

Télégraphe et Téléphone Multiplex

Le multiplexage est une technique inventée en 1891 par Émile Baudot qui consiste à faire passer plusieurs informations à travers un seul support de transmission. Elle permet de partager une même ressource entre plusieurs utilisateurs. Il existe deux techniques principales de multiplexage :

- temporelle
- fréquentielle (ou, ce qui revient au même, en longueur d'onde).

Le multiplexage est apparu et s'est développé avec la télégraphie. Il a notamment été utilisé par Émile Baudot pour permettre à plusieurs télégraphistes de communiquer simultanément sur une même ligne où l'information était envoyée plus vite que n'était effectuée la saisie des télégrammes .

Dans le cas du multiplexage temporel, le multiplexeur fonctionne comme un commutateur, chaque signal est commuté à tour de rôle à grande fréquence, une synchronisation de fréquence et de phase étant assurée de part et d'autre pour que chaque signal soit restauré où et comme il le faut.

Le multiplexage fréquentiel ne répartit pas les signaux dans le temps, mais dans un espace de fréquences. Bien que plus abstrait dans son principe, c'est lui qui a été inventé en premier.

En 1884 Le problème du multiplex que nous nous proposons de résoudre est le suivant :

Pour le télégraphe

Jean-Maurice-Émile Baudot ingénieur télégraphiste Français, inventa en premier son code télégraphique en 1870 et le breveta en 1874 .

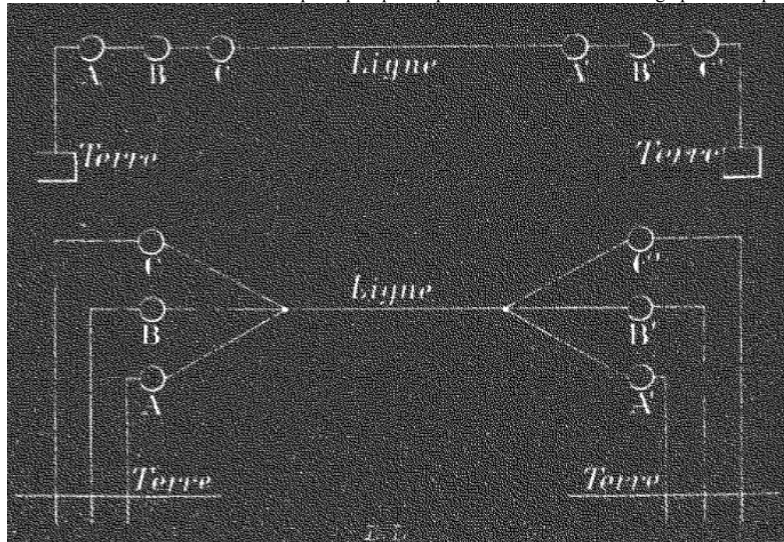
Il s'agissait d'un code à 5 bits, avec des intervalles égaux entre activation et inhibition, permettant la transmission télégraphique de l' alphabet romain , de la ponctuation et des signaux de contrôle. Dès 1874 ou 1875, il avait également perfectionné le matériel électromécanique nécessaire à la transmission de son code. Ses inventions s'appuyaient sur le mécanisme d'impression de l'instrument de Hughes, un distributeur inventé par Bernard Meyer en 1871 et le code à cinq unités conçu par Carl Friedrich Gauss et Wilhelm Weber .

Baudot a développé, sur son temps libre, un **système de multiplexage temporel** de plusieurs messages télégraphiques à l'aide de téléimprimeurs Hughes . Il constata qu'avec la plupart des télégraphes imprimeurs de l'époque, la ligne restait inactive la majeure partie du temps, hormis les brefs intervalles de transmission d'un caractère. Baudot conçut ainsi l'une des premières applications du multiplexage temporel en télégraphie. Grâce à des commutateurs synchronisés, actionnés par un mécanisme d'horlogerie, aux extrémités de l'émission et de la réception, il parvint à transmettre cinq messages simultanément ; le système fut officiellement adopté par l'Administration des Postes et Télégraphes française cinq ans plus tard

Pour le téléphone, étant donné un nombre quelconque de postes AA', BB', C C', montés en tension ou en dérivation, sur une même ligne, on veut que A puisse converser avec A' pendant que B converse avec B'..... et cela sans qu'ils puissent s'influencer mutuellement .

Ce problème est en téléphonie l'analogue de celui qui a été résolu en télégraphie par l'emploi des appareils multiplex. (lire plus bas)

Il était donc naturel d'examiner si les principes qui ont permis de concevoir ces télégraphes multiplex ne seraient pas capables de fournir aussi la solution de notre problème.



Or, tous les télégraphes multiplex peuvent se ranger en deux classes :

- 1 ° Les télégraphes harmoniques, tels que celui d'Elisha Gray;
- 2° Les télégraphes à distribution successive, tels que celui de Baudot .

Nous allons examiner dans l'étude suivante les principes sur lesquels reposent ces appareils et tâcherons d'en déduire, dans l'un et dans l'autre cas, une solution particulière de notre problème.

PREMIERE SOLUTION

Phénomène fondamental. — Voici le phénomène d'acoustique qui a servi de point de départ à l'invention du télégraphe multiplex harmonique.

« Si l'on émet un son dans une enceinte quelconque, et si l'on dispose d'une série de diapasons, celui qui serait capable de produire un son de la même hauteur que celui émis par la source sonore, se mettra à vibrer sous l'influence des ondes qui viendront le frapper, à l'exclusion de tous les autres.

L'explication de ce phénomène est bien simple : si le mouvement vibratoire que prend le diapason sous l'influence de la première impulsion qu'il reçoit a la même période que le mouvement ondulatoire déterminé par la source sonore, les effets de chacune des impulsions qu'il recevra successivement, viendront s'ajouter à ceux des impulsions précédentes, et la force vive du mouvement oscillatoire du diapason ira sans cesse en augmentant.

Si cette égalité de période n'existait pas, ce phénomène ne pourrait pas se produire, car les effets des impulsions successives se contrarieraient mutuellement.

Application au télégraphe. — C'est cette propriété des diapasons de ne pouvoir vibrer que sous l'influence d'un mouvement ondulatoire de même période que celui qu'ils pourraient déterminer eux-mêmes, qui a été utilisé dans le télégraphe multiplex harmonique d'Elisha Gray.

Celui-ci peut être réalisé de la manière suivante :

En chaque poste est installé un appareil comprenant un diapason A dont l'une des branches est munie d'un style s pouvant tracer un trait sur un tambour enregistreur T (fig. 2).

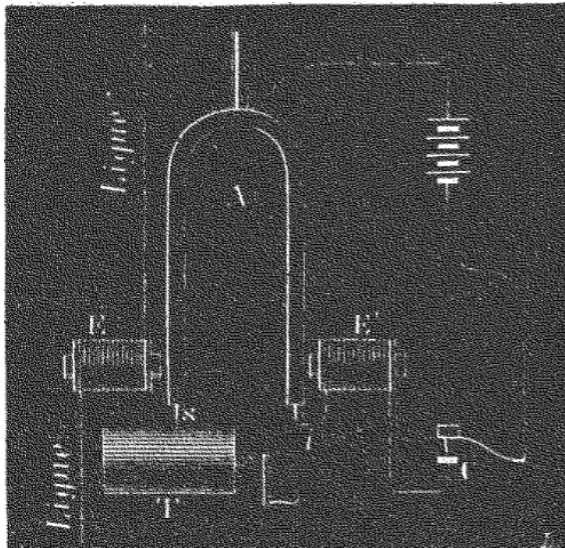


fig 2

- Vis-à-vis l'une des branches est installé un petit électro-aimant E, dont la bobine est comprise dans la ligne télégraphique.

- Vis-à-vis l'autre, branche est installé un autre électro-aimant E dont la bobine est renfermée dans un circuit local comprenant une pile, un interrupteur i fixé sur l'extrémité de la branche et une clef de Morse c.

