

LE PHONOPORE

Systèmes télégraphiques à multiplexage par répartition en fréquence (MRF), utilisés sur les chemins de fer à la fin du XIXe siècle

Le phonopore et le phonoplex étaient deux systèmes introduits en 1885 pour fournir des canaux télégraphiques supplémentaires (ou, dans le cas du phonopore, un canal téléphonique) dans la gamme de fréquences supérieure à celle des canaux continus ou Morse ordinaires.

Le phonopore, développé par Charles Langdon-Davies en Angleterre, utilisait un transformateur condensateur de couplage spécial, analysé ici, mais dont on montre qu'il possédait peu de propriétés particulières utiles. Il utilisait un canal télégraphique « harmonique », c'est-à-dire un signal oscillant manipulé.

Le **phonoplex d'Edison** utilisait, pour le canal passe-haut, des signaux dérivés des transitoires produits par une bobine d'induction.

Les deux systèmes furent commercialisés et connurent un certain succès sur les chemins de fer. Le Phonopore Syndicate (devenu plus tard la société) eut une histoire intéressante, mais peu fructueuse, dont voici un aperçu partiel ; à partir de 1893, son directeur général était C.E. Spagnoletti, F.R.S., ancien président de la Society of Telegraph Engineers et récemment retraité du poste de surintendant des télégraphes du Great Western Railway. Bien que la société ait levé environ 100 000 £ de capital en 1895, elle fut rachetée la même année par la New Phonopore Telephone Co. pour 2 000 £. La nouvelle société continua d'exister, avec un capital social n'atteignant pas plus de 8 000 £ environ, jusqu'à son rachat pour 175 £ en 1916 par la Phonopore Construction Co., qui cessa finalement ses activités peu après 1920.

Un système similaire à ceux de van Rysselberghe, Langdon-Davies et Edison fut utilisé par le major Cardew du Royal Engineers au début et au milieu des années 1880, et mérite d'être mentionné.

Il était initialement conçu comme un système de transmission et de réception de messages télégraphiques sur une ligne de terrain très rudimentaire et mal isolée, dans des conditions militaires. Il utilisait un vibreur à clé pour la transmission et un récepteur téléphonique pour la réception. On découvrit ensuite qu'il pouvait être superposé, au moyen d'un condensateur et d'une inductance, à une ligne transportant le trafic télégraphique ordinaire. Voici quelques citations de l'article de Cardew :

« Il est évident que ce système de séparation est pratiquement identique à celui de van Rysselberghe. »

« Récemment, un compte rendu a paru dans la presse d'un système assez similaire mis au point par M. Edison. »

Le brevet déposé par François van Rysselberghe en 1884 est considéré comme l'invention originale du principe de la méthode phonopore (à condensateur).

Le phonopore a été initialement proposé comme un moyen de superposer un canal téléphonique sur un fil télégraphique sans interférence mutuelle. À cet égard, le système était similaire au système van Rysselberghe, et très probablement inspiré par celui-ci, qui a permis à la téléphonie longue distance de devenir économiquement et techniquement possible dans de nombreux pays au cours de la décennie commençant en 1882.

Les antécédents de ce type de système FDM ont une histoire relativement longue, mais nous n'évoquerons ici que quelques étapes importantes.

La première proposition fut celle d'E. Highton en 1850, et il est intéressant de noter que le phonoplex d'Edison était pratiquement identique au système de Highton. Des systèmes télégraphiques FDM explicites furent proposés par Alexander Graham Bell et par Elisha Gray en 1876, et, bien que le premier ait peut-être mieux compris les exigences fondamentales de tels systèmes, seul le système du second a apparemment été mis en service, même à titre expérimental.

Langdon-Davies est probablement arrivé trop tard pour concurrencer van Rysselberghe. Rysselberghe s'intéressa à la téléphonie et à la télégraphie simultanées, et se tourna rapidement vers le système télégraphique FDM à 2 canaux (ou multicanaux, si souhaité), qui s'avéra techniquement performant et fut adopté à petite échelle par plusieurs compagnies ferroviaires britanniques à partir de 1887.

La **Phonopore Company** fut créée pour exploiter le système, mais il semble certain qu'il ne connut pas de succès commercial.

Le phonoplex d'Edison fut également utilisé par les compagnies ferroviaires, probablement seulement aux États-Unis, et, là encore, à petite échelle.

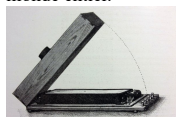
Un système quelque peu similaire, utilisé par l'armée britannique, est également brièvement mentionné à la fin de cet article.

Techniquement, le phonopore était intéressant car il impliquait un type de transformateur très particulier, qui n'était pas compris à l'époque. Une analyse de ce dispositif est donc présentée dans cet article.

En Belgique de 1880 à 1889, Charles Mourlon collabore avec François **Van Rysselberghe** à la commercialisation de son invention, consistant à utiliser les mêmes câbles pour la télégraphie et la téléphonie. **Charles Mourlon** créa les premiers ateliers de construction de matériel électrique en Belgique, c'était un homme d'affaires de Brus-Roy principalement actif dans les applications électrotechniques.

Avec **Van Rysselberghe**, ils vendent des licences et des appareils de télégraphie et téléphonie simultanée, ce qu'on appelle le "**système Van Rysselberghe**" dans le monde entier,

L'invention, brevetée en 1882 en Belgique et au Royaume-Uni, a entraîné l'expansion rapide de l'usine de Mourlon à Bruxelles. Plus tard, des brevets ont été obtenus dans le monde entier.



Système M. Van Rysselberghe, [Document télégraphie et téléphonie simultanés de Mourlon 1884](#) et fichier 

Van Rysselberghe entreprit de fournir un téléphone longue distance utilisant les réseaux télégraphiques existants appartenant aux différents bureaux de poste. Pour ce faire, il devait filtrer les signaux Morse de la voix et la voix du Morse. Son timing était favorable. Il y avait désormais de nombreux téléphones en service et les abonnés souhaitaient passer des appels à plus longue distance. L'immense réseau télégraphique était déjà en place. En Europe, les réseaux télégraphiques appartenaient aux mêmes bureaux de poste publics qui possédaient les lignes téléphoniques principales. Il était donc judicieux d'étendre le service principal en utilisant l'infrastructure existante. En Grande-Bretagne, WH Preece, l'électricien en chef de la Poste, a hésité à utiliser le circuit non pas à cause de ses propres défauts, mais parce que le système de télégraphie à grande vitesse de Wheatstone utilisé en Grande-Bretagne sur les principales lignes télégraphiques avait peut-être des problèmes avec celui-ci. Malgré cela, il a quand même finalement été introduit. C'est peut-être le résultat d'une visite de Preece à Paris en 1889, où il a vu le système en action et a été autorisé à le tester.

Premières conceptions et brevets

La première mention du principe du phonopore par **Langdon-Davies** semble être son brevet de 1884. À ce stade, cependant, il envisageait la superposition d'un canal téléphonique sur une ligne télégraphique existante, sur le même principe que le système beaucoup plus connu de F. van Rysselberghe. Néanmoins, la caractéristique distinctive du système de Langdon-Davies apparaît clairement ici dans le dispositif de couplage spécial qu'il appelait alors « **électrophone** ».

Des schémas de circuits typiques tirés de la description de son brevet sont présentés sur la figure 1. L'électrophone était « composé de deux conducteurs ou plus disposés ensemble mais isolés l'un de l'autre... On peut utiliser un fin fil de cuivre recouvert de soie ou d'un autre isolant. Deux ou plusieurs de ces fils sont disposés ensemble, puis recouverts de soie ou d'un autre matériau approprié. » Le fil duplex ou multiple ainsi préparé est généralement enroulé sur une bobine... Je nomme ces instruments... électrophones, car ils permettent le passage des sons électriques mais bloquent le passage des courants électriques, ou du moins, des courants susceptibles d'actionner les appareils télégraphiques... Une seule extrémité de chaque brin est reliée à une borne, l'autre extrémité étant isolée.

Le circuit de base de la figure 1a pourrait être amélioré par l'ajout d'un électrophone « double » (par opposition à « multiple ») en série au point A de la branche téléphonique, comme illustré sur la figure 1b, car « ce dispositif est très efficace pour supprimer les parasites téléphoniques ».

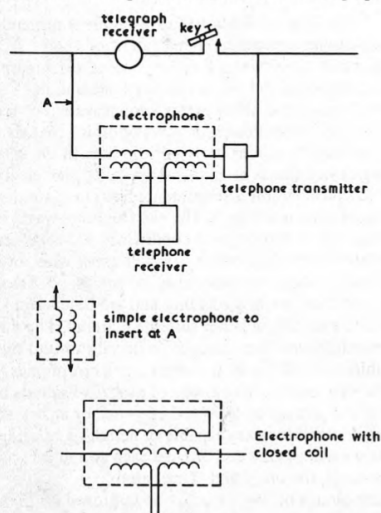


Fig. 1
Electrophone (later called the phonopore) of Langdon-Davies's 1884 patent

Un autre dispositif ayant un « effet bénéfique marqué sur l'atténuation des parasites télégraphiques » est le bobinage court-circuité de la figure 1c.

Dans son brevet, Langdon-Davies ne donne aucune explication sur les principes de son remarquable dispositif, mais un récit de la façon dont il y est parvenu est paru plus tard dans un article du *Times* qu'il avait sans aucun doute inspiré :

« On sait depuis longtemps que si un téléphone est inséré dans un fil situé près d'une ligne de fils télégraphiques, chaque courant télégraphique traversant produira des parasites dans le téléphone, bien que le fil téléphonique soit parfaitement isolé des fils télégraphiques. Ces parasites sont appelés « parasites d'induction », et ils constituent l'un des plus grands obstacles à la téléphonie longue distance. Engagé dans l'étude des phénomènes d'induction afin de trouver des moyens d'en atténuer l'effet dans les téléphones, M. C. Langdon-Davies a eu l'occasion de l'examiner dans diverses conditions, à la fois à Au pays comme à l'étranger.

Sur une très longue ligne télégraphique — peut-être l'une des plus longues lignes directes au monde — reliant Amsterdam à Berlin, des courants très forts étaient utilisés, produisant un effet si puissant sur un téléphone voisin que cela conduisit M. Davies à l'hypothèse que cette induction était causée par une forme de force électrique qui pouvait être séparée des courants et qui pouvait traverser librement des isolateurs imperméables au courant.

Il supposa également que, si tel était le cas, une nouvelle série d'instruments pouvait être construite pour exploiter cette force et qui, de surcroît, pourrait être utilisée conjointement avec les instruments de mesure de courant sur la même ligne.

La piste de recherche ainsi tracée a été persévéramment suivie par M. Davies et, après de longues et patientes recherches, a abouti à la mise au point par lui de divers instruments d'une utilité pratique apparemment considérable, comme M. Davies nous l'a récemment démontré dans ses bureaux,

110 Cannon Street, Londres. L'extraordinaire Les résultats qu'ils produisent parlent d'eux-mêmes ; les raisons pour lesquelles ils sont produits constituent de nouveaux problèmes de physique mathématique qui restent à résoudre. La seule forme de force électrique qui les traverse librement semble toujours pouvoir être associée au son...

The Electricien n'a plus fait mention du phonopore pendant près de trois ans !

Bien que Langdon-Davies n'ait jamais complètement abandonné l'idée d'utiliser son appareil pour la téléphonie, on trouve en 1885 le premier et principal brevet pour son utilisation en télégraphie multiple.

