

# L'INVENTION DES ONDES

## Du Dao à la mécanique quantique

*«Je juge cette longue querelle de la tradition et de l'invention  
De l'ordre et de l'aventure.»*

Guillaume Apollinaire.

**Jean-Jacques LEDOS**  
(Comité d'histoire de la télévision).

Communication au *Convegno Internazionale su  
"Le origini e lo sviluppo della Telegrafia Senza Fili (TSF)"* 4-5  
Giugno 1999 Fermo (AP-Italie).

Ce texte est initialement paru dans GUIDONE. M. e MUZZARELLI  
FORMENTINI, C., Roberto Clemens Galletti di Cadilhac. Una vita per la  
scienza e la comunicazione, AndreLiviEditore, Fermo, luglio 2001.

La Science est souvent imprévisible. Picasso citait cette phrase empruntée au physiologiste français Claude Bernard: *«Je trouve d'abord, je cherche ensuite»* L'observation impose l'interrogation sur un phénomène qui ne révèle pas immédiatement son application possible. Heureusement, l'imagination des romanciers de science-fiction ou d'anticipation fonctionne plus vite parce qu'elle ne s'embarrasse pas de justifications rationnelles. De Lucien de Samosate à Tiphaigne de la Roche, un obscur auteur normand du XVIII<sup>e</sup> siècle, divers auteurs ont suggéré la vision et l'écoute à distance. En revanche, peu, sinon aucun, ont imaginé l'importance de la communication appliquée au développement de la civilisation matérielle. Le vingtième siècle n'aurait sans doute pas été ce qu'il a été sans ces moyens d'échanges rapides d'information sinon de convivialité.

### **L'interrogation à partir de la lumière**

L'invention des ondes, c'est la reconnaissance puis la domestication des divers rayonnements émis par une source naturelle unique: le Soleil. Elle est le fruit d'une méthodologie qui consiste à identifier le phénomène, à en découvrir les causes puis à les reproduire pour s'en servir de manière fiable. C'est ce parcours dont nous allons tenter de reconstituer ici les étapes en précisant d'entrée qu'il ne sera pas exhaustif tant les familles d'ondes et leur champ d'application sont vastes.

Le champ de l'interrogation fondamentale est habituellement limité par les travaux de Faraday, de Maxwell et de Hertz. La problématique apparaît toutefois dès l'Antiquité. Les philosophes s'interrogeaient déjà sur l'action à distance sans lien mécanique visible comme la pesanteur, l'attraction d'objets légers par l'ambre gris, mais aussi sur la nature de la

lumière dont Démocrite pensait, plus de quatre siècles avant notre ère, qu'elle était peut-être constituée de grains ("idoles"), un concept qui nous fait penser aux photons <sup>1</sup>. Un historien anglais évoque la «*théorie ondulatoire à laquelle s'intéressèrent les Chinois ...*»<sup>2</sup>, trois siècles avant notre ère. Il devine, dans l'expression des contraires que représentent dans la philosophie taoïste le *Yin* et le *Yang*, une intuition des mouvements oscillants: «*Liu Zhi [...] explique sa propre conception du monde en termes qui reposent sur une autre série d'idées scientifiques valables, dans leur forme "préhistorique" : mouvement ondulatoire, action à distance, rythme intrinsèque et autres hypothèses similaires.*»<sup>3</sup> »

Vingt siècles plus tard, le philosophe padouan Pomponazzi formule l'hypothèse que «*la causalité naturelle se présente souvent comme action à distance, comme sympathie, comme transmission d'effets occultes*»<sup>4</sup>. Newton hésite entre l'hypothèse corpusculaire et la théorie vibratoire que son contemporain, le hollandais Huygens (1629-1695), expose en 1678<sup>5</sup>. Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, le physicien français Augustin Fresnel (1788-1827), qui a observé les interférences et la diffraction lumineuses, confirme cette théorie dite *ondulatoire* et évoque l'hypothèse de "*longueurs d'ondulations*"<sup>6</sup>.

On retiendra encore l'intuition exprimée, au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, par le mathématicien suisse Euler. Dans un ouvrage pédagogique, destiné à l'une de ses élèves, il écrit: «*...il est très naturel que l'éther puisse, [...] sous des circonstances semblables, recevoir des ébranlements et les continuer en tous sens à de plus grandes distances. Comme les ébranlements de l'air nous fournissent le son, qu'est-ce que pourraient bien nous fournir les ébranlements de l'éther? Je crois que Votre Altesse le devinera aisément, c'est la lumière et les rayons ...*»<sup>7</sup>

### Le hasard et la curiosité

Quelques années plus tard, en 1786, le savant italien Galvani observe le sursaut d'une grenouille écorchée lorsqu'éclate une étincelle aux bornes d'une *bouteille de Leyde*<sup>8</sup>. C'est une manifestation de l'action à distance qui ouvre la voie à une nouvelle réflexion et à l'étude expérimentale. En 1820, le danois Ørsted puis le français Ampère mettent en évidence l'action à distance d'un champ électrique, créant ainsi l'*électromagnétisme*.

Dans les années 1840, Michæl Faraday s'interroge sur les liens invisibles de l'*action à distance* et imagine des *lignes de force* «*pouvant être le siège des vibrations des phénomènes de rayonnement.*»<sup>9</sup>. La théorie n'exclut pas que d'autres manifestations puissent avoir la même nature électrique et magnétique. «*Il semble que nous ayons une forte raison de conclure que la lumière elle-même, y compris la chaleur rayonnante et d'autres radiations s'il en est, est une perturbation électromagnétique.*»<sup>10</sup> Ce concept inspirera la réflexion de Maxwell, physicien écossais, qui énonce en 1868 un système d'*équations du champ électromagnétique* appliquées à la lumière, sans exclure d'autres manifestations de même nature. Ce modèle mathématique valide l'intuition de Faraday. En laissant encore la place au doute, il nourrit

<sup>1</sup> M. Serres & N. Farouki: , *Le Trésor, dictionnaire d'Histoire des Sciences*, article "Lumière" (Ed. Flammarion, Paris, 1997)

<sup>2</sup> Joseph Needham: *Science and civilisation in China* (Cambridge, 1954)

<sup>3</sup> J. Needham: *La tradition scientifique chinoise*, (Édition Herman, coll. "Savoir" Paris, 1974).

