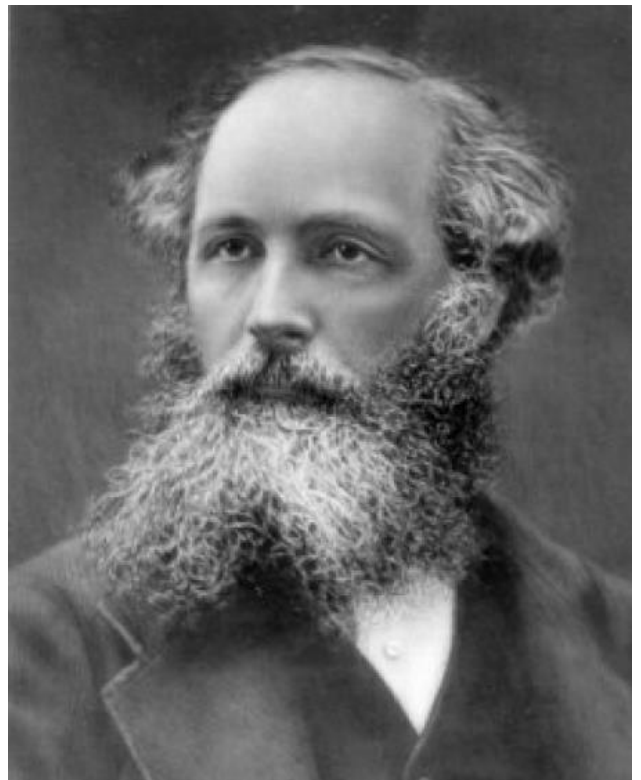


Die Väter der elektromagnetischen Wellen



In the 1860s and 1870s, James Clerk Maxwell developed the theory of electric and magnetic forces, summarized in his famous four equations. These equations encapsulated all that had been discovered about electricity and magnetism in the experiments done over the previous few hundred years by Faraday, Volta, and many others. They showed that electricity and magnetism were two aspects of the same force. The equations also predicted that there should be a form of radiation, which came to be known as electromagnetic radiation. Maxwell realized that light was a form of electromagnetic radiation. Around 1862 he wrote, "We can scarcely avoid the conclusion that light consists in the transverse undulations of the same medium which is the cause of electric and magnetic phenomena."



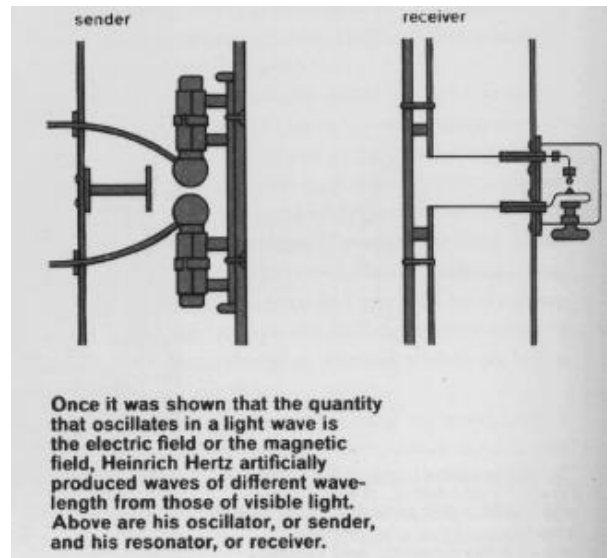
The equations predicted that electromagnetic radiation could exist with any wavelength. The various colors of light have wavelengths less than a thousandth of a millimeter. Much longer wavelengths are possible.