Dans le descriptif provisoire, daté du 11 avril 1885, l'appareil est encore appelé électrophone ; mais, dans le descriptif complet, daté du 11 janvier 1886, le nom phonopore a été substitué sans explication.

(Il a été déclaré plus tard que le suffixe « -pore » provenait du grec poros, signifiant passage, de sorte que phonopore signifiait un passage pour le son.) Le phonopore était, dans ce brevet comme souvent dans la pratique ultérieure, combiné à un vibreur pour générer le signal alternatif qui était interrompu par une clé pour produire les signaux télégraphiques pour le canal alternatif. Plusieurs de ces dispositifs, vibrant à différentes fréquences, pouvaient être utilisés pour former un système multicanal. Puisqu'un vibreur, utilisant des contacts à ouverture et fermeture, permettait de transmettre le signal, le phonopore était un dispositif de transmission de données.

Dans un circuit local, il fallait un enroulement sur un noyau de fer. Il était évident, pour simplifier, de bobiner les enroulements du phonopore au-dessus de la bobine du vibreur sur le même support, et ainsi le phonopore devenait un dispositif à noyau de fer. Comme les enroulements du circuit de signal étaient bifilaires et qu'il y avait un noyau de fer (en réalité un faisceau de fils de fer doux), il y avait un excellent couplage capacitif et inductif entre les enroulements. Une curiosité du dispositif à ce stade était que l'enroulement du vibreur était composé de quatre enroulements monocouches, connectés en parallèle, puis en série avec un autre enroulement, bobiné bifilairement avec l'un des quatre enroulements, mais en fil à haute résistance. On pense que, alors que les dispositifs ultérieurs ont conservé les enroulements multiples, l'enroulement à haute résistance a été omis. La manière dont cette agencement d'enroulement particulier était censé améliorer le fonctionnement du système n'a jamais été clairement expliquée.

Réception du courant alternatif

La transmission des signaux se faisait par une ancre accordée ; lorsque le signal dans la bobine d'excitation du récepteur faisait vibrer l'ancre, la résistance d'un point de contact appuyant normalement sur l'ancre augmentait, provoquant ainsi le déclenchement d'un relais et indiquant la présence du signal.

Les signaux d'appel actionnaient une « flamme sensible » qui, normalement, brûlait à plat sur la gaze, mais qui, lorsque des courants harmoniques appropriés passaient dans les bobines, brûlait sous forme d'une flamme haute et fine.

Nombre de contemporains de Langdon-Davies considéraient les enroulements de la ligne phonopore comme un simple type particulier de condensateur. Lui-même affirmait, dans un autre brevet de 1885, que, même en tant que simple condensateur, le phonopore présentait un avantage important par rapport aux condensateurs ordinaires, en ce qu'il était beaucoup plus résistant aux décharges de foudre et autres perturbations similaires qui détruisaient les condensateurs ordinaires. Nous montrons plus loin que le phonopore est équivalent à un condensateur et une inductance en série, et l'on peut donc constater que il se pourrait bien que cette affirmation ait été fondée.

Pour obtenir un réel avantage sur les systèmes télégraphiques ordinaires, le système phonopore devait pouvoir fonctionner en duplex sur les canaux ordinaires et alternatifs. Ceci fut couvert par un brevet de 1886 qui décrivait les agencements de circuits nécessaires, et présentait également d'autres améliorations techniques de l'émetteur. En réalité, il suffisait d'inclure un autre phonopore dans le circuit d'équilibrage du canal alternatif.

Deux autres brevets ultérieurs peuvent être mentionnés, mais ils n'ont guère contribué à l'avancement technique et en rien à la science.

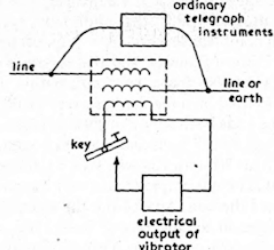


Fig. 2
The phonopore for coupling an a.c. telegraph channel to an ordinary telegraph line

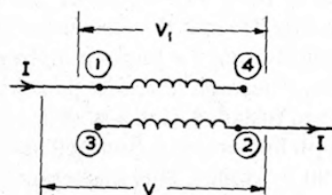


Fig. 3
Basic phonopore for analysis

Tout enroulement tel que celui reliant le vibreur au système de la figure 2 est sans incidence sur le principe de base du phonopore. Nous prenons donc comme configuration d'analyse le phonopore à 2 enroulements représenté sur la figure 3. Les bornes 3 et 4 sont laissées déconnectées. Le courant entrant et sortant du dispositif est I. La tension entre

les bornes 1 et 2 est V , celle entre 1 et 4 est V_1

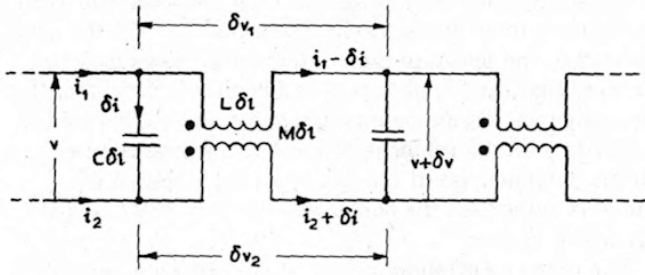


Fig. 4

Notional structure of central part of phonopore

Le dispositif est un système distribué dont la structure peut être représentée comme sur la figure 4, où chaque « section » est une très petite partie δl de la longueur totale l du phonopore, qui possède une inductance propre L par unité de longueur, une inductance mutuelle M par unité de longueur et une capacité C par unité de longueur. La résistance et les courants de fuite sont supposés négligeables.

Avec la notation indiquée dans les schémas, nous avons :

$$i_1 + i_2 = I \quad (1)$$

$$\delta i = v j \omega C \delta l \quad (2)$$

$$\delta v_1 = (i_1 - \delta i) j \omega L \delta l + (i_2 + \delta i) j \omega M \delta l \quad (3)$$

$$\delta v_2 = (i_2 + \delta i) j \omega L \delta l + (i_1 - \delta i) j \omega M \delta l \quad (4)$$

Or, il a été spécifié que les deux enroulements étaient bifilaires, c'est-à-dire étaient enroulés ensemble comme un fil double. Il est donc raisonnable de supposer que le couplage magnétique est parfait, de sorte que $L = M$. Alors

$$\delta v_1 = \delta v_2 = I j \omega L \delta l \quad (5)$$

$$\delta v = 0 \quad (6)$$

$$V_1 = \int_0^l \delta v_1 = I j \omega L_T \quad (7)$$

and, from eqn. 2,

$$v = \frac{1}{j \omega C} \frac{di}{dl} = I / j \omega C_T \quad (8)$$

where the total inductance $L_T = L \int_0^l dl = Ll$

and the total capacitance $C_T = C \int_0^l dl = Cl$

The overall voltage drop V is therefore

$$V = I(j \omega L_T + 1/j \omega C_T) \quad (9)$$

ce qui signifie que le circuit équivalent est simplement une connexion en série de L_T et C_T , comme indiqué sur la figure 6. La distribution de la tension le long des enroulements est celle indiquée sur la figure 5.

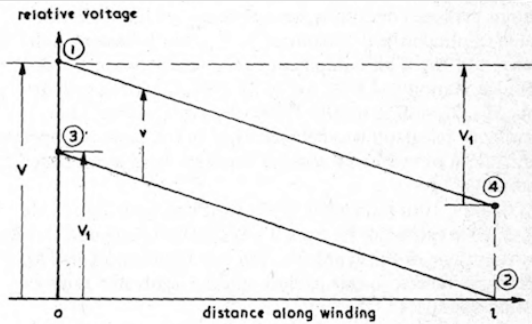


Fig. 5

Voltage distribution along the windings

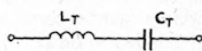


Fig. 6

Equivalent circuit of phonopore

Il serait intéressant de connaître les valeurs de L_T et C_T dans les phonopores réellement utilisés. La seule information disponible actuellement est un commentaire indiquant que Silvanus P. Thompson (qui prenait le phonopore très au sérieux !) a mesuré la capacité entre les bornes que nous avons numérotées 1 et 3, sans le noyau de fer, et a obtenu la valeur $0,083 \mu F$; et que John Hopkinson a mesuré la capacité apparente entre les bornes 1 et 2, avec le noyau en place, et a obtenu $0,5 \mu F$. Or, la mesure de Thompson portait sur la véritable C_T et n'aurait de toute façon guère été affectée par le noyau de fer. La mesure de Hopkinson indique, par la capacité apparente élevée, qu'il travaillait près de la fréquence de résonance, mais, malheureusement, la méthode et la fréquence de mesure ne sont pas consignées. Si l'on suppose, cependant, qu'il mesurait par pont à $\omega = 5000$ rad/s, alors, avec $C_T = 0,083 \mu F$, on obtient $L_T = 0,4$ H et une résonance autour de 1000 Hz.

Il est difficile de voir en quoi l'utilisation du phonopore offrait un réel avantage par rapport à un simple condensateur dans le système télégraphique à 2 canaux, et, dans la proposition antérieure de téléphonie et télégraphie simultanées, elle aurait été inférieure, car elle aurait déformé la réponse en fréquence du canal téléphonique. Son avantage en tant que parafoudre aurait pu être plus réel.

La combinaison du dispositif transformateur/condensateur à phonopore avec le vibreur pour la télégraphie harmonique ou alternative pourrait expliquer comment il a conservé son identité en tant que base d'un système télégraphique breveté et compétitif à une époque où peu d'ingénieurs télégraphiques en chef auraient pu effectuer l'analyse simple présentée ci-dessus. Ainsi, le fait qu'elle n'utilisait aucun principe essentiel qui n'ait déjà été établi par d'autres semble être passé largement inaperçu.

Promotion du phonopore comme base d'un système télégraphique multiple, à partir de 1886.

Le début de la campagne promotionnelle de Langdon-Davies pour commercialiser le phonopore semble avoir été la démonstration rapportée par le Times dans son article du 27

mai 1886, dont nous avons déjà cité quelques extraits explicatifs. Les démonstrations furent alors réalisées sur une ligne artificielle, qui, comme on peut le constater d'après sa description, n'avait aucun rapport avec les lignes réelles. Néanmoins, les tests effectués mirent en évidence le potentiel du phonopore, et le Times eut raison d'être impressionné. Langdon-Davies ne tarda pas à organiser des essais dans des conditions plus réalistes, sur de véritables lignes télégraphiques. Il obtint la coopération de la South Eastern Railway et installa son équipement sur la ligne reliant la gare de London Bridge à Folkestone. Le système fonctionnait avec un succès total, selon The Times Observer, que le télégraphe ordinaire fonctionne dans le même sens ou en sens inverse, ou entre les stations intermédiaires.

Le 10 décembre 1887, la **Phonopore Syndicate Ltd.** fut enregistrée. Son capital s'élevait à 90 000 £. Langdon-Davies, n'était pas membre du syndicat, et devait recevoir 36 000 £, en partie en actions, pour ses brevets et les droits dans de nombreux autres pays.

Langdon-Davies poursuivit le développement de son système. Début 1889, il fit une nouvelle démonstration sur une ligne télégraphique ferroviaire, cette fois sur la ligne du Midland Railway entre la gare de St. Pancras (Londres) et Derby, sur une distance de 130 miles, avec le canal phonopore connecté entre Londres et une station intermédiaire à Leicester, à l'aide d'un imprimateur-récepteur. Cette démonstration a reçu un accueil très favorable, non seulement dans le Times, mais aussi dans un article long et techniquement satisfaisant du magazine auparavant critique

The Electrician.

