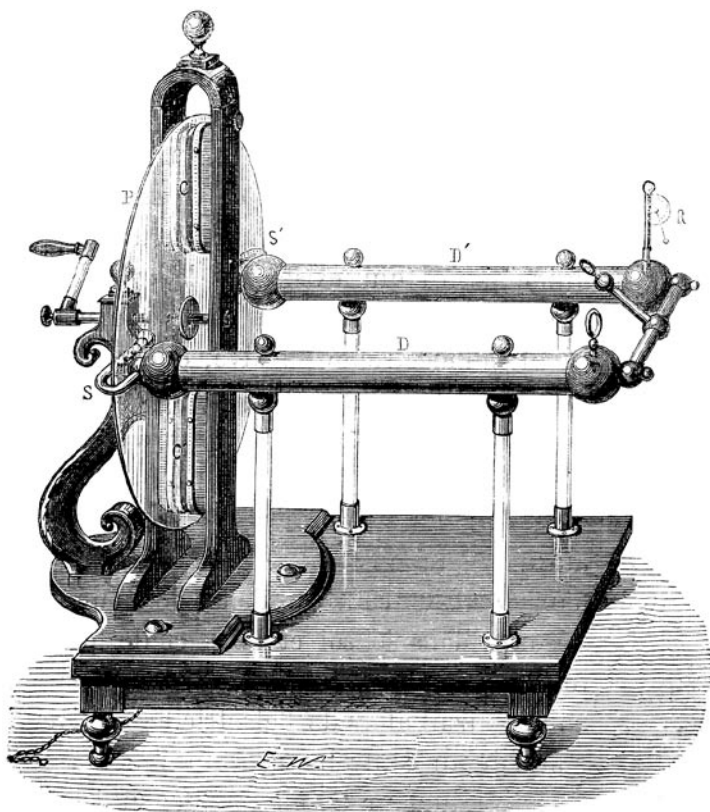
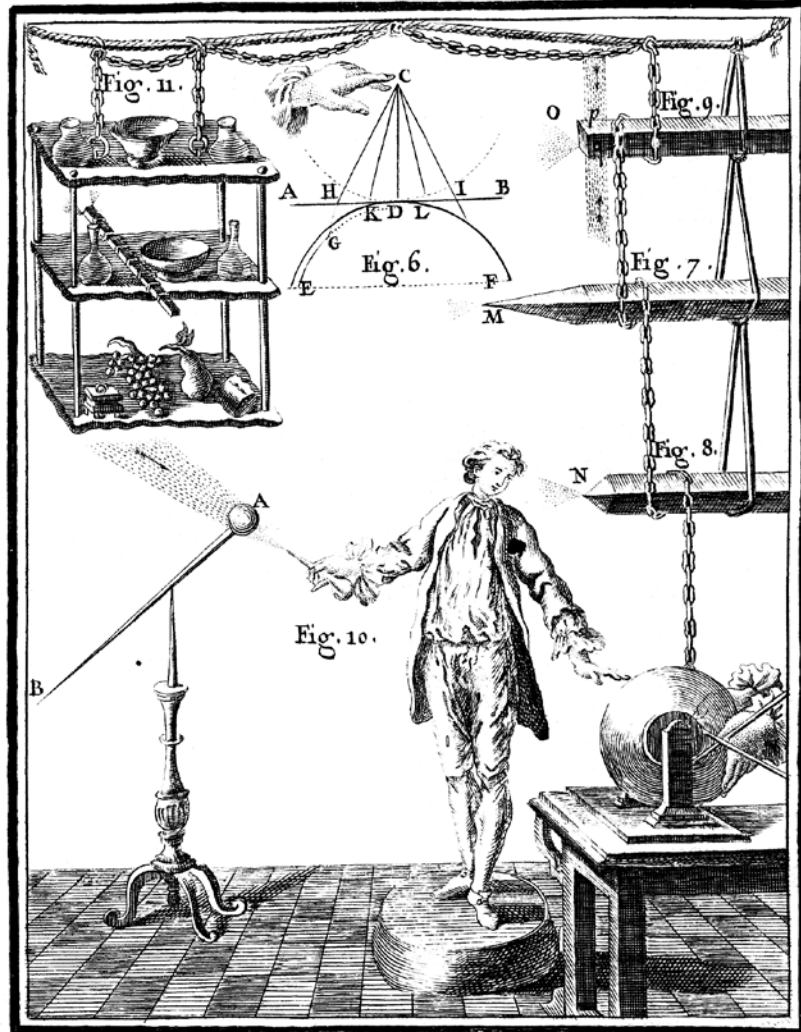


