

Évolution de l'électricité et de l'électromagnétisme

1. Contexte

Connue dans un premier temps grâce aux phénomènes d'électricité statique (accumulation de charges par frottements provoquant des attractions ou répulsions), la force électrique s'est avérée par la suite être aussi à l'origine de phénomènes dynamiques comme les courants électriques dont la domestication est à l'origine des principales technologies modernes. Elle est aussi intimement liée au magnétisme auxquelles elle se combine pour constituer l'une des forces fondamentales de notre univers: l'interaction électromagnétique. Cette chronologie propose une sélection de dates importantes qui reflètent l'évolution des connaissances sur l'électricité et le magnétisme.

Comme son nom l'indique, le phénomène de l'électricité est lié aux électrons, ces minuscules particules chargées électriquement, en orbite autour des noyaux de tous les atomes qui composent notre monde physique. Les électrons qui circulent sur les orbites plus éloignées sont cependant attachés plus faiblement. Sous l'effet d'un champ magnétique ou électrique suffisant, ces électrons peuvent être arrachés de leur orbite respective pour commencer à circuler librement entre les atomes et former ainsi un courant électrique plus ou moins intense.

Les phénomènes électromagnétiques jouent un rôle fondamental dans la constitution même de toute matière qui compose notre monde et dans les phénomènes naturels qui nous entourent. Toujours mieux compris, ces phénomènes ont d'abord été mis à profit pour nous donner les premiers appareils électriques comme les génératrices, les transformateurs ou les moteurs. Ce sont toujours ces mêmes phénomènes

2. Antiquité

2.1 Découverte du magnétisme

Certaines pierres et en particulier celles en provenance de la ville de magnésie (en Ionie, une région de la Grèce antique) ont la propriété d'attirer le fer. Ces pierres furent baptisées magnés (nom duquel dérive le terme magnétisme) et ce n'est qu'au moyen-âge qu'elles reçurent le nom d'aimant.



Pierre appelée magnés

2.2 Découverte de l'électricité statique (600 ans avant J.C.)

La découverte de l'électricité statique est attribuée à Thalès de Milet. Celui-ci observa que l'ambre jaune (elektron en grec) est capable d'attirer de petits objets après avoir été frottée.



Thalès de Milet: bâtonnet d'ambre frotté attire de l'oxyde de fer

3. XVII^{ème} siècle

3.1 1600 : Parution de « De magnete »

Parution de "De magnete" (du magnétisme) dans lequel le scientifique anglais William Gilbert présente son travail sur le magnétisme terrestre et compare la Terre à un aimant dont les pôles magnétiques coïncideraient avec les pôles géographiques.



4. XVIII^{ème} siècle

4.1 1729 : Distinction des matériaux conducteurs et isolants

Le scientifique anglais Stephen Gray fait l'hypothèse que l'électricité est un fluide. Il distingue deux sortes de matériaux: les conducteurs (les métaux, le chanvre, les êtres humains) qui laissent circuler l'électricité et les isolants (la résine, la soie, le verre).

Stephen Gray découvre la conduction électrique. Les métaux transfèrent les charges pas les isolants



plexis électrisé



métal transfère des charges électriques



verre électrisé

Pour atteindre un pendule électrostatique, les charges ne sont pas conservées par le métal elles sont transmises par ce dernier, alors que le plexis et le verre (matériaux isolants) s'électrisent et ne conduisent pas les charges électriques.

4.2 1733 : Distinction des électricités vitreuses et résineuses

Le français Charles-François de Cisternay du Fay identifie deux sortes d'électricité qu'il qualifie de vitreuse et de résineuse (aujourd'hui appelées positive et négative). Chaque type d'électricité attire l'autre mais repousse celle de même nature.

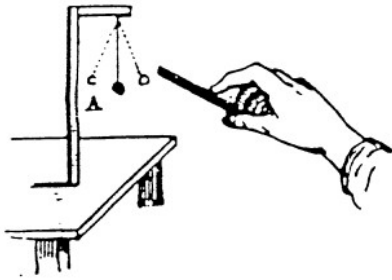


Fig. 61. — La petite balle de sureau, sitôt qu'elle a touché la cire, est repoussée en A.

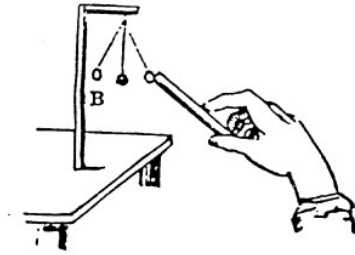


Fig. 62. — La balle de sureau, qui fuyait la cire, est attirée par le bâton de verre, mais elle est encore repoussée en B, dès que le contact a eu lieu.