Liu Zhi est un philosophe chinois du 3<sup>e</sup> siècle après J.-C. i

<sup>4</sup> D'après un ouvrage posthume: *De naturalium effectuum causis* cité par Yvon Belaval "La philosophie de la Renaissance" in "Histoire de la philosophie 2" (Encyclopédie de la Pléiade, Gallimard, Paris, 1973)

<sup>5</sup> Encyclopedia Universalis, art. Newton et Huygens.

<sup>6</sup> EU: art. "Fresnel".

<sup>7</sup> *Lettres à une Princesse d'Allemagne sur quelques sujets de physique et de philosophie* (1768) (Éd. Charpentier, Paris, 1843)

<sup>8</sup> Connue aussi comme *Leyden jar*. H.W. Meyer: "A History of Electricity and Magnetism" (Norwalk, CT, 1972).

<sup>9</sup> Lettre de Faraday à Richard Phillips (1846) citée in *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell* (Cambridge, 1890)

<sup>10</sup> J.C. Maxwell: *A dynamical Theory of the Electromagnetic Field* ("Philosophical Transactions, 1865).

l'hypothèse que la lumière se propage dans l'éther à l'état d'ondes électromagnétiques. Il reste à maîtriser le phénomène .

### De l'observation à la réflexion

Au cours des années 1870, divers physiciens, comme Thomas Edison, Elihu Thomson et Edwin Houston ont observé l'action à distance d'un choc électrique en l'absence du lien matériel que constitue le fil électrique <sup>11</sup>. L'éclatement d'une étincelle aux bornes d'une bobine de Ruhmkorff est perceptible dans l'espace ouvert d'une boucle de fil <sup>12</sup>. A la même époque, un savant irlandais, G.F. Fitzgerald, informé des travaux théoriques de Maxwell, avance l'hypothèse d'une production ("*origination* ") d'ondes par des moyens électriques <sup>13</sup>.

### De la réflexion à l'expérimentation

Quelques années plus tard, le physicien allemand Heinrich Hertz ne laisse plus de doute sur la nature ondulatoire des ondes: «*Depuis les recherches de Young et de Fresnel, nous savons que c'est un mouvement ondulatoire. Nous connaissons la vitesse des ondes, leur longueur, nous savons que ce sont des ondes transversales; en un mot, nous possédons toutes les conditions géométriques du mouvement* <sup>14</sup> » Il observe à son tour le phénomène d'ébranlement électrique provoqué par l'éclatement d'une étincelle, transmis et reproduit à distance dans une boucle de fil métallique. Non sans rendre hommage aux travaux précédents, ceux de Fitzgerald à Dublin, de Righi, à Bologne, de son maître von Helmholtz, à Berlin, il entreprend méthodiquement son étude et reproduit le phénomène, en 1887, au laboratoire de l'École supérieure technique de Karlsruhe. L'expérience confirme l'intuition de Faraday selon laquelle un courant électrique peut en produire un autre par induction, dans un circuit récepteur non relié par un fil conducteur à l'éclateur de Ruhmkorff . Il vérifie ainsi la validité de la démonstration théorique de Maxwell. <sup>15</sup>. Pour Hertz, l'observation de la réflexion et de la réfraction des ondes ainsi produites confirme leur identité de nature avec la lumière <sup>16</sup>. Il écrit: «*Depuis les recherches de Young et de Fresnel, nous savons que c'est un mouvement ondulatoire. Nous connaissons la vitesse des ondes, leur longueur, nous savons que ce sont des ondes transversales; en un mot, nous possédons toutes les conditions géométriques du mouvement* . <sup>17</sup>» Le débat se poursuit alors sur la nature et les propriétés du milieu - l'"éther" - dans lequel le phénomène se produit. Il ne semble pas, toutefois, que Hertz, surtout attentif à l'observation d'une manifestation physique, ait imaginé l'usage que la transmission sans fil de signaux pourrait apporter à la communication télégraphique .

A la même époque, Oliver Lodge a présenté à la communauté scientifique anglaise le résultat de ses observations sur la décharge électrique aux bornes d'une bouteille de Leyde. Il évoque la production d' *ondes d'éther* et leur mesure <sup>18</sup>.

---

<sup>11</sup> Süsskind Charles: *The Early Electronics. I- Electromagnetics before Hertz* in "IEEE Spectrum" (August 1968). Après une série d'essais de transmission sans fil réussis, en juin 1892, au large de Cardiff, Preece avait prédit:

« *Il serait tout-à-fait facile de parler entre la France et l'Angleterre, à travers le détroit de Douvres.* » ("Journal of the Society of Arts" February 23, 1894).

<sup>12</sup> Ibid.

<sup>13</sup> *On the possibility of originating wave disturbances in the ether by means of electric forces* ("Scientific Transactions of the Dublin Royal Society" 1880/1).

<sup>14</sup> H. Hertz: *L'identité de la lumière et de l'électricité* ("Revue scientifique" 26 octobre 1889)

<sup>15</sup> H. R. Hertz: *Untersuchungen über die Ausbreitung der Elektrischen Kraft* ["Recherches sur la propagation de la force électrique"], (Leipzig, 1892).

<sup>16</sup> Communication de G.F. Fitzgerald in "La Lumière Électrique"

<sup>17</sup> H. Hertz: *L'identité de la lumière et de l'électricité* ("Revue scientifique" 26 octobre 1889)

Cf. aussi: Communication de G.F. Fitzgerald in "La Lumière Électrique"

<sup>18</sup> "La Lumière Électrique"

En 1890, un professeur de physique à l'Institut catholique de Paris, Édouard Branly observe qu'un amas de limaille de fer contenu dans un tube de verre devient conducteur lorsqu'une étincelle éclate à proximité. Dès 1884, Temistocle Calzecchi-Onesti, professeur de physique au Lycée Annibal Caro de Fermo, avait déjà mis en évidence la conductibilité de la limaille métallique traversée par un courant électrique<sup>19</sup>. Calzecchi-Onesti appelle ce dispositif *cohéreur* ("coherer"). L'expression sera appliquée, quelques années plus tard par Oliver Lodge au tube à limaille que Branly nommait *radioconducteur*. Peut-être conviendrait-il plutôt, comme l'a suggéré un historien italien des sciences, de le désigner comme *tube de Calzecchi-Branly*<sup>20</sup>. La détection des ondes devient possible mais, pas plus que Hertz, Branly ne semble pas avoir prévu l'application de sa découverte à la réception des signaux transmis sans fil. En 1892, William Crookes, le découvreur des propriétés des rayons X, évoquant les usages prévisibles de l'électricité pressent la transmission de messages, ("*transmitting intelligence*"). au moyen de "*vibrations électriques d'un mètre ou moins de longueur d'onde ...*" susceptibles de traverser les murs<sup>21</sup>.

