

MERCADIER Le Bitéléphone et le Radiophone

Ernest Jules Pierre Mercadier, né le 4 janvier 1836 à Montauban et mort le 27 juillet 1911 à Paris, est un ingénieur électricien français.

Élève du collège Saint-Barbe à Paris, il entre en 1856 à l'École polytechnique ; à sa sortie, il dirige le service des lignes télégraphiques dans diverses villes de France (1859-1870) et devient directeur de transmission de seconde classe (1864).

En 1871 Pendant le siège de Paris, il est commissaire du gouvernement de Défense nationale délégué à la direction des lignes télégraphiques ; il met en place les services de dépêches par pigeons voyageurs et la télégraphie militaire. Ingénieur des télégraphes.

En 1874 il est nommé répétiteur à l'École polytechnique.

En 1876 il faisait ses premiers essais de télégraphie multiple à fréquences harmoniques.

En 1878, il prend une part active à l'organisation de l'École supérieure de télégraphie, où il enseigne l'électricité théorique.

A partir de 1881, il est directeur des études à l'École polytechnique. Ses recherches de radiophonie et son système de transmission multiplex ont été récompensés par une médaille d'or à l'exposition d'électricité de 1881 et à l'Exposition universelle de 1889.

Légion d'honneur

Il reçoit une médaille d'or lors de l'Exposition universelle de Paris de 1889.

Il achète le château de Balsac en Aveyron en 1896.

Il occupa son poste jusqu'en 1909.



- Il est universellement connu pour l'invention de *l'appareil télégraphique qui permet d'expédier huit dépêches à la fois* (multiplex).

- Auteur de lampes à incandescence.

- Citation : « Pour devenir célèbre, il avait fallu à Legendre au moins un livre, à Poincaré une théorie, il suffit à Sturm d'un théorème ».

- Publications :

— Ses travaux portent sur l'acoustique, l'électricité, le magnétisme, la télégraphie, la téléphonie, etc. Parmi les nombreux mémoires confiés à des publications spécialisées :

° Etudes historiques sur la science musicale : Descartes et la musique, Paris, Gauthier-Villars, 1865.

° Conférences littéraires et scientifiques de Rodez : Des Principes de la musique (Résumé de la conférence faite le 30 décembre 1865), Rodez,

° E. Mercadier et Alfred Cornu, Sur les intervalles mélodiques et harmoniques, Paris, impr. Gauthier-Villars, 1870.

° Sur la mesure des intervalles musicaux, Bordeaux, Gounouilhou, 1872.

° Notice sur les services et les titres scientifiques de M. E. Mercadier..., Paris, Gauthier-Villars, 1881,

° Traité élémentaire de télégraphie électrique : leçons faites à l'administration centrale des télégraphes à l'usage des auxiliaires, surnuméraires, agents des postes et des télégraphes, des écoles de télégraphie militaire et de toutes les personnes qui désirent acquérir des notions de télégraphie électrique, Paris, G. Masson (réimpr. 1883) (1re éd. 1880),

° Sur la réalisation des résultats de la théorie générale des petits mouvements par l'emploi de mouvements électriques périodiques, système de télégraphie multiple réversible ou multiplex, Tours, impr. de Deslis frères, coll. « Séances de la Société française de physique », 1900.

- Article : « Les Théories musicales de Descartes », Revue d'histoire et de critique musicale, Paris, 1901, in-4°, p. 129-137 ; 183-195 ; 237-241

Le mot « radio » est dérivé du mot latin « radius », qui signifie « rayon d'une roue, faisceau de lumière, rayon ». Il a été appliqué pour la première fois aux communications en 1881 lorsque, à la suggestion du scientifique français Ernest Mercadier, Alexander Graham Bell a adopté « **radiophone** » (qui signifie « son rayonné ») comme nom alternatif pour son système de transmission optique par photophone.

Cependant, cette invention ne sera pas largement adoptée. Suite à la découverte par Heinrich Hertz de l'existence des ondes radio en 1886, divers termes furent initialement utilisés pour désigner ce rayonnement, notamment « ondes hertziennes », « ondes électriques » et « ondes éthérées ».

Les radiophones de Mercadier et de Tainter étaient des appareils de recomposition du son à partir d'impulsion lumineuse.

M. Mercadier, est mort à l'âge de 75 ans.

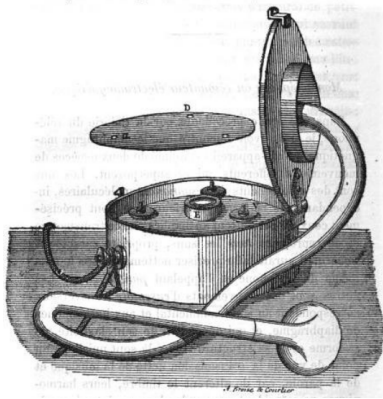
Mercadier, qui a été célèbre comme directeur des études à l'École polytechnique, a eut l'idée, en 1889, de transmettre sur une même voie téléphonique plusieurs signaux télégraphiques, en modulant différentes «fréquences porteuses ». Ce fut là le point de départ de la «télégraphie harmonique », bien connue de tous les techniciens des télécommunications. On peut même dire que ce principe annonçait les futurs «**systèmes à courants porteurs** », qui seront à la base de tous les développements des réseaux de télécommunications.

Voici quelques publications sur sa collaboration technique les plus connues.

1881 Le Monotéléphone ou résonateur électromagnétique.

Dans une étude précédente sur la théorie du téléphone, je crois avoir démontré que le diaphragme magnétique de cet appareil est animé de deux espèces de mouvements différents qui se superposent. Les uns sont des mouvements de résonance, moléculaires, indépendants de la forme extérieure: ce sont précisément ceux qui permettent au diaphragme de transmettre et de reproduire tous les sons, propriété caractéristique qu'il aurait fallu préciser nettement dans le nom même du téléphone en l'appelant pantéléphone. Les autres sont des mouvements d'ensemble transversaux correspondant au son fondamental et aux harmoniques du diaphragme, et qui dépendent de son élasticité, de sa forme et de sa structure: ceux-là sont nuisibles au point de vue de la transmission nette de la musique et de la parole, car ils altèrent le timbre, leurs harmoniques ne coïncidant que par le plus grand des hasards avec ceux de la voix ou des instruments usuels.

Pour mettre hors de doute l'existence et la superposition de ces deux genres de mouvements, j'ai cherché à faire prédominer les uns ou les autres à volonté dans le même diaphragme.



On y parvient à l'aide de la disposition suivante, que j'avais réalisée dès 1881 et que j'ai seulement simplifiée depuis.

On place le diaphragme d'un téléphone quelconque dans les conditions les plus favorables pour qu'il puisse vibrer transversalement sans obstacle, et de façon à laisser se produire facilement la division en lignes nodales correspondant à un son donné bien déterminé. Pour cela, au lieu d'encaster le diaphragme sur ses bords, comme on le fait ordinairement, on le pose simplement aussi près que possible du pôle E (fig. 1) de l'électro-aimant, sur un nombre de points suffisants d'une ligne nodale.

Si c'est un diaphragme rectangulaire, on le pose sur deux appuis rectilignes coïncidant avec les deux lignes nodales du son fondamental.

Si c'est un diaphragme circulaire D, on perce trois ouvertures a de 2 à 3 millimètres de diamètre sur les sommets d'un triangle équilatéral inscrit dans la circonférence qui constitue la ligne nodale du premier harmonique, et l'on pose le disque sur trois pointes V en liège, disposées de la même manière sur un plateau fixe et pénétrant dans les ouvertures.

Cela étant, faisons passer dans la bobine de l'appareil une série de courants d'intensité très faible, de période graduellement décroissante, par exemple provenant de l'émission de sons musicaux devant un transmetteur quelconque téléphonique ou radiophonique. Alors le récepteur téléphonique, modifié comme il est dit ci-dessus, ne vibre, d'une manière appréciable, que sous l'action des courants dont la période est égale à celle du son correspondant à la nodale sur laquelle repose le diaphragme, son que j'appellerai particulier ou spécial: il ne reproduit plus une série continue de sons de hauteur graduellement croissante, indifféremment et avec la même intensité, comme le téléphone ordinaire; il n'en reproduit énergiquement qu'un seul; il n'est plus pantéléphonique, il est monotéléphonique; on peut donc l'appeler **monotéléphone**.

Ce résultat n'est pas absolu. En réalité, le diaphragme fait entendre quelques sous-harmoniques du son spécial correspondant à la ligne nodale fixée; mais leur intensité est relativement très faible. De plus, le diaphragme reproduit des sons de période un peu inférieure ou supérieure à celle du son spécial, mais l'intervalle extrême entre ces sons est assez petit et n'excède généralement pas un ou deux comas.

Ces réserves sont de la même nature que celles qu'on doit faire au sujet des résonateurs en acoustique. Du reste, le rôle d'analyseur, que le monotéléphone joue par rapport à ce qu'on peut appeler les ondes électromagnétiques, est analogue à celui que joue un résonateur par rapport aux ondes sonores: si on leur communique en effet une série d'ondes successives ou simultanées de périodes différentes, chacun d'eux choisit en quelque sorte celle du son spécial qui correspond à sa forme géométrique et aux conditions dans lesquelles il est placé, et la renforce énergiquement.

Le monotéléphone peut donc s'appeler aussi bien résonateur électromagnétique.

Dans le dispositif qu'on vient de décrire, les mouvements transversaux prédominent, et il est aisé de voir l'effet qu'ils peuvent avoir dans un téléphone ordinaire; car si l'on essaye de faire reproduire par un monotéléphone la parole articulée émise dans un transmetteur, ou bien on n'entend à peu près rien si le son spécial de l'appareil est hors de l'échelle où se meut la voix humaine (de l'ut, à l'ut), ou bien, dans le cas contraire, on n'entend que des sons d'un timbre modifié et des articulations émoussées, le tout noyé en quelque sorte dans la sonorité du son spécial, toutes les fois qu'il se fait entendre.

Mais il est très facile de produire l'effet inverse, de faire prédominer les mouvements moléculaires de résonance sur les transversaux, de rendre au monotéléphone le rôle pantéléphonique, de lui faire reproduire tous les sons avec la même intensité et la parole articulée avec netteté. Il suffit pour cela de mettre obstacle aux vibrations transversales d'ensemble, en fixant légèrement les bords ou plusieurs points du diaphragme, par exemple en y appuyant convenablement les doigts. Le moyen le plus simple de faire l'expérience est le suivant.

On reçoit dans le monotéléphone des sons différents successifs ou simultanés, parmi lesquels se trouve le son spécial ou des paroles articulées à peu près à la hauteur de ce son. On approche l'oreille du diaphragme tant qu'elle en est à une certaine distance ou qu'elle l'effleure tout au plus, on entend seulement le son spécial; mais si l'on appuie de plus en plus l'oreille sur le diaphragme, le son spécial s'affaiblit peu à peu et l'on finit par entendre tous les sons avec une égale intensité, ainsi que la parole articulée sans altération sensible du timbre. Par cette seule opération très simple, on a rendu au mouvement de résonance la prédominance sur les transversaux et à l'appareil la propriété pantéléphonique que possède le téléphone ordinaire à diaphragme encastré.

- Je reviendrai sur la construction du résonateur électromagnétique et sur ses applications.

E. MERCADIER

L'étude la plus complète sur les mouvements du diaphragme, aussi bien dans le transmetteur que dans le récepteur, nous a été donnée par M. **Mercadier**. (*Etudes Sur La Théorie Du Téléphone 1886*)

Il s'est occupé principalement de ces mouvements en laissant de côté les phénomènes intermédiaires de la reproduction de la parole.

Les diaphragmes des téléphones sont des plaques en fer ou en acier minces et élastiques. Elles ont comme toutes les plaques, lames ou tiges élastiques des vibrations qui leur sont propres, d'une vitesse déterminée.

Sur les lois des vibrations sonores transversales des lames rectangulaires — La théorie donne pour l'expression générale du nombre des vibrations transversales d'une lame mince ayant la forme d'un rectangle allongé, durant l'unité de temps, la formule : $n = k \left(\frac{e}{l} \right)^2$ au carré.

Mercadier a démontré par des mesures expérimentales l'exactitude de cette loi (*Journal de physique théorique et appliquée, 2^e série, t. III, p. 189*)

Pour des lames de fer et d'acier serrées sur toute leur largeur entre des prismes de liège placés à une distance des extrémités égale à 0, 22 de la longueur, il a trouvé que la valeur du coefficient h était exprimée par le nombre 5 329 503, l'épaisseur e et la longueur l étant mesurées en millimètres.

La valeur théorique de ce coefficient est 5 310 866.

M. Mercadier conclut de ses recherches qu'en donnant au coefficient $\frac{1}{h}$, dans la formule mentionnée ci-dessus, la moyenne 5 320 184, on peut calculer par avance, à 1 ou 2 pour 100 près, le son qu'une lame rectangulaire de fer ou d'acier, de provenance quelconque, peut rendre.

Les expériences de M. Mercadier ont porté sur des épaisseurs comprises entre 0,5 et 12 millimètres.

Le mode d'expérimentation choisi par l'habile physicien est le suivant; une lame rectangulaire étant encastrée comme il a été dit, un électro-aimant est placé au-dessous du centre du rectangle; il est destiné à entretenir par son attraction le mouvement vibratoire de la lame. A l'une des extrémités de cette lame on a fixé un style et, sous le style, on a disposé un petit disque de platine. A chacune des vibrations transversales de la surface rectangulaire, le disque de platine est touché par le style. Le courant d'une pile suffisamment énergique traverse le fil de l'électro-aimant lorsque le circuit est fermé. Dans ce circuit se trouvent le style, le disque de platine, ainsi que quelqu'un des points des lignes nodales enserées entre les prismes de liège; de plus, le fil d'un petit électro-aimant, dont l'armature mobile enregistre les vibrations de la lame sur la surface d'un cylindre tournant, fait partie du même circuit. Quant au temps, il est marqué sur le cylindre tournant par un électro-diapason.

Les expériences de M. Mercadier sont une vérification très satisfaisante de la théorie des lames vibrantes rectangulaires.

Sur les lois des vibrations sonores transversales des lames circulaires — M. Mercadier a appliqué le même mode de recherche aux vibrations transversales des lames circulaires.

D'après la théorie, le nombre des vibrations transversales de ces lames durant l'unité de temps est donné par la formule $n = k' \left(\frac{e}{d} \right)^2$ ou d est le diamètre du disque et k' un coefficient dépendant de son élasticité, de sa densité et de plusieurs autres quantités.

L'accord entre les mesures expérimentales et les évaluations théoriques n'a pas été aussi satisfaisant dans le cas des lames circulaires que dans celui des lames rectangulaires allongées.

Cela tient peut-être au mode adopté par M. Mercadier pour la fixation des lignes nodales.

Dans ses recherches relatives aux lames circulaires, M. Mercadier posait la lame sur trois pointes en liège, situées aux sommets d'un triangle équilatéral inscrit dans la circonférence nodale du premier harmonique. Suivant la théorie, le rayon de cette circonférence est égal aux 68 centièmes du rayon de la

plaque. Gomme dans les expériences relatives aux vibrations des plaques rectangulaires, un stylo était fixé au bord du disque et, par-dessous le style, se trouvait un bouton en

platine. Le reste du dispositif expérimental était exactement la reproduction de celui qui a été décrit plus haut. Le son produit par la lame vibrante est, dans ces conditions, le premier harmonique du son fondamental. M. Mercadier a trouvé, dans la vérification de la loi des diamètres, des écarts relatifs qu'il est impossible d'attribuer à des erreurs d'appréciation dans la mesure des quantités d et n. La vérification de la loi des épaisseurs à diamètre égal ne lui a pas donné de meilleurs résultats. Dans ces écarts, l'acier suit une marche analogue à celle du fer. Les discordances entre les données de l'expérience et les indications de la théorie sont d'autant plus grandes que le disque étudié est plus mince. Ce n'est que pour des épaisseurs supérieures à 1 ou 2 millimètres que l'accord entre la théorie et l'expérience commence à se manifester. A partir de ces limites, la loi des épaisseurs, par exemple, se vérifie à 1 pour 100 près. M. Mercadier attribue les écarts observés dans les lames minces au défaut d'homogénéité de l'acier laminé : l'élasticité suivant la direction des rayons y est, ce semble, fort inégale. De fait, quand on essaie de produire au moyen du sable la circonférence nodale du premier harmonique, en frappant le centre du disque avec un marteau de liège, on n'obtient guère que des cercles déformés, des triangles curvilignes ou des courbes ellipsoïdales ; dans ce dernier cas, un des axes de l'ellipse est orienté suivant les stries produites par le laminage. Il y a plus, les courbes nodales déformées varient d'une plaque mince à l'autre lorsqu'on opère sur des lames découpées dans le même cylindre. La trempe ne paraît pas intervenir d'une manière sensible dans ces phénomènes. La conclusion qui ressort de ces recherches de M. Mercadier, c'est qu'il n'est pas possible de calculer d'avance le son que rendra une lame circulaire de fer ou d'acier, lorsque l'épaisseur de la lame est inférieure à 1 millimètre. Pour les épaisseurs supérieures à cette limite, l'accord entre la théorie et l'expérience croît à mesure que l'épaisseur augmente. Mais, je le répète, ces divergences tiennent peut-être au mode de fixation de la ligne nodale adopté par M. Mercadier dans le cas des lames circulaires.

Études sur la théorie du téléphone (Journal de physique théorique et appliquée, série, t. V, pp. 141 et suivantes.).
— On sait que dans le transmetteur du téléphone Bell le diaphragme circulaire, en fer ou en acier, est une partie importante de l'appareil. Ce diaphragme est encastré sur les bords et placé à peu de distance du pôle d'un électro-aimant rendu actif par la présence d'un barreau aimanté. Lorsque le fil de cet électro-aimant est relié par ses extrémités au fil de l'électro-aimant de l'appareil récepteur — appareil en tout semblable au transmetteur — on constate dans les transmissions sonores les propriétés suivantes :
1° Les vibrations simples de l'air produites dans le voisinage du diaphragme de l'appareil transmetteur sont reproduites par le diaphragme de l'appareil récepteur avec leur tonalité;
2° Les vibrations complexes des accords musicaux sont également reproduites sans altération d'intervalle;
3 ° La parole articulée est reproduite avec son timbre ;
4° Lorsque les sons simples ou complexes émis dans le voisinage de l'appareil transmetteur varient en hauteur d'une manière continue, ils sont reproduits par l'appareil récepteur avec les mêmes hauteurs et suivant la même continuité.
Cette variation continue de la tonalité des sons transmis par le téléphone est la propriété caractéristique de l'instrument : c'est par cette propriété que les vibrations des diaphragmes du transmetteur et du récepteur se distinguent des mouvements vibratoires des lames circulaires vibrant librement. Dans ces dernières, en effet, la série acoustique des sons propres est une série limitée : on n'y trouve à la suite du son fondamental, d'après la théorie, qu'un harmonique dans l'octave du son fondamental, deux dans la seconde octave, quatre dans la troisième, etc. L'expérience démontre également que la série des sons propres des lames circulaires vibrant librement est une série discontinue. Pour le faire voir, M. Mercadier a mis en vibration sonore, par influence, des diaphragmes de téléphone, au moyen de tuyaux dont les sons fondamentaux, échelonnés en série, croissaient par intervalles de seconde. Des appendices en carton servant d'allonges permettaient même de passer d'un son à l'autre sans discontinuité. La série musicale ainsi formée allait du la de l'octave de quatre pieds à l'ut de trois pouces. Cet intervalle musical dépassait de beaucoup la série des tonalités habituelles de la parole articulée. Dans cette série physiquement continue de sons musicaux, M. Mercadier ne trouva que sept ou huit sons qui impressionnassent les diaphragmes, en y déterminant des lignes nodales; tous les autres sons étaient sans action sensible. De plus, le nombre des sons impressionnant les diaphragmes diminuait à mesure que l'épaisseur de ceux-ci croissait. Ces faits montrent bien que la continuité dans les périodes des sons transmis par le téléphone ne peut pas s'expliquer au moyen des vibrations acoustiques propres au diaphragme; pour rendre raison de cette continuité, il est nécessaire de faire intervenir des mouvements d'une autre espèce. M. Mercadier a démontré l'exactitude de cette conséquence par d'autres expériences. Il prit des disques de deux millimètres au moins d'épaisseur et de dix centimètres de diamètre. Le son fondamental de ces lames encastrées par les bords était supérieur à l'ut de six pouces. La tonalité de la parole articulée ne dépassant jamais la gamme de deux pieds, il est impossible, en parlant devant ces disques, de mettre en jeu leurs vibrations propres. Ces disques néanmoins, mis à la place des diaphragmes des téléphones, transmettaient très nettement la parole et permettaient même d'apprécier le timbre des voix. On pouvait même leur donner des épaisseurs de trois et de quatre millimètres, sans nuire à la netteté de la transmission; l'intensité seule des sons transmis se trouvait affaiblie. M. Mercadier remarqua encore que la netteté de la transmission téléphonique n'est pas altérée, lorsque le diaphragme, au lieu d'être ébranlé directement par les émissions sonores de la personne qui parle devant le transmetteur, ne l'est plus que par l'intermédiaire des vibrations transversales de substances parfois très peu élastiques, telles que mica, liège, caoutchouc, bois, papier, coton, plumes, linge, cire. Pour faire cette expérience, il suffit d'emprisonner une couche d'air entre le diaphragme du téléphone et une lame de ces substances. Dans ces conditions, on observe que le timbre des sons transmis est plus net que lorsque le diaphragme est directement excité. M. Mercadier a obtenu des résultats très satisfaisants avec des lames de verre de 5 millimètres, des plaques de liège de 5 millimètres, des cylindres de bois de 50 millimètres, des couches de ouate de 20 millimètres d'épaisseur. Un diaphragme téléphonique percé de trous ou découpé en roue à six rayons et recouvert d'un papier transmet comme s'il était plein. Il résulte de tous ces faits que le mode de mouvement du diaphragme téléphonique est assimilable à celui des corps solides de grande épaisseur et de forme quelconque, transmettant au travers de leur masse les mouvements vibratoires de toute période. C'est ainsi, par exemple, que le mur massif d'une chambre transmet, d'une de ses surfaces à l'autre, les sons émis dans la chambre voisine. Les vibrations du diaphragme du téléphone Bell sont donc un phénomène de simple résonnance. J'ai fait connaître ailleurs les lois de Verdet relatives à la résonnance (*Annales de la Société scientifique de Bruxelles, huitième année, 2e partie, pp. 29 et suivantes*). La présence du champ magnétique du téléphone n'apporte aucune modification à cette conclusion ; d'après les expériences de M. Mercadier, les variations d'intensité du champ sont sans effet sensible sur la transmission du son, lorsque le diaphragme est bien encastré.