L'article du Times mentionnait également la flexibilité totale du système phonopore, notamment la possibilité de le connecter à une ligne quadruplex déjà en fonctionnement.

Comme le phonopore pouvait facilement fonctionner en duplex (et il était généralement admis que ses réglages pour le fonctionnement en duplex étaient beaucoup moins critiques que pour le télégraphe ordinaire), cela signifiait que le fonctionnement en « sextuplex » était possible.

Or, le fonctionnement en quadruplex était déjà bien établi dix ans avant ces démonstrations (une histoire et une description technique du quadruplex ont été données par Prescott en 1877), et le fonctionnement en sextuplex utilisant un signal généré par vibreur pour un courant alternatif duplex. Un système superposé à un système quadruplex a été proposé par Edison en 1877 et par Field en 1881.

On ignore si l'une ou l'autre de ces propositions a été utilisée en pratique, mais, comme les canaux alternatifs n'étaient pas couplés par des condensateurs, mais directement sur la ligne, il est peu probable qu'ils aient été aussi performants que le sextuplex phonopore.

Il était également généralement admis à cette époque que le canal phonopore était beaucoup moins sensible aux augmentations de résistance de la ligne qu'un télégraphe ordinaire. En effet, bien plus tard, en 1893, il fut affirmé que, sur quatre lignes différentes, le canal phonopore avait continué à fonctionner après que les canaux ordinaires eurent cessé de fonctionner en raison de ruptures de fil !

On ignore combien de temps Langdon-Davies continua à travailler sur le phonopore, mais il semble que sa collaboration avec le syndicat, ainsi qu'avec le sujet, ait cessé en 1894, puisqu'un nouveau brevet concernant le phonopore (mais pas de manière fondamentale) fut déposé cette année-là par la société et un certain E.W. Smith.

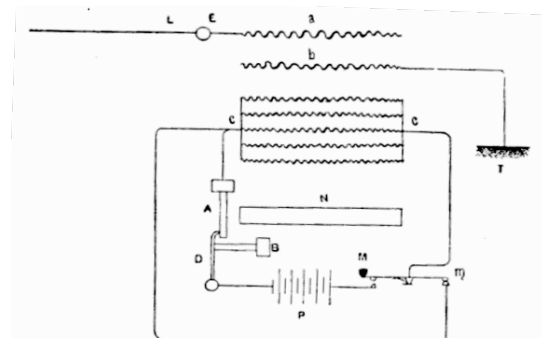
A Remarkable Telephonic Invention. Nature describes, under the name of the "phonophore," a remarkable telephonic invention about to be introduced to public notice by Mr. Langdon Davies. The name is given to a contrivance which, while absolutely a non-conductor of continuous electric currents, still allows of the passage or transmission of rapidly alternating currents such as correspond to sounds in vocal and harmonic telephony. The "phonophore" consists essentially of two insulated wires laid side by side, twisted together and wound upon a bobbin, one end of each wire being completely insulated. Regarded as a condenser, its capacity is very feeble indeed. Regarded as an induction coil neither the primary nor the secondary forms a closed circuit. Yet it transmits telephonic speech perfectly. It follows that Mr. Davies has solved the problem of telephoning on an open circuit. But the real object of the invention is to enable telephonic messages, including both vocal and harmonic under that name, to be transmitted through the ordinary telegraph wires without interference with or from the telegraphic messages that are simultaneously passing through the wires. Mr. Davies has devised a whole series of new telephonic apparatus in which not only the induction-coils of the transmitters but also the bobbins of the receivers are replaced by open-circuit phonophore coils. Apart from its purely technical value, the new instrument presents several points of great scientific interest, and opens up sundry new problems to the mathematical physicist.—Scientific Journal.	Vu dans "THE GREEN CASTLE TIMES," 14 octobre 1886 Une invention téléphonique remarquable, baptisée « phonophore », est sur le point d'être présentée au public par M. Langdon Davies. Ce nom désigne un dispositif qui, bien qu'absolument non conducteur de courant électrique continu, permet néanmoins l'établissement ou la transmission de courants alternatifs rapides, tels que les sons utilisés en téléphonie vocale et harmonique. Le « phonophore » est essentiellement constitué de deux fils isolés, placés côte à côte, torsadés et enroulés sur une bobine, chaque extrémité de chaque fil étant complètement isolée. Considéré comme un condensateur, sa capacité est en effet très faible. Considéré comme une bobine d'induction, ni le primaire ni le secondaire ne forment un circuit fermé. Pourtant, il transmet parfaitement la parole téléphonique. Il s'ensuit que M. Davies a résolu le problème de la téléphonie sur un circuit ouvert. Mais le véritable objectif de l'invention est de permettre la transmission de messages téléphoniques, y compris les messages vocaux et harmoniques, par les lignes télégraphiques ordinaires sans interférence avec les messages télégraphiques qui y transitent simultanément. M. Davies a conçu toute une série de nouveaux appareils téléphoniques dans lesquels non seulement les bobines d'induction des émetteurs, mais aussi les bobines des récepteurs sont remplacées par des bobines de phonophore à circuit ouvert. Outre sa valeur purement technique, ce nouvel instrument présente plusieurs points d'un grand intérêt scientifique et soulève de nombreux nouveaux problèmes pour le physicien mathématicien. — Scientific Journal
---	---

Dans la presse technique Française :

Les télégraphes harmoniques sont basés sur la propriété des courants ondulatoires de diverses périodes, de se superposer parfaitement, en donnant un courant résultant dans lequel des récepteurs appropriés peuvent déceler et en quelque sorte trier les courants ondulatoires constitutifs.

Si le courant ondulatoire résulte, par exemple, de la superposition de courants à nombres d'ondes égaux à ceux du la1, do1, mi1 et qu'on lui fasse traverser un récepteur qui ne donne que le mi1, comme le monotéléphone Mercadier, ce récepteur fournira le mi1 sous l'influence du courant composé, comme si les courants relatifs au la1 et do1 n'y existaient pas. Si le récepteur était accordé pour une autre note que le la1, do1 ou mi1, le courant résultant considéré le traverserait sans l'influencer d'une manière sensible.

Il y a là un fait analogue à celui qu'on observe avec les résonateurs de Helmholtz, qui ne sont impressionnés par une onde musicale complexe que pour autant que leur son propre ou spécial entre dans la composition de cette onde.



L'appareil caractéristique du système est un transmetteur dont les propriétés tiennent à la fois du transformateur et du condensateur. C'est une bobine d'induction dont le circuit primaire cc (fig. ci dessus) présente plusieurs enroulements égaux unis en quantité, tandis que le circuit secondaire est constitué par deux enroulements isolés a et b. Une des extrémités de b est reliée à la terre T, l'extrémité opposée de a au récepteur, puis à la ligne; les deux autres bouts restent isolés. Tous ces circuits sont enroulés autour d'un noyau en fer doux N, fendu suivant une génératrice pour éviter la production des courants de Foucault.

Dans le circuit primaire se trouve une clé Morse Mm permettant, soit d'établir un court-circuit sur les bobines, position de repos; soit d'introduire une pile P et un interrupteur spécial DBA, position d'attaque.

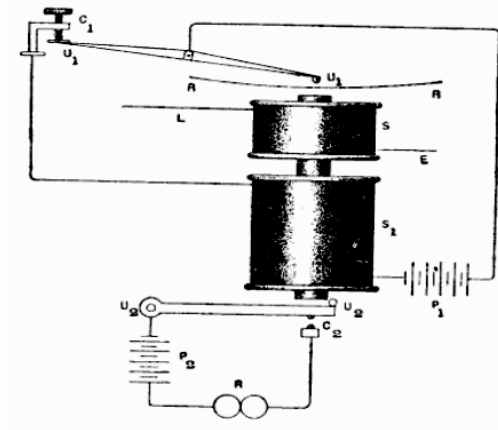
Cet interrupteur se compose d'une lame vibrante A, d'une seconde lame vibrante D beaucoup plus légère et par conséquent facilement gouvernée par A, d'une vis de butée B. La durée du contact entre A et D et, par conséquent, du passage du courant dans le circuit primaire, dépend de la position de la vis de butée. On la règle de manière que le contact ait exactement lieu pendant la moitié de la course de la languette R.

L'appareil rend alors un son musical, tandis que son circuit secondaire est parcouru par un courant onduloatoire de même période que le son simple produit.

Les courants variables seront donc transmis, mais les courants permanents ne passeront pas, vu l'ouverture du secondaire.

La subdivision du primaire en plusieurs enroulements égaux a pour but de diminuer son coefficient de self-induction, donc de réduire l'extra-courant de rupture et, par suite, de prolonger la vie du vibreur.

Le récepteur s'intercale entre la ligne et le transmetteur.



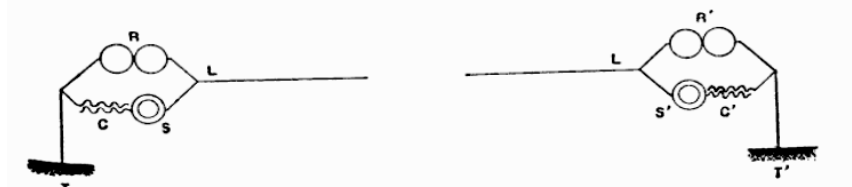
Il se compose de deux bobines S et S' (fig. ci dessus) chaussées sur un noyau commun, S est connecté à la ligne L d'une part, au transmetteur en E d'autre part. S j, appelée par l'inventeur bobine augmentatrice, est insérée dans le circuit local d'une pile Plt d'un balancier U Uj et d'un contact Cj. Entre le balancier et le noyau se trouve une anche RR en fer doux, accordée au même nombre de vibrations que la languette rythmique du transmetteur et qui, en temps normal, est incurvée sous l'attraction du noyau des bobines. Lorsqu'on fait fonctionner le transmetteur en abaissant la clé Mm, les courants sinusoïdaux lancés dans le récepteur font vibrer synchroniquement l'anche RR, qui rend le même son musical que le transmetteur.

On peut donc recevoir à l'ouïe des sons longs et courts, correspondant aux barres et points de l'alphabet Morse, et lire ainsi les dépêches transmises.

M. Langdon-Davies a été plus loin. Il obtient en outre l'enregistrement des barres et des points au moyen du dispositif très simple représenté au bas de la figure.

Quand le récepteur ne fonctionne pas, l'aimantation de son noyau maintient levé un levier U2U2 faisant partie d'un circuit local comprenant une pile P2 et un récepteur Morse ordinaire. Le circuit est donc coupé. Sitôt fonctionnement du récepteur et entrée en vibration de l'anche RR, l'amplitude des vibrations de celle-ci est assez grande, au bout d'un temps excessivement court, pour frapper le balancier UjUj, rompre le circuit local UjCj et le maintenir rompu. À ce moment le levier U2U2 retombe, le récepteur Morse est actionné et son traceur marque un trait, aussi longtemps que les courants rythmés traversent la bobine S.

Le montage du poste phonoporique est représenté par la figure ci dessous .:



Il shunte les postes Morse ordinaires R et R'; mais ce shuntage n'est qu'apparent, puisque son circuit présente une solution de continuité.

La position des postes phonoporiques dans la ligne peut d'ailleurs être quelconque.