De cette façon, toutes les fois que l'on appuiera sur cette clef, le diapason se mettra à vibrer, et ces vibrations seront maintenues tant que la clef sera abaissée.

Le style inscrira une sinusoïde sur le tambour, et un courant ondulateur de même période sera déterminé dans la ligne.

Dès lors, si la ligne renferme un certain nombre de diapasons actionnés par des bobines identiques à E, seul le diapason identique à A se mettra à Vibrer.

Le style dont il est muni reproduira le mouvement du style s.

On pourra ainsi, en appuyant plus ou moins longuement sur la clef de Morse au premier poste, obtenir une série d'indications représentées par des portions plus ou moins longues de sinusoïde.

Il sera facile de composer de la sorte un alphabet.

Si une série d'appareils de ce genre, accouplés par paires et tels que ceux d'une même paire aient des diapasons identiques, ceux d'une paire différente des diapasons différents, tous pourront fonctionner simultanément.

Une série d'ondes parcourra la ligne, mais chaque diapason saura reconnaître celles qui lui sont destinées, de même que si l'on communique une onde résultante à la table d'harmonie d'un piano, chacune des cordes sait reconnaître la note qu'elle doit reproduire et vibre à son unisson.

Application au téléphone. — Supposons maintenant que la clef de Morse de la figure 2 soit supprimée, le diapason A vibrera d'une manière continue, et de même le diapason du poste correspondant, sous l'influence du mouvement ondulateur déterminé dans la ligne par la bobine E. -

Il est évident que l'amplitude des vibrations de ce deuxième diapason sera constamment proportionnelle à l'intensité des ondes électriques, de phases correspondantes, qui se propagent dans la ligne.

Or, ces dernières seront fonction non-seulement de l'amplitude des oscillations du diapason A, mais aussi de l'intensité du champ magnétique où se meut le diapason (les deux branches de chaque diapason sont aimantées de manière qu'il constitue un aimant permanent).

Nous pouvons faire varier le champ magnétique, en déplaçant une plaque de fer m dans le voisinage du diapason (fig. 3).

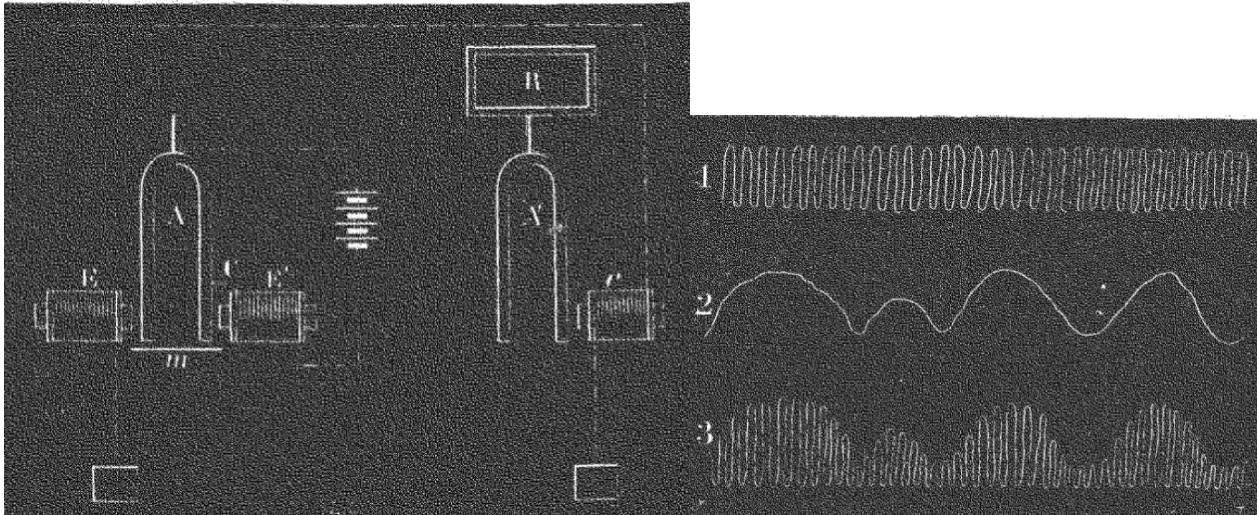


Fig 3 à gauche, Fig 4 à droite

Pour fixer les idées supposons que :

1° Le diapason A, dont les vibrations sont continuellement entretenues par un dispositif analogue à celui de M. Mercadier, possède un mouvement vibratoire qui peut être représenté par la sinusoïde n° 1 (fig. 4).

2° Les variations d'intensité du champ magnétique déterminées par les mouvements de la plaque w peuvent être représentées par la courbe n° 2.

Il résulte de ce qui précède que le mouvement ondulateur déterminé dans la ligne sera représenté par la sinusoïde n° 3, car l'amplitude de chaque onde sera proportionnelle, à chaque instant, à l'intensité du champ magnétique, c'est-à-dire à l'ordonnée correspondante de la courbe n° 2.

Dès lors, les oscillations du diapason A' étant déterminées par les ondes électriques qui viennent traverser la bobine e, pourront aussi être représentées par la sinusoïde n° 3.

Si ce diapason est monté sur une boîte de résonance R, chaque fois qu'on agira sur la plaque m, on entendra un battement.

Or, comme on le sait, si ces battements sont assez rapprochés, si, par exemple, c'est une source sonore qui agit sur la plaque ni, ces battements successifs détermineront un son continu distinct de celui déterminé par le diapason, et qui sera à l'unisson de la source sonore qui agit sur la plaque m. Supposons maintenant que les diapasons A et A' fassent au moins 6000 ou 7000 vibrations à la seconde, leur son propre sera complètement imperceptible pour la plupart des auditeurs (Savart avait fixé à 8000 vibrations à la seconde la limite des sons perceptibles, et cependant son oreille était très-exercée). On n'entendra plus que les battements qui seront renforcés par la boîte de résonance.

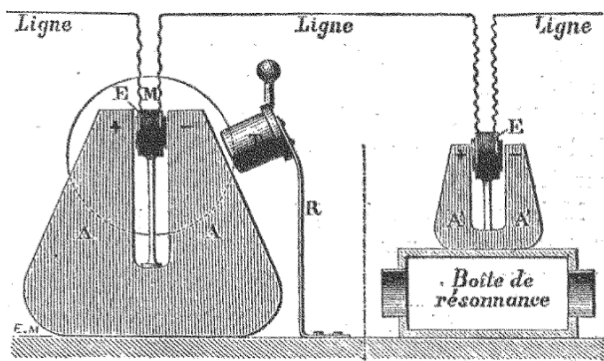


Fig 5

La solution de notre problème est désormais évidente.

Il suffira de remplacer la plaque m par une membrane téléphonique ordinaire, et de parler devant elle.

Les ondes constituées par les battements ayant la même forme que celles dues aux variations magnétiques, déterminées par les déplacements de la membrane, reproduiront nécessairement la parole,

Mais, pour que le phénomène se produise, il faut que le diapason A' donne le même son que le diapason A.

Cela nous permettra, comme avec le télégraphe harmonique de Gray, de monter en tension ou dérivation sur la même ligne, un nombre quelconque d'appareils A, A' — B, B' — C, C' — tels que A puisse converser avec A', B avec B' d'une manière parfaitement indépendante.

On pourrait adopter la disposition indiquée sur la figure 5, dont voici la légende :

- AA' diapasons pouvant fournir au moins 600 vibrations à la seconde. De pareils diapasons peuvent facilement être réalisés, si on leur donne la forme représentée.

- Ces diapasons sont aimantés, et leurs pôles indiqués sur la figure. Le diapason A doit être très lourd, et le diapason A' au contraire très léger.

En effet, il faut que l'inertie du diapason A soit assez grande pour qu'une fois ébranlé, il continue à vibrer pendant la durée d'une conversation, d'un autre côté le diapason A' doit avoir aussi peu d'inertie que possible pour que l'amplitude de ses vibrations soit à chaque instant proportionnelle à l'intensité des courants phoniques de période convenable qui parcourent la ligne.