Les recherches de l'habile physicien ont encore porté sur un autre point : il s'agissait de savoir si l'énergie de l'induction dynamique produite dans le fil de l'électro-aimant transmetteur par les variations d'intensité du champ magnétique n'est pas liée à la rigidité ou aux qualités acoustiques du diaphragme. Le fait le plus saillant découvert par M. Mercadier dans cet ordre d'idées, c'est la propriété qu'ont ces molécules de fer disséminées dans le champ magnétique et, jusqu'à un certain point, indépendantes les unes des autres, de pouvoir servir de diaphragme transmetteur. Pour démontrer cette propriété, M. Mercadier prend un téléphone Bell ordinaire, enlève le diaphragme et place sur le pôle de l'aimant une rondelle de papier mince; puis, après avoir remis l'embouchure, il laisse tomber sur le disque de papier une pincée de limaille de fer. Les grains de limaille se disposent aussitôt en houppes au-dessus du papier, et ces houppes dessinent la direction dans l'espace des lignes de force. Sous l'influence de l'attraction de l'aimant, les grains de limaille sont, en outre, pressés contre la rondelle, et la pression est suffisante pour maintenir cette dernière sur l'aimant dans n'importe quelle orientation de l'appareil : on peut renverser le téléphone, rien ne tombe. Ainsi disposé — chose presque incroyable — le téléphone possède toutes les propriétés du téléphone ordinaire: il transmet très nettement la parole articulée. En ajoutant de la limaille, les lignes de force se dessinent davantage et les effets de transmission croissent en intensité. M. Mercadier appelle ce téléphone, téléphone à limaille. De ses recherches relatives à cet appareil, il tire les conclusions suivantes :
1° La présence, dans le champ magnétique d'un téléphone transmetteur, de diaphragmes magnétiques, rigides ou non, n'est nullement indispensable pour produire les effets téléphoniques ; mais ils sont utiles pour augmenter l'intensité, en présentant par unité de volume un plus grand nombre de molécules magnétiques à l'action des forces extérieures, ou bien, comme on dit souvent, en opérant une grande concentration des lignes de force du champ.
2° Il suffit, pour produire ces effets, d'exercer des déformations mécaniques directes sur les lignes de force du champ réalisées avec de la limaille de fer.

Le téléphone à limaille de fer
Article paru dans L'INDUSTRIEL DU RHONE du 16 mai 1886
Un nouveau téléphone
Bien que la téléphonie soit entrée aujourd'hui dans l'usage courant — la théorie des phénomènes électro-acoustiques est loin d'être complètement élucidée. M. Mercadier, l'éminent directeur des études de l'Ecole polytechnique, vient de proposer une doctrine nouvelle touchant ces phénomènes ; il a construit pour la justifier un curieux appareil téléphonique, actuellement en expérience à la Société française de physique.
Tout le monde sait qu'un téléphone électro-magnétique transmetteur se compose essentiellement d'un diaphragme en forme de disque mince, en fer ou en acier, encastré sur ses bords, à peu de distance d'une hélice métallique... Qnand l'air voisin du diaphragme entre en vibrations, ces vibrations sont reproduites à distance par ce récepteur, et avec

une continuité absolue dans les effets.

On a jusqu'ici admis assez généralement que le diaphragme se comportait comme un disque vibrant ordinaire ; que les mouvements qui s'y produisaient étaient ceux qui correspondent à ses sons particuliers. Nous ne suivrons pas M. Mercadier dans la savante discussion qu'il fait de cette hypothèse, en s'appuyant sur ces faits que :

1° Le diaphragme n'est pas libre dans ses mouvements élastiques, que ceux-ci sont des mouvements forcés;

2° que la continuité nécessaire des mouvements électro-acoustiques est en contradiction avec les résultats de la théorie des disques vibrants et de l'expérience.

Notons seulement un procédé expérimental ingénieux qu'il a appliqué à cette étude.

Il soumet des disques serrés dans la monture ordinaire d'un téléphone de Gower à l'action des vibrations de tuyaux d'orgue dont l'ouverture est placée au-dessous de leur centre.

En versant du sable sur le disque maintenu horizontal, on cherche par l'inspection des lignes dessinées par le sable (lignes nodales) s'il y a des sons que le disque renforce visiblement. Le résultat de ces expériences est qu'il paraît démontré que les mouvements correspondant aux sons particuliers des disques encastrés, comme ils le sont dans les téléphones, forment une échelle discontinue, insuffisante à expliquer la transmission d'une série continue de sons, et que dès lors le disque doit avoir nécessairement des mouvements autres que ceux qui correspondent à ces sons particuliers.

Au sens de M. Mercadier, les diaphragmes téléphoniques exécutent leurs mouvements par un phénomène analogue à celui par lequel un mur transmet à l'une de ses surfaces les vibrations quelconques produites dans l'air en contact avec l'autre surface.

Ce phénomène, dit de résonance existerait seul pour diaphragme épais; ils s'y joindrait pour les diaphragmes minces, les mouvements correspondant à leurs sons propres, superposés aux précédents en vertu de la loi bien connue en dynamique sous le nom de superposition des petits mouvements.

M. Mercadier a aussi étudié le diaphragme au point de vue de la transformation d'énergie qui résulte de ses mouvements. Une série d'expériences l'a amené à conclure que les phénomènes téléphoniques ne sont pas nécessairement liés à la rigidité du diaphragme et aux qualités acoustiques et élastiques correspondant à sa forme. C'est ainsi qu'il a successivement remplacé le diaphragme rigide par une toile métallique et enfin par quelques grains de limaille de fer matérialisant pour ainsi dire le champ magnétique. Voici comment il opère dans ce dernier cas :

On prend comme récepteur un téléphone ordinaire et un transmetteur identique. On enlève le diaphragme en fer blanc de ce dernier, puis on remet le couvercle portant une embouchure circulaire dont les dimensions sont à peu près égales à celles du pôle central de l'aimant.

On commence par parler sur l'aimant lui-même à travers l'embouchure : on n'entend rien de sensible dans le récepteur.

En posant sur l'aimant une pincée de limaille de fer, on a un appareil dont les effets sont identiques à ceux d'un téléphone ordinaire, moins l'intensité.

Mais si l'on dispose à la place du diaphragme ordinaire un diaphragme de substance non magnétique (carton, mica, etc.), et qu'on laisse tomber dessus de la limaille l'action mécanique directe des ondes aériennes sur ce diaphragme s'ajoutera à l'action de la limaille, et on aura construit un **téléphone à limaille de fer**, encore inférieur, il est vrai en intensité au téléphone ordinaire, mais possédant à un plus haut degré les propriétés téléphoniques essentielles, et en particulier la reproduction du timbre de la parole humaine.

Quelles que soient les applications ultérieures dont cet appareil est susceptible, il constitue actuellement une démonstration élégante des deux points suivants :

1° La rigidité n'est pas une qualité indispensable des diaphragmes téléphoniques;

2° Il suffit, pour produire les effets téléphoniques, d'exercer des déformations mécaniques directes sur les lignes de force du champ, réalisées avec de la limaille de fer.

On pourra trouver que se sont là des résultats médiocrement pratiques ; nous ne le croyons pas. La science marche dans la pénombre, et souvent, ce sont les théories en apparence les plus abstruses qui conduisent aux applications les plus communément utilisables.

Quant au récepteur téléphonique, depuis longtemps déjà il a été démontré par MM. Breguet, Ader et Dumoncel que toutes les parties de l'appareil, noyau, hélice, diaphragme, manche, etc., vibrent simultanément dans l'acte de la réception; mais, d'après les expériences de M. Mercadier, les effets de transmission les plus énergiques sont ceux produits par la vibration du diaphragme ; l'influence de la vibration du noyau et de l'hélice, pour être constatée, demande des courants de transmission de grande intensité. C'est donc à tort que Dumoncel pense pouvoir rattacher l'effet principal de la transmission aux vibrations moléculaires du noyau.

Les recherches de M. Mercadier déterminent le mode d'action du diaphragme récepteur, dans le phénomène de la transmission, aussi bien que celui du diaphragme transmetteur. Toutes les expériences indiquées ci-dessus, notamment celles du téléphone à limaille, peuvent être faites avec le téléphone récepteur ; il suffit d'introduire dans ce dernier les modifications décrites à propos de l'appareil transmetteur. On reconnaît sans peine que, dans toutes ces circonstances, la transmission reste parfaitement nette.

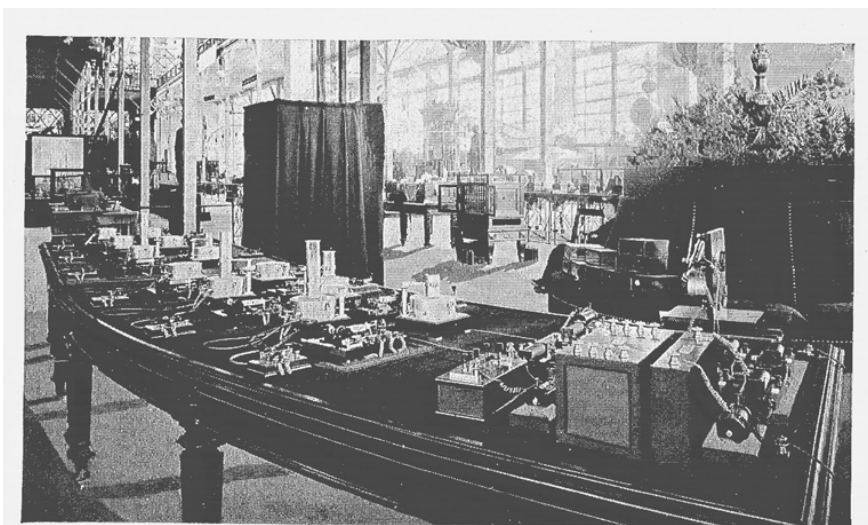
Lors de l'Exposition universelle de 1901 non loin du merveilleux **télégraphe** de M. Paulsen, dont nous n'avons pas à parler ici, puisqu'il s'agit d'un inventeur danois, fonctionnait le Télégraphe multiplex, construit par M. Mercadier, directeur des Études à l'École Polytechnique de Paris.

Cet ingénieux appareil se compose de diapasons inductophones représentant chacun une note de musique, naturelle ou dièse, avec un petit électro-aimant entre les branches — ce sont les transmetteurs — et de monotéléphones réglés pour reproduire cette même note à l'exclusion de toute autre : ce sont les récepteurs. On peut faire des signaux sur une seule ligne, sur un seul fil, avec autant de diapasons que l'on veut et simultanément puisque les courants ne se mélangent pas et que chaque courant agit sur un téléphone et seulement sur celui-là.

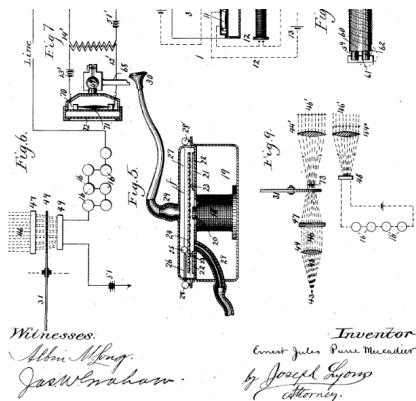
Il y a quinze ans, paraît-il, que M. Mercadier a jeté les bases de son invention qu'il perfectionne chaque jour. Voir plus bas l'étude du Radiophone.

Elle multipliera d'une façon extraordinaire le nombre des communications télégraphiques dans la même unité de temps ; on pourrait objecter que dans la télégraphie musicale, la réception se fait à l'oreille et sans laisser de trace. Mais c'est aujourd'hui une tendance générale dans les pays où s'envoient le plus de dépêches, de préférer la réception par le son à la réception par écrit ; on la considère comme non-seulement plus rapide, mais plus sûre, parce qu'elle exige une attention plus soutenue et comporte, par conséquent, moins de négligences dans le service ...

Le télégraphe multiplex de M. Mercadier, par M. J. Anizan



MERCADIER'S MULTIPLEX TELEGRAPH INSTRUMENTS



Brevet **MULTIPLE TELEGRAPHY** [US420884A](#) du 4 février 1890.

Vu dans le "Journal télégraphique Avril 1902"

L'appareil télégraphique multiplex de M. Mercadier, qui, depuis de nombreuses années, soutient l'attention des télégraphistes, vient de prendre une nouvelle forme. Il est devenu plus simple et plus sûr. Il peut désormais assurer un service régulier.

Le moment est donc venu d'en faire une description complète et impartiale. Il ne sera pas sans intérêt d'indiquer ses principales transformations et les causes qui les ont amenées.

Ce système permet à douze postes télégraphiques de transmettre simultanément dans les deux sens, sur un circuit de deux fils, des signaux du code Morse lus au son. Il est duplexé, ce qui double le nombre des télégrammes pouvant être échangés en même temps. Le nombre total de 12 (un dans un sens et 12 en sens inverse) devient 24, jusqu'à concurrence de 12 dans chaque sens.

Nous reviendrons sur ce point important, ainsi que sur la faculté qu'il possède de pouvoir desservir, au moyen du même circuit, plusieurs postes échelonnés, lorsque nous examinerons la question du rendement. Nous allons voir de suite comment ces résultats sont obtenus.

Les récepteurs sont constitués par des sortes de téléphones, que M. Mercadier appelle des **monotéléphones**, à cause de la propriété que possède la plaque de chacun d'eux de vibrer pour un seul son. Cet appareil donne au système sa caractéristique, ainsi que nous le verrons par la suite.

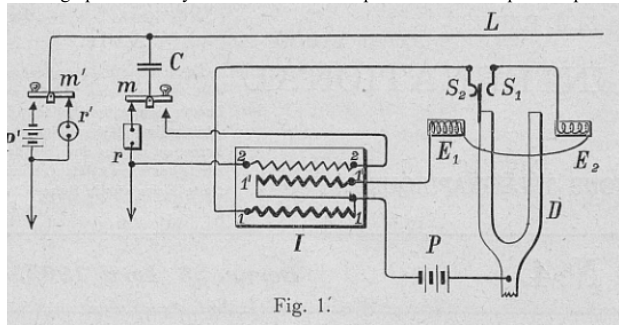
Les transmetteurs proprement dits sont des diapasons, dont le mouvement de vibration est actionné électriquement.

On conçoit par la pensée que si, au moyen de 12 diapasons correspondant à des notes séparées par des intervalles musicaux de un demi-ton, on envoie des signaux différents sur une même ligne, ces signaux peuvent être perçus respectivement par des monotéléphones dont les plaques sont réglées pour vibrer à l'unisson des diapasons correspondants.

Il fallait obtenir ces résultats dans la pratique et, de plus, permettre aux transmissions de s'échanger simultanément dans les deux sens. En d'autres termes, obtenir avec une seule ligne et un télégraphe multiplex les résultats donnés par des systèmes ordinaires et douze lignes.

D'autres inventeurs avaient précédé M. Mercadier dans la voie des recherches concernant les télégraphes harmoniques. Le téléphone du savant allemand Reis avait ouvert cette voie dès 1860. Parmi ceux qui avaient poursuivi des études dans ce sens, on peut citer Cromwell Varley, [Poul La Cour](#) et Elisha Gray. Nous ne pouvons résister au désir de rappeler succinctement les travaux de ces dignes précurseurs. En outre de l'intérêt historique que présentent leurs travaux, on est étonné de la hardiesse de certaines conceptions appliquées par la suite aux installations téléphoniques.

Le télégraphe de Varley date de 1870. Il est représenté schématiquement par la figure 1.



D est un diapason dont le mouvement est électriquement entretenu au moyen des électro-aimants E1 E2. (On sait que, en vibrant, les branches d'un diapason s'éloignent et se rapprochent en même temps de la ligne médiane.) B, une bobine à 3 enroulements (dont 2 primaires et 1 secondaire). Un pôle de la pile P est relié au pied du diapason et l'autre pôle à l'entrée du 1er et à la sortie du 2e primaire.

Les deux autres extrémités des fils primaires sont raccordées l'une au style S2 du diapason, et l'autre au style S1. Les électro-aimants d'entretien E1 E2 sont embrochés entre la bobine I et S1. Lorsque le style S1 est en contact avec le diapason, le courant de la pile P traverse le fil primaire 1' 1' et les électro-aimants E1 E2. Les noyaux des électro-aimants se polarisent et attirent les branches du diapason. L'appendice placé sur l'une d'elles quitte le style S1 et prend contact avec le style S2. Le courant ne passe plus dans les électroaimants E1 E2, et le diapason, en vertu de son élasticité, tend à revenir à sa position de repos. Dans la série des vibrations, il prend contact alternativement avec les styles S1 et S2.

Suivant le cas, le courant passe dans l'un ou l'autre des deux circuits primaires de la bobine d'induction I.

Il y a lieu de noter que, à chaque vibration du diapason, le courant qui traverse le primaire change de sens et d'intensité.

Le récepteur se composait d'un fil de fer écroui, tendu dans l'axe d'une bobine dont il constituait une sorte de noyau susceptible de vibrer.

Ce fil, aimanté par le passage du courant dans la bobine, vibrat en face de deux aimants fixes placés dans le voisinage..

Le but de Varley était de superposer les transmissions avec courants induits aux transmissions avec courants ordinaires, ces derniers étant duplexés. A cet effet, le poste utilisant les courants harmoniques était séparé de la ligne par un condensateur embroché. On ne peut s'empêcher d'admirer, à la suite de cette étude abrégée du télégraphe Varley, l'importance des travaux de cet inventeur. S'ils n'ont pas eu de suite immédiate, ils ont, sans aucun doute, servi de germe pour des applications ultérieures.

Certainement la réalisation de l'entretien électrique du diapason et la production de courants alternatifs dans un primaire de bobine d'induction par le jeu même du diapason n'ont pas été poussées plus loin.

Quant à l'emploi d'un condensateur pour séparer les courants induits des courants ordinaires, il a été utilisé par la suite dans les systèmes de télégraphie et de téléphonie simultanées.

Le télégraphe que [Poul La Cour](#), de Copenhague, imagina en 1874, employait des diapasons comme transmetteurs et comme récepteurs. Les branches des diapasons récepteurs pouvaient vibrer dans l'intérieur de bobines dont ils devenaient les noyaux. Les extrémités des branches aimantées par le passage du courant se trouvaient actionnées par les pôles d'un 2e électro-aimant traversé également par le courant de ligne. On se rend compte de l'inertie que présentait un tel récepteur et de la difficulté que l'inventeur a éprouvée pour faire fonctionner son appareil sur de longues lignes.

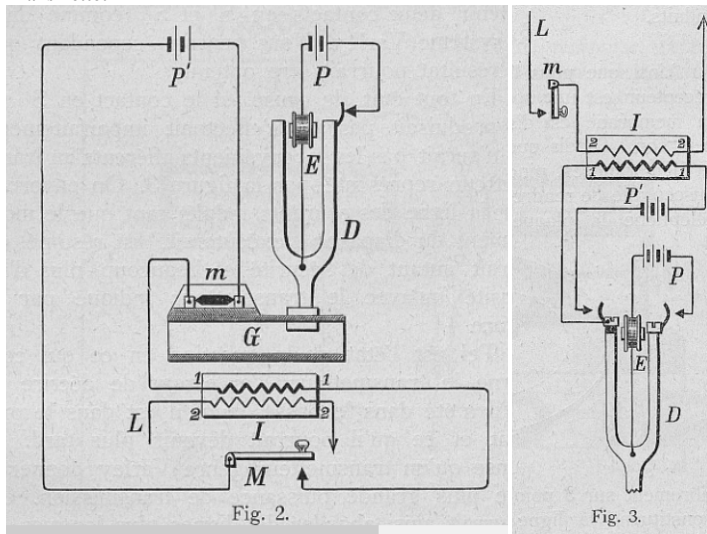
On doit cependant retenir le but poursuivi, qui consistait à réaliser la superposition de plusieurs transmissions simultanées sur une même ligne.

Elisha Gray a publié, en 1874 et en 1876, deux descriptions de son télégraphe harmonique. Il utilisait dans chacun de ces types des courants ondulatoires, mais de même sens, contrairement au télégraphe Varley, qui se servait de courants alternatifs. Les deux modèles étaient multiples et duplexés. Ils différaient entre eux en ce qu'ils utilisaient, au départ et à l'arrivée, c'est-à-dire comme appareils transmetteurs et récepteurs, le premier des barreaux de fer réglés pour vibrer pour des notes données, le second des tiges vibrantes pincées à l'une des extrémités et libres à l'autre. Engineering de l'époque donnait comme résultats obtenus par Gray 4 dépêches transmises simultanément sur des lignes — très probablement en fer

— d'une longueur de 2400 milles. On peut affirmer sans crainte que l'évaluation du rendement était exagérée.

En vue de l'étude méthodique du télégraphe multiplex de M. Mercadier, nous aborderons la description du transmetteur et du récepteur, et nous continuerons par celle des appareils communs aux 12 postes.

Transmetteur.



Le transmetteur se composait, au début, d'un diapason entretenu électriquement au moyen de l'électro-aimant E (fig. 2) et fixé sur une caisse renforçante G. Cette caisse portait un microphone m dont les variations de résistance électrique correspondaient au mouvement vibratoire du diapason. Ce microphone faisait partie du circuit primaire d'une bobine d'induction I, dans laquelle se trouvait également un manipulateur M".

