

# André-Marie Ampère et la découverte de l'électrodynamique

Culture Sciences  
de l'Ingénieur

Hélène FISCHER

Édité le  
19/04/2022

école  
normale  
supérieure  
paris-saclay

*Cette ressource est issue d'une publication du numéro 104 de La Revue 3EI d'avril 2021. Hélène Fischer est Enseignante chercheuse à l'Institut Jean Lamour, unité mixte de recherche CNRS - université de Lorraine.*

Dès 1801, Ampère a l'intuition fulgurante que magnétisme et courant électrique sont deux facettes différentes du même phénomène. En 1820, sa vie est bouleversée par l'expérience d'Ørsted. Pour en proposer une explication, Ampère suppose avec audace l'existence de courants électriques dans les aimants. Avec frénésie, il n'a alors de cesse de concevoir de nouveaux dispositifs expérimentaux pour prouver la véracité de son hypothèse et établir la formule élémentaire et universelle qui fera de lui le « Newton de l'électricité ».

Cet article est consacré à la découverte de l'électrodynamique par André-Marie Ampère dont nous fêtons les 200 ans. Son début a pour objectif de décrire le paysage scientifique de ce début de XIX<sup>ème</sup> siècle, en particulier dans les domaines de l'électricité et du magnétisme. Ce contexte historique souligne la singularité d'André-Marie Ampère alors qu'il développe dès 1801 une pensée scientifique propre. La suite de cet article a pour objet de décrire les deux périodes très fécondes qu'André-Marie Ampère consacra à l'électromagnétisme, et de développer de façon approfondie la démarche scientifique qui le mena à la découverte de l'électrodynamique.

## 1 – Le contexte historique

### 1.1 - La conception de l'électricité à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle

Au siècle des Lumières, l'électricité est une science qui se donne en spectacle dans de grands salons réunissant savants et amateurs. Progressivement, au cours du siècle, le concept d'électricité devient sujet à débats : on ne parvient alors pas à savoir s'il existe une seule ou plusieurs espèces d'électricité. Plusieurs conceptions émergent : celle à un fluide unique prévaut en Angleterre avec Cavendish, alors qu'en Italie, Volta parle d'atmosphères électriques et qu'en France, c'est la conception à deux fluides, l'un d'électricité positive, l'autre d'électricité négative, qui l'emporte. Ces diverses conceptions vont même cohabiter jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle.

Mais en fait, le débat majeur de la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle porte plutôt sur les explications à apporter aux phénomènes électriques et magnétiques observés. Se côtoient alors deux types d'approches : l'approche cartésienne selon laquelle les phénomènes électriques seraient dus à des actions de contact comme le prouvent les effluves de matière subtile ou autres atmosphères électriques, et l'approche newtonienne selon laquelle ces mêmes phénomènes seraient uniquement dus à des actions attractives ou répulsives s'exerçant à distance, sans intermédiaire matériel. Simultanément, la question des rapports entre électricité et magnétisme interroge : on se demande en particulier s'il existe une véritable analogie entre la force électrique et la force magnétique.

### 1.2 - Les travaux de Coulomb et Poisson

C'est dans ce contexte qu'émergent les travaux de Charles-Augustin Coulomb (1736-1806) [Fig.1]. Celui-ci est partisan d'une approche newtonienne à deux fluides et mène une démarche

expérimentale d'une rigueur et d'une précision extrêmes grâce notamment au développement de nouveaux dispositifs comme la balance de torsion. Il montre ainsi que les forces électriques s'exerçant entre deux charges ponctuelles suivent une loi d'action à distance en  $1/d^2$ . Coulomb s'intéresse aussi aux fluides magnétiques et propose de les traiter par analogie avec les fluides électriques. Il fait donc l'hypothèse de deux fluides magnétiques, l'un « austral », l'autre « boréal », qui ne peuvent se déplacer librement à l'intérieur d'un aimant. Il propose alors une expression des forces magnétiques en  $1/d^2$ , analogue à celle des forces électrostatiques, et il explique l'expérience de l'aimant brisé, qui engendre deux nouveaux aimants après chaque cassure, en supposant les deux fluides répartis de façon équivalente dans tout l'aimant dans des « molécules aimantaires ». Mais la théorie magnétique de Coulomb est beaucoup moins solide que sa théorie électrostatique car elle s'appuie sur moins de résultats expérimentaux. Elle est accueillie avec scepticisme par la communauté.

Au début du XIX<sup>ème</sup> siècle, Siméon Denis Poisson (1781-1840) [Fig.2] s'intéresse aux expériences de Coulomb et leur apporte un support mathématique. Il généralise ainsi l'expression de la force électrique s'exerçant entre deux charges ponctuelles à celle exprimant l'action entre deux corps chargés de forme quelconque. Il tente aussi de formaliser la différence majeure établie par Coulomb entre les fluides électriques qui circulent librement dans les conducteurs, et les fluides magnétiques qui semblent comme retenus dans le métal aimanté. Ainsi, il propose de modéliser cette force de retenue par une « force coercitive » qui expliquerait aussi l'existence des pôles magnétiques.

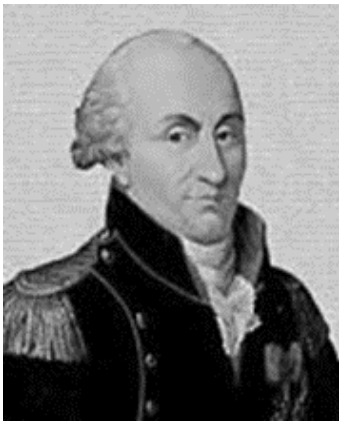


Figure 1 : Charles -Augustin Coulomb (1736-1806),  
Crédit Wikicommons



Figure 2 : Siméon-Denis Poisson (1781-1840),  
Crédit Wikicommons

### 1.3 - La théorie newtonienne et ses conséquences

Les travaux de Coulomb et Poisson sont très largement diffusés en France, en particulier par Jean-Baptiste Biot (1774-1862) [Fig.3], convaincu par ces expressions des forces électriques et magnétiques identiques à celles obtenues par Newton pour la gravitation. C'est ainsi qu'émerge en France une unité formelle tout à fait séduisante entre les trois branches de la physique que sont la gravitation, l'électricité et le magnétisme. Cette unité, renforcée par l'autorité mathématique, induit alors le sentiment d'un édifice intellectuel très puissant, semblant inébranlable, et s'opposant de fait à l'introduction de toute nouvelle théorie du magnétisme.

Mais telle n'est pas la seule conséquence de la théorie newtonienne en France. Elle induit aussi la conviction qu'existe une indépendance totale entre les phénomènes électriques et magnétiques, ce qui rend impossible la recherche d'une quelconque action réciproque entre des phénomènes distincts tels que le magnétisme, l'électricité, la gravitation, la lumière ou la chaleur.

Comment expliquer alors l'action de la foudre dans un tel contexte ? En 1770, Benjamin Franklin (1706-1790) en propose une interprétation dans le cadre de la théorie newtonienne : il montre que

le magnétisme de l'aiguille aimantée serait dû au magnétisme de la Terre « mis en mouvement » par le fluide électrique. La foudre n'aurait donc pas d'action magnétique propre : son seul rôle serait de permettre au magnétisme terrestre d'agir. Impossible alors d'expliquer la possibilité d'une inversion des pôles d'une boussole par la foudre.



Figure 3 : Jean-Baptiste Biot (1774-1962), Crédit Wikicommons)

#### 1.4 - La découverte de la pile par Volta

Au début du XIX<sup>ème</sup> siècle apparaissent les premières piles d'Alessandro Volta (1745-1827) [Fig.4], qui suscitent de nombreuses interrogations. On distingue alors trois types de fluides électriques : le fluide « ordinaire », celui des étincelles et des décharges étudiées au XVIII<sup>ème</sup> siècle et connues pour leurs manifestations discontinues, brèves et violentes ; le fluide « galvanique » présent dans les piles de Volta dont le fonctionnement n'est pas compris ; et puis, les fluides « magnétiques » tels que Coulomb les a décrits.

Aucun consensus n'émerge dans la communauté des physiciens, ni sur la manière dont le fluide électrique est créé et circule dans les conducteurs, ni sur les notions de circuit ouvert et fermé, ni sur celles de courant et de tension. Le concept de « courant électrique » n'existe pas, on parle alors de « quantité d'électricité ». Celui de tension n'existe pas non plus et on parle de « degré d'électrisation ». On pense généralement qu'en reliant les pôles d'une pile par un fil, la pile est le siège de décharges à la manière de la bouteille de Leyde, et l'on tente donc d'expliquer le fonctionnement de la pile grâce à l'électrostatique.