- T marteau d'ivoire monté sur un ressort R destiné à déterminer le mouvement vibratoire du diapason A.

- E E' bobines à noyaux de fer doux situées entre les branches des diapasons. Elles sont montées en tension et intercalées dans la ligne.

- M plaque téléphonique munie de son embouchure et installée devant les branches du diapason A.

- Enfin, le diapason A' est monté sur une boîte de résonance munie de deux orifices d'où partent deux tuyaux acoustiques dont on applique les extrémités contre les oreilles.

Chaque poste doit contenir les deux appareils que nous venons de décrire ; on parle devant les plaques M, et on écoute dans les tuyaux.

Un nombre quelconque d'appareils de ce genre pourrait être monté sur la même ligne, à la condition que les diapasons des deux postes correspondants donnent un même nombre de vibrations à la seconde, mais différent des diapasons de tous les autres postes.

DEUXIÈME SOLUTION

Dans les télégraphes multiplex du type Baudot, un certain nombre d'appareils : trois par exemple, A₁, A₂, A₃ sont reliés directement à un poste central P (fig. 6).

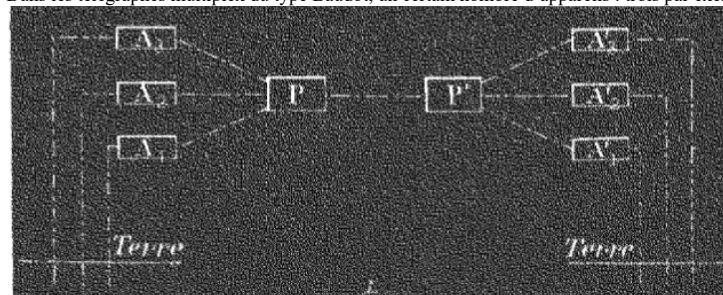


Fig 6

Trois autres appareils semblables A₁, A₂, A₃ sont reliés à un autre poste central P'.

Enfin, les postes P et P' sont mis en relation par une seule ligne.

Il s'agit de permettre aux appareils A₁, A₂, A₃ de communiquer séparément avec chacun des appareils A₁, A₂, A₃, et cela en même temps.

Le principe de la solution réside dans la remarque suivante : les signaux qui doivent être déterminés par une action matérielle de l'opérateur, exigent un certain temps pour leur production.

Or, pendant ce même temps, l'électricité pourrait transmettre un plus grand nombre de signaux.

On mettra donc l'extrémité de la ligne au point P, successivement en relation avec chacun des appareils A₁, A₂, A₃, en ayant soin que le moment où l'extrémité P est en relation avec l'appareil A₁ coïncide avec le moment où l'extrémité P' est en relation avec l'appareil A₁...

D'autre part, si les mises en communication successives ont une durée appréciable, et ne sont renouvelées qu'un petit nombre de fois par seconde, l'opérateur devra être prévenu par un signal particulier du moment où cette mise en communication est effectuée.

Il doit, dès lors, régler la cadence de ses mouvements sur celle qui lui est indiquée, en observant non seulement la période, mais aussi la phase.

C'est ainsi que l'on procède dans le système Baudot.

Dans des appareils plus récents, deux postes correspondants quelconques sont mis en relation un très grand nombre de fois par seconde, pendant le temps strictement nécessaire à la transmission électrique du signal.

L'action de l'opérateur ayant une durée plus longue que l'intervalle de temps qui sépare deux mises en communication successives; le signal envoyé sera toujours transmis, quelque soit la cadence des mouvements de l'opérateur.

En résumé, l'on voit que cette solution repose sur l'emploi de deux appareils distributeurs qui fonctionnent synchroniquement, et seront installés l'un en P, l'autre en P'.

Cette solution s'applique immédiatement au téléphone : il suffirait de substituer des postes téléphoniques ordinaires aux postes télégraphiques actuellement montés. Mais, si, comme dans le télégraphe Baudot, les mises en communication étaient relativement peu fréquentes et de durée appréciable, chaque poste devrait être muni d'une sorte de métronome qui indiquerait à la personne se servant du téléphone, suivant quelle cadence elle devrait scander ses syllabes.

Si les mises en communication étaient très rapides et très multipliées, cela ne serait plus nécessaire, seulement les sons transmis seraient plus brefs que les sons envoyés, puisque les récepteurs et transmetteurs ne seraient en relation que pendant une partie du temps de leur émission.

On n'aurait plus alors à suivre de cadence, mais on serait conduit à parler aussi lentement que tout à l'heure.

Nous ne pensons pas qu'un téléphone devant lequel on devrait parler suivant une cadence déterminée pour pouvoir être entendu, soit facilement accepté par le public; aussi nous paraît-il nécessaire que les mises en communication des postes conjugués soient très fréquentes, afin qu'on puisse parler librement.

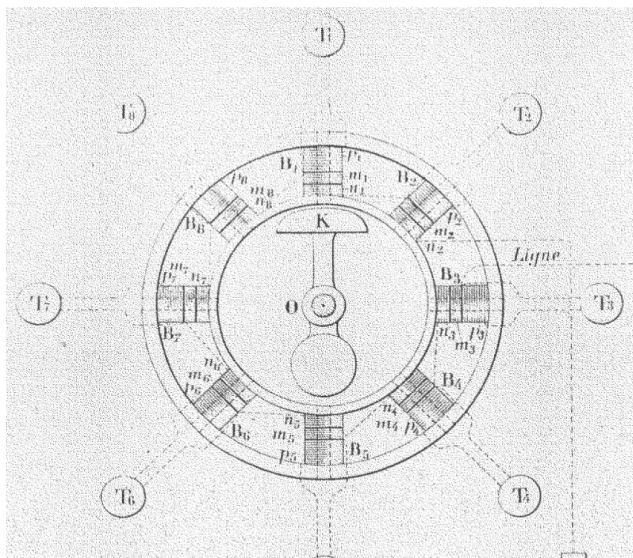
Un pareil système se prête à deux objections :

1° les coupures qui sont périodiquement faites dans les circuits locaux, ne présentent aucun inconvénient en télégraphie; mais il n'en est pas de même en téléphonie, où chacune d'elles est accompagnée d'un crachement, aussi bien dans le cas des appareils purement magnétiques que dans le cas des appareils qui comportent un microphone.

2° Il serait nécessaire de parler devant chaque téléphone avec d'autant plus de lenteur qu'un plus grand nombre de ces appareils seraient montés sur la même ligne.

Nous pensons que ces deux inconvénients pourraient être évités de la manière suivante :

Dans chaque poste central, nous installerons une sorte de distributeur, représenté par le schéma de la figure 7.



Il se compose d'une série de bobines B., B., B régulièrement séparées les unes des autres et supportées par deux couronnes de bronze, dans lesquelles viennent s'encaster les extrémités de leurs noyaux. Ceux-ci sont en acier et fortement aimantés.

Chacune de ces bobines comprend trois parties. Les deux premières m et n, par exemple, ont leurs conducteurs enroulés en sens contraire.

Leurs proportions relatives sont déterminées de telle manière que leurs actions s'équilibrent mutuellement sur la troisième partie p, et réciproquement.

Toutes les bobines m et n, sont montées en tension dans le circuit qui relie les deux postes centraux.

Toutes les bobines P1 P2 P3 sont reliées individuellement avec l'un des téléphones T1 T2.

Dans ces conditions on peut parler devant chacun des téléphones sans produire la moindre action sur la ligne, puisque toutes les bobines sont équilibrées.

Mais si nous approchons un morceau de fer doux K de l'une de ces bobines, le magnétisme de son barreau sera modifié, et les conditions dans lesquelles l'équilibrage avait été déterminé seront détruites.

Dès lors, si nous parlons simultanément devant tous les téléphones, seul celui qui correspondra à cette dernière bobine exercera une action sur la ligne.

