées. Nonobstant cela, j'ai peu de choses à dire sur la théorie de M. Oersted car je dois confesser que je ne la comprends pas. Avant l'année 1807, un travail de M. Oersted fut publié, intitulé, « Enquête sur l'identité des forces électrique et chimique », et ses huit chapitres sont consacrés à l'identité des pouvoirs électriques et magnétiques. Dans ce travail, M. Oersted proposait de tester si l'électricité la plus latente, avait une action quelconque sur les aimants, et il semble avoir conçu les deux pouvoirs comme identiques.

Lorsque, plus tard, l'expérience a été réalisée avec succès, M. Oersted pu donner une forme plus définie de sa théorie, et son premier article<sup>58</sup> conclut avec une hypothèse qui, pense-t-il, expliquera aisément tout le phénomène. Lorsqu'un fil connecte les deux pôles de la batterie de sorte qu'il décharge [108] l'électricité de ces pôles, un effet est attendu dans le fil, dépendant de l'union de ces électricités, nommé le conflit électrique<sup>59</sup> ; et c'est cet effet, ou action, ou état des électricités qui est considéré comme capable d'affecter l'aiguille magnétique, et de changer sa direction.

Le conflit électrique agit seulement sur les particules magnétiques de matière. Tous les corps non magnétiques paraissent pénétrables par le conflit électrique, alors que les corps magnétiques, par conséquent, sont mus par la force des pouvoirs en concurrence. Ce conflit électrique n'est pas confiné dans le conducteur, mais est considérablement étendu à travers l'espace environnant, ce sans quoi il ne pourrait pas agir à distance sur l'aiguille. Il réalise aussi des cercles, car, sans cette condition, dit M. Oersted, il semble impossible qu'une partie quelconque du fil de connexion oriente le pôle magnétique vers l'est, lorsqu'elle est placée en dessous, et vers l'est lorsqu'elle est placée au-dessus ; mais il est de la nature du cercle que les mouvements dans les parties opposées aient des directions opposées.

M. Oersted ajoute alors, que tous les effets sur le pôle nord mentionnés dans ses expériences, peuvent être facilement compris en supposant que l'électricité négative se déplace sur une ligne spirale, courbée vers la droite, propulsant le pôle nord, mais n'agissant pas sur le pôle sud. Les effets du pôle sud sont expliqués d'une manière similaire, si l'on attribue à l'électricité un mouvement contraire, et le pouvoir d'agir sur le pôle sud, mais non d'agir sur le pôle nord.

La théorie de M. Oersted, par conséquent, semble requérir qu'il y a deux fluides électriques ; qu'ils ne peuvent être à la fois combinés ou séparés, mais que l'acte de les combiner produise un conflit électrique ; qu'ils se déplacent néanmoins séparément l'un de l'autre, et dans des directions spirales opposées, à travers et autour du fil ; et qu'ils ont des pouvoirs magnétiques entièrement distincts et différents ; l'une des électricité (négative)

---

58 Oersted, « Expérience sur l'effet du courant d'électricité sur une aiguille magnétisée », *Annals of philosophy*, 1820, tome XVI.

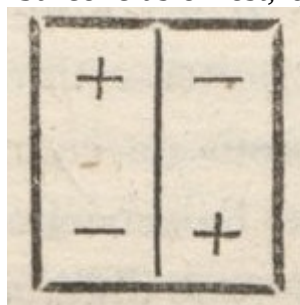
59 La théorie d'Oersted suppose l'existence de deux fluides distincts qui entrent en conflit lorsqu'ils forment un circuit. Il suit en ce sens la position initiée par Symmer et Bergman, puis par Coulomb. (cf. « Expériences sur l'effet du conflit électrique sur l'aiguille aimantée », *Bibliothèque universelle des Sciences, Belles-lettres et arts*, 1821, tome 14). Il y a donc trois entités fondamentales en jeu dans la théorie d'Oersted : le fluide positif, le fluide négatif et le magnétisme.

propulsant le pôle nord d'un aimant, mais n'ayant aucune action sur le pôle sud ; l'autre électricité (positive) propulsant le pôle sud, mais n'ayant pas d'effet sur le pôle nord.

J'ai dit plutôt, que je ne suis pas capable de comprendre la totalité de la proposition du Professeur, et, peut-être, en conséquence, que je ne devrais en envoyer aucun compte-rendu. On devrait cependant espérer, que ce philosophe très célèbre développera sous peu ces principes plus largement, qui l'ont déjà conduit aux résultats qu'il a publié ; et il n'y a aucun doute qu'en les poursuivant il arrivera à d'autres résultats aussi nouveaux pour le monde qu'importants pour la science, et aussi honorables pour lui, que ceux qu'il a déjà fait connaître.

---

Les expériences faites par M. Berzelius ont été mentionnées dans une partie antérieure de cette lettre. Elles sont contenues dans une lettre [109] à M. Berthollet publiée dans les *Annales de Chimie*, XVI, p. 11, et sont accompagnées de certaines notions théoriques très différentes de celles de M. Oersted. Au lieu d'utiliser un fil circulaire pour connecter les deux pôles de la batterie, M. Berzelius employait des bandes d'étain, et des parallélépipèdes, et conclut qu'ils présentent le phénomène magnétique sous de meilleures circonstances pour l'observation que le fil circulaire. Sa conclusion est, que l'état magnétique interne d'une



section transverse du fil peut être représentée par deux aimants placés, avec leurs pôles opposés joints, comme dans la figure ; de sorte que si le fil utilisé est carré, il formera alors un parallélépipède métallique à travers lequel les courants électriques se déplaceront, chacun de ses angles étant un pôle magnétique, égal en extension à la longueur du parallélépipède, à travers lequel le courant passe : les angles opposés étant des pôles magnétiques du même genre ; alors que ceux qui terminent une même face auront différents pôles. Ainsi, en passant une aiguille autour du fil, quatre pôles devront être trouvés, un nord, un sud, un nord et un sud<sup>60</sup>.

M. Berzelius remarque aussi, qu'il apparaît que chaque électricité (car il en suppose deux) est représentée dans le fil par son propre aimant, et que chacune a son pôle magnétique analogue tourné dans le même sens, étant donné sa direction. Il est évident, dit-il, que les phénomènes magnétiques ordinaires diffèrent de ceux de courant en cela que les derniers consistent en une polarité double et inverse, alors que dans les aimants communs il n'y a qu'une polarité simple, et bien que la double polarité magnétique peut facilement être imitée artificiellement, il n'y a pas de moyens connus d'imiter la polarité magnétique simple par l'électricité.

---

60 Berzelius, « Lettre à M. Berthollet sur l'État magnétique des corps qui transmettent un courant électrique », *Annales de Chimie et de physique*, 1821, tome 16, page 113. La position de Berzelius dans le débat sur la nature de l'électricité est qu'il émerge du magnétisme, d'où l'enjeu de montrer que les phénomènes électriques peuvent être compris à partir de figures polarisées.

M. Berzelius pense que cet exposé explique tous les phénomènes qui ont jusqu'ici été observés, et expliquera tous ceux qui le seront ; car, dit-il, il est suffisant pour prédire tous ceux dont le corps conducteur dans cet état est capable. Il considère que M. Ampère se trompe dans ses conjectures et l'hypothèse de M. Oersted, bien qu'ingénieuse, est néanmoins très improbable. Il est, cependant, probable que M. Berzelius ait lui-même été trop hâtif dans ses conclusions. L'état du fil, indiqué dans la section ci-dessus, est entièrement incompatible avec les expériences de M. Oersted et d'autres, comme cela peut facilement être constaté par les figures 2, 6, 7, 8, 9, 11 de la planche IX des *Annals, New series*<sup>61</sup>, et avec les phénomènes qu'elles servent à illustrer. En effet, il suffit de faire l'expérience avec l'objectif d'attester les quatre pôles supposés aux angles d'un fil carré, pour trouver immédiatement qu'au lieu qu'un angle particulier manifeste une polarité constante, il manifesterait le phénomène d'un pôle nord ou d'un pôle sud selon que l'aiguille approche d'un côté ou de l'autre dans sa direction<sup>62</sup>. On ne peut, cependant, avoir que peu de doutes sur le fait que M. Berzelius corrigera ses [110] opinions, et contribuera à l'avancement de cette branche de la science, par quelque chose digne de son grand nom.

Parmi les noms de ceux que j'ai eu l'occasion d'identifier à différentes occasions comme occupés à s'efforcer de rendre compte des principes des phénomènes électro-magnétiques pour en former une théorie correcte, ou du moins pour établir les lois qui les gouvernent de façon à expliquer les phénomènes, se trouve celui du Dr. Wollaston.

Dr. Wollaston n'a pas lui-même, pour ce que je sais, publié quoi que ce soit d'autre qu'une note, parue dans le *Quarterly journal of science*, X. 363, à laquelle est attachée son nom, et qui doit être reçue, par conséquent, comme exprimant son opinion<sup>63</sup>. La grande valeur de l'opinion de ce philosophe est bien connue, et je devrais omettre une partie très importante de cette esquisse, si je ne recopiais pas le peu qui vient avec toute son autorité.