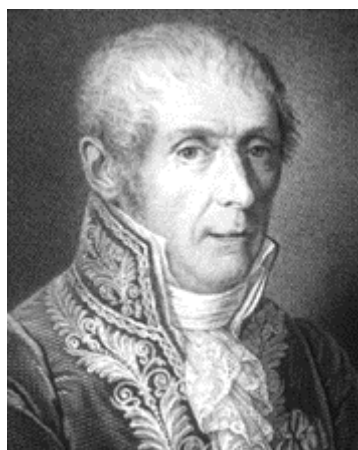


Figure 4 : Alessandro Volta (1745-1827), Crédit Wikicommons

#### 1.5 - Les théories unitaires

Parallèlement, au début du XIX<sup>ème</sup> siècle émerge dans les pays germaniques une vision romantique de la nature, encore appelée *Naturphilosophie*. Ce mouvement culturel prône l'unité profonde

entre les phénomènes de la nature malgré leur diversité, et s'oppose à la vision newtonienne et atomiste des sciences. Ainsi, la dualité présente dans toute manifestation de la vie et de l'esprit aurait son équivalent au niveau élémentaire de la matière avec l'existence de deux forces fondamentales, l'une d'attraction pour expliquer la cohésion et l'autre de répulsion pour expliquer l'impénétrabilité. Ces deux forces seraient responsables à elles seules de toutes les propriétés de la matière, et se manifesteraient différemment (lumière, chaleur, électricité, magnétisme, affinité chimique). Elles pourraient se convertir d'une forme en l'autre selon les conditions expérimentales, affirmant ainsi l'unité profonde de la Nature par-delà les phénomènes visibles.

Les partisans de cette théorie unitaire ont logiquement recherché les analogies qui pourraient exister entre électricité et magnétisme. Une analogie est alors observée entre la pile qui retient les fluides électriques à ses deux extrémités, et l'aimant qui retient les fluides magnétiques à ses pôles, analogie qui a alors mené certains à prétendre abusivement que, la pile pouvant se comporter comme un aimant, un aimant peut produire les mêmes effets qu'une pile ! D'où une unification du voltaïsme et du magnétisme ! Ce type de conclusions hasardeuses issues des théories unitaires a eu pour conséquences d'accroître la conviction de la communauté scientifique parisienne en une indépendance entre les différentes branches de la physique, et d'induire un certain mépris pour les partisans de la *Naturphilosophie*.

## 2 – La découverte de Ørsted

### 2.1 - Le chemin de la découverte

Hans Christian Ørsted (1777-1851) [Fig.5] est un physicien danois qui adhère très tôt dans sa vie aux thèses de la *Naturphilosophie*, puis s'en éloigne suite aux conclusions abusives et non fondées scientifiquement citées ci-dessus. Ce cheminement le mène à conserver en lui un rêve d'unité, tout en acquérant une rigueur scientifique construite sur l'expérimentation. C'est cet état d'esprit unique qui va le conduire à la découverte de l'électromagnétisme.

En 1813, Ørsted s'intéresse aux questions d'électricité et de magnétisme, et il ne comprend pas l'absence d'influence entre les corps électrisés et magnétisés, en contradiction avec sa vision unitaire. Il définit alors trois formes d'électricité, qu'il hiérarchise entre elles en fonction des forces leur permettant de se manifester : frottement, contact, ou distance. Il définit ainsi « l'électricité de frottement » comme étant celle des décharges électriques, la forme la plus violente de l'électricité, « l'électricité galvanique » comme étant celle des piles de Volta, une forme plus « latente », et le « magnétisme » comme étant la forme la plus « latente ». Il affirme alors que seules les formes « voisines » d'électricité peuvent interagir entre elles. Dans sa logique, seule l'électricité galvanique peut donc avoir une action sur le magnétisme.

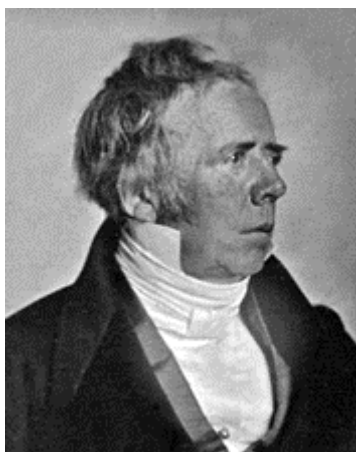


Figure 5 : Hans Christian Ørsted (1777-1851), Crédit Wikicommons

## 2.2 - L'expérience historique

En avril 1820, Ørsted entreprend l'étude expérimentale de ces interactions entre les différentes formes d'électricité. Il a alors l'idée de placer une aiguille aimantée à proximité d'un fil électrique. Mais, comment disposer l'aiguille par rapport au fil ? Il commence par chercher une action « longitudinale ». Après avoir testé les 4 configurations possibles du fil perpendiculaire à l'aiguille, il a l'idée de placer le fil colinéaire à l'aiguille et découvre une action « transversale » [Fig.6]. Il observe alors une déviation de l'aiguille quand circule un courant, déviation très ténue car la pile est très faible, et le fil de section très petite, donc de résistance importante. En juillet 1820, Ørsted a accès à une pile plus performante, il refait l'expérience et cette fois, la déviation de l'aiguille ne fait plus aucun doute ! [Fig.7]

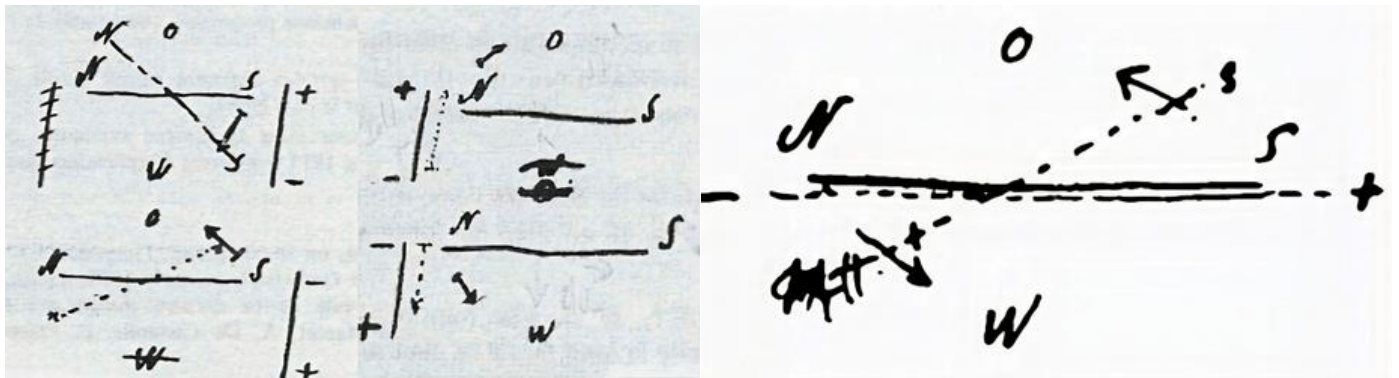


Figure 6 : Croquis d'Ørsted dans son carnet de laboratoire (la lettre "O" signifie l'Est en danois) de toutes les configurations possibles du fil par rapport à l'aiguille aimantée.



Figure 7 : Ørsted dans son laboratoire, *Les Merveilles de la science*, Louis Figuier (1867)

Ørsted n'est en fait pas étonné par le résultat de cette expérience, puisqu'il est persuadé depuis longtemps de l'unité entre les phénomènes physiques, électriques et magnétiques en particulier. En juillet 1820, il publie un mémoire intitulé « *Expériences sur l'effet du conflit électrique sur l'aiguille aimantée* » où il écrit : « L'aiguille aimantée change de direction par l'influence de l'appareil voltaïque, et cet effet a lieu lorsque le circuit est fermé et non lorsqu'il est interrompu. C'est pour avoir laissé le circuit ouvert que de célèbres physiciens n'ont point réussi, il y a quelques années, à montrer cet effet ».

## 2.3 - Un accueil mitigé

Très vite, le manuscrit d'Ørsted fait le tour de l'Europe. Son expérience est répétée à l'été 1820 à Genève où existe une pile puissante. L'expérience est menée en présence de nombreux physiciens, mais elle est accueillie avec scepticisme par la communauté car la réputation d'Ørsted est mauvaise, suite à son adhésion, même passagère, aux thèses de la *Naturphilosophie*. François Arago (1786-1853) [Fig.8], témoin de l'expérience à Genève, est persuadé de sa véracité. Il rentre à Paris, et lors de la séance du 4 septembre à l'Académie des sciences, il fait état de l'expérience d'Ørsted. Cette découverte étrange est accueillie froidement par la communauté scientifique parisienne complètement ancrée dans sa vision newtonienne. Elle soulève incrédulité et scepticisme. Ampère est présent et se singularise, il écrit à un ami que c'est la théorie de Coulomb de l'électricité et du magnétisme qui « écartait absolument toute idée d'action de l'une sur l'autre. La prévention en était au point que, quand M. Arago parla de ces nouveaux phénomènes à l'Institut, on rejeta cela comme on avait rejeté les pierres tombées du ciel [...]. Ils décidaient tous que c'était impossible ». Face à la situation, Arago ne perd pas espoir, et il reproduit lui-même l'expérience d'Ørsted lors de la séance du 11 septembre à l'Académie. Force est alors de constater que le phénomène est réel. La communauté des physiciens s'empare de la découverte et chacun à Paris, à Genève, à Londres, reproduit l'expérience et tente de la comprendre.