Si, maintenant, la pièce de fer doux K tourne d'une manière continue autour d'un axe o, toutes les bobines seront successivement déséquilibrées; les choses se passeront donc comme si les circuits des divers téléphones étaient successivement mis en relation avec la ligne. Néanmoins, ces divers circuits demeureront toujours fermés.

Il est à remarquer que l'induction exercée sur les bobines p1, p2 p3, dépendra non seulement de l'action des bobines m1 m2 m3, mais aussi de la vitesse de rotation de la pièce de fer doux K. Elle sera donc renforcée, et le deuxième inconvénient que nous avons signalé pourra être évité.

Enfin, il conviendra d'estomper convenablement le profil de la pièce K, pour qu'elle ne puisse déterminer aucun son dans les téléphones au moment de son entrée dans le champ d'action de chacune des bobines, ou au moment de sa sortie de ce champ.

Il est bien entendu que les deux appareils des postes centraux devront fonctionner synchroniquement, de manière que leurs pièces de fer doux K passent simultanément devant les bobines qui correspondent à deux téléphones conjugués.

Mais, dans ces dernières années, on a donné un si grand nombre de solutions au problème du synchronisme, solutions dont plusieurs ont fourni de bons résultats, que nous n'avons pas cru devoir traiter cette dernière question dans cette étude de principes.

Le multiplexage téléphonique

L'idée est celle de diviser le temps en sections excessivement courtes et de donner à chaque paire d'abonnés les mêmes sections de temps.

Supposons que trois paires d'abonnés AA1, BB1 et CC1 conversent simultanément entre eux et que la seconde soit coupée en 90 sections. Chaque paire d'abonnés aurait donc la ligne à elle seule 80 fois par seconde, ce qui suffit pour s'entendre et se comprendre. Il faudrait à cet effet, aux deux bouts de la ligne commune, des distributeurs marchant synchroniquement jusqu'à environ 1/1000 de seconde près.

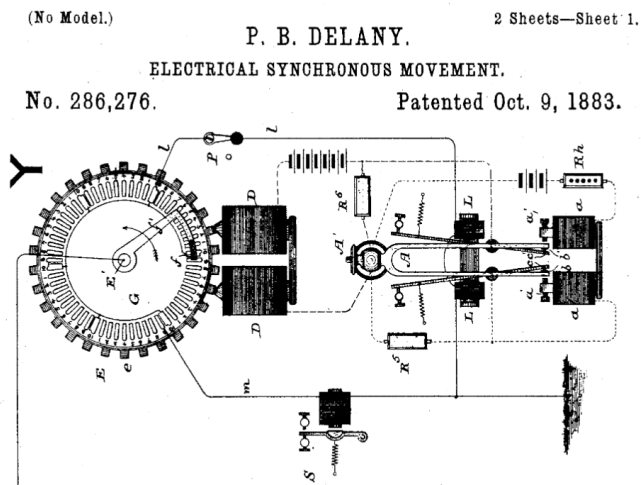
Le problème de la synchronisation de deux disques se résout avec des "roues crénelées", il s'agit de la "roue phonique" (phonic wheel) dont le danois [Poul La Cour](#) et l'Américain [Patrick B. Delany](#) vont se disputer l'invention en 1886.

M. Foul La Cour, de Copenhague, a breveté son invention en Grande-Bretagne, sous le brevet n° 1 983 de 1878 ; et aux États-Unis, sous le n° 203 423 du 7 mai 1878. Il utilisait un moteur synchrone entraîné par un diapason, qui utilisait un électro-aimant pour faire tourner la roue dentée du moteur d'une dent pour chaque vibration. Avec deux roues phoniques synchrones à distance, une multitude de dispositifs télégraphiques étaient possibles.

1883 Le système Delany de la ville de New York, Brevet [US286276](#) se prêtait le mieux à ce but, .

Ce système permettait la transmission simultanée de six messages sur un seul fil grâce à la synchronisation des mécanismes de perforation et d'enregistrement. Souvent appelé « télégraphe Delany », il augmenta considérablement les vitesses de transmission, atteignant 3 000 mots par minute dans des configurations automatiques optimisées pour les lignes terrestres et les câbles sous-marins.

Adopté commercialement par les Postes britanniques, il facilita l'envoi de messages à haut volume et valut à Delany une médaille d'or et un diplôme à l'Exposition internationale des inventions de Londres en 1885.



Suivra le brevet américain n° 316 754 (délivré le 28 avril 1885).

Le télégraphe multiple Delany, par M. Rothen, Directeur adjoint des télégraphes suisses.

Nous allons essayer d'esquisser ici la description d'un télégraphe multiple qui n'est pas encore entré définitivement dans le service pratique, sauf peut-être sur une ligne des Etats-Unis, mais qui est si ingénieux et paraît promettre un si grand succès qu'on ne saurait en parler trop tôt. Nous voudrions donner à nos lecteurs une idée d'un appareil produit des résultats vraiment surprenants. A l'exposition de Philadelphie en 1884 cet appareil était une des merveilles qui attiraient l'attention de tous les visiteurs comme On sait que le diapason combiné avec un électroaimant peut, par un courant, être mis en vibrations perpétuelles. Il faut pour cela disposer l'électro-aimant de telle façon que les pôles attirent les branches du diapason et que, par ces attractions, le courant soit interrompu. On parvient assez facilement à produire ces interruptions en opposant aux branches du diapason des ressorts de contact qui les touchent à l'état de repos, tandis que les branches produisent l'interruption quand elles sont attirées par les pôles de l'électro-aimant. Il suffit aussi de garnir une seule branche d'un pareil ressort et de faire passer le courant par le corps même du diapason. Le nombre des interruptions résulte de celui des vibrations qui sont propres au diapason. Un diapason qui donne le la musical, par exemple, fournit 435 vibrations dans une seconde. Quand il est activé par l'archet ou par un choc, ses vibrations ont toujours la même durée, mais les amplitudes des vibrations diminuent rapidement pour retomber bientôt à zéro.

Si l'action de l'électro-aimant est appliquée au diapason, le nombre des vibrations dans l'unité de temps reste le même que lorsque le diapason se meut librement, mais les amplitudes conservent leur écartement initial et persistent aussi longtemps que le courant dans l'électro-aimant conserve sa force primitive. Un diapason ainsi armé est donc un instrument précieux pour diviser le temps en intervalles très-courts, de durée égale, ou pour lancer dans un circuit des ondes électriques qui se suivent avec la plus grande régularité.

Cette particularité de l'électro-diapason a depuis nombre d'années attiré l'attention des observateurs et elle a été exploitée dans différentes circonstances par exemple pour la construction de chronographes pour la production des figures acoustiques de M. Lissajou et dans l'électro-thérapie. M. B. Mercadier, le savant professeur à l'école supérieure de télégraphie à Paris a publié une étude détaillée des conditions de vibration des électro-diapasons et il a en particulier constaté que les vibrations d'un diapason restent sensiblement isochrones, mais qu'on peut pourtant constater que leur durée varie dans de très-faibles proportions avec la grandeur de l'amplitude et avec la température. M. Mercadier, parmi les nombreuses séries d'expériences qu'il a faites, donne comme type le tableau suivant dans lequel il appelle périodes les oscillations complètes ou doubles

Il résulte de ce tableau que le nombre de périodes augmente pendant que l'amplitude décroît depuis 9 mm,6, tandis qu'à partir de ce moment ce nombre reste constant. Il y a sans doute ici aussi des variations, mais elles sont si faibles qu'elles ne portent que sur le 5e chiffre. En tout cas la variation est très petite, mais néanmoins incontestable, puisque de l'amplitude de 9mm à celle de 1 mmi,5 elle ne s'élève qu'à 1/980.

D'autres expériences ont porté sur les températures et voici, par exemple, les résultats de quatre mesures:

Amplitudes.	9 ^{mm} ,0	6 ^{mm} ,6	5 ^{mm} ,2	4 ^{mm} ,5	2 ^{mm} ,6	1 ^{mm} ,5
Nombre de périodes par seconde	27,89	27,91	27,915	27,92	27,92	27,92

Ainsi le nombre des périodes décroît à mesure que la température s'élève.