D'UNE VITRINE À L'AUTRE : IL ÉTAIT UNE FOIS L'ÉLECTRICITÉ



Une histoire de l'électricité racontée par les instruments du Musée d'histoire des sciences

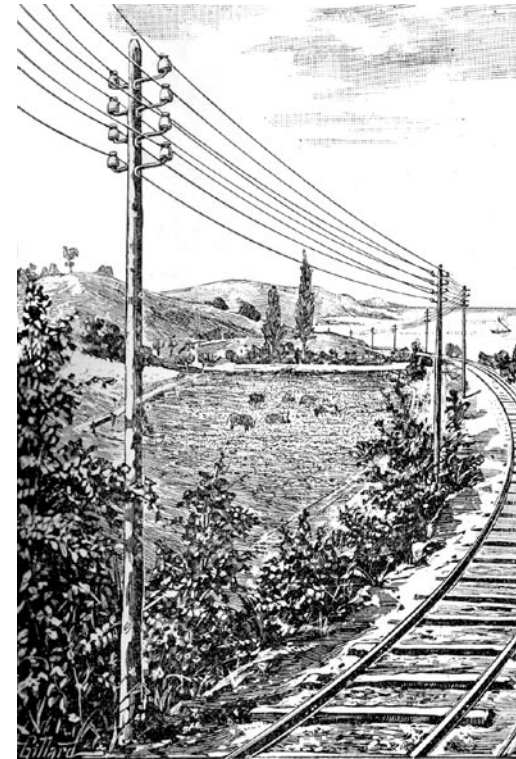


Légende Nollet 4

Couverture: Machine électrique à plateau, Merveilles de la science, Figuiet, Paris, 1877, collection MHS

D'une vitrine à l'autre: il était une fois l'électricité

Ce carnet se propose d'introduire le visiteur dans les deux salles du musée consacrées à l'électricité. Pour ceux qui voudraient en savoir plus, des cartels disposés dans les vitrines fournissent des explications plus détaillées sur les objets exposés.

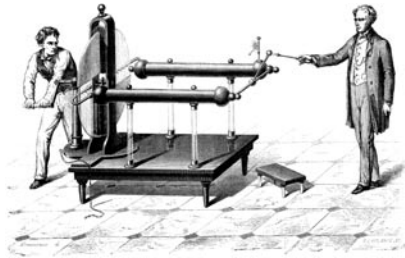


Légende

Produire, mesurer, stocker les charges électriques

- **vitrines: les machines électriques à frottement, les machines à influence, les accessoires électriques, la mesure des charges électriques**

Une machine à étincelles



*Machine électrique à plateau de verre
Les phénomènes de la physique, Guillemin,
Paris, 1869, collection MHS*

d'en approcher une pointe métallique pour faire surgir une étincelle. Au 19^e siècle, ce sont d'énormes décharges que déclenchent de nouvelles machines capables de fournir plusieurs milliers de volts.

Une Terre électrique

Au milieu du 17^e siècle, certains savants pensent que c'est l'électrisation qui est responsable de l'attraction terrestre. Pour le montrer, l'Allemand Otto von Guericke frotte un globe de soufre représentant la Terre et le fait tourner. Il constate que le globe attire des petites plumes qui le suivent dans son mouvement, comme la Lune autour de la Terre.

On est en 1663 et, sans qu'on l'ait cherché, la première machine électrostatique est née.



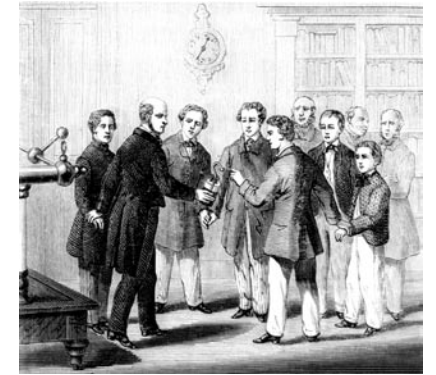
*Machine électrique d'Otto Guericke
Merveilles de la science, Figuiet, Paris, 1867,
collection MHS*

Les Grecs avaient remarqué qu'en frottant de l'ambre (*elektron* en grec) on pouvait attirer des brins de paille, des plumes ou d'autres objets légers. Au 16^e siècle, le même phénomène est observé quand on frotte du verre ou de la résine. Au 17^e siècle naissent les premières machines et au 18^e siècle, elles se perfectionnent. Des manivelles permettent de faire tourner des grands disques de verre contre des coussins de cuir. En frottant, le verre s'électrise. Les charges sont récupérées sur des collecteurs en laiton. Il suffit alors

Une bouteille douloureusement chargée

Au milieu du 18^e siècle, on cherche à électriser l'eau et, à Leyde en Hollande, un savant y travaille. Il met au contact d'une machine électrostatique une tige métallique plongeant dans une bouteille remplie d'eau. Distrayant, il oublie de poser la bouteille sur un support isolant et la tient à la main. Au moment de retirer la tige avec l'autre main, il ressent une terrible décharge qui parcourt tout le corps. On est en 1746 et le premier condensateur, capable de stocker les charges, est né avec la bouteille de Leyde.