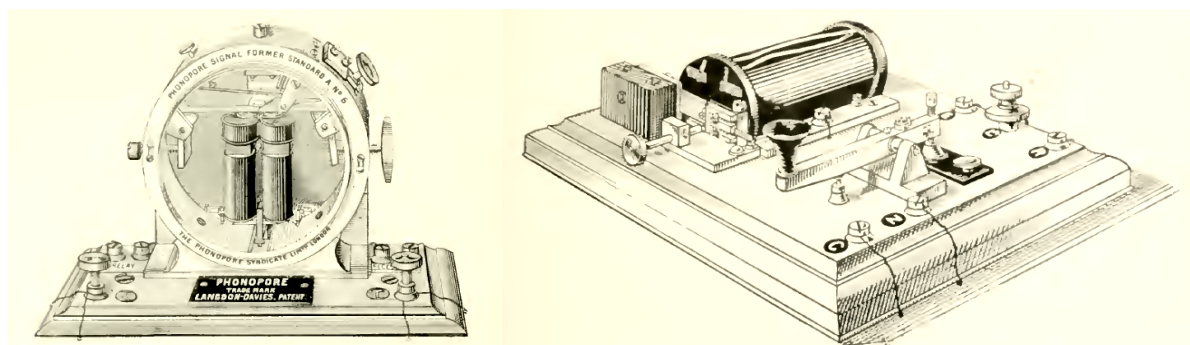
Si les postes Morse R et R' fonctionnent en simplex, la ligne servira à l'échange simultané de deux télégrammes : un Morse et un phonoporique. S'ils fonctionnent en duplex, trois transmissions s'échangeront simultanément, etc.

Remarquons en passant que la réception Morse réalisée exclusivement à l'ouïe fait rentrer le système télégraphique Morse dans le domaine de la téléphonie, car son récepteur devient ainsi un véritable monotéléphone.

Les appareils phonoporiques ont été bien étudiés au point de vue pratique. Lors de l'essai du système fait en Suisse, on a constaté que son fonctionnement produit une forte induction dans les lignes téléphoniques à simple fil même éloignées. Il est donc nécessaire de l'installer en circuit métallique.

Le phonopore était un téléphone pouvant être connecté au même fil qu'un circuit Morse permettant la parole et la télégraphie simultanées.

Il a permis aux administrations des télécommunications et aux chemins de fer d'économiser beaucoup d'argent vers la fin du 19e siècle en supprimant tout besoin urgent d'installer une nouvelle infrastructure de lignes pour fournir un nouveau service de téléphonie.



Le récepteur du Phonopore et le transmetteur.

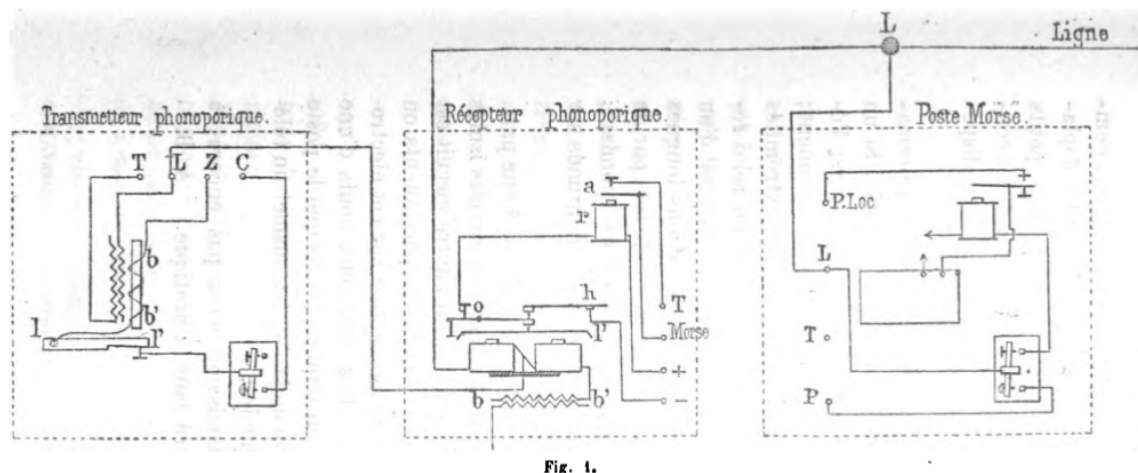


Fig. 1.

La fig. 1 montre un poste phonoporique simple composé du transmetteur et du récepteur phonoporiques et d'un poste Morse complet.

Le transmetteur est constitué par une bobine d'induction qui possède un circuit primaire et deux circuits secondaires.

Le circuit primaire bb' (fig. 1) est formé par 14 fils réunis en quantité et enroulés autour d'un barreau d'acier ; ses deux extrémités sont reliées respectivement à la lame vibrante l' et à un pôle Z d'une pile dont l'autre pôle C communique avec une clef Morse. Le circuit secondaire n'est autre chose que la bobine phonoporique, formée de deux fils enroulés isolément sur une longueur de 100 mètres et enroulés ensemble sur la longueur restante (450m). L'un de ces fils a une extrémité isolée et l'autre L en communication avec la ligne à travers l'électro-aimant du récepteur monté en différentiel. Le deuxième fil a également un bout isolé et l'autre en communication avec le sol T . Le récepteur est formé d'un électro-aimant polarisé à deux bobines, dont les pièces polaires sont très rapprochées, et dont l'armature est constituée par une lame d'acier reposant sur deux petits chevalets.

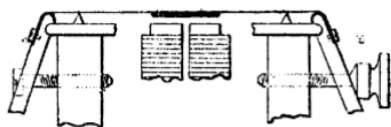


Fig. 2.

Elle est fixée par ses extrémités à deux pièces métalliques, dont l'une est fixe et l'autre peut être déplacée à l'aide d'un bouton de serrage, comme l'indique la fig. 2. Au dessus de l' se trouve l'extrémité d'un levier mobile, autour du point O , sur lequel s'appuie un ressort fixé en h (fig. 1). Les axes o et h sont suspendus à des étriers, en laiton qui sont mobiles dans des glissières et auxquels on peut communiquer des déplacements très petits au moyen de vis convenablement disposées. L'armature du relais est ainsi attirée en permanence par l'effet du courant de la pile locale. Si un courant vibratoire de période convenable traverse l'électro-aimant, l'armature lame ll' vibrera fortement ; les contacts actuellement établis aux deux extrémités du levier O seront altérés, l'armature a du relai reviendra à sa position de repos et fermera le circuit d'un récepteur Morse. De sorte que des émissions longues ou brèves de courants vibratoires, produites par le transmetteur phonoporique du poste correspondant, seront transformées en traits ou points imprimés sur la bande d'un appareil Morse. L'électro-aimant récepteur communique, d'une part, avec la ligne, et d'autre part avec un des circuits isolés d'une bobine phonoporique bb' , dont l'autre circuit est à la terre. De cette façon, les courants permanents ou à variations lentes n'ont aucune action sur cet électro-aimant. Deux postes installés aux deux bouts d'une ligne peuvent travailler en duplex, tandis que le poste Morse indiqué à la droite de la fig. 1 transmet un télégramme à la façon ordinaire. Ce système de transmission n'est pas encore, à notre connaissance, entré dans la pratique. A. B.

Van Rysselberghe s'associe à Charles Moulton à Bruxelles pour fabriquer les instruments de son système. Ils ont autorisé leur système dans le monde entier et son succès fut tel qu'en 1889, ils contactèrent les gouvernements britannique et français pour établir une ligne téléphonique transmanche. Il était prévu de la faire payer par la compagnie et de la rembourser par une redevance sur les appels vocaux et télégraphiques effectués sur celle-ci. La proposition a été rejetée par les deux gouvernements, car ils commençaient à s'inquiéter du niveau de propriété privée dans la nouvelle et florissante industrie du téléphone.

Le nom de Van Rysselberghe est tombé dans l'oubli, tandis que Langdon-Davies a continué à produire des téléphones pratiques dans un domaine que Van Rysselberghe semble avoir ignoré : les chemins de fer.

Le phonopore et le Great Western Railway

Nous avons déjà évoqué les essais du phonopore sur le South Eastern Railway et le Midland Railway, et des références contemporaines indiquent certainement que des installations plus permanentes ont été mises en place, au moins sur le Midland.

Le directeur général de la Phonopore Co. Ltd. (nom qu'elle avait alors donné) a déclaré lors de l'assemblée générale annuelle de la société en avril 1893 que les systèmes phonopore fonctionnaient « avec un succès total » de Londres à Cambridge sur le Great Eastern Railway, ainsi que sur d'autres lignes, dont le Great Northern. Aucune confirmation de l'utilisation régulière du phonopore sur les lignes mentionnées n'a été trouvée malgré une recherche dans les procès-verbaux de leurs conseils d'administration et comités concernés.

Avec le Great Western Railway (GWR), cependant, la situation était différente. De nombreux documents attestent de l'utilisation généralisée du phonopore sur cette ligne. Outre les déclarations du directeur général lors de la réunion d'avril 1893, qui a déclaré que le Le phonopore fonctionnait entre Londres et Birmingham, ainsi qu'entre Londres et Bristol.

L'article du Kelectric Engineer indiquait qu'il fonctionnait également entre Bristol et Plymouth. On trouve de fréquentes références au phonopore dans les procès-verbaux du conseil d'administration et du comité d'ingénierie du GWR. De plus, un autre article du Times nous apprend que Langdon-Davies avait repris l'idée d'utiliser le phonopore pour fournir un canal téléphonique sur une ligne télégraphique, et que le Phonopore Syndicate avait installé un tel système sur la ligne télégraphique à signalisation par blocs entre Southall et Brentford, sur une distance d'environ 5 à 8 kilomètres. Ce système aurait donné entière satisfaction, mais aucune autre référence à cette utilisation du phonopore n'a été trouvée.

D'après les procès-verbaux du comité d'ingénierie, nous apprenons que l'autorisation pour les premiers essais du phonopore entre Londres et Bristol a été donnée le 27 mai 1891, les frais étaient à la charge de la Phonopore Co. Le 25 novembre, le surintendant du télégraphe, C.E. Spagnoletti, annonça que l'essai de six mois avait été concluant et que l'équipement devait être acheté. Il fut autorisé à négocier avec le syndicat en vue d'un accord à long terme pour l'utilisation étendue du phonopore. Le conseil d'administration approuva le contrat en janvier 1892, et celui-ci fut signé en juin.

L'achat de phonopores, qui avaient été testés entre Paddington (Londres) et Birmingham et entre Bristol et Plymouth et « qui s'étaient révélés très avantageux pour faciliter la transmission des télégrammes, fut approuvé par le comité le 15 février 1894. La mise en place d'appareils phonopore à Exeter fut approuvée le 21 octobre 1896. Les circuits télégraphiques du Sud du Pays de Galles furent réorganisés en 1897, et deux ensembles Des équipements phonopores furent installés à Cardiff et un autre à Swansea. Les modalités financières de l'accord de 1892 sont intéressantes. Les loyers dépendaient de la longueur de la ligne et du nombre de gares intermédiaires, mais étaient généralement de l'ordre de 100 £ par an. Une remise spéciale de 30 % sur cinq ans était accordée si la Great Western Co. était parmi les trois premières compagnies ferroviaires anglaises à adopter le télégraphe phonopore.