4.3 1751 Découverte de la nature électrique des éclairs

Benjamin Franklin montre que l'éclair est un phénomène électrique.



éclairs

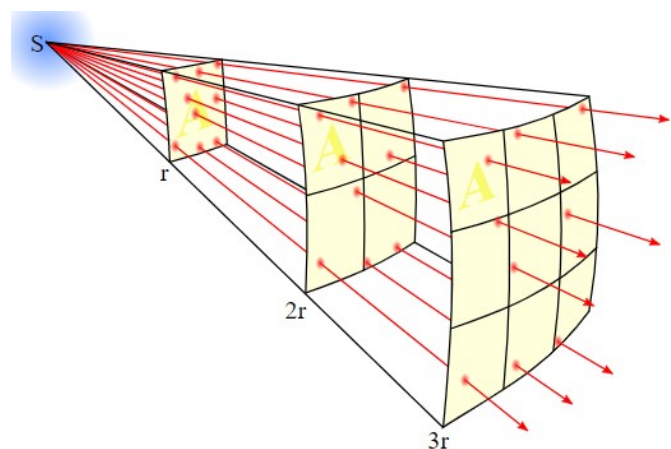


il est l'inventeur du paratonnerre

4.4 1767 : Parution de « The history and present state of electricity »

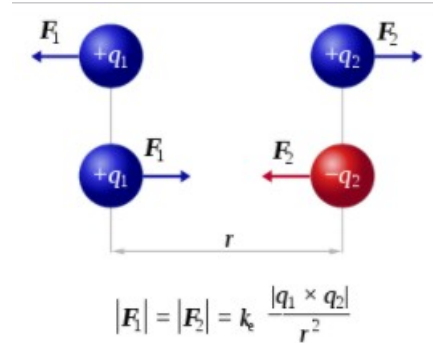
Joseph Priestley publie "The history and present state of electricity", il y suggère que les forces électrique, toute comme la force de gravitation, sont inversement proportionnelles au carré de la distance des corps qui interagissent.

Ce diagramme montre le fonctionnement de la loi en carré inverse. Les lignes représentent le flux émanant de la source. Le nombre total de lignes de flux dépend de l'intensité de la source et est constant avec l'accroissement de la distance. Une densité plus importante de lignes de flux (lignes par unité de surface) est la traduction d'un champ plus intense. La densité de flux est inversement proportionnelle au carré de la distance à la source car l'aire d'un secteur de disque s'accroît avec le carré de son rayon. L'intensité du champ est donc inversement proportionnelle au carré de la distance à la source



4.5 1785 : Formulation de la loi de Coulomb

Le physicien français Charles de Coulomb énonce une loi connue sous le nom de loi de Coulomb selon laquelle la force électrique s'exerçant entre deux corps est proportionnelle au produit de leurs charges électriques et inversement proportionnel au carré de leur distance.



Dans les deux cas, la force est proportionnelle au produit des charges et varie en carré inverse de la distance entre les charges.

5. XIX^{ème} siècle

5.1 1800 : Invention de la pile

Le savant italien Alessandro Volta met au point un dispositif chimique capable de produire de l'électricité. Celui-ci est constitué d'un empilement (d'où le nom de pile) de disques de cuivre et de zinc séparés par du tissu imbibé d'eau salée.



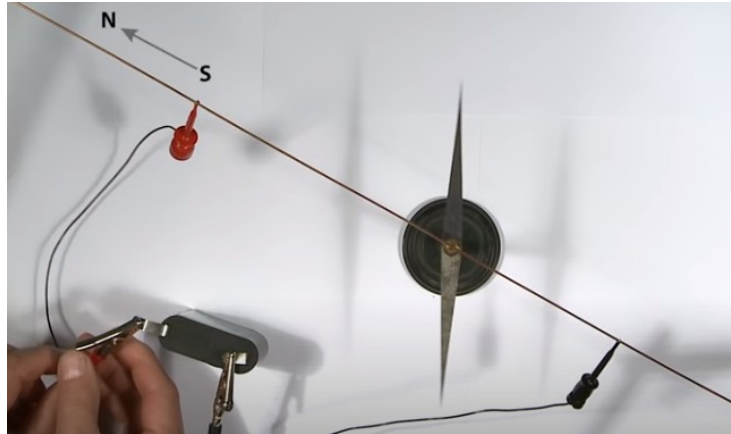
Pile voltaïque.

5.2 1802 : Première observation du lien entre électricité et électromagnétisme

Le scientifique italien Gian Domenico Romagnosi est un précurseur qui découvre qu'un courant électrique traversant un câble oriente une aiguille magnétisée perpendiculairement à lui.

