

## Ferdinand Braun et les débuts de la TSF en Allemagne

RÉSUMÉ. — Ferdinand Braun, professeur de physique à Strasbourg de 1895 à 1914, contribue, par deux inventions, au développement de la TSF et à la création d'une industrie de la télécommunication en Allemagne. En concurrence avec Marconi, avec qui il partagera le prix Nobel en 1909, il perfectionne les émetteurs d'ondes en utilisant deux circuits séparés avec couplage électromagnétique. Peu après 1900, en reprenant ses travaux de jeunesse sur la conductibilité unilatérale de certains solides, il invente le détecteur à cristal, qui éclipsera bientôt le cohéreur de Branly et qui sera le récepteur d'ondes le plus répandu jusqu'à l'invention du tube électronique.

*SUMMARY. — Ferdinand Braun, professor of physics at Strasbourg from 1895 to 1914, made two major contributions to the development of wireless telegraphy and to the emergence of the German radio industry. As a competitor of Marconi, with whom he was to share the Nobel Prize in physics in 1909, he improved the transmitter by electromagnetic coupling of the power circuit to the sparkless antenna circuit. Around 1900, he took up his early research on the conductivity of mineral metal sulfides and invented the crystal radio receiver. This device, which was patented in 1905, became the most important wave detector until the invention of the vacuum tube.*

Convient-il d'évoquer le souvenir de Ferdinand Braun dans un numéro consacré à Edouard Branly? S'il ne s'agit que d'ouvrir un nouveau chapitre dans l'histoire de la radio, pourquoi ne pas parler de Popov, de Marconi ou de l'un des autres nombreux pionniers de la télégraphie et de la téléphonie sans fil?

En présentant l'œuvre de Ferdinand Braun, je voudrais contribuer à placer celle de Branly dans un contexte historique plus large. C'est pourquoi je mettrai surtout l'accent sur des aspects des contributions de Braun à la TSF qui ont des rapports avec la fameuse invention de Branly, soit qu'ils l'aient rendue plus utile, soit qu'ils l'aient rendue superflue.

D'abord, quelques remarques sur la vie et l'œuvre de Ferdinand Braun (1). Ses contributions au développement de la TSF sont peu connues de nos jours. Pourtant, ce fut lui qui, parmi les nombreux pionniers de la radio, fut choisi pour recevoir la moitié d'un prix Nobel, au titre de ses découvertes en ce domaine — l'autre moitié ayant été décernée à Guglielmo Marconi.

Né à Fulda en 1850, Braun fait des études de physique à Marburg et à Berlin. Après son doctorat, il devient assistant à Würzburg. Ce poste est cependant très mal payé. Voyant le peu de chances qu'il a d'entamer une carrière universitaire, Braun passe encore l'examen pédagogique (le *Staatsexamen*) qui l'autorise à enseigner les mathématiques et les sciences naturelles dans un lycée. En 1874, il devient professeur auxiliaire (*Hilfslehrer*) à la Thomaschule de Leipzig. Trois ans après, en 1877, on lui fait une proposition tout à fait extraordinaire : l'université de Marburg lui offre le poste de professeur de physique théorique qui y avait été nouvellement créé. Ceci était d'autant plus surprenant que Braun ne remplissait pas les conditions requises. En quittant son poste d'assistant, il avait renoncé à obtenir l'*Habilitation*, qui était (et qui est toujours) pratiquement le billet d'entrée pour une carrière universitaire en Allemagne. D'autre part, ce qu'il avait publié alors qu'il enseignait à Leipzig n'était pas tout à fait ce qu'on attend d'un physicien théorique. Il avait écrit un livre de vulgarisation scientifique pour les jeunes (2) et quelques articles sur des expériences électriques qu'il avait faites chez lui (il n'avait pas de laboratoire à sa disposition), publications qui sont pratiquement passées inaperçues. J'y reviendrai plus tard.

Comme la plupart des professeurs de physique théorique de l'époque (3), Braun sera un théoricien malgré lui, et une fois entré dans la carrière universitaire, il fera tout son possible pour progresser dans la hiérarchie, c'est-à-dire pour obtenir une chaire de physique expérimentale. En 1880, il change d'université, tout en restant professeur de physique théorique : il devient le successeur de Röntgen, qui, jusque-là, avait enseigné cette discipline à Stras-

(1) La source principale sur Ferdinand Braun est le livre de Friedrich Kurylo, *Ferdinand Braun : Leben und Wirken des Erfinders der Braunschen Röhre* (Munich : Heinz Moos, 1965).