Séparées par le verre isolant, des charges opposées se sont accumulées, d'un côté sur la tige métallique, et de l'autre sur l'extérieur de la bouteille. Si l'expérimentateur leur permet de se rejoindre en touchant les deux endroits à la fois, c'est son propre corps qui est alors le siège de la décharge.



*Chaîne humaine électrique
Traité de physique, Ganot, Paris, 1866,
collection MHS*

De l'air électrisé

A la fin du 18^e siècle, le Genevois Horace-Bénédict de Saussure s'intéresse à tout ce qui concerne l'atmosphère. Pour mesurer l'électricité atmosphérique, il améliore un électromètre existant (muni de deux boules de sureau suspendues au bout de deux fils) en le dotant d'une antenne. Cette innovation rappelle le paratonnerre de Benjamin Franklin, inventé 15 ans plus tôt, et que Saussure avait aussi fait installer sur sa maison à Genève. Avant de penser à l'antenne pour son électromètre, il avait d'abord imaginé un long fil d'argent muni d'une boule de plomb, qu'il fallait lancer le plus haut possible afin d'effectuer la mesure.



*Utilisation de l'électromètre
Voyage dans les Alpes, Saussure, Neuchâtel, 1803,
collection MHS*

Le courant électrique domestiqué

- **vitrines: la première pile électrique, la pile à godets, la décomposition de l'eau par l'électricité**

Un condensateur à répétition



Volta devant sa pile
Merveilles de la science, Figuier, Paris, 1867, collection MHS

Née à cheval entre le 18^e et le 19^e siècle, la première pile électrique va provoquer une révolution technologique. Dans une lettre à l'Académie Royale de Londres en avril 1800, l'Italien Alessandro Volta présente lui-même son invention comme un appareil « capable de produire les mêmes effets que la bouteille de Leyde et dont la charge après chaque explosion se rétablirait d'elle-même ». Et il décrit son mode de fabrication : empiler les unes sur les autres des paires de disques de métaux différents comme du cuivre et du zinc, séparées par une matière poreuse imbibée d'eau salée ou acide. Quand on fait se rejoindre les extrémités de deux fils métalliques, préalablement mis au contact du premier et du dernier disque, des charges créées par la pile y circulent en boucle : le courant électrique continu est né.

L'électricité décompose l'eau

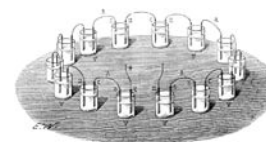
Dans le courant de l'année 1800, les Anglais Nicholson et Carlisle plongent dans de l'eau minéralisée les deux fils de cuivre reliés à une pile. Ils observent que d'un côté, le fil relié au disque d'argent de la pile produit une trainée de bulles, et que de l'autre il change de couleur. Ils recueillent dans un tube le gaz qui s'échappe et l'enflamment : c'est de l'hydrogène. Ils comprennent aussi que l'oxyde de cuivre qui s'est formé de l'autre côté vient de l'apparition d'oxygène. Grâce à la pile, ils viennent d'effectuer la première décomposition chimique de l'eau.



Nicholson et Carlisle décomposent l'eau avec une pile de Volta
Merveilles de la science, Figuier, Paris, 1867, collection MHS

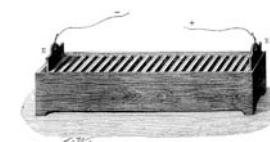
Des piles de toutes les formes

Après la première pile de Volta dite « à colonne », d'autres types de piles voient le jour. Quelles que soient leur forme, elles ont toujours deux pôles qui fournissent les charges (plaque, tige de métal ou de carbone), et une ou plusieurs matières conductrices (acide, sel chimique).