Cette expérience présente en fait plusieurs difficultés conceptuelles dans le contexte de l'époque : d'une part, en l'absence de notion de courant, comment comprendre que la pile sans le fil n'a aucun effet sur la boussole ? D'autre part, comment imaginer une action du circuit sur l'aiguille non pas longitudinale comme prévu dans la vision newtonienne, mais transversale puisqu'elle amène l'aiguille à se placer perpendiculairement au fil ? Enfin, comment accepter cette preuve manifeste d'interaction entre électricité et magnétisme, alors que la théorie newtonienne affirme leur indépendance totale ?



Figure 8 : François Arago (1786-1853), Crédit Wikicommons

## 2.2 - Des interprétations variées

Ørsted tente d'interpréter son expérience : en désignant par « conflit électrique » l'effet de l'action voltaïque dans le conducteur et autour de lui, il observe que « le conflit électrique n'agit que sur les particules magnétiques de la matière » puisqu'il ne dévie pas les aiguilles non magnétiques, et que le conflit entre les deux électricités opposées n'est pas circonscrit au fil conducteur puisqu'il s'étend dans l'espace « en tournoyant ». Ørsted explique alors ces résultats en supposant que « la matière électrique négative » décrit une spirale à droite et agit sur le pôle nord de l'aiguille tandis que la « matière électrique positive » possède un mouvement de sens contraire et agit sur son pôle sud sans agir sur le pôle nord. Cette expérience est la preuve pour Ørsted de l'existence de la forme d'électricité la plus « latente », le magnétisme, et de son action

sur les corps au sein desquels se trouve la même forme d'électricité, c'est-à-dire les aimants. Ces explications ne vont bien sûr pas convaincre la communauté, mais elles sont intéressantes car elles mettent en évidence les difficultés conceptuelles introduites par cette expérience. Ørsted s'éloigne ensuite de ce sujet car il a atteint son objectif d'unification, et que la recherche de lois mathématiques ne l'intéresse que peu.

De nombreux physiciens se penchent sur l'expérience d'Ørsted en apportant des observations expérimentales qualitatives. Seuls Jean-Baptiste Biot (1774-1862) et André-Marie Ampère (1775-1836) tentent de développer des lois mathématiques sous-tendant ces phénomènes nouveaux.

À Paris où la théorie newtonienne fait loi, Biot se distingue en proposant une hypothèse : il suppose une aimantation temporaire des fils électriques pour expliquer l'expérience d'Ørsted. Il ramène ainsi l'inconnu que sont alors les courants galvaniques, au connu que sont les fluides magnétiques, et réduit de fait la découverte d'Ørsted au seul magnétisme. Cette hypothèse newtonienne qui permet de sauver le principe de l'interaction entre entités de même nature, est retenue par la majorité des physiciens (Poisson, Laplace, etc.).

Parallèlement, Ampère s'individualise : il n'essaie alors pas de réduire l'électromagnétisme au magnétisme. Il imagine l'existence de courants électriques dans les aimants, et il suppose une action entièrement nouvelle : l'action entre courants électriques, alors que la nature même du courant électrique est inconnue. Mais, quel est donc ce physicien si audacieux ?

### 3 – André-Marie Ampère (1775-1836)

#### 3.1 - La période précédant 1820

Pendant sa jeunesse dans la maison familiale de Poleymieux-au-Mont d'Or, André-Marie Ampère [Fig.9] ne suis pas d'études académiques, il se forme en lisant tous les volumes de la bibliothèque extrêmement fournie de son père. Ce parcours atypique engendre chez lui une démarche encyclopédique qu'il mène avec passion et sans discipline. Jusqu'à 29 ans, il vit à Lyon, entouré d'amis partisans de la *Naturphilosophie*, et il partage leurs convictions. Dès 1801, il a une pensée scientifique propre et écrit les préliminaires d'un grand mémoire sur la physique, visant à unifier électricité et magnétisme. Il prend alors ses distances avec la théorie de Coulomb de l'électricité et du magnétisme car il s'oppose à l'existence des nombreuses forces d'attraction et de répulsion introduites entre les différents fluides, et il refuse « la supposition même d'une action à distance entre deux corps qui ne se touchent pas », propre à la vision newtonienne. Il imagine un système reposant sur une attraction « unique, universelle, constante » puisque d'origine divine, et une propagation de proche en proche des influences électriques selon les lois de la mécanique par l'intermédiaire d'un fluide remplissant tout l'espace, encore appelé « éther », et il écrit : « *J'ai donc pu me flatter que le hasard m'avait favorisé d'une de ces idées qui ouvrent aux physiciens une carrière nouvelle lorsqu'après avoir réduit tous les phénomènes de l'aimant et de l'électricité à un principe unique, j'ai vu naître de ce principe les applications les plus simples et les plus naturelles d'un grand nombre de faits dont les causes étaient ignorées* ». De fait, Ampère a l'ambition de refonder la physique avec un « immense désir de synthèse et d'universelle harmonie », ce qui le conduira même plus tard à rechercher l'unité et le fondement de l'ensemble des connaissances humaines.

L'expérience d'Ørsted en 1820 engendre un véritable bouleversement dans la vie d'Ampère à l'origine de deux périodes très fécondes. En fait, elle lui permet de redonner vie à son rêve de jeunesse d'unification entre électricité et magnétisme, avec le secret espoir d'être lui, le « génie

capable d'y appliquer le calcul qui a produit tant de merveilles entre les mains des mathématiciens modernes ».



Figure 9 : André-Marie Ampère (1775-1836), Crédit Wikicommons

### 3.2 - La période septembre 1820 - janvier 1821

La première période, qui s'étale de septembre 1820 à janvier 1821, est une période de création intense et passionnée. Ampère travaille sans relâche, avec fougue, et produit de nombreux mémoires écrits dans la précipitation à cause du caractère passionné d'Ampère, mais aussi à cause de l'urgence à répondre à Biot auquel il s'oppose. Les deux physiciens se livrent en effet une compétition féroce, chacun voulant prouver la véracité de son hypothèse, et être le premier à énoncer à l'Académie la bonne explication de l'expérience d'Ørsted. Ainsi, Ampère écrit de nombreux textes par morceaux séparés, au point même de parfois anticiper les résultats expérimentaux : ils traduisent parfaitement cet empressement du chercheur passionné. Ces divers écrits sont ensuite rassemblés dans un ouvrage « *De l'action exercée sur un courant électrique par un autre courant, le globe terrestre ou un aimant* » qui paraît dans les *Annales de Chimie et de Physique*.

En janvier 1821, Ampère est brusquement interrompu dans son travail par une maladie pulmonaire.

### 3.3 - La période 1823 - 1826

La deuxième période très féconde d'Ampère s'étale de 1823 à 1826. C'est une période plus posée au cours de laquelle Ampère s'emploie à défendre sa théorie basée sur les actions entre courants, à élargir son champ d'action, et à approfondir ses fondements mathématiques. Cette période s'achève par la publication en 1826 d'un nouvel ouvrage intitulé : « *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience* » qui est l'aboutissement de ses recherches. Son rêve d'unité étant réalisé, il consacre ensuite le reste de sa vie à des recherches philosophiques et à la construction d'une classification universelle des connaissances humaines.

## 4 – La période septembre 1820 - janvier 1821

### 4.1 - La séance du 18 septembre 1820 à l'Académie

Cette période brève et intense fait suite aux interventions d'Arago des 4 et 11 septembre à l'Académie. Ampère a ardemment travaillé pendant deux semaines, et il intervient à la séance du 18 septembre pour exposer son analyse de l'expérience d'Ørsted. Il décompose l'action subie par l'aiguille en deux composantes : la première est celle de la rotation qui met en croix le fil et



l'aimant ; la deuxième est celle de l'attraction qui est exercée par le fil sur l'aiguille. Son objectif est de montrer indépendamment ces deux actions d'un conducteur sur un aimant

#### 4.1.1 - La rotation

Pour isoler la composante de rotation, Ampère commence par éliminer toute action du magnétisme terrestre. Il conçoit et réalise alors une aiguille astatique, c'est-à-dire un dispositif expérimental tel que le mouvement de l'aiguille ne soit pas parasité par le magnétisme terrestre, mais seulement dicté par l'action des courants galvaniques [Fig.10]. Lorsqu'il approche un courant galvanique de l'aiguille, il étudie alors exclusivement l'action des courants galvaniques, qui mènent l'aiguille à se placer en croix par rapport à sa position initiale.