On se rend compte du fonctionnement de ce transmetteur. Le diapason vibre constamment. Lorsque la clé Morse est abaissée pour l'envoi d'un signal, le circuit primaire est fermé, et des courants induits, dont la période correspond à celle du diapason, sont envoyés sur la ligne. Les courants induits ainsi produits étaient peu intenses.

Pour augmenter l'intensité de ces courants, M. Mercadier remplaça le microphone par un interrupteur actionné par le diapason même. A cet effet, le diapason était muni d'un style sur chacune de ses branches (fig. 3).

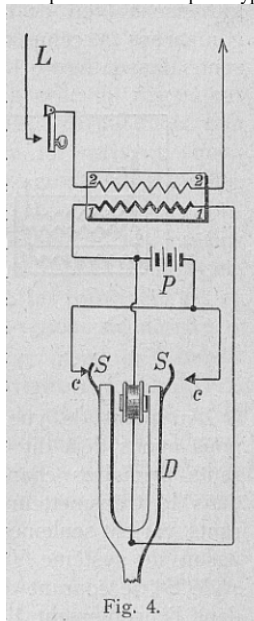
Le style de droite servait comme précédemment pour l'entretien électrique du mouvement de vibration du diapason.

Le style de gauche, isolé électriquement de la masse du diapason, servait d'interrupteur dans un circuit composé de l'un des enroulements d'une bobine d'induction I et d'une pile P' distincte de la pile d'entretien P.

Les résultats obtenus furent excellents sous le rapport de l'intensité des courants. Mais il arrivait que, le style de droite fonctionnant régulièrement, l'entretien du mouvement de vibration du diapason s'effectuait dans de bonnes conditions, tandis que le défaut de fonctionnement du style de gauche empêchait les courants de se produire.

On était en présence d'une source de dérangements qu'il fallait faire disparaître.

C'est pour cette raison que le type actuel, représenté par la figure 4, a été adopté.



Une seule pile P sert à la fois à l'entretien du mouvement de vibration du diapason et à alimenter le primaire du transformateur t. Le diapason possède toujours deux styles, mais celui de gauche n'est plus isolé du diapason. Ils concourent au même but et servent mutuellement de rechange, étant donné qu'ils ne sont jamais utilisés en même temps.

Comme nous l'avons déjà dit, il a sur le précédent, représenté par la figure 3, l'avantage de garantir une sécurité absolue. Lorsque l'entretien électrique du mouvement de vibration du diapason se fait, on est toujours sûr, en actionnant le manipulateur, d'envoyer des courants induits sur la ligne.

Par contre, si on considère l'intensité des courants produits, on remarquera que, selon la position du style actionné, ou bien il n'y a courant ni dans la bobine d'entretien ni dans le primaire du transformateur si le style est isolé de la pièce C; ou bien le courant de la pile les traverse, en dérivation, lorsqu'il y a contact entre ce style et cette pièce. Il est certain que la dérivation de la bobine d'entretien sur le primaire du transformateur est une cause d'affaiblissement des courants induits, mais ce que l'on perd en intensité est largement compensé par la sécurité de fonctionnement du système transmetteur.

Est-ce à dire que le transmetteur actuel n'est pas susceptible de perfectionnements ?

Nous nous garderions bien de l'affirmer, surtout si nous le comparons à celui du télégraphe Varley, représenté dans la figure 1 et reproduit en fig. 5.

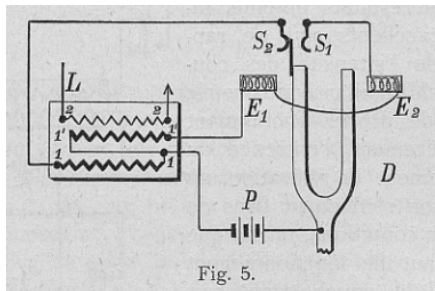


Fig. 5.

Au point de vue de l'intensité des courants, nous avons déjà dit que dans le Varley les courants primaires changeaient de sens, tandis que dans le transmetteur de M. Mercadier ces courants varient seulement d'intensité. Lorsque le diapason du système Varley est en contact avec le style S2, le courant de la pile P passe tout entier dans l'enroulement 1 1' du transformateur, c'est-à-dire sans dérivation. Lorsqu'il est en contact avec le style S1, le courant de la pile P traverse le fil 1' 1', en changeant de sens, et les électro-aimants E E2, lesquels pourraient être remplacés par un électro-aimant unique placé entre les deux branches du diapason. La variation de courant dans le primaire du transformateur Varley est donc plus grande que dans le transmetteur de M. Mercadier, puisque le courant change de sens et qu'il n'y a pas de shunt sur le primaire du transformateur. Je sais bien que, dans la position du diapason sur S1, l'intensité du courant qui traverse également les bobines E1 E2 est moins grande que dans la position sur S2.

. Malgré tout, cette intensité a une valeur qui doit être suffisante pour entretenir le mouvement du diapason. Quelle que soit la valeur de cette intensité, elle s'ajoute à l'intensité dans le cas de la position du S2 pour chiffrer la différence d'intensité qui existe dans les deux positions du diapason.

Reste la question de sécurité de fonctionnement. On crée bien une difficulté en cherchant à obtenir deux contacts en S1 et S2, comme dans le système Varley. Nous pensons cependant que ce résultat pourrait être obtenu. En tout état de cause, si le contact en S1 ne se produisait pas ou s'effectuait imparfaitement, on n'aurait pas les inconvénients afférents au transmetteur représenté par la figure 3. On enverrait sur la ligne des courants induits tant que le mouvement du diapason s'exécute. En résumé, on aurait autant de sécurité et beaucoup plus d'intensité qu'avec le transmetteur indiqué par la figure 4.

Tel est l'état de la question en ce qui concerne le transmetteur. J'ai essayé de décrire ce qu'il a été dans le passé, ce qu'il est dans le présent et ce qu'il pourrait devenir plus tard. Je pense qu'un transmetteur genre Varley donnerait une plus grande puissance de transmission. On pourrait ainsi aborder des lignes plus longues. Il y a toujours intérêt, en télégraphie et en téléphonie, à avoir des appareils plutôt trop puissants. On a plusieurs moyens de réduire l'intensité. Ceux qui permettraient de l'augmenter n'existent pas toujours, surtout dans les systèmes avec courants induits.

Récepteurs.

Ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, le récepteur est une sorte de téléphone dans lequel la membrane est disposée pour vibrer pour un seul son. Tandis que dans le téléphone ordinaire la membrane est pincée par ses bords et est ainsi susceptible de rendre tous les sons, dans le monotéléphone la plaque circulaire en acier repose librement sur 3 points, situés sur la circonférence; constituant la ligne nodale du premier, harmonique.

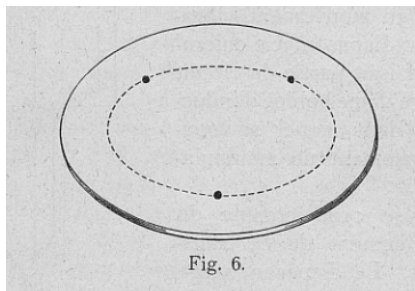


Fig. 6.

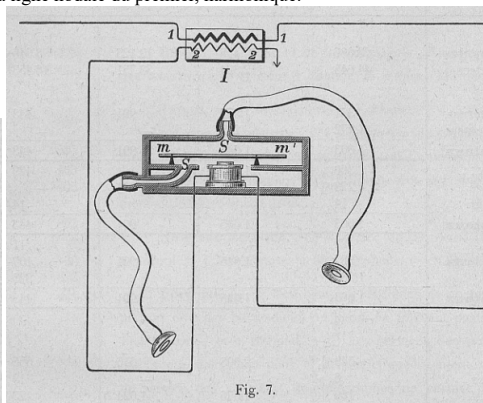


Fig. 7.

La figure 6 représente une de ces plaques. La ligne nodale est en pointillé sur la figure. La hauteur du son des plaques varie avec leur diamètre, et il est possible de régler ces plaques à l'unisson des diapasons correspondants.

La figure 7 montre le récepteur du début.

L'électro-aimant ordinaire est monopolaire. La membrane vibrante est en m m', les prises de son en 5 au-dessus et au-dessous de la membrane.

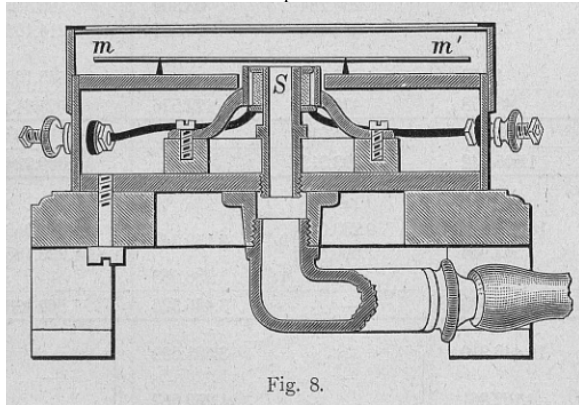


Fig. 8.

Dans le dernier modèle de récepteur, représenté par la figure 8, fi électro-aimant est polarisé, bipolaire et à pôles concentriques.

Le pôle central est creux et sert à l'unique prise de son...réalité, elles sont percées de trous à travers lesquels passent des tiges, et elles reposent sur des rondelles de liège.

Ces récepteurs sont très sensibles, très robustes et absolument indérégables. La membrane est réglée une fois pour toutes, par construction, pour un son donné. Quel que soit le nombre de courants induits de périodes diverses traversant l'électro-aimant du récepteur, la membrane restera inerte, tant que des courants induits, dont la période ne correspondra pas exactement au nombre de vibrations du son pour lequel la membrane est construite, ne passeront pas. La plaque possède une propriété analogue à celle du résonateur acoustique, qui choisit, parmi un certain nombre de sons qui lui arrivent simultanément, L'un d'entre eux pour le renforcer vivement.

Il nous reste à examiner les moyens employés pour grouper sur une même ligne, et pour les duplexer, les transmetteurs et récepteurs que nous venons de décrire.

Est-il téméraire de penser, dans un moment où la télégraphie sans fil est encore à ses débuts et marche en tâtonnant, que le transmetteur et le récepteur du télégraphe multiplex de M. Mercadier pourraient utilement servir à des recherches permettant enfin d'éviter la confusion des signaux entre appareils voisins. L'idée de cette application a déjà été émise dans le N° 1216 de l'Electricien, du 6 Septembre dernier, en ce qui concerne le récepteur.

(A suivre.) J. ANIZAN.

Suite dans le "Journal télégraphique de Juillet 1902"

Postes échelonnés.

On sait que, en téléphonie, le fait de disposer en dérivation sur les deux fils un ou plusieurs annonciateurs de fin de conversation le long du circuit n'a pas pour effet de diminuer l'intensité d'audition de la parole. Certaines personnes même soutiennent que, à la façon des bobines Pupin sur les câbles souterrains, la self-induction des annonciateurs de fin de conversation combat heureusement l'effet de la capacité électro-statique de la ligne, et que, par conséquent, la présence de ces annonciateurs disposés en surface sur fils d'un circuit améliore l'intensité d'audition de la parole.

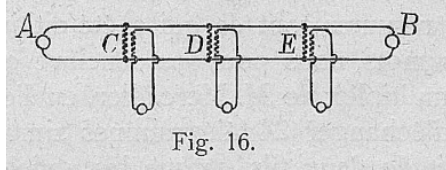


Fig. 16.

Le même phénomène se produit lorsque, entre deux points extrêmes A et B (fig. 16), on dispose sur la ligne en des points CDE des transformateurs dont l'un des fils, possédant une résistance et une self-induction suffisantes, est installé en dérivation sur les deux conducteurs du circuit, le deuxième fil de ces transformateurs communiquant avec une installation à courants induits.

On constate bien que l'intensité des courants de réception aux postes A et B ne faiblit pas, et que chacun des postes CDE correspond avec tous les autres dans les mêmes conditions que A et B. Le dispositif qui donne des résultats satisfaisants avec le télégraphe Mercadier est celui qui emploie des transformateurs installés en dérivation, comme l'indique la fig. 16. Les lignes artificielles sont aménagées pour être reliées à l'installation dans les mêmes conditions que la ligne réelle. Elles sont raccordées à l'installation en un point intermédiaire au lieu de l'être par une de leurs extrémités.

Les expériences faites entre Paris et Pau comme postes extrêmes, avec Tours, Angoulême et Bordeaux comme postes intermédiaires, ont démontré que la présence des postes intermédiaires n'altérerait pas l'intensité des transmissions entre les postes extrêmes, et que les appareils disposés en C D et E se comportaient absolument comme ceux des postes extrêmes. La question des postes échelonnés était dès lors résolue. Quel est le nombre des postes intermédiaires qui peut être ainsi exploité ?

1° Si on considère une ligne partant d'un poste important, comme Paris, et ayant seulement besoin d'un poste duplexé avec chacune des villes correspondantes, il est certain que, dans ces conditions, ce poste important pourrait communiquer par la même ligne avec 12 autres villes, y compris l'autre poste extrême.

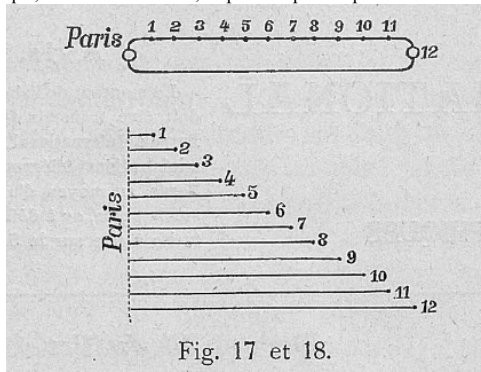


Fig. 17 et 18.

Les figures 17 et 18 font ressortir quelle serait dans ce cas l'économie de fils. Mais deux objections se présentent, l'une d'exploitation, l'autre d'ordre technique.

Au point de vue exploitation, on ne voit pas bien quel avantage on aurait à charger Paris d'opérer le transit des télégrammes échangés entre ces postes. Il y aurait tout intérêt, au contraire, à permettre à tous les postes d'échanger directement, sans intermédiaire, leurs télégrammes. La rapidité de transmission y gagnerait et les frais d'exploitation seraient diminués, puisque les agents de Paris seraient déchargés des transmissions de transit.

La deuxième objection vise l'absence d'un système d'appel spécial à chaque poste. L'emploi d'une bobine Cailho, ou Picard, ou Jacob, ne permettrait l'appel que pour un seul poste sur 12 sans déranger les autres, par exemple entre Paris et le poste 6. Cependant, si on se servait de rappels polarisés, Paris pourrait appeler le 6, par exemple, avec le pôle positif, et le 7 avec le pôle négatif, et être appelé par eux avec les mêmes pôles de pile. Cette solution, essentiellement pratique, ne résoudrait que partiellement la question de l'appel, puisqu'il resterait 10 autres postes dépourvus d'appel.

En admettant que l'appel soit trouvé, ce qui ne paraît pas impossible, l'objection concernant l'exploitation conserve toute sa valeur, et nous pensons qu'il y a intérêt à permettre aux postes de communiquer entre eux.

2° Si on veut que chacun des postes communique avec tous les autres, le nombre de postes pouvant être desservis par une ligne est de 5, au moyen de 10 notes. Les deux autres notes pourraient doubler l'installation des deux postes dont le trafic est le plus chargé.

La figure 20 fait ressortir le nombre de fils qui serait nécessaire pour obtenir un résultat analogue à celui donné par le multiplex avec l'arrangement indiqué par la figure 19.

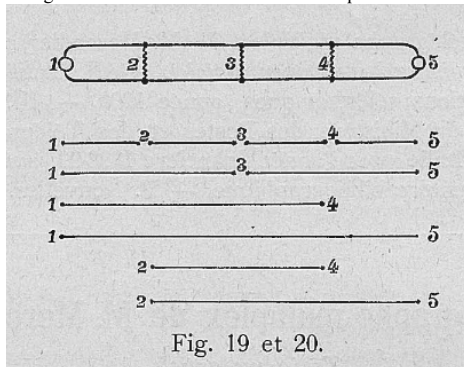


Fig. 19 et 20.

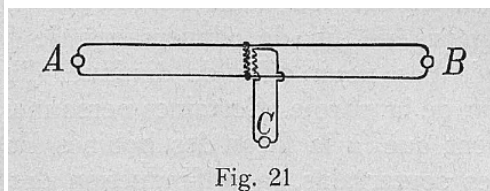


Fig. 21

Dans ce cas, l'objection relative à l'exploitation ne porte plus, celle concernant l'appel subsiste, mais, comme nous l'avons dit plus haut, nous ne pensons pas qu'elle soit insurmontable.

Si le télégraphe multiplex devait desservir trois bureaux tels que leur trafic soit suffisant pour absorber aux heures chargées le rendement de douze postes duplexés (fig. 21), on possède dès à présent tous les moyens d'exploitation nécessaires, les appels se faisant au moyen de dispositifs de télégraphie et téléphonie simultanée, combinés avec des inverseurs de courant et des rappels polarisés.

L'emploi d'inverseurs de courant et de rappels polarisés se fait d'une façon courante, dans le réseau téléphonique français, pour les appels sur les lignes desservant trois postes centraux. On a donc en mains tous les éléments d'exploitation d'un télégraphe multiplex desservant trois bureaux au moyen d'un même circuit.

Pour résumer tout ce qui a été dit jusqu'ici en quelques mots, nous pouvons conclure que le télégraphe multiplex de M. Mercadier, en l'état actuel, permet d'échanger 24 télégrammes simultanés sur un circuit de deux fils, et que les appels indépendants de trois postes desservis par la même ligne sont possibles.

Quant à sa puissance de transmission, nous avons indiqué plus haut la possibilité d'échanger des signaux par des lignes de 2000 kilomètres lorsque, à chaque extrémité du circuit, on n'avait qu'un transmetteur et un récepteur. Dans le cas d'une installation complète des 12 postes à chaque extrémité, la longueur de 2000 kilomètres se trouve réduite en raison des diverses transformations de courants et d'autres causes, au nombre desquelles on peut citer la disposition en surface des transmetteurs. Bien que l'expérience n'ait pas été faite sur une ligne aussi longue, nous pensons qu'en l'état actuel une installation complète pourrait affronter un circuit en fils de cuivre de gros diamètre d'une longueur de 12 à 1400 kilomètres.

Quant au rendement, on peut dire que chaque note duplexée permet de transmettre autant de télégrammes qu'un Sounder duplexé. Nous ne nous hasarderons pas à faire un tableau comparatif du rendement du télégraphe multiplex avec d'autres systèmes, car il n'y a pas de question plus controversée que celle des rendements, et il n'est guère possible de trouver la moindre concordance entre les chiffres donnés par les divers inventeurs et même par des personnes désintéressées. Cela tient, selon nous, à ce qu'on n'envisage que rarement à la fois le rendement d'un système au double point de vue du matériel et du personnel, c'est-à-dire de l'économie des lignes, d'une part, et de main-d'œuvre de transmission, d'autre part.

Perfectionnements dont le télégraphe multiplex paraît susceptible.

Maintenant que nous savons ce qui a été fait, il nous est facile de voir ce qui reste à faire, la sécurité de fonctionnement du système étant acquise, pour augmenter le rendement et la puissance de transmission et doter le télégraphe multiplex des moyens d'appel qui lui manquent encore. Des recherches récentes m'ont amené aux conclusions qui suivent :

Accroissement du rendement.

— Le rendement serait doublé si on pouvait utiliser des plaques séparées par un intervalle musical d'un quart de ton, en décalant, bien entendu, les transmetteur et récepteur d'un même poste d'un huitième de ton. La question qui se pose alors est la suivante. "Peut-on pratiquement réaliser un système fonctionnant avec des plaques séparées par un quart de ton" ? La réponse n'est pas douteuse en ce qui concerne la construction des diapasons et des plaques. Mais la monophonie se maintiendra-t-elle dans les plaques sous l'action des courants ? Oui, si on améliore le mode de suspension des plaques au-dessus de l'électro-aimant.

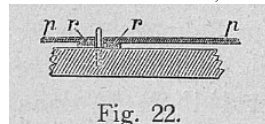


Fig. 22.

Au lieu de reposer sur des rondelles rr, comme l'indique la figure 22, les plaques pp devraient, selon nous, reposer sur des pointes. A cet effet, deux légers traits de scie et une petite cavité conique déterminant l'emplacement des pointes devraient remplacer les trous actuels pratiqués dans les plaques. Le récepteur étant un appareil essentiellement fixe, aucun inconvénient à cela.

Si le résultat visé plus haut était atteint, le nombre de télégrammes échangés sur une même ligne, qui est actuellement de 24 (12 dans chaque sens), serait de 48 (24 dans chaque sens).

Augmentation de la puissance de transmission.

— Deux moyens se présentent. Ils peuvent être employés séparément ou conjointement (fig. 23).

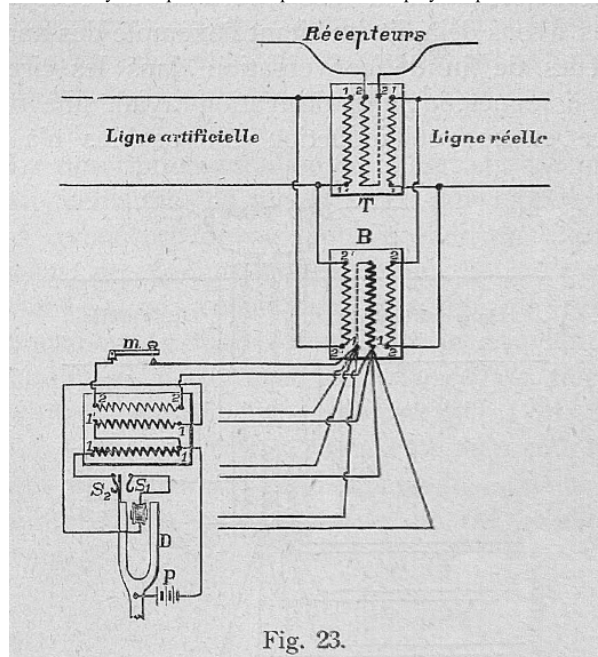


Fig. 23.