« Les phénomènes exposés par le fil électro-magnétique ou connecteur peuvent être expliqués en faisant la supposition d'un courant électro-magnétique passant autour de l'axe du fil de connexion, sa direction dépendant de celle du courant électrique, ou des pôles de la batterie avec lesquelles il est connecté.

Dr. Wollaston.



61 Cf. Illustration 1. Les figures que choisit Faraday sont toutes des figures de fil circulaire. La polarisation de l'électricité dans ces fils ne peut pas correspondre au modèle de Berzelius car la déviation de l'aiguille est constante et directionnelle autour des fils circulaires (ce qui ne pourrait pas être le cas si les fils étaient constitués de doubles aimants inversés).

62 C'est l'exposé d'une erreur de manipulation qui sert ici à Faraday pour réfuter la conception de Berzelius. L'argument est que cette erreur est un cas de surdétermination des faits par la théorie : une manipulation particulière dépendant d'un conducteur plat ou parallélépipédique, menée de façon sélective (le galvanomètre est toujours présenté par Berzelius dans le même sens vers le conducteur) conduit Berzelius à omettre certains faits.

63 La note en question est la partie d'une synthèse des apports scientifiques sur l'électromagnétisme concernant l'explication des phénomènes électromagnétiques. « On the connexion of Electric and Magnetic phaenomena » *Quarterly journal of science, literature and the arts*, volume X, 1821, article XIV, pages 363-364.



« Dans les figures ci-dessus, un tel courant est représenté en deux sections à angles droits relativement à l'axe du fil, lorsqu'ils sont électrisés de la même manière, et elles rendent apparent que les pouvoirs nord et sud s'attireront mutuellement.

« Dans les figures suivantes, les sections du fil sont présentées comme différemment électrisées, et de ce fait, les pouvoirs magnétiques similaires se rencontrent, ce qui occasionne une répulsion. »



M. Schweiger, de Halle, a aussi proposé une théorie des nouveaux phénomènes qu'il pense plus explicative que celle de M. Oersted. Il s'oppose à cette dernière, en effet, parce qu'elle ne rend pas compte de nombreux effets, et parce qu'elle est incohérente avec d'autres. Le seul compte-rendu que j'ai trouvé de la théorie de M. Schweiger est dans le numéro de mars 1821 de la *Bibliothèque universelle*, p. 199<sup>64</sup>, où il est affirmé que pour expliquer le phénomène, il suppose l'existence de deux axes magnétiques dans chaque section transverse du fil de connexion, les axes étant perpendiculaires à la direction du courant, et celui [111] au-dessus étant dans une direction, celui en dessous est dans une direction opposée. Cette opposition de la direction du courant magnétique de chacun de ces axes est nécessaire, à cause de la façon absolument inversée par laquelle les phénomènes sont présents lorsque l'aiguille est au-dessus et en dessous du fil.

Il est difficile de comprendre comment cette théorie pourra expliquer les phénomènes décrits par Oersted, mais il ne serait pas juste ici de donner une opinion de ses mérites, puisque le compte-rendu n'est pas tiré de la publication originale, mais d'un résumé rédigé dans une autre langue.

Le marquis Ridolfi semble avoir formé l'idée que l'électricité pourrait être un composé de magnétisme et de chaleur, et de nombreuses expériences sont décrites dans la *Bibliothèque universelle* de février 1821, p. 114 etc.<sup>65</sup>, faites dans l'ambition de séparer l'électricité en ces éléments, ou de la composer à partir d'eux. Aucune preuve expérimentale de cette opinion ne fut obtenue.

De toutes les vues théoriques qui ont été données des phénomènes électro-magnétiques, celles de M. Ampère sont les plus extensives et précises, et ont été mises à l'épreuve des faits et du calcul bien au-delà des autres. En effet, parmi celles qui ont été données au public, si aucune mérite d'être nommée *Une Théorie*, c'est celle-ci. Si je m'étais fixé de vous transmettre plus qu'une esquisse de l'électro-magnétisme, j'aurais craints de toucher à cette théorie, mais étant ce qu'il en est, j'ai confiance dans le fait que M. Ampère excusera

64 « Sur l'électro-magnétisme, par M. Schweiger à Halle », *Bibliothèque universelle des Sciences, Belles-lettres et Arts*, 1821, volume 16, page 197.

65 « Expériences électro-magnétiques faites à Florence avec le Prof. Gazzeri, le Marquis Ridolfi, et le Chev. Antinori, du 66 au 18 janvier inclusivement, en présence de quelques amateurs de sciences physiques. » *Bibliothèque universelle des Sciences, Belles-lettres et Arts*, 1821, volume 16, page 101.

les imperfections qu'il pourra trouver dans le compte-rendu qui suit, sinon pour d'autres raisons, du moins pour l'humble prétention de cet article.

M. Ampère commence par admettre l'existence de deux fluides électriques, en suivant la théorie généralement admise, je crois, en France. Il semble n'y avoir aucun doute sur ce qu'il veut dire à ce sujet, car bien qu'il utilise le terme *électricité* très fréquemment, et d'une manière qui peut être comprise, peut-être, comme s'appliquant soit à un état particulier d'un corps, ou à un fluide particulier existant parmi ses particules, néanmoins, par l'usage du terme *fluides électriques* en un lieu, et par la mention de *courants électriques* comme *courants de matière*, il est presque certain que M. Ampère veut parler de l'électricité comme constituée de deux fluides distincts, qui, bien que l'un soit appelé *électricité positive* et l'autre *negative*, doivent être considérés comme également positifs quant à leur existence, et possédant des pouvoirs égaux<sup>66</sup>.

La batterie voltaïque est considérée comme un instrument ayant le pouvoir de transporter l'une de ces *électricités* à une extrémité, et l'autre à la seconde. Celle qui va en direction du zinc de la batterie est nommée *électricité positive* ; celle qui va en direction du cuivre, *negative* : ces noms étant appris, ils doivent être compris principalement en référence à la coutume, et non parce qu'ils ont une référence quelconque aux qualités particulières de l'un ou l'autre de ces fluides.

Lorsqu'un fil métallique est mis en contact avec les deux pôles de la [112] batterie voltaïque, étant conducteur d'électricité, il transporte les deux fluides ; mais la batterie ayant en elle le pouvoir de transporter continuellement de nouvelles portions du fluide aux deux extrémités les premières portions qui sont emportées par le fil sont renouvelées par d'autres, et ainsi des courants sont produits, qui sont constants aussi longtemps que la batterie reste en action, et que la connexion des pôles par le fil est maintenue. Comme c'est dans cet état que le fil est capable d'affecter l'aiguille magnétique, il est très important pour la compréhension exacte de la théorie qu'une idée claire et précise de cet état, ou de ce qui est tenu comme étant cet état, soit atteinte, car c'est en fait sur lui que toute la théorie fut formée. Des portions de matière dans le même état que ce fil, peuvent être dites constituer le matériau duquel M. Ampère forme, théoriquement, non seulement les barres aimantées, mais aussi le grand aimant qu'est la terre ; et nous pouvons, par conséquent, nous attendre à ce qu'une description vraiment claire nous en soit offerte d'abord. Ce n'est, cependant, pas le cas, et doit être, je pense, regretté, puisque cela rend le reste de la théorie considérablement obscur, car alors certainement les faits hautement intéressants découverts par M. Ampère auraient pu être décrits, et les lois et arrangements des conducteurs autant que des aimants établis avec une force égale sans aucune référence à l'état interne du fil, mais seulement aux pouvoirs dont l'expérience prouve qu'il est doté, mais comme M. Ampère a choisi de toujours faire référence aux courants dans le fil, et fonde en fait sa théorie sur leur existence, il devint nécessaire qu'*un courant* devait être décrit<sup>67</sup>.

---

66 Cette remarque terminologique servant d'argument pour clarifier l'ontologie d'Ampère est conduite en la distinguant de la théorie du fluide unique, considéré comme surabondant (positif) ou manquant (négatif) dans les parties d'un corps, provoquant ainsi l'effet de circulation du courant voltaïque.

67 Faraday interroge ici la considération du courant comme fait scientifique. Le courant électrique est un fait, si l'on entend par là l'existence d'une affection du fil produisant des effets. Mais la conception du courant comme réalité propre a des conséquences notables (s'il y a effectivement un courant électrique, alors il doit avoir une vitesse mesurable, parcourir le conducteur dans une direction, et être mis en mouvement par une force), qui ne sont pas soumises à l'expérience, ce qui fait de l'idée de courant proposée par Ampère une fiction théorique, une supposition utile, sur laquelle repose la théorie. Le risque est donc de rendre nécessaire la description d'un fait qui est en réalité

A la p. 63, vol XV. des *Annales de Chimie*, M. Ampère, discutant de la batterie et des fils de connexion, écrit qu'il est généralement accordé que la batterie continue à véhiculer les deux électricités dans les deux directions qu'elle avait au moment où la connexion a d'abord été établie : « en sorte qu'il résulte un double courant, l'un d'électricité positive, l'autre d'électricité négative, partant en sens opposés des points où l'action électromotrice a lieu, et allant se réunir dans la partie du circuit opposée à ces points. »<sup>68</sup> Cette réunion devrait, bien sûr, avoir lieu dans le fil, et on pourrait se demander si les effets magnétiques en dépendent, comme M. Oersted, qui l'appelle le conflit électrique, semble le penser, et ce qu'il advient des électricités qui s'accumulent dans le fil. Mais d'autre part du mémoire de M. Ampère, une idée bien différente des courants électriques peut être acquise ; l'une des électricités est considérée comme circulant continuellement dans une direction ; pendant que l'autre électricité circule et se déplace en un courant dans la direction opposée, de sorte que les deux électricités se croisent l'une et l'autre dans le même fil et le même appareil<sup>69</sup>.