Der größte Teil von Maxwells Lebenswerk war der Erforschung der Elektrizität gewidmet. Maxwells wichtigster Beitrag war die Ausarbeitung und mathematische Formulierung von früheren Forschungen über Elektrizität und Magnetismus durch Michael Faraday, André-Marie Ampère und anderen in einem System miteinander verknüpfter Differentialgleichungen. Hiermit untermauerte er die seit Beginn des 19. Jahrhunderts verbreitete Hypothese der Identität der Elektrizität und des Magnetismus durch ein plausibles mathematisches Modell



Il est principalement connu pour avoir unifié en un seul ensemble d'équations, les équations de Maxwell, l'électricité, le magnétisme et l'induction, en incluant une importante modification du théorème d'Ampère. Ce fut à l'époque le modèle le plus unifié de l'électromagnétisme. Il est également célèbre pour avoir interprété, dans un article en quatre parties publié dans Philosophical Magazine intitulé On Physical Lines of Force, la lumière comme étant un phénomène électromagnétique en s'appuyant sur les travaux de Michael Faraday. Il a notamment démontré que les champs électriques et magnétiques se propagent dans l'espace sous la forme d'une onde et à la vitesse de la lumière



Heinrich Hertz (1857-1894)



Hertz entdeckte in Karlsruhe mit dem ersten hertzischen Oszillator die Existenz der elektromagnetischen Wellen. Er wies nach, dass sie sich auf die gleiche Art und mit der gleichen Geschwindigkeit ausbreiten wie Lichtwellen. Am 11. November 1886 gelang ihm im Experiment die Übertragung elektromagnetischer Wellen von einem Sender zu einem Empfänger. Die Berliner Akademie der Wissenschaften unterrichtete er am 13. Dezember 1888 in seinem Forschungsbericht „Über Strahlen elektrischer Kraft“ über die elektromagnetischen Wellen.

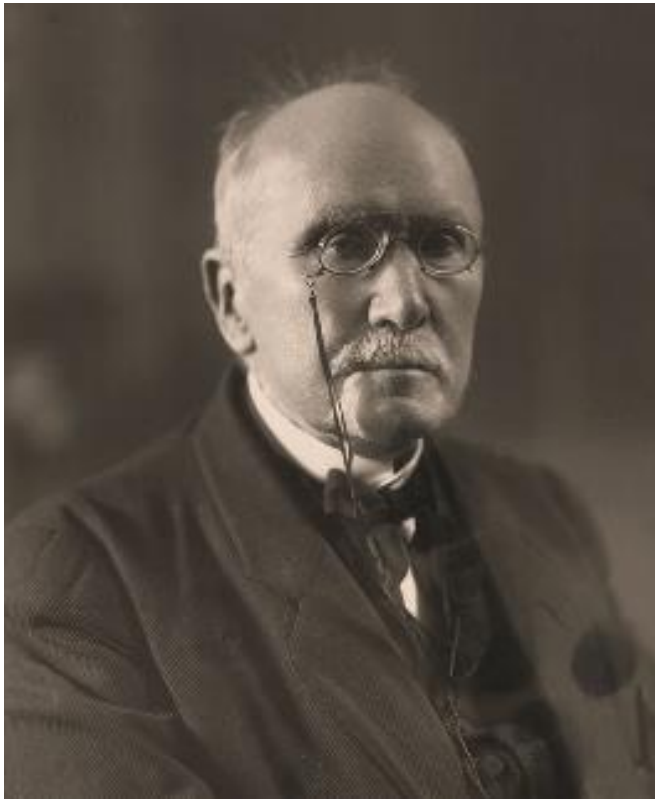
Sein Hauptverdienst lag in der experimentellen Bestätigung von James Clerk Maxwells elektromagnetischer Theorie des Lichts 1886.



C'est à Karlsruhe qu'à l'aide d'un oscillateur (dit oscillateur de Hertz, composé d'un éclateur agissant entre deux sphères creuses en laiton) il mit en évidence l'existence d'autres ondes électromagnétiques, celles-là non visibles. Il démontra que ces nouvelles ondes, susceptibles elles aussi de se diffracter, de se réfracter et de se polariser, se propageaient à la même vitesse que la lumière. Le 13 novembre 1886, il effectua la première liaison par faisceau hertzien entre un émetteur et un récepteur



In 1888, Heinrich Hertz built an apparatus that could transmit and receive electromagnetic waves of about 5 meters in length. He used a coil to generate a high voltage spark between two electrodes which served as a transmitter. The detector was a loop of wire with a small gap. A spark at the transmitter produces electromagnetic waves that travel to the detector, producing a spark in the gap. He showed that the waves were polarized, and that they could interfere with each other, just as predicted by theory.