Ampère se pose alors la question de la direction prise par l'aiguille aimantée en l'absence de courants galvaniques. Par pure logique scientifique, les mêmes causes produisant les mêmes effets, Ampère est persuadé que c'est pour la même raison qu'une aiguille aimantée isolée s'oriente dans la direction du pôle Nord de la Terre. L'idée la plus simple est alors de faire une hypothèse sur l'origine du magnétisme terrestre et d'admettre que « dans la Terre un courant électrique, dans une direction telle que le Nord se trouvât à gauche d'un homme qui, couché sur sa surface pour avoir la face tournée du côté de l'aiguille, recevrait ce courant dans la direction de ses pieds à sa tête, et d'en conclure qu'il a lieu, de l'Est vers l'Ouest, dans une direction perpendiculaire au méridien terrestre ». Et Ampère illustre son propos par ce fameux petit croquis devenu célèbre [Fig.11].

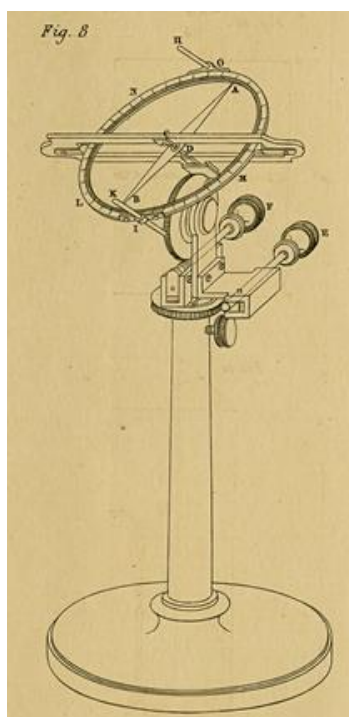


Figure 10 : La boussole astatique d'Ampère, Mémoire [...] sur les effets du courant électrique, 1820

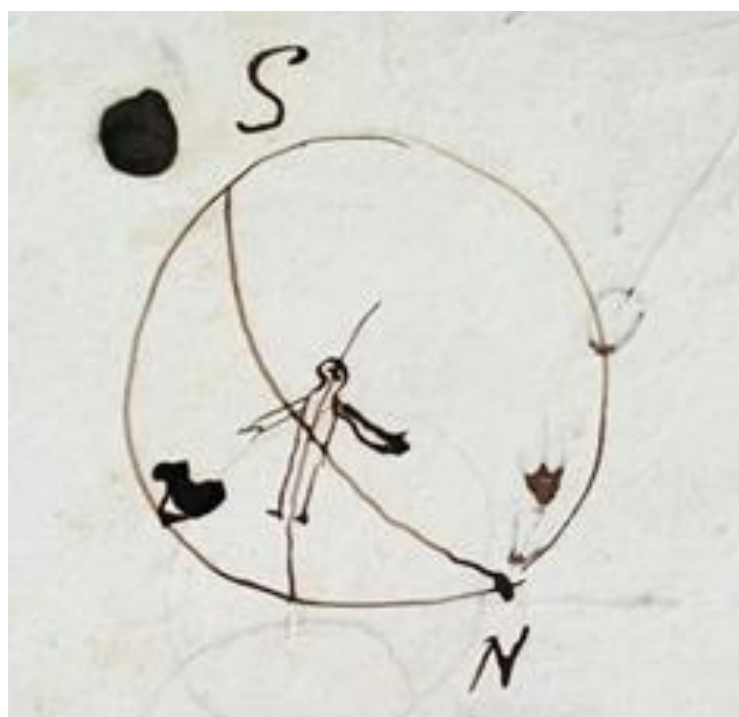


Figure 11 : Le bonhomme d'Ampère, archives de l'Académie des Sciences

Comment expliquer alors la rotation de l'aiguille aimantée à proximité d'un aimant ? A nouveau, un pur raisonnement logique amène Ampère à affirmer que les effets directeurs d'un aimant sur l'aiguille aimantée doivent avoir même origine que ceux de la Terre sur l'aiguille aimantée : un aimant ne serait donc qu'un assemblage de courants galvaniques dans des plans perpendiculaires à son axe [Fig.12]. Plus tard, suite à des échanges avec son fidèle ami Augustin Fresnel (1788 - 1827), Ampère affinera son propos en imaginant des courants particulières, circulant autour de chaque particule de l'aimant, toujours d'axe parallèle à celui de l'aimant.

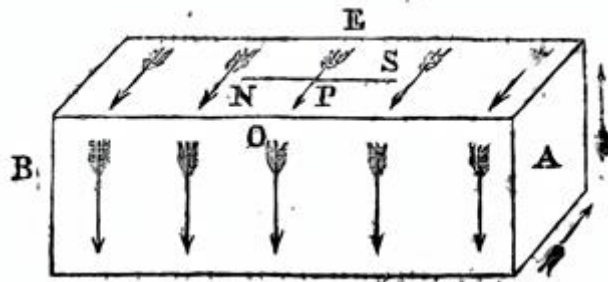


Figure 12 : Croquis d'un aimant selon Ampère. Les flèches représentent le sens des courants internes à l'origine des pôles Nord et Sud de l'aimant. Ouvrage rédigé avec J. Babinet

#### 4.1.2 - L'attraction

Pour isoler la deuxième composante de l'action d'un fil sur une aiguille aimantée, celle d'attraction, Ampère construit des spirales de courant, c'est à dire des cercles parallèles de courants centrés sur un même axe [Fig.13]. Il les approche de l'aiguille astatique, et observe un effet d'attraction.

Comme l'aimant, une spirale de courant exerce donc un pouvoir d'attraction sur l'aiguille, ce qui confirme son hypothèse sur l'origine du magnétisme de l'aimant. Ampère ramène ainsi tous les phénomènes magnétiques à des effets purement électriques, que ce soit la rotation ou l'attraction. Il balaie ainsi d'un revers de la main, preuve expérimentale à l'appui, l'hypothèse de la magnétisation temporaire du fil émise par Jean-Baptiste Biot.



Figure 13 : Une spirale à la manière d'Ampère

#### 4.2 - La séance du 25 septembre à l'Académie

La séance du 25 septembre à l'Académie est l'occasion pour Ampère d'apporter les preuves de sa « grande théorie ». D'où sa dénomination de « séance historique ». Il propose de vérifier expérimentalement son hypothèse et donc de montrer que la spirale de courant se comporte comme l'image électrique d'un pôle magnétique. Pour cela, il conçoit un dispositif expérimental dans lequel il positionne l'aimant face à l'une de ses spirales : il observe alors des phénomènes d'attraction et de répulsion en fonction des sens de l'aimant et du courant dans la spirale. Puis, il refait la même expérience avec deux spirales de courant [Fig.14] et met ainsi en évidence que les spirales se comportent comme des aimants, ce qui prouve que ces derniers doivent « leurs propriétés à des courants électriques dans des plans perpendiculaires à leur axe ». C'est cette « expérience décisive » qui apporte à Ampère la « preuve définitive » de sa « grande théorie ».

Il remplace ensuite les spirales par des hélices qu'il désigne par un terme nouveau qu'il invente à partir du mot « solen » = « tuyau » en grec, celui de « solénoïdes » [Fig.15], et observe les mêmes phénomènes. Et de conclure que « les spirales et hélices galvaniques produisent les mêmes effets que les aimants ».

Ampère déclare alors à l'Académie : « Monsieur Ampère a découvert ce fait, que deux courants électriques s'attirent lorsqu'ils vont dans le même sens et qu'ils se repoussent s'ils vont en sens contraire », ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle les propriétés des aimants sont dues à des courants électriques circulant dans des plans perpendiculaires à leur axe. Ampère élimine ainsi définitivement du champ de la science les fluides magnétiques de Charles Augustin Coulomb.