Cependant, sans s'attarder sur l'état du fil dans cette condition, M. Ampère est satisfait, en vue d'éviter la confusion, lorsqu'il parle de la direction des courants électriques, d'attirer l'attention sur les deux, et de parler comme s'ils [113] n'étaient qu'un qui sera nommé le courant électrique, sans plus de référence au positif et au négatif, et qui est considéré comme se déplaçant dans la batterie du cuivre vers le zinc, et dans le fil du zinc au cuivre. Il est évident qu'ainsi modifiée, l'existence du courant, et sa direction, sont admises seulement pour l'avantage d'avoir quelque chose à quoi la direction des mouvements électromagnétiques puissent facilement être référée ; et, par conséquent, lorsque l'on en parle ainsi, aucune référence n'est faite à la manière par laquelle le double courant existe dans le fil, ou aux causes qui lui font produire le magnétisme.

Dans l'esquisse historique des faits tels qu'ils ont été découverts que je vous ai déjà donné, j'ai mentionné que M. Oersted a d'abord attesté l'action mutuelle du fil et de l'aiguille magnétique. Il montrait que l'appareil n'agissait sur l'aiguille que lorsque la connexion était complétée, en conséquence, l'électricité doit être en mouvement continu, ou former un courant, comme le stipule M. Ampère, avant qu'il ne devienne magnétique. M. Ampère, ainsi, découvrit le fait que deux courants électriques (j'utilise le mot au sens qu'il lui donne) étaient capables d'agir l'un sur l'autre, et de produire un phénomène électrique entièrement nouveau. Cette découverte était mentionnée dans la partie précédente de cette lettre<sup>70</sup>, et il est mentionné que lorsque les courants étaient dans la même direction, ils s'attiraient ; dans des directions différentes, ils se repoussaient l'un l'autre. Ces attractions et répulsions diffèrent entièrement de celles manifestées par l'électricité dans l'état de tension, comme cela peut être vu en revenant au compte-rendu qui en a été donné<sup>71</sup>. M. Ampère les

---

une hypothèse.

68 Ampère, « Mémoire sur l'action mutuelle entre deux courants électriques, entre un courant électrique et un aimant ou le globe terrestre, et entre deux aimants », *Annales de chimie et de physique*, tome 15, 1820, page 64.

69 Faraday montre ici une difficulté de compréhension qu'il rencontre à la lecture du mémoire d'Ampère. Ce dernier reconnaît l'existence de deux fluides, l'un positif, et l'autre négatif. Mais cette distinction s'estompe dans le mémoire d'Ampère (à partir de la page 7), alors qu'elle est centrale pour expliciter à la fois la nature de l'électricité, et les postulats théoriques d'Ampère. Faraday cherche alors dans l'idée de conflit électrique, proposée par Oersted une hypothèse d'interprétation de la position d'Ampère, mais constate qu'elle n'est pas cohérente avec les propos d'Ampère. En somme, le problème que trouve Faraday est que le mémoire d'Ampère ne répond pas au problème de la nature de l'électricité.

70 Cf. Paragraphes 1-5 de la seconde partie de la présente *Esquisse historique*.

71 Faraday reprend le terme d'électricité de tension qu'Ampère distingue de l'électricité de courant, qui recoupe la distinction entre électricité statique et électricité de courant.

considère néanmoins comme appartenant à l'électricité, mais seulement lorsqu'elle se meut en courants. Ils sont, pense-t-il, dépendant de certaines propriétés que ces courants possèdent, et ne sont pas produites par l'action d'un fluide, qu'il soit magnétique ou autre, que l'électricité aurait libéré. L'électricité, lorsqu'elle est accumulée, a le pouvoir de causer certaines attractions et répulsions qui sont nommées électriques ; quand à l'électricité de courant, elle a le pouvoir de causer certaines autres attractions et répulsions ; c'est-à-dire celles en question.

Ayant ainsi assuré ces nouvelles propriétés des courants électriques, M. Ampère, dans le cours de ses raisonnements, revint à l'expérience d'Oersted, et en ôtant un des courants, lui substitue un aimant. Les résultats furent les mêmes qu'auparavant ; les attractions et répulsions étaient du même type, et se réalisaient de la même façon ; de sorte que les effets connus pour être électriques avec les deux fils, étaient produits, lorsque l'on utilise un aimant à la place de l'un d'entre eux ; c'est la seule distribution des pouvoirs dans l'aimant qui semblait différer de celle dans le fil ou courant ; car ce pouvoir qui est manifesté par un coté du fil est concentré à une extrémité de l'aimant, et [114] le pouvoir manifesté par l'autre coté du fil, à l'autre extrémité.

En retirant le fil restant, pour lui substituer un second aimant, les deux agissent de la manière habituelle ; mais l'action est trouvée analogue à celle de deux courants électriques. Ainsi, M. Ampère est forcé par l'expérience et la conception qu'il en a adopté, de conclure, que toutes les attractions, qu'elles soient excitées par deux fils, un fil et un aimant, ou deux aimants, sont purement électriques, et *in fine*, que tous les phénomènes électriques sont occasionnés par des courants électriques<sup>72</sup>.

Pris de ce point de vue, l'électricité et le magnétisme sont identiques, ou plutôt, les phénomènes magnétiques sont une série de phénomènes électriques. Par suite, le magnétisme devrait former une branche de l'électricité sous le chef des courants électriques ; mais avant de disposer d'elle dans cette forme prématurée, bien que pratique, nous devons nous efforcer d'établir quels sont les arrangements de courants électriques que M. Ampère a trouvé nécessaire d'admettre en vue de rendre compte des différents phénomènes de magnétisme connus.

L'arrangement de pouvoirs magnétiques dans un fil conducteur est si différent de celui présent dans un aimant, qu'il n'est pas d'abord évident de comprendre comment l'un peut être considéré comme convertible en l'autre. Les courants d'électricité, d'après la théorie, étaient essentiellement nécessaires à la production des phénomènes magnétiques. Mais où sont les courants dans un aimant commun ? C'était une pensée audacieuse d'affirmer qu'ils existent effectivement en lui, mais M. Ampère a risqué l'idée, et les a ainsi arrangé, théoriquement, de façon à rendre compte d'un très grand nombre de phénomènes magnétiques.

Un aimant, dit M. Ampère, est un assemblage d'autant de courants électriques se déplaçant sur un plan perpendiculaire à l'axe, qu'il faut concevoir de lignes qui forment des courbes closes sans se couper entre elles ; car, dit-il, il lui semble impossible, partant de la simple considération des faits, de douter qu'il y a réellement de tels courants autour des axes

---

<sup>72</sup> Faraday identifie ainsi le postulat d'Ampère comme déterminant toute sa conception des phénomènes électromagnétiques. C'est le postulat de l'électricité comme courant (fait de deux fluides en conflit, ou de leur réunion ans la circulation) capables d'agir à distance (selon une loi en carré inverse), qui implique la réduction de l'électromagnétisme à une *électrodynamique*.

des aimants ; et la magnétisation consiste, dit-il, en une opération par laquelle les particules d'acier reçoivent la propriété de produire dans la direction du courant dont nous avons parlé, la même action électromotrice qui est trouvée dans la pile voltaïque, la calamine électrique des minéralogistes, la tourmaline chauffée, et même la pile formée de papier humidifié et de disques des mêmes métaux à différentes températures.

Concernant l'extension des courbes à travers lesquelles ces courants circulent, la théorie ne tranche pas la question de savoir s'ils proviennent de l'aimant comme un tout, ou des particules qui le composent. Si une section d'aimant perpendiculaire à son axe est conçue, les courants situés en lui peuvent soit être concentriques, auquel cas ils varieront graduellement en extension, ou ils peuvent exister autour de chaque particule, auquel cas ils sont de taille uniforme, mais très subtils. Le calcul montre que chacun de ces arrangements [115] rendraient compte des phénomènes. M. Ampère est, je crois, enclin à adopter la seconde hypothèse<sup>73</sup>.

Concevant un aimant devant être ainsi formé à partir de courants électriques, et retournant aux résultats expérimentaux obtenus par l'action d'un fil et d'un aimant l'un sur l'autre, si une extrémité de l'aimant est présentée à un côté du fil, il l'attirera ; à l'autre côté du fil, il le repoussera. D'après la théorie, la raison en est évidente : les courants passent en différentes directions des deux côtés de l'aimant vers le haut d'un côté, vers le bas de l'autre. Lorsque l'extrémité présentée au fil est celle dans laquelle le courant se déplace dans la même direction que dans le fil, une attraction a lieu ; lorsque c'est le côté opposé qui est présenté au fil, une répulsion a lieu, parce que les courants sont dans des directions opposées. Si l'aimant était retourné sur son axe, et l'autre pôle présenté au fil, les directions des courants dans l'aimant seraient retournés aussi, et des mouvements opposés à ceux qui avaient auparavant lieu adviendront alors, parce que les positions des courants similaires et dissimilaires ont été changées<sup>74</sup>.