À l'issue de l'expérience fondamentale du 20 novembre 1890, É. Branly, constatant que la conductibilité du tube à limaille varie sous l'effet de radiations, donne au dispositif le nom de radioconducteur.

Edouard Branly, 23. Oktober 1844 in Amiens; † 24. März 1940 in Paris



Branly experimentierte viel mit elektromagnetischen Wellen und verschiedensten Materialien. So entdeckte er das zusammenkleben von Metallspänen beim Auftreffen der elektromagnetischen Wellen, den sogenannten Frittereffekt. Die Entdeckung war bahnbrechend für den Nachweis und Empfang der elektromagnetischen Wellen. Der russische Forscher Popow benutzte den Fritter oder Kohärer für sein Unwetter-Alarmgerät für die russische Marine. Bis zu seinem Tod befasste Branly sich mit vielen Bereichen der damaligen Physik, insbesondere mit den Bereichen drahtlose Kommunikation und Telemechanik sowie im Bereich der Medizin.



The coherer was the first widely used detector for radio communication. Branly built upon the discoveries of Temistocle Calzecchi-Onesti, who demonstrated in experiments in 1884 through 1886 that iron filings contained in an insulating tube with two electrodes will conduct an electrical current under the action of an applied electrical signal. The operation of the coherer is based upon the large resistance offered to the passage of electric current by loose metal filings, which decreases when direct current or alternating current is applied between the terminals of the coherer at a predetermined voltage. The mechanism is based on the thin layers of oxide covering all the filings, which is highly resistive. The oxide layers are broken down when a voltage is applied of the right magnitude, causing the coherer to 'latch' into its low-resistance state until the voltage is removed and the coherer is physically tapped.



Perfectionnant le cohéreur de Branly, qu'il équipe d'une antenne, il construit un appareil capable d'enregistrer les ondes dues aux décharges atmosphériques. En juillet 1895, il installe à l'observatoire météorologique de l'institut de sylviculture de Saint-Pétersbourg ce « détecteur d'orages », récepteur radio primitif. Dans un article publié quelques mois plus tard, Popov suggère que cet appareil, doté d'une alimentation suffisante, pourrait servir à recevoir les signaux émis par un oscillateur. Cette même année 1895, il présente son appareil à la société physico-chimique de Saint-Pétersbourg et transmet par ondes hertziennes entre deux bâtiments.

Alexander Stepanowitsch Popow, 4. März 1859 † 31. Dezember 1905



Im Januar 1896 veröffentlichte Popow im Journal der Russischen Gesellschaft für Physik und Chemie einen Artikel unter dem Titel „Gerät zur Aufspürung und Registrierung elektrischer Schwingungen“, in dem er das Schema und eine detaillierte Beschreibung des weltweit ersten Radioempfängers lieferte. Eine erfolgreiche praktische Umsetzung des Geräts bewies, dass es tatsächlich elektromagnetische Wellen aus der Atmosphäre auffangen konnte. Am 24. März 1896 demonstrierte der Wissenschaftler die drahtlose Übertragung von Signalen auf eine Entfernung von 250 Meter. In den Jahren 1898 und 1899 leitete Popow die Experimente an der Ostsee und am Schwarzen Meer, und entwickelte eine Methode zur Umwandlung der empfangenen Radiowellen in Schallsignale (davor konnten sie nur auf Papier aufgezeichnet werden). Im Jahr 1900 betrug die Kommunikationsreichweite bereits 112 Kilometer.