Par un calcul intéressant, M. Mercadier arrive à la conclusion que la variation dans le nombre de périodes qui se produit quand on fait varier la température est principalement due à l'influence de la température sur le coefficient d'élasticité.

On peut conclure de ces expériences qu'à la même température et avec la même amplitude des vibrations un électro-diapason divise, en effet, le temps d'une manière remarquablement isochrone.

M. La Cour a pensé aussi à l'application de l'électrodiapason à la télégraphie, et des expériences ont même été faites dans ce but entre Nyborg et Fredericia, mais sur ce champ, il a trouvé un concurrent dans la personne de M. Sieur, qui, au moyen de l'électro-diapason, a combiné un système de télégraphie duplex dans le même sens. Voici les traits distinctifs de ce système.

A chaque bout d'une ligne télégraphique se trouve un poste double se composant de deux transmetteurs et de deux récepteurs à électro-aimants polarisés. L'un de ces récepteurs ne répond qu'aux courants positifs, l'autre seulement aux courants négatifs. Entre la ligne et les appareils est intercalé un électro-diapason qui, les manipulateurs respectifs étant mis au contact, émet un courant positif sur la ligne quand les branches se rapprochent l'une de l'autre, un courant négatif quand elles s'écartent. Ces ondes électriques se suivent avec une si grande rapidité que pour la station d'arrivée elles se confondent pratiquement en un courant continu, c'est-à-dire que si l'on abaisse, pour produire un trait, le manipulateur qui fournit le courant positif, l'électro-diapason émet sur la ligne un grand nombre d'ondes positives qui, à l'autre bout de la ligne, agissent sur l'appareil positif comme s'il y avait un courant continu et l'armature reste attirée. Le point même est produit par une série d'ondes. Si l'on abaisse à la fois les deux manipulateurs du même poste, des ondes électriques de sens inverse se suivent avec une vitesse double, mais les ondes positives n'agissent que sur l'appareil positif du poste correspondant, les ondes négatives seulement sur l'appareil négatif et les signaux transmis par les deux manipulateurs ne se confondent pas.

Tel était à peu près l'état des choses en présence duquel M. Patrik B. Delany se trouvait quand il a étudié l'application de l'électro-diapason et de la roue phonique à la télégraphie multiple. Voici l'ordre des idées poursuivies par M. Delany: Combiner le distributeur Meyer-Schäffler-Baudot avec la roue phonique, en d'autres mots, remplacer le mouvement d'horlogerie à poids avec régulateur centrifuge et courant correcteur par la roue phonique pour produire la rotation isochrone des deux distributeurs. Dans ce but, deux diapasons placés aux deux postes correspondants doivent donc vibrer à l'unisson pour produire la rotation isochrone de deux roues phoniques. Mais il semble au premier abord matériellement impossible de construire deux diapasons qui répondent à cette exigence; en les plaçant tous deux dans le même local on ne pourrait pas arriver au synchronisme absolu; à plus forte raison ce synchronisme est-il impossible si les deux diapasons sont placés dans deux locaux différents séparés par une distance d'une centaine de kilomètres. On ne peut pas même égaliser les températures et les amplitudes des vibrations, et quoique la durée des vibrations ne soit que très-légèrement modifiée par ces deux facteurs, la moindre différence qui ne porterait même que sur le 5 e ou le 6 e chiffre de la période, suffirait déjà pour détruire la marche synchronique des deux roues même au bout d'un temps relativement court.

M. Delany est parvenu cependant à vaincre cet obstacle qui, au premier abord, paraissait insurmontable.

Il est même arrivé à son but d'une manière si complète que deux roues phoniques, placées à des distances quelconques l'une de l'autre, marchent avec un synchronisme assez parfait pour que la différence totale à la fin d'une journée ne dépasse pas 1/1000 seconde.

On peut dire que c'est le synchronisme absolu. Un résultat pareil est inouï et presque incroyable, mais la vérité en a été constatée par des observateurs compétents et sûrs.

Depuis ses succès M. Delany a été attaqué de plusieurs côtés au sujet de son invention. On a cherché à prouver que d'autres avant lui, surtout M. La Cour, avaient indiqué le chemin à suivre. C'est possible, mais on ne peut pas nier le fait que c'est M. Delany qui, le premier, a démontré la possibilité pratique, et il nous paraît dès-lors injuste de vouloir lui enlever le mérite d'avoir, en utilisant des inventions précédentes, trouvé une nouvelle et précieuse ressource pour la télégraphie multiple. L'électro-diapason employé par M. Delany donne environ 85 vibrations doubles ou périodes par seconde.

Ces vibrations sont entretenues par un électro-aimant à deux bobines dont les pôles se rapprochent des extrémités des deux branches du diapason à leur côté extérieur; un courant passant par l'électro-aimant a donc pour effet d'élargir la distance entre les deux branches. Des ressorts de contact placés du côté intérieur des branches ferment le courant local de l'électro-aimant exciteur quand les branches se rapprochent l'une de l'autre et l'ouvrent quand elles s'écartent. Les pôles de l'électro-aimant exciteur sont munis de vis en fer doux qui permettent de varier la distance entre les pôles et les branches du diapason et par conséquent d'en régler l'effet.

La roue phonique est naturellement aussi pourvue d'un électro-aimant qui reçoit à chaque oscillation double du diapason respectif une pulsation électrique.

La roue phonique tourne avec ses 30 dents en fer doux devant les pôles de cet électro-aimant et chaque pulsation électrique l'avance d'une dent, de sorte qu'elle fait environ 25 /6 rotations complètes pendant une seconde.

Une vis de réglage permet de rapprocher plus ou moins l'électro-aimant de la roue phonique et de varier ainsi l'effet de l'attraction.

La roue phonique qui tourne autour d'un axe vertical supporte une capsule cylindrique en bois ou en ébonite avec rainure concentrique dans laquelle se trouve un anneau liquide de mercure. Cet anneau agit comme volant, car sans lui la rotation de la roue se composerait d'une série de chocs. Chaque fois, en effet, que deux dents s'approchent des deux pôles de l'électro-aimant, la vitesse de la roue augmente, et chaque fois qu'elles s'en éloignent, la vitesse diminue.

Or le mercure emmagasine la force vive pour la répartir d'une manière uniforme sur toutes les phases de la rotation.

Au dessous de la roue phonique est appliqué un disque fixe en ébonite qui porte à sa circonférence 60 points ou lames de contact en platine à distances égales et placés dans la direction des rayons. Sur ces lames glisse un ressort ou un balai qui est entraîné par la roue phonique. Deux roues phoniques étant placées dans deux postes aux extrémités d'une ligne télégraphique et cette ligne étant en communication avec les dits ressorts, si les roues ont une marche absolument synchronique, ce sont toujours les points de contact correspondants qui vont se trouver en communication électrique entre eux, le point 1 d'un poste avec le point 1 de l'autre, le point 2 avec le point 2 et ainsi de suite. Le disque en ébonite avec son frotteur joue donc le rôle du distributeur dans les appareils Meyer, Schäffler et Baudot.

Mais sans correction le synchronisme est impossible malgré les diapasons réglés à l'unisson. Or la correction Delany s'effectue de la façon suivante: A l'un des postes que nous appellerons A, le 9e, le 29 e et le 49 e points de contact sont en communication entre eux et avec la terre à travers une pile. Le nombre total des points de contact étant de 60, ces trois points sont donc écartés l'un de l'autre de 120° et le frotteur qui est en communication avec la ligne la met à chaque tour trois fois en communication avec la terre. A l'autre bout de la ligne se trouve le second poste que nous appellerons B. Là le 10e, le 30 e et le 50e points de contact sont en communication entre eux et avec la terre à travers un électro-aimant. Les lames 10, 30 et 50 du poste B sont élargies du côté des lames 9, 29 et 49 de sorte que l'espace isolé entre 9 et 10, entre 29 et 30 et entre 49 et 50 est plus petit que partout ailleurs. Supposons maintenant que le diapason du poste B vibre une idée plus vite que celui du poste A; il arrivera alors que le frotteur en B touchera déjà le

bord élargi du point 10 (30, 50) quand le frotteur du poste A n'aura pas encore quitté le point 9 (29, 49). Dans ce cas le circuit de la ligne sera fermé par la pile en A et par l'électro-aimant en B, et il se produira un courant de très-courte durée partant de A et mettant en activité l'électro-aimant en B.