En conséquence de l'idée qui a été formée d'un aimant comme assemblage de courants électriques en plans perpendiculaires à l'axe magnétique, M. Ampère s'est efforcé d'en obtenir une imitation en formant une spirale ou hélice de fil, et en la faisant traverser par un courant<sup>75</sup>. Comme l'électricité traversait les spirales, il aurait une ressemblance proche avec les différents courants dans l'aimant ; et l'effet de l'obliquité des spirales était contrecarré en

---

73 Ampère, « Lettre de M. Ampère à M. Erman », *Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts*, tome 92, janvier 1821. La raison qu'a Faraday de croire que c'est l'option de l'électricité élémentaire (et non de l'option holiste) qu'adopte Ampère, c'est d'une part qu'Ampère a d'abord mentionné deux courants électriques, de sorte qu'il doit y avoir dans les parties déjà du courant, et d'autre part que le dispositif en hélice, décrit au paragraphe suivant, permet de montrer que l'on peut composer l'électricité par accumulation de fils juxtaposés, analogues à des parties de matières juxtaposées. Voir aussi la page 27 du *Mémoire* d'Ampère.

74 Faraday, dans ce passage, commente de près la « Lettre de M. Ampère à M. Erman ». Il propose dans ce paragraphe une incise qui offre un dispositif expérimental permettant de tester les hypothèses d'Ampère. Si 1) l'électricité est un fluide qui a un sens de circulation et 2) un aimant est un complexe de courant électrique, alors 3) un aimant ne doit pas seulement avoir une polarité, mais son courant doit avoir un sens de circulation. Or ce n'est pas ce qui est observé (renverser un aimant dans son axe de polarité ne change pas ses effets attractifs et répulsifs).

75 L'objectif d'Ampère dans ce contexte est donc théorique : imiter un aimant à partir d'un fil en donnant au fil la forme que doit parcourir le courant électrique dans un aimant pour imiter ses effets. On a ici un exemple manifeste de dissociation des faits et de la théorie par Faraday, car il se servira largement du dispositif de l'hélice dans ses *Experimental researches in electricity*, mais comme amplificateur du pouvoir électrique, et non pas comme imitation du magnétisme. Il montrera notamment, comment on peut induire un courant électrique à partir du seul magnétisme, à l'aide de dispositifs en hélices (*First series* des *Experimental researches*).

retournant le fil de l'extrémité en redescendant le long de l'axe de l'hélice. Cet instrument a été décrit plus tôt, et la similarité des effets qu'ils produit à ceux d'un aimant, établie<sup>76</sup>.

Si je devais m'étendre plus loin sur cette partie de la théorie de M. Ampère, cela me conduirait bien au-delà de mon intention originale, ce dont le présent contexte n'est pas l'occasion ; car je suis certain que tous ceux qui sont soucieux de comprendre ou de poursuivre ce sujet, trouveront nécessaire de lire les publications de M. Ampère ; et pour ceux qu'une esquisse satisfera, j'en ai déjà dit assez. Passons, par conséquent, à l'opinion de ce philosophe sur le magnétisme terrestre.

Naturellement conduit par les conceptions qu'il a élaborées à substituer le magnétisme terrestre à l'aimant qu'il avait déjà utilisé dans ses expériences sur le fil, M. Ampère fut conduit à suspendre un cercle très délicatement, dans l'espoir que le magnétisme terrestre produise sa déviation ; car, d'après sa théorie, les fils et les aimants se déplaçant mutuellement non par quelque pôle ou point supposé d'attraction et de répulsion, mais par l'attraction et la répulsion des courants qui les traversent, il espérait pouvoir provoquer le mouvement d'un courant par ceux qu'il admettait exister dans la terre. Le succès de cette expérience a été rapporté<sup>77</sup>, et était certainement suffisant pour donner à son auteur une confiance solide en la théorie [116] qui l'a mené à des résultats aussi nouveaux et importants.

La traversée de la courbe par le magnétisme terrestre fournit un nouvel argument à ceux qui soutenaient la théorie de M. Ampère. Si l'expérience n'avait pas réussi, la distinction entre la courbe et l'aiguille aurait vraiment pressé contre la théorie ; mais puisqu'elle a réussi, elle se présente comme une autre preuve du fait que des courants en courbes tels que ceux dont M. Ampère reconnaît l'existence dans les aimants, suffisent à rendre compte des phénomènes qu'il présente. Mais la conclusion importante à laquelle M. Ampère parvient, est que le magnétisme de la terre est lui-même causé par des courants d'électricité, qui, mouvant d'est en ouest autour du globe sont à angles droits du méridien magnétique. Ces courants, s'ils existent, sont comparés à ceux que l'on trouverait dans une batterie voltaïque si ses deux extrémités étaient disposées de façon à se rencontrer. Il n'y a rien probablement dans le globe qui peut être comparé au conducteur continu formé par le fil métallique, mais M. Ampère a montré que la batterie elle-même est magnétique ; et il suppose qu'il est probable que l'arrangement des matériaux du globe soit tel qu'il constitue une batterie existant comme une ceinture autour de la terre, qui, bien que composée d'éléments comparativement faibles, est suffisamment extensive pour produire les effets du magnétisme terrestre. Ses irrégularités dans ce cas rendraient compte de la forme distordue des lignes de variation similaire, et des changements qui adviennent en lui expliqueraient les changements de direction de l'aiguille. Quelque action générale, cependant, est supposée exister qui permet de produire les courants d'électricité, et dans une direction approchant le parallélisme avec l'équateur ; et la variation est supposée dépendre du progrès de l'oxydation dans les régions continentales de la terre.

La variation diurne est considérée comme dépendant du changement diurne de température dans les électro-moteurs superficiels du globe. Les diverses strates de matériaux magnétiques sont considérés comme autant de piles magnétiques.

---

76 Cf. seconde partie des *Esquisses historiques*, novembre 1821, paragraphe 7.

77 *Ibid*, paragraphe 16.

En supposant que des courants électriques existent réellement dans les masses de matière qui forment les globes planétaires et célestes, M. Ampère suggère la possibilité qu'ils puissent parfois être assez puissants pour produire l'excitation dont la chaleur donne nécessairement lieu à l'embrasement. Dans ce cas, une incandescence permanente et une lumière brillante seraient produites sans qu'elle n'implique de combustion ou de perte de matière. « Ne devrions-nous pas supposer », dit M. Ampère, « que les globes opaques ne sont tels que du fait du faible degré d'énergie des courants électriques qu'ils abritent, et trouver dans dans les courants plus actifs la cause de la chaleur et de la lumière de ces globes qui brillent par eux-mêmes. »

Tel est, monsieur, l'esquisse que je vous prie d'accepter de la théorie de M. Ampère. Je n'ai plus besoin de m'excuser pour ses imperfections, mais renvoie, comme à un remède naturel, aux publications du philosophe lui-même [117] dans les *Annales de Chimie*. Je dois encore dire, qu'ayant accepté l'existence de deux fluides électriques distincts, et l'identité de l'électricité et du magnétisme, je pense que la première partie de la théorie ne puisse être tenue pour suffisamment développée. M. Oersted a, sur ce point, atteint une plus grande perfection que M. Ampère ; avec un succès qu'il ne m'est pas nécessaire de déterminer.



[A l'esquisse historique de l'électro-magnétisme dont mon correspondant anonyme m'a fait la faveur, j'ajouterais une esquisse des découvertes qui ont été faites par M. Faraday, de la Royal Institution ; les mémoires qui contiennent les compte-rendus de ces expériences très importantes sont contenues dans le deuxième volume du *Quarterly Journal*<sup>78</sup> – l'Editeur]

L'attention de M. Faraday fut d'abord dirigée sur la vérification des résultats obtenus par les expérimentateurs antérieurs concernant l'attraction et la répulsion de l'aiguille par un fil de connexion : durant cet essai, il établit que la position de l'aiguille relativement au fil modifiait grandement les effets produits ; il établit que l'attraction apparente de l'aiguille d'un côté, et sa répulsion consécutive de l'autre, n'advenait pas dans toutes les circonstances, mais en fonction de la position plus ou moins éloignée du fil par rapport au pivot de l'aiguille : ceci sera, peut-être, mieux compris dans les mots de l'auteur : « si le fil est approché perpendiculairement en direction d'un pôle de l'aiguille, le pôle dévient du côté défini par la direction que lui donnerait l'attraction ou la répulsion au point terminant le pôle ; mais si le fil est continuellement rapproché du centre de mouvement, par l'un ou l'autre côté de l'aiguille, la tendance à tourner dans la direction précédente diminue ; elle devient alors nulle, et l'aiguille est assez indifférente au fil ; ultimement le mouvement est inversé, et l'aiguille s'efforce puissamment de tourner du côté opposé<sup>79</sup>. »

Partant des faits qui ont maintenant été établis, M. Faraday conclut, que le centre d'action magnétique, ou le vrai pôle de l'aiguille, n'est pas placé à ses extrémités, mais sur son axe, à

78 Faraday, « De quelques nouveaux mouvements électro-magnétiques, et de la théorie du magnétisme », *Quarterly journal of science, littérature and the arts*, 1821, volume 12.