(2) Ferdinand Braun, *Der junge Mathematiker und Naturforscher* (Leipzig, 1875).

(3) Sur la situation de la physique théorique en Allemagne au XIX<sup>e</sup> siècle, cf. Armin Hermann, *Theoretische Physik in Deutschland, Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 1 (1978), 163-172.

bourg. Pourquoi ce changement de lieu? Contrairement à ce qui se passait à Marburg, il a le droit, à Strasbourg, d'utiliser le laboratoire, et donc la possibilité de faire de la recherche expérimentale, tout en continuant à enseigner la physique théorique, qui ne l'intéressait pas.

En 1883, il devient enfin professeur ordinaire de physique expérimentale à la Technische Hochschule de Karlsruhe. Mais comme les écoles techniques sont alors considérées comme des universités de second ordre, il n'hésite pas à accepter la chaire de physique expérimentale de Tübingen, qu'on lui propose en 1885, après que deux autres candidats l'aient refusée à cause des mauvaises conditions de travail régnant dans cette université. Dix ans après, Braun arrive enfin au bout de son périple académique, ou presque : en 1895, il est nommé professeur de physique expérimentale à Strasbourg. Il y enseignera pendant vingt ans, et il y serait certainement resté jusqu'à la fin de sa vie si les circonstances — la première guerre mondiale et son rôle éminent dans l'industrie de la TSF allemande — ne l'avaient obligé à faire un voyage aventureux aux Etats-Unis en décembre 1914. Il est mort à New York en avril 1918. Comme le premier, son dernier ouvrage était un livre de vulgarisation. Il a laissé un manuscrit en anglais, resté inédit, dont le titre était « *Physics for women* ».

Quand Ferdinand Braun prend la chaire de physique expérimentale de l'université de Strasbourg, en 1895, rien ne laisse prévoir que ce professeur âgé de 45 ans, qui s'est jusque-là distingué par des travaux solides, mais d'un intérêt relatif, va devenir une célébrité dans le domaine de la TSF. Nous savons même qu'à ce moment-là, les ondes électromagnétiques sont le moindre de ses soucis. A la fin des années 80, Heinrich Hertz, le successeur de Braun à Karlsruhe, effectue ses fameuses expériences sur les ondes électromagnétiques, dans l'ancien laboratoire de celui-ci. En avril 1888, il lui rend visite à Tübingen. Dans son journal, Hertz a noté combien il était déçu de ce que Braun ne s'intéressât pas du tout à cette découverte, qui avait pourtant fait sensation dans les milieux des physiciens de l'époque.

C'est seulement en 1898, et à la suite de circonstances assez bizarres, que Braun « tombe » sur les ondes électromagnétiques et leurs applications. Malgré les résultats spectaculaires de Marconi, qui avait appliqué avec le succès que l'on sait les ondes hertziennes à la télégraphie, on avait continué à chercher d'autres méthodes

pour la télécommunication sans fil. Une de ces alternatives au système Marconi était la télégraphie à travers l'eau (hydrotélégraphie). En 1896, les ingénieurs de la Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft de Berlin avaient réussi à transmettre ainsi des signaux sur une distance de quelques kilomètres.

Nous savons aujourd'hui que l'hydrotélégraphie n'a jamais été une alternative valable à la télégraphie par ondes hertziennes. Mais en 1898, ce n'était pas évident. Les efforts déployés par Marconi depuis deux ans ne lui avaient pas permis de dépasser une distance d'environ quinze kilomètres et, de plus, son système était protégé par des brevets. Alors, se disait-on, pourquoi ne pas essayer de contourner le monopole anglais en mettant au point un système allemand qui aurait en outre l'avantage d'éviter le cohéreur — l'élément le plus faible et le plus capricieux dans les postes de Marconi. Les signaux de l'hydrotélégraphie étaient des signaux électriques, dont la fréquence était de l'ordre des vibrations acoustiques. On pouvait donc les recevoir avec un simple téléphone. C'est grâce à trois bricoleurs de Strasbourg nommés Nieß, Gumbel et Zobel que, pendant l'hiver 1897-1898, Ferdinand Braun prend connaissance des travaux relatifs à la télégraphie à travers l'eau. Les trois hommes prétendent avoir inventé un nouveau système d'hydrotélégraphie. A la recherche de capitaux pour tirer profit de la trouvaille, ils s'adressent au fabricant de chocolat Stollwerck, de Cologne. Celui-ci, avant d'investir dans une entreprise douteuse, fait appel à Braun pour qu'il examine de près l'invention des trois Strasbourgeois.