5.3 1820 : *Expérience d'Oersted*

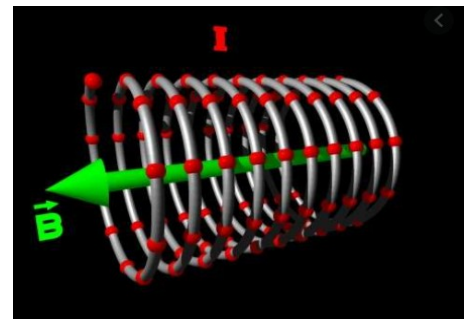
Le physicien danois Christian Oersted montre qu'il existe un lien entre électricité et magnétisme en se basant sur l'influence que possède la circulation d'un courant électrique sur une aiguille aimantée. Cette expérience, dite « d'Oersted » est très proche de celle déjà réalisée par Gian Domenico Romagnosi mais reçoit un écho plus favorable du monde scientifique.



déviaton de l'aiguille aimantée causée par le fil électrique

5.4 1820 : Invention du solénoïde

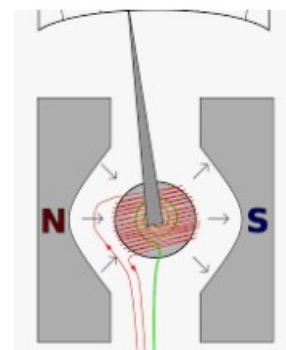
André Marie Ampère montre qu'un enroulement de fil électrique, aussi appelé solénoïde, se comporte comme un aimant droit lorsqu'il est parcouru par un courant électrique.



solénoïde parcouru par un courant I

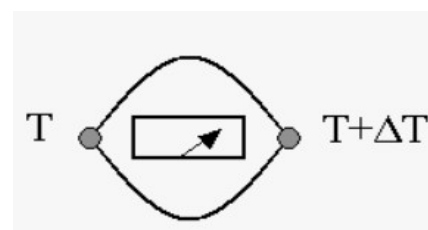
5.5 1820 : Invention du galvanomètre

Le physicien allemand Johann Salomo Christoph Schweigger invente le galvanomètre, un appareil permettant de détecter et de mesurer la force d'un courant électrique.



5.6 1821 : Découverte de l'effet Seebeck

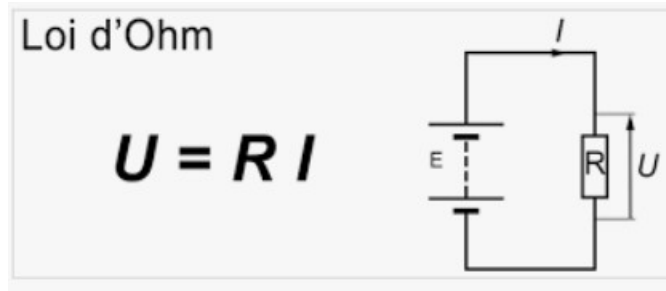
Thomas Johann Seebeck remarque qu'un courant électrique circule entre deux métaux lorsque ceux-ci sont maintenus à des températures différentes. Ce phénomène porte le nom d'effet Seebeck.



Effet Seebeck

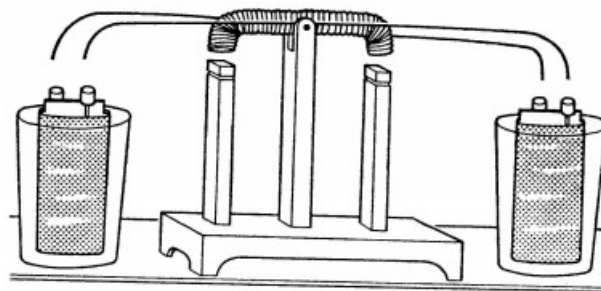
5.7 1827 : Formulation de la loi d'Ohm

Le physicien allemand Georg Simon Ohm formule la loi d'Ohm selon laquelle l'intensité d'un courant électrique parcourant un conducteur est proportionnel à la différence de potentiel électrique aux bornes de ce conducteur et inversement proportionnel à sa résistance électrique.



5.8 1831 : Invention du moteur électrique

Joseph Henry invente le moteur électrique.



"Moteur" électromagnétique de Joseph HENRY : 1831

5.9 1831 : Découverte de l'induction

Michael Faraday et Joseph Henry découvrent qu'un champ magnétique variable donne naissance à un courant électrique. Ce phénomène est baptisé induction électromagnétique.