79 C'est sur ce point que Faraday discutait les conclusions de Berzélius. Cf. Illustration 5, figures 1&2. Il y a donc huit positions possibles (et non quatre), en fonction de trois paramètres : si l'on approche l'aiguille au-dessus, ou en dessous du fil ; si l'on approche l'aiguille de la droite ou de la gauche du fil, si l'on approche l'aiguille de l'extérieur, ou en partant de son axe de rotation..

une certaine distance de l'extrémité et proche du milieu ; que ce point a une tendance à tourner autour du fil, et nécessairement, par conséquent, ce fil autour du point ; et comme les mêmes effets dans des directions opposées ont lieu avec l'autre pôle, il est évident, de l'opinion de M. Faraday que chaque pôle a le pouvoir d'agir par lui-même sur le fil, et ni en tant qu'une partie quelconque de l'aiguille, ni en tant que connecté au pôle opposé<sup>80</sup>. Il considère les attractions et répulsions simplement comme des manifestations d'un mouvement de révolution dans différentes parties de l'aiguille.

Il ne sera pas nécessaire de suivre M. Faraday à travers toutes les difficultés avec lesquelles il eu à lutter, ou de décrire chaque [118] forme ingénieuse d'appareil par lesquelles ces difficultés furent surmontées. La coupe en annexe montrera l'un des modes qu'il a employé pour manifester le mouvement d'un fil autour d'un pôle magnétique. Placez une portion de mercure dans un tube fermé en-dessous par un bouchon de liège, et fixez un petit aimant de sorte qu'un pôle émerge au-dessus de la surface de mercure. Prenez un fragment de fil de cuivre propre d'environ deux pouces de long, assemblez les deux extrémités, en formant une boucle à l'une d'elles, et à l'extrémité d'un autre fil formez une autre boucle, par laquelle le premier fil pendra ; ceci permet un mouvement libre, et l'assemblage permet un bon contact, fixez le au-dessus de l'aimant, de sorte que le bout mobile de fil trempe juste dans le mercure ; connectez alors le mercure avec un pôle d'une combinaison voltaïque, ce qui est déjà fait à travers l'aimant, et le fil avec l'autre ; et le fil mobile entrera immédiatement en révolution autour du pôle magnétique, et continuera à le faire tant que le contact est continu. En approchant le pôle magnétique du centre de mouvement, vers le coté du fil, il n'y avait ni attraction, ni répulsion ; mais le fil s'efforçait de poursuivre un cercle, maintenant le pôle en son centre, et cela d'un coté ou de l'autre en fonction des circonstances<sup>81</sup>.

Toutes les directions du mouvement sont réductibles à deux ; lorsqu'un courant d'électricité passe à travers le fil, le pôle nord tourne dans une direction, et le sud dans l'autre. Supposons une montre au repos sur une table, et considérons sa face comme le mercure, et le pivot le pôle nord de l'aimant ; un fil trempant dedans étant négatif en bas, et positif en haut, passerait autour du pôle dans le sens des aiguilles d'une montre ; si la connexion est inversée, ou le pôle magnétique changé, le mouvement sera en sens inverse des aiguilles d'une montre. Si le fil est fixé, et le pôle mobile à son tour, le mouvement est le même, et dans la même direction.

Nos limites ne nous autoriserons pas à décrire les expériences nombreuses, surprenantes et intéressantes que Faraday a fait avec les pôles et fils, impliquant un ou plusieurs de chaque, et arrangés de différentes manières. Le résultat de certaines de ces expériences fut que les aiguilles, au lieu d'être attirées par leurs pôles, étaient attirées par leurs centres. Les aiguilles n'étaient pas attirées principalement par le fil, mais par le fait de l'approcher, en s'efforçant toujours de continuer leur trajectoire dans la direction qu'elles avaient commencé, et lorsque le fil est écarté d'un coté à l'autre, afin de parer à l'obstacle mécanique qu'il constitue, elles se déplacent comme au premier abord, étant apparemment repoussées : aucune attraction n'a été observée entre un pôle et un fil ; tous ces phénomènes sont réductibles au mouvement de révolution.

---

80 Cf. Illustration 5, figure 3.

81 Cf. Illustration 6, figure 5.



Certains résultats qui concernent la théorie de M. Ampère semblent assez extraordinaires. Il est d'abord noté qu'il y a une similarité entre l'aimant naturel et l'électroaimant en hélice de M. Ampère. Il est aussi observé que du fait de la forme de l'imitation, et des propriétés du fil, une telle hélice doit manifester les propriétés des deux cotés du fil de façon séparées à ses extrémités. M. Faraday relève alors la polarité d'un cercle formé à partir d'une portion de fil de connexion, et d'une hélice : il la considère comme étant simplement le résultat d'une rotation. En circulant autour d'un fil, le pôle décrivait un cercle sur un plan perpendiculaire à ce fil, et se meut avec une force égale dans chaque partie du cercle. Ces cercles qu'il décrirait entourent chaque portion successive du fil ; mais si l'on considère un fil courbé en un anneau<sup>82</sup>, il est évident que ces cercles divergent entre eux dans la partie extérieure, alors qu'au centre de l'anneau ils convergent et s'accumulent en un point comme ce serait le cas avec les spirales d'un ressort s'il était courbé en un anneau ; par conséquent les pouvoirs qui meuvent les pôles sont plus énergétiques au centre de l'anneau que forme le fil ; et bien que le mouvement a l'apparence de l'attraction d'un coté de l'anneau, et de la répulsion de l'autre, il s'agit toujours d'une rotation ; c'est de là que vient la production de ce que l'on nomme des pôles ; et la transition des pôles d'un anneau aux pôles d'une hélice est clairement comprise<sup>83</sup>.

Cette explication de l'électro-aimant est suivie d'illustrations expérimentales, et est ensuite comparée avec l'aimant commun ; M. Faraday semble trouver que leur correspondance est grande ; mais il mentionne néanmoins certaines différences ; dont voici quelques unes : les pôles similaires d'un aimant se repoussent à la plupart des distances, mais s'ils sont amenés très près l'un de l'autre, ils s'attirent ; cette attraction n'est pas forte et diffère de celle de pôles différents en ce qu'elle n'induit pas d'effet neutralisant. Deux pôles différents emporteront une certaine quantité de limaille de fer lorsqu'ils seront séparés ; lorsqu'ils sont assemblés, ils n'en emporteront pas autant, mais deux pôles similaires en emporteront autant, et même plus, lorsqu'ils sont assemblés. Cet effet n'est pas produit dans les aimants en hélice. N'est-il pas probable que l'effet mentionné par M. Faraday puisse résulter de l'action inductive réciproque des aimants l'un sur l'autre ?

Les essais pour manifester la similitude des propriétés des aimants cylindriques communs et des aimants en hélices n'ont pas trouvé succès. L'expérience de M. Ampère pour orienter un fil de connexion courbé par le magnétisme terrestre fut répétée avec succès.

M. Faraday s'est ensuite efforcé d'attester l'influence du magnétisme terrestre dans la production des effets qui ont été obtenus avec un aimant commun ; au premier abord, ce fut sans succès ; mais depuis que son premier article a été publié, un second est paru sous la forme d'une note, page 416 du *Institution Journal*<sup>84</sup>, qui contient des faits méritant plus de [120] visibilité. Comme l'action du pôle magnétique sur le fil était toujours indépendante des axes joignant les extrémités ou pôles dans l'aimant ; il avait été conclu que concernant ces mouvements qui devraient probablement être produits par la terre, toute considération des axes magnétiques pouvait être omises pour l'instant, et le pôle étant considéré comme un point dont la position est indiquée par l'inclinaison de l'aiguille. M. Faraday ne semble pas s'inquiéter outre mesure de l'existence de pôles magnétiques dans la terre, mais est

---

82 Cf. Illustration 5, Figure 14.

83 Il n'y a pas ici de réfutation de la théorie d'Ampère, mais une explication de la transition de l'attraction et de la répulsion apparente d'un fil (qui émerge de l'effet circulaire qu'exerce l'électricité), aux pouvoirs de l'hélice qui simulent ceux d'un aimant.

84 « Note on new electro-magnetical motion », *Quarterly journal of science*, 1821, vol. 12, p. 416.

plutôt enclin à considérer à les considérer comme seulement apparent, et le résultat d'une action analogue à celle de l'anneau dont nous avons parlé plus tôt ; mais il semble admettre l'inclinaison de l'aiguille comme résultant de toutes les forces magnétiques terrestres ; et, par conséquent, en tant que donnée initiale, M. Faraday a commis une erreur en donnant l'inclinaison à  $72^{\circ} 30'$  ; elle est seulement de  $70^{\circ} 30'$ . Les mouvements, cependant, ne sont pas tant relatifs à la quantité d'inclinaison qu'à leur confinement à une certaine portée, mais adviennent probablement en de nombreuses parties de la terre.