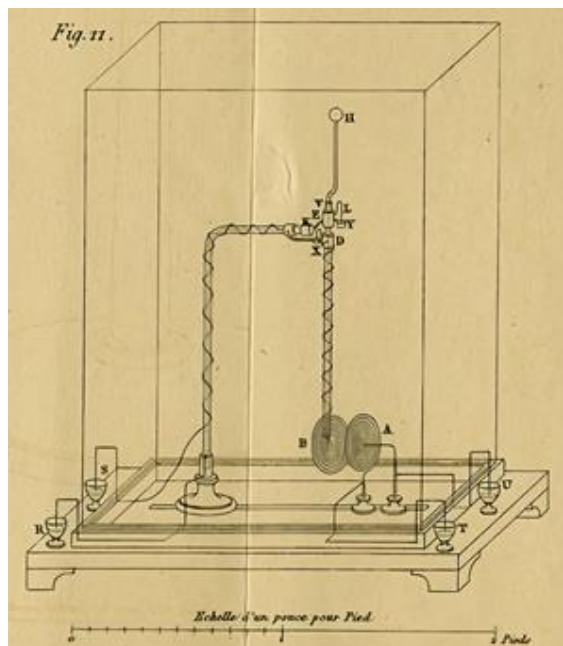


Figure 14 : Dispositif conçu par Ampère pour étudier les actions entre deux spirales de courant

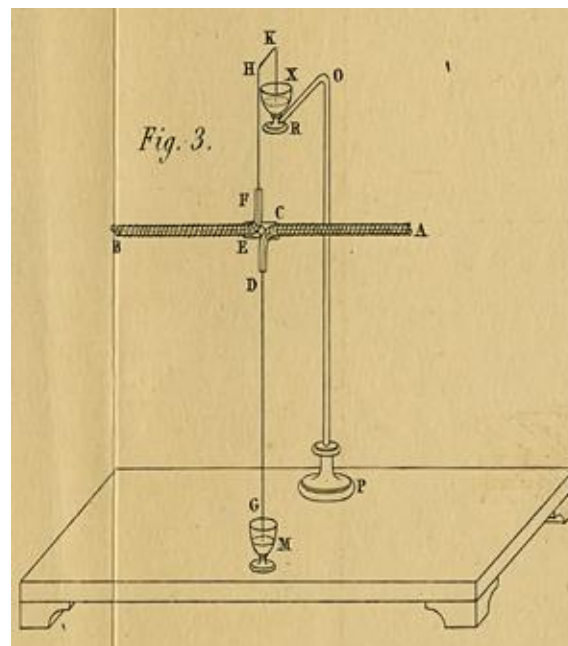


Figure 15 : Dispositif conçu par Ampère pour étudier les actions entre deux solénoïdes

Le soir du 25 septembre, Ampère écrit une magnifique lettre exaltée à son fils :

« Tous mes moments ont été pris par une circonstance importante de ma vie. Depuis que j'ai entendu parler pour la première fois de la belle découverte de Monsieur Oersted [...] sur l'action des courants galvaniques sur l'aiguille aimantée, j'y ai pensé continuellement, je n'ai fait qu'écrire une grande théorie sur ces phénomènes et tous ceux déjà connus de l'aimant, et tenter des expériences indiquées par cette théorie, qui toutes ont réussi et m'ont fait connaître autant de faits nouveaux.

Je lus le commencement d'un mémoire à la séance de lundi il y a aujourd'hui 8 jours. Je fis les jours suivants, tantôt avec Fresnel, tantôt avec Despretz, les expériences confirmatives ; je les répétais toutes vendredi soir chez Poisson [...]. Tout réussit à merveille ; mais l'expérience décisive que j'avais conçue comme preuve définitive exigeait deux piles galvaniques ; tentée avec des piles trop faibles chez moi avec Fresnel, elle n'avait point réussi.

Enfin hier j'obtiens de Dulong qu'il permit à Dumotier de me vendre la grande pile qu'il faisait construire pour le cours de physique de la Faculté et qui venait d'être achevée. Ce matin, l'expérience a été faite chez Dumotier avec un plein succès et répétée aujourd'hui à 4 heures, à la séance de l'Institut. On ne m'a pas fait d'objection et voilà une nouvelle théorie de l'aimant qui en ramène, par le fait, tous les phénomènes à ceux du galvanisme.

Cela ne ressemble à rien de ce qu'on disait jusqu'à présent. Je le réexpliquerai demain à M. de Humboldt, après-demain à Monsieur de Laplace au Bureau des longitudes.

Ta tante Carron va mieux [...]

Ton papa t'embrasse mille et mille fois. »

### 4.3 - La séance du 2 octobre à l'Académie

Pour la première séance d'octobre 1820 à l'Académie, Ampère développe un nouveau dispositif expérimental constitué de deux conducteurs rectilignes et parallèles AB et CD, le premier fixe

contrairement au second mobile. CD est relié à la tige isolante EF reposant en X et Y grâce à de fines pointes posées dans de petits godets remplis de mercure, et permettant le passage du courant dans le cadre XCDY, quelle que soit son inclinaison [Fig.16]. Ce dispositif permet à Ampère de montrer qu'existent les mêmes effets entre deux courants rectilignes qu'entre deux courants en spirale.

Après ces trois séances consacrées à démontrer l'analogie de comportement entre les aimants et les courants, Ampère se concentre sur l'aspect fondamental de l'action entre courants.

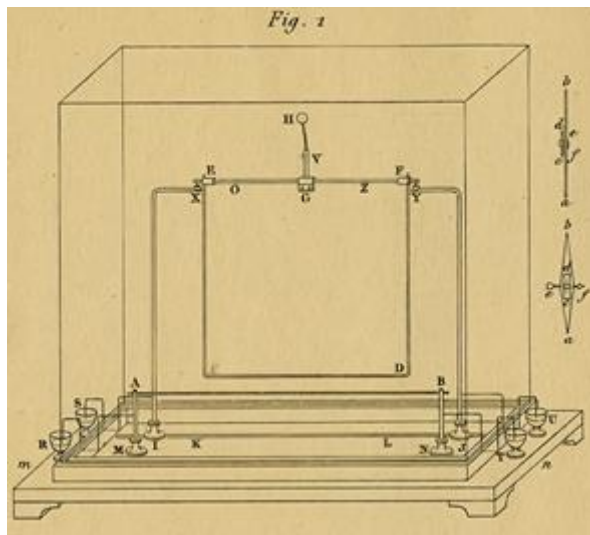


Figure 16 : Dispositif conçu par Ampère pour étudier l'interaction entre deux courants électriques rectilignes parallèles

#### 4.4 - La notion de « courant électrique »

Parallèlement à toutes ces expériences, Ampère cherche aussi à comprendre ce qu'est le courant électrique. Dès le 25 septembre, il déclare à l'Académie que « *Volta a bien prouvé que l'électricité se développe au contact des métaux. Mais elle se développe aussi au contact des autres corps conducteurs* ». Ampère se demande ce qu'est un conducteur : est-ce le lieu neutre d'un transport d'électricité, ou aurait-il une structure microscopique jouant un rôle dans le phénomène de conduction ?

Ampère reproduit alors l'expérience d'Oersted mais en éloignant les pôles de la pile par un fil long de 20 mètres, et il observe que l'aiguille placée au-dessus du fil en son milieu est déviée sans affaiblissement, ce qui suggère un phénomène de conduction. La déviation de l'aiguille ne peut donc pas être due à la tension aux bornes de la pile située si loin, elle est nécessairement le fait du courant électrique. Cette expérience est fondamentale car elle permet à Ampère de distinguer les effets propres du courant électrique de ceux dus à la tension, et de lever l'opposition apparente existant à l'époque entre les deux phénomènes.

Ampère place ensuite une deuxième aiguille aimantée au-dessus de la pile [Fig.17]. Il observe alors que : « *le courant qui existe dans la pile voltaïque, de l'extrémité négative à l'extrémité positive, avait sur l'aiguille aimantée la même influence que le courant du conducteur qui va, au contraire, de l'extrémité positive à l'autre négative* ». Cette expérience fondamentale elle-aussi montre que la pile et le conducteur qui en relie les pôles, ont une propriété commune, celle d'être traversés par un courant identique qualitativement et quantitativement.

Ampère introduit alors la notion de courant en tant que circulation à travers l'ensemble pile-conducteur qui forme un circuit fermé. Il définit un nouveau concept, celui de « courant électrique », et une nouvelle grandeur propre au circuit, celle « d'intensité du courant ». Il choisit

arbitrairement le sens positif du courant à partir de l'électrolyse de l'eau, et enfin développe un nouvel instrument de mesure, le galvanoscope [Fig.18], pour mesurer l'intensité du courant par l'angle de déviation de l'aiguille.