Le premier consiste à remplacer le transmetteur actuel (fig. 4) par le transmetteur de Yarfeý représenté par la figure 5. Nous avons indiqué dans le premier article de la présente étude les raisons qui militent en faveur de ce dernier dont la description est parvenue récemment à notre connaissance.

Le deuxième moyen consiste dans le fait de disposer en surface, dans le circuit de la ligne réelle, les fils 2 2' de la bobine d'induction B et 1 1' du transformateur T, montés actuellement en série.

Bien entendu, il devrait en être de même des fils 2' 2' de B et V V de T dans le circuit de la ligne artificielle. Peut-être par ce moyen pourrait on réduire au minimum les capacités des condensateurs shuntant les secondaires de la bobine B.

On aurait même tout avantage à s'en passer, si c'était possible. L'essentiel serait de supprimer tout au moins le condensateur qui se trouve dans le circuit de la ligne réelle.

L'autre, installé dans le circuit de la ligne artificielle, pourrait rester sans inconvénient si son emploi était indispensable. La suppression du condensateur C aurait pour résultat de laisser aux courants émis par la bobine B toute leur puissance, ce condensateur agissant vis-à-vis des courants induits, comme une résistance apparente faible ne pouvant que les affaiblir. Il n'y a pas à craindre que l'installation des bobines T et B en dérivation affaiblisse l'effet dans le transformateur T des courants de réception.

Nous avons déjà dit, en citant l'exemple des annonceurs de fin de conversation dans les circuits téléphoniques, qu'une dérivation ayant une résistance et une self-induction convenables n'a pas d'action sur les courants induits. C'est, d'ailleurs, ce qu'on constate dans le multiplex lorsqu'on installe une bobine Cailho (fig. 15).

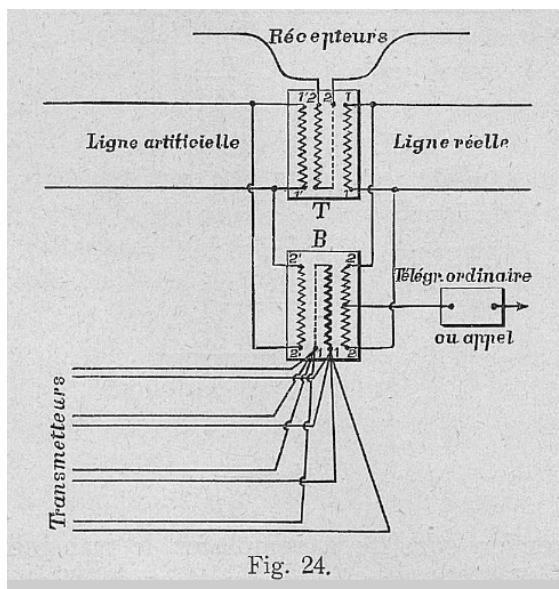


Fig. 24.

Si les essais démontraient que ces deux moyens sont efficaces, l'installation nouvelle serait représentée par la figure 23.

Enfin, un autre avantage, dont on reconnaîtra l'importance plus loin, serait de permettre le remplacement de la bobine Cailho par une dérivation prise sur le milieu du secondaire 22 de la bobine B pour desservir une installation télégraphique ordinaire, celle-ci pouvant être utilisée soit pour augmenter le rendement du système Mercadier, soit pour l'appel (fig. 24).

Dispositifs d'appel.

— Par ce qui a été déjà décrit, nous savons que nous pouvons assurer l'exploitation de trois postes A, C, B, disposés comme ceux de la figure 21, par exemple, au moyen du télégraphe Mercadier. Aucune difficulté pour que chacun d'eux corresponde simultanément par la même ligne avec les deux autres pour l'échange des transmissions. Les appels peuvent se faire en employant des bobines Cailho et en utilisant les deux pôles des piles d'appel.

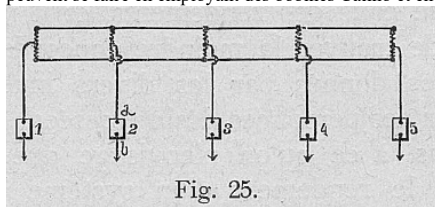


Fig. 25.

Il serait à souhaiter que cinq postes échelonnés (fig. 25) puissent s'appeler entre eux dans les mêmes conditions que les postes A, B, C de la figure 21, c'est-à-dire que le poste 2 puisse appeler le poste 4, par exemple, sans déranger les autres postes au repos, ni sans altérer les transmissions qui s'échangent au même moment sur la ligne.

On ne peut, pour atteindre ce but, se servir de courants ordinaires. Il faut donc avoir recours aux courants vibrés. Nous avons déjà un moyen de ne pas déranger les transmissions par courants induits. Il consiste à utiliser soit le dispositif représenté par la figure 24, soit les bobines spéciales permettant la télégraphie et la téléphonie simultanées.

Au moyen de courants ordinaires ondulatoires, on pourrait employer un système analogue à celui dont se servait Elisha Gray pour ses transmissions.

Au moyen de courants induits, on pourrait utiliser le principe même des appareils du télégraphe multiplex de M. Mercadier. Supposons que le poste 4 soit appelé par le poste 2, au moyen du son mi. Il faudrait s'arranger pour que, en abaissant une clé du genre des clés d'appel des commutateurs multiples, les fils 2 2 de la bobine d'induction de l'électro-diapason représenté dans la figure 23 soient mis en relation avec les points a b de la figure 25. Si un monophone mi, spécial à l'appel et très sensibilisé, se trouve embroché en 4 (fig. 25), il sera susceptible de vibrer fortement sous l'action des courants envoyés par le transmetteur mi du poste 2. Il est bien entendu qu'au repos de la clé d'appel, le transmetteur mi, qui peut servir pour les transmissions et pour l'appel, se trouve relié avec le primaire 11 de la bobine B.

Les courants émis par un seul transmetteur seront très puissants, beaucoup plus que ceux envoyés sur la ligne par les transmetteurs de l'installation servant aux transmissions télégraphiques.

Ceux-ci sont, en effet, groupés en surface, et les courants qu'ils émettent subissent plusieurs transformations, tandis que le transmetteur employé pour l'appel est seul directement relié à la ligne, et les courants envoyés ne traversent pas de transformateurs. La résistance des fils de ligne est réduite au quart pour l'appel, puisque les deux conducteurs qui la composent sont pris en surface.

Enfin, les courants transmis, au lieu de traverser 12 récepteurs en série, sont reçus dans 4 récepteurs en surface. L'expérience seule démontrerait si le récepteur actionné dans ces conditions pourrait fonctionner comme les **appels phoniques** utilisés dans les installations [Van Rysselberghe](#), ou si, combiné avec un résonateur, il rendrait un son puissant pouvant servir d'appel.

Fonctionnement du multiplex sur un fil unique.

— Il y a lieu, selon nous, d'attacher une grande importance aux moyens propres à augmenter l'intensité des courants de transmission, parce qu'ils peuvent amener le fonctionnement du télégraphe multiplex sur une ligne composée d'un fil unique.

Si on pouvait, par exemple, tripler l'intensité des courants actuels, il faudrait, pour obtenir la même intensité de sons à l'arrivée, désensibiliser considérablement les récepteurs monophoniques. Il suffirait pour cela d'éloigner la plaque de l'électro-aimant polarisé. On pourrait espérer que les plaques monophoniques resteraient insensibles sous l'action des courants produits par l'induction des fils voisins. L'expérience démontre déjà que ces plaques sont beaucoup plus inertes que celles des récepteurs téléphoniques. En les éloignant peu à peu des pôles des électro-aimants, il arrivera un moment où le bruit de friture ne sera plus perçu.

Si les courants du poste correspondant sont suffisants pour actionner les récepteurs monophoniques ainsi réglés, on aura réalisé d'une façon pratique l'échange des transmissions harmoniques au moyen d'un seul fil. Et le jour où on aura obtenu la séparation des sons par quart de ton, on aura quadruplé, au point de vue de l'économie des fils de ligne, le rendement du multiplex actuel. On aura, en effet, 48 transmissions simultanées au moyen d'un fil unique, au lieu de 24 transmissions par un circuit de deux fils. Il est bien entendu que le rendement d'exploitation reste, dans tous les cas, toujours le même. On peut évaluer que le travail produit par un employé avec le multiplex est du même ordre que celui du même employé avec le Sounder.

Les renseignements qui précèdent sur les moyens propres à accroître le rendement, à augmenter la puissance de transmission et, conséquemment, à obtenir le fonctionnement du multiplex sur un seul fil, et, enfin, à donner des dispositifs d'appel pour postes échelonnés, ne sont fournis qu'à titre d'indication. Bien que nous pensions que les résultats envisagés puissent être atteints, il serait nécessaire, avant d'en faire état, de soumettre ces moyens à l'épreuve de la pratique sur des lignes réelles.

La description détaillée du télégraphe multiplex aurait demandé de plus longs développements.

Nous, avons cru devoir nous borner, en l'accompagnant de dessins schématiques, à un exposé raisonné aussi réduit que possible. Il suffira, croyons-nous, à faire comprendre la nouvelle application qui a été tirée du principe des télégraphes harmoniques par le savant qu'est M. Mercadier. Cette application représente de nombreuses années de travaux méthodiquement conduits. Un avenir prochain montrera s'ils ont été poursuivis en vain.

J. ANIZAN.

Suite dans le "Journal télégraphique de février 1911"

Les télégraphes multiplex (système E. Mercadier).

— Nous avons publié, Juillet, Août, Septembre et Octobre 1908, un article concernant un nouveau mode d'exploitation télégraphique multiplex au moyen de courants alternatifs.

La Société des télégraphes multiplex (système E. Mercadier) nous communique une notice faisant connaître la suite de ses travaux et les derniers résultats obtenus.

On sait que l'invention repose sur ce principe très simple que plusieurs courants alternatifs de fréquence différente, de faible intensité et issus d'un même poste transmettent peuvent emprunter un conducteur unique et être triés automatiquement au poste d'arrivée. On conçoit donc que plusieurs transmissions peuvent coexister sur une même ligne télégraphique, si l'on prend soin d'affecter à chacune d'elles un courant alternatif de fréquence différente, et l'on voit immédiatement les économies de fils à provenir d'une pareille organisation du service.

A l'origine, plusieurs transmissions Morse étaient échangées sur un circuit et la réception était obtenue au moyen d'appareils auditifs. La lecture au son présentant certains inconvénients, les inventeurs,

MM. Mercadier et Maguna, réussirent, en 1907, à faire fonctionner des transmissions Hughes entre Paris et le Havre au moyen d'un circuit bifilaire de 2 V 2 mm - de diamètre - et, en 1908, entre Paris et Marseille, au moyen d'un circuit bifilaire de 5 mm.

On pouvait reprocher au système, pour les transmissions à longue distance, l'emploi d'un double fil de cuivre de gros diamètre. Cette critique ne peut plus être formulée. Les inventeurs ont, en effet, réussi à réaliser l'application de leur mode d'exploitation à une ligne télégraphique ordinaire, c'est-à-dire à faire circuler leurs courants sur un fil unique de petit diamètre (3 mm.) avec retour par la terre. Cette démonstration a été faite en 1909 entre Paris et Lyon avec toute l'ampleur désirable, les expériences ayant duré près de six mois. Pendant les deux premiers mois, les expérimentateurs ont procédé au montage des deux postes de Paris et de Lyon et ont cherché et trouvé le moyen d'éliminer l'influence des courants perturbateurs et des variations de potentiel de la terre.

Pendant les deux mois suivants, ils ont commencé à échanger des transmissions et ont progressivement approprié leurs appareils à ces nouvelles conditions de fonctionnement et rendu leur réglage aussi stable que précis. Enfin, au cours des deux derniers mois, ils ont procédé aux essais officiels contrôlés par une commission de fonctionnaires du service télégraphique de l'Etat français.

Au début, ils faisaient fonctionner simultanément sur le fil télégraphique de 3 mm. mis à leur disposition trois Hughes à courant alternatif et un Hughes à courant continu. Plus tard, ils remplacèrent le Hughes à courant continu par un Baudot quadruple. C'est dans ces conditions que les essais définitifs eurent lieu et furent couronnés d'un plein succès. On peut donc, sur un fil desservi par un Baudot quadruple, ajouter un Hughes-Mercadier sextuplex et obtenir l'exploitation indiquée par le tableau ci-dessous.

Poste de Paris	Sens des communications	Poste de Lyon
Nature et répartition des appareils		Nature et répartition des appareils
Baudot quadruple	Transmission 1 → 2 2 → 3 3 ← 4 4 ← 1	1 } Réception 2 } Réception 3 } Transmission 4 } Transmission
Hughes-Mercadier sextuplex	Transmission 1 → 2 2 → 3 3 → 4 4 ← 5 5 ← 6 6 ← 1	1 } Réception 2 } Réception 3 } Réception 4 } Réception 5 } Transmission 6 } Transmission

Si l'on admet que le rendement d'un clavier Baudot est de 1550 mots à l'heure et celui d'un clavier Hughes de 1800 mots, le rendement total des quatre claviers Baudot ci-dessus est de $1550 \times 4 = 6200$ mots, celui des six claviers Hughes est de $1800 \times 6 = 10800$, et le rendement total du système atteint le chiffre de 17 000 mots à l'heure.

L'adjonction des six claviers Hughes augmente donc le rendement du fil télégraphique dans la proportion de 174 %. De telle sorte que, le jour où une ligne desservie au Baudot quadruple, déjà fort bien utilisée, devient encombrée, on peut, en employant le nouveau mode d'exploitation, se dispenser d'établir un nouveau conducteur et réaliser ainsi une économie qui peut être évaluée à 250 francs par kilomètre. Le résultat est obtenu sans modifier les appareils télégraphiques en usage, sans modifier les lignes, sans imposer au personnel manipulant aucun surcroît de travail ni aucun apprentissage.

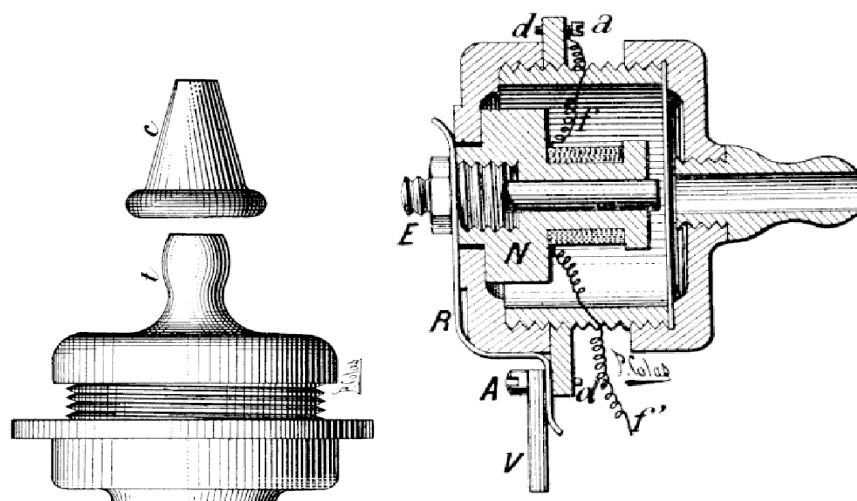
Pour récompenser ces remarquables résultats, l'Académie des Sciences, sur la proposition unanime de sa Commission, a décerné à M. Maguna le prix Kastner-Boursault, et lui a attribué la médaille Berthelot.

1891 le Bitéléphone

Le premier brevet pour les « écouteurs », comme on les appelait alors, a été déposé par Ernest Jules Pierre Mercadier, en 1891, lorsqu'il a créé un « bi-téléphone ». M.

Mercadier, se basant sur des principes théoriques, dont l'analyse sortirait du cadre élémentaire que nous nous sommes imposé, a été amené à construire un appareil auquel il a donné le nom de **bitéléphone**.

Voici, d'après le Cosmos, la description de cet appareil :



« La figure représente en vraie grandeur une coupe, suivant l'axe du noyau, de l'un des récepteurs d'un bitéléphone à un seul pôle. La boîte est en ébonite et se compose de deux couvercles percés en leur centre et vissés à refus sur un cylindre taraudé également en ébonite. Le couvercle supérieur, qui fixe le diaphragme, porte sur son centre un embout qui est destiné à pénétrer dans le conduit de l'oreille. L'autre couvercle laisse émerger le noyau aimanté N, dont l'extrémité taraudée est reliée à la tige V, au moyen d'une lame d'acier R, fixée, d'une part, par l'écrou E, et, de l'autre, par la vis A. La boîte est entourée d'un collier métallique tfd', qui permet de fixer le récepteur à la tige Y et d'y relier l'extrémité f du fil de la bobine. La figure 96 donne une vue d'ensemble du bitéléphone. La tige Y de la figure 95 n'est autre chose que l'extrémité du ressort en acier aimanté, recouvert d'un tube de caoutchouc, qui se trouve relié, comme on vient de le voir, à l'une des extrémités du fil des bobines et au noyau aimanté, et remplit, par suite, une triple fonction ;

- 1° Il relie électriquement deux des quatre bouts des bobines, les deux autres étant reliés à la ligne ;
2° En tant qu'aimant, il augmente le magnétisme des noyaux des téléphones ;
3° Enfin, en tant que ressort, il appuie les téléphones contre les oreilles et maintient les embouts dans les conduits auditifs. Chacun peut d'ailleurs régler à sa convenance la pression du ressort.



Cette a figure montre la manière de se servir du téléphone. On voit qu'il laisse aux mains une grande liberté d'action et permet, par conséquent, de prendre des notes, ou même de transcrire intégralement le message téléphoné, ce qui l'a fait adopter dans un grand nombre de bureaux centraux téléphoniques. Le bitéléphone est d'un usage particulièrement commode dans les laboratoires, comme galvanoscope, pour constater le passage d'un courant. C'est, d'ailleurs, l'usage auquel il était d'abord destiné uniquement.

Le bitéléphone MERCADIER Brevet [US454138](#)

- 1° donner au diaphragme du téléphone l'épaisseur juste suffisante pour absorber toutes les lignes de force du champ de son aimant;
- 2° diminuer le diamètre jusqu'à ce que le son fondamental et les harmoniques du diaphragme encastré soient plus aigus que ceux de la voix humaine, c'est-à-dire plus aigus que l'ut 3.
- Ce sont là, d'après M. Mercadier, les conditions que doivent remplir les récepteurs téléphoniques pour fournir le meilleur rendement.

Les téléphones Mercadier Anizan

Il existe un modèle mural et un modèle portable qui, tous les deux, ont le même mécanisme et les mêmes communications intérieures que les *transmetteurs similaires du modèle d'Arsonval*.

Le transmetteur Mercadier.

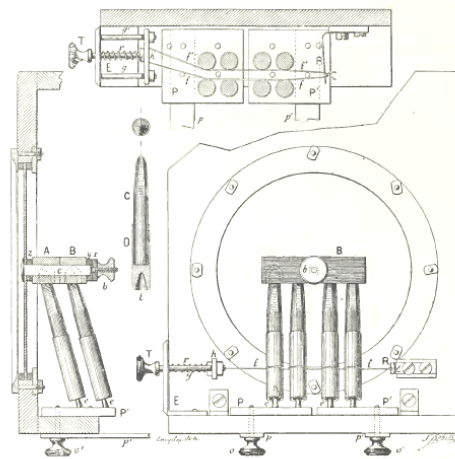
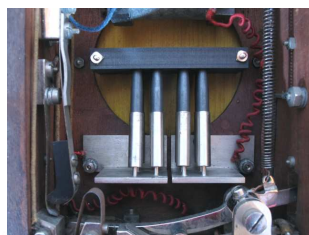


FIG. 63. — Microphone Mercadier et Anizan.

La membrane du microphone est un disque de verre homogène, de dimensions calculées de manière que le son fondamental en soit supérieur au Do 5, c'est-à-dire au son le plus aigu de la voix humaine, afin que les vibrations naturelles de cette membrane ne puissent pas interférer avec celles qui lui sont imprimées par la parole, et les troubler. Cette membrane, dont les bords sont maintenus sur toute leur circonférence, présente toujours, en son milieu, un centre de vibrations sur lequel on attache un bloc en carbone ; et, devant elle, on place une toile métallique, dont le principal objet est d'atténuer, sur la membrane, les impulsions brusques produites par certaines articulations, ... dont la prédominance a généralement pour effet d'altérer notablement le timbre de la voix. Le bloc de carbone est fixé à la membrane par une tige métallique carrée, serrée par un écrou sur une rondelle d'ébonite qui limite à sa surface l'étendue du contact avec le bloc de carbone. Chacun de ces blocs de carbone est entaillé de quatre encoches, dans lesquelles jouent l'une des extrémités d'autant de crayons en carbone, enchâssés dans des douilles métalliques, dont l'autre extrémité, fermée par des bouchons métalliques, pivote sur des pointes fixées à des barres également métalliques (une par bloc), posées sur un support non affecté par les vibrations de la membrane, et de manière à pouvoir relier les blocs entre eux en quantité ou en série. Le microphone se règle par l'inclinaison des crayons, en déplaçant leurs pointes.

— Dans un double prisme de charbon A, B (fig. 63) percé de trous cylindro-coniques, s'engagent huit charbons mobiles, tels que CD.

Les prismes A, B, sont fixés sur la planchette microphonique par le boulon c et l'écrou b ; ils sont calés par des tasseaux x, y, z.

Chacun des charbons mobiles est cylindrique à sa base et taillé en pyramide à son sommet.

La partie cylindrique est enfoncée dans une douille métallique D, percée elle-même d'un trou conique t. Sur deux plaques métalliques P, P', isolées l'une de l'autre, et dont nous verrons plus loin les liaisons électriques, sont placées huit chevilles métalliques e. C'est sur ces chevilles que reposent les douilles métalliques t des charbons mobiles; les sommets de ces charbons sont logés dans les trous des prismes A, B, et s'y meuvent très librement. Tel est le microphone.