A en juger à partir des expériences précédentes, les résultats attendus étaient que le fil de connexion se déplacerait toujours latéralement, et sur un plan à angle droit par rapport à la plongée de l'aiguille : ceci requiert que le fil soit perpendiculaire à cette plongée ; s'il est légèrement décalé de cette perpendiculaire, il continuera, cependant, à bouger, mais avec une force diminuée. Pour obtenir ce résultat expérimentalement, un fragment horizontal de fil était suspendu au plafond à l'aide d'un fil de soie, sa fin plongeant dans le mercure en deux bassins, qui furent connectés à l'appareil voltaïque ; le fil se mit immédiatement en mouvement latéralement, et ce tous azimuth, et la direction de son mouvement fut précisément celle décrite dans les expériences précédentes. Ainsi, lorsque le fil était à l'est et à l'ouest, l'extrémité est correspondant à la plaque de zinc, et l'ouest à la plaque de cuivre, une seule paire de plaque étant utilisée, le mouvement était en direction du nord ; lorsque les connexions étaient inversées, le mouvement était en direction du sud. Lorsque le fil pendait entre le nord et le sud, le nord correspondant à la plaque de zinc, et le sud à la plaque de cuivre, les mouvements étaient dirigés vers vers l'ouest, et les connexions étant inversées, ils se dirigeaient vers l'est ; les positions intermédiaires avaient leurs mouvements dirigés sur les directions intermédiaires.

Dans une autre expérience, un appareil fut utilisé ressemblant celui décrit pour le mouvement de révolution, mais de plus grande taille et délicatesse, et le fil mobile fut formé pour réaliser un plus grand angle par rapport à la perpendiculaire que celui formé par l'aiguille plongeante. Dans ces circonstances, au moment où la communication était complétée, la révolution était initiée, et continuée par la force magnétique de la terre seule sur le fil.

M. Faraday déduit de ces expériences la cause de la direction prise par la courbe de M. Ampère. La considérant comme un polygone d'un nombre infini de cotés, il montre que l'effort de ces cotés pour tourner par le magnétisme terrestre placerait la courbe dans la position, que M. Ampère l'a trouvé recevoir dans son expérience. M. Faraday conclut cette partie de sa note en exposant sa prévision « que dans chaque partie du globe terrestre, un fil électro-magnétique, qui serait laissé à l'action libre du magnétisme [121] terrestre, se déplacerait sur un plan (pour autant que le peu sur quoi nous pouvons expérimenter soit pris en considération) perpendiculaire à la plongée de l'aiguille, et dans une direction perpendiculaire au courant d'électricité qui le traverse.

Une prédiction fut considérée, en conséquence de cette loi. Là où la plongée est faible, une différence dans le poids d'un fil électro-magnétique doit être perçue lorsque les courants le traversent en différentes directions. En s'efforçant d'estimer si la différence était perceptible, à ces latitudes, un effet très remarquable fut observé. En suspendant un fragment de fil à un levier, et en laissant des fils très fins plonger de là dans deux coupes de mercure, il devenait apparemment plus léger à chaque fois que le courant le traversait dans un sens ou dans l'autre. Cet effet fut en définitive trouvé comme n'étant pas une altération

réelle de la gravité du fil, mais une affection du mercure, avec lequel il était en contact. Les fils, plongés dans le métal, entraînaient une petite élévation autour d'eux du fait de l'attraction cohésive du mercure. Une inspection minutieuse permis d'observer qu'à chaque fois que les connexions étaient complétées, ces élévations étaient diminuées, de sorte qu'en fait le fil était allégé d'une portion du poids qui lui était auparavant attaché ; et en rompant les connexions, les élévations reprenaient leur volume original. Ainsi, lorsque l'électricité passe d'un fil fin dans le mercure, ou du mercure à un fil fin, un effet équivalent à une diminution de l'attraction cohésive du mercure est produit. Que cet effet provienne réellement d'une telle diminution, ou qu'il soit du à d'autres causes, reste à déterminer.

En concluant cette esquisse imparfaite des travaux de M. Faraday dans cette branche nouvelle et intéressante de la science, nous lui recommandons sincèrement de continuer ses recherches sur un sujet qu'il a illustré et enrichi de façon si habile par des découvertes qui sont au plus haut degrés curieuses et importantes.

**Illustrations :**

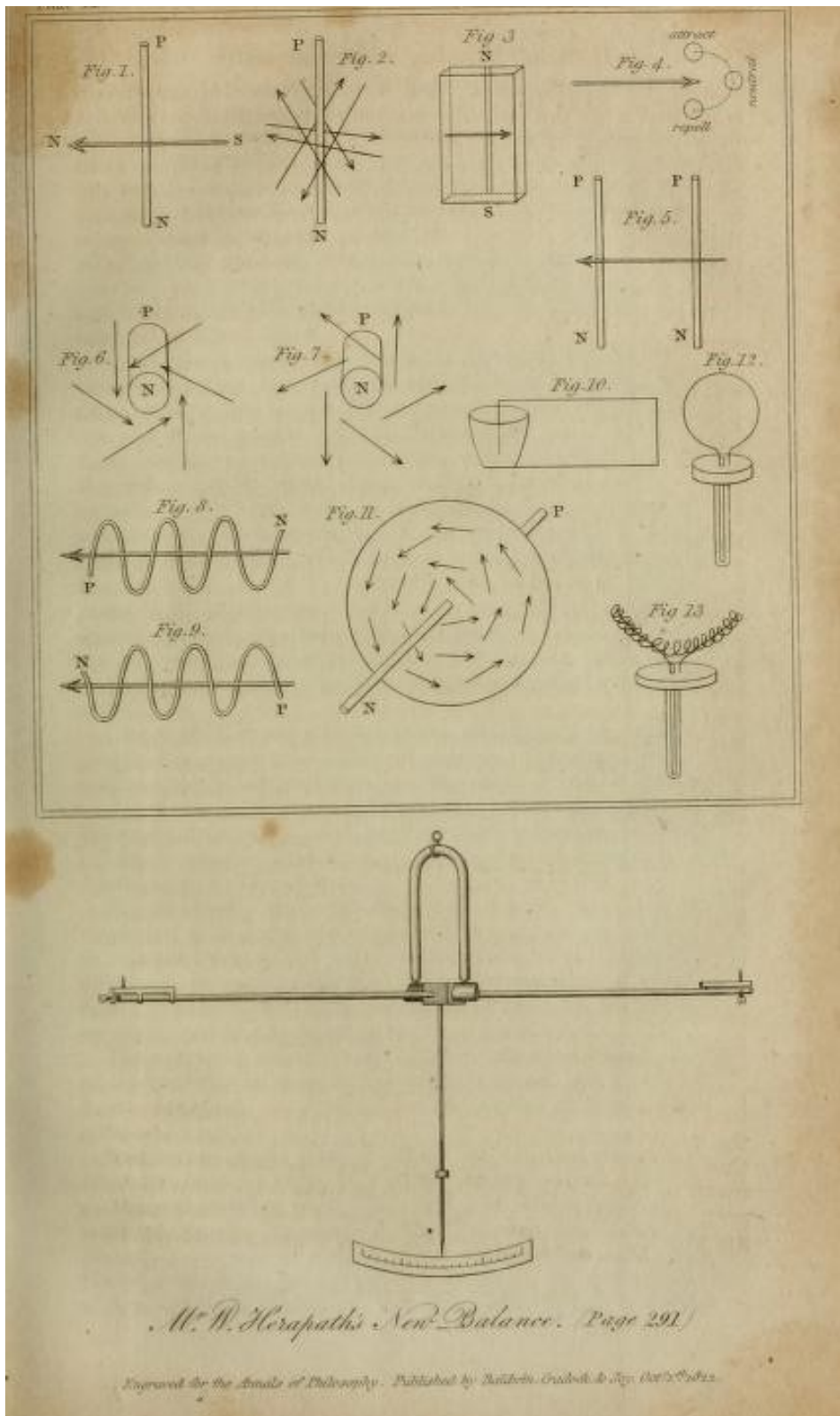


Illustration 1: Planche accompagnant les deux premiers articles de l'Esquisse historique dans les Annals of philosophy.



Illustration 2: Spirale d'Ampère (à distinguer du solénoïde "en hélice").