Certaines observations empiriques avaient déjà ouvert la voie de cette nouvelle forme de communication. En 1879, l'inventeur du microphone, David E. Hughes, a observé qu'un écouteur téléphonique placé à distance d'un champ magnétique engendré par une bobine recueillait un bruit caractéristique, voire le son capté par un microphone placé dans le circuit<sup>22</sup>. En 1926, la revue de référence *Wireless World and Radio Review* lui attribuait l'antériorité de la transmission sans fil non sans rappeler les expériences identiques conduites avec succès par T.A. Edison, en 1883<sup>23</sup>. « ... En quelque façon, devant les travaux de Hertz, il aurait fait de la télégraphie par ondes hertziennes sans le savoir. mais les autorités scientifiques appelées à constater les faits en 1880 conclurent unanimement à l'existence d'un phénomène d'induction...<sup>24</sup> » a écrit l'historien français des techniques, Jean Cazenobe.

William Preece, un ingénieur anglais, qui accueillera, quelques années plus tard à Londres le jeune Marconi, a réussi à se faire entendre avec un dispositif analogue à travers le canal de Bristol. En 1883, un américain, Amos Emerson Dolbear, affirme, dans une communication présentée à l' "*Association Américaine pour l'Avancement de la Science* ", avoir transmis des signaux reçus à une certaine distance dans un écouteur téléphonique. Le dispositif décrit mentionne une bobine d'induction mise à la terre, une antenne tendue par un cerf-volant, un manipulateur Morse ou un microphone (?). Dolbear prévoit l'application d'un tel système à la communication avec les navires en mer<sup>25</sup>.

C'est sans doute un dispositif analogue qui a causé, en 1890, l'effroi d'un habitant de Murray, dans le Kentucky, lorsqu'il affirme avoir entendu à distance dans un écouteur téléphonique, sans fil de liaison, la voix de son ami Nathan B. Stubblefield<sup>26</sup>. La petite ville américaine a cru pouvoir, plus tard, s'autoproclamer "lieu de naissance" de la radiodiffusion ("*Birthplace of Broadcasting* ").

<sup>19</sup> Temistocle Calzecchi-Onesti e il coherer. Storia di una scoperta incompleta par Paolo Brenni in "Centi anni di Radio, da Marconi al futuro delle telecomunicazioni." (Marsilio Edizioni), Venezia, 1995.

<sup>20</sup> M. Guidone: Temistocle Calzecchi-Onesti, il coherer, et la fisica in Italia in "Le Montani" (Maggio, 1886).

<sup>21</sup> W. Crookes: Some possibilities of Electricity in "The Fortnightly Review" n° 102 new series (Feb. 1, 1892).

<sup>22</sup> Ellison Hawks: Pioneers of Wireless: D.E. Hughes and his work in "Wireless World and Radio Review" n° 365, 1926, Aug. 25th. Cf. aussi Effets d'induction à travers les circuits téléphoniques par M. D. Hughes in "Les Mondes", janvier 1879.

<sup>23</sup> Preece Installs the First Practical Wireless System ("WW&RR" n° 362, vol. XIX, 1926, Aug. 4th) et Edison signals without wires to moving trains ("WW&RR" n° 358, vol. XIX, 1926, July, 7th). O. Lodge avait déjà donné le 8 mars 1889 une communication à la Royal Institution sur ses observations de l'éclatement d'une étincelle aux bornes d'une bouteille de Leyde.

<sup>24</sup> Les origines de la télégraphie sans fil in "Cahiers d'Histoire et de Philosophie des Sciences" (1981).

<sup>25</sup> Ellison Hawks: Pioneers of Wireless: Dolbear nearly forestalls Marconi ("Wireless World" n° 355, 1926, June, 26th); Ch. Stüsskind: Observation of Electromagnetic Wave Radiation before Hertz ("Isis", 1964, March).

<sup>26</sup> L.J. Hortin: Did He Invent Radio ? in "Broadcasting" (1951, March, 19).

La grande encyclopédie brésilienne *Delta Larousse* consacre un article à un prêtre jésuite, Roberto Landell de Moura, qui aurait réussi, dès 1893, à "transmettre et à recevoir la parole humaine, sans fil, au moyen d'un appareil primitif utilisant un tube semblable à celui de Crookes <sup>27</sup>. »

### Les prémices de l'usage

Il faut mentionner ici un projet de transmission sans fil qui ne doit rien à ces essais. En 1880, Graham Bell imagine d'utiliser les propriétés photorésistantes du sélénium pour moduler un rayon lumineux par les variations d'intensité et de niveau recueillies par le microphone d'un appareil téléphonique. Un miroir, solidaire de la plaque de fer disposée sur les pôles de l'électroaimant, vibre lorsque passe le son. Le rayon lumineux qui le frappe se trouve dévié, modulant ainsi l'intensité lumineuse recueillie au point de réception par un miroir parabolique au foyer duquel un bloc de sélénium assure la "transduction" inverse. Les déviations du rayon lumineux imposent au courant électrique qui traverse le sélénium des variations d'intensité que reproduit l'écouteur téléphonique. C'est le *Photophone* <sup>28</sup>. Un ingénieur français Ernest Mercadier tentera de l'exploiter sous le nom de *Radiophone*.

En 1894, pour animer une conférence consacrée aux travaux de Hertz et à sa mémoire, Oliver Lodge en reproduit les expériences devant les membres de la *Royal Society* de Londres. A Oxford, une nouvelle démonstration transmet des signaux intermittents - peut-être en morse ? - sur une distance de 30m. Bien que cette expérience soit la première réellement attestée, Lodge qui ne pouvait ignorer l'intuition que Crookes avait exprimée dans la *Fortnightly Review*, considérait cet exploit comme un élément de spectacle et ne lui donna aucune suite immédiate <sup>29</sup>.