Contrairement à la plupart de ses collègues, Braun ne voit pas d'inconvénient, en tant que professeur d'université, à coopérer avec l'industrie et le commerce (et à arrondir éventuellement ses fins de mois par des brevets ou des expertises!). Il examine donc les appareils de Nieß, Gumbel et Zobel. Il constate avec étonnement que leur système est beaucoup plus efficace que celui des ingénieurs de Berlin. Contrairement aux trois inventeurs, qui ne sont pas capables de donner une explication scientifique de leur réussite, Braun voit tout de suite la raison de celle-ci. Le dispositif des Strasbourgeois était identique à celui des Berlinoises; la différence résidait dans le courant utilisé pour produire les signaux électriques. A Berlin, on utilisait du courant continu, qu'il fallait d'abord transformer en courant à interruptions régulières pour former des signaux se répandant le long de la surface de l'eau

et qu'on puisse capter avec un écouteur téléphonique. Par contre, la ville de Strasbourg disposait déjà d'un réseau de courant alternatif. Un tel réseau se prêtait bien mieux à ce genre d'application. Braun est alors convaincu que ce système est susceptible d'être perfectionné. Stollwerck accepte de financer l'entreprise et Braun essaie de faire breveter l'invention, tout en poursuivant ses efforts pour l'améliorer. Mais comme les appareils sont pratiquement identiques à ceux qui existent déjà à Berlin, le brevet n'est pas délivré et l'hydrotélégraphie reste un épisode éphémère dans l'histoire de la TSF.

Pourtant, cette aventure sera pour Braun le point de départ d'une carrière remarquable de pionnier de la radio. En faisant des expériences avec différents types d'émetteurs — y compris des émetteurs d'ondes hertziennes — pour son hydrotélégraphe, Braun trouve la raison pour laquelle les émetteurs de Marconi ne sont pas capables de produire des signaux dépassant les quinze kilomètres. Marconi utilisait pratiquement l'appareil avec lequel Hertz avait effectué ses expériences au laboratoire de Karlsruhe. Les seules modifications qu'il avait apportées étaient l'antenne et la connexion de terre. Pour atteindre de plus grandes distances, le seul moyen dont il disposait était d'augmenter l'intensité des étincelles, et cela ne fonctionnait que dans certaines limites. Pour Marconi, c'était une énigme. Même s'il doublait ou triplait l'énergie pour produire des étincelles plus fortes, la distance atteinte restait la même.

Selon Braun, toute l'énergie supplémentaire que Marconi a mise dans son émetteur est dissipée dans la distance explosive de l'éclateur à étincelles. Plus les étincelles sont fortes, plus elles produisent de chaleur et de bruit, sans pour autant augmenter l'énergie électromagnétique qui est émise dans l'espace. Autrement dit, chez Marconi, le circuit oscillant ouvert avec l'antenne est fortement amorti par la distance explosive.

Pour porter remède à cet inconvénient, Braun utilise deux circuits séparés avec couplage électromagnétique. Ainsi l'élément amortisseur qu'est l'éclateur à étincelles est séparé du circuit de l'antenne (fig. 1). Il y a maintenant deux circuits séparés. Le premier sert à produire les oscillations électromagnétiques. Le second a pour fonction leur diffusion. L'idée d'utiliser des circuits en résonance dans la TSF remonte à Oliver Lodge, qui breveta des *improvements in syntonized telegraphy* en 1897. Mais, à la différence