L'armature de cet électro-aimant, en cédant à l'attraction, agit sur le circuit local qui entretient les vibrations de l'électro-diapason de B dans ce sens que, pour un instant, il exclut de ce circuit une résistance artificielle et renforce ainsi le courant local de l'électro diapason. L'attraction sur les branches du diapason sera donc pour une ou deux vibrations plus forte que de coutume, les branches s'ouvriront davantage et les périodes deviendront plus longues, de sorte que celles du diapason en A pourront de not rattraper.

Cette correction se produit environ 8 fois par seconde, d'où il suit que la moindre différence dans la marche des deux diapasons sera immédiatement corrigée.

La correction telle que nous l'avons décrite fonctionne bien si l'électro-diapason du poste B vibre légèrement plus vite que celui du poste A, mais si le contraire a lieu elle ne peut pas entrer en jeu, car si dans ce cas le frotteur en B se trouve sur le 9e (29e, 49e) point de contact, le frotteur en A a la tendance de toucher déjà le 10e (30e, 50e) point. Mais en A ces points sont complètement isolés et, par conséquent, il ne peut se produire aucun courant de correction. Il faudrait donc disposer les choses de telle manière que l'appareil distributeur de B ait toujours une marche légèrement plus rapide que celui de A. M. Delany a cherché à se libérer aussi de cette restriction et à cet effet il a établi un second système de correction qui est l'inverse du premier.

En B le 19e, le 39e et le 59e points de contact sont en communication entre eux et avec la terre à travers une pile, et en A le 20e, le 40e et le 60e points de contact sont en communication entre eux et avec la terre à travers un électro-aimant. Les lames de ces points de contact sont élargies du côté du 19e, du 39e et du 59e points, de sorte que le frotteur en quittant un de ces derniers touche immédiatement le suivant. Si donc le frotteur en A devance celui de B de la moindre distance, il se trouve déjà sur 20 (40, 60) quand celui de B est encore sur 19 (39, 59) et le courant, partant de la pile en B, parcourt la ligne et met en activité l'électrodiapason en A de la manière déjà décrite pour B et la marche du frotteur en A se ralentit de telle façon que celui en B peut le rattraper de nouveau.

Avec ce double système de correction il est donc sans importance que l'un des deux systèmes ait la tendance de marcher plus vite que l'autre; le courant correcteur partira toujours du poste où la marche est la plus lente, et tant que la marche des deux appareils sera parfaitement synchronique il n'y aura pas de courant correcteur.

Sur chaque disque distributeur il y a donc 12 points de contact formant six groupes équidistants, qui sont consacrés à la correction et ne peuvent être utilisés pour la transmission télégraphique proprement dite.

Si les disques ont un total de 60 points de contact, supposition de laquelle nous sommes partis, c'est 1/5 du temps perdu; quand il y a 72 contacts, c'est 76.

Plusieurs critiques ont vu dans cette circonstance un point faible du système Delany.

Quand le disque a un total de 60 points de contact, il en reste pour les besoins de la transmission télégraphique 48 pendant un tour du frotteur, soit environ 1/6 par seconde, nombre considérable qui donne encore une grande rapidité.

Ces 48 points de contact sont en communication avec les appareils transmetteurs et récepteurs des deux postes. Il est sans conséquence de choisir tel ou tel système de télégraphes, appareils Morse, frappeurs (sounders), Hughes ou autres. On peut aussi varier les combinaisons pour télégraphie quadruple, octuple ou plus. Si, par exemple, les deux postes sont organisés pour transmission octuple, la combinaison sera la suivante: les 1er, 11e, 21e, 31e, 41e et 51e points de contact de chaque distributeur sont en communication entre eux et avec le premier système d'appareils de chaque station, les 2e, 12e, etc. points avec le second système d'appareils, et ainsi de suite jusqu'aux 8e, 18e, 28e etc. points qui communiquent avec le 8e système d'appareils. Chaque système d'appareils est donc mis 17 fois par seconde en communication avec le système correspondant de l'autre poste et ces communications se répètent à des intervalles toujours égaux.

Les 17 communications par seconde de chaque système d'appareils sont, quant au temps, si rapprochées qu'elles agissent pour le service comme si la communication était continue. Si, par exemple, un système se compose d'appareils Morse ordinaires avec manipulateurs, chaque télégraphiste peut travailler comme si la ligne était entièrement à sa disposition.

Ce résultat est encore assuré par un dispositif introduit par M. Calahan, qui, à la place d'électro-aimants ordinaires, a introduit des électro-aimants polarisés.

Supposons que le télégraphiste ait à transmettre un trait. Pendant qu'il tient abaissé son manipulateur, la ligne est plusieurs fois, disons 5 fois, mise en communication avec ses appareils et avec ceux du poste correspondant, mais pendant les interruptions l'armature du poste d'arrivée ne trouve pas le temps nécessaire pour quitter les pôles de l'électro-aimant et il se forme en effet sur la bande de papier un trait, malgré les interruptions de courant.

Cette particularité du système Delany assure une grande supériorité sur les systèmes multiples précédents. Avec ceux-ci les employés dépendent du distributeur, ils sont obligés de transmettre leurs signaux régulièrement cadencés sur la ligne, le moment où il faut abaisser les touches leur est indiqué par un coup de marteau; ils ne sont donc pas libres dans leur jeu.

A l'appareil Delany il en est tout autrement, l'employé a à sa disposition un appareil qui est complètement indépendant du distributeur et qui communique avec ce dernier par un seul fil. Son appareil et le distributeur se trouvent peut-être dans des chambres ou des maisons ou même des villes différentes. L'employé ne sait pas si son fil est aussi exploité par d'autres systèmes d'appareils ou non, il n'est obligé à aucune cadence régulière dans son jeu.

Quand il y a seulement 6 ou 8 systèmes travaillant à la fois sur la même ligne, on peut manipuler aussi vite que l'adresse individuelle le permet, mais si la division va plus loin, si 12, 24, 36 systèmes travaillent à la fois sur la même ligne, alors la vitesse sur chaque système doit naturellement diminuer un peu parce que le nombre des communications par seconde est réduit proportionnellement.

Du 18 Juin au 17 Juillet 1884, le multiple Delany a fonctionné sur un fil d'un diamètre de 5 mm, 16 entre Boston et Providence, distance de 80 kilomètres, et M. le professeur Edwin Houston a fait un rapport qui contient les résultats de cette expérience. Les distributeurs employés avaient 72 points de contact au lieu de 60. On a pu les utiliser en sextuple pour les transmissions les plus rapides avec l'appareil Morse (40 télégrammes à l'heure par chacun des 6 appareils), ou pour 12 appareils Morse avec un jeu plus lent, ou pour 36 ou même pour 72 transmissions simultanées par appareils imprimeurs. Comme sextuple les 1er, 7e, 13e, 19e, 25e, 31e, 37e, 43e, 49e, 55e, 61e et 67e points de contact étaient en communication avec le premier système d'appareils, les 2e, 8e, etc. avec le second, les 3e, 9e, etc. avec le troisième et ainsi de suite.

Pour essayer quel effet pourrait produire une plus grande longueur de ligne, deux fils entre Boston et Providence ont été reliés directement dans cette dernière ville.