Michael Faraday et son induction magnétique

5.10 1831 : Invention de la dynamo

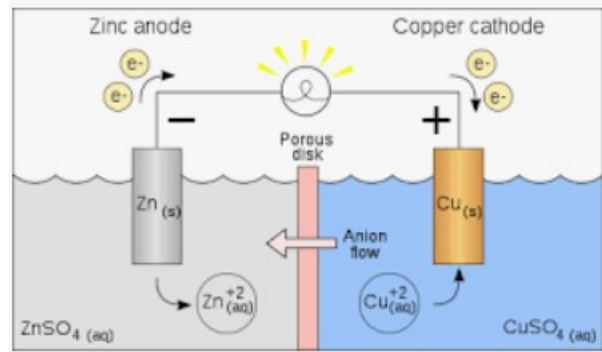
Michael Faraday invente la dynamo, un générateur électrique fonctionnant grâce à l'induction.



dynamo de Michael Faraday

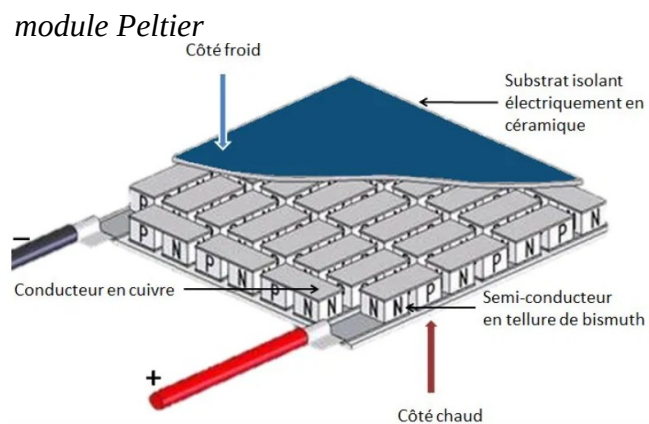
5.11 1833 : Définition de nouveaux termes d'électricité

Michael Faraday et William Whewell invente une série de nouveaux termes liés à l'électricité: électrode, anode, cathode, ion, cation, anion, électrolyte et électrolyse.



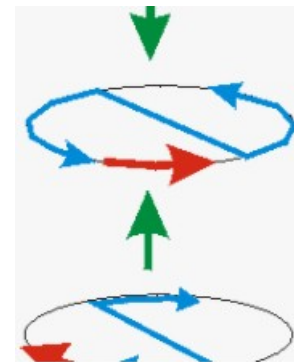
5.12 1834 : Découverte de l'effet Peltier

Le physicien français Jean Charles Athanase Peltier découvre que le passage d'un courant électrique dans des conducteurs ou semi-conducteur provoque un échange de chaleur au niveau de leur jonction.



5.13 1835 : Formulation de la loi de Lenz

Heinrich Lenz formule la loi de Lenz selon laquelle le courant induit s'oppose toujours par ses effets aux causes qui lui ont donné naissance.



Loi de Lenz

5.14 1840 : Formulation de la 1^{ère} loi de Joule

La première loi de Joule est énoncée par James Joule, elle indique la chaleur dégagée lors du passage d'un courant électrique à travers une résistance.

à résistance constante et pour un courant périodique ou continu

$$W_{\text{joule}} = R \cdot I_{\text{eff}}^2 \cdot t$$

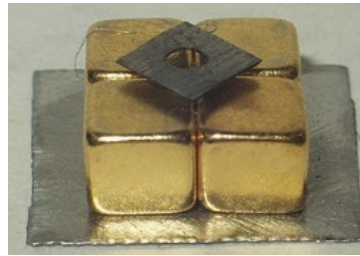
énergie dissipée par effet joule (joule) résistance (ohm) intensité efficace (ampère) durée (seconde)

$$P_{\text{joule}} = \frac{W_{\text{joule}}}{t}$$

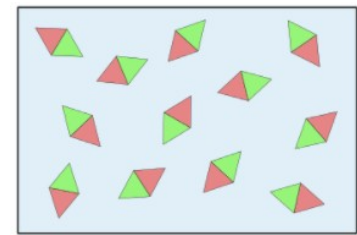
puissance dissipée par effet joule (watt = joule/s)

5.15 1845 : Découverte du diamagnétisme et du paramagnétisme

Michael Faraday découvre le diamagnétisme et le paramagnétisme. Il suggère que la lumière est un phénomène électromagnétique.



l'évitation du carbone pyrolytique au-dessus d'aimants permanents (diamagnétisme)



paramagnétisme

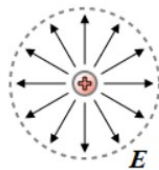
5.16 1865 : Équations de Maxwell

Le Physicien James Clerk Maxwell établit les équations qui portent son nom (les équations de Maxwell). Celles-ci décrivent les champs magnétiques et électriques ainsi que leur propagation. La vitesse de propagation calculée par Maxwell à partir de ces équations correspond à la vitesse de propagation de la lumière ce qui le pousse à soutenir que la lumière pourrait être une onde électromagnétique. Ces équations sont à l'origine au nombre de 20 et font intervenir 20 inconnues, ce n'est que plus tard que le nombre se réduisit à quatre et qu'elles furent formulées telles qu'on les connaît aujourd'hui.