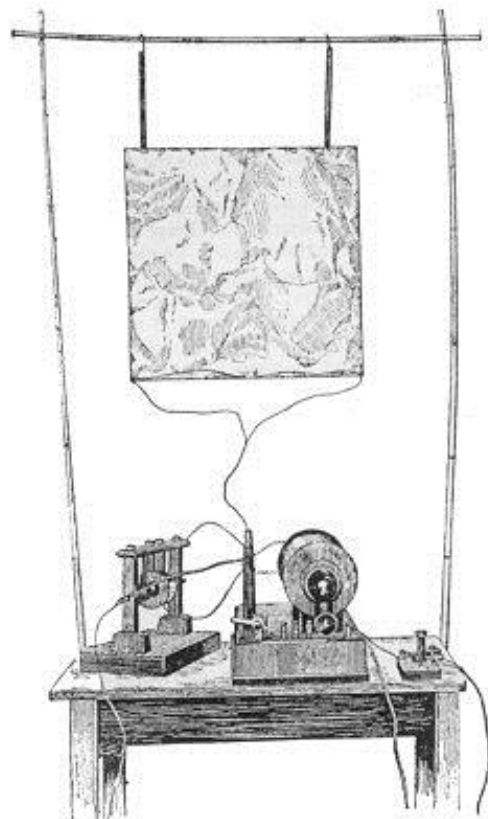
In January 1896 Popow in the “journal of the Russian society for physics and chemistry” published an article under the name “equipment for the Aufspürung and registration of electrical oscillations”, in which he the pattern and a detailed description world-wide first of the radio receiver supplied. A successful practical conversion of the equipment proved its ability to catch electromagnetic waves in the atmosphere. To 24. March 1896 demonstrated the scientist descriptive the cordless transmission of signals on a distance of 250 meters. In 1900 the communication range was already 112 kilometers.



Guglielmo Marconi was fascinated by Hertz's discovery, and realised that if radio waves could be transmitted and detected over long distances, wireless telegraphy could be developed. He started experimenting in 1894 and set up rough aerials on opposite sides of the family garden. He managed to receive signals over a distance of 100 metres, and by the end of 1895 had extended the distance to over a mile. He approached the Italian Ministry of Posts and Telegraphs, informing them of his experiments. The Ministry was not interested and so his cousin, Henry Jameson-Davis arranged an interview with Nyilliam Preece, who was Engineer-in-Chief to the British Post Office. He came to England in February 1896 and gave demonstrations in London at the General Post Office Building. His transmissions were detected 1.5 miles away, and on 2nd September at Salisbury plain the range was increased to 8 miles. In 1897 he obtained a patent for wireless telegraphy, and established the Wireless Telegraph and Signal Company at Chelmsford.



Guglielmo MARCONI est le premier à synthétiser les travaux des divers inventeurs : Il utilise le cohéreur de Branly, le décohéreur de Lodge, les antennes verticales de Popov, le système de Morse et expérimente dans son grenier la transmission réception des ondes de Hertz. Ses expériences ont eu lieu probablement en même temps que celles de Ducretet et Popov et peut-être même avant puisqu'il y travaille depuis 1895. Au-delà de l'Italie, il est assez largement admis que MARCONI est le véritable père de la radio. Juridiquement son brevet lui donne le droit d'y prétendre. Son génie consistera davantage à mettre en pratique et à améliorer les inventions des savants et à leur trouver des applications concrètes et pratiques. Pourtant son travail ne sera pas reconnu par le gouvernement italien et il sera obligé de s'expatrier en Angleterre. Il s'associera à la compagnie anglaise "WIRELESS TELEGRAPH AND SIGNAL COMPANY" qui prendra plus tard son nom. Il fera une expérience de transmission en Morse sur 3 km en Angleterre. Il dépose en 1896 le premier brevet de Télégraphie Sans Fil.