Le Syndicat et Compagnie Phonopore, et successeurs

Nous avons déjà noté que le Syndicat Phonopore a été enregistré le 10 décembre 1887 avec un capital de 90 000 £, dont 36 000 £ devaient être versées à Langdon-Davies pour ses brevets. Comme nous l'avons vu, des sommes importantes ont été consacrées à des activités promotionnelles, de nombreuses installations d'essai étant réalisées aux frais du syndicat. En 1892, le syndicat connaissait des difficultés financières et a levé des fonds supplémentaires en intégrant de nouvelles personnes à sa direction. Les relations avec Langdon-Davies s'étaient tendues, mais on ignore pour quelle raison.

En août 1892, le syndicat a été transformé en société, la Phonopore Company Limited. Le très honorable Sir Mountstuart E. Grant-Duff, G.C.S.I., a été nommé président, et

C.E. Spagnoletti a été nommé directeur général.

La nouvelle société tint sa première assemblée générale annuelle le 19 avril 1893. Le président et le directeur général évoquèrent les problèmes de l'entreprise. L'un d'eux était que le phonopore ne fonctionnait pas sur une distance aussi grande qu'espéré ; par exemple, bien qu'il fonctionnât bien de Londres à Bristol et de Bristol à Plymouth, il ne fonctionnait pas directement de Londres à Plymouth. Or, pour avoir un bon marché à l'étranger, ces longues distances étaient cruciales.

Un autre point important, apparemment abordé pour la première fois, était que le phonopore n'avait pas toujours donné satisfaction à certaines compagnies ferroviaires l'avaient utilisé. Le président déclara cependant que, depuis la prise de fonction de M. Spagnoletti, de nombreuses améliorations étaient apportées à l'appareil et qu'ils étaient confiants d'obtenir une plus grande portée et de donner davantage satisfaction. Il fut clairement indiqué qu'ils avaient rencontré de nombreuses difficultés avec Langdon-Davies, qu'il s'était révélé très coûteux et qu'ils avaient désormais conclu un accord avec lui. Langdon-Davies prit la parole lors de la réunion et tenta d'empêcher l'adoption du rapport du président. Il échoua. Ce fut probablement la fin de sa collaboration avec la société.

En août 1895, il fut annoncé que le capital nominal de la société s'élevait à 150 000 £. Le nombre d'actions de 1 £ souscrites était de 118 343, dont 79 405 avaient été émises entièrement libérées ; le montant total était appelé sur les actions restantes.

Compte tenu des prix pratiqués pour le phonopore, il est clair qu'un nombre considérable d'unités devrait être vendu ou loué pour justifier cet important investissement. Un mois plus tard, il fut annoncé la création d'une nouvelle société, dite [New Phonopore Telephone Company Limited](#), avec un accord d'achat auprès de la Phonopore Co. d'un nouveau brevet et de licences exclusives dans divers pays, pour un montant de 2 000 £. L'objectif, était manifestement d'exploiter les possibilités du Phonopore pour la téléphonie et la télégraphie simultanées. Cependant, compte tenu de la manière dont le système van Rysselberghe s'était implanté dans tant de pays, cet espoir était plutôt vain. Bien qu'il n'ait pas été possible jusqu'à présent de retracer plus en détail les activités techniques et de production de ces sociétés, leurs opérations financières peuvent être suivies dans les volumes annuels successifs du « Manual of Electrical Enterprises » de Garcke. Il semble que la Phonopore Co. ait cessé ses activités après la création de la New Phonopore Telephone Co., mais que cette dernière ait poursuivi ses activités pendant plus de 20 ans. Avec un capital autorisé initial de 10 000 £, son capital émis augmenta progressivement, passant de 3 515 £ en 1896 à un peu plus de 8 000 £. En 1908, elle possédait une usine à Southall, dans le Middlesex. Avec un capital aussi limité, il devait s'agir d'une très petite usine. On ignore sa production, mais, en 1916, la Phonopore Construction Company Ltd. fut « constituée pour construire et vendre des appareils électriques de toutes sortes, notamment des appareils téléphoniques, de signalisation, d'éclairage et de distribution d'énergie ; pour prendre en location les ateliers, les installations et le fonds de commerce de la New Phonopore Co. Ltd. ; contrepartie de l'acquisition : 175 £ en actions du fondateur ».

Ainsi, après 20 ans, l'activité de la New Phonopore Telephone Co. ne valait plus que 175 £ !

La Construction Co. disposait d'un capital autorisé de 4 175 £, et ce montant fut effectivement émis, bien qu'elle ne comptât que quatre actionnaires. Elle existait encore en 1920, mais faillit disparaître peu après.

D'après les statuts de la Phonopore Construction Co., il est clair que, si des équipements phonopore étaient encore fabriqués, ils ne constituaient plus son activité principale.

Certains éléments de preuve que les systèmes phonopore étaient encore utilisés sur les chemins de fer, proviennent toutefois du manuel « Télégraphie et téléphonie » d'E. Mallett, publié à Londres en 1929. Mallett indique, à la page 98, que « le phonopore, dans lequel un canal supplémentaire (télégraphique) est fourni par des signaux sonores... est utilisé dans une certaine mesure sur les chemins de fer », et, à la page 207, que « si le vibreur est remplacé par un circuit de microphone, on obtient une transmission simultanée de la parole et de la signalisation Morse. Le système est alors connu sous le nom de « phonopore » et est largement utilisé sur les chemins de fer. »

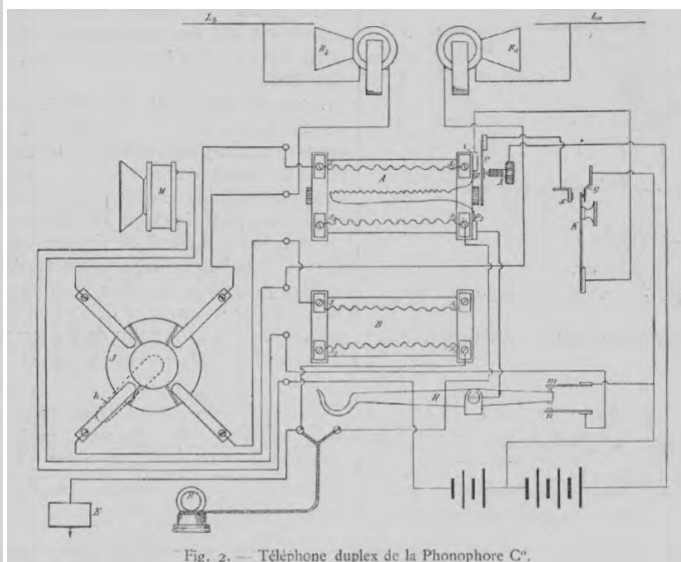
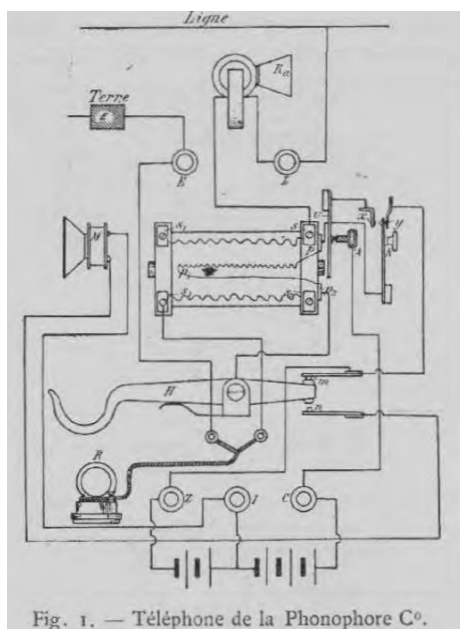
C. E. Spagnoletti

La nomination de Spagnoletti au poste de directeur général de la Phonopore Co. est intéressante. Il avait été surintendant du télégraphe de la Great Western Railway pendant près de 40 ans, après avoir été nommé chef du département du télégraphe en 1855. C'était un ingénieur très distingué, ayant été président de la Society of Telegraph Engineers (qui allait bientôt devenir l'Institution of Electrical Engineers) en 1885. Né en 1832 à Londres, de noble lignée italienne il mourut en 1915. Il était membre de la Royal Society. À la GWR, il avait été responsable de l'introduction du phonopore. Sans doute était-ce là ce qui l'attirait le plus chez Phonopore Co. Il prit sa retraite de la GWR et rejoignit la compagnie le 1er août 1892. Il ne rompit pas complètement ses liens avec la GWR, car il fut engagé par elle pendant quelques années comme consultant. Le compte rendu de ses dernières années d'association avec la GWR se trouve dans les procès-verbaux du conseil d'administration de juillet 1891 à août 1895 ; le chercheur intéressé y trouvera plusieurs questions intrigantes qui restent sans réponse.



1896 Vu dans "La Lumière Electrique : Téléphone de la Phonopore C°

On a représenté en figure 1 un phonopore à primaire p, p1, p2 et secondaire s s1, s2, s3 qui peut d'ailleurs être remplacé par une bobine d'induction quelconque avec condensateur interposé entre le secondaire et les bornes E et L, combinaison qui permet de fonctionner plus ou moins sans être troublé par les courants télégraphiques de la ligne.

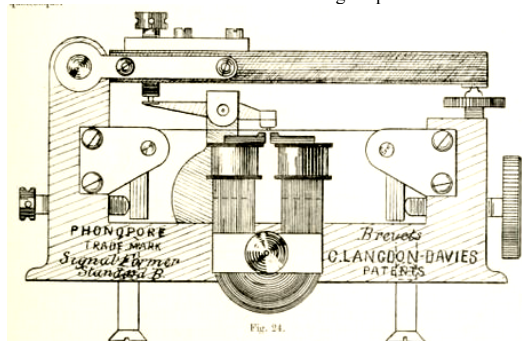


Le primaire p1, p2 est fermé par la clef K, r, m et le crochet H. Lorsqu'on presse K sur x, le primaire est fermé par le trembleur d'appel v. A, la pile CZ, m et H, ce qui induit un courant dans le circuit secondaire s1, s2, s3, relié par le récepteur Ra à la ligne L et, par le récepteur R, à la terre E. Quand H se relève, il ferme, par n, le circuit primaire sur la pile IZ et le transmetteur microphonique M; cette formation du circuit primaire renforce les courants d'appel qui passent en R. Pour communiquer avec deux lignes La et Lb figure 2, on emploie deux récepteurs Ra, R pouvant être reliés par un commutateur J aux bobines A et B. A est un phonopore à primaire disposé comme en figure 1 et secondaire relié par sa à R et à E. B est un phonopore simple, sans primaire, relié par s, à la tige E. Le bras h de J peut : 1° relier A-à la ligne La par Ra, qui peut alors communiquer par La, en même temps que Lb peut appeler par Rb et B.

Le Phonopore a rapidement attiré l'attention des chemins de fer de Belgique et s'est bien vendu en Grande-Bretagne et à l'étranger.

Le phonopore était un téléphone pouvant être connecté au même fil qu'un circuit Morse permettant la parole et la télégraphie simultanées.

Il a permis aux administrations des télécommunications et aux chemins de fer d'économiser beaucoup d'argent vers la fin du 19e siècle en supprimant tout besoin urgent d'installer une nouvelle infrastructure de lignes pour fournir un nouveau service de téléphonie.



Dessin du phonopore tiré de l'ouvrage de Langdon Davies : « An Explanation of the Phonopore and More Especially of the Simplex Phonopore Telegraph », Kegan Paul, Trench, Trubner and Co., Londres, 1891.

LE PHONOPORE .

Un autre inventeur vient de s'inscrire sur la liste de ceux que les lauriers de M. Van Rysselberghe empêchent de dormir .