Les quatre équations de Maxwell :

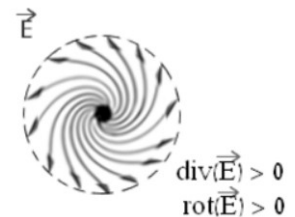
$$\text{div}(\vec{E}) = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

(Maxwell-Gauss)



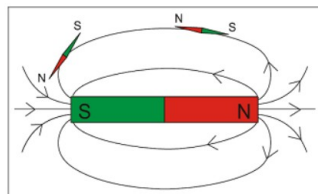
$$\text{rot}(\vec{E}) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

(Maxwell-Faraday)



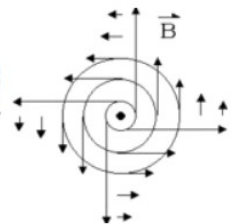
$$\text{div}(\vec{B}) = 0$$

(Maxwell-Flux)



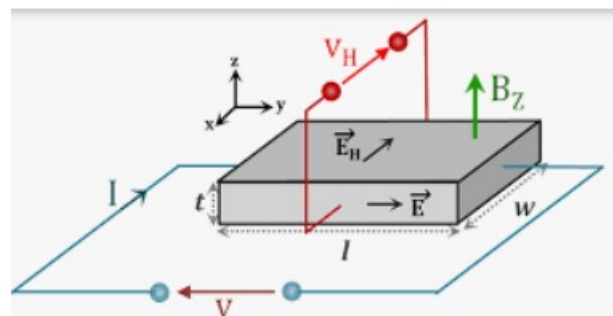
$$\text{rot}(\vec{B}) = \mu_0 \vec{J} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

(Maxwell-Ampère)



5.17 1879 : Découverte de l'effet de Hall

Edwin Hall découvre l'effet Hall : il apparaît entre les parois latérales d'un semi-conducteur, une tension proportionnelle au champ magnétique auquel il est soumis.



principe de fonctionnement d'une sonde à effet Hall

5.18 1880 : Découverte de la nature des rayons cathodiques

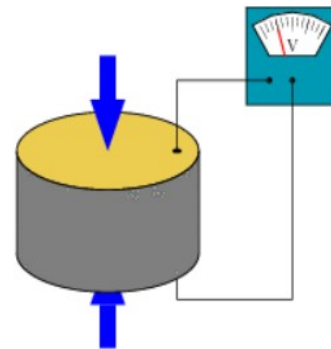
Le physicien britannique William Crookes montre que les rayons cathodiques ne sont pas constitués d'ondes électromagnétiques mais d'un flux de particules électriquement chargées.



Tube de Crookes – Wikipédia

5.19 1880 : Découverte de la piézoélectricité

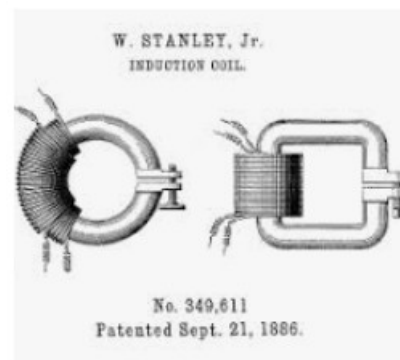
Le chimiste Pierre Curie découvre le phénomène de piézoélectricité: certains cristaux vibrent sous l'effet d'impulsions électriques ou au contraire délivrent une tension lorsqu'ils sont soumis à une contrainte mécanique.



Piézoélectricité

5.20 1885 : Invention du transformateur électrique

L'ingénieur américain William Stanley invente le transformateur électrique. Celui-ci permet de d'élever ou d'abaisser une tension continue ou alternative



Fichier:StanleyTransformer.png ...

5.21 1887 : Découverte de l'effet photoélectrique

Le physicien allemand Heinrich Rudolph Hertz découvre l'effet photoélectrique: des électrons sont libérés par des atomes exposés à des ondes électromagnétiques.