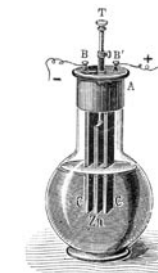
Pile à couronne

Volta l'aurait lui-même conçue. Des lames de cuivre et de zinc plongent dans des vases remplis d'acide sulfurique.
Merveilles de la science, Figuier, Paris, 1867, collection MHS



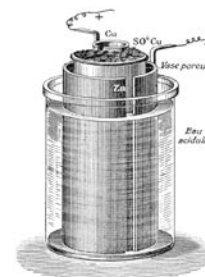
Pile à auges

Les auges ont des parois de cuivre et de zinc et sont remplies d'eau acidulée.
Merveilles de la science, Figuier, Paris, 1867, collection MHS



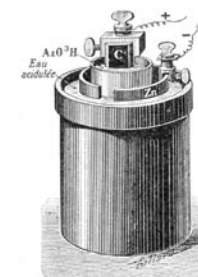
Pile-bouteille

Pile destinée au laboratoire. Les pôles sont ici des plaques de charbon (le carbone est très bon conducteur) et une lame de zinc.
Merveilles de la science, Figuier, Paris, 1867, collection MHS



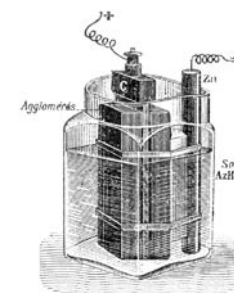
Pile de Daniell

Inventée par l'Anglais Daniell, cette pile, qui fonctionne au sulfate de cuivre, est une des premières à fournir un courant durable et régulier. Elle a été beaucoup utilisée dans la galvanoplastie.
Merveilles de la science, Figuier, Paris, 1867, collection MHS



Pile de Bunsen

Apparue en 1843 suite aux travaux de l'Allemand Bunsen, cette pile est très efficace, mais dangereuse car elle contient de l'acide nitrique qui produit des vapeurs nitreuses.
Merveilles de la science, Figuier, Paris, 1867, collection MHS



Pile de Leclanché

Mise au point en 1877 par le Français Leclanché, cette pile, d'usage facile et d'une bonne durée de fonctionnement, a alimenté les premières sonnettes électriques. Elle contient une pâte qui enrobe les tiges de zinc et de carbone.
Traité de physique, Ganot, Paris, 1884, collection MHS

L'électromagnétisme ou la naissance d'une nouvelle science

- **vitrines: les effets magnétiques du courant électrique, les machines électromagnétiques, la mesure du courant électrique**

Electricité et magnétisme

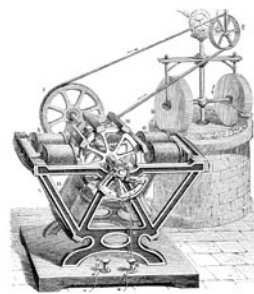


Oersted découvre les effets magnétiques du courant
Merveilles de la science, Figuier, Paris, 1867, collection MHS

En 1819, le Danois Oersted observe qu'un courant électrique produit par une pile provoque la déviation de l'aiguille d'une boussole placée à proximité. Il établit ainsi la preuve que l'électricité et le magnétisme ont des liens et ne sont pas des phénomènes naturels distincts comme on le croyait jusqu'ici. Poursuivant les travaux d'Oersted, le Français Ampère vérifie expérimentalement qu'un circuit parcouru par un courant électrique engendre bel et bien du magnétisme et qu'il est capable d'attirer un circuit où le courant passe en sens inverse. Dans la foulée, il pose aussi les fondements théoriques de ce nouveau phénomène. Si l'électricité engendre le magnétisme, la réciproque est vraie aussi. Elle sera démontrée en 1831 par l'Anglais Faraday qui parvient à créer de l'électricité dans une bobine fermée en y déplaçant un simple aimant. A partir de cette date, électricité et magnétisme constitueront les deux facettes d'une nouvelle science: l'électromagnétisme.

L'électricité transformée en mouvement

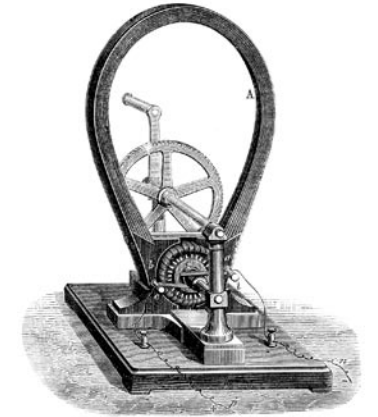
En 1821, Michael Faraday, s'inspirant des travaux d'Oersted et d'Ampère, invente un premier modèle rudimentaire de moteur électrique constitué par un fil électrique vertical qui tourne autour d'un aimant lorsqu'il est parcouru par un courant. Le savant anglais démontre ainsi qu'il est possible de transformer de l'électricité en mouvement. Malgré ce principe génial, les moteurs électriques ne connaissent pas un succès immédiat. Alimentés par des piles, ils ne sont guère puissants et restent avant tout des instruments de démonstration. Ce n'est que vers 1870, avec l'apparition des dynamos et de génératrices capables de fournir du courant plus puissant, que les moteurs électriques trouveront enfin des applications industrielles.