On disposait ainsi à Boston des deux extrémités d'une ligne de 160 kilomètres de longueur; les deux distributeurs y étaient placés. Dans ces nouvelles conditions le fonctionnement des appareils conserva toujours la même régularité. On alla plus loin en intercalant des résistances artificielles équivalentes à 800 kilomètres de ligne et même un condensateur de 2 7 2 microfarads, mais tous ces obstacles n'ont pas dérangé le fonctionnement régulier des électro-diapasons et des distributeurs; la transmission était seulement un peu plus lente. Même un changement subit de la résistance de la ligne ne détruisait pas le synchronisme.

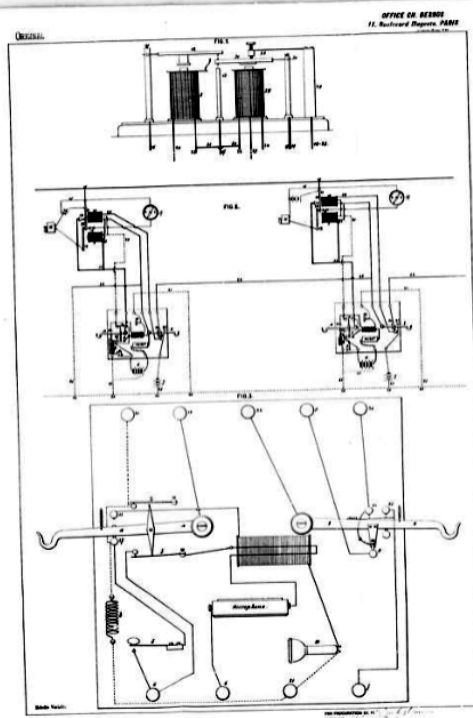
On procéda alors à une expérience suprême qui, si elle réussissait, devait démontrer la puissance et la perfection du nouveau système de transmission. Il s'agissait de constater si l'on pouvait faire fonctionner le multiple à travers des translations. A cet effet, un appareil sextuple fut de nouveau posé entre Boston et Providence, un seul fil réunissant les deux villes. De Boston on transmettait sur le premier système d'appareils un télégramme à Providence. Ici le premier appareil faisait translation sur le second et celui-ci renvoyait les signaux à Boston où ils étaient reçus sur le second appareil. Cet appareil faisait translation sur le 3e appareil à Boston qui envoyait les signaux pour la seconde fois à Providence où le 3e appareil les passait par translation au 4e et ainsi de suite jusqu'au 6e appareil. Ainsi chaque signal faisait simultanément et par le même fil six fois le chemin entre Boston et Providence et passait par 5 translations. Si l'on prend en considération l'effet nuisible qu'ont les translations en général sur la transmission des télégrammes même dans la télégraphie ordinaire et le fait que le jeu des appareils est forcément ralenti en passant seulement par 3 translations, on a raison de s'étonner des résultats remarquables obtenus avec le multiple Delany.

Cette expérience prouve à l'évidence que ce nouveau système est un véritable succès, mais en même temps il nous remplit d'une haute estime pour les mécaniciens américains qui ont su construire des appareils assez parfaits pour pouvoir subir une pareille épreuve, car si les mouvements des armatures des appareils translateurs n'étaient pas presque instantanés, ce tour de force ne serait pas possible.

Une autre expérience singulière a encore été faite et, quoiqu'elle ne prouve pas plus que la précédente, elle était pourtant de nature à exciter encore davantage l'étonnement des assistants. En laissant les translations automatiques telles que nous les avons décrites dans l'expérience précédente, on a mis aussi les 6e et 1er appareils de Boston en translation entre eux et alors on transmettait un point sur le premier appareil de Boston qui, après avoir passé par toutes les translations, revenait au 6e appareil à Boston d'où il était transmis de nouveau par translation sur le 1er et recommençait son voyage d'aller et de retour entre les deux villes. Pendant 5 minutes entières on a ainsi laissé passer ce point qui marchait comme poussé par une puissance invisible. 300 fois en une minute il se reproduisait sur le même appareil à Boston, il parcourait donc la distance entre Boston et Providence 1800 fois par minute. En 5 minutes la distance totale parcourue à travers environ 9000 translations était de 720,000 kilomètres ou 18 fois la circonférence de la terre. Plus des 9/10 temps étant absorbés par les translations, il ne restait qu'une bien petite fraction pour le parcours proprement dit des distances. Il ne faut pas perdre de vue l'observation faite plus haut que les appareils sont complètement indépendants des distributeurs; le seul lien qui existe entre eux c'est le fil qui met en communication l'appareil avec le distributeur. Au lieu de placer dans le même local les différents appareils d'un multiple, rien n'empêcherait de les distribuer dans plusieurs villes. On pourrait, par exemple, placer les 6 appareils d'un sextuple à Boston, Lowell, Portsmouth, Worcester, Lawrence et Lynn et chacune de ces villes serait en communication avec Providence ou d'autres villes dans le voisinage de Providence par un seul fil. Il est clair que sur ce fil commun on ne peut pas du dehors surprendre et s'emparer des correspondances transmises; on ne percevrait qu'un embrouillement de signaux se suivant avec une grande rapidité.

S'il était possible de graduer les courants de correction suivant le système van Rysselberghe et de les rendre muets pour le téléphone, on aurait la téléphonie multiple sur un seul fil, car il a été constaté qu'on peut se comprendre par téléphone lorsque le circuit est interrompu par de très-courts intervalles. Un résultat favorable dans ce sens serait d'une si grande importance qu'il serait bien désirable d'en voir faire l'expérience le plus tôt possible.

Arrive le premier brevet de multiplexage télégraphique et téléphonique fréquentiel



Notre invention consiste en un système de transmissions de dérivés téléphoniques et télégraphiques et, en général, de tous signaux électriques ayant pour objet principal de permettre à plusieurs personnes installées sur les mêmes fils conducteurs de correspondre soit entre elles, soit avec un bureau central sans mélange ou confusion dans la transmission de la parole et des dérivés.

1887 Vu dans "La Lumière Electrique"

TRANSMISSION MULTIPLEX POUR COMMUNICATIONS TÉLÉPHONIQUES

Nous voulons exposer ici le principe d'une invention ayant pour but de permettre simultanément à plusieurs couples de correspondants l'usage d'un même circuit ou ligne téléphonique, sans mélange ni trouble des diverses communications particulières.

Exposons d'abord le principe, ou plutôt le phénomène physiologique sur lequel est fondée cette invention. On sait que l'impression de la perception d'un son par l'oreille ne cesse pas en même temps que le son lui-même cesse d'être produit. En d'autres termes, l'oreille semble continuer à percevoir le son, alors que celui-ci a cependant cessé depuis un temps appréciable. Ce phénomène, analogue à ce qui existe pour la vision, constitue ce que l'on nomme la *persistance auditive*.

Cette persistance, mesurée par expérience, a été trouvée égale à un trente-deuxième de seconde. Il suit de là que si un son est répété, de telle sorte que le plus grand intervalle de temps entre les sons successifs n'excède pas un trente-deuxième de seconde, l'impression est ininterrompue et l'auditeur perçoit, au lieu de la série de sons détachés, un son continu.

De même, quand un auditeur perçoit un son continu, si l'on scinde ce son par une série d'interruptions dont la durée [atteigne au plus un trente-deuxième de seconde, la sensation de ces interruptions échappe à l'oreille et l'auditeur continue à percevoir le son comme s'il demeurait continu.

Cette seconde conséquence du phénomène de la persistance auditive est celle que nous avons utilisée.

Etant donné un circuit réunissant deux téléphones, si l'on intercale, en un point quelconque de l'un des fils de ce circuit, un interrupteur qui produise une série d'interceptions du courant dont la durée soit au plus d'un trente-deuxième de seconde, la communication entre les deux correspondants n'en sera nullement altérée.

(L'idée du système de transmission multiplex de M. D. Tommasi est certainement curieuse; mais, tant qu'elle n'est pas réalisée, il y a bien des réserves à faire. En particulier, on peut se demander si le téléphone récepteur serait aussi complaisant que l'oreille de l'auditeur. Il n'est pas douteux que les interruptions du courant produiront, dans le récepteur, des perturbations qu'il semble difficile d'éviter: on ne peut certainement pas fractionner un courant comme une sensation auditive).