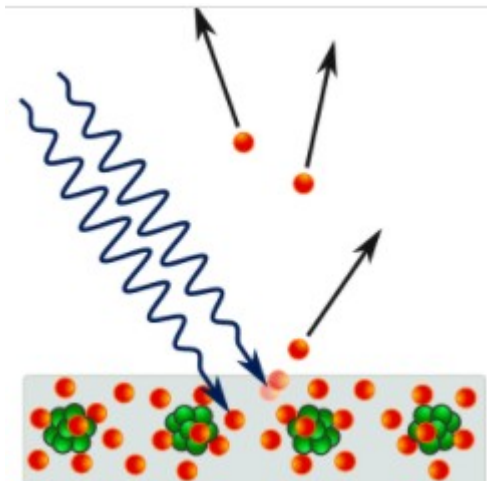
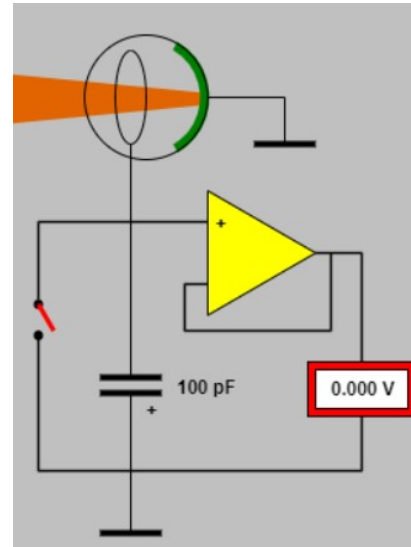


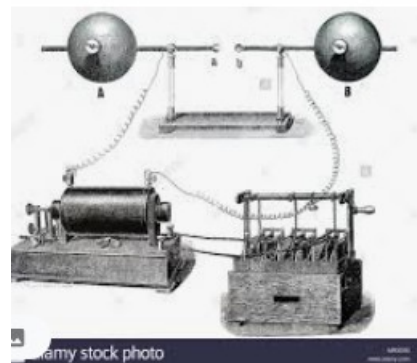
schéma montrant l'émission d'électrons depuis une plaque métallique sous l'action de la lumière



montage du circuit avec la cellule photoélectrique

5.22 1888 : Découverte des ondes électromagnétiques

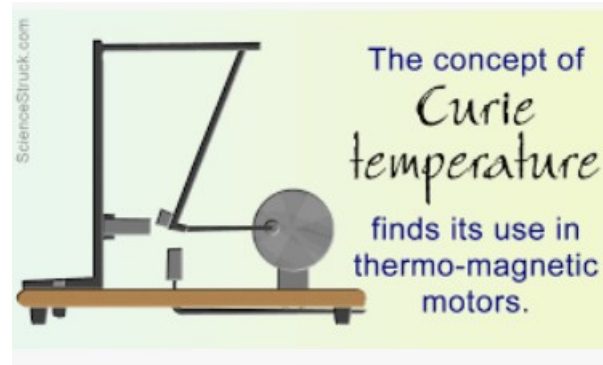
Heinrich Hertz met au point un dispositif qui émet et détecte des ondes électromagnétiques confirmant ainsi leur existences et les prévisions de Maxwell. Leur vitesse correspond bien à celle de la lumière et tout comme cette dernière elles peuvent être réfléchies et polarisée.



Maxwell - Hertz et l'électromagnétisme

5.23 1895 : Découverte de la température de Curie

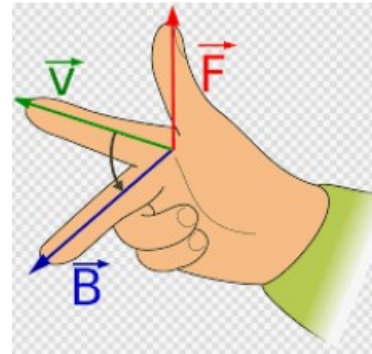
Le physicien français Pierre Curie découvre que tout matériaux ferromagnétique (pouvant être aimanté) perd ses caractéristiques magnétiques lorsque sa température dépasse une température limite nommé par la suite température de Curie ou point de Curie.



Curie Temperature - Science Struck

5.24 1895 : Découverte de la force de Lorentz

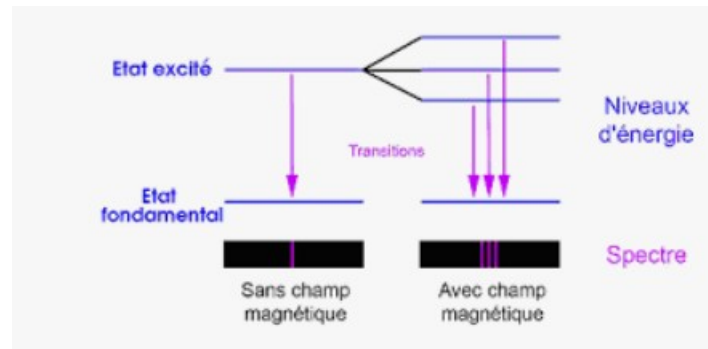
Le physicien Néerlandais Konrad Lorentz découvre qu'une particule électriquement chargée en mouvement dans un champ magnétique subit une force (par la suite nommée force de Lorentz) perpendiculaire à la fois au champ magnétique et à sa vitesse.