Le vocabulaire électrique s'est en même temps enrichi d'un nom sonore de plus , et dame Nature elle - même n'a pas été négligée dans cette distribution de bienfaits ; elle se trouve ornée d'une force de plus : l'impulsion phonoporique ! A qui le tour ?

Notre grand confrère The Times nous présente , dans un tout récent numéro , pas un plat de son choix , car il ne fait que décrire sans commenter , mais tout au moins un plat du choix de l'inventeur de l'appareil en question ; car l'on sent , à la lecture de l'article auquel ledit journal consacre généreusement plus d'une demi - colonne , que ledit inventeur a été traité en enfant terrible auquel on laisse faire tout ce qu'il veut .

Dans ce cas , l'enfant terrible paraît avoir dit tout ce qu'il a voulu , et le grand journal s'est contenté d'enregistrer .

Nous ne le suivrons pas dans tous les détails élogieux dont il accompagne sa description , cela nous entraînerait trop loin .

Après un exorde pompeux de l'inventeur que nous avons oublié de nommer , **M. Langdon - Davies** , et de ses travaux de recherches , le journal The Times (M. L. D.) , décrit la construction de l'appareil et donne sur son compte des renseignements quelquefois plus abondants que lucides ; nous en extrayons brièvement les suivants : l'extrême sensibilité de l'instrument offrirait probablement la possibilité d'un bon fonctionnement , malgré les défauts d'isolement , de joints faits à la hâte , de contacts à la terre , etc , etc.

En pratique , l'analogie presque absolue des clics produits dans le téléphone par les make and break (contacts et ruptures) causa une grande difficulté de lecture d'autant plus sérieuse qu'elle offrait la possibilité de lire les signaux renversés .

Des expériences eurent lieu à cette époque avec des sounder vibra teurs construit par MM . Theiler et construits sur le principe des vibreurs de sonneries électriques ordinaires , mais disposés pour émettre une note musicale .

D'autres expériences très intéressantes furent conduites en vue de déterminer à quelle distance la transmission des signaux était possible avec ce système , lorsque cette transmission était effectuée au moyen de fils nus simplement posés sur le sol .

Dans une première expérience , faite sur 25 kilomètres de fil dont 16 kilomètres en fil de fer doux galvanisé et 9 kilomètres de fil de cuivre de 1 mm , 65 posé tantôt sur des haies , tantôt par terre , ou sur des poteaux télégraphiques parallèlement à des fils existants , ou encore dans des tranchées et traversant de nombreux jardins où la terre fraîchement remuée avait une conductibilité relativement élevée , le résultat fut le suivant : avec une clé Morse ordinaire et 10 éléments Leclanché à chaque extrémité , l'un des postes installé dans un appartement fermé pouvait entendre les signaux , assez faiblement , à la condition de tenir le téléphone à l'oreille . L'autre poste , établi en plein air n'a pu , souvent , lire les signaux à cause du vent qui produisait du bruit dans le téléphone .

L'addition d'un sounder vibreur a donné les meilleurs résultats , les signaux devenant parfaitement intelligibles et distincts des signaux dus à l'induction et aux courants terrestres .

Un autre avantage résultant de l'emploi du téléphone comme récepteur c'est qu'il n'exige aucun ajustement et est toujours prêt à fonctionner .

A l'occasion d'autres expériences , des signaux étaient échangés entre deux stations distantes réunies par un fil nu posé par terre en même temps que l'érection des poteaux et la pose des fils avaient lieu , démontrant ainsi la possibilité , en campagne , d'installer une ligne télégraphique en fil nu , aussi vite que l'armée avance , l'érection des poteaux et la pose des fils se faisant à loisir et la communication se trouvant ainsi établie depuis le commencement de la pose de la ligne .

Ce système a été exclusivement employé en Égypte , en 1882 ; à la bataille de Tel - el - Kebir , 115 dépêches d'environ 30 mots chacune étant transmises du champ de bataille même , de 84,30 du matin à 6 heures du soir .

Avec un vibreur perfectionné , sur une ligne aérienne isolée d'autres fils , par un beau temps , des signaux très distincts étaient échangés aux Indes , à 600 kilomètres de distance . Avec 30 éléments Minotto le téléphone était clairement entendu à distance de l'oreille . Avec quatre éléments seulement , il fallait tenir l'instrument à l'oreille .

Le mémoire du *capitaine Cardew* contient une foule d'intéressants renseignements et résultats d'expériences et sera publié en entier , avec un certain nombre d'illustrations dans un prochain numéro du journal de la Société .

J.-A. Berly .

Langdon-Davies a vendu ses Phonopores par l'intermédiaire de sa société, **Phonopore Construction Co. Ltd.** à une usine située à **Southall**, en **Grande-Bretagne**.

Bien que le système Van Rysselberghe ait aussi été conçu pour fonctionner entre des centraux téléphoniques ou sur des circuits de téléphone à téléphone, le Phonopore a été conçu spécifiquement pour fonctionner sur les lignes de télégraphe **Morse** à faible vitesse appartenant aux chemins de fer, pour répondre à leurs besoins.

Pour ce faire, il lui fallait un filtre pour couper les impulsions Morse basse fréquence de la conversation téléphonique et pour couper les fréquences de l'appel vocal en Morse, ce fut fait par le travail effectué par Van Rysselberghe. Restait un dernier problème, le signal d'appel téléphonique.

Le vibreur invention : pour signaler l'appel téléphonique sans interférer avec le canal télégraphique.

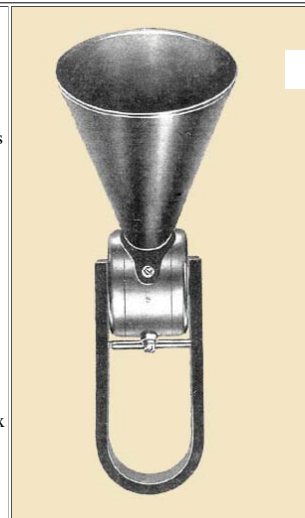
Pour résoudre ce problème, Langdon-Davies avait besoin d'une fréquence de sonnerie supérieure aux fréquences vocales, et non inférieure aux fréquences Morse.

Les oscillateurs étant inconnus à ce moment-là, il conçut un "**vibreur**", un dispositif mécanique qui générait une fréquence de sonnerie en s'ouvrant et en se fermant très rapidement à environ 135 Hertz.

Un tel vibreur était disponible auprès de la société **Collier-Marr**. c'était le haut-parleur idéal pour le Phonopore, le son du récepteur était supposé sonner comme un crissement de corbeau.

Alors que les téléphones étaient de plus en plus utilisés, Langdon-Davies a jugé nécessaire d'ajouter à la gamme des Phonopores à deux lignes, des standards, des postes téléphoniques et des interphones.

Un bureau Phonopore était également disponible. Langdon-Davies a finalement commercialisé un système PAX de 50 lignes pas à pas pour les bureaux administratifs des chemins de fer.



Ce n'est qu'en 1891 que **Langdon-Davies** publia une explication du phonopore et plus particulièrement du **simplex Phonopore Telegraph** .

([consultable en pdf](#))

Le principe semble assez simple aujourd'hui. En utilisant une tonalité audible, un second circuit Morse pourrait être créé sur le même fil que le circuit à courant continu normal. La tonalité a été générée par un relais à auto-interruption ou une sonnerie. La séparation entre les deux circuits Morse pourrait être réalisée à l'aide d'un condensateur, mais Langdon-Davies utilisait en fait une bobine bifilaire à extrémités ouvertes. La capacité mutuelle entre les enroulements a fourni le couplage et l'inductance des enroulements a aidé à filtrer les clics Morse. Langdon-Davies a décrit le couplage comme un canal sonore, ou "phonopore".

L'inventeur a également mis au point un arrangement pour l'application du phonopore à des fins téléphoniques. Grâce au phonopore, les communications téléphoniques peuvent être acheminées via un fil télégraphique ordinaire sans aucune interférence avec la télégraphie. Sur le Great Western Railway, deux appareils de signalisation distants de 3,5 km l'un de l'autre ont été reliés par téléphone au moyen de la présente invention, le téléphone étant installé sur un câble de signalisation. On trouve que le système répond admirablement, les deux services sur le même fil n'interférant aucunement.

Par la suite M. **Arthur Nicholson**, ingénieur en chef de la société **New Phonopore**, a mis au point un système de signalisation de ligne en 1914 qui permettait jusqu'à douze connexions. Il l'a fait en utilisant des relais sensibles à des niveaux de courant particuliers.

Une partie du bruit télégraphique pouvait toujours pénétrer dans le récepteur du Phonopore lorsque le téléphone et le télégraphe fonctionnaient simultanément sur de longues lignes avec des signaux puissants.

M. **Mark Jacobs**, ingénieur électricien en électricité, a mis au point un certain nombre de méthodes pour filtrer cette diaphonie en insérant un condensateur ou une bobine de compensateur redessinée dans le circuit. Il a breveté cela en 1905.

M. **Jacobs et Thorrowgood**, un autre ingénieur, ont reçu un brevet en 1907 pour une idée similaire. En enroulant soigneusement une bobine de compensation dans un récepteur, une petite capacité pourrait être intégrée afin de réduire davantage le bruit. Dans la pratique, peu de récepteurs ont été enroulés avec les bobines de récepteur, il est plus simple et moins coûteux d'ajouter la bobine de compensation appropriée dans le circuit à un moment opportun, selon la conception antérieure de Jacobs.

1892 Vu dans le "Greencastle Star Press, Greencastle, Putnam County" du 29 October 1892

DERNIER TRIOMPHE DE LA SCIENCE.

Le phonopore – Télégraphe et téléphone combinés d'une puissance extraordinaire. Il est difficile de faire comprendre au profane un procédé aussi technique, écrit le Times de Londres, mais on peut dire approximativement que M. Langdon-Davies, dans son « phonophono », utilise non pas le courant électrique, mais les bruits induits. Les signaux sont transmis par une série d'impulsions électriques induites, et le succès du système repose sur la capacité de la force d'induction à traverser les isolants que le courant électrique ne peut pénétrer. Un fil peut être endommagé et toucher le sol, mais tant qu'il n'est pas rompu, il continuera à transmettre un message phonophorique. Grâce au phonopore, les messages peuvent être transmis avec une rapidité extraordinaire, et il n'y a pratiquement aucune limite au nombre de télégrammes pouvant être envoyés simultanément sur le même fil. Et, comme nous l'avons laissé entendre, le système de M. Langdon-Davies est aussi utile au téléphone qu'en télégraphie. Un fil véhiculant des signaux électriques peut simultanément servir à la conversation téléphonique sans que ni le message ni la conversation n'en souffrent le moins du monde. Trois des principales compagnies ferroviaires ont déjà adopté le phonopore ; et il est évident, même pour un esprit non scientifique, que la télégraphie et la téléphonie phonophoriques, en augmentant considérablement le contrôle des électriciens sur les fils, ont un avenir prometteur. Le phonopore, en effet, augmente presque à l'infini le nombre de mots pouvant être transmis dans un laps de temps donné.

Les Brevets :

- LANGDON-DAVIES, C.: British Patent 10990, 6th August 1884
- LANGDON-DAVIES, C.: British Patent 4506, 11th April 1885
- LANGDON-DAVIES, C.: British Patent 7799, 26th June 1885
- LANGDON-DAVIES, C.: British Patent 16616, 17th Dec. 1886
- LANGDON-DAVIES, C.: British Patent 11052, 15th July 1890
- LANGDON-DAVIES, C.: British Patent 6397, 14th April 1891

Des brevets furent déposés pour des versions améliorées d'instruments à usage commercial, dont un par Ellis F. Frost en 1902.