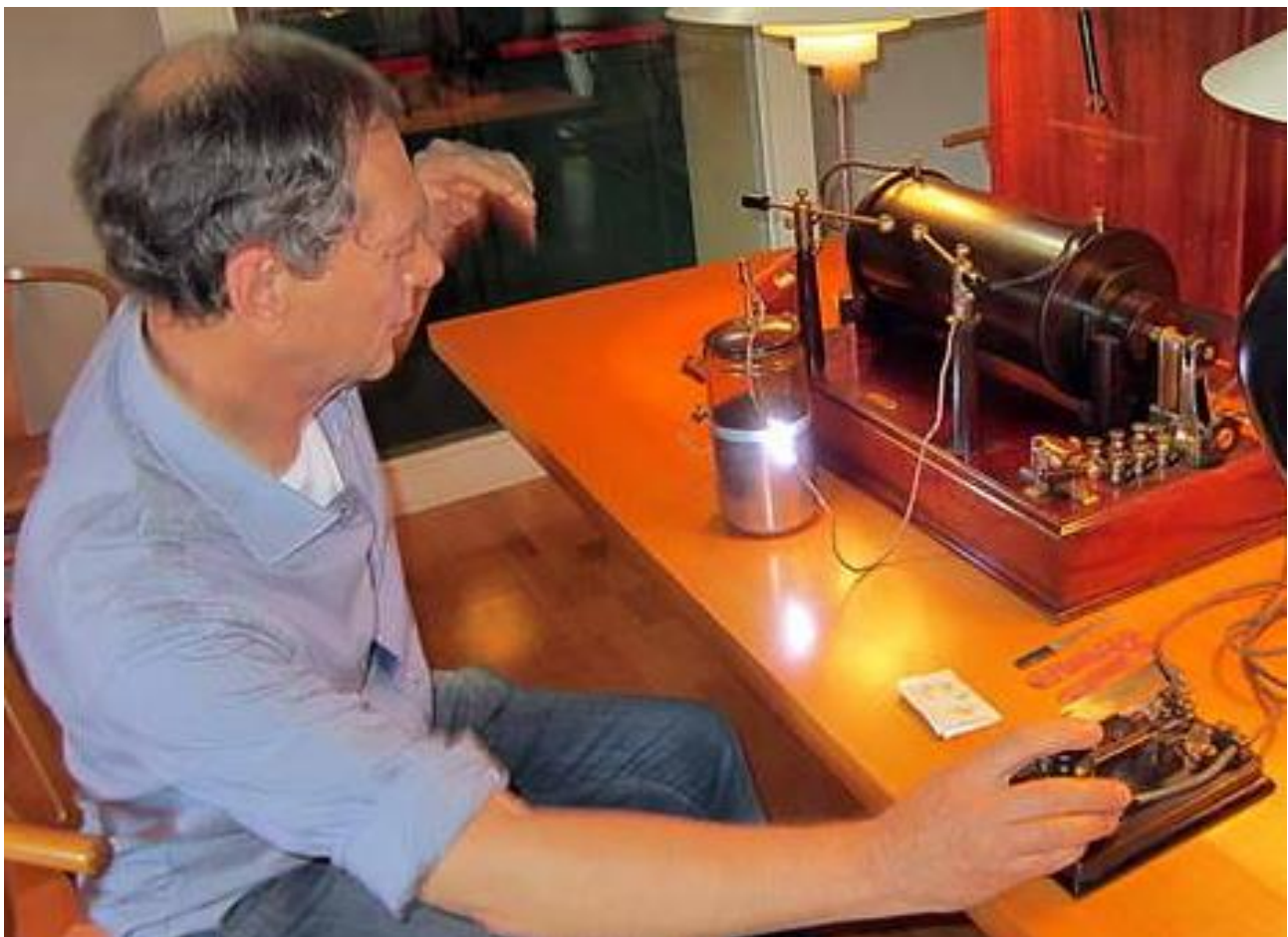
An early Marconi transmitter



Guglielmo Marconi experimentierte mit allerlei Versuchseinrichtungen nach Anleitung einer wissenschaftlichen Fachzeitschrift, dort stieß er auf den Bericht über den hertzschen Nachweis. Er entwickelte die Idee, mit diesen Wellen Informationen über größere Distanzen zu übertragen. Marconi vertiefte sich in die Thematik und stellte mit den Forschungsergebnissen von Branly und Popov eine funktionierende Sender/Empfänger Einheit her.

Mit dieser Anordnung gelang es ihm, nach einigen Versuchen Signale im Freien auf mehrere hundert Meter, ja sogar auf die Rückseite eines Hügels zu übertragen. An der drahtlosen Telegraphie war die italienische Regierung nicht interessiert. Durch familiäre Beziehungen wurde ein Kontakt zum englischen Postministerium fruchtbar. Er wurde gebeten, seine Erfindung dort zu präsentieren. Als Weltseemacht war man sehr an einer drahtlosen Telegraphie interessiert. Marconis Übertragungen gelangen dort über 100m, später über 1,5 und 8 Meilen. Das beantragte Patent wurde ihm 1897 erteilt. Nun ging er in die Offensive und stellte Verbindungen über den Ärmelkanal her (1899) und später die Transatlantikstrecke (1901). Die Geräte wurden von seiner gegründeten Wireless Telegraph and Signal Company in Chelmsford hergestellt.