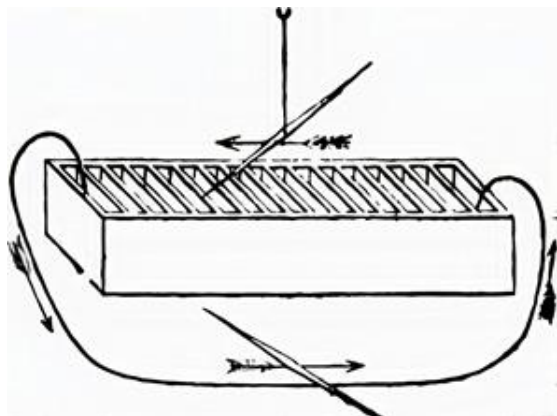


Figure 17 : Dispositif dans lequel une seconde aiguille aimantée est placée au-dessus de la pile

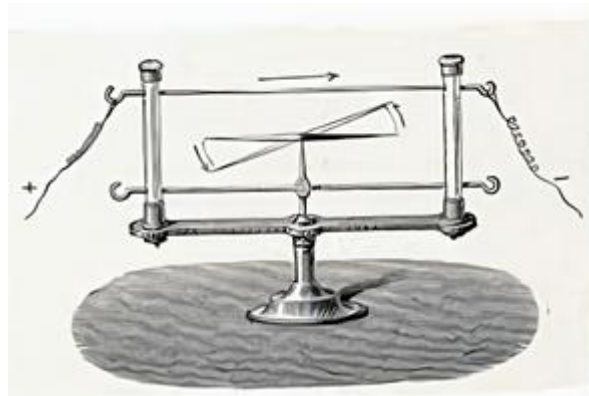


Figure 18 : Le galvanoscope

Ampère distingue alors l'électrostatique, caractérisée par la tension électrique qui se manifeste entre deux corps chargés d'électricité et séparés par des corps non conducteurs, de l'électrodynamique, nouveau terme qu'il forge, caractérisée par un courant électrique qui circule à l'intérieur d'un conducteur du pôle positif vers le pôle négatif. Contrairement à Biot qui suppose la magnétisation temporaire du fil, c'est-à-dire le même type d'interactions entre particules, qu'elles soient immobiles ou en mouvement, le génie visionnaire d'Ampère est ici de supposer des interactions de nature différente entre particules selon leur état, au repos ou en mouvement.

## 5 – A la recherche d'une loi mathématique

Parallèlement à cette démarche expérimentale, Biot et ses disciples d'une part, Ampère d'autre part, s'engagent corps et âme dans la recherche d'une loi mathématique prouvant la véracité de leur modèle. Tous deux sont rivaux et savent que seule la formulation d'une loi pourra leur donner le crédit qu'ils recherchent.

### 5.1 - La formule électrodynamique de Biot-Savart-Laplace

Jean Baptiste Biot travaille avec Félix Savart (1791-1841) et Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) pour formuler cette loi qui prouvera l'hypothèse d'une aimantation temporaire du fil électrique. Ils découpent par la pensée le fil en portions de courant, en « tranches » de conducteur, qui subissent une « aimantation momentanée de leurs molécules », ce qui les rend équivalentes à des aiguilles aimantées tangentielles  $ab$ ,  $a'b'$ , etc. [Fig.19]. Ainsi « la nature de l'action du fil conducteur est la même que celle d'une aiguille aimantée qui serait placée sur le contour du fil dans un sens déterminé et toujours constant par rapport à la direction du courant voltaïque. »

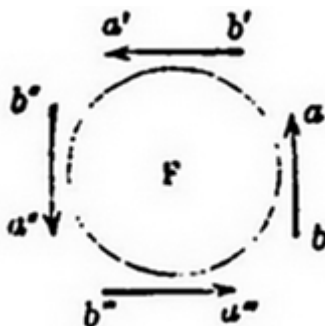


Figure 19 : Tranche de fil conducteur selon Biot

A la séance du 30 octobre 1820 à l'Académie, Biot affirme que la force exercée par un fil conducteur infini sur un dipôle magnétique est inversement proportionnelle à leur plus courte distance [Fig.20]. Il parvient à ce résultat après des mesures très précises réalisées avec Savart selon la méthode de Coulomb qui consiste à mesurer les petites oscillations d'une aiguille aimantée placée à diverses distances du fil conducteur. La force subie est proportionnelle au carré de la période mesurée. Des échanges complémentaires avec Laplace permettent à Biot de formuler l'expression de la force élémentaire correspondante.

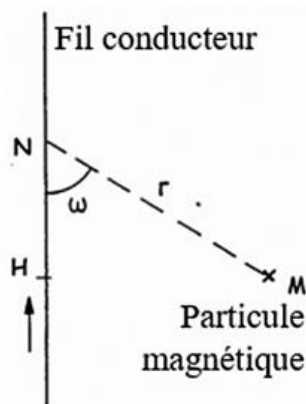


Figure 20 : Configuration de Biot pour l'étude de l'interaction entre une tranche de fil conducteur et une particule magnétique

Grâce à d'autres expériences, Biot remonte à la dépendance angulaire de cette force, ce qui l'amène à affirmer à la séance du 18 décembre 1820 à l'Académie que la force élémentaire exercée par une tranche infiniment mince, située en N, d'un fil conducteur infini sur une « particule de magnétisme » située en M est perpendiculaire au plan de la figure et proportionnelle à :

$$f(r, \omega) = \frac{\sin \omega}{r^2}.$$

Mais en fait, Biot a obtenu la dépendance angulaire en  $\sin \omega$  intuitivement, indépendamment de toute expérience. En 1823, Biot reconnaîtra son erreur, après qu'Ampère l'ait mise en évidence.

L'expression obtenue par Biot suit la théorie newtonienne en  $1/r^2$ , mais elle ne respecte pas le principe de l'action et de la réaction puisqu'elle est transverse. Biot est gêné mais s'en satisfait : l'action d'un courant sur un aimant serait ainsi réduite à de pures actions magnétiques, ce qui revient à négliger le mouvement des charges et à réduire les phénomènes à des forces centrales. Pour en déduire la loi intégrale, Biot n'a donc plus qu'à imaginer un assemblage de minuscules aiguilles aimantées sur tout le pourtour du fil.

## 5.2 - Les hypothèses d'Ampère

Parallèlement à Biot et ses disciples, Ampère cherche à établir une loi mathématique exprimant la force entre courants pour valider son hypothèse. Sa démarche se place dans une pure logique newtonienne : de même que les mécaniciens sont parvenus à déduire mathématiquement tous les mouvements entre deux corps à partir de la force s'exerçant entre deux masses ponctuelles, de même Ampère cherche à écrire une loi générale à partir d'une loi élémentaire universelle entre éléments de courant infinitésimaux, qu'il obtient en décomposant par la pensée, un courant fini en une infinité de petits segments élémentaires. La portion élémentaire de courant qu'il imagine n'est pas la tranche élémentaire infiniment mince envisagée par Biot, mais un élément de longueur infinitésimale  $ds$ , ce qui revient à découper par la pensée un conducteur en une infinité de petits morceaux rectilignes infinitésimaux [Fig.21].

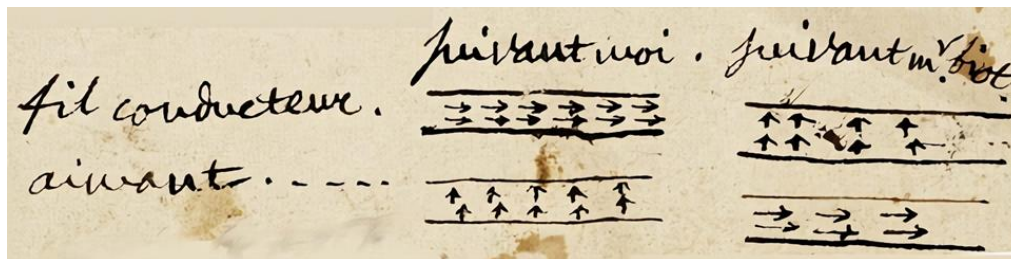


Figure 21 : Schéma d'Ampère. Les flèches représentent des courant élémentaires pour Ampère (colonne "suivant moi") et des aimants élémentaires pour Biot (colonne "suivant M. Biot")

La force entre deux éléments de courant finis peut alors se déduire de cette force élémentaire entre deux éléments infinitésimaux de longueur  $ds$  et  $ds'$  par deux intégrations successives. Un aimant contenant selon l'hypothèse d'Ampère une infinité de courants circulaires coaxiaux, la force entre un aimant et un élément de courant peut alors s'obtenir par une triple intégration. Mais, la réciproque n'est pas vraie : l'expression de la force élémentaire ne peut pas se déduire de la force intégrale. C'est en se heurtant à cette difficulté intrinsèque que Biot a introduit intuitivement le facteur en  $\sin\omega$ . Mais alors, comment déterminer proprement la force élémentaire entre deux éléments infinitésimaux de courant ? C'est à cette tâche que va s'atteler Ampère pendant de très longues années.