Sur la portion de la figure qui représente les plaques P, P', et une coupe des charbons mobiles, on voit que ces charbons forment deux groupes de quatre charbons montés en quantité; ces deux groupes sont eux-mêmes montés en série par leur liaison à travers les prismes de charbon A, B. La coupe longitudinale de l'appareil, placée sur la gauche de la figure, montre les positions respectives des deux rangées de charbons; elles sont parallèles, et les charbons y sont inclinés, faisant un angle d'environ 15° avec la verticale. Pour parer à un calage des charbons, peu probable d'ailleurs en raison de leur grande mobilité et pour chasser aussi les poussières qui pourraient altérer les points de contact, les inventeurs ont imaginé un système de réglage qui permet de faire rouler les charbons mobiles sur leurs pivots. Un cordonnet de soie entoure chacun des charbons; les deux brins de ce cordonnet sont noués derrière le ressort en acier R, et sont fixés, d'autre part, à la barrette h qui supporte le bouton T. Cette

par le ressort r dans la position que représente la figure, glisse sur les tiges f, g, lorsqu'on tire le boulon T ; le ressort r obéit lui-même à cette impulsion, de sorte que, en tirant plusieurs fois le boulon T, comme on tirerait un bouton de sonnette, on imprime à tous les charbons mobiles un mouvement de rotation autour de leur axe.

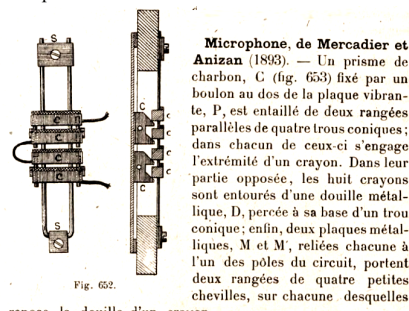


Fig. 652.

repose la douille d'un crayon.
Les douilles, D, sont entourées d'un cordonnet de soie, c, tendu

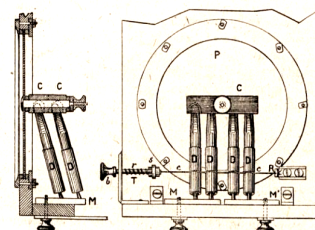


Fig. 653.

entre un ressort-lame en acier, R, et un curseur, S; celui-ci est monté sur une tige, T, et éloigné de la paroi de l'appareil par un ressort à boudin, r. Si on tire sur le bouton, b, les crayons, en tournant sur eux-mêmes, débarrassent leur alvéole de tout corps étranger qui pourrait nuire au bon contact.

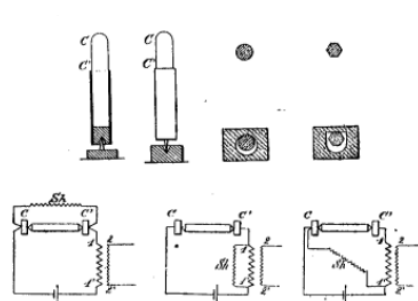


Fig. 3 à 11.

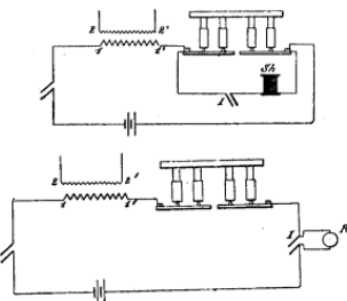


Fig. 12 et 13.

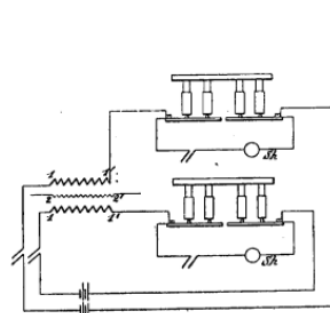


Fig. 14.

On dispose dans le circuit primaire du microphone un shunt de résistance calculée de manière à atténuer l'intensité des actions téléphoniques, afin qu'un microphone construit pour une transmission à grande distance puisse grâce à l'interposition d'un commutateur intercepteur (fig. 12), être utilisé aussi pour un service à courte distance. En outre, ce shunt atténue l'accentuation des syllabes les plus sonores, qui a, jusqu'à présent, rendu si difficile l'application des micro-téléphones aux appareils domestiques. Le shunt peut être intercalé soit (fig. 11) en S à, entre les contacts C et Ct des crayons, ou aux bornes 1 1' de l'enroulement inducteur primaire, ou enfin (fig. 11) de G à C', par 1 1'.

On peut, d'autre part, remplacer ce shunt par une résistance R (fig. 13) intercalée dans le circuit primaire du microphone, et que l'on supprime par le commutateur I, quand on veut parler à grandes distances. Quand on emploie sur une seule membrane plusieurs blocs microphoniques, chacun d'eux a (fig. 14) ses contacts, sa pile et son shunt, avec commutateur permettant de supprimer à volonté tous les shunts

Le récepteur supplémentaire Mercadier Anizan

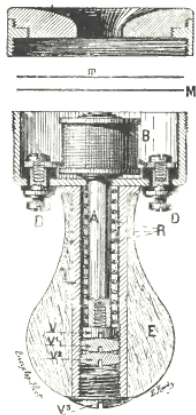


Fig. 22.
Récepteur Mercadier et Anizan.

Sur l'un des pôles d'un aimant A (fig. 22) est montée une bobine dont la résistance est de 115 ohms. Les extrémités de l'enroulement de cette bobine aboutissent aux bornes DD qui, d'autre part, reçoivent le cordon souple. Le tube T, adapté au boîtier, sert de logement à l'aimant A, autour duquel est enroulé un ressort à boudin R que la vis Y maintient bandé. L'aimant A et la bobine B qui fait corps avec lui sont mobiles dans le tube T, sans cependant pouvoir tourner, car la joue inférieure de la bobine porte un prolongement percé d'un trou, dans lequel s'engage un ergot fixé au boîtier. Ce dispositif empêche tout déplacement angulaire de la bobine et de l'aimant. La partie inférieure du tube T est taraudée et le système électro-magnétique est commandé par les trois vis V 1 V 2 V 3. de sorte que, en agissant sur ces vis, bloquées les unes par les autres, on peut rapprocher ou éloigner de la plaque vibrante M, pincée entre le boîtier et le couvercle, l'extrémité polaire de l'aimant A qui porte la bobine B.



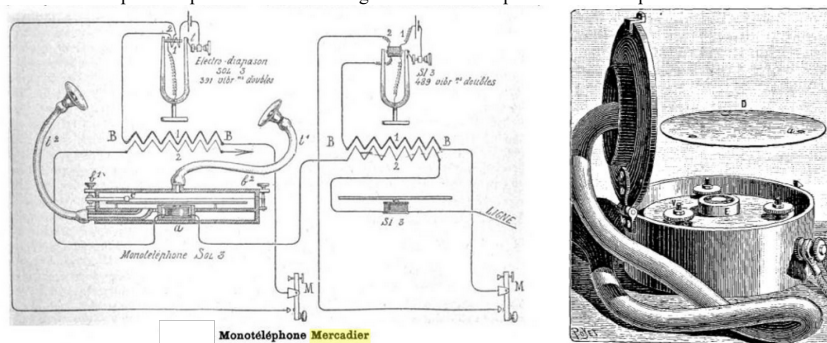
Poste à pied Mercadier et Anizan.

Monotéléphone et Pantéléphone ?

C'est **M. Mercadier** durant ses travaux sur la télégraphie multiplex, s'est proposé vers 1881, de construire de qui s'appelle le **monotéléphone**, reproduisant un son unique, par opposition au téléphone ordinaire, qui reproduisait indistinctement tous les sons et qui s'appelle **pantéléphone**.

On sait que le téléphone ordinaire se compose essentiellement d'un diaphragme en forme de disque mince en fer ou en acier, encastré sur les bords, à peu de distance du pôle d'un électro aimant.

Pour construire le monotéléphone, M. Mercadier tout en maintenant le diaphragme très près du pôle de l'électro aimant, lui a rendu la liberté de vibrer transversalement, en fixant seulement par trois points choisis sur la ligne nodale de son premier harmonique. ...



On retrouve aussi des traces dans les Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences de 1887

Sur la théorie du téléphone monotéléphone ou résonateur électromagnétique.

Note de M. E. Mercadier, présentée par M. Cornu.

« Dans une étude précédente sur la théorie du téléphone, je crois avoir démontré que le diaphragme magnétique de cet appareil est animé de deux espèces de mouvements différents qui se superposent. Les uns sont des mouvements de résonance, moléculaires, indépendants de la forme extérieure ce sont précisément ceux qui permettent au diaphragme de transmettre et de reproduire tous les sons, propriété caractéristique qu'il aurait fallu préciser nettement dans le nom même du téléphone en l'appelant **pantéléphone**

Les autres sont des mouvements d'ensemble, transversaux, correspondant au son fondamental et aux harmoniques du diaphragme, et qui dépendent de son élasticité, de sa forme et de sa structure ceux-là sont nuisibles au point de vue de la transmission nette de la musique et de la parole, car ils altèrent le timbre, leurs harmoniques ne coïncident que par le plus grand des hasards avec ceux de la voix ou des instruments usuels.

» Pour mettre hors de doute l'existence et la superposition de ces deux genres de mouvements, j'ai cherché à faire prédominer les uns ou les autres à volonté dans le même diaphragme. On y parvient à l'aide de la disposition suivante que j'avais réalisée dès 1881, et que j'ai seulement simplifiée depuis.

- I. On place le diaphragme d'un téléphone quelconque dans les conditions les plus favorables pour qu'il puisse vibrer transversalement sans obstacle, et de façon à laisser se produire facilement la division en lignes nodales correspondant à un son donné bien déterminé. Pour cela, au lieu d'encastrer le diaphragme sur ses bords, comme on le fait ordinairement, on le pose simplement aussi près que possible du pôle de l'électro-aimant sur un nombre de points suffisants d'une ligne nodale.

» Si c'est un diaphragme rectangulaire, on le pose sur deux appuis rectilignes coïncidant avec les deux lignes nodales du son fondamental. » Si c'est un diaphragme circulaire, on perce trois ouvertures de 2mm à 3mm (le diamètre sur les sommets d'un triangle équilatéral inscrit dans la circonférence qui constitue la ligne nodale du premier harmonique, et l'on pose le disque sur trois pointes en liège disposées de la même manière sur un plateau fixe et pénétrant dans les ouvertures.

» Cela étant, faisons passer dans la bobine de l'appareil une série de courants d'intensité très faible, de période graduellement décroissante, par exemple, provenant de l'émission de sons musicaux devant un transmetteur quelconque téléphonique ou radiophonique. Alors le récepteur téléphonique, modifié comme il est dit ci-dessus, ne vibre, d'une manière appréciable, que sous l'action des courants dont la période est égale à celle du son correspondant à la nodale sur laquelle repose le diaphragme, son que j'appellerai particulier ou spécial il ne reproduit plus une série continue de sons de hauteur graduellement croissante, indifféremment et avec la même intensité, comme le téléphone ordinaire; il n'en reproduit énergiquement qu'un seul; il n'est plus **pantéléphonique**, il est **monotéléphonique** on peut donc l'appeler **monotéléphone**.

» Ce résultat n'est pas absolu. En réalité, le diaphragme fait entendre quelques sous-harmoniques du son spécial correspondant à la ligne nodale fixée mais leur intensité est relativement très faible. De plus, le diaphragme reproduit des sons de période un peu inférieure ou supérieure à celle du son spécial, mais l'intervalle extrême entre ces sons est assez petit et n'excède généralement pas un ou deux commas.

» Ces réserves sont de la même nature que celles qu'on doit faire au sujet des résonateurs en Acoustique. Du reste, le rôle d'analyseur que le monotéléphone joue par rapport à ce qu'on peut appeler les ondes électromagnétiques est analogue à celui que joue un résonateur par rapport aux ondes sonores si on leur communique en effet une série d'ondes successives ou simultanées de périodes différentes, chacun d'eux choisit en quelque sorte celle du son spécial qui correspond à sa forme géométrique et aux conditions dans lesquelles il est placé, et la renforce énergiquement. » Le monotéléphone peut donc s'appeler aussi bien résonateur électromagnétique.

- II. Dans le dispositif qu'on vient de décrire, les mouvements transversaux prédominent, et il est aisé de voir l'effet qu'ils peuvent avoir dans un téléphone ordinaire car si l'on essaye de faire reproduire par un monotéléphone la parole articulée émise dans un transmetteur, ou bien on n'entend à peu près rien si le son spécial de l'appareil est hors de l'échelle où se meut la voix humaine (de l'ut2 à l'ut4), ou bien, dans le cas contraire, on n'entend que des sons d'un timbre modifié et des articulations émuées, le tout noyé en quelque sorte dans la sonorité du son spécial, toutes les fois qu'il se fait entendre.

» Mais il est très facile de produire l'effet inverse, de faire prédominer les mouvements moléculaires de résonance sur les transversaux, de rendre au monotéléphone le rôle pantéléphonique, de lui faire reproduire tous les sons avec la même intensité et la parole articulée avec netteté.

» Il suffit, pour cela, de mettre obstacle aux vibrations transversales d'ensemble, en fixant légèrement les bords ou plusieurs points du diaphragme, par exemple en y appuyant convenablement les doigts.

» Le moyen le plus simple de faire l'expérience est le suivant. On reçoit dans le monotéléphone des sons différents successifs ou simultanés parmi lesquels se trouve le son spécial, ou des paroles articulées à peu près à la hauteur de ce son. On approche l'oreille du diaphragme tant qu'elle en est à une certaine distance ou qu'elle l'effleure tout au

plus, on entend seulement le son spécial mais, si l'on appuie de plus en plus l'oreille sur le diaphragme, le son spécial s'affaiblit peu à peu, et l'on finit par entendre tous les sons avec une égale intensité, ainsi que la parole articulée sans altération sensible du timbre. Par cette seule opération très simple on a rendu aux mouvements de résonance la prédominance sur les transversaux et à l'appareil la propriété pantéléphonique que possède le téléphone ordinaire à diaphragme encastré.

» Dans une Communication ultérieure, je reviendrai sur la construction du résonateur électromagnétique et sur ses applications. »

1881 LE RADIOPHONE

Dans ces travaux avant d'aboutir à son télégraphe multiplex en 1902, vers 1880 Mercadier avait poursuivi les travaux de Bell sur le photophone.

On sort de la téléphonie classique, mais l'objectif est toujours de transporter la parole par d'autres moyens que le fil métallique.

La radiophonie a eu pour point de départ une modification, sous l'influence de la lumière, des conditions électriques d'une plaque de sélénium traversée par un courant électrique, modifications qui résultaient de changements survenant dans la résistance électrique de cette substance et qui se traduisaient par des sons dans le téléphone quand l'action lumineuse était intermittente; mais les expériences qui suivirent ces premiers résultats; montrèrent que le phénomène n'était pas aussi isolé qu'on aurait pu le croire et qu'il était une propriété générale des corps impressionnés par la lumière; on a pu même constater que les effets lumineux n'étaient pas seuls à intervenir dans ce genre de phénomènes, que les effets calorifiques étaient même le principal agent, et on s'est trouvé conduit à changer le nom de **photophones**, que M. Bell avait donné dans l'origine à ses premiers appareils, en celui de radiophones, qui se rapportait mieux à tous les effets observés.

Les travaux de M. Mercadier sur la radio peuvent être divisés en deux parties;

l'une, qui se rapporte aux phénomènes résultant de l'action directe des rayons lumineux sur tous les corps,

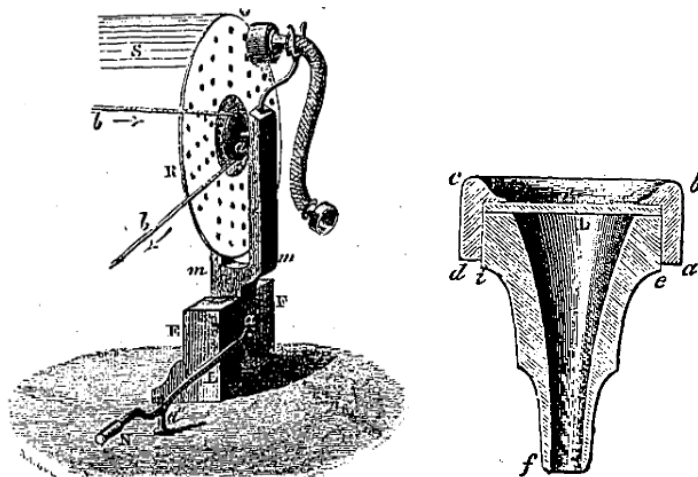
l'autre, aux effets produits par les rayons lumineux sur certains corps dont la conductibilité électrique se trouve impressionnée par l'action de la lumière et qui, par conséquent, pour être appréciés, exigent l'intervention d'un courant électrique et d'un téléphone.

Sons produits sous l'influence directe des rayons lumineux

Les sons produits sous l'influence directe des rayons lumineux étant le résultat d'une propriété générale de la matière, nous commencerons par passer en revue les études qui s'y rapportent.

Les premières recherches qu'on a dû faire devaient naturellement se rapporter aux moyens de rendre les effets produits plus intenses en perfectionnant les appareils employés pour les faire naître.

On a d'abord substitué à la roue métallique percée d'une seule rangée de trous dans le voisinage de sa circonférence, une roue de verre recouverte des deux côtés de sa surface de deux disques de papier noir, présentant plusieurs rangées concentriques de trous, ce qui, tout en lui donnant plus de légèreté et en empêchant les sons de Sirène qui sont la conséquence de déplacements rapides de surfaces trouées au sein d'un milieu gazeux, permettait d'étudier les effets produits avec des intermittences lumineuses plus ou moins espacées et susceptibles, par des obturations faites convenablement, de fournir des combinaisons de sons plus ou moins complexes.



Premier dispositif combiné par M. Mercadier.

La roue, comme on le voit, est mobile autour d'un axe horizontal a fixé un montant vertical m susceptible de glisser entre deux autres montants en bois E, F solidement vissés au support général de l'appareil. Le mouvement de glissement vertical alternatif s'opère à l'aide d'un levier coudé en fonte NL fixé en a' au montant mobile et articulé en a". En opérant ce mouvement très simple, on peut, sans troubler le mouvement de rotation de la roue, faire passer le faisceau radiant S successivement à travers les quatre séries d'ouvertures représentées sur la figure, de façon il produire les sons successifs d'un

accord parfait; car les séries contiennent 40, 50, 60 et 80 ouvertures, nombres qui sont entre eux dans les rapports des nombres de vibrations constituant un accord parfait majeur. Quand on ne touche pas au levier, le faisceau S peut passer, si l'on veut, travers les quatre séries à la fois et produire l'accord parfait plaqué. Dans ces appareils, les ouvertures avaient environ 8 millimètres et étaient au nombre de 80 dans la rangée du haut;

la roue elle-même avait un diamètre de 44 centimètres.

On la mettait en mouvement à l'aide d'une petite poulie et d'une courroie Lb actionnée par un moteur quelconque. Elle pouvait aisément effectuer 20 tours par seconde, mais on pouvait aller plus loin sans inconvénient, et, en tous cas, on pouvait obtenir facilement des sons correspondant à 1 600 interruptions du faisceau lumineux par seconde, c'est-à-dire il 1 600 vibrations doubles par seconde, ce qui donne des sons relativement assez aigus.

Dans ces conditions, on pouvait avoir, en donnant à la roue des vitesses graduellement croissantes, une série continue de sons depuis les plus graves que l'oreille puisse percevoir, le long d'une échelle de 4 à 5 octaves au moins, ou bien des accords dont le son fondamental peut être l'un quelconque des sons de cette échelle.

La seconde partie de l'appareil consiste dans ce qu'on peut appeler le récepteur, qui est formé de la lame qui reçoit les radiations intermittentes et de son support.

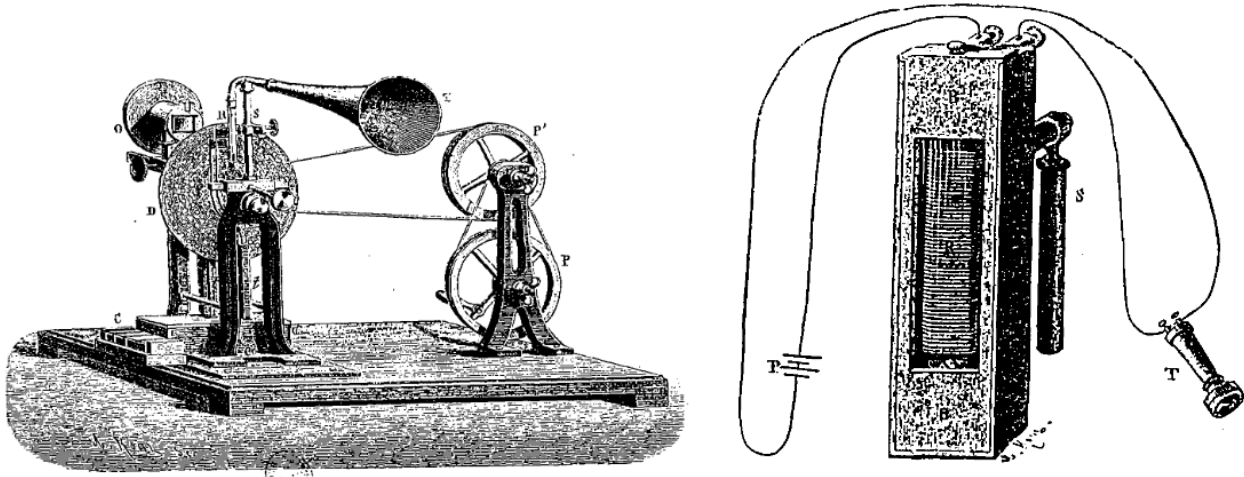
C'est lui qui est représenté en 0 dans la seconde figure avec le tube de caoutchouc et l'embouchure téléphonique qui le termine, et nous en donnons la coupe. La lame en expérience L repose sur une portée ménagée à l'intérieur d'une sorte de cornet acoustique abcd sans y être fixée. Le cornet est en bois et formé de deux parties; la seconde, eif, entre à frottement à l'intérieur de la première, et vient presser la lame L pour la maintenir relativement fixe; elle se termine par une embouchure f il laquelle on peut adapter le tube de caoutchouc et l'embouchure auriculaire.