1897 durften der deutsche Adolf Slaby und sein Assistent Georg Graf von Arco an Marconi-Versuchen vor der englischen Kanalküste teilnehmen. Sie erkannten sofort die große Bedeutung dieser Erfindung. Daraufhin stellten sie die Versuche in Berlin nach und konnten das Militär und auch den Kaiser für diese drahtlose Telegraphie gewinnen.



M. Bigazzi with the spark gap transmitter at the Marconi-Museum Bologna (spark is failed) (RMorg)

Le radio-recepteur



Les Spirales de MATTEUCCI (1811 - 1868)

Carlo MATTEUCCI met avant 1850 en évidence le phénomène d'induction dans l'expérience suivante : 2 spirales de cuivre de grande dimension sont montées parallèlement à quelques mètres de distance. On décharge dans la première une bouteille de Leyde (condensateur) chargée sur une machine électrostatique ou une bobine d'induction.

Aux extrémités de la deuxième bobine espacées de quelques dixièmes de mm, une étincelle jaillit, mettant en évidence un phénomène de transmission d'énergie d'une bobine vers l'autre.

Hermann von Helmholtz effectue 1847 la définition de l'énergie potentielle, formulation du principe de conservation de l'énergie

L'équation d'onde électromagnétique de Maxwell (1864) prévoit l'existence d'une onde associée aux oscillations des champs électrique et magnétique et se déplaçant dans le vide à une vitesse facilement accessible expérimentalement.

C'est à Karlsruhe qu'à l'aide d'un oscillateur Heinrich Hertz mit en évidence l'existence d'autres ondes électromagnétiques, celles-là non visibles. 1886 il effectua la première liaison par faisceau hertzien entre un émetteur et un récepteur.

Édouard Branly réussit à commander à distance, la fermeture d'un circuit électrique, sans qu'il y ait de lien matériel entre l'organe de commande — un générateur d'étincelles — et un tube à limaille, celui-ci agissant comme un organe sensible aux ondes électriques produites par l'éclatement de l'étincelle. Le radioconducteur initial, utilisé le 20 novembre 1890 par Édouard Branly, se présente sous la forme d'un tube de verre, étroit, contenant un peu de limaille métallique intercalée entre deux tiges conductrices. Alexander Popov étudie les émissions électromagnétiques des orages quand il a l'idée d'améliorer la sensibilité du récepteur équipé d'un radioconducteur de Branly en y raccordant le fil d'un paratonnerre. Cette découverte permet à Marconi de réaliser les premières liaisons radiotélégraphiques en 1895



Carlo Matteucci berichtet über das Phänomen der Induction seiner Experimente (vor 1850).

Eine von zwei im Abstand einiger Meter parallel aufgestellten Kupferspulen grossen Durchmessers wird an eine aufgeladene Leydener Flasche (Kondensatorladung) angeschlossen. An einem kleinen Luftspalt der zweiten Spule beobachtet er einen überspringenden Funken und schließt hieraus die Übertragung von Energie von der ersten zur zweiten Spule.

Hermann von Helmholtz formuliert 1847 endgültig den Energieerhaltungssatz.

Die Maxwell-Gleichungen (1864 veröffentlicht, basierend auf dem Energieerhaltungssatz) beschreiben den Zusammenhang von elektrischen und magnetischen Feldern mit elektrischen Ladungen und elektrischem Strom unter gegebenen Randbedingungen.

H. Hertz sucht im Experiment die Bestätigung der Maxwellschen Gleichungen. In 1886 gelang die Übertragung elektromagnetischer Wellen von einem Sender zu einem Empfänger. Er veröffentlichte seine Ergebnisse in seinem Forschungsbericht „Über Strahlen elektrischer Kraft“.

Édouard Branly entdeckt 1890 die Veränderung des Leitwertes der in einem Röhrchen komprimierten Metallspäne unter Einfluß von elektromagnetischen Wellen (Frittereffekt). Er berichtet hierüber vor der Académie des Sciences. Er hat einen Baustein entdeckt, der die empfangenen elektromagnetischen Wellen verwertbar macht.