Force de Lorentz (règle de la main droite)

5.25 1896 : Découverte de l'effet Zeeman

Le physicien néerlandais Pieter Zeeman découvre l'effet Zeeman. Le spectre d'un élément chimique placé dans un champ magnétique présente des raies multiples au lieu de raies simples.



Explication de l'effet Zeeman

5.26 1897 : Détermination de la masse de l'électron

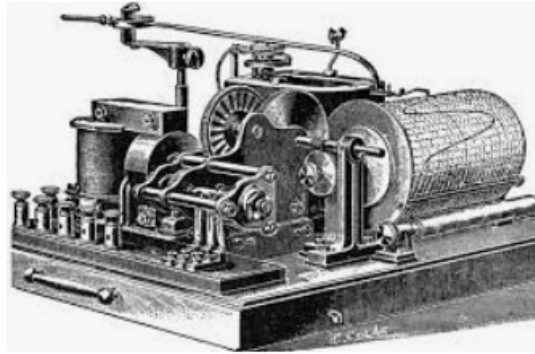
Joseph John Thomson détermine la masse de l'électron.



détermination de la charge et masse de l'électron

5.27 1897 : Invention de l'oscilloscope

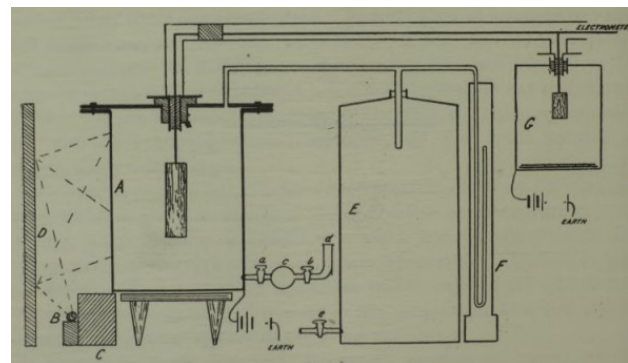
Le physicien allemand Karl Ferdinand Braun invente l'oscilloscope.



oscilloscope

5.28 1899 : Détermination de la charge de l'électron

Joseph John Thomson détermine la charge électrique de l'électron. Il soutient que l'ionisation correspond à la séparation d'électrons de leur atome.



L'ionisation de Thomson

6. XX^{ème} siècle

6.1 1911 : Découverte de la supraconductivité

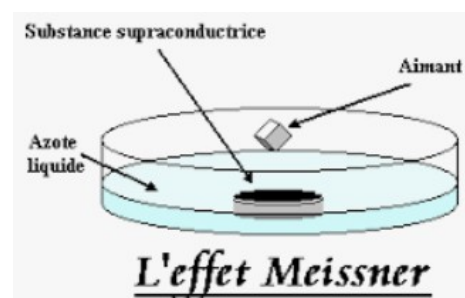
Heike Kamerlingh Onnes découvre la supraconductivité: à des températures proche du zéro absolu certains matériaux ont une résistance électrique nulle et laissent circuler le courant électrique sans perte d'énergie et sans échauffement.



supraconductivité lévitation magnétique

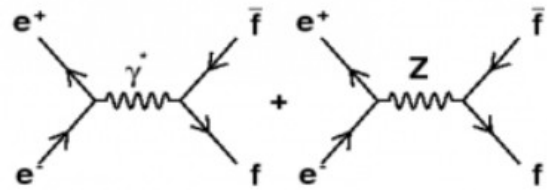
6.2 1933 : Découverte de l'effet Meissner

Walther Meissner découvre l'effet Meissner: lorsqu'un matériau est refroidit suffisamment pour devenir supraconducteur alors le flux magnétique intérieur devient nul.



6.3 1948 : Développement de l'électrodynamique quantique

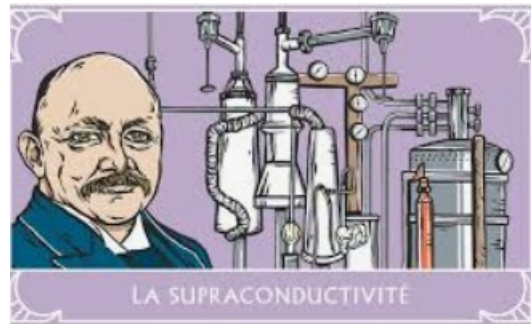
Richard Feynman développe la théorie de l'électrodynamique quantique en appliquant les lois de la mécanique quantique aux ondes électromagnétiques et à leurs interactions avec la matière.



annihilation d'un électron et d'un positron

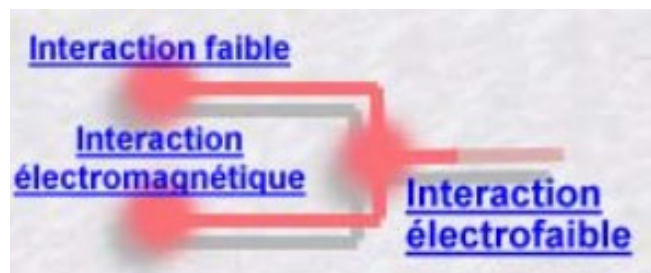
6.4 1951 : Interprétation quantique de la supraconductivité

En s'appuyant sur la mécanique quantique John Bardeen propose une explication à la supraconductivité.