Le cornet, peut être maintenu à la main devant le disque tournant, ou mieux est soutenu par un support en forme de fourche que l'on aperçoit sur la figure, et qui permet de disposer des deux mains pour porter l'embouchure C à l'oreille et pour faire varier la position du disque tournant.

M. Mercadier a remarqué qu'il n'était pas besoin de fixer d'une manière rigide la lame réceptrice et qu'on pouvait la séparer du support avec des rondelles élastiques sans que les phénomènes radiophoniques en fussent altérés. Cette remarque avait son importance, car cette disposition devenait indispensable avec des lames minces et fragiles. Ces lames d'ailleurs pouvaient avoir des dimensions plus petites que le cornet, et on les adaptait alors dans des disques de liège, comme on le fait pour les lames cristallines dans les expériences d'optique.

Malgré sa simplicité l'appareil précédent laissait beaucoup à désirer, et M. Mercadier a dû combiner, conjointement avec M..1. Duboscq, un nouveau modèle que nous représentons figures 50 et qui est cette fois un véritable appareil de physique. Dans ce nouveau modèle, la roue de verre est fixe sur son support, et les trous découpés dans les disques de papier noir qui la recouvrent, échappent aux rayons lumineux projetés, au moyen d'obturateurs t, t que l'on aperçoit entre les deux montants et que l'on manoeuvre à l'aide d'un commutateur à clavier C.

Le récepteur R est adapté sur un support spécial S en avant de la roue, et consiste dans un tube de verre à l'intérieur duquel se trouve une lame de mica enfumée, et qui est montre dans une garniture à laquelle correspond un tube acoustique T.



Ce récepteur peut du reste être remplacé par un autre à Sélénium que nous représentons figure ci dessus et que nous décrirons plus tard. Enfin derrière la roue, se trouve un autre support circulaire 0 dans lequel on adapte, soit une lentille bi-convexe, quand on veut concentrer le faisceau à travers les ouvertures d'une seule rangée, soit une lentille cylindrique U, quand on veut faire passer simultanément le faisceau il travers les trous des différentes rangées, suivant une ligne droite verticale.

Les différentes expériences entreprises par M. Mercadier l'ont conduit aux déduction suivantes .

1° En ce qui concerne les divers récepteurs

« La radiophonie ne paraît pas être un effet produit par la masse de la lame réceptrice vibrant transversalement dans son ensemble, comme une plaque vibrante ordinaire.

« La nature des molécules du récepteur et leur mode d'agrégation ne paraissent pas exercer sur la production des sons un rôle prédominant.

« Le phénomène radiophonique semble résulter principalement d'une action exercée il la surface du récepteur, et il est très amplifié quand cette surface est recouverte de substances telles que le noir de fumée, le noir de platine, etc.

2° En ce qui concerne l'influence de la source radiante

« Les sons radiophoniques résultent bien de l'action directe des radiations sur les récepteurs.

« Les sons radiophonique sont produits principalement par des radiations de grande longueur d'onde dites calorifiques.

3° En ce qui concerne le siège et le mécanisme. du phénomène

« Le milieu où se produit la vibration radiophonique est bien la couche d'air en contact avec les parois du récepteur.

« La couche d'air condensée sur les parois des récepteurs, surtout quand ils sont enfoncés ou recouverts d'une substance très absorbante pour la chaleur, est alternativement chauffée et refroidie par les radiations intermittentes, et il en résulte des dilatations et contractions périodiques et régulières; d'où un mouvement vibratoire communiqué aux couches gazeuses voisines qui, d'ailleurs, peuvent vibrer directement sous la même influence.

4° En ce qui concerne l'influence du milieu au sein duquel se produisent les vibrations radiophoniques

« Les sons radiophoniques ne peuvent se produire que quand le milieu qui entoure les surfaces impressionnées est aériforme.

En conséquence un milieu liquide et même solide ne peut les produire; mais un milieu gazeux au sein duquel se trouvent des vapeurs, et en particulier les vapeurs d'ammoniaque et d'éther, les développe d'une manière remarquable, et ce sont les vapeurs qui ont le pouvoir thermique le plus absorbant qui donnent les effets les plus considérables. P

M. Mercadier, dans son article du 51 août 1881 de la Lumière électrique (page 278), insiste, malgré les assertions de M. Bell, sur l'impossibilité dans laquelle seraient les corps solides de vibrer sous l'influence de la lumière.

Leur rôle, suivant lui, ne serait que de condenser les gaz et d'absorber les radiations, principalement les radiations thermiques plus cette condensation et cette absorption seraient considérables, plus les sons reproduits seraient énergiques, et c'est ce qui expliquerait pourquoi les corps mous, spongieux et de couleur foncée, impressionnés par les rayons lumineux, donneraient les résultats les plus importants.

Nous allons maintenant passer en revue les différentes expériences de M. Mercadier qui l'ont conduit aux déductions que nous venons de formuler.

Démonstration des Lois de la Radiophonie.

pour démontrer que les sons produits par un radiophone en action directe ne sont pas le résultat d'un effet produit par la masse de la lame réceptrice vibrant transversalement dans son ensemble, comme une plaque vibrante ordinaire, li. Mercadier montre que cette lame reproduit également bien tous les sons successifs depuis les plus graves jusqu'aux plus aigus; qu'elle reproduit dans les mêmes conditions des accords dans tous les tons possibles en faisant varier d'une manière continue la vitesse de la roue interruptrice; enfin qu'on peut faire varier l'épaisseur et la largeur des lames sans changer

la hauteur et le timbre des sons produits. Or tous ces effets sont inconciliables avec l'idée d'une lame vibrant transversalement. D'un autre côté, il montre que l'intensité des sons produits par le radiophone avec des lames opaques varie avec leur épaisseur, et qu'elle est d'autant plus grande que les lamés sont plus minces; ce sont des feuilles de clinquant qui donnent les meilleurs résultats. Quand les lames sont transparentes il n'en est plus ainsi, et l'épaisseur, ne paraît pas exercer d'influence, du moins entre des limites de 0,5 à 5 centimètres mais ce qui démontre le plus que les vibrations produites sont indépendantes de celles qui sont propres à la lame, c'est que les lames radiophoniques peuvent être fendues, fêlées, sans que les sons émis par elles en soient altérés sensiblement.

Pour démontrer que la nature des molécules du récepteur radiophonique et leur mode d'agrégation n'exercent pas sur la production des sons produits un rôle prédominant, M. Mercadier fait voir

1° qu'à épaisseurs et surfaces égales, les lames, de quelque nature qu'elles soient, produisent des sons de même hauteur et de même timbre

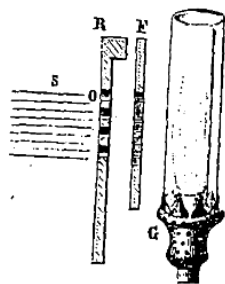
2° que l'effet produit par les radiations ordinaires ou polarisées est, toutes choses égales d'ailleurs, à peu près le même pour des substances transparentes aussi différentes que le verre, le mica, le spath d'Islande, le gypse, le quartz taillé parallèlement ou perpendiculairement à l'axe.

La démonstration du principe posé par M. Mercadier, que les effets radiophoniques résultent principalement d'une action exercée à la surface des lames, a mis au jour plusieurs conséquences importantes sur lesquelles nous devons particulièrement insister. On reconnaît d'abord que l'intensité des sons produits est essentiellement liée il la nature de cette surface, et que toute opération qui a pour effet de diminuer le pouvoir réflecteur et d'augmenter le pouvoir absorbant, influe sur le phénomène. C'est ainsi que des surfaces rayées, dépolies, ternes ou oxydées donnent des sons très accentués alors que quand elles sont brillantes elles restent à peu près inertes; mais c'est surtout quand on dépose sur ces surfaces des couches minces de certaines substances susceptibles d'absorber plus ou moins les radiations que les effets sont les plus curieux et les plus caractérisés. Si ces substances ainsi déposées sont très peu absorbantes, telles que la céruse, le blanc de zinc, le jaune de chrome, le rouge de Saturne, les sons ne peuvent être produits; tandis qu'au contraire ils deviennent très intenses quand ces substances absorbent beaucoup ces radiations, comme le bitume de Judée, l'encre de Chine, le noir de platine, et principalement le noir de fumée.

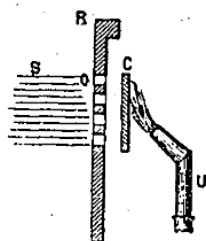
Mais il faut pour cela que ces couches absorbantes soient exposées devant les rayons lumineux, du moins quand les lames sont métalliques ou opaques, et que les lames soient très minces. Quand les lames sont transparentes, la couche absorbante peut être placée devant les rayons- lumineux ou en sens contraire sans que les sons cessent de se faire entendre; mais quand elle reçoit la lumière par transparence, l'épaisseur de la lame n'exerce aucune influence, tandis que quand elle y est directement exposée, il faut que, comme pour les lames opaques, la lame soit très mince, de millimètre. Cette propriété a permis à M. Mercadier d'établir des récepteurs radiophoniques sensibles en enfumant tout simplement des tubes de verre à l'intérieur. Toutefois les meilleurs effets sont produits par des lames minces de mica enfumées du côté opposé à la source lumineuse. Cette influence de la surface enfumée d'un récepteur sur la production des sons se manifeste de la façon la plus curieuse sur les substances qui, par elles-mêmes, présentent peu de consistance et d'élasticité, telles que le papier mince et le drap. Quand elles sont enfumées, elles fournissent des sons radiophoniques à peu près égaux à ceux produits par des lames rigides.

L'influence de la source radiante sur les sons produits dans le radiophone a été facilement mise en évidence par M. Mercadier, en diminuant graduellement l'intensité du phénomène par le rétrécissement de l'ouverture par laquelle les rayons lumineux étaient introduits, ou en employant de la lumière polarisée et en provoquant physiquement des extinctions de lumière par la rotation du plan de polarisation, la lame radiophonique représentant alors l'analyseur. M. Mercadier a d'ailleurs pu s'assurer que l'on pouvait obtenir les sons radiophoniques avec d'autres lumières que la lumière solaire, en

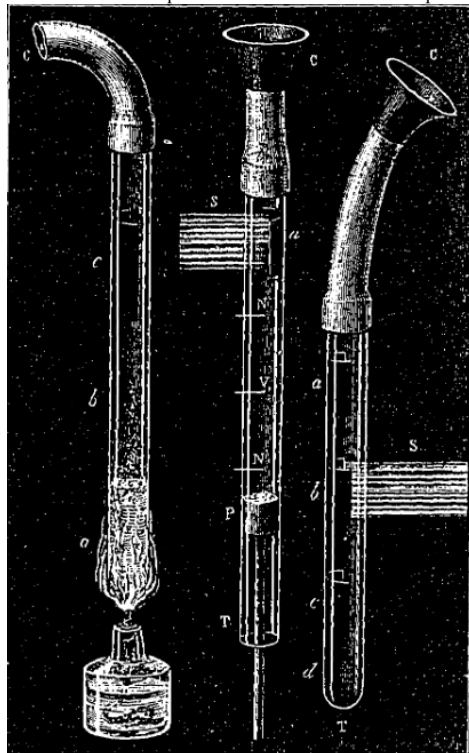
employant des lentilles de concentration, et que la lumière Drummond, celle du platine incandescent et même celle d'un bec de gaz pouvaient donner des résultats satisfaisants qui ne présentaient d'ailleurs aucun caractère propre à l'une ou à l'autre, mais qui exigeaient des dispositifs particuliers dont nous représentons un spécimen .



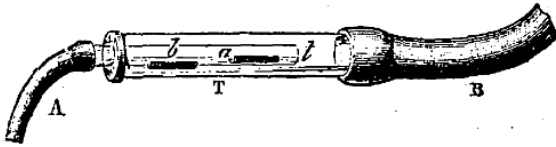
Pour déterminer la cause des sons produits dans le radiophonie à réaction directe, M. Mercadier a dû d'abord étudier quelles sont celles des radiations lumineuses qui les déterminent, en second lieu quelle est la substance dans laquelle se produit la transformation, et en troisième lieu quel peut être le mécanisme de la transformation. En projetant le faisceau de rayons lumineux destiné à agir sur le radiophone sur un prisme, et en exposant successivement le radiophone à l'action des différents rayons dispersés, on a pu s'assurer que les effets radiophoniques étaient produits principalement par les radiations rouges et infra-rouges, c'est-à-dire les radiations grande longueur d'onde ou calorifiques. Nous représentons plus loin le dispositif employé pour cette expérience, qui du reste est un peu analogue celui employé par M. Bell. On a pu conclure de ces expériences que c'était un effet thermique qui était alors en jeu, et pour mettre ce fait hors de doute on a cherché à obtenir le phénomène en employant des radiations complètement invisibles, telles que celles résultant d'une plaque métallique échauffée par la flamme d'un chalumeau il gaz comme on le voit dans cette figure .



Quand ce disque est échauffé au rouge sombre, on entend parfaitement les sons radiophoniques résultant des interruptions de ces radiations, et ces sons s'entendent encore quand le disque n'est plus rouge du tout. Il s'agissait maintenant de reconnaître où était le siège de la vibration produisant les sons; était-ce la surface de la lame du récepteur radiophonique ou la couche d'air en contact avec cette surface ? Pour résoudre cette question M. Mercadier a combiné plusieurs dispositifs que nous représentons ici .

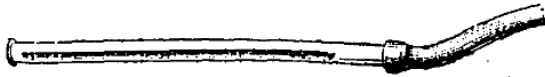


Dans l'un, (figure ci dessus à gauche) , le récepteur radiophonique est constitué par un tube de verre T bouché ou non à sa partie inférieure et communiquant par l'autre extrémité avec un petit cornet acoustique C par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc aussi court que possible. La partie intérieure du haut du tube est enfumée en a sur une moitié seulement, ou simplement recouverte de papier enfumé, et on peut échelonner les unes au-dessous des autres plusieurs surfaces enfumées de ce genre b, c, constituées avec différentes matières. Si l'on projette sur la partie découverte d du tube les rayons intermittents, on entend, il est vrai, quelques sons qui sont très faibles; mais si l'on présente la partie enfumée b la radiation de façon qu'elle traverse d'abord la portion transparente du tube, les sons produits deviennent très intenses par suite de l'absorption par cette substance de la chaleur rayonnante, et on reconnaît, en faisant agir successivement les radiations sur les surfaces enfumées a et c, que les sons varient très peu et sont par conséquent indépendants de la nature des surfaces sur lesquelles est déposé le noir de fumée: toutefois leur intensité est en rapport, jusqu'à une certaine limite, avec l'épaisseur de la couche de noir de fumée.



Les effets sont à peu près les mêmes quand les surfaces enfumées sont adaptées extérieurement au tube, et on peut s'en convaincre facilement si l'on introduit le tube précédent sur lequel on aura appliqué, comme dans la figure ci dessus, les surfaces enfumées a et b intérieurement et extérieurement, et si l'on introduit ce tube dans un autre tube plus grand communiquant lui-même avec un tube acoustique. De cette manière, on a deux tubes acoustiques A,B que l'on peut placer aux deux oreilles et en projetant successivement les radiations sur a et b, on reconnaît d'abord que les sons produits en a ne sont entendus que dans le tube acoustique de gauche, et que les tons produits en b sont entendus que dans le tube de droite; en second lieu on reconnaît qu'ils sont à peu près de même intensité.

Il n'est du reste pas besoin de coller sur le verre des surfaces enfumées pour produire des sons intenses, toute substance susceptible de condenser l'air à sa surface et d'absorber la chaleur produit des sons accentués. Ainsi il suffit d'introduire dans les tubes des morceaux de fusain, de bois, de drap, etc., pour les obtenir, et M. Mercadier, conclut de ces diverses expériences que c'est l'air qui est en contact avec ces surfaces absorbantes des radiations thermiques, qui vibre et qui détermine les sons.



Le meilleur récepteur radiophonique qu'a construit M. Mercadier est représenté figure 67; il se compose d'un tube en verre mince de 0"006 environ de diamètre, contenant une petite plaque de mica ou de clinquant de cuivre enfumée. La sensibilité de ces appareils est telle, que sous l'influence de la lumière électrique on peut obtenir des sons qui, avec un porte-voix substitué à l'embouchure acoustique, peuvent être entendus à 8 ou 10 mètres dans une salle silencieuse. Avec de la lumière oxyhydrique, on peut les entendre à 1 ou 2 mètres.

Cet appareil peut même produire des sons sous l'influence seule d'une plaque échauffée à 300° avec l'appareil disposé comme l'indique la figure (en noir et au milieu). D'après ces données, il était facile de conclure que le mécanisme de la transformation des radiations thermiques en ondes sonores réside entièrement dans ce fait que la couche d'air condensée sur les parois des récepteurs, surtout quand ils sont enfumés ou recouverts d'une substance très absorbante pour la chaleur, est, sous l'influence des radiations intermittentes, alternativement échauffée et refroidie, et il en résulte des dilatations et des condensations périodiques constituant un mouvement vibratoire communiqué aux couches d'air voisines qui, d'ailleurs, peuvent vibrer sous la même influence. M. Mercadier le démontre d'ailleurs d'une manière très ingénieuse par l'expérience suivante.

On prend un long tube de verre T, dans lequel peut se mouvoir un piston P à l'aide d'une tige. A l'extrémité du tube, on place, à l'intérieur, un morceau de mica enfumé a; on laisse cette extrémité ouverte ou bien on la bouche avec une lame de verre ou de mica en b, et l'on y ajuste, par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc ou en métal, un cornet acoustique C.

On fait tomber en a le faisceau radiant intermittent S, on place le piston en a et on écoute en C. On entend un son comme dans les récepteurs beaucoup plus courts. On maintient constante la vitesse de la roue interruptrice et par suite la hauteur du son produit. En retirant alors graduellement le piston, l'intensité du son éprouve des variations périodiques qui vont jusqu'à l'extinction en des points N, N' avec des maxima en V. On obtient donc ainsi des nœuds et des ventres, absolument comme dans un tuyau sonore qui serait percé d'une ouverture dans le plan a par laquelle arriverait un courant d'air.

Si l'on change la vitesse de la roue interruptrice, en la maintenant constante quand elle a atteint une nouvelle valeur, on reproduit la même expérience. La distance seule entre deux nœuds consécutifs N, N' change. « On a donc bien là, dit M. Mercadier, un tuyau sonore susceptible de rendre tous les sons qu'on peut produire en changeant la vitesse de la roue interruptrice, c'est-à-dire la période d'intermittences de la radiation thermique, cause déterminante des vibrations. »

Après avoir ainsi indiqué le mécanisme en vertu duquel l'énergie radiante thermique est transformée en énergie sonore dans des récepteurs à air, M. Mercadier, devait naturellement passer à l'étude des autres gaz, vapeurs et liquides qui pouvaient faire partie intégrante d'un récepteur radiophonique, et pour y arriver, il combina le dispositif représenté figure de droite en noir. C'est un simple tube radiophonique bouché, analogue il ceux dont il a été question précédemment, et dans lequel on introduit en a les liquides que l'on veut étudier ou les vapeurs de ces liquides, vapeurs que l'on obtient directement en chauffant le tube au moyen d'une lampe à alcool. On projette sur ce tube les rayons intermittents, et on écoute dans le cornet acoustique. En expérimentant alors avec de l'eau, de l'ammoniaque, de l'éther, etc., on constate les résultats suivants

1° Quand les radiations sont projetées sur la couche liquide, on n'entend aucun son mais si ces radiations sont projetées au-dessus de la colonne liquide, les sons commencent à se faire entendre et ils deviennent très intenses quand la radiation tombe sur la surface enfumée.

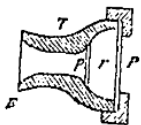
2° Quand on chauffe le liquide, la vapeur sature de plus en plus l'air qui se trouve renfermé dans le tube, l'intensité des sons augmente successivement.

Avec l'éther et l'ammoniaque, les mêmes effets se manifestent, mais les sons sont encore plus intenses, et ils sont maxima avec la vapeur d'ammoniaque.

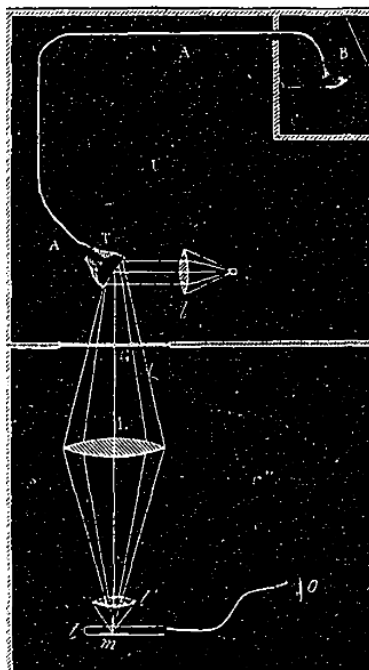
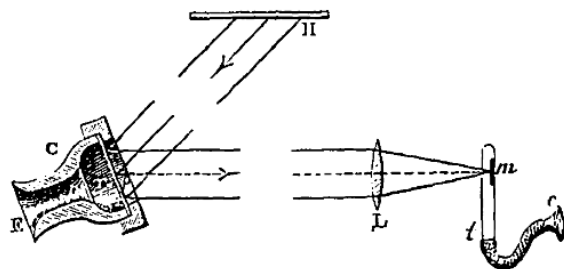
4° Conformément aux expériences de M. Tyndall, les sons produits sous l'influence d'un milieu occupé par des vapeurs, sont d'autant plus intenses que les vapeurs ont un plus grand pouvoir absorbant thermique, et ce sont les vapeurs d'éther sulfurique et acétique, de cyanure d'éthyle et d'acide acétique qui donnent les sons les plus intenses.

5° Les gaz qui déterminent les sons les plus intenses sont ceux qui absorbent le mieux la chaleur rayonnante tels que le protoxyde d'azote, le bicarbonate d'hydrogène, l'acide carbonique; l'oxygène et l'hydrogène donnent des sons très faibles.