Près de Bologne, Guglielmo Marconi a vingt ans en 1894. C'est un jeune homme de bonne famille qui se passionne davantage pour l'électricité pratique que pour les études universitaires <sup>30</sup>. Sa famille entretient de bonnes relations avec un voisin, Augusto Righi, physicien éminent enseignant à l'Université locale qui autorise l'aimable dilettante à assister aux expériences qu'il conduit sur le modèle de Hertz et à fréquenter la bibliothèque de l'Institut de Physique de l'Université <sup>31</sup>. Righi a communiqué en 1893 à l'*Accademia Reale dei Lincei* le résultat des essais de transmission et de réception de ce qu'il appelle des *ondes* <sup>32</sup>.

Le jeune Marconi reproduit ces essais dans la propriété familiale, la *Villa Griffone*. En février 1896, il se rend à Londres. Grâce aux relations de sa mère d'origine anglaise, le jeune inventeur de 22 ans peut faire, quelques mois plus tard, une démonstration de ses essais devant le chef du service télégraphique des Postes anglaises, William Preece, entouré de représentants du *War Office* et de l'*Amirauté*. La *Royal Navy* accepte d'engager une campagne d'essais.

Le titre du brevet que Marconi dépose, à Londres, en juin de cette année-là, est, au demeurant, assez peu explicite: "*Progrès dans la transmissions des signaux électriques au moyen*

<sup>27</sup> *Grande Enciclopedia Delta Larousse*, Ed. Delta, Rio de Janeiro, 1978. vol.10, p.4658.

<sup>28</sup> D'une abondante littérature, on retiendra les synthèses les plus anciennes en langue française, dans "L'Illustration" p. 290 (30 Oct. 1880) et dans "La Nature" (Nov. 1880).

<sup>29</sup> « Lodge [...] has regarded this feat [fait d'armes] as no more than a piece of showmanship, and had not followed it up in any way... » Citation par Keith Geddes: "Guglielmo Marconi 1874-1937" (Science Museum Booklet, London, 1974). Cf. aussi "Electrician" (1897) et "Wireless World and Radio Review" (1923). S'exprimant, en 1926, devant la "British Association", à Oxford, le Prince de Galles, futur Edouard VIII puis Duc de Windsor, confirmait l'antériorité de Lodge.

<sup>30</sup> H.G.J. Aitken: *The Continuous Wave - Technology and American Radio, 1900-1932* (Princeton U.P., 1985).

<sup>31</sup> D'après Barbara Valotti: *Radici dell' invenzione e impresa dell' innovazione: il giovane Marconi*. in "Cento anni di Radio: da Marconi al futuro ..." op. cit.

<sup>32</sup> *Su alcune disposizioni sperimentali per la dimostrazione e lo studio delle ondulazioni elettricche di Hertz*. Cité par Giorgio Dragoni ("Cento anni di Radio: da Marconi..." op. cit.

d'appareils appropriés". Suit une description du dispositif générateur d'étincelles que le jeune bolognais a pu observer dans le laboratoire d'Augusto Righi: « Comme émetteur - écrit-il - j'utilise une bobine de Ruhmkorff dans le circuit primaire de laquelle se trouve un manipulateur Morse... ». Le système récepteur est un radioconducteur de Branly ainsi présenté: « la colonne de poudre [métallique] ne doit pas être longue [...] le tube contenant la poudre doit être scellé »<sup>33</sup>. L'entrepreneur italien a surtout deviné les potentialités de la nouvelle technique pour la communication à longue distance.

A la même époque, en Russie, Alexandre Popov enseigne la physique aux élèves d'une École d'artillerie, au large de Saint-Petersbourg, dans l'île de Cronstadt. Depuis la découverte de Branly, il tente d'utiliser le "radio détecteur" pour prévoir l'arrivée des orages afin d'en informer les navigateurs<sup>34</sup>. Il a communiqué, le 7 mai 1895, au cours d'une conférence prononcée devant la Section de Physique de la *Société Russe de physique-chimie* de Saint-Petersbourg, le résultat de ses recherches<sup>35</sup>. Dans une déclaration ultérieure (janvier 1896), après avoir évoqué le modèle proposé par Lodge en 1894, il souhaite, en conclusion, que « [son] appareil, lorsqu'il aura été perfectionné, pourra être utilisé pour la transmission de signaux sur une distance qu'autorisent les oscillations électriques rapides, dès qu'un générateur de telles ondes assez puissantes aura été découvert. »<sup>36</sup> En 1925, un fonctionnaire du Bureau soviétique des Poids et Mesures a retrouvé des témoins du succès des essais de Popov en Mars 1896. Ils se souviennent alors que les signes du code Morse composant les lettres H.E.I.N.R.I.C.H. H.E.R.T.Z. ont été clairement reçus<sup>37</sup>. Toutefois, faute de procès-verbal contemporain de l'expérimentation ou de dépôt de brevet par le professeur russe, c'est Marconi que l'histoire a retenu comme "inventeur", en 1896, de la T.S.F. - transmission sans fil - à distance, au moyen de signaux électromagnétiques.

### Naissance d'une industrie

Les premiers essais attestés d'émission-réception de Marconi ont eu lieu de 1896 à 1897 sous l'égide du *General Post Office*, le Service anglais des Postes. Les transmissions réalisées à Londres, d'un toit à l'autre, en juillet 1896, ne devaient pas être très différentes de celles de Lodge, deux ans plus tôt. Preece communique les résultats obtenus par ses collaborateurs à ses collègues de la *Société Britannique pour le progrès de la Science* réunis à Liverpool, en août. En septembre, à Salisbury Plain, dans le sud de l'Angleterre, la présence de représentants du Ministère de la Guerre ("*War Office*") et de l'Amirauté donne un caractère officiel et une caution à de nouveaux essais réussis sur une distance de 2 miles<sup>38</sup>. Une nouvelle démonstration publique effectuée, en décembre, dans le cadre d'une conférence de William Preece, assure à Marconi ce que nous appelons aujourd'hui une bonne "couverture médiatique". L'événement, en 1897, c'est la création, le 20 juillet, de la *Wireless Telegraph and Signal Company Limited*. Marconi retourne rapidement en Italie. A l'invitation du Ministre de la Marine, il fait une démonstration à Rome. Quelques jours plus tard, dans le golfe de

<sup>33</sup> *Improvements in Transmitting Electrical Impulses and Signals and in Apparatus therefore*, British Pat. enregistré le 2 Juin 1896 sous le numéro 12039. (Photoc. in Süsskind: "Popov...") Un premier brevet, à l'intitulé guère plus explicite, avait été déposé en Mars 1896.