Mit Hilfe seines Nachbarn und Universitätsprofessors Augusto Righi (University of Bologna) experimentiert Marconi 1894 mit dem Hertzschen Funkeninduktor und dem Radioconducteur von Branly. Am 7. Mai 1895 präsentiert Alexander Popov der Gesellschaft für Physik und Chemie in Petersburg seine Versuche über den Empfang elektrischer Schwingungen, er verwendet dabei den Radioconducteur Branly's. Im Sommer 1895 überträgt Marconi elektromagnetische Signale mit Hilfe einer geerdeten Antenne hinter einen Hügel auf über 2 km Entfernung.

Recepteur au base du coherer de Branly

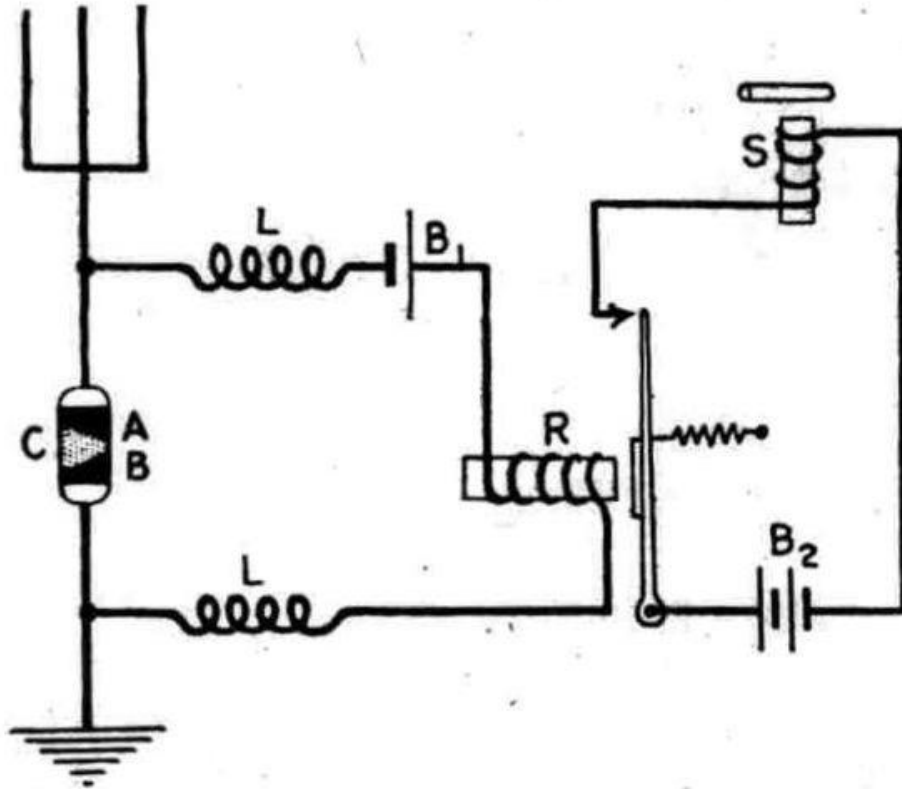
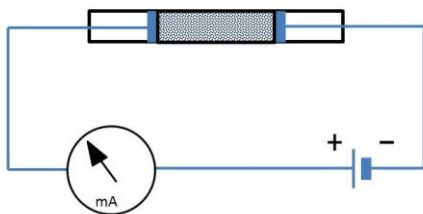
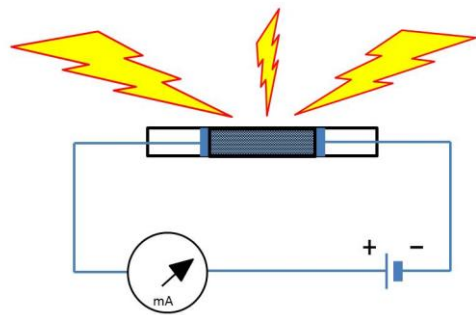


Fig. 101. Marconi 1896 Receiver.



Radioconductor (Kohärer) im Initialzustand



Radioconductor (Kohärer) nach Einwirkung elektromagnetischer Wellen