

L'histoire de Ørsted, connaissance et électromagnétisme

Culture Sciences
de l'Ingénieur

Laila ZWISLER

Édité le
12/04/2022

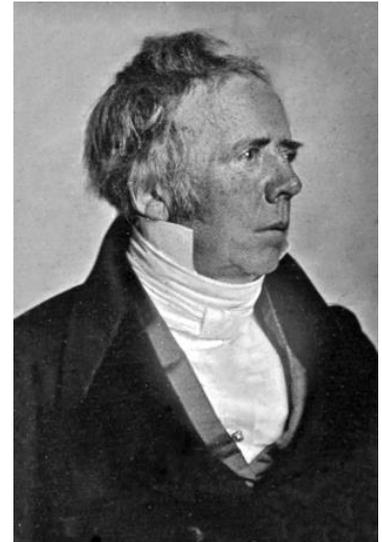
école —————
normale —————
supérieure —————
paris—saclay —————

Cette ressource est issue d'une publication du numéro 104 de La Revue 3EI d'avril 2021. Laila Zwisler est directrice de Division et chercheuse à la Division de l'Histoire de la Technologie, Université technique du Danemark.

En 1820, alors qu'il donnait une leçon à l'université de Copenhague, le scientifique danois Hans Christian Ørsted découvrit qu'un courant électrique pouvait entraîner le mouvement d'une aiguille aimantée.

Cet article relate la découverte de l'électromagnétisme et détaille pourquoi H.C. Ørsted était à la recherche du phénomène. L'accueil donné à cette découverte sera également discuté, ainsi que la longue histoire de l'intégration de l'électromagnétisme dans notre vision du monde scientifique et dans la technologie, devenant ainsi omniprésente dans notre vie quotidienne.

Figure 1 : Hans Christian Ørsted (1777-1851), Crédit Wikicommons



1 – Découverte de l'électromagnétisme

En 1820, alors en pleine leçon à l'université de Copenhague, le scientifique danois Hans Christian Ørsted fit une observation étonnante : alors qu'il faisait passer un courant au-dessus de l'aiguille aimantée d'une boussole, celle-ci dévia légèrement. Ørsted venait de découvrir un phénomène nouveau, liée à la relation entre l'électricité et le magnétisme. Cet effet devint connu sous le nom d'électromagnétisme.

Avec cette découverte, Ørsted ouvrit une voie vers de nouvelles technologies ainsi que de nouvelles connaissances. Bien entendu, ces perspectives étaient insoupçonnées à l'époque d'Ørsted, c'est pourquoi la découverte fut un choc pour de nombreux savants d'envergure : elle allait en effet à l'encontre de leurs propres théories. Ørsted lui-même ne fut probablement pas surpris car, depuis quelques temps, il jouait avec l'idée qu'un courant pouvait influencer un aimant. Il écrivit à ce sujet en 1812 dans l'ouvrage *Ansicht Der Chemischen Naturgesetze* :

“Des expériences devraient être conduites pour essayer de déterminer si dans un contexte électrique, nous pouvons produire un effet sur un aimant. Le sujet ne sera pas sans difficultés car l'électricité agira sur le corps aimanté comme un corps non magnétique ; il serait peut-être possible d'obtenir des informations sur ce point en comparant des aiguilles magnétiques et non magnétiques”.

Cette recherche de l'existence de l'électromagnétisme était liée pour Ørsted au fait qu'il était profondément influencé par l'école romantique germanique de philosophie naturelle. Selon la philosophie romantique, la nature était un organisme vivant doté d'une raison profonde. Les romantiques croyaient qu'il existait une unité fondamentale de la nature, et que tout dans le monde était interconnecté. Le monde était dynamique, et les phénomènes devaient être compris comme des interactions entre des forces opposées qui cherchaient constamment à atteindre l'équilibre par

le conflit. Pour Ørsted, des phénomènes tels que l'électricité et le magnétisme étaient des manifestations de cette unité. Beaucoup de romantiques croyaient que le chemin vers la connaissance passait par des processus internes, de préférence émotionnels et sensuels. Les expériences n'avaient aucun sens pour beaucoup de romantiques car les sentiments ne pouvaient pas être mesurés ou imposés. D'autres, comme Ørsted, croyaient qu'une combinaison d'expériences et d'intuition était la meilleure voie vers la vérité.