<sup>34</sup> Dans les *Commentaires*, Jules César remarque que des étincelles apparaissent parfois à la pointe des lances de ses soldats lorsqu'un orage éclate.

<sup>35</sup> "Journal de la Société Russe de physique-chimie" (vol. 27, n° 8, 1895)

<sup>36</sup> Photocopie reproduite par Ch. Süsskind: *Popov and the beginnings of Radiotelegraphy* in "Proc. of the IRE" (Oct. 1962).

<sup>37</sup> Süsskind: "Popov..." (PIRE, loc. cit.). Cf. aussi lettre de Victor Gabel publiée dans le courrier des lecteurs par "Wireless World" n° 341, 1926, Feb. 24th.

<sup>38</sup> Anna Guagnini: *Guglielmo Marconi, Inventore e Imprenditore* in "Cento anni di Radio, le radici dell' invenzione" (op. cit.). Sur les conditions techniques de l'expérience, voir J. Cazenobe: *Marconi a-t-il inventé la radio ?* in "La Recherche" n° 276, vol. 26 (1995, Mai).

Gênes, les signaux émis depuis le port militaire de La Spezzia, sont reçus à une distance de 16km <sup>39</sup>.

En novembre 1897, l'industriel français Eugène Ducretet a présenté devant la *Société française de physique* des appareils qu'il a fabriqués en développant les modèles que lui a décrits Popov, dès 1895. Une collaboration s'engage avec le physicien russe. Elle conduit à la production d'appareils qui améliorent les performances et les conditions d'exploitation de ce qu'on appelle désormais la "télégraphie sans fil" ou "radiotélégraphie".

Le matériel Ducretet dont Popov a persuadé la marine russe de s'équiper permet en décembre 1900 le sauvetage de l'équipage d'un navire bloqué par les glaces dans le Golfe de Finlande. La T.S.F. est, désormais, un instrument de relation sociale.

En 1901, Marconi établit une liaison entre l'Angleterre et Terre-Neuve, à l'embouchure du fleuve Saint-Laurent .

L'étape suivante appartient à l'industrie qui doit répondre à la demande de communication des navigateurs, marchands et militaires, privés, en mer, de liaisons par fil télégraphique. Les États en attendent le moyen de communiquer avec leurs positions diplomatiques, militaires ou coloniales éloignées.

Des stations puissantes pour l'époque - de 15 à 25 kW - sont installées. L'une des premières stations transatlantiques est construite en janvier 1903 par la filiale américaine de Marconi à Wellfleet, dans l'État de Massachusetts. Elle permet au roi d'Angleterre, Édouard VII et au président des États-Unis, Théodore Roosevelt d'échanger des vœux de Nouvel An.<sup>40</sup> Un an plus tard, le futur général Ferrié installe la radiotélégraphie militaire à la Tour Eiffel, à Paris.

Dans les premières années du siècle, de nouvelles techniques de production des ondes, comme l'arc chantant et l'alternateur à haute fréquence améliorent la transmission avec des puissances accrues. La technique des "ondes entretenues" remplace celle des "ondes amorties" produites par l'éclatement des étincelles. En 1900, l'anglais Duddell exploite la possibilité d'entretenir des oscillations produites par un arc électrique mais c'est le danois Poulsen, par ailleurs, inventeur d'un système d'enregistrement magnétique, qui a rendu ce procédé exploitable à partir de 1903 en produisant l'arc électrique dans une atmosphère d'hydrogène. Galletti expérimente un «*procédé à peu près comparable mais avec deux oscillateurs réagissant l'un sur l'autre, en alimentant les décharges au moyen d'un dynamo Thury à 20 000 volts* <sup>41</sup>.» A la même époque, un ingénieur de la *General Electric* américaine, Reginald Fessenden, imagine d'appliquer la technique de l'alternateur, mis au point depuis dix ans par Tesla, à la production d'ondes de haute fréquence - pour l'époque - à plus de 30 000Hz avec une puissance de 20kW <sup>42</sup>.

En 1910, des liaisons sont établies entre les stations de Pise et de Massaouah, en Érythrée<sup>43</sup>. La France et l'Allemagne préparent un réseau qui doit entretenir une liaison permanente avec leurs colonies. En 1913, la station de Tuckerton sur la côte est des États-Unis émet à partir d'un pylône de 270m. Ses émissions sont reçues en Allemagne.

<sup>39</sup> *Oltre gli ostacoli: Marconi e la Radio* in "Cento anni di Radio: de Marconi al futuro..." op. cit.

<sup>40</sup> Gleason L. Archer: *History of Radio to 1926* p.75 (The American Historical Society, Inc. New York, 1926).

<sup>41</sup> H. Marchand: *Les progrès récents de la télégraphie et de la téléphonie sans fil* in "Revue générale des sciences pures et appliquées" (15 septembre 1909).

<sup>42</sup> Claude Nowakowski & Alain Roux: *Histoire des systèmes de télécommunication* (1994).

<sup>43</sup> A. vasseur: *De la T.S.F. à l'électronique* (Éditions TSF, Paris, 1975).

### Sa majesté l' électron

Dans les dernières années du XIX<sup>e</sup> siècle, l'observation des manifestations de l'électricité dans le vide ont précisé la nature et les promesses d'une nouvelle particule: l'électron. Cette recherche ouvre la voie à une nouvelle connaissance de l'atome et à une nouvelle représentation de la physique. Apprivoisé, l'électron révèle bientôt des propriétés qui trouvent leur application dans l'acheminement et le traitement des signaux radiomagnétiques. C'est le début d'une longue histoire qui n'est pas, à ce jour, achevée.

John Ambrose Fleming qui a mené, un temps, un travail de recherche avec Maxwell à l'Université anglaise de Cambridge rejoint en 1882 la société qu'Edison a installée en Grande-Bretagne, puis, en 1899, la *Wireless Telegraph and Signal Company* de Marconi. Il a développé une recherche qu'Edison n'avait pas prolongée lorsqu'il avait observé, au début des années 1880, qu'une plaque métallique peut attirer les particules, débris de carbone, émis par le filament, qui se déposent sur la paroi interne des ampoules électriques. Fleming constate qu'un flux peut passer, sous certaines conditions, entre des électrodes de charge électrique différente. C'est l' *effet Edison* dont les développements constituent l'*effet thermoïonique*.