Dans toutes les expériences qui précèdent, les sons étaient produits par des rayons lumineux intermittents et on n'avait pas essayé de reproduire la parole dans les conditions de la radiophonie directe. M. Mercadier, sans avoir eu connaissance des travaux de M. Bell dans cette nouvelle voie, avait cherché à résoudre le problème, et dans plusieurs notes envoyées à l'Académie des sciences depuis le 9 mai 1881, il indique qu'il a obtenu ce résultat en projetant sur son tube radiophonique à lame de mica enfumée un faisceau de rayons lumineux réfléchi par un transmetteur photophonique à lame de verre argentée très mince, analogue à ceux employés par M. Bell pour ses appareils il sélénium.



Cet appareil, dont nous indiquons le dispositif figure ci dessus, présentait cependant une disposition particulière en ce sens que, pour protéger la lame de verre très mince P contre l'action directe de la voix, M. Mercadier avait placé en avant et immédiatement contre l'embouchure téléphonique une lame mince de mica p, et la parole y était transmise par l'intermédiaire d'un cornet acoustique T. Les rayons réfléchis par ce transmetteur étaient ensuite concentrés sur la surface noire du tube radiophonique au moyen d'une lentille, comme on le voit sur cette figure.



Il put obtenir ainsi la reproduction de la parole il une distance de 20 mètres et en faisant passer les rayons solaires projetés à travers deux portes vitrées.

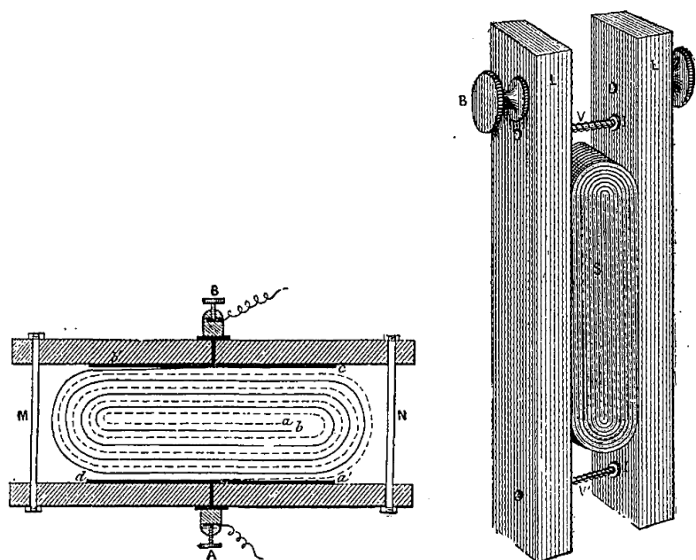
M. Mercadier a voulu aussi obtenir le même résultat avec des lumières moins intenses que la lumière solaire, mais il a dit nécessairement rapprocher les appareils transmetteur et récepteur., et pour que la personne occupée à entendre ne pût être troublée par la transmission directe de la parole, il faisait réagir la voix sur le transmetteur par l'intermédiaire d'un très long tube acoustique, comme l'indique l'autre figure ; il a pu de cette manière transmettre la parole avec de la lumière oxyhydrique ou de la lumière électrique placée en S, le transmetteur étant en T, et le récepteur en R. Il donne du reste tous les détails du mode d'expérimentation dans deux articles intéressants publiés dans le journal la Lumière électrique du 20 mai et du 11 juin 1881. Nous verrons plus tard que M. Mercadier a pu faire une application pratique de ce mode de transmission téléphonique.

II. Sons produits sous l'influence de variations de conductibilité électrique de certaines substance soumises à l'action de rayons lumineux intermittents.

Les recherches de M. Mercadier sur cette question ont eu principalement pour but de démontrer que l'action des rayons lumineux agissant sur le sélénium ou autres substances sensibles à la lumière, faisant partie d'un circuit électro-téléphonique, est une action propre à la lumière et non une action thermique. C'est ce que M. Bell avait avancé dans son premier mémoire et ce qui l'avait conduit il donner son appareil le nom de photophone. Mais, bien qu'il ait démontré cette action par certaines expériences, entre autres celle dans laquelle il faisait traverser une solution d'alun par un faisceau de rayons lumineux intermittents sans diminuer l'énergie des sons produits, beaucoup de savants doutaient encore de la réalité de cette action, et ce n'est qu'à la suite des expériences de M. Mercadier que la question s'est trouvée complètement élucidée.

Pour obtenir des résultats hien concluants, M. Mercadier, a dit perfectionner les dispositifs photophoniques comme il l'avait déjà fait pour les appareils de radiophonie, et il s'est surtout attaché au récepteur de sélénium, auquel il a donné une disposition tout il fait nouvelle et l'une construction facile.

LE TÉLÉRADIOPHONE MULTIPLE AUTORÉVERSIBLE



« Nous prenons, dit-il, deux rubans de laiton très minces de millimètre environ 1 dixième de millimètre, dont l'un est représenté, par un trait plein, l'autre par un trait pointillé. Nous les séparons par deux rubans de même largeur d'environ 1m"15 d'épaisseur en papier parchemin qui sert d'isolant et qui peut être considéré comme représenté sur les figures par l'intervalle blanc qui existe entre les deux traits. L'ensemble des quatre rubans est enroulé en spirale aussi serrée que possible, et le bloc ainsi formé est pris entre deux lames de laiton c et d, épaisses de 1 millimètre, qui communiquent avec les deux extrémités b' et a' des rubans métalliques. Le tout est serré aussi fortement que possible entre deux morceaux de bois dur ou de laiton reliés l'un à l'autre par deux longues vis ou deux tiges il écrous M, N isolées.

Deux boutons A et B communiquent avec les lames c et d, et par suite avec les bouts des rubans métalliques qui forment, l'un les spires d'ordre pair, et l'autre les spires d'ordre impair. L'appareil est représenté en perspective, où V, V désignent les tiges à écrous, et B, B' les bornes d'attache des fils.

« Le bloc ainsi serré peut être, sans aucune difficulté, limé sur ses deux faces, d'abord grossièrement, puis de plus en plus finement, et enfin poli au papier d'émeri, sans crainte qu'il reste des limailles de cuivre établissant la communication métallique entre les spires. En fait, il y a toujours une communication très faible entre les spires par le papier parchemin, qui n'est pas un isolant parfait, mais elle est si faible qu'elle est sans inconvénient et évite l'opération du paraffinage du papier qui compliquerait un peu la construction de ces appareils et qui aurait d'ailleurs, pour l'opération subséquente, des inconvénients particuliers.

« Après avoir ainsi poli le bloc et constaté avec un galvanomètre sensible l'absence de communications métalliques, on recouvre l'une des surfaces ou toutes les deux de sélénium de la manière suivante . On chauffe l'appareil dans un bain de sable ou en le posant à plat sur une plaque épaisse de cuivre chauffée par la flamme d'un bec de Bunsen, jusqu'au moment précis où un crayon de sélénium appuyé dessus commence à fondre. On promène alors le crayon le long de la surface, de façon à la recouvrir d'une couche aussi mince que possible. En ne laissant pas la température s'élever au-dessus de ce point, le sélénium prend la teinte ardoisée qui caractérise l'état où il est le plus sensible à la

lumière, et en laissant refroidir lentement l'appareil, il est inutile de le recuire, et il est prêt à fonctionner.

Pour préserver les surfaces sélénées, on peut ensuite sans inconvénient les recouvrir, soit d'une lame mince de mica, soit même d'une couche de vernis à la gomme à laque déposée à chaud.

On peut faire ainsi des récepteurs excellents ayant leur petite largeur variant de 5 à 6 millimètres à 20 millimètres au plus, et on peut leur donner des résistances très variables en ne séléniant qu'une portion de la surface ou en la recouvrant d'abord tout entière et enlevant ensuite le sélénium par fragments. On peut avoir de cette manière des aj dont la résistance varie de 1200 à 200 000 ohms, qui fonctionnent plus ou moins bien suivant les conditions du circuit où ils se trouvent, mais qui produisent tous des sons nets,

« Il en résulte les conséquences suivantes. D'abord, on peut, avec des appareils qui peuvent être aussi résistants, sans diminuer sensiblement le courant de la pile et les effets produits, placer dans le même circuit plusieurs téléphones en série ou en quantité et faire entendre les sons produits à un certain nombre de personnes à la fois.

Ensuite, on peut réunir dans un même appareil, entre deux morceaux de bois, plusieurs récepteurs étroits de façon à pouvoir constituer des sortes de batteries radiophoniques dont l'élément est un récepteur à sélénium, et disposer ces éléments en série ou en quantité, ce qui permet de faire varier la résistance de la batterie réceptrice et de l'adapter le mieux possible à des conditions données de circuit extérieur, de téléphone et de pile. Je ferai remarquer en outre que si un appareil de ce genre vient à être détérioré, il suffit limer de nouveau la surface et de la sélénier.

« On peut d'ailleurs construire des récepteurs avec d'autres métaux que le laiton pour supporter la couche de sélénium. Le cuivre rouge et le platine sont très bons; le fer, l'argent et l'aluminium présentent des inconvénients.

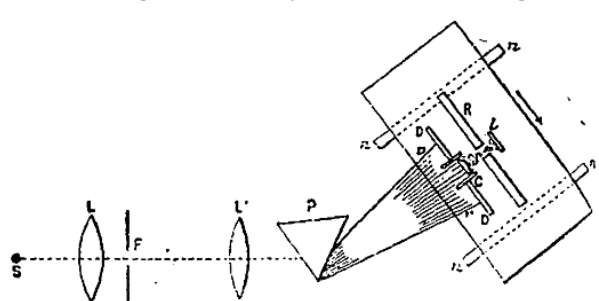
Dernièrement M. Mercadier, avec le concours de M. Humblot, a rendu encore plus simple la construction de ces récepteurs, en constituant les électrodes avec des fils métalliques maintenus séparés l'un de l'autre comme dans les chaînes voltaïques de M. Pulver-Macher, et enroulés sur une lame d'ébonite. En recouvrant cette espèce d'embobinement d'un enduit isolant et en le dénudant ensuite à la lime, comme dans le système précédent, on obtenait ainsi, d'une manière plus simple, le dispositif d'électrodes multipliées appelé il transmette le courant, et il ne s'agissait plus que de le recouvrir de sélénium par le procédé indiqué plus haut, pour en faire un très bon récepteur radiophonique, qu'on renfermait dans une boîte à coulisse BB.

Pour faire agir le faisceau lumineux intermittent sur le récepteur photophonique que nous venons de décrire, il suffit, quand on ne veut faire que de simples expériences phonétiques, de le placer, à l'aide du support S, devant le disque perforé que nous avons de manière que les rayons traversant les ouvertures suivant la verticale, puissent frapper la surface sélénisée dans sa longueur.

Suivant M. Mercadier, on peut obtenir avec les dispositifs photophoniques que nous venons de décrire, des sons, quelle que soit la lumière employée, même la lumière diffuse, mais ils sont plus faibles, toutes choses égales d'ailleurs, qu'avec les récepteurs à action directe, et il faut, quand la source lumineuse est faible, rapprocher autant que possible la roue interruptrice de la source, et limiter le faisceau lumineux au moyen d'une fente pour éviter les effets d'interférences sur le récepteur. L'emploi de ce dispositif simple augmente notablement l'intensité des sons produits.

Le premier point qui était à éclaircir était de reconnaître définitivement si c'étaient les rayons thermiques ou lumineux qui agissaient sur la conductibilité du sélénium. M.

Mercadier a fait, pour s'en assurer, agir successivement sur le récepteur de sélénium les différents rayons du spectre, en disposant l'expérience comme le montre cette figure :



S est une source de radiations intenses telle qu'une lampe électrique animée par 40 ou 50 éléments Bunsen.

Le système de lentilles L rend le faisceau radiant parallèle, et ce faisceau est reçu sur une fente F de 5 à 4 millimètres de largeur. Une lentille L' reçoit les radiations de manière à donner une image nette de la fente sur un écran placé à la distance où se trouvera la roue interruptrice. En sortant de la lentille, les rayons sont dispersés par un prisme P, disposé de manière à avoir le minimum de déviation, et l'on obtient un spectre de 55 à 40 millimètres de largeur (dans la partie visible), sur un dia phragme DD percé il son centre d'une ouverture portant un cylindre dans lequel on peut faire glisser une lentille cylindrique C. Le diaphragme est fixé au support de la roue interruptrice II placée derrière, et ce support est mobile sur deux rouleaux n, n. Un second diaphragme t, percé d'une fente de 2 millimètres de largeur, est placé en avant de la lentille cylindrique, et limite ainsi la portion de spectre qui peut traverser cette lentille et les ouvertures de la roue.

En faisant mouvoir le support de cette roue perpendiculairement à la direction des rayons dispersés et dans la direction indiquée par la flèche, on voit que la lentille cylindrique C recevra successivement les rayons diversement colorés du spectre sur une largeur de 2 millimètres, et produira, dans chaque position sur le bord de la roue, une bande étroite résultant de la concentration des rayons qu'elle recueille, et on peut ainsi étudier l'effet des diverses positions du spectre de deux en deux millimètres sur le récepteur à sélénium fixé derrière la roue sur le support.

En se plaçant dans l'obscurité pour éviter les effets de la lumière diffuse, bien qu'ils soient très faibles, M. Mercadier est arrivé à constater les résultats suivants

- 1° Dans la partie ultra-violette, violette et indigo du spectre, le récepteur ne manifeste aucun effet sensible.
- 2° On commence entendre vers la limite de l'indigo bleu des sons dont l'intensité augmente dans le bleu, le vert et le jaune, puis décroît dans l'orangé et le rouge.
- 3° Les sons cessent généralement à la limite du rouge visible, et le récepteur reste insensible au delà de l'infrarouge.
- 4° Le maximum d'effet se produit en tous cas dans la partie jaune du spectre.

« Il en résulte nettement, dit M. Mercadier, que l'effet radiophonique du sélénium est dû il des radiations qui produisent sur l'oeil des effets lumineux, et qu'il est maximum dans la partie la plus lumineuse du spectre.

Cette conclusion est confirmée par ce fait qu'en exposant un récepteur à sélénium à des radiations obscures produites par une plaque de cuivre chauffée au-dessous du rouge sombre, on n'a pu obtenir aucuns sons. »

En substituant au sélénium, dans les expériences précédentes, un récepteur radiophonique à action directe, l'effet maximum, au contraire, se produit dans l'infrarouge, et les rayons agissants s'étendent de l'orangé au delà du rouge jusqu'à une limite qui peut arriver au tiers ou au quart de la longueur du spectre visible. Les autres radiations, depuis le jaune jusqu'à l'ultra-violet, ne produisent pas d'effet perceptible. Ce sont donc bien, dans ce cas, les rayons thermiques seuls qui sont actifs.

Après avoir ainsi étudié les effets du sélénium, M. Mercadier a voulu étudier ceux résultant du noir de fumée employé comme conducteur d'un courant électro-téléphonique, et il a fait construire un récepteur analogue à celui employé par M. Bell et que nous avons déjà représenté mais il a eu plus d'avantages à employer le dispositif à bandes métalliques enroulées qu'il avait combiné pour ses récepteurs à sélénium et qu'on enfume au lieu de les recouvrir d'une couche de sélénium. Le meilleur moyen pour y arriver est de faire agir la flamme fuligineuse destinée à produire le dépôt carboné à travers une toile métallique. En conservant à l'une des faces du récepteur sa couverture de sélénium et en enfumant l'autre, on peut comparer facilement l'intensité des effets produits par les deux systèmes.

M. Mercadier commence par faire observer que dans ces conditions, les différences d'effets que l'on constate ne sont pas dues à des différences de conductibilité du noir de fumée et du sélénium, mais bien à ce que le courant, se dérivant plus facilement il travers la couche de noir de fumée qu'à travers celle de sélénium dont les conductibilités sont dans le rapport de 6000/141, doit donner des effets plus intenses.

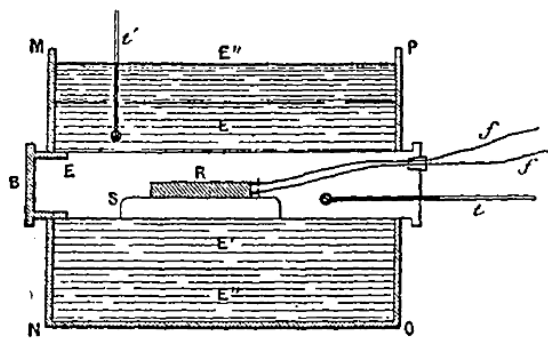
L'action des différentes radiations spectrales sur la surface enfumée de l'appareil ne paraît pas être la même que sur la surface sélénisée. Ainsi, là où un récepteur sélénisé donne des sons aisément perceptibles, le récepteur enfumé n'en donne souvent pas. Le récepteur enfumé n'en donne pas encore dans la partie rouge et infra-rouge du spectre, alors qu'un tube thermophonique également à noir de fumée en donne d'assez intenses. Mais ce que M. Mercadier a pu conclure, c'est que l'origine des sons dans les récepteurs dont nous parlons actuellement n'est pas thermique, mais bien photophonique ou actinophonique, et qu'on peut la considérer comme étant la même que dans les récepteurs à sélénium. En effet, un récepteur de noir de fumée étant exposé aux radiations d'une plaque graduellement chauffée (avec un chalumeau oxyhydrique dans l'obscurité, ne produit des sons qu'au moment où la plaque arrive au rouge sombre, et ces sons augmentent successivement en intensité il mesure que l'incandescence se développe.

M. Mercadier fait d'ailleurs remarquer que la grandeur de l'espace éclairé de ces sortes de récepteurs, pas plus que dans les photophones et les thermophones, ne semble influencer sensiblement sur l'intensité des sons produits; d'un autre côté, tandis que le noir de fumée ou l'éponge de platine peuvent constituer à la fois des radiophones directs du genre thermique et des radiophones indirects du genre photophonique, il n'en est pas de même de certaines autres corps qui, appartenant à la première catégorie, comme le bitume de Judée, ne fournissent pas les effets propres à ceux de la seconde catégorie, ce qui pourrait tenir à leur très grande résistance électrique.

Pour bien apprécier la nature des effets produits dans les radiophones à sélénium ou à noir de fumée, il était indispensable d'être définitivement fixé sur l'influence exercée par la température extérieure sur les substances sensibles de ces appareils, et M. Mercadier a fait à cet égard des expériences qui paraissent être d'une grande exactitude.

Il a d'abord constaté qu'à des températures ordinaires peu élevées, entre 10 et 20 degrés, il y a avec les récepteurs à Sélénium une proportionnalité assez exacte entre les

variations de la température et la résistance électrique des récepteurs, mais que cette résistance varie d'un jour à l'autre et va pendant longtemps en augmentant jusqu'à un certain degré où elle reste à peu près stationnaire. La loi qui relie dans ces conditions la variation de résistance à celle de la température est celle que l'on retrouve dans beaucoup de corps de conductibilité secondaire, notamment dans les minéraux et les liquides; c'est-à-dire que la résistance varie en raison inverse de la température, ou, ce qui revient au même, que la conductibilité du récepteur varie dans le même sens que la température. Ces variations de résistance sont assez considérables, et M. Mercadier en a constaté qui atteignent de 1550 à 2000 ohms pour une variation de température de 1 degré. Quand les températures présentent de grands écarts de 0 à 40 ou 50 degrés par exemple, les expériences sont plus délicates et exigent un dispositif particulier.



Celui qui a servi à M. Mercadier est une sorte d'étuve constituée par une cuve de zinc MNOP (fig. ci dessus) traversée à son centre par un tube de cuivre fermé B, dans lequel on place le récepteur de sélénium R et un thermomètre t pour indiquer la température, et la caisse est remplie d'eau E'E'' que l'on peut amener à telle température que l'on désire, et dans laquelle plonge un second thermomètre t' pour indiquer cette température.

En remplissant d'abord de glace la cuve en question, puis la chauffant graduellement jusqu'à une température de 46°, M. Mercadier a constaté, comme précédemment, qu'avec des récepteurs arrivés à l'état stable dont nous venons de parler, les variations de résistance étaient approximativement proportionnelles aux variations de température, du moins entre 5° et 55°. Effectivement, en laissant refroidir graduellement jusqu'à 10° le récepteur élevé à la température de 56°, la résistance a varié de H 000 à 41 000 unités.

A des températures élevées les effets sont plus compliqués, mais pour les constater il a fallu employer des récepteurs à lames de platine et les introduire dans une étuve à sable dont la température était mesurée avec un thermomètre dont le réservoir touchait le récepteur. En maintenant pendant trois heures un récepteur de ce genre à une température comprise entre 208° et 212°, et abaissons ensuite régulièrement et lentement cette température jusqu'à 16°, on a observé que la résistance du récepteur, qui au début était de 575 ohms, a d'abord augmenté, atteignant vers 163° un maximum de 490 ohms, puis elle a diminué et a présenté vers 125° un minimum d'environ 455 ohms. A partir de ce moment, elle a augmenté jusqu'à 15°, où elle a atteint 3370 ohms. A partir de 35 à 36°, la variation pouvait être regardée comme régulière et conforme à ce qui se passe à de basses températures.

Ces effets particuliers, qui avaient du reste été déjà observés par M. Siemens, tiennent probablement à une modification allotropique du sélénium.

L'influence des variations de la température sur les récepteurs téléphoniques à noir de fumée est à peu près la même, à des températures peu élevées, que sur les récepteurs à sélénium. La diminution de résistance est en moyenne environ un dixième d'ohm par degré centigrade, et le coefficient moyen de la variation par degré centigrade est de 0,00230. Il est vrai que la résistance de ces récepteurs est beaucoup moindre que celle des récepteurs à sélénium, et elle varie entre 40 et 1650 ohms.