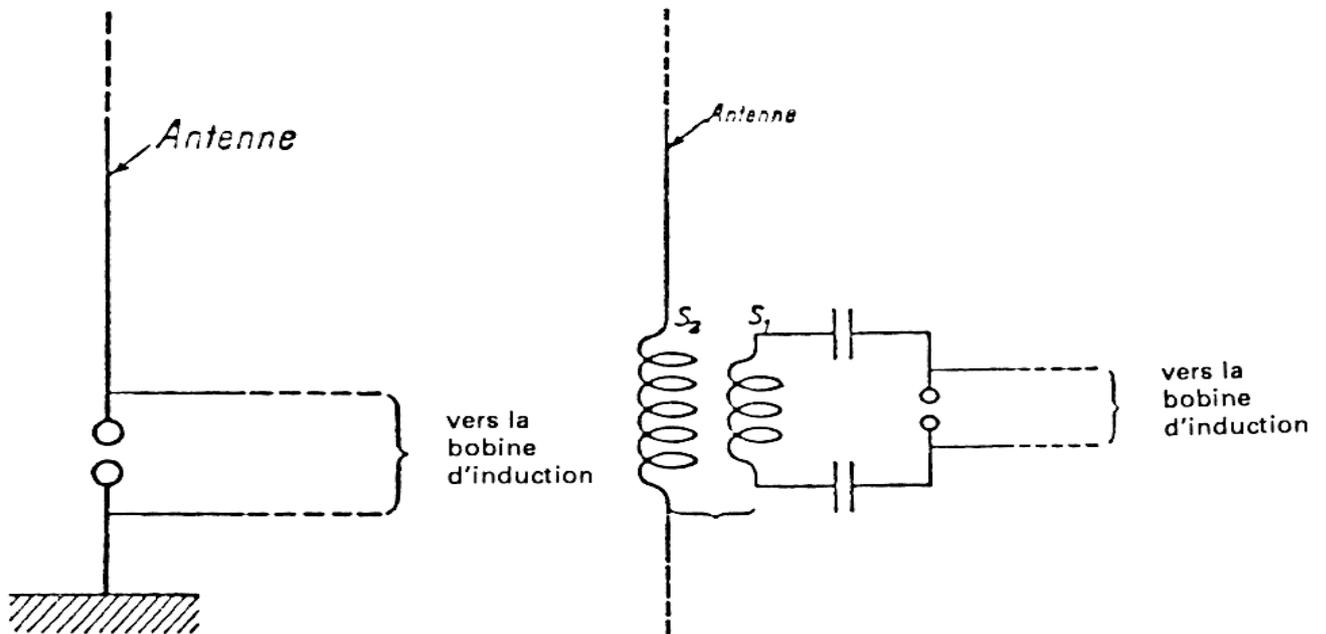


Fig. 1. — Emetteur de Marconi (1895-1901) à gauche et émetteur de Braun (septembre 1898) à droite (Friedrich Kurylo, op. cit. in n. 1, p. 163).

de Braun, Lodge n'a pas utilisé de couplage électromagnétique dans son poste émetteur (4).

Les premiers résultats acquis avec ce nouveau type de poste émetteur dépassent toutes les espérances. L'argent de Stollwerck et le prestige scientifique de Braun sont la base de la société Telebraun qui est immédiatement créée pour protéger l'invention par un brevet, et pour l'exploiter. Après de longues querelles avec la société AEG de Berlin et l'intervention personnelle du Kaiser, les deux sociétés fusionnent en 1903 pour devenir finalement la Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, ou Telefunken, qui aura désormais le monopole de la TSF en Allemagne.

L'invention de l'émetteur de Braun et la délivrance du brevet datent de 1898. Pour utiliser le nouveau système à l'endroit où on en a le plus besoin, c'est-à-dire au bord de la mer, Hambourg est choisie comme siège de la société Telebraun, et les premières expériences à grandes distances se font à Cuxhaven, à l'embouchure de l'Elbe dans la mer du Nord. La limite magique de 15 kilomètres que Marconi n'avait pu franchir est largement dépassée

(4) Cf. Hugh G. J. Aitken, *Syntony and Spark: The Origins of Radio* (New York-Wiley, 1976), p. 130-142.

par Braun en 1899, quand les messages diffusés depuis Cuxhaven sont captés par un bateau qui se trouve à une distance de 35 kilomètres. Un succès spectaculaire sera finalement le premier échange de messages entre Cuxhaven et l'île de Helgoland, en septembre 1900. C'est un nouveau record à l'égard des distances, car il y a 62 kilomètres entre Helgoland et la côte.