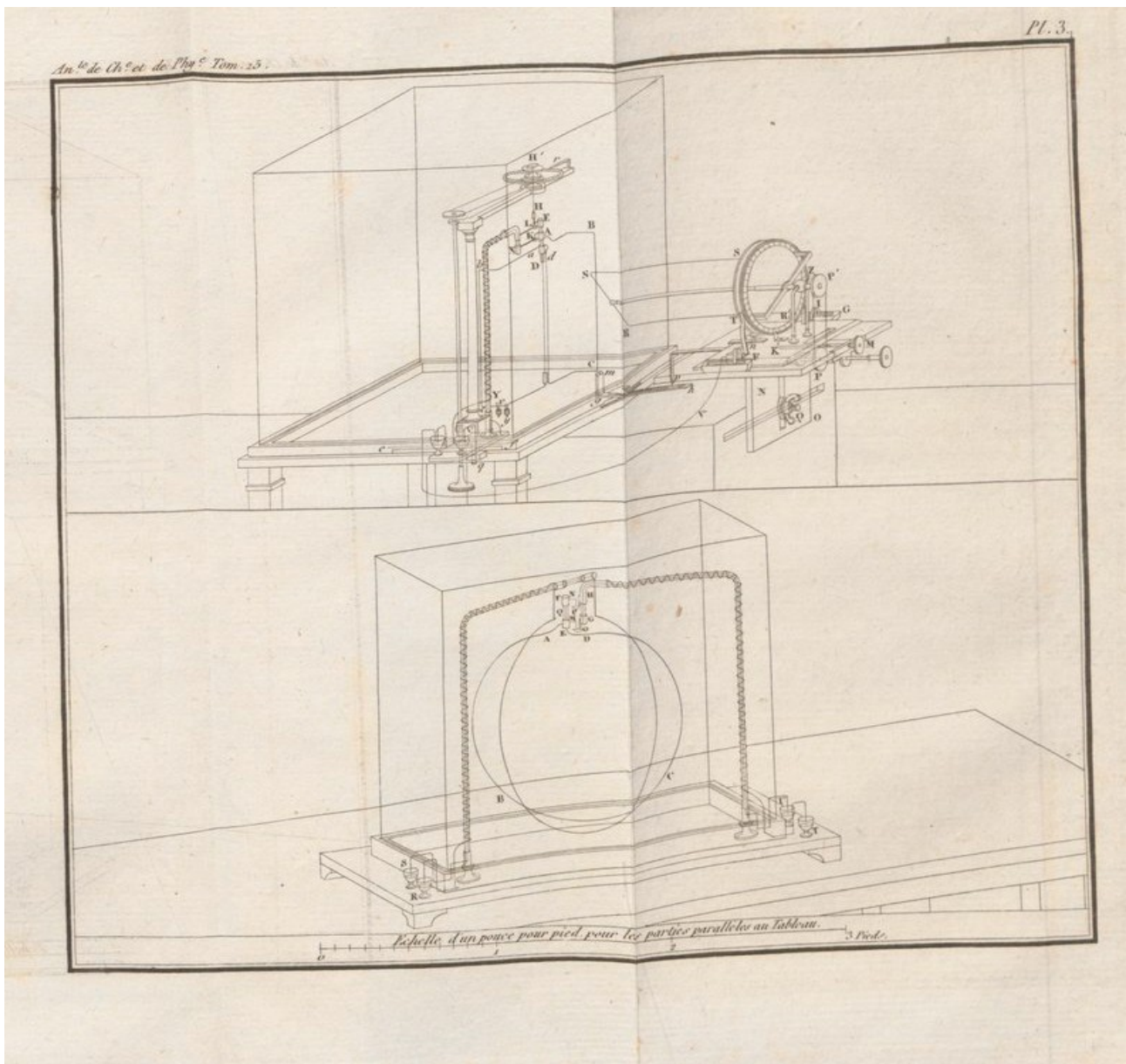


Illustration 3: Mémoire d'Ampère. Fig. 6&7.



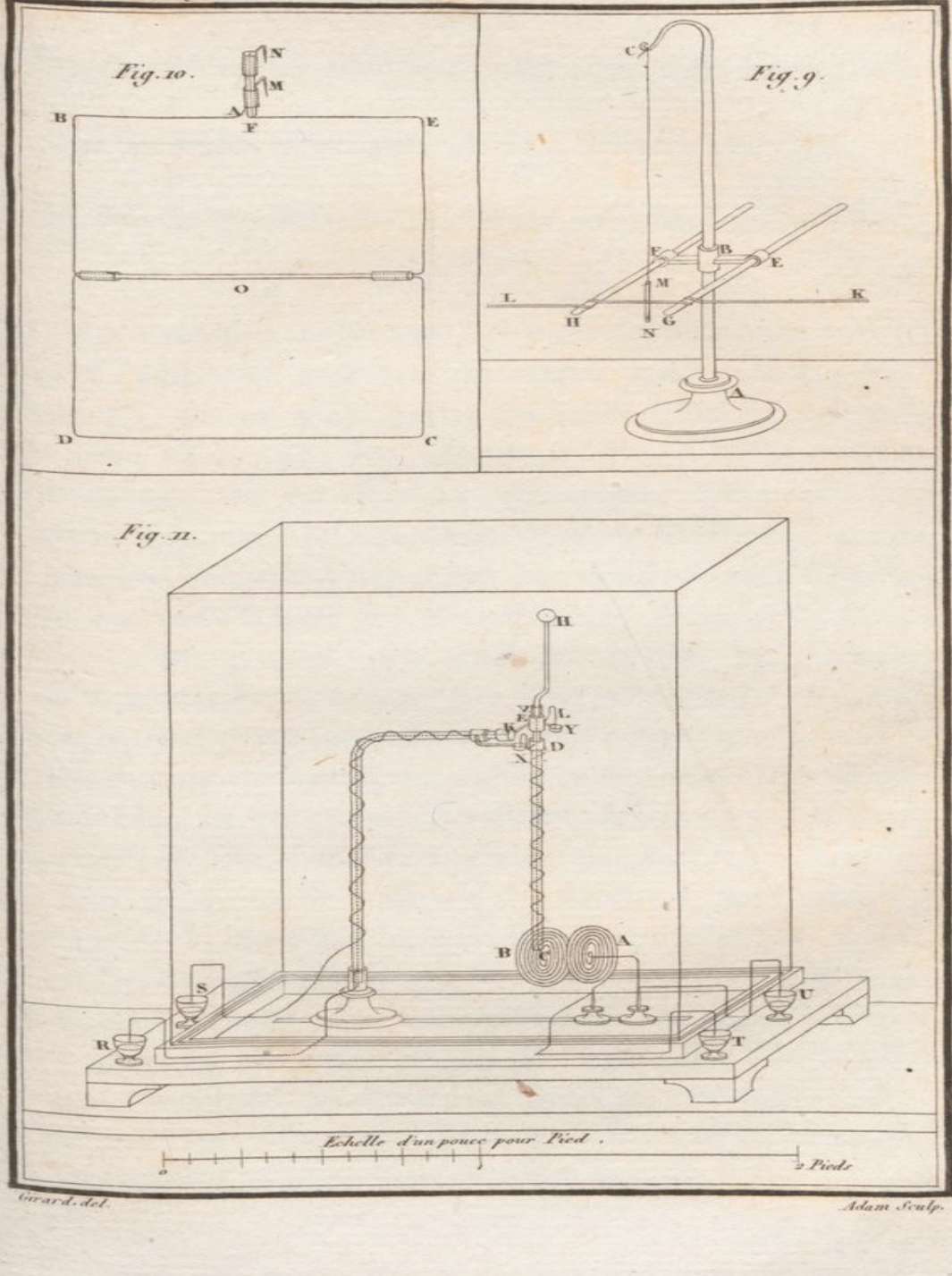
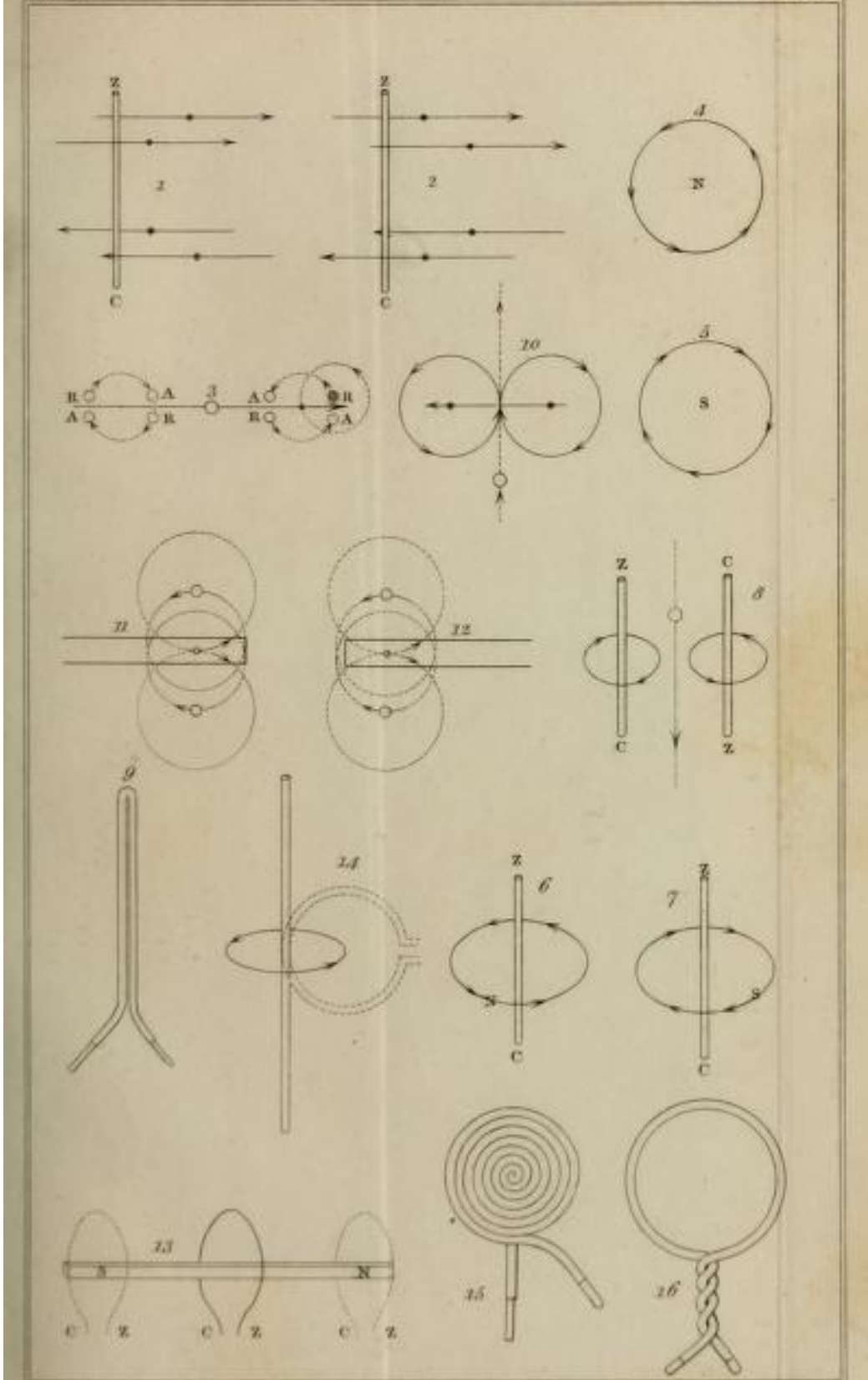