Moteur électrique de Froment
Traité de physique, Ganot, Paris, 1884, collection MHS

Le mouvement transformé en électricité

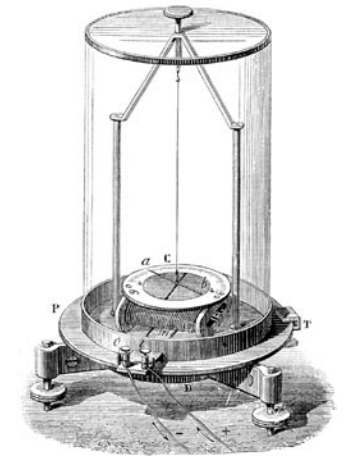
En 1831, l'incontournable Michael Faraday démontre qu'il est possible de créer un courant électrique dans une bobine fermée lorsqu'on y fait entrer, puis sortir un barreau aimanté. C'est la découverte du principe de l'induction qui est à la base du fonctionnement des génératrices de courant dont les premiers modèles sont construits dès 1832. Une manivelle permet de faire tourner une bobine de fil devant un aimant, ou à l'inverse, un aimant devant une bobine de fil. Dans les deux cas, le but poursuivi est de provoquer une variation de champ magnétique près des bobines pour y engendrer la fabrication du courant électrique. Une machine magnétoélectrique produit de l'électricité à partir d'un mouvement mécanique (comme par exemple des tours de manivelle). Dès la seconde moitié du 19^e siècle, les génératrices de courant seront progressivement remplacées par des dynamos plus puissantes équipées d'électroaimants et souvent mises en mouvement par des machines à vapeur.



Machine magnétoélectrique de Gramme
Traité de physique, Ganot, Paris, 1884, collection MHS

Les effets magnétiques du courant

Avec l'invention de la pile, les savants ressentent très vite le besoin de mesurer ce mystérieux fluide continu. Vers 1820, ils mettent au point des galvanomètres destinés à mesurer l'intensité du courant. Leur principe de fonctionnement repose sur les effets magnétiques du courant découverts par Oersted et Ampère. Une aiguille aimantée mobile est placée au centre d'une bobine de fil parcourue par le courant à mesurer; lorsqu'il circule, le courant engendre un champ magnétique qui fait dévier l'aiguille de sa position d'équilibre; la déviation de l'aiguille est proportionnelle à l'intensité du courant... Les premiers ampèremètres mesurant l'intensité du courant en ampères n'apparaissent que vers la fin du 19^e siècle.

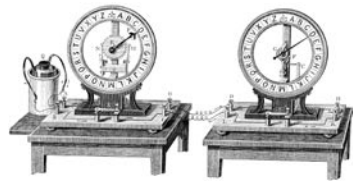


Galvanomètre
Traité de physique, Ganot, Paris 1884, collection MHS

Des signaux électriques pour communiquer à distance

► vitrine télégraphe et transmission sans fil

Transmettre des signaux



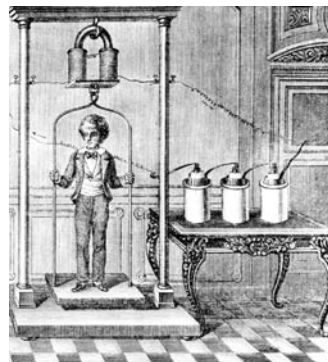
Télégraphe à cadran
Traité de physique, Ganot, Paris, 1884,
collection MHS

Le télégraphe a sans doute été une des premières réussites pratiques et économiques liées à l'invention de la pile. Plus précisément, c'est la découverte de l'électromagnétisme qui fait naître l'idée de communiquer à distance à l'aide de signaux électriques. Un premier essai de télégraphie à cadran muni de cinq fils transmetteurs a lieu en Angleterre en 1837. En 1844, l'Américain Morse révolutionne l'histoire de la télé-

graphie en expérimentant un nouveau système. Il invente un code attribuant à chaque lettre une combinaison de lettres et de points. Un simple manipulateur alimenté par une batterie suffit désormais pour envoyer des signaux électriques. Au 19^e siècle, le développement du télégraphe a été étroitement lié à celui du chemin de fer. Les premiers messages télégraphiques servaient d'ailleurs essentiellement à avertir de l'arrivée d'un train ou d'un problème technique.