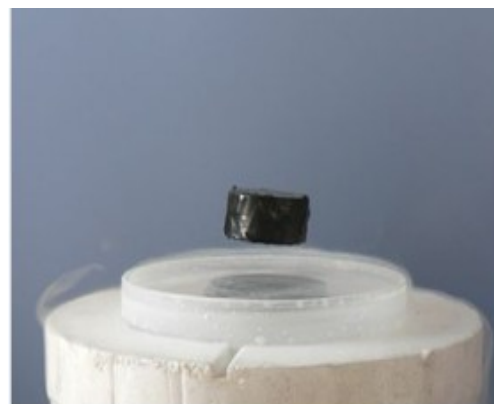
6.5 1968 : Formulation de la théorie électrofaible

Les physiciens Steven Weinberg, Sheldon Lee Glashow et Abdus Salam formulent la théorie dite électrofaible qui propose une unification de l'interaction électromagnétique et de l'interaction faible



6.6 1986 : Découverte de matériaux supraconducteurs à partir de 30°C

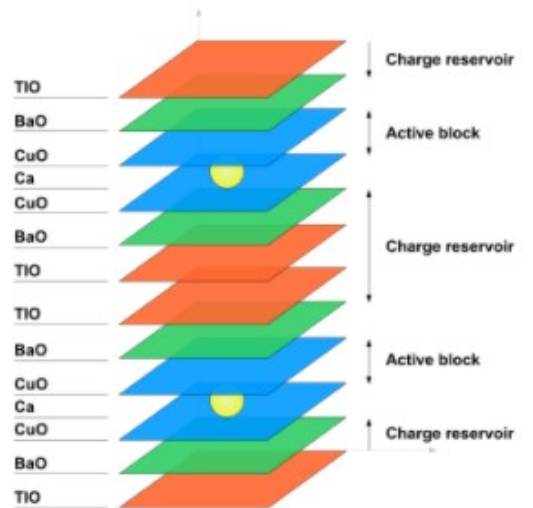
Le physicien Suisse Karl Alexander Müller et le physicien allemand Johannes Georg Bednorz découvrent que certaines céramiques peuvent devenir supraconductrices à partir de 30°K.



aimant en lévitation au-dessus d'un supraconducteur à haute température

6.7 1988 : Découverte de matériaux supraconducteurs à partir de 30°C

Des scientifiques de l'université d'Arkansas découvrent un matériau à base de Thalium qui reste supraconducteur jusqu'à une température de 125°K



$Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_{10}$ (TBCCO-2223)
supraconduteurs à haute température

7. Conclusion

Il existe un très fort lien de parenté entre l'électricité et le magnétisme. Déjà en 1820, le Danois Hans Christian Ørsted a montré que le passage d'un courant électrique dans un fil conducteur engendre un champ magnétique qui se déploie tout autour de ce fil. Inversement, l'Anglais Michael Faraday montrait à son tour, une dizaine d'années plus tard, que le fait de déplacer un aimant le long d'un fil conducteur génère un courant électrique dans ce fil. Ces deux découvertes historiques montraient que l'électricité et le magnétisme sont les deux côtés d'une même médaille. Elles ouvraient aussi la voie à une multitude d'applications encore inimaginables à l'époque.

Connu depuis très longtemps, le magnétisme est un phénomène physique qui se manifeste par des forces d'attractions ou de répulsions qui peuvent s'exercer à distance entre des objets. Ces forces peuvent orienter l'aiguille d'une boussole ou même soulever des objets métalliques. Les champs magnétiques peuvent être produits par des aimants naturels ou synthétiques, mais aussi par des électroaimants composés d'un noyau ferromagnétique entouré d'un bobinage où circule un courant électrique.

Tous les aimants, naturels, synthétiques ou électriques, ont deux pôles : nord et sud. Ils s'attirent ou se repoussent, dépendamment de leurs différences ou similitudes. Les lignes d'un champ magnétique, toujours parallèles, voyagent du pôle nord vers le pôle sud à l'extérieur de l'aimant et, à l'inverse, du pôle sud au pôle nord, à l'intérieur de l'aimant. L'intensité d'un champ magnétique diminue rapidement avec la distance.