Les Fabricants

Les téléphones Phonopore ont été fabriqués par la société Langdon-Davies, *The Phonopore Construction Co Ltd* de Southall, Londres.

Des pièces telles que l'émetteur et le récepteur ont été importées de *Kellogg* aux États-Unis. On soupçonne que les fabricants britanniques établis n'étaient pas très satisfaits de cette entreprise récemment arrivée et ont tenté de la fermer. Sinon, pourquoi faudrait-il acheter des pièces détachées aux États-Unis ?



Publicité pour la nouvelle Phonopore Co

Plus tard, la société devient *The New Phonopore Company* suite à une opération de refinancement. Les phonopores étaient évidemment exportés vers de nombreux pays d'outre-mer, notamment l'Australie, l'Argentine et l'Uruguay.

Western Electric a développé un système en Amérique sur des principes similaires qu'ils ont appelé un circuit composite, combinant un télégraphe Morse et un téléphone avec appel à audiofréquence.

De même, British Insulated et Helsby ont produit un instrument rival appelé *Pantophone*.

Le « *Pantophone* » de *BI&H*, British Insulated & Helsby

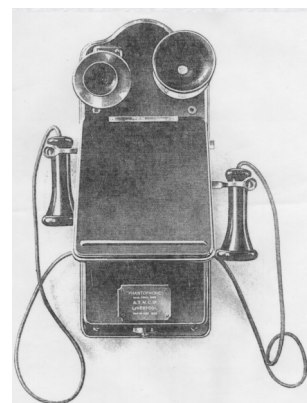
Il s'agissait d'un téléphone de type phonopore destiné à être utilisé sur les lignes télégraphiques ferroviaires.

Notez qu'ils ont utilisé un émetteur Ericsson pour le signal "sonnerie". Comme la plupart des autres sociétés, ils produisaient également une petite gamme de téléphones interphones.

On pourrait supposer que le phonopore serait devenu obsolète dans les années 1930. Cependant, même à cette époque, la London and North Eastern Railway incluait des schémas de circuit pour la maintenance dans son livre de schémas standards. Même si peu de nouvelles lignes en avaient besoin, le phonopore est resté utilisé jusque dans les années 1950 dans les zones rurales. De nombreuses lignes secondaires mineures avaient des tracés de poteaux avec un seul bras, ne laissant aucun espace pour les deux fils supplémentaires d'un téléphone. Des fils supplémentaires signifieraient un deuxième bras à chaque pôle. Les chemins de fer ont toujours été réticents à dépenser de l'argent inutilement, alors les circuits phonopores ont continué.



ATM TELEPHONE T.707



ATM TELEPHONE T.714A

Vu dans le "Journal Télégraphique" du 25 mars 1887

Le télégraphe phonopore.

Depuis le 5 Février courant un double service de télégraphe a fonctionné entre London Bridge et Folkestone Earbour (84 milles anglais = 134 kilomètres). Ce double service consiste en un service télégraphique ordinaire et un service phonoporique en action simultanée sur le même fil. Le service télégraphique ordinaire comprend quatre appareils à une aiguille: un appareil à chaque station tête de ligne et à chacune des deux stations intermédiaires. Le service phonoporique consiste en un service direct entre les mêmes stations tête de ligne; il franchit les appareils intermédiaires par le moyen de shunts phonoporiques (qui n'ont aucun effet sur les appareils ordinaires) et met en action un Sounder Morse et un relais universel.

Force électro-motrice de la pile du télégraphe ordinaire, 40 volts; celle de la pile du phonopore, 10 volts.

Nombre d'impulsions phonoporiques produites par le transmetteur à Folkestone, 4500 par seconde. Nombre d'impulsions produites par le transmetteur à Londres, 240 par seconde.

Le courant dont on se sert dans le récepteur phonoporique est de 3 milli-ampères.

Le 28 Février 1887

EXTRAIT DU RAPPORT DE Mr. LATIMER CLARK, F. B. S.,

(Ancien Président de la Société des Ingénieurs des Télégraphes et des Electriciens), sur les expériences faites le 5 Février 1887.

Avec mon associé, Mr. Herbert Taylor, j'ai assisté aujourd'hui à une série d'essais du système le Phonopore en action simultanée sur le même fil avec le télégraphe à aiguille ordinaire, sur la ligne télégraphique entre London Bridge et Folkestone.

Ce circuit contient quatre appareils à une aiguille installés à London Bridge, Nutfield, Shorncliffe et Folkestone Harbour, et les deux télégraphes phonoporiques simples en action étaient placés, l'un à London Bridge et l'autre à la station du chemin de fer du „ South Eastern " à Folkestone Harbour.

Les expériences préalablement convenues étaient:

1. Transmettre une dépêche phonoporique seule de Folkestone à London Bridge, où elle sera reçue par un relais universel, dit „Post Office relay, (Relais Siemens modifié) et par un Sounder Morse ordinaire.
2. Transmettre et recevoir également une dépêche phonoporique, pendant qu'une dépêche télégraphique ordinaire parcourt le même fil, dans la même direction, entre les mêmes stations.
3. Transmettre et recevoir une dépêche phonoporique, pendant qu'une dépêche télégraphique ordinaire est transmise sur le même fil, dans la direction opposée, entre les mêmes stations.
4. Transmettre et recevoir une dépêche phonoporique entre les stations tête de ligne, pendant qu'une dépêche télégraphique ordinaire est transmise sur le même fil, entre deux stations intermédiaires.
5. Interrompre le circuit aux deux points indiqués par des flèches à London Bridge et Folkestone et transmettre, dans ces conditions, une dépêche phonoporique, quoi qu'il soit impossible de mettre en action les télégraphes ordinaires, parce qu'il n'y a pas de circuit continu dans la ligne.

Ces diverses expériences ont été dûment et successivement exécutées et avec un succès complet. Les signaux puissants et bons faisaient fonctionner le relais (Post Office Relay) et le Sounder Morse ; ils auraient pu aussi faire fonctionner l'appareil Morse imprimeur. Il ne s'est produit aucun obstacle, aucune difficulté ni dans les signaux ni dans le réglage et le fonctionnement paraissait être celui d'un circuit ordinaire séparé, quoi qu'il y eût deux dépêches transmises simultanément sur le même fil.

Vous avez placé devant moi un exposé des avantages du système phonoporique simple sur le système duplex ordinaire, et après l'avoir considéré avec soin et modifié comme ci-dessous, je le confirme.

Sur les avantages du télégraphe phonoporique simple.

L'installation d'un service télégraphique duplex avec l'adjonction d'un télégraphe phonoporique simple présente les avantages suivants sur le système duplex ordinaire actuellement en usage.

1. Le système duplex ordinaire demande, à chaque extrémité du fil, une ligne de compensation contenant des résistances graduées et des condensateurs, ce qui exige des

réglages fréquents pour maintenir l'équilibre entre ces appareils et la ligne télégraphique réelle, constamment influencée par les variations du climat, de l'atmosphère et d'autres causes qui se produisent incessamment.

Le phonopore ne demande aucune ligne de compensation.

2. Le système duplex ordinaire demande, à chaque extrémité de la ligne, un opérateur habile et capable d'effectuer les réglages et les compensations électriques nécessaires.

Tout opérateur qui est à même de manipuler la clef Morse peut manipuler le phonopore.

3. Par le système duplex ordinaire on ne peut transmettre deux dépêches dans la même direction, il faut qu'elles soient transmises dans des directions opposées.

Par le système phonopore deux dépêches peuvent être transmises simultanément soit dans la même direction, soit dans des directions opposées.

4. Le système duplex, tel qu'on l'applique actuellement, demande que les deux installations fonctionnent dans les mêmes stations, et que ces stations soient des stations tête de ligne.

Le système phonopore peut à volonté fonctionner soit entre les stations tête de ligne, soit entre des stations intermédiaires quelconques ; et ces stations peuvent être ou les stations du service ordinaire ou d'autres stations phonopores séparées et éloignées, enfin l'une de ces stations et même les deux peuvent être situées sur des lignes d'embranchement et à des distances quelconques. On peut employer le phonopore entre les stations tête de ligne comme un service express, la même ligne étant utilisée en même temps comme une ligne omnibus.

5. Pour l'installation d'un système télégraphique duplex ordinaire il faut que la ligne soit révisée avec soin, et cette installation exige une certaine habileté.

Il faut aussi que l'isolement soit assez bon.

On peut installer le phonopore sans modifier la ligne en quoi que ce soit, et c'est un ouvrage de grande simplicité. L'isolement peut être imparfait sans qu'il en résulte une interruption dans les signaux.

Les frais que demande la construction du phonopore ne s'élèvent probablement pas à la moitié des frais que demande la construction du duplex ordinaire. Les frais d'exploitation sont aussi moins élevés. Le phonopore est d'une manipulation plus facile, il est plus promptement installé et toujours prêt à être adapté à une ligne encombrée. D'ailleurs il peut remplir tous les services du duplex, en sus des services importants et des avantages mentionnés ci-dessus, dont le duplex n'est pas capable.

J'ai déjà constaté ailleurs que je crois le système capable d'être combiné avantageusement avec les systèmes télégraphiques ordinaires, dont le rendement sera en conséquence beaucoup augmenté ; et les expériences que je viens d'examiner aujourd'hui ont complètement confirmé cette impression.

LATIMER CLARK.

1889 Vu dans la lumière électrique

Le phonopore. — Il y a deux ans environ, M. Landon Davies, imagina un nouveau système de télégraphie, qui permettait d'utiliser les lignes déjà existantes, un peu comme on le fait dans le système Van Rysselberghe et avec le phonoplex d'Edison ; dans ces derniers temps, M. Davies, après avoir développé son système vient de faire des expériences sur la ligne de Derby à Londres, expériences qui paraissent avoir donné de bons résultats et qui nous engagent à revenir sur l'appareil lui-même qui en 1886 avait été décrit d'une manière bien vague.

Ce n'est pas sans intention que nous rappelions les systèmes de van Rysselberghe de télégraphie et de téléphonie simultanées et le phonoplex d'Edison ; c'est, en effet, exactement le même principe qui sert à la base du phonopore. Il consiste à insérer les appareils transmetteurs et récepteurs en dérivation sur la ligne, en les en séparant par un condensateur ; on communique alors sur cette ligne spéciale au moyen de courants ondulatoires de très courte durée, décomposés en traits et points comme les signaux Morse, mais qui ne peuvent actionner les récepteurs Morse. En outre, le récepteur phonopore est une sorte de récepteur harmonique qui n'est pas influencé par les charges et décharges du condensateur produites par les signaux Morse ordinaires.

C'est donc surtout par le récepteur que ce système se distingue de celui de M. Van Rysselberghe, et le principal inconvénient de ce dernier, les électro-aimants gradués n'existe plus. Enfin, au lieu de condensateurs ordinaires, M. Davies, se sert d'un appareil spécial, le phonopore, qui consiste, en principe, simplement en deux fils isolés enroulés côte à côte. Voyons maintenant le nouveau système d'un peu plus près.