Pour établir cette loi élémentaire universelle, Ampère se place dans le cas le plus général qui soit. Il imagine deux éléments infinitésimaux séparés d'une distance  $r$ , l'un centré en un point  $A$  dans un plan  $P$ , l'autre centré en  $B$  dans un plan  $Q$ . L'angle entre les deux plans est  $\gamma$ , et chacun des éléments de courant fait un angle  $\alpha$  pour l'un,  $\beta$  pour l'autre, avec la droite d'intersection entre les deux plans [Fig.22]. Etablir une loi générale d'interaction entre ces deux éléments infinitésimaux de courant revient donc à établir une relation entre toutes ces variables.

Plusieurs hypothèses sont nécessaires : pour commencer, Ampère se place dans un cadre newtonien et il suppose que la force entre ces deux éléments de courant s'exerce à distance selon la droite qui les joint, et qu'elle respecte le principe de l'action et de la réaction. Mais, Ampère est obligé d'émettre une hypothèse supplémentaire : il suppose que la force élémentaire décroît « dans le rapport inverse du carré de cette distance, conformément à ce qu'on observe pour tous les genres d'action plus ou moins analogues à celui-là », et il justifiera plus tard cette hypothèse.

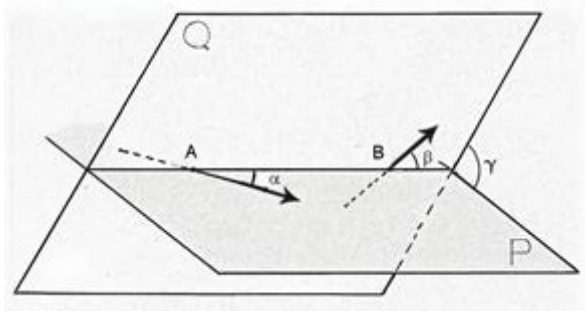


Figure 22 : Configuration d'Ampère pour l'étude générale de l'interaction entre deux éléments infinitésimaux de courant, l'un centré en  $A$ , l'autre en  $B$

### 5.3 - La démarche expérimentale d'Ampère

Ampère commence par adopter une démarche expérimentale rigoureuse pour tester les effets de chacune de ces variables indépendamment. Il reprend le dispositif de la figure 16, étudie proprement l'interaction entre courants parallèles, et vérifie que deux fils parallèles s'attirent s'ils sont parcourus par des courants de même sens et se repoussent si les courants sont de sens contraire. Il suppose alors ce résultat encore valable entre éléments de courant infinitésimaux et

parallèles. Il reprend ensuite le même dispositif expérimental mais en intervertissant l'un des éléments rectilignes de courant par un élément sinueux. Une étude expérimentale approfondie lui permet alors de mettre en évidence le principe d'addition vectorielle entre éléments de courant, qu'il suppose lui aussi encore valable entre éléments infinitésimaux.

Ampère conçoit ensuite un dispositif très complexe [Fig.23] pour analyser l'influence de la direction des éléments de courant l'un par rapport à l'autre. Ce dispositif aurait dû permettre à Ampère d'étudier séparément les influences de la distance  $r$  et des angles  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  entre éléments de courant. Mais, aucune trace de mesure n'existe dans les manuscrits d'Ampère. Trop complexe à réaliser, ce dispositif n'a sûrement jamais existé. Cet épisode souligne un fait marquant chez Ampère, une ingéniosité extraordinaire à concevoir des dispositifs incroyables, et en même temps une absence quasi-totale de mesures. Ampère construit sa réflexion en imaginant les résultats de ses expériences.

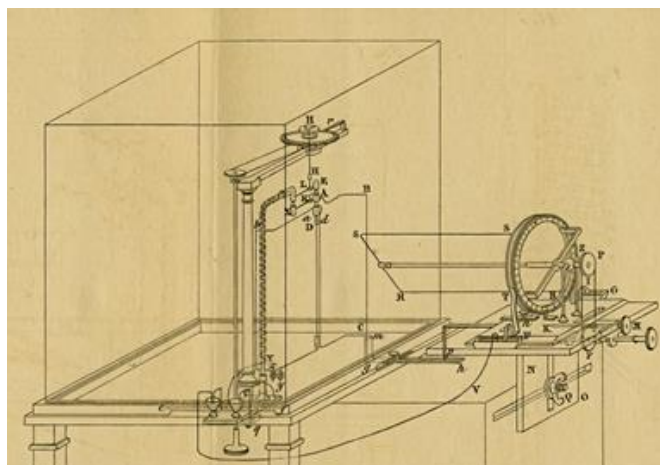


Figure 23 : Schéma d'un dispositif destiné à mesurer la force entre le conducteur mobile vertical BC et le conducteur fixe FS d'inclinaison réglable

Les difficultés rencontrées dans la réalisation de dispositifs expérimentaux amènent Ampère à abandonner la perspective d'effectuer des mesures absolues comme Biot, et il écrit : « Je fus bientôt convaincu qu'on ne pouvait conclure cette loi de l'expérience », car on ne peut pas mesurer de forces entre des éléments infinitésimaux. Ce constat oblige alors Ampère à établir de nouvelles hypothèses, et il suppose nulle la force entre deux éléments de courant situés dans deux plans perpendiculaires en leur milieu. Grâce à cette nouvelle hypothèse, Ampère peut établir que la force élémentaire entre deux courants doit être proportionnelle au rapport :

$$\frac{gh (\sin\alpha \sin\beta \cos\gamma + k \cos\alpha \cos\beta)}{r^2}$$

où  $g$  et  $h$  sont deux grandeurs dépendant de « ce qu'il passe d'électricité en des temps égaux ».

Cette première expression est en accord avec les résultats expérimentaux de Biot donnant une force en  $1/r$  pour un fil infini agissant sur un aimant. Mais, la théorie d'Ampère est loin de faire l'unanimité pour de multiples raisons : confusion de ses mémoires écrits à la hâte, difficulté à reproduire ses expériences, réticence à la considération de ses éléments infinitésimaux de courant. Pour toutes ces raisons, scepticisme et méfiance continuent à accompagner son hypothèse d'existence de courants électriques dans les aimants.

Après une interruption due à une longue maladie pulmonaire, Ampère relance ses recherches, à l'automne 1821, suite à la découverte de Michel Faraday (1791-1867) qui réalise la rotation continue d'un aimant sous l'action d'un conducteur, et réciproquement. Ampère imagine alors un nouveau dispositif, vraisemblablement non réalisé [Fig.24], grâce auquel il obtient des rotations continues uniquement par des courants, impossibles à obtenir avec des aimants seulement. Avec ingéniosité,



il imagine un circuit mobile AEFG en équilibre sur la coupelle S, soudé à un cercle horizontal de cuivre qui plonge dans une cuve d'eau acide. Un circuit placé autour de la cuve et parcouru par un courant intense provoque alors la rotation du dispositif mobile. Cette expérience confirme Ampère dans sa théorie et porte un coup fatal supplémentaire à la théorie de Biot. Ampère est alors à deux doigts de découvrir le principe du moteur électrique, mais tel ne fut pas le cas : c'est la compréhension des phénomènes fondamentaux qui occupe pleinement son esprit, plutôt que le développement de leurs applications.

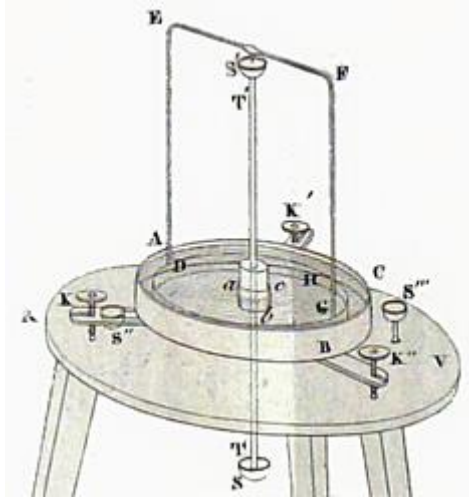


Figure 24 : Dispositif conçu par Ampère pour créer la rotation continue d'un courant sous l'action d'un autre courant

#### 5.4 - La « méthode du zéro »

A partir de 1822, Ampère abandonne définitivement les expériences et développe une méthode originale, « la méthode du zéro » : elle consiste à observer le maintien en équilibre d'un conducteur mobile sous l'effet d'actions égales et opposées de deux conducteurs fixes parcourus par un même courant. Ampère imagine alors des dispositifs complètement astatiques, afin d'éliminer les effets du magnétisme terrestre, ce qui lui permet d'étudier des équilibres très purs. L'analyse de la géométrie des conducteurs lui fournit les informations mathématiques nécessaires à la formulation de la force élémentaire. A partir de l'expérience de la figure 16, il invente un dispositif astatique qui permet d'étudier deux cas d'équilibre pur, ceux du fil conducteur mobile placé entre deux fils rectilignes, puis entre un fil rectiligne et un fil sinueux, parcourus par un même courant [Fig.25]. L'équilibre du segment mobile cd (en bleu Fig. 25) appartenant à un circuit astatique, est obtenu par la compensation entre les actions simultanées exercées par un courant sinueux établi entre A et B (en rouge) et un courant rectiligne établi entre G et H (en rouge).