L'électroaimant, cœur du télégraphe

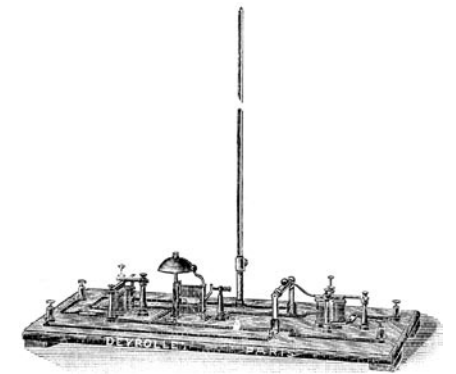
Application pratique de l'électromagnétisme, l'électroaimant est un des éléments essentiels de nombreuses innovations technologiques du 19^e siècle dont le télégraphe. Une bobine de fil enroulée autour d'une tige de fer se comporte comme un aimant lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique. Quand le courant est interrompu, elle perd aussitôt son aimantation. Dans la télégraphie, les électroaimants permettent aussi bien de transformer une impulsion électrique en en points et en traits dans le système morse que de synchroniser l'aiguille du cadran récepteur avec celle de l'émetteur dans les télégraphes alphabétiques.



Electroaimant en fonction
Traité de physique, Ganot, Paris, 1884,
collection MHS

La transmission sans fil

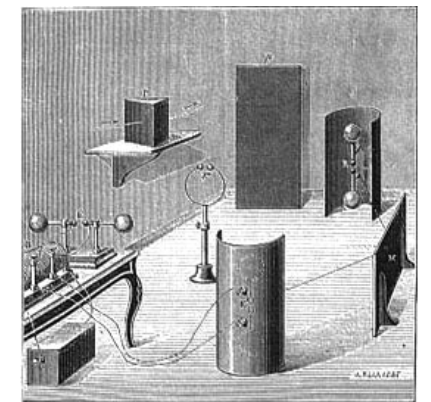
L'invention de la transmission sans fil (TSF) est l'aboutissement d'une suite de travaux menés par de nombreux savants. Il y a d'abord Faraday qui découvre l'induction, puis Maxwell son élève qui pose les fondements théoriques de l'électromagnétisme, assimilant la lumière à une onde électromagnétique. Viennent ensuite l'Allemand Hertz, qui vérifie expérimentalement l'existence de ces ondes, et le Français Branly qui met au point le premier récepteur d'ondes radio à base de limaille de fer. Finalement ce sera l'Italien Marconi qui parvient dès 1895 à transmettre des signaux morse sur plus de deux kilomètres par voie aérienne sans recourir au moindre fil télégraphique terrestre!



Appareil T.S.F. de démonstration
Physique générale expérimentale, Deyrolle,
Paris, 1936

Des ondes invisibles

S'appuyant sur les équations mathématiques de Maxwell décrivant l'électromagnétisme, l'Allemand Hertz prouve en 1880 l'existence d'un type d'ondes électromagnétiques particulier: les ondes radio ou hertziennes. Grâce à une bobine d'induction générant un fort voltage, il produit des étincelles entre deux électrodes. En plaçant à une certaine distance un récepteur – un anneau de cuivre interrompu par une petite coupure – il observe l'apparition d'étincelles dans la coupure. Hertz vérifie aussi expérimentalement que ces ondes peuvent être concentrées, déviées ou bien réfléchies comme des rayons lumineux.

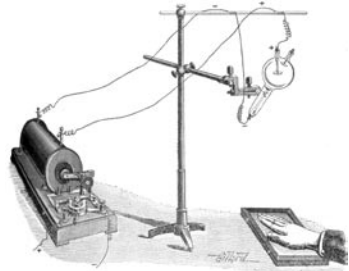


Expérience de Hertz
Tirée du site www. Alternativaverde.it

Des effets lumineux de l'électricité

- *vitrines des décharges électriques dans l'air raréfié, les bobines d'induction, le canon à électrons de Guye*

De l'étincelle aux rayons X



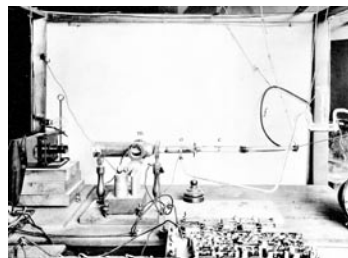
*Dispositif de radiographie
A travers l'électricité, Dary, Paris, 1901,
collection MHS*