La figure 1 en représente l'application à la ligne Derby-Londres ; comme on le voit, les appareils phonopores sont placés en dérivation sur la ligne ; l'un des postes était à une distance de 48 kilomètres d'un bureau télégraphique, l'autre poste, au contraire, était en dérivation entre deux bureaux. PRX1 et PR2 représentent les récepteurs phonopores et PT1, PT2 les transmetteurs que nous allons décrire, les dérivation n'étant reliées à la terre que par l'intermédiaire de phonopores, le courant des appareils télégraphiques passe directement dans la ligne en ne produisant qu'une charge de ces sortes de condensateurs, courant de charge qui est sans effet sur les récepteurs phonopores.

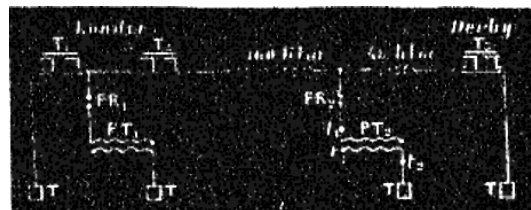


Fig 1

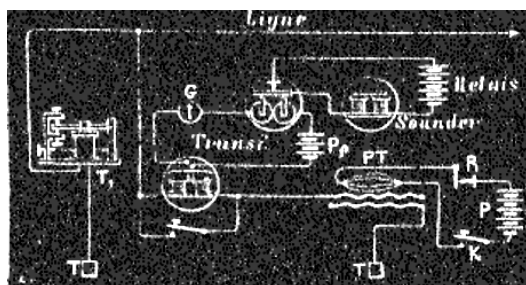


Fig 2

La figure 2 représente en détail le poste phonopore de l'extrémité de gauche, T étant un sonner ou un relais.

Le transmetteur phonopore PT consiste principalement en un électro-aimant particulier muni de trois enroulements ; le premier qui se trouve dans un circuit local formé de la clef R d'une pile P et d'une anche vibrante R est formé d'un grand nombre de tours de fil fin reliés en quantité. Cette disposition a pour but de diminuer autant que possible les étincelles d'extra-courant au moment de l'ouverture du circuit ; les diverses spires ayant des coefficients de self-induction différents ; Une partie de ces extra-courants se déchargent dans ces spires mêmes.

Le circuit secondaire de cette bobine d'induction est constitué par deux fils isolés l'un de l'autre, et enroulés côte à côte, l'une des extrémités de chacun d'eux restant libre, isolée ; l'autre extrémité étant reliée respectivement à la terre et à la ligne.

C'est ce fil double isolé formant condensateur qui constitue le phonopore.

Lors donc que l'anche R vibre à une vitesse déterminée, les forces électromotrices induites dans le circuit secondaire chargent cette sorte de condensateur et donnent lieu à une série d'impulsions électriques sur la ligne. Les courants sont naturellement trop peu intenses et sont alternés trop rapidement pour pouvoir influencer les appareils récepteurs ordinaires. Le poste récepteur ou le transformateur est également représenté figure 2, il consiste en un appareil variable aux courants phonopores qui lorsqu'il est actionné rompt le circuit d'une pile P, et d'un relais et l'armature de celui-ci en rompant le circuit d'une seule pile locale fait marcher un sonner ordinaire.

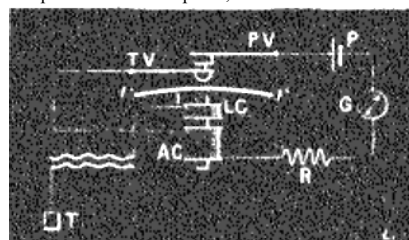


Fig 3

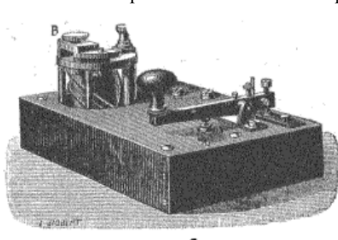


Fig 4

Le détail du récepteur ou du transformateur est indiqué figure 3. Il consiste en un électro-aimant dont le noyau I est excité continuellement par la pile P en circuit avec la bobine A C, un relais, et deux interrupteurs TV et PV dont nous verrons tout à l'heure le rôle.

Sur le même noyau I est montée une seconde bobine LC qui fait partie de la ligne phonopore, et reçoit les impulsions électriques envoyées de l'autre station. Sous leur action une membrane ou anche en fer r, dont la période propre de vibration est la même que celle du vibreur transmetteur RB2, et qui est maintenue attirée par le noyau I se met à vibrer, et vient toucher le contact T V, en écartant une sorte de marteau F, V' en sorte que le contact entre les deux présente une grande résistance, comme cela a lieu dans certains appels phoniques.

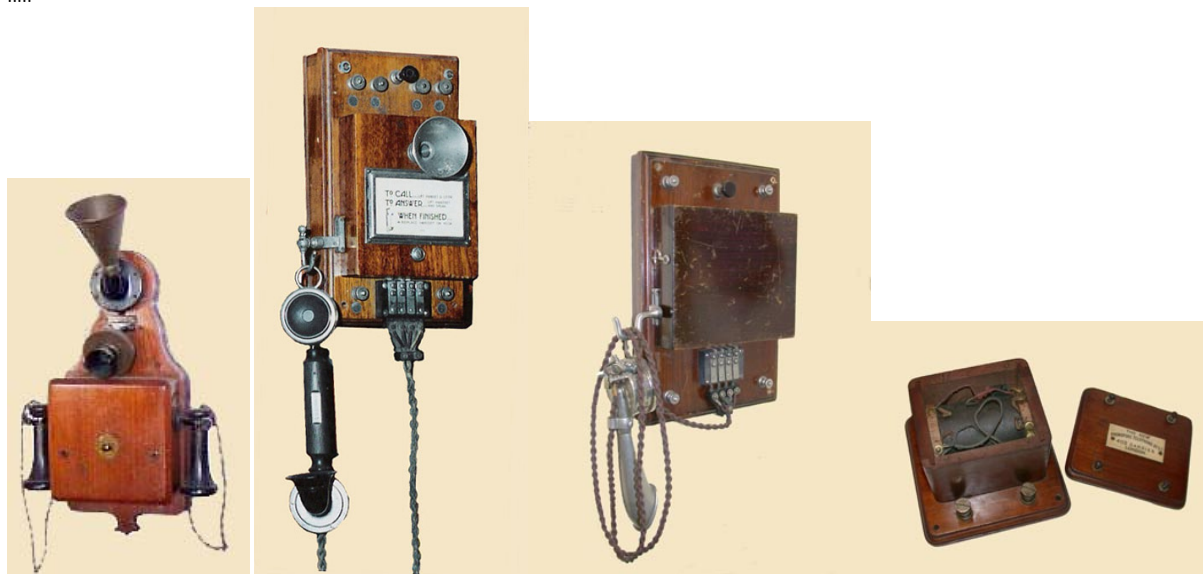
Le courant diminue donc dans le circuit du relais R, le noyau I étant moins aimanté attire moins l'anche r qui vient frapper fortement entre les contacts TV, PV en rompant le circuit ; l'armature du relais n'est plus attirée et on ferme le circuit local du sonner qui donne un signal.

La figure 4 représente les appareils du poste transmetteur. Ces appareils ont été essayés avec succès sur diverses lignes anglaises, et paraissent avoir donné de bons résultats ; en particulier la vitesse de transmission serait très grande, assez grande pour que M. Davies ait songé à appliquer au transmetteur le principe du Wheatstone automatique.

D'après la nature des appareils transmetteurs et récepteurs, on voit qu'on peut appliquer au phonopore le principe des télégraphes harmoniques et disposer, sur la même ligne une série d'appareils ayant des périodes propres de vibration, de manière à ne répondre chacun qu'aux signaux d'une période déterminée. Mais jusqu'ici on n'a fait d'expériences en ligne que sur l'appareil que nous avons décrit.

La simplicité et la fiabilité du système Phonopore doivent avoir séduit les chemins de fer, qui disposaient de peu de dépanneurs techniques. La simplicité de fonctionnement du Phonopore doit également constituer un attrait : appuyer sur un bouton, attendre une réponse et parler. Un télégraphe Morse nécessitait un opérateur formé et bien payé à chaque extrémité, mais un Phonopore pouvait être utilisé par n'importe qui.

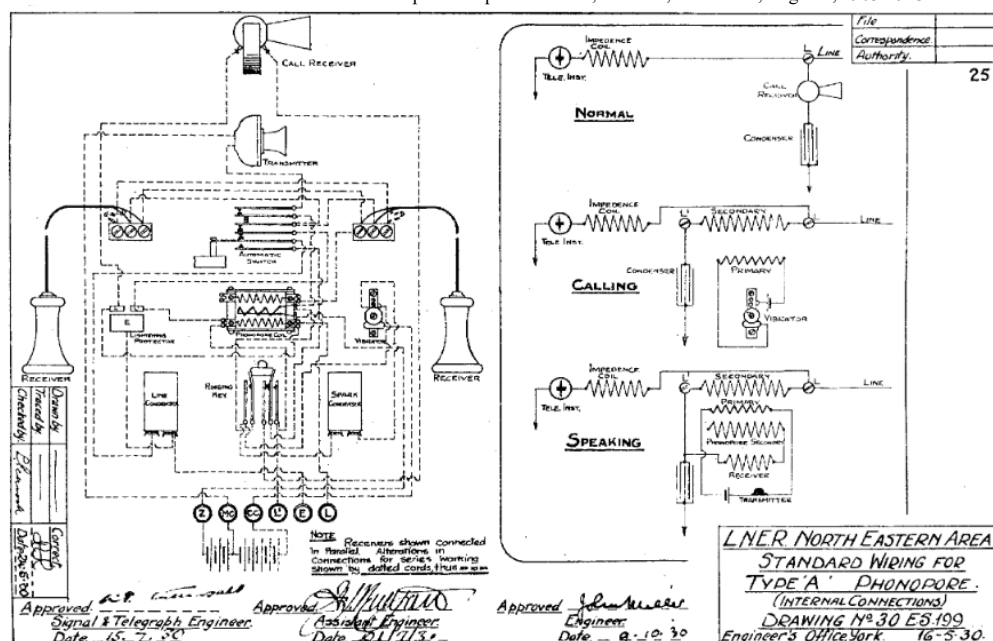
.....



Divers modèles de Phonopores mis en exploitation et les très importantes bobines de compensation.



New Phonopore Telephone Co Ltd, Southall, Middlesex, England, 1903-1913



Vers 1914, M. Langdon-Davies vendit l'activité Phonopore à [Sterling Telephone & Electric](#), qui ont poursuivi la production avec des téléphones pratiquement inchangés.

La production a cessé au début des années 1920 face à la concurrence des réseaux téléphoniques publics en pleine croissance.

Cependant, de nombreux chemins de fer ont aimé leurs Phonopores et les téléphones ont souvent été remis à neuf dans les ateliers des chemins de fer.



Modèle type avec des récepteurs Ader et un émetteur de Hunnings.

En Belgique le plus considérable de ces réseaux était celui de la [Société de charbonnage de Mariemont et de Bascoup](#).

On sait que les houillères de Mariemont et de Bascoup sont les plus importantes exploitations de ce genre, non seulement en Belgique, mais encore en Europe.

Même lorsque la fonction phonopore n'était plus nécessaire, les téléphones eux-mêmes ont trouvé une nouvelle vie en étant convertis en instruments à batterie locaux standard. Le hurleur Collier-Marr a été remplacé par une cloche tremblante normale actionnée par un relais. Malheureusement, cela signifie que les téléphones phonopores originaux sont relativement rares en Grande-Bretagne.