Cela étant, il devient loisible d'utiliser pour d'autres communications les interruptions que nous venons de dire. Il suffit, pour atteindre ce but, de charger l'interrupteur, pendant chacune de ces interruptions, de fermer tour à tour le circuit d'autres couples de téléphones reliés avec la ligne comme le premier, de telle sorte que le contact n'ait jamais lieu simultanément sur plus d'un circuit, puis de le rétablir sur le premier.

Cette série de fermetures successives étant continue et s'effectuant en un peu moins d'un trente-deuxième de seconde, les choses se passent pour chacun des téléphones reliés, comme pour le premier, c'est-à-dire que pour aucun d'eux la communication n'éprouve pas d'interruption sensible.

Pour que les courants successifs qui parcourent la ligne et qui appartiennent tour à tour à chacune des communications en cours passent par le récepteur correspondant et non par un autre, c'est-à-dire pour que les communications ne se mélangent point et ne subissent aucune interruption, un second interrupteur, pareil au premier, et fonctionnant synchroniquement, est disposé à l'autre extrémité de la ligne.

Chaque appareil occupe donc une extrémité de la ligne à utiliser en commun, et à chacun d'eux viennent se relier les divers correspondants du lieu où il se trouve. Un tel appareil peut certainement être réalisé de différentes manières et recevoir diverses formes, mais ses dispositions et son fonctionnement demeurent toujours étroitement dépendants de la condition de temps imposée par le phénomène rappelé ci-dessus, et des conditions générales d'application ou d'utilisation que nous venons d'exposer. Nous ne nous attarderons donc pas à un dénombrement superflu et nous passerons de suite à la description sommaire du modèle auquel nous nous sommes arrêté.

Notre système comporte deux pièces principales :

1° Un cylindre creux en ébonite ou toute autre matière isolante, monté sur un arbre métallique relié d'une manière permanente à l'un des fils de la ligne et tournant dans des coussinets isolés ;

2° Une barre fixe en ébonite ou toute autre matière isolante, placée parallèlement à l'axe du cylindre et dont l'écartement est susceptible de réglage.

Sur le manteau du cylindre sont disposés régulièrement suivant un seul tour d'hélice, en nombre égal à celui des communications simultanées que l'on veut réaliser, des contacts saillants reliés chacun à l'arbre du cylindre.

La barre fixe, porte, dans le plan de rotation de chacun de ces contacts et sur la face qui regarde le cylindre, un balai de forme convenable communiquant avec une borne placée sur la face opposée.

Comme complément de ces organes principaux, un barre métallique fixe porte une seconde série de bornes, correspondant aux précédentes, et est reliée avec le second fil de la ligne.

Toutes ces bornes sont reliées avec le commutateur du poste où est placé l'appareil.

Le cylindre étant animé d'un mouvement de rotation sur son axe, on comprend que les divers circuits seront, chacun successivement, fermés puis ouverts et que, les distances angulaires étant convenablement mesurées, chaque fermeture ne pourra avoir lieu qu'après l'ouverture du circuit précédent.

L'obligation de limiter la durée des interruptions des circuits à un trente-deuxième de seconde, conduit à donner au cylindre de l'appareil une vitesse de 32 tours par seconde, soit 1920 tours ou, pour plus de certitude, 2000 tours par minute.

Cependant, il est possible que l'on puisse réduire cette vitesse dans une certaine mesure si, comme il faut peut-être le prévoir, la persistance des vibrations de la membrane ou plaque téléphonique apporte quelque compensation à la brièveté de la persistance auditive. L'expérience peut seule nous renseigner à cet égard.

Il va de soi que l'égalité par faite de fonctionnement des deux appareils placés aux extrémités de la ligne ne peut-être obtenue que par le synchronisme absolu de leur mouvement de rotation.

Pour réaliser ce synchronisme, nous actionnons l'un de nos appareils au moyen d'un petit moteur électrique monté sur l'arbre même du cylindre. Le mouvement de ce cylindre est communiqué à celui du second appareil par l'un ou l'autre des dispositifs connus, ce qui nécessite l'emploi d'une seconde ligne double, mais en fils télégraphiques ordinaires.

La dépense occasionnée par la nécessité d'employer une ligne auxiliaire en fer, conjointement avec la ligne téléphonique en bronze, est tout à fait négligeable en regard du bénéfice acquis par l'utilisation multiplex de la ligne principale.

Notre « dispositif de transmission multiplex par communications téléphoniques » se complète, naturellement, par tous les accessoires indépendants du système proprement dit et qui sont bien connus de tous.

D. TOMMASI

En 1887 Dans les "Annales télégraphiques" était présenté

LE NOUVEAU SYSTEME DE TRANSMISSION POUR TÉLÉPHONES ET TÉLÉGRAPHES

DE MM. LOUIS MAICHE & DONATO TOMMASI

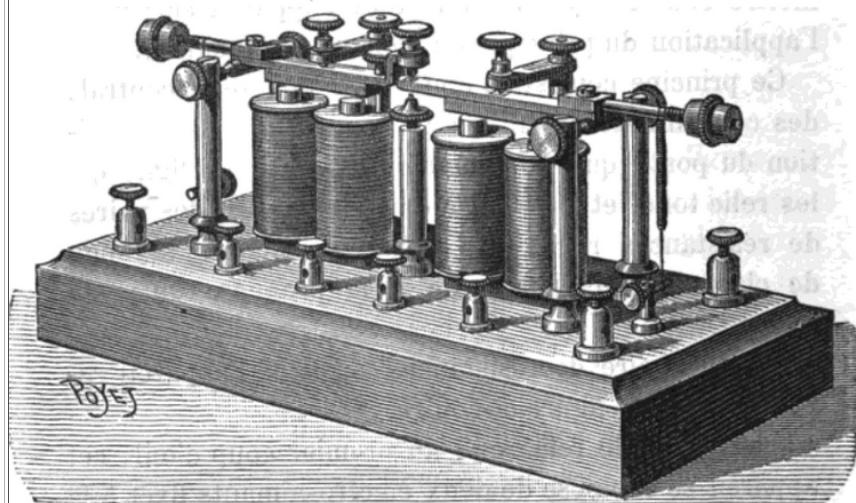
Chacun sait que dans l'établissement des lignes ou des réseaux téléphoniques ou télégraphiques, les conducteurs et leurs accessoires constituent la plus forte dépense et que pour les téléphones surtout, plus les postes à relier sont éloignés du poste central, plus il est à craindre que cette dépense n'oblige à porter le prix de l'abonnement à un chiffre inacceptable; on sait aussi que, d'autre part, la multiplicité des lignes crée aux compagnies de sérieuses entraves à l'extension. des réseaux, tant lorsque l'installation des fils est aérienne que si elle est souterraine.

Il y aurait donc un immense avantage si l'on parvenait à réduire le nombre des fils, c'est à dire si l'on pouvait desservir un certain nombre de postes avec une seule ligne.

On comprend que outre l'économie réalisée sur les conducteurs et leurs supports, on obtiendrait une très sérieuse réduction de l'encombrement qui résulte de la multiplicité actuelle des lignes, laquelle atteint presque partout la limite d'emplacement disponible, et que l'on pourrait, sans dépasser cette limite, desservir un nombre beaucoup plus considérable de postes. De là résulterait une économie très sensible et, par suite, un notable abaissement du prix de l'abonnement, c'est-à-dire le meilleur argument que l'on puisse employer pour provoquer l'extension des correspondances électriques dans les relations commerciales et privées.

En attendant que nous puissions donner une description complète et le diagramme d'une installation téléphonique de notre système, nous nous bornerons à mettre sous les yeux du lecteur l'appareil servant à l'application du principe qui constitue l'invention.

Ce principe consiste à employer, du poste central, des courants de potentiels croissants, suivant la position du poste que l'on veut appeler sur la ligne qui les relie tous