Illustration 4: Mémoire d'Ampère. Fig. 9, 10 & 11.



J. B. B. 11.

Published by John Murray, Albemarle Street, London, 1841.

Illustration 5: Quarterly journal of science, Vol. 12, Pl. 3.

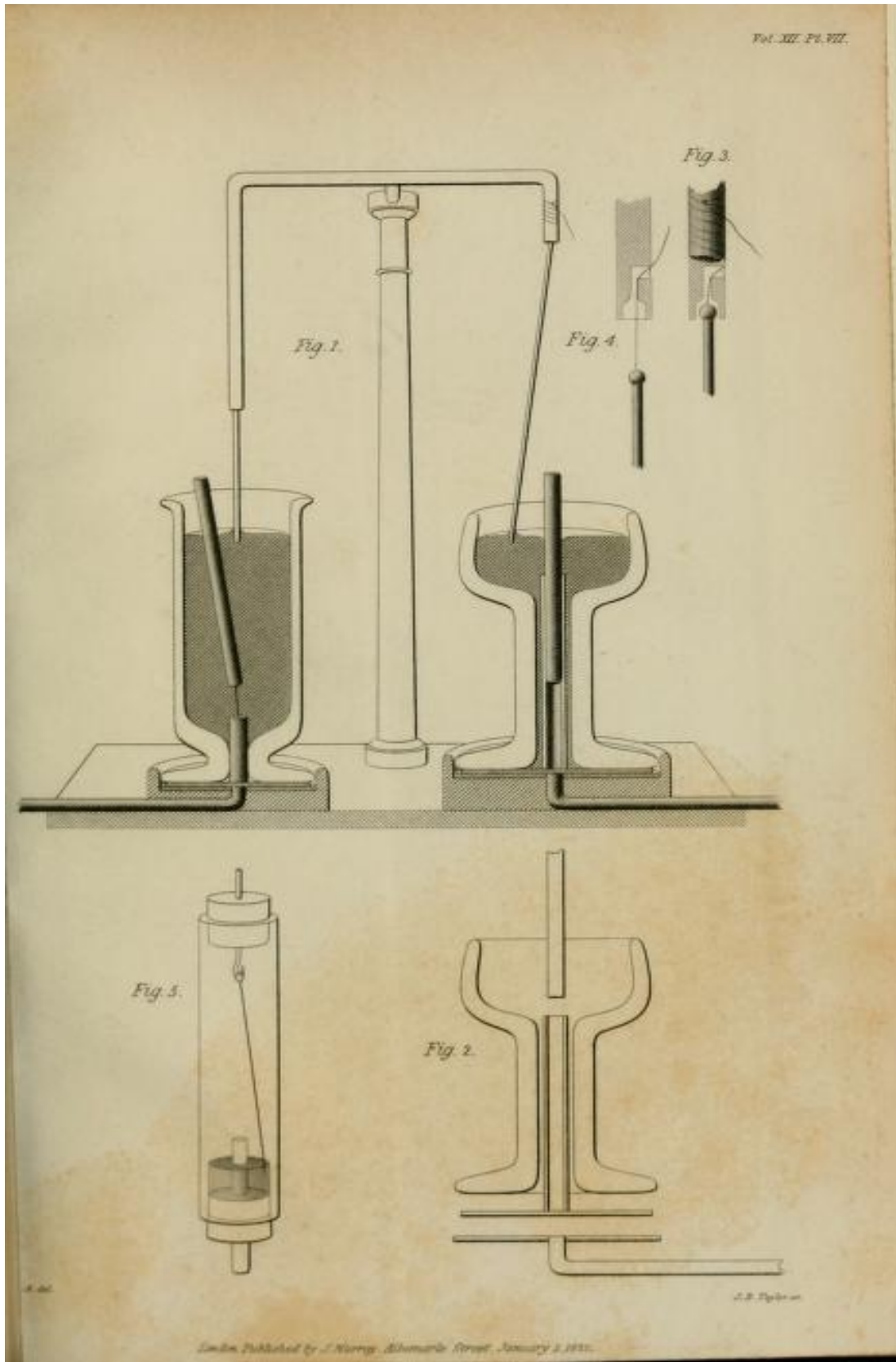


Illustration 6 : Quarterly journal of science, vol 12, Pl. 7.



## **Bibliographie :**

- Ampère, « Mémoire sur l'action mutuelle entre deux courants électriques » *Annales de Chimie et de Physique*, 1820, tome 15.
- Ampère, « Lettre de M. Ampère à M. Erman », *Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts*, tome 92, janvier 1821.
- Berkson, *Fields of force, The development of a world view from Faraday to Einstein*, Routledge, 2014.
- Berzelius, « Lettre à M. Berthollet sur l'État magnétique des corps qui transmettent un courant d'électricité. » *Annales de Chimie et de physique*, 1821, tome 16, page 113.
- Cobb, Faraday's historical sketch of electromagnetism and the theory-dependance of observation.
- H. Davy « On the Phenomena produced by electricity », in *Annals of philosophy*, 1821, n.2, p. 83-85.
- Pierre Duhem, *La théorie physique, son objet, sa structure*, Librairie philosophique J. Vrin, 2007.
- Faraday, « A historical Sketch of electro-magnetism », *Annals of philosophy*, 1821 n°2, 1822 n°1.
- Faraday, « On some new Electro-Magnetical Motions, and on the Theory of Magnetism », *Quarterly journal of science, litterature and the arts*, 1821, volume 12.
- Faraday, « Note on new electro-magnetical motion » *Quarterly journal of science*, 1821, vol. 12, p. 416.
- Faraday, *Expérimental research on electricity*. (H. J. Fischer, *The first series, A science classic module for humanities studies*, Green Lion Press, 2004 ; texte complet consultable sur le site Gallica.bnf.fr).
- Gazzeri, « Expériences électro-magnétiques faites à Florence avec le Prof. Gazzeri, le Marquis Ridolfi, et le Chev. Antinori, du 66 au 18 janvier inclusivement, en présence de quelques amateurs de sciences physiques. » *Bibliothèque universelle des Sciences, Belles-lettres et Arts*, 1821, volume 16, page 101.
- Barbara Giusti Doran, « Origin and consolidation of field theory in nineteenth-century Britain : from the mechanical to the electromagnetic view of nature », *Historical studies in the physical sciences*, vol. VI (1975), pp. 133-260.
- M. Hesse, *Force and fields, a study of action at a distance in the history of physics*, philosophical library, 2008.
- H. C. Oersted, « New magnetic experiment », *Annals of philosophy*, vol XVI, p 375.
- Oersted, « Expériences sur l'effet du conflit électrique sur l'aiguille aimantée », *Bibliothèque universelle des Sciences, Belles-lettres et arts*, 1821, tome 14.
- Rive, De la, « Notice sur quelques expériences électromagnétiques », *Bibliothèque universelle des sciences, des belles lettres et des arts*, 1821, T. XVI, p. 201.
- Schweiger, « Sur l'électromagnétisme », *Bibliothèque universelle des sciences, des belles lettres et des arts*, 1821, T. XVI, p. 197.
- Friedrich Steinle, *Exploratory experiments. Ampère, Faraday and the origins of electrodynamics*, University of Pittsburg Press, 2016.
- L. P. Williams, *Michaël Faraday, a biography*, Basic books, 1965.

- Wollaston, « On the connexion of Electric and Magnetic phaenomena », *Quarterly journal of science, litterature and the arts*, volume X, 1821, article XIV, pages 363-364.