Le point de vue romantique contraste fortement avec la description mathématique de la nature, dominante en physique au début des années 1800, en particulier en France. Le lien entre l'électricité et le magnétisme a été une grande surprise parce que les scientifiques de premier plan de l'époque croyaient que l'électricité et le magnétisme se composaient de types complètement différents de particules, qui ne pouvaient pas interagir les unes avec les autres.

La vague romantique et les scientifiques français représentaient des cultures du savoir opposées et ne s'étaient pas mis d'accord sur ce qui pouvait compter comme connaissance ou comment la connaissance était créée et représentée. L'idée des sentiments et de l'intuition comme chemin vers la vraie connaissance avait peu de crédit à Paris, où le scientifique préférait être convaincu par la preuve expérimentale et la rigueur mathématique.

2 – Scepticisme

À Paris, la nouvelle de la découverte d'un effet électromagnétique par Ørsted a été accueillie avec scepticisme. S'agissait-il une fois de plus d'un « rêve romantique », comme l'a écrit Pierre Dulong au chimiste suédois Jacob Berzelius ? L'effet électromagnétique n'a pas été accepté jusqu'à ce qu'il soit vérifié expérimentalement par François Arago.



Figure 2 : Sur cette plaque mise en place à Nørregade, Copenhague, lieu de la découverte de l'électromagnétisme, H.C. Ørsted est représenté tenant un fil au-dessus d'une aiguille de boussole. Était-ce simplement un rêve romantique ? L'Académie Française a mis en place un groupe de chercheurs pour répéter les expériences d'Ørsted, et une semaine plus tard, ils ont démontré qu'effectivement, un fil porteur de courant pouvait affecter un aimant.

Plusieurs scientifiques Français, dont André-Marie Ampère, se sont alors lancés dans l'étude du nouveau phénomène. Au cours de cette exploration, Ampère a eu l'idée que le magnétisme découlait des courants électriques. Ampère a donc construit un dispositif dans lequel deux fils porteurs de courant s'attiraient ou se repoussaient. Ampère croyait qu'il y avait de minuscules

courants électriques dans un aimant, et que c'était ce qui produisait l'effet observé, ce qui n'avait donc rien à voir avec le magnétisme. Ses efforts ont permis de jeter les bases de nombreuses théories ultérieures de l'électromagnétisme, et a commencé le développement mathématique du domaine. Par la suite, Ørsted a rencontré Ampère, mais Ørsted était mitigé sur ce travail de son confrère et argumentait que l'accent mis sur les mathématiques conduisait à une image incorrecte du phénomène.

Ørsted et sa découverte acquirent une renommée internationale, et attisèrent également l'intérêt du scientifique britannique Michael Faraday. En 1821, Faraday découvrit qu'un aimant et un fil porteur de courant pouvaient tourner l'un autour de l'autre. Dix ans plus tard, il découvrit l'induction, c'est-à-dire, qu'un aimant pouvait créer un courant électrique dans un fil s'ils se déplaçaient les uns par rapport aux autres. Aux États-Unis, Henry Joseph découvrit cet effet en même temps que Faraday.

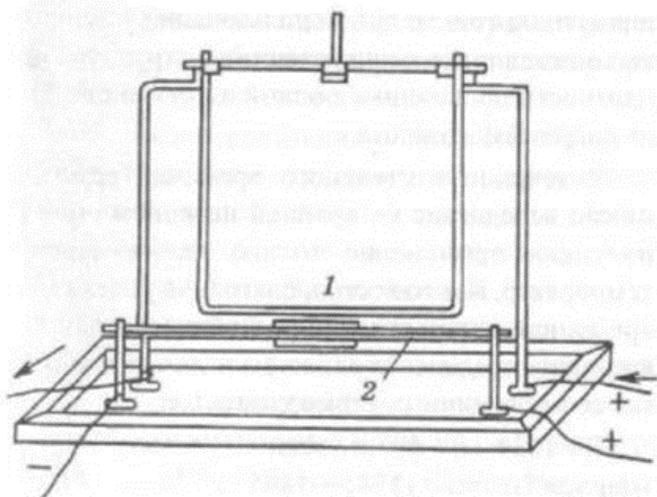


Figure 3 : Lorsqu'un courant passe à travers les deux conducteurs de cet appareil, l'un d'eux se déplace. De : Ampères Recueil d'observations électro-dynamiques, 1822. Crédit: History of Technology DTU