Des expériences faites par M. Shelford Bidvell, en Angleterre, ont conduit à des déductions un peu différentes. « La température de la pièce où j'expérimentais, dit-il, étant de 14 degrés centigrades, j'ai immergé un élément de sélénium dans un bain d'essence de térébentine maintenu à 8°, et j'ai observé qu'un grand abaissement se produisait dans sa résistance. En augmentant successivement la température du bain et la faisant passer de 8° à 24°, cette résistance augmentait graduellement, mais après 24° elle diminuait rapidement, et j'ai pu en conclure que pour l'élément de sélénium expérimenté, la plus grande résistance correspondait à 24°. J'expérimentai ensuite cinq autres éléments, et leur résistance la plus grande correspondait aux températures de 25°, 14°, 50°, 25°, 22°.

Le détail des expériences n'étant pas indiqué, il est difficile de savoir si toutes les précautions ont été prises pour obtenir des résultats exacts. Mais le sélénium est une substance si peu homogène, si instable, qu'il est bien difficile d'avoir des résultats concordants avec les différents échantillons que l'on trouve dans le commerce.

C'est M. Preece, qui a continué à effectuer ses propres expériences.

...

Photophones sans pile.

D'après les expériences de MM. Blyth et Kabischer, il paraîtrait que l'on pourrait obtenir des actions photophoniques sans pile, par suite d'une action chimique exercée par les rayons lumineux, soit sur des lames de phosphore amorphe, soit sur certains échantillons de sélénium, laquelle action déterminerait un courant plus ou moins intense suivant l'énergie des rayons lumineux, et capable de réagir sur un téléphone. Il est probable que toutes les substances sensibles à l'action de la lumière, et en particulier le chlorure d'argent, sont dans le même cas, car depuis longtemps M. Kd. Becquerel avait constaté la production de courants électriques dans ces conditions sous l'influence de la lumière

...

L'une des principales applications des effets radiophoniques que nous venons d'étudier est celle que M. Mercadier vient d'en faire à la télégraphie pour des transmissions multiples et simultanées. Il a donné à ce système le nom de Téléradiophone électrique multiple autoréversible, et nous en reproduisons ci-dessous la description qu'il en a donnée dans le journal la Lumière électrique du 5 octobre 1881.

« J'appelle téléradiophone multiple un système de télégraphie électrique, où les signaux sont produits par des effets radiophoniques. En outre, le système permet de transmettre sur un conducteur quelconque plusieurs signaux simultanés, à volonté dans un sens ou en sens inverse, d'où la qualification abrégée de multiple autoréversible. Le mot autoréversible indique d'ailleurs que la réversibilité est automatique; elle ne nécessite pas d'appareils accessoires, tels que lignes artificielles, relais différentiels, etc.

« Le système est fondé a

1° Sur la loi de la coexistence des petits mouvements de Bernoulli, applicable aux petites ondulations électriques qu'on peut produire sur un conducteur tel qu'une ligne télégraphique aérienne, souterraine, ou sous-marine.

2° Sur l'emploi d'un courant électrique continu toujours de même sens, constitué, par suite, en régime permanent, ou bien d'un état électrostatique permanent d'un circuit, obtenu soit à l'aide d'une pile, soit à l'aide d'une machine quelconque. Si, en des points de ce circuit ouvert ou fermé sur lui-même, ou par l'intermédiaire de la terre, l'on produit de simples variations d'intensité rapides et périodiques, ou, comme on le dit, ondulatoires, ces ondulations se propagent en se croisant le long du circuit sans altération sensible on peut les recevoir simultanément et indépendamment, sans confusion, dans des postes extrêmes et intermédiaires, à l'aide d'appareils récepteurs appropriés, tels que des téléphones, des condensateurs, ou des appareils électro-magnétiques vibrants.

3° Sur l'emploi de récepteurs radiophoniques intercalés dans le circuit, sur lesquels tombent des radiations quelconques, thermiques, lumineuses ou actiniques provenant d'une ou de plusieurs sources.

Ces radiations sont rendues périodiques d'une manière quelconque, soit par leur passage à travers des ouvertures pratiquées sur une roue tournante, soit par des électro-diapasons, soit par leur réflexion sur un miroir dont la surface vibre sous l'action de la voix, soit par des extinctions périodiques dues à la polarisation ou à tout autre moyen. Cette action produit ainsi les variations ondulatoires d'intensité dans le circuit dont il vient d'être question, et il en résulte la reproduction à distance de sons musicaux, d'accords, du chant ou de la parole articulée. On peut admettre que ces variations résultent de variations correspondantes de la résistance électrique du récepteur radiophonique.

4° Sur l'emploi de manipulateurs permettant, dans le cas où la voix elle-même n'est pas reproduite, de produire des signaux avec des sons ou des accords, suivant un alphabet conventionnel quelconque. Ces appareils peuvent beaucoup varier ils peuvent produire ou éteindre un son unique, suivant un rythme déterminé, conformément à l'alphabet Morse, par exemple, ou bien produire des sons de différentes hauteurs combinés d'après une certaine loi pour former un code de signaux, etc. Ces principes, dont l'application simultanée constitue la nouveauté du système, peuvent être mis en oeuvre de bien des manières, mais ces formes diverses ne diffèrent que par des détails d'installation d'importance secondaire. Nous allons, pour préciser donner un exemple particulier d'une installation de ce genre.

« La figure représente 2 stations extrêmes A et A' séparées par une longue ligne télégraphique quelconque F, et dans lesquelles sont figurés seulement deux appareils de transmission et de réception susceptibles de fonctionner dans n'importe quel sens et tout à fait indépendamment les uns des autres.

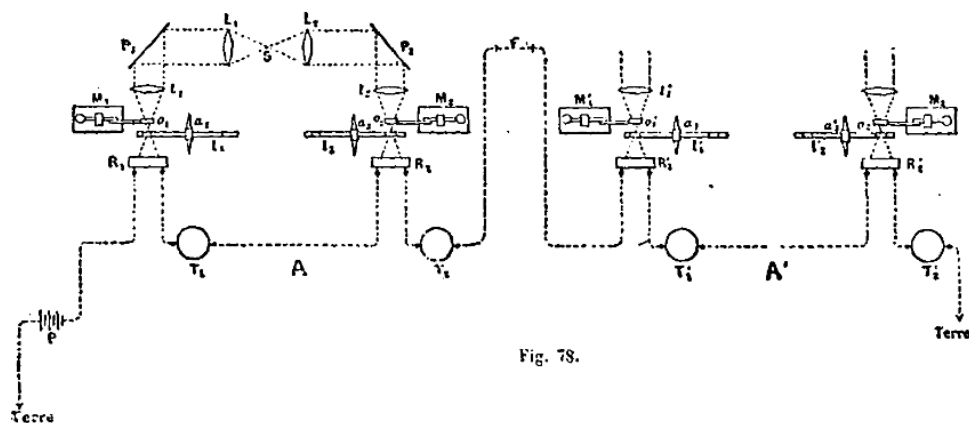


Fig. 78.

On n'en a représenté que deux pour simplifier le dessin mais il est facile de voir qu'on en pourrait disposer un nombre plus considérable. On suppose qu'on veut produire des signaux Morse ordinaires, en employant un courant continu pour fixer, les idées. Le courant continu provenant de la pile P traverse successivement, dans la station A, des récepteurs radiophoniques et des téléphones T1, T2, T1', T2' puis la ligne F; puis, dans la station A', les radiophones et les téléphones R'1 T'1 R'2, T'2 correspondant à ceux de A.

En face de chaque récepteur tel que Rt, se trouvent les ouvertures d'une roue I, en verre ou en mica, ou en toute autre substance, tournant continuellement et aussi régulièrement que possible autour d'un axe a, sous l'action d'un moteur quelconque. Un diaphragme o, de la grandeur des ouvertures, fixé à une tige rigide, formant le prolongement du levier d'un manipulateur Morse et qui fi l'état de repos ferme les ouvertures, empêche le passage des radiations émises par une source quelconque S. on voit qu'il suffit d'abaisser le levier de pour que les radiations traversant la roue et agissant sur le radiophone B, produisent des variations correspondantes dans la résistance de ce récepteur et, par suite, dans l'intensité du courant continu qui te traverse d'où la production dans tous les téléphones T1 T2. T1' T'2 échelonnés le long du circuit, d'un son musical dont le nombre de vibrations par seconde est égal au nombre des ouvertures de la roue I, qui passent en une seconde en face du récepteur.

Supposons que ce soit un Ut, pour fixer les idées. h En abaissant et relevant M1, suivant le rythme des signaux Morse, on entend dans les téléphones le son Ut, pendant un temps plus ou moins long, et l'on a reproduit ainsi acoustiquement les signaux Morse, à une hauteur déterminée.

Rien n'est plus facile que de recueillir et de traduire rapidement une pareille transmission.

L'expérience prouve, d'ailleurs, qu'on peut opérer la manipulation au moins avec la même vitesse que dans le cas de la télégraphie électrique ordinaire.

Pendant qu'un opérateur manipule et envoie des signaux en M1, un autre peut en recevoir, en mettant l'oreille au téléphone T1,, ainsi qu'on va le voir.

Le second appareil de la section A est constitué de la même manière avec des organes de transmission et de réception identiques. La seule différence est que la roue I2, produit un son différent; ce qu'on obtient soit en la rendant complètement solidaire de I1, en la faisant tourner avec la même vitesse, et lui donnant un nombre d'ouvertures différent; soit en lui donnant le même nombre d'ouvertures et la faisant tourner avec une vitesse différente, ce qui peut s'obtenir de plusieurs manières, même en employant un seul moteur pour toutes les roues, par exemple à l'aide de cordons et de poulies de diamètres différents fixées aux axes a1, a2.

Supposons que I2, produise le son Ni. voit que si l'on fait mouvoir indépendamment l'un de l'autre les deux manipulateurs M1, et M2, on pourra entendre simultanément, mais sans confusion, dans tous les téléphones, des signaux Morse effectués les uns à la hauteur de l'Ut, les autres à la hauteur du Mi il ne sera pas possible de les confondre.

Les deux appareils représentés dans la station A' sont établis de la même façon; seulement les choses sont disposées de manière que les roues I1, I2 produisent des sons différents, par exemple Sol, Si...

Enfin on fait correspondre ensemble les appareils affectés des mêmes indices 1,2... Cela étant, supposons le cas le plus complexe où les quatre appareils fonctionnent à la fois indépendamment les uns des autres. Il n'y aura aucune confusion des 4 systèmes de signaux qui seront simultanément reçus dans tous les téléphones.

Chacune des personnes qui les entendront devra seulement écouter celle qui est au téléphone T1 les signaux faits à la hauteur du Sol et provenant de M1 celle qui est en T2, les signaux à la hauteur du Si et provenant de celle qui est en T2, les signaux à la hauteur de l'Ut et. provenant de celle qui est en T'2. les signaux a la hauteur du Mi et provenant de M2,, etc. d'ouvertures différent; soit en lui donnant le même nombre d'ouvertures et la faisant tourner avec une vitesse différente, ce qui peut s'obtenir de plusieurs manières, même en employant un seul moteur pour toutes les roues, par exemple à l'aide de cordons et de poulies de diamètres différents fixées aux axes a1, a2.

« Supposons que I, produise le son Ni.

« On voit que si l'on fait mouvoir indépendamment l'un de l'autre les deux manipulateurs M1 et M2, on pourra entendre simultanément, mais sans confusion, dans tous les téléphones, des signaux Morse effectués les uns à la hauteur de l'Ut, les autres à la hauteur du Mi il ne sera pas possible de les confondre.

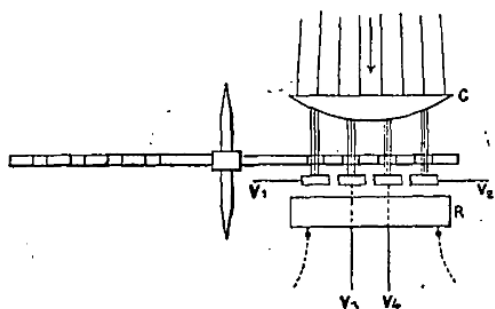
« Les deux appareils représentés dans la station A' sont établis de la même façon; seulement les choses sont disposées de manière que les roues I'1 I'2 produisent des sons différents, par exemple Sol, Si...

Enfin on fait correspondre ensemble les appareils affectés des mêmes indices 1,2. Cela étant, supposons le cas le plus complexe où les quatre appareils fonctionnent à la fois indépendamment les uns des autres. Il n'y aura aucune confusion des 4 systèmes de signaux qui seront simultanément reçus dans tous les téléphones.

Chacune des personnes qui les entendront devra seulement écouter celle qui est au téléphone T1 les signaux faits à la hauteur du Sol et provenant de M'1 celle qui est en T2, les signaux il la hauteur du Si et provenant de M'1; celle qui est en T2, les signaux à la hauteur de l'Ut et. provenant de M1 celle qui est en T'2. les signaux a la hauteur du Mi et provenant de M,, etc.

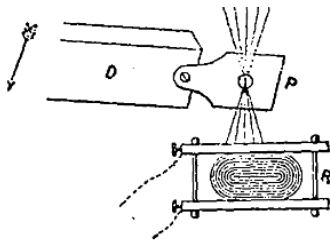
L'expérience prouve qu'au bout de peu de temps il est facile de suivre ainsi une transmission de cette nature, abstraction faite des autres. Mais, en tout cas, on peut, soit faire des téléphones ne reproduisant bien qu'un son de hauteur déterminée, soit adapter à des téléphones ordinaires des résonateurs ne renforçant qu'un seul des sons transmis, soit faire entendre à l'une des oreilles de l'observateur, très faiblement, mais d'une manière continue, le son sur lequel il doit porter son attention pendant qu'il écoute les signaux avec l'autre oreille nous indiquerons, plus tard, des moyens très simples d'obtenir ce résultat.

« Le dessin représente, en A, une source radiante S; éclairant deux voies par l'emploi des lentilles L12 L21, L13 L23, et des miroirs plans P1 et P2; mais on peut, soit adapter une source à chaque roue, soit faire servir la source à 3, 4. roues, en les disposant convenablement.



On peut encore employer une source et un récepteur uniques pour 5 ou 4 transmissions. Il suffit de prendre une roue percée de 5 ou 4 séries d'ouvertures de nombre variable, de placer en face un récepteur R assez long, de concentrer le faisceau sur les ouvertures avec une lentille cylindrique C et de faire arriver les diaphragmes des manipulateurs en face de chaque série à l'aide de leviers articulés V'' Vs, V3, V4, si c'est nécessaire.

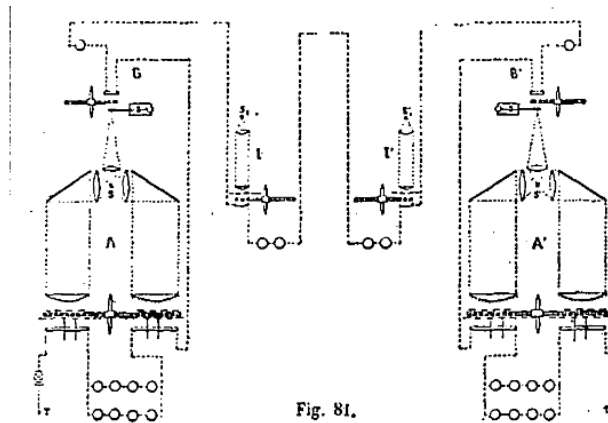
Comme il suffit d'éclairer un point d'un récepteur radiophonique pour qu'il produise son effet, ce récepteur pourra recevoir simultanément les 4 faisceaux lumineux et produire dans le circuit, simultanément ou séparément, les 4 effets distincts sans confusion il est clair, d'ailleurs, qu'on n'est pas forcé de se limiter à quatre.



La figure représente sommairement l'un des récepteurs à sélénium précédemment décrits.

La figure ci dessus représente un fragment d'une branche D d'électro-diapason susceptible de remplacer l'une des roues I1, I2. L'instrument entretenu électriquement d'une manière continue vibre dans le sens de la flèche un appendice P percé d'une ouverture laisse alors passer ou intercepte périodiquement le faisceau lumineux dirigé sur le récepteur R, en produisant un son de même hauteur, que celui du diapason, qui sert alors comme de repère à l'opérateur, lequel doit écouter dans le téléphone le même son intermittent qui constitue les signaux.

« La source à employer est une source quelconque suffisamment intense on peut se servir de lumière électrique ou oxyhydrique, de lampes à pétrole alimentées ou non avec de l'oxygène, d'un bec de gaz, etc.



« La figure ci dessus représente le dispositif qu'on pourrait adopter pour avoir huit transmissions, les roues des postes A et A' ayant huit ouvertures et huit réceptions dans les huit téléphones indiqués sur la figure.

« On a représenté, de plus, deux postes intermédiaires I1 et I2, pouvant recevoir et transmettre des deux côtés; leurs correspondants sont représentés en B et B' il va sans dire que les sons produits par les roues en I2, I2', B, B' doivent être différents de ceux qui sont émis par les roues A et A'.

Les résultats pratiques de ce système sont faciles à évaluer. Supposons, ainsi que l'indique la figure 78, qu'il s'agisse de transmettre des signaux Morse. Il suffira, pour avoir le rendement, de multiplier celui d'un télégraphe Morse ordinaire par le nombre des appareils employés dans les deux stations, et dont le nombre peu être considérable. En le réduisant à 10, ce qui n'est pas exagéré, et en admettant un rendement de 20 dépêches de 50 mots à l'heure pour chaque appareil, on obtient un rendement total de 200 dépêches ou d'environ 6000 mots par heure, 400 mots par minute, plus d'un mot par seconde, transmis, il faut bien le remarquer, dans n'importe quel sens.

« Ce rendement n'est pas susceptible d'être diminué par les causes perturbatrices qui retardent ordinairement les transmissions télégraphiques, à savoir les effets d'induction, de charge et de décharge.

En effet, sur le fil desservi par le télégraphophone, les effets ordinaires des extra-courants sont infiniment petits, parce que le courant continu peut être très faible, et que des variations d'intensité très faibles de ce courant produisent les signaux.

« Les effets de charge et de décharge sont amoindris par les mêmes raisons.

« Quant aux effets d'induction, provenant des fils voisins, si ces derniers sont desservis radiophoniquement, ces effets sont nécessairement infiniment petits il la distance où l'on place ordinairement les fils. Si les fils sont desservis par des appareils actuellement employés, il en résulte, il est vrai, dans les téléphones, le bruissement particulier bien connu dans la pratique téléphonique; mais ce bruit est si différent des sons musicaux très purs et très clairs qui se produisent, dans les transmissions radiophoniques, qu'il n'empêche en rien ces transmissions.

« Le seul cas où ces bruits sont très gênants est celui où l'on prend la terre d'un grand bureau télégraphique, comme le poste central de Paris, par exemple; mais il est toujours facile, au besoin, d'aller l'aide d'un fil auxiliaire prendre la terre autre part.

« Outre ces avantages, il est à remarquer que le système décrit s'applique parfaitement aux lignes de grande longueur car on peut se servir, par exemple, de récepteurs radiophoniques à sélénium de grande résistance (de 30 à 100 mille unités) qui fonctionnent très bien avec un très petit nombre, d'éléments de pile (de 2 à 10 éléments Leclanché, par exemple).

« Dès lors la résistance des lignes de la plus grande longueur usitée est très petite, ainsi que celle des téléphones, par rapport à celle du récepteur ou des, récepteurs (qu'on peut d'ailleurs disposer en série ou en surface).

« De plus, il est évident que rien ne s'oppose dans ce système il l'emploi de tous les moyens abrégatifs ou automatiques, permettant de transmettre rapidement des signaux rythmés, tels que bandes perforées ou autres moyens de ce genre, et à l'emploi de procédés permettant d'enregistrer les signaux il la réception.

Ce mode de transmission est d'ailleurs applicable sur des lignes souterraines et sur les câbles télégraphiques sous-marins, tant à cause de la continuité du courant qui charge une fois pour toutes le conducteur, que de la faible intensité des ondes électriques qui produisent les transmissions. Il faut remarquer à ce sujet que ces ondes proviennent d'effets périodiques réguliers produisant des sons musicaux très purs; elles doivent avoir nécessairement, par suite, une forme simple et régulière telle par exemple, qu'une forme sinusoïdale, et il ne parait pas douteux que des ondes électriques de cette nature ne se propagent beaucoup plus aisément, dans un câble télégraphique, que les ondes de forme très complexe résultant des modes de production des signaux intermittents ordinaires ou même des signaux téléphoniques.

« Il va sans dire que toutes les considérations précédentes où l'on a supposé l'emploi d'un courant continu, s'appliquent intégralement aux cas où le conducteur serait maintenu dans un état électrostatique permanent sans communication directe avec la terre, et renfermerait ou non des condensateurs dans son circuit.

Le système qui vient d'être décrit a été déjà soumis à des essais qui ont donné de bons résultats.

De 1890 à 1910, la technique télégraphique fut dominée par l'appareil Baudot, que plusieurs inventeurs en Amérique et en Angleterre cherchèrent à modifier en le combinant avec la composition préalable par machine à écrire ; d'autres cherchèrent à utiliser à son maximum la composition préalable sans transmission multiple en employant pour la réception des appareils à faible inertie et à enregistrement photographique.

De tous ces appareils, seul le « multiple américain » demeura en exploitation.

De même, les efforts de Mercadier pour faire adopter son système de télégraphie multiplex demeurèrent vains.

Il fallut attendre la révolution technique, résultant de la découverte des lampes triodes (de 1910 à 1915) pour changer complètement les idées et amener le développement de la télégraphie harmonique.

1900 Société des télégraphes Multiplex (système E. Mercadier) ayant son siège à Paris , rue Caumartin , n ° 60 .

31° La cession enregistrée au secrétariat général de la préfecture du département de la Seine, le 11 juillet 1900, faite, suivant acte en date du 11 juin 1900, à la Société des télégraphes Multiplex (système E. Mercadier), ayant son siège à Paris, rue Caumartin, n° 60, par le sieur Ernest-Jules-Pierre Mercadier, directeur des études à l'Ecole polytechnique, et M. Henri-Robert-Joseph Pierquin, demeurant à Paris, rue Greuze, n° 18, de leurs droits à un brevet d'invention de quinze ans pris, le 30 mai 1888, par le sieur Mercadier, et dont le sieur Pierquin est devenu cessionnaire, pour un système de télégraphie multiple.