L'expérience de rotation continue fournit à Ampère un troisième cas d'équilibre, mais il s'agit d'une expérience de pensée puisque le dispositif de la figure 22 n'a jamais été réalisé. Les calculs qu'il en tire lui permettent de déterminer la valeur du facteur  $k$  présent dans sa première expression de la force :  $k = -1/2$ .

Le quatrième cas d'équilibre est fourni par l'étude de l'équilibre dynamique d'une boucle de courant PQ appartenant à un circuit astatique, placée entre deux boucles fixes de courant, l'une  $p$  fois plus petite, l'autre  $p$  fois plus grande que la boucle mobile, les distances entre les centres de ces boucles étant dans le même rapport  $p$  que leurs rayons [Fig.26]. Il n'existe que des croquis de ce dispositif incroyable et il est certain qu'il n'a jamais été réalisé. Le calcul de l'équilibre de ce système permet alors à Ampère de justifier la dépendance en  $1/r^2$  de sa loi.

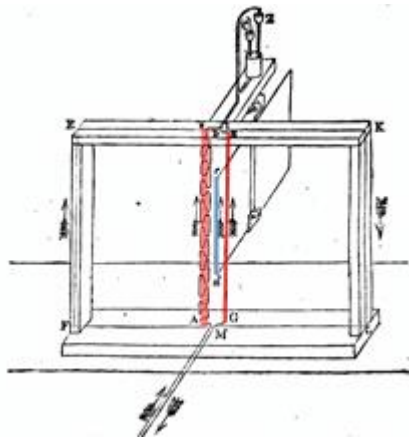


Figure 25 : L'un des quatre dispositifs conçus par Ampère pour étudier les équilibres entre conducteurs

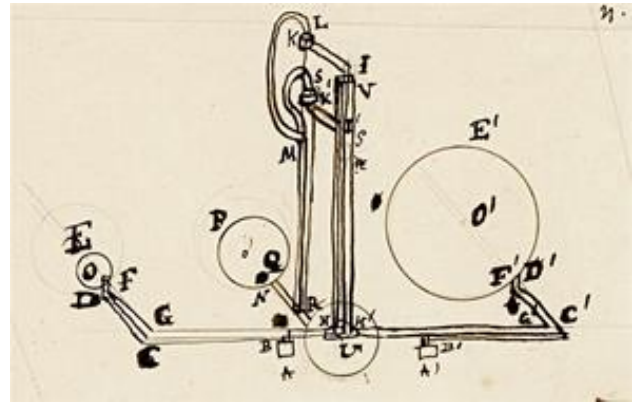


Figure 26 : Croquis du 4<sup>ème</sup> cas d'équilibre. La perspective n'est pas respectée : les trois boucles de courant se trouvent dans un plan horizontal et leurs centres alignés

## 5.5 - L'énoncé de la loi fondamentale

Ces quatre situations d'équilibre jouent un rôle fondamental pour Ampère, analogue à celui des trois lois de Kepler pour Newton dans sa quête de la loi fondamentale de la dynamique. C'est grâce à leur étude qu'il parvient finalement à la formulation générale de l'action mutuelle entre deux éléments de courant infiniment petits de longueur  $ds$  et  $ds'$  :

$$\frac{ii' ds ds' (\sin\alpha \sin\beta \cos\gamma - 1/2 \cos\alpha \cos\beta)}{r^2}$$

Cette formule extrêmement puissante permet ensuite à Ampère de définir l'intensité de courant à partir de la force exercée sur un élément de courant parallèle pris comme référence. Elle lui permet aussi de calculer les interactions entre deux circuits réels, entre deux aimants, ou entre un aimant et un courant, dans n'importe quelle configuration, en résolvant « de simples questions de calcul intégral ». Dans la pratique, ce ne sera pas si simple et Ampère sera obligé de développer de nouveaux outils mathématiques.

Enfin, Ampère et Félix Savary (1797 - 1841) montrent ensemble que la formule de Biot et Savart entre un fil et un aimant, tout comme celle de Coulomb entre deux aimants, peuvent se déduire de sa formule élémentaire et qu'elles n'en sont que des cas particuliers. Et Ampère d'affirmer en 1823 que « *tous les faits non encore expliqués complètement [...] sont des conséquences nécessaires de sa formule* ».

## 5.6 - Cas particuliers qui en découlent

L'obtention de la formule de la force élémentaire n'occupe en fait qu'une petite partie du 2<sup>e</sup> ouvrage d'Ampère intitulé « *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamique uniquement déduite de l'expérience* ». Tout le reste est consacré à de longs calculs d'application à tous les cas particuliers possibles d'interactions entre courants et aimants.

Entre autres, Ampère s'intéresse à l'action d'un circuit fermé quelconque sur un élément de courant  $ds'$  perpendiculaire à cet élément et à une droite « directrice » qui ne dépend que du circuit fermé et qu'il décide d'appeler « directrice ». Il montre alors que l'intensité de cette force peut s'écrire :

$$D i i' ds' \sin\omega / 2$$

avec  $\omega$  l'angle entre l'élément de courant  $ds'$  et la directrice, et  $D$ , une grandeur qui ne dépend que de la géométrie du circuit fermé et du point où se trouve l'élément de courant. On reconnaît que la grandeur de norme  $D/2$  et de direction, celle de la « directrice », a les propriétés du vecteur appelé aujourd'hui champ magnétique, et que l'expression d'Ampère est en fait celle de la force connue aujourd'hui sous le nom de force de Laplace :

$$d\vec{F} = i' d\vec{s}' \wedge \vec{B}$$

Ampère s'intéresse aussi à l'action mutuelle de deux conducteurs rectilignes parallèles séparés d'une distance  $a$ , parcourus par des courants d'intensité  $I$  et  $I'$ . Il montre que la force exercée par l'un d'eux considéré comme infini, sur une portion de l'autre de longueur  $L$ , est proportionnelle à  $II'L/a$ . C'est à partir de cette expression qu'est définie, en 1881, l'unité d'intensité qui porte le nom d'Ampère dans le système international d'unités.

Enfin, lors d'un cours au Collège de France en 1826, Ampère calcule le travail de la force subie par le pôle magnétique en rotation le long d'une courbe fermée : il obtient une valeur qui croît à chaque tour, et y voit une « curiosité ... parce qu'on ne peut isoler les pôles d'un aimant ». En 1856, Maxwell montre que le travail de la force électromagnétique agissant sur le pôle d'un aimant en rotation autour d'un fil est proportionnel à l'intensité du courant dans le fil. En hommage à Ampère, Maxwell donne alors le nom de théorème d'Ampère à la formulation générale de ce résultat.

## 6 – Conclusion

Cet article est le récit d'un moment court et intense de la vie d'Ampère, situé entre 1820 et 1826, qui le fera passer à la postérité en tant que découvreur de l'électrodynamique. Il a mis en lumière un homme brillant animé d'une audace intellectuelle hors du commun, et un expérimentateur doté d'une ingéniosité féconde, malgré une quasi complète absence de mesures expérimentales. Mais, derrière cette façade se cache aussi un intellectuel tourmenté, tiraillé entre ses propres contradictions : ses échanges avec Augustin Fresnel (1788-1827) l'amènent à être intimement convaincu par une propagation de proche en proche dans l'éther pour expliquer l'existence des phénomènes électromagnétiques dans la matière, ce qui est certes cohérent avec sa vision de jeunesse, mais en contradiction avec la formulation newtonienne de sa loi fondamentale.

Par le bouleversement conceptuel qu'elle induit, l'approche d'Ampère eut l'effet d'une bombe dans la communauté scientifique : d'abord rejetée en bloc, elle fera ensuite consensus grâce à l'acharnement d'Ampère. Les dispositifs qu'il a dessinés ne verront pas tous le jour, mais ils seront des objets de pensée qui lui permettront d'intriquer expériences qualitatives et formulations théoriques, toujours en quête d'une homogénéité logique entre le « jugement universel » de la théorie, et le « jugement particulier » de l'expérience, selon les expressions de G. Canguilhem. C'est cette démarche scientifique qui permettra à Ampère d'établir une loi universelle unifiant électricité et magnétisme, et qui fera de la découverte d'Oersted une révolution scientifique donnant naissance à l'électromagnétisme.

## Références :

- [1]: Ampère, le « Newton de l'électricité » ?, Christine Blondel, Sabix n° 37, 2004, p. 57.
- [2]: Ampère et la création de l'électrodynamique, Christine Blondel, Mémoires de la section des sciences, BNF, 1982.
- [3]: <http://www.ampere.cnrs.fr/> Christine Blondel et Bertrand Wolf.