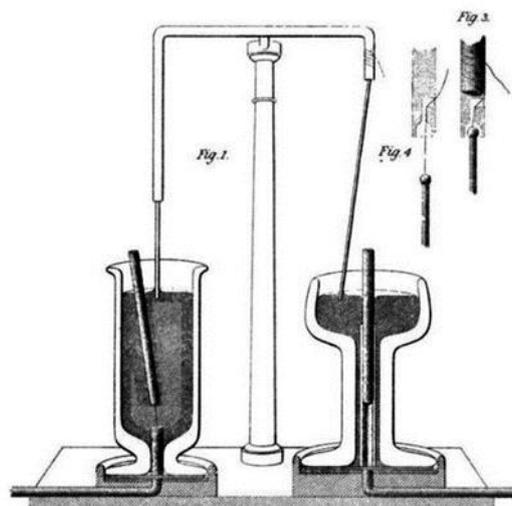


Figure 4 : L'appareil de Faraday, dans lequel un fil parcouru par un courant tournait autour d'un aimant, et vice-versa. De: Experimental Researches in Electricity, 1844

Ørsted lui-même contribua peu aux travaux scientifiques sur l'électromagnétisme après 1820 - peut-être avait-il trouvé ce qui l'intéressait ? Mais sa découverte lui apporta renommée et influence et fit de lui un scientifique de premier plan au Danemark. Ørsted et l'effet qu'il avait démontré allaient suivre des chemins séparés.

3 – Sciences et technologies

La découverte de l'électromagnétisme n'était pas seulement une question de curiosité scientifique ou de philosophie. C'était aussi une question de technologie et au début des années 1800, la grande technologie de l'époque était la batterie. Avec ces éléments galvaniques, on pouvait produire un courant électrique assez constant. Les scientifiques s'étaient lancés dans la compétition et des batteries coûteuses avaient été construites. Parmi ce bouillonnement d'activités, l'utilisation de l'électrolyse conduisit aux découvertes notables de nouveaux éléments chimiques. Ainsi, l'électricité a été principalement vue comme une avancée de la Chimie et non de la Physique. Le magnétisme était un phénomène bien connu à cette époque et on pouvait s'attendre à ce que l'intérêt pour l'électricité bénéficie à l'électromagnétisme. Mais, en comparaison à nos expériences actuelles, les batteries étaient de faibles puissances, complexes et coûteuses à produire. La mise en évidence d'un effet électromagnétique nécessitait un effort important. Il est

d'ailleurs possible que Gian Romagnosi ait observé le premier un phénomène électromagnétique en 1802 mais qu'il n'ait pas convaincu la communauté universitaire (figure 3).



Figure 5 : Gian Romagnosi (1761-1835) : Le premier découvreur de l'électromagnétisme ?
Crédit Wikicommons

La batterie utilisée par Ørsted lors de la conférence de Copenhague était petite et coûteuse et donnait à Ørsted peu de marge de manœuvre. Ørsted avait par ailleurs des fonds limités et luttait souvent financièrement. Au début de 1820, il était au bord de la faillite. Les frontières entre ses finances personnelles et celles de son université affiliée étant perméables, ses recherches furent entravées par sa situation matérielle. Remis à flots par des amis, Ørsted put trouver à la fois le temps et l'argent pour examiner et approfondir sa découverte.

4 – Diffusion de la découverte

Trois mois après cette conférence, grâce à une batterie de meilleure qualité, Ørsted put réaliser sa démonstration devant un parterre de personnalités renommés. Dans une série d'expériences systématiques, Ørsted, en tant qu'expérimentateur habile et complet, explora l'électromagnétisme de nombreuses façons originales.

Ørsted rédigea un article en latin qu'il fit imprimer et envoyer à d'importants scientifiques de l'époque. Par la clarté de ce document dans lequel il fournissait une description de la méthodologie expérimentale et des résultats, il rendait la reproduction aisée.

L'analyse de ce document démontre clairement que les actions d'Ørsted n'étaient pas seulement guidées par des idéaux romantiques, qui postulaient que la connaissance se découvrait uniquement par la raison, car il chercha dans ses travaux scientifiques une confirmation empirique de ses hypothèses. En tant qu'individu Ørsted ne peut donc pas être seulement identifié à une culture du savoir spécifique, car il a uni les idéaux romantiques avec les idéaux des Lumières.