Il est vrai qu'un an après, Marconi bat à nouveau tous les records en transmettant les premiers signaux radioélectriques d'une rive à l'autre de l'Atlantique, mais c'est — comme il l'a lui-même reconnu — avec un émetteur du type de celui de Braun. Comme cet émetteur avait aussi été protégé par un brevet anglais, il y eut par la suite de nombreux procès entre la société anglaise Marconi Wireless Ltd. et la société allemande Telefunken. Ces querelles judiciaires n'étaient cependant l'affaire que des avocats des deux sociétés, et ne ternirent jamais les relations personnelles entre Marconi et Braun. Contrairement aux attentes de nombreux journalistes, leur première rencontre se déroula dans un esprit d'estime et de respect réciproques — c'était à l'occasion de la remise de leur prix Nobel partagé en 1909.

Par ses premiers travaux concernant la TSF, Braun améliora donc considérablement l'appareil émetteur. Grâce à lui, il était devenu possible de produire, avec l'excitateur de Hertz, des signaux qui traversaient des centaines de kilomètres. Par ailleurs, l'émetteur de Braun était aussi un émetteur à étincelles. Comme celui de Hertz et de Marconi, il produisait des impulsions électromagnétiques pour lesquelles le tube à limaille était incontestablement le meilleur révélateur. Grâce à Braun, le cohéreur a donc survécu au passage de la TSF de sa première à sa deuxième étape, celle des grandes distances.

Tout en continuant à utiliser l'oscillateur de Hertz, Braun savait parfaitement que l'émetteur à étincelles n'était pas la solution définitive, et que la TSF de l'avenir fonctionnerait avec des ondes entretenues. Mais il n'a pas participé activement au développement ultérieur des postes émetteurs.

Par contre, il a, comme Branly, contribué au perfectionnement de la TSF du côté de la réception. Dans la période décisive de ses expériences destinées à améliorer l'émetteur, il a, comme tout le monde, utilisé le cohéreur, tout en souffrant de son imperfection et de ses caprices. Il a d'ailleurs toujours considéré Branly comme l'inventeur de ce récepteur, et non pas les physiciens anglais qui

ont les premiers utilisé le tube à limaille comme révélateur d'ondes hertziennes. Ainsi, dans une conférence donnée à Strasbourg en 1900, Braun mentionne la fameuse lettre de Hertz à un certain ingénieur Huber. Dans celle-ci, Hertz déclare qu'il est impossible d'utiliser les ondes électromagnétiques pour la télécommunication, et il ajoute :

« Si on avait posé cette question à Hertz deux ans plus tard, il aurait peut-être répondu autrement, car entre-temps, Branly avait fait une découverte remarquable (5). »

Puis il parle alternativement du *Kohärer*, du *Fritter* et du tube de Branly.

Sa propre contribution à la technique de la réception des ondes électromagnétiques concerne le détecteur à cristal, ou détecteur à galène, dont la carrière fut au moins aussi brillante que celle du cohéreur. Avant le tube électronique, le détecteur à cristal était le type de récepteur le plus répandu, et même après l'invention de la triode, il n'a pas complètement disparu. C'est lui qui a vraiment éclipsé le cohéreur, tandis qu'aucun des autres types de récepteurs d'ondes — magnétique, électrolytique, thermique, biologique, etc. (6) — n'a vraiment eu de succès.

Maintenant, j'aimerais surtout mettre en évidence les parallèles dans l'histoire du détecteur à cristal et celle du cohéreur. Dans les deux cas, la découverte fut d'abord sans rapport avec la TSF. Pour étudier l'histoire du détecteur à cristal, il faut remonter à l'époque antérieure à la découverte des ondes hertziennes, dans les années 70, quand Braun était professeur de lycée à Leipzig.

Avec des moyens très simples, il avait alors fait des expériences de conductibilité avec des substances qui conduisent le courant autrement que les métaux, et dont la résistance diminue si la température augmente. Parmi ces substances, il y a notamment les cristaux de certains sulfures métalliques, dont le sulfure de plomb (galène). Un des problèmes qui se posent dans ce genre d'expériences est celui du contact, car il se trouve que la conductibilité d'une même pièce de cristal varie considérablement selon la manière dont le cristal est lié avec les fils d'amenée qui forment le circuit élec-

(5) Ferdinand Braun, *Drahtlose Telegraphie durch Wasser und Luft* (Leipzig, 1901), p. 15.