L'expérimentation conduira, deux décennies plus tard, Fleming à construire la *valve* une lampe à deux électrodes (" diode" ) qui sera durablement utilisée pour le redressement des courants alternatifs. L' *oscillation valve* trouve rapidement une application dans la détection des ondes électromagnétiques<sup>44</sup>.

Dans les premières années du siècle, Lee de Forest, tente d'améliorer la valve d'Edison. En ajoutant une troisième électrode, il découvre les propriétés amplificatrices du dispositif, une ampoule à vide poussé, qu'il appelle l' *Audion*. Il constate également que le tube "triode" peut produire des oscillations entretenues. D'autres en développeront la fonction modulatrice, à la veille de la première guerre mondiale<sup>45</sup>. La triode, développée industriellement par la société Grammont sous le nom de *lampe TM* comme "Télégraphie Militaire", prendra véritablement son essor, à l'initiative du Colonel Ferrié qui l'impose à la radiotélégraphie militaire<sup>46</sup>.

### La parole conviviale

En 1900, l'ingénieur américain Reginald Aubrey Fessenden, qui a développé la technique de l'émission au moyen d'ondes entretenues par des alternateurs, insère un microphone dans le circuit antenne et tente de transmettre sa voix <sup>47</sup>.

En 1906, il reproduit, après l'avoir annoncée, l'expérience de 1900 . Il lit quelques versets de la Bible, joue du violon et chante devant un micro relié à un émetteur installé à Rock Point, dans le Maryland. Plusieurs radiotélégraphistes embarqués ont reçu cette première émission de téléphonie sans fil mais on peut déjà parler de "radiophonie" puisque le contenu des propos a l'ambition de transmettre à des inconnus paroles et musique <sup>48</sup>. Diverses expériences ont été retenues par les historiens entre 1906 et 1920.

<sup>44</sup> Le meilleur exposé, en langue française, des découvertes de cette époque a été publié sous le titre *L'aventure des tubes électroniques* sous la signature de M. Robert Champeix dans "Les Radiophiles Français", bulletin de l' "Association des Amis du musée de l'Électroacoustique" (AEA).

<sup>45</sup> D'après R. Champeix: *Survolt de l'histoire des tubes électroniques de réception* in "La liaison des transmissions" n° 164 (Avril 1984).

<sup>46</sup> M. Amoudry: *Le général Ferrié et la naissance des transmissions et de la radiodiffusion* (Presses Universitaires de Grenoble, 1993).

R. Champeix: *Grande et petite histoire de la lampe TM* in "La liaison des Transmissions" n° 126 (Nov.-Déc. 1980).

<sup>47</sup>( H.G.J. Aitken in *The Continuous Wave Technology and American Radio, 1900-1932* pp. 60-61).

<sup>48</sup>( D'après Erik Barnouw: *A History of Broadcasting in the United States - vol. I: A Tower in Babel - to 1933* .



En 1909 à San Jose, près de San Francisco, en Californie, un professeur d'enseignement technique Charles "Doc" Herrold diffuse des essais de radiophonie tous les mercredis <sup>49</sup>.

Le 13 janvier 1910., des extraits de "*Cavalleria Rusticana*" de Leoncavallo et de "*Pagliacci*" de Mascagni, chantés sur la scène du "*Metropolitan Opera*" de New York par le ténor italien Enrico Caruso sont diffusés par Lee De Forest et reçus jusqu'à Newark, à quelques miles de distance.

### Naissance d'un media

1914, chaque samedi soir, un ingénieur français Raymond Braillard et un scientifique belge, Robert Goldschmidt associés de la S.F.R. ("Société Française Radioélectrique") qui a assuré l'équipement radiotélégraphique du Congo Belge transmettent des concerts depuis le château royal de Laeken, à Bruxelles <sup>50</sup>.

En 1916, David Sarnoff, futur président de RCA, est alors, à la "Marconi" américaine, ce nous appelons un "technico-commercial". Il a des idées et les communique à son patron, Edward J. Nally: « *J'ai en tête un projet qui pourrait faire de la radio un objet domestique comme le piano ou le phonographe...*<sup>51</sup> » Il appelle ce nouvel instrument *Radio Music Box*, en fixe le prix, 75 dollars et en évalue le marché potentiel aux États-Unis, 10 millions de familles. De quoi tenter un manager mais l'Amérique a d'autres soucis dans ces années. On connaît toutefois, en 1915, un début d'émissions de *Music and news* destinées aux navires en mer . Le conflit mondial suspend l'expérience<sup>52</sup>. Des essais se poursuivent dans les universités où les professeurs initient leurs élèves à la nouvelle technique. Ainsi, à l'Université de Wisconsin, une plaque évoque le souvenir de 9XM-WHA "*The Oldest Station of the Nation*"(1917).

La paix revenue, une vocation conviviale se dessine pour la téléphonie sans fil qu'on appelle la *T.S.F.*, puis la *radiophonie* et bientôt la *radiodiffusion*. Selon une définition plus récente, sa mission est de diffuser des programmes réguliers, annoncés, à partir d'un émetteur identifié par un indicatif ou un par un nom. La première station correspondant à cette définition a fonctionné en 1919, aux Pays-Bas, sous l'indicatif *PCCG*, à l'initiative de Hans Schotanus a Steringa Idzerda avec le soutien technique de la société *Philips* <sup>53</sup>. Après la guerre, dans la plupart des pays, ex-belligérants ou non, les autorités militaires qui ont découvert l'usage de la transmission sans fil n'entendent pas s'en laisser déposséder. C'est le cas aux États-Unis et la question sera débattue dans les coulisses de la Conférence de la paix à Versailles, en 1919 <sup>54</sup>. Des essais sont tolérés au bénéfice des amateurs. C'est dans ces conditions qu'à Detroit, un journaliste, Williams Scripps, imagine de transmettre des informations et même de la musique au moyen d'un émetteur de marque *De Forest* dont il a fait l'acquisition. A l'été de 1920, quelques mois avant l'élection présidentielle, il projette d'annoncer sur son antenne le résultat de la "primaire" dans son État, le Michigan et ultérieurement les résultats de l'élection présidentielle. A Pittsburgh, un journal annonce, en septembre de la même année, la diffusion de concerts. C'est une "accroche" publicitaire destinée à promouvoir la vente de récepteurs. La direction de la compagnie électrique *Westinghouse*, installée dans cette ville, saisit l'opportunité de l'événement électoral, obtient une autorisation d'émettre avec un indicatif: *KDKA* et conclut un arrangement avec un autre journal local pour transmettre les résultats du vote de novembre. Les émissions se

<sup>49</sup> Ibid.

<sup>50</sup> Christian Brochand: "*Histoire générale de la radio et de la télévision en France*" (Documentation Française, 1994).

<sup>51</sup> K. Bilby: *The General David Sarnoff and the Rise of the Communication Industry* p. 69 (Harper & Row Pub. - New York 1986).

<sup>52</sup> Barnouw, op. cit.

<sup>53</sup> N. Tj. Swierstra: *Naissance de la radiodiffusion* in "Revue de l'UER" n° 114B, Mars 1969).

<sup>54</sup> H.G.J. Aitken: op. cit. chap. 5

poursuivent ensuite, chaque jour, pendant une heure de 20h30 à 21h30 <sup>55</sup>. C'est incontestablement le début de la radiodiffusion à destination du grand public américain. Les initiatives se multiplient dès lors à grande vitesse "*coast to coast* ", non sans se perturber les unes les autres, par défaut de réglementation<sup>56</sup>.

Marconi lui-même s'est laissé doubler. Pourtant, en mars 1919, les techniciens de sa compagnie avaient réussi à transmettre d'Irlande des paroles qui ont été reçues aux États-Unis. Une seconde station plus puissante, identifiée par l'indicatif 2 *LO*, est construite dans les locaux industriels de Marconi à Chelmsford, au nord-est de Londres. Des essais de transmission de paroles et musique sont entrepris à partir de février 1920 sur la longueur d'onde de 2500 mètres. La Chambre des Communes n'accordera qu'en novembre 1922, à la *British Broadcasting "Company"*, l'autorisation de diffuser régulièrement des programmes radiophoniques sur cette antenne. C'est le début de la radiodiffusion en Grande-Bretagne. Au même moment, à Paris, *Radiola*, la station de la *S.F.R.* - Société Français radioélectrique - commence d'émettre des programmes de divertissement.

Une nouvelle définition institutionnelle impose la *radiodiffusion* dont l'équivalent anglais *Broadcast* exprime la notion de dispersion "à la volée" <sup>57</sup>. La radiodiffusion ne transmet pas des messages privés comme le téléphone: elle diffuse paroles et sons vers un auditoire disponible mais non identifié. L'*U.I.R.* (*Union Internationale de Radiodiffusion*, créée en 1925) précisera la définition de cette activité (qu'ajustera plus tard l'expression *mass media*) en soulignant la diffusion régulière de programmes annoncés. A la définition institutionnelle il convient d'ajouter les moyens d'exister et de durer. La permanence d'une activité est assurée par la régularité de son financement. Les essais peuvent ainsi être poursuivis, pendant une période limitée, par une personne privée ou morale. L'activité de radiodiffusion est entretenue, de manière durable, par la participation collective des usagers que constitue l'assiduité d'une clientèle d'abonnés ou d'utilisateurs soumis à une redevance pour droit d'usage. Les initiatives, généreuses ou intéressées, se pressent autour du nouveau média. En 1922, David Sarnoff a fixé à la future radiodiffusion la mission de distraire, d'informer et de cultiver <sup>58</sup>. Ce triple commandement sera l'impératif des services publics. Pour sa part, l'initiative privée a évalué l'immense marché potentiel et confié au relais publicitaire le soin de l'exploiter.

### Une révolution dans la physique

Dans le temps que la T.S.F. lançait ses premiers signaux, une révolution renouvelait la connaissance de l'infiniment petit. Les résultats de leurs travaux qu'échangent des physiciens comme Einstein, Niels Bohr, Max Planck, Rutherford, Schrödinger et quelques autres contribuent à établir une nouvelle représentation de l'atome qui remet en cause la notion oscillatoire du rayonnement. Une nouvelle définition s'ébauche. Elle sera formulée par Louis de Broglie en novembre 1924. Elle associe la notion de particule à celle d'onde <sup>59</sup>. C'est la théorie dite de la "mécanique ondulatoire". Elle sera contestée et reformulée mais le modèle sera finalement validé <sup>60</sup>

---

<sup>55</sup> Barnouw, op. cit.

<sup>56</sup> A. Kaspi: *La vie quotidienne au temps de la prospérité* (Hachette, coll. "La vie quotidienne au temps de la prospérité" 1980).

<sup>57</sup> Cf. "Wireless World and Radio Review" n° 368 vol. XIX, 1926, Sept. 15th.

<sup>58</sup> K. Bilby: "The General David Sarnoff and the Rise of the Communication Industry" p. 69 (Harper & Row Pub. - New York 1986). NBC, filiale de RCA, est créée en 1926.

<sup>59</sup> L de Broglie: *La physique nouvelle et les quanta* (1937).

<sup>60</sup> Cf. Interview de L. de Broglie: *Faut-il redécouvrir la mécanique ondulatoire ?* in "Sciences et Avenir" (Janvier 1974).

L'usage des ondes nous révèle aujourd'hui que le ciel, qu'on désignait jadis comme le lieu des béatitudes, si l'on était optimiste, vide, lorsqu'on n'espérait pas, est rempli d'un silence qui se révèle assourdissant à ceux qui savent en décoder les contenus.

Aristote croyait entendre dans les sons qu'engendraient les mouvements célestes une sorte d'*harmonie des sphères*<sup>61</sup>. La pratique de la communication hertzienne est comme la langue d'Ésope, riche d'une possible convivialité, lourde de contraintes lorsque les passions l'occupent. L'harmonie est encore une utopie.

On ne saurait évoquer la transmission sans fil sans évoquer la transmission des images. Depuis 1879, divers projets ont décrit le *téléscope*, le *téléphote* voire le *téléphonoscope*. Un auteur obscur, le Comte de Chousy, avait résumé la problématique: voir à distance des images en couleurs et des sons. par le mot *Téléchromophotophonotétroscope* dans un roman d'anticipation, *Ignis*, publié en 1883. Plus simplement, en 1900, on parlera de *télévision*. En 1898, un brevet du russe Wolfke avait déjà formulé l'hypothèse de sa diffusion par les ondes au moyen d'une bobine de Ruhmkorff.