5 – La vie et la formation de H.C. Ørsted

Hans Christian Ørsted naquit dans la ville danoise de Rudkøbing en 1777. Son père était pharmacien, et il était tout à fait naturel pour le jeune Hans Christian de suivre les traces de son père en travaillant dans l'entreprise familiale. C'est peut-être l'expérience acquise dans la pharmacie qui fit d'Ørsted un formidable chimiste appliqué et qui lui permit de concevoir une méthode

d'isolement de l'aluminium. En 1797, il passa son dernier examen universitaire en pharmacologie, et en 1799, il présenta son doctorat en philosophie naturelle à l'Université de Copenhague.



Figure 6 : Ørsted jeune homme. Plaque de cuivre gravée par Gilles Louis Chrétien, ca. 1800.
Crédit : History of Technology

En complément de son travail à la Løve Apoteket (La Pharmacie du Lion) à Copenhague, il travailla à titre gratuit en tant que professeur adjoint à la Faculté de médecine de l'Université de Copenhague, et à partir de 1801, il entreprit des études en chimie et en physique à l'étranger.

Ørsted obtint un poste à l'Université de Copenhague en 1806, et devint professeur de physique en 1817. Lorsqu'Ørsted découvrit l'électromagnétisme, il avait une bonne situation académique et exerçait une influence considérable au Danemark. Toutefois, d'autres scientifiques internationaux de premier plan étaient sceptiques à l'égard de la science romantique d'Ørsted.

6 – Ørsted et la théorie du tout

Sur la base des étroites spécialisations académiques de notre époque, on peut se demander comment un pharmacien et chimiste pouvait devenir professeur de physique. Mais les sciences de la nature ne faisaient que s'établir au Danemark. En outre, Ørsted était très ouvert, et nos limites disciplinaires lui sembleraient dénuées de sens. Il se voyait comme un « enquêteur de la nature » et percevait un lien entre les lois de la nature, de la morale, de la vérité et de l'esthétique. « La science, l'art et la morale donnent un aperçu du vrai, du beau et du bien, et ainsi, chacun à sa manière, conduisent à une compréhension de Dieu », écrit Ørsted dans son livre *L'Esprit dans la nature*. Pour Ørsted, Dieu s'est manifesté dans la nature, et la compréhension profonde du monde peut être atteinte par de points de vue croisés.

Avec sa perspective d'ouverture, Ørsted est devenu l'une des figures culturelles de premier plan de l'âge d'or danois. Tout au long de sa vie, il s'est battu pour asseoir les sciences de la nature au Danemark, et il a été l'un des principaux moteurs de la création du Collège polytechnique (aujourd'hui Université technique du Danemark).

Ørsted a également contribué au développement de la langue danoise. Il croyait que les mots d'origine nordique créaient une impression plus forte et plus claire sur l'imagination et l'intuition. Il fut donc à l'origine de l'introduction de nombreux nouveaux mots en danois tels que brint (hydrogène), ilt (oxygène), rumfang (volume) et ildsjæl (âme ardente). Son cercle d'amis

comprenait des auteurs danois de premier plan tels qu'Adam Oehlenschläger et Hans Christian Andersen.

La philosophie de la nature d'Ørsted l'a amené à minimiser l'importance des mathématiques dans les sciences naturelles, et en raison de son influence considérable, cela dut avoir un effet durable à la fois sur la recherche scientifique et sur l'enseignement au Danemark. Le successeur d'Ørsted en tant que professeur de physique, Carl Valentin Holten, n'était pas non plus versé dans les mathématiques. Le Danemark se tenait alors en dehors du développement de la nouvelle physique mathématique. De nos jours, où les sciences et les mathématiques sont pratiquement synonymes, on dit parfois qu'Ørsted n'était pas particulièrement scientifique, parce qu'il n'a pas utilisé les mathématiques.



Figure 7 : Le Collège Polytechnique vu de Studiestræde. La résidence professorale d'Ørsted faisait partie du collège.
Crédit : Histoire de la technologie DTU



Figure 8 : Ørsted, dessiné par Eckersberg en 1822. Une aiguille magnétique peut être vue sur l'image. Crédit :
History of Technology DTU