(6) Sur ces différents types de récepteurs d'ondes, cf. Vivian J. Phillips, *Early Radio Wave Detectors* (London: Peter Peregrinus and Science Museum, 1980).

trique. Après plusieurs essais, Braun avait trouvé que la meilleure façon de fixer un tel cristal dans un circuit électrique était de le mettre dans une boucle formée d'un solide fil métallique et de le presser contre cette boucle avec un autre fil qui formait un ressort avec une pointe.

A sa grande surprise, Braun trouve que, dans cet arrangement, la résistance du cristal dépend de la direction du courant. C'est la découverte de la conductibilité unilatérale dans certains solides qu'on appellera plus tard des semi-conducteurs. Braun trouve encore que ce n'est pas le cristal lui-même — mais plutôt le contact entre le cristal et la pointe métallique — qui est à l'origine de cet effet, pour lequel, du reste, il ne peut pas donner d'explication. Une description de ces expériences est acceptée pour publication par l'éditeur des *Annalen der Physik und Chemie* (7), mais la découverte passe presque inaperçue. Quelques physiciens seulement répètent l'expérience. Les observations de Braun sont contestées par le Français Henry Dufet (8), ce qui incite Braun à revenir sur le phénomène dans un deuxième article publié en 1877. Il y précise l'importance des différents contacts entre le cristal et les fils conducteurs (9).

Il n'est pas surprenant que cette découverte ait suscité si peu d'intérêt. L'effet n'était pas compatible avec les théories de l'électricité qui étaient alors en vigueur, et il n'était pas facile de l'obtenir régulièrement. En effet, les résultats variaient en fonction de la pièce de cristal utilisée et de l'endroit où le cristal était touché par la pointe — ce qui a certainement fait croire à certains qu'il s'agissait d'un effet secondaire d'origine obscure, qui ne valait pas la peine d'être exploré. En plus, la découverte de Braun n'était d'aucune utilité pratique. Bien sûr, un tel dispositif pouvait éventuellement être utilisé pour redresser un courant alternatif, mais cela avait peu d'intérêt à une époque où le courant direct était la norme. Et s'il fallait vraiment redresser des courants alternatifs, cela se faisait de manière plus efficace avec des commutateurs. La découverte de Braun, qui est considérée aujourd'hui comme

(7) Ferdinand Braun, Über die Stromleitung durch Schwefelmetalle, *Annalen der Physik und Chemie*, 229 (1874), 556-563.

(8) Henry Dufet, Sur la conductibilité électrique de la pyrite, *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences* [Paris], 81 (1875), 628-631.

(9) Ferdinand Braun, Über Abweichungen vom Ohm'schen Gesetz in metallisch leitenden Körpern, *Annalen der Physik und Chemie*, 237 (1877), 95-110.

un événement-clé dans l'histoire de la physique des solides, était donc presque tombée dans l'oubli.

Parmi ceux qui ne l'avaient pas oubliée, se trouvait Ferdinand Braun lui-même. Après avoir longtemps souffert de l'imperfection du cohéreur dans les expériences de TSF, il eut l'idée de remplacer le tube de Branly par un cristal de galène; c'était en 1901. En 1906, dans un article publié dans la *Elektrotechnische Zeitschrift*, il revient sur les travaux de jeunesse effectués trente-deux ans plus tôt (10) :

« En 1874, écrit-il, j'ai trouvé dans une catégorie de substances solides des déviations de la loi d'Ohm. »

Il avoue qu'il n'y a toujours pas d'explication satisfaisante du phénomène, et il ajoute :

« Les qualités des corps avec conductivité unilatérale (unipolaire) m'ont suggéré de les utiliser comme indicateurs d'ondes électromagnétiques. »

Et, en effet, Braun constate que ses cristaux de sulfure métallique peuvent servir à redresser des oscillations à haute fréquence. Il en résulte un courant continu d'intensité variable, qui est assez fort pour donner des signaux audibles dans un écouteur téléphonique. La Gesellschaft für drahtlose Telegraphie fait breveter ce nouveau détecteur d'ondes (11) et commence à le produire en série.