Les savants étudient les décharges électriques depuis le 18^e siècle. Au moyen de machines électrostatiques, ils produisent des étincelles dans des tubes partiellement vidés de leur air et observent que la couleur des décharges dépend de la nature des gaz renfermés dans le tube. Au cours du 19^e siècle, de nouvelles machines permettent de produire des décharges plus élevées. En augmentant la qualité du vide dans le tube, les scientifiques observent que les lueurs disparaissent et laissent la place à des rayons invisibles, qui impriment une couleur verte à la paroi en

verre qu'ils viennent heurter. En 1887, l'Anglais Crookes démontre que ces rayons sont émis par la cathode, la borne négative du tube. D'où leur appellation de rayons cathodiques. C'est en étudiant ce rayonnement cathodique que le physicien allemand Röntgen découvre en 1895 une nouvelle sorte de rayons capables de traverser la matière et d'impressionner une plaque photographique qu'il nomme rayons X.

Le canon à électron de Guye

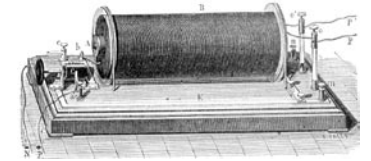
Ce n'est qu'en 1897 que l'on découvre que les rayons cathodiques, découverts par Crookes dix ans auparavant, sont formés de particules chargées négativement, les électrons. C'est au moyen d'un canon à électrons, ou tube cathodique, alimenté par une génératrice à haute tension, que le physicien genevois Guye a vérifié expérimentalement en 1915 la fameuse loi d'Einstein $E=mc^2$, établissant que dans certaines conditions la masse (des électrons) varie en fonction de leur vitesse.



*Canon à électrons de Guye
Mémoires de la société de la SPHN,
Genève, 1921, collection MHS*

Des bobines à décharges

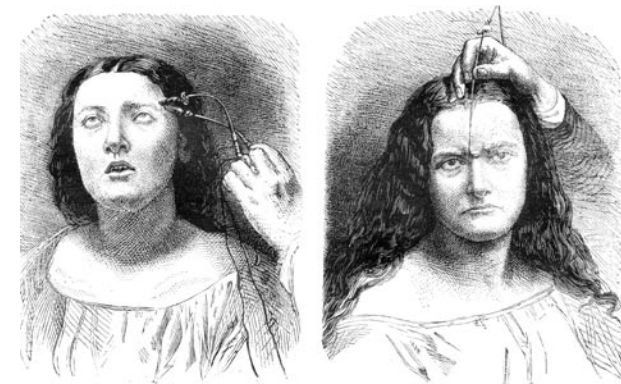
S'il est un instrument qui a fortement contribué à la découverte des rayons X, c'est sans aucun doute la bobine d'induction inventée vers 1850. Fondée sur le principe de l'induction découvert par Faraday, cette bobine permet de produire des décharges de haute tension comprises entre plusieurs milliers et plusieurs dizaines de milliers de volts à partir d'une source de courant à basse tension, le plus souvent une pile. La bobine est aussi devenue une belle réussite commerciale. Au début du 20^e siècle, tous les appareils de radiographie destinés aux cabinets médicaux et dentaires étaient équipés d'une bobine d'induction pour les alimenter.



*Bobine de Ruhmkorff
Traité de physique, Ganot, Paris, 1884,
collection MHS*

L'électricité pour soigner

Hormis la production de rayons X, les bobines d'induction ont aussi été utilisées dans un autre domaine médical, l'électrothérapie. Dès 1850, les médecins appliquaient des décharges sur des patients au moyen d'électrodes reliées à une bobine pour traiter certaines douleurs nerveuses ou paralysies. Ces bobines ont aussi servi au médecin français, Duchenne de Boulogne, un des pionniers de l'électrothérapie, pour ses « célèbres » études physiologiques des muscles de la face, menées sur des patients retardés mentalement. En plaçant des électrodes sur certains points du visage, il a réussi à provoquer chez ces patients des contractions qui reproduisaient des expressions représentant différents états d'âme (l'extase, la joie, la haine, etc.)



*Expression d'extase et de haine résultant de l'application de courant électrique sur le trajet des muscles de la face
Merveilles de la science, Figuiet, Paris, 1867, collection MHS*

Glossaire

Ampère : Savant français (1775-1836) qui a énoncé la théorie de l'électromagnétisme et dont le nom a été donné à l'unité de mesure de l'intensité du courant : l'ampère (A). L'intensité du courant est la quantité d'électricité qui passe par seconde.