7 – L'électromagnétisme et notre perception du monde

La découverte de l'électromagnétisme est venue changer notre compréhension du monde. James Clerk Maxwell est l'un des scientifiques qui ont développé la compréhension théorique de l'électromagnétisme. Au milieu du XIXe siècle, Maxwell formula la théorie qui unit l'électricité, le magnétisme et la lumière, et démontra théoriquement qu'il s'agit de différentes manifestations du même phénomène. Maxwell montra également que les champs électromagnétiques n'ont pas seulement un effet local, mais que, sous forme de rayonnement électromagnétique, ils peuvent voyager dans l'espace à la vitesse de la lumière. En 1886, le physicien Heinrich Rudolf Hertz observa ces ondes, et avec le temps, il est admis de considérer la lumière comme une forme de rayonnement électromagnétique. Avec l'avènement de la physique quantique au début du XXe siècle, la lumière, et donc l'électromagnétisme, a acquis un rôle de plus en plus central en physique. Aujourd'hui, l'électromagnétisme est considéré comme l'une des quatre interactions fondamentales qui unissent notre monde. La plus connue de ces interactions est la gravité. Beaucoup de physiciens s'attendent à ce que les quatre interactions fondamentales soient un jour unies en une seule théorie - trois

d'entre elles le sont déjà, tandis que la gravité résiste encore. Ces efforts auraient probablement enchanté un Ørsted imprégné de son romantisme.

8 – Électromagnétisme et technologie

La découverte d'Ørsted fut rapidement intégrée dans le développement technologique de l'époque. Un grand nombre de technologies sont basées sur l'électromagnétisme : en voici quelques exemples.

Dans le domaine des communications, l'électromagnétisme s'est avéré utile pour la télégraphie. Lorsque Ørsted découvrit l'électromagnétisme, plusieurs inventeurs avaient déjà tenté d'utiliser l'électricité dans la télégraphie, et ils essayèrent bientôt d'utiliser l'électromagnétisme à cette fin. Les inventeurs britanniques William Cooke et Charles Wheatstone développèrent le premier système télégraphique électromagnétique commercial pour le Great Western Railway en 1838. Avec l'intérêt grandissant pour la communication, il y avait de nombreuses suggestions sur la façon d'améliorer la télégraphie. Un télégramme pouvait peut-être être transmis par voie aérienne. Plusieurs inventeurs ont travaillé sur le problème du transfert sans fil du son et l'un des résultats a été la radio pour la radiodiffusion, apportant de la musique et des nouvelles dans les foyers



Figure 9 : Cooke et Wheatstone ont utilisé l'effet électromagnétique pour déplacer des aiguilles dans leur dispositif télégraphique. Celui-ci a cinq aiguilles, qui peuvent pointer vers n'importe quelle lettre de l'alphabet. Crédit Wikicommons

L'électromagnétisme n'était pas seulement utile dans la communication, mais aussi pour les moteurs. A partir de 1821, le principe de rotation de Faraday, dans lequel un courant provoque le mouvement d'aimant, permet de convertir l'électricité en mouvement. Bien qu'il n'ait pas eu d'objectif pratique, on peut avancer que Faraday créa le premier moteur électrique.

Les inventeurs et les scientifiques ont travaillé à développer des moteurs électriques, mais bien que beaucoup d'entre eux aient fait preuve d'une grande inventivité, il a fallu beaucoup de temps avant que ces moteurs soient largement diffusés. Le développement des moteurs électriques dans les domaines embarqués comme l'automobile a été limité par le coût et la taille des batteries en n'a donc pas pu concurrencer les moteurs basés sur d'autres sources d'énergie. Les moteurs électriques, cependant, ont gagné du terrain après les années 1880, lorsque les systèmes d'alimentation électrique se sont répandus.



Figure 10 : C'est grâce au moteur électrique que nous pouvons utiliser des aspirateurs.
Crédit : Wikicommons

9 – La question de l'électromagnétisme

L'électromagnétisme s'est en général avéré utile dans de nombreuses technologies - beaucoup plus que ce qui est décrit ici. Il fait maintenant partie de notre arsenal technologique standard, tout comme les clous et les engrenages, et les scientifiques et les inventeurs travaillent constamment à développer de nouvelles applications et de nouvelles connaissances.

La découverte de l'électromagnétisme en 1820 découle clairement de la cohabitation chez Ørsted de plusieurs cultures différentes. Alors que son idée de l'électromagnétisme provient principalement de ses sentiments romantiques, la méthodologie expérimentale étrangère à ce système de pensée a été déterminante. Toutefois sa conception d'une physique indépendante des mathématiques a rencontré des incompréhensions chez les savants de son époque. L'omniprésence de l'électromagnétisme de nos jours est le résultat des efforts d'un grand nombre d'individus qui ont chacun vu le monde dans une perspective différente et ont donc apporté leur pierre à l'édifice commun.