Cette publication marque le début de la carrière du détecteur à cristal, dont l'histoire ressemble à beaucoup d'égards à celle du cohéreur. Comme son illustre précurseur, le détecteur à cristal est facile à construire, et il fonctionne selon un principe inconnu, ce qui fait que les bricoleurs du monde entier s'empressent de le perfectionner. Jusqu'en 1908, on compte six brevets allemands pour des améliorations du détecteur à cristal, et, en 1927, plus de 50. Comme les nombreuses variantes du cohéreur, les différents types de détecteur à cristal ne sont pas le résultat d'une recherche scientifique, mais plutôt celui d'un tâtonnement. Si Jean Cazenobe écrit à propos du cohéreur qu'on ignorait complètement la nature du phénomène physique en question, qu'on a beaucoup expérimenté,

(10) Ferdinand Braun, Ein neuer Wellenanzeiger (Unipolar-Detektor), *Elektrotechnische Zeitschrift* (1906), 1199.

(11) Kaiserliches Patentamt, Patentschrift n° 178871.

peu mesuré et fort mal compris (12), cela est vrai aussi pour le développement futur du détecteur à cristal. On y apporte toutes les modifications imaginables : on remplace la galène par toutes sortes d'autres cristaux, on modifie la pointe métallique et le mécanisme de réglage, etc.

Comme dans beaucoup d'autres domaines de la TSF, il y a eu aussi des querelles de priorité à propos du détecteur à cristal. Aux Etats-Unis, il a été inventé par Henry Dunwoody, dont le brevet date d'une semaine après celui de Braun, et en France, Camille Tissot, en faisant des expériences pour perfectionner le cohéreur, avait trouvé que le contact entre une pointe métallique et un morceau de pyrite de cuivre pouvait servir de détecteurs d'ondes (13). Contrairement à Braun et à d'autres chercheurs, Tissot s'obstinait à expliquer le phénomène par l'effet thermo-électrique, et comme il parlait toujours du « détecteur thermo-électrique », il semble que pendant un certain temps, on ait considéré son détecteur comme quelque chose de fondamentalement différent de celui de Braun, ce qui n'était évidemment pas le cas.

Comment expliquer le succès à la fois tardif et spectaculaire du détecteur à cristal? Jean Cazenobe a souligné l'étonnante complémentarité qui existait entre le générateur d'ondes de Hertz et le tube de Branly. L'émetteur à étincelles inventé par Hertz et utilisé par les premiers pionniers de la TSF et le tube de Branly étaient faits l'un pour l'autre, et le développement d'autres types d'émetteurs, qui ne produisaient plus ces brusques impulsions électromagnétiques, mais des ondes de mieux en mieux entretenues, a « fini par tuer le cohéreur (14) ». En même temps, les nouveaux générateurs comme l'arc sonore, l'alternateur et finalement l'oscillateur à lampes ont insufflé la vie au détecteur à cristal, qui aurait été sans intérêt pendant la première période de la TSF, quand on travaillait avec des ondes amorties produites par les décharges d'éclateurs à étincelles. Ferdinand Braun, lui aussi, s'est exprimé dans ce sens à l'occasion de la remise du prix Nobel : déjà en 1898,

(12) Jean Cazenobe, Trop connu, méconnu : le tube à limaille (1890), *Revue d'Histoire des Sciences*, XXIX (1976), 143-165, en particulier.

(13) Camille Tissot, Über Detektoren für elektrische Schwingungen, basierend auf den thermoelektrischen Erscheinungen, *Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie*, 2 (1909), 115-120 et *Id.*, Contribution à l'étude des détecteurs à contacts solides, *Journal de physique théorique et appliquée*, 4<sup>e</sup> série, 9 (1910), 887-901.

(14) Cazenobe, art. cité in n. 12, 159.

il avait pensé à utiliser l'effet de redressement qu'il avait découvert dans certains cristaux, pour détecter des signaux électromagnétiques, « mais à cette époque, disait-il, ces dispositifs n'offraient aucun avantage par rapport aux cohéreurs (15) ». Pour les utiliser avec succès, il fallait attendre le moment où la réception ne se ferait plus par impression (avec le cohéreur utilisé comme relais), mais par écoute.

Deux caractéristiques ont conféré au détecteur à cristal une longévité remarquable, qui a dépassé de beaucoup la brève période de vie du cohéreur. On pouvait l'employer sans source auxiliaire puisque c'était une radio qui marchait sans pile. Il était, d'autre part, d'une extrême sensibilité, et quand il s'agissait de recevoir du langage parlé et de la musique, la qualité de la réception était excellente. Ces avantages ont pendant longtemps prévalu sur son plus grand inconvénient, celui de se dérégler avec une grande facilité : au moindre choc, il fallait le régler à nouveau en cherchant le meilleur point de contact.