Condensateur : Appareil qui permet de stocker de l'énergie électrique. Il se compose en général de deux métaux différents qui accumulent chacun des charges de signes opposés, séparés par un isolant.

Electron : Découverts en 1897, les électrons sont des particules élémentaires de charges négatives qui constituent les rayons cathodiques. Dans un corps conducteur, les électrons peuvent se déplacer plus ou moins librement, à l'inverse des isolants où ils restent fixés à l'intérieur des atomes.

Electromagnétisme : Partie de la physique qui s'occupe des interactions entre l'électricité et le magnétisme.

Ondes électromagnétiques : Elles résultent des oscillations d'un champ magnétique et d'un champ électrique perpendiculaires l'un par rapport à l'autre. Elles se différencient des ondes mécaniques (vagues, sons, tremblements de terre) par leur vitesse de propagation (300'000 km/s, la vitesse de la lumière) et le fait qu'elles n'ont pas besoin de support matériel pour se propager. Parmi les ondes électromagnétiques, citons la lumière visible, les infrarouges, les ultraviolets, les ondes radios, les rayons X, etc.

Pile : Une pile élémentaire fournit du courant électrique grâce à des réactions chimiques se produisant entre deux métaux différents (les bornes de la pile) et la solution chimique dans laquelle ils baignent. La pile tire son nom de la première pile électrique inventée par Volta en 1800 qui consistait en un empilement de disques de cuivre et de zinc et de feutrine.

Puissance : Dans un circuit alimenté par du courant continu, une partie de l'énergie électrique est convertie en chaleur. La puissance électrique consommée entre deux points d'un circuit s'exprime par $P=UI$. U étant la différence de tension et I , l'intensité du courant.

Rayons X : Découverts en 1899, les rayons X sont produits suite au bombardement d'une plaque de métal par un faisceau d'électrons. Ils pénètrent les parties molles du corps mais pas les os. Ils permettent de visualiser le squelette osseux lorsqu'ils impressionnent une plaque photographique placée sous le corps exposé.

Résistance : Un conducteur, aussi parfait soit-il, oppose toujours une certaine résistance au courant qui le traverse. Cette résistance se traduit, entre autres, par l'échauffement du conducteur. Plus la résistance d'un conducteur est forte, plus il faudra de

force pour pousser le courant dans celui-ci. La relation entre la différence de potentiel, l'intensité du courant et la résistance est connue sous la loi d'Ohm, du nom du physicien allemand qui l'a établie en 1826, et qui se formule: $U=RI$.

Volt : Unité de mesure de la tension ou du potentiel électrique. La tension représente la force de poussée du courant électrique. Elle peut être comparée à la différence d'altitude entre deux points d'un cours d'eau. Le volt (V) tire son nom d'Alessandro Volta, savant italien (1745-1827), inventeur de la première pile électrique.

Pour en savoir plus

Histoire de l'électricité, Christine Blondel, Explora Pocket sciences, Paris, 1994

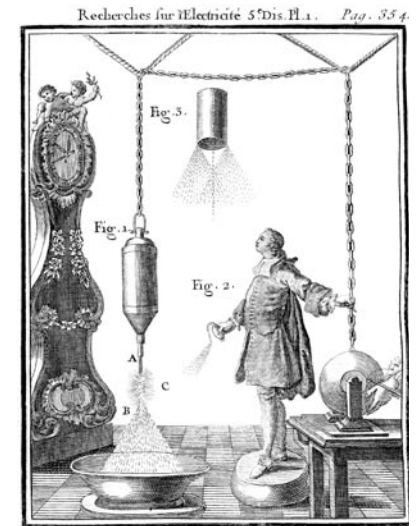
Du tam-tam au satellite, Patrice Carré, Explora Pocket sciences, Paris, 1991

La fée électricité, Alain Beltran, Découvertes Gallimard, Paris 1991

Les merveilles de la science, Louis Figuier, Paris, 1867

Traité de physique, Ganot, Paris 1884

A travers l'électricité, Georges Dary, Paris, 1901



Légende

Conception et rédaction: Stéphane Fischer, Anne Fauche, Musée d'histoire des sciences, Ville de Genève, octobre 2007

Mise en page: Corinne Charvet, Muséum d'histoire naturelle

Impression: Bernard Cerroti, MHN

© MHS 2007

musée d'histoire
des sciences



DÉPARTEMENT DE LA CULTURE



VILLE DE
GENÈVE