#### SUMMARY.

The Twentieth century will be known to have established the era of immediate communication from any point to another by the means of electromagnetic waves.

By the way the Utopia of the former dreams - to hear and to see at a distance - was achieved. The imagination of philosophers and poets had described it since a long time. Later, scientists wondered about mysteries of the action at a distance without any manifest cause, such as gravitation, light and sound and for the the most audacious, other invisible actions. Long before the discovery of quantas, some of them imagined an action of particles. Other supposed an action of vibrations of the ether and Science had not still established the evident office of the Sun as a universal generator of these forces that Prometheus' myth promised to abduct.

During the last decades of nineteenth century, the advancement of the knowledge of electric waves and the structure of atom made possible their control as soon as one could generate waves ans domesticate the electron to be the carrier of all messages, sound, visual otherwise invisible ans inaudible. The foreknowledge of the most former philosophers amazes us, the imaginary of poets arouses our admiration, progresses of science seem to be unfinished. Could human wisdom find there the means to bloom ?

Jean-Jacques Ledos

#### Bibliographie utilisée:

---

<sup>61</sup> La réalité technique est moins agréable. L'écoute de l'espace par les astrophysiciens recueille un bruit de fond assez peu harmonieux. (septembre 2001).

*Généralités:*

- H.G.J. Aitken: *Syntony and spark- The Origins of Radio* - ( Princeton University Press - Princeton, N.J. , 1985.)
- Gleason L. Archer: "*History of Radio to 1926*" ( The American Historical Society, Inc. New York, 1926 ).
- Collectif: *Cento anni di radio, da Marconi al futuro delle telecomunicazioni* (Marsilio, 1995).
- John R. Bittner : *American Broadcasting* - ( Prentice Hall, New Jersey, 1985.)
- P. Demerseman & R. Foster: *La première étincelle* in "Les Radiophiles français" n° 88 Avril-mai-juin 1997  
(Association des amis du musée de l'électroacoustique
- Orrin. E. Dunlap Jr: *The Story of Radio* - ( The Dial Press, New York, 1935. )
- Juan Julià Enrich: *Radio, historia u tecnica* (Marcombo Boixareu Editores 1993).
- Anna Guagnini & Giulano Pancaldi: *Cento anni di radio. Le radici dell'invenzione* -  
( Edizioni Seat, Torino ,1995.).
- L.W.Lawrence & M.C. Topping: *American Broadcasting: A Source Book on the History of Radio and Television*  
( Hastings House Publishers - New York, 1975. )
- Franco Monteleone: *Storia della Radio e della Televisione in Italia* (Saggi Marsilio, Venezia, 1992).
- Claude Nowakowski & Alain Roux: *Histoire des systèmes de télécommunication, avec fil ou sans fil: des inventions pour communiquer* - (Édition TEC-DOC Lavoisier, Paris, 1994).
- Charles Süsskind: "*The Early History of Electronics*" - ( IEEE Spectrum - 1966-1970. )
- Albert Vasseur: *De la T.S.F. à l'électronique* - ( Editions Techniques et Scientifiques Françaises - Paris - 1975 ).
- Jean-Claude Montagné: *Histoire des moyens de Télécommunication, de l'Antiquité à la seconde guerre mondiale*  
( chez l'auteur: 35, rue Salvador Allende, F92220, Bagneux , 1995 ).
- Robert Prot: *Dictionnaire de la radio* (Presses Universitaires de Grenoble-INA, 1997).

*Sur Faraday:*

- J. Cazenobe: *La visée et l'obstacle. Étude et documents sur la "préhistoire" de l'onde hertzienne.*  
(Cahiers d'Histoire et de philosophie des sciences, nouvelle série, n° 5, 1983 , Centre national de la recherche scientifique)

*Sur Maxwell:*

- J. Cazenobe: *La visée et l'obstacle. Étude et documents sur la "préhistoire" de l'onde hertzienne.*  
(Cahiers d'Histoire et de philosophie des sciences, nouvelle série, n° 5, 1983 , Centre national de la recherche scientifique)
- P. Clemencau: *Traité élémentaire d'électricité par James Clerk Maxwell*, in "La Lumière électrique"  
6è année tome XIII n° 32, 1884, 9 août.

*Sur Hertz:*

- W.A. Atherton: *Pioneers. Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) and the discovery of radio waves* in "Electronics & Wireless World"  
(1988, January).
- J. Cazenobe: *La visée et l'obstacle. Étude et documents sur la "préhistoire" de l'onde hertzienne.*  
(Cahiers d'Histoire et de philosophie des sciences, nouvelle série, n° 5, 1983 , Centre national de la recherche scientifique)
- Collectif: *Hertz. Comment il a révélé l'existence des ondes radio* ("Les Cahiers de Science et Vie", décembre 1995)
- Oliver Lodge: *The work of Hertz* in "The Electrician" 1894, June, 8,
- A. Turpain: *Les expériences de Hertz et leurs applications pratiques* in "Annales de la Société des sciences naturelles-" vol.  
33 année 1901 (La Rochelle).

*Branly:*

- Philippe Monot-Broca: *Édouard Branly et la TSF: au temps des ondes et des limailles.*  
( Belin, éditeur - Paris, 1990 ).

*Sur Popov:*

- Charles Süsskind: *Popov and the Beginnings of Radiotelegraphy* - ( "Proceedings of The Institute of Radio Engineers",  
1962, Oct. )

*Sur Eugène Ducretet:*

- Jean-Claude Montagné: *Eugène Ducretet, pionnier français de la Radio*  
( chez l'auteur: 35, rue Salvador Allende, F92220, Bagneux, 1998 ).

*Sur les débuts de la radiotélégraphie:*

- H.G.J. Aitken: *The continuous wave. Technology and American Radio, 1900-1932* ( Princeton University Press - Princeton, N.J. , 1985.)
- Michel Amoudry: *Le général Ferrié et la naissance des transmissions et de la radiodiffusion*  
( Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble, 1993 ).

- Robert Champeix: *Radio, T.S.F., Télévision, simple histoire* - (Ed. L'indispensable - Paris - 1968.)