Comme, de plus, il était très bon marché, le détecteur à galène a même pu coexister pendant longtemps avec son plus grand concurrent, la valve d'oscillation, qui a été, elle aussi, brevetée pour la première fois en 1906 (16). Surtout dans les journaux pour radio-amateurs, le détecteur à cristal a occupé beaucoup de place dans les années 20 et 30, et dans les années 50, il était encore présent dans les jeux scientifiques du type « Le jeune bricoleur de la radio ».

Dans la littérature scientifique allemande, le nom de Braun n'est plus associé aujourd'hui à ses inventions concernant la radio. Si Braun est mentionné dans les manuels de physique, c'est grâce à une autre invention, celle du tube à rayons cathodiques, qu'on appelle en Allemagne « tube de Braun ». Ce dispositif, qui est le précurseur de l'écran de télévision, a été conçu par Braun comme instrument scientifique en 1897 (fig. 2), et la première image ainsi visualisée fut la sinusoïde du réseau électrique municipal de Strasbourg. Cette fois-là, Braun n'a pas pu imaginer que l'invention pût être utile pour la télécommunication. Pour lui, ce tube n'était qu'un outil destiné à rendre visible des phénomènes électriques rapides.

(15) Ferdinand Braun, *Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie*. Nobel-Vortrag, gehalten am 11. Dezember 1909 zu Stockholm, *Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie*, 4 (1910/1911), 11-20, en particulier 14.

(16) Kaiserliches Patentamt, Patentschrift n° 179807.

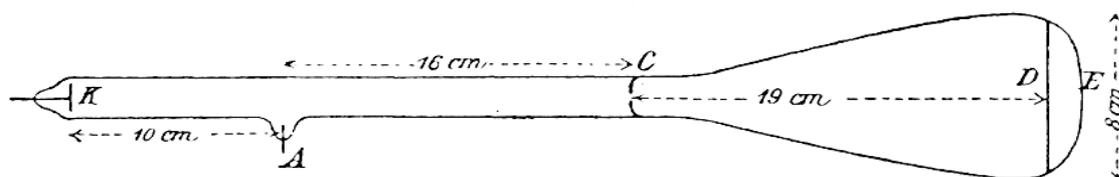


Fig. 2. — Tube à rayons cathodiques (Ferdinand Braun, *Ueber ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufes variabler Ströme*, *Annalen der Physik und Chemie*, 296 (1897), 552).

K = cathode. A = Anode.

En 1906, deux assistants de Braun ont fait breveter le tube cathodique pour « transmettre des images », donc pour une forme rudimentaire de télévision. Ceci n'était pas pour plaire à leur maître ! Pour Braun, la télévision était comparable à la télépathie, et il était fâché de voir son invention liée à de telles activités.

Pour conclure, encore une remarque biographique sur Braun. Contrairement à beaucoup de fonctionnaires allemands venus en Alsace, Braun s'y était parfaitement intégré. La vénérable Société philomatique d'Alsace-Lorraine, dont il était membre, l'avait même élu président. L'Alsace était devenue pour lui une véritable patrie d'adoption, et en 1905, il déclina l'offre d'assumer la chaire de physique la plus renommée de toute l'Allemagne, celle de Berlin, uniquement pour des raisons personnelles. Il préférerait rester dans le milieu alsacien, où il était heureux. En 1914, il fut parmi les rares professeurs allemands d'une certaine renommée qui ne signèrent pas le fameux document chauvin connu sous le nom de « Manifeste des 93 (17) ». Du fait de sa mort à New York avant la fin de la première guerre mondiale, il échappa à l'expulsion de la ville où il avait connu ses plus grands succès, et à laquelle il se sentait profondément lié, après y avoir passé vingt ans comme enseignant et chercheur.

*Institut für Geschichte  
der Naturwissenschaften,  
Hamburg (All.)*

Andreas KLEINERT.

(17) Cf. A. Morel-Fatio (éd.), *Les versions allemande et française du manifeste des intellectuels allemands, dit des quatre-vingt-treize* (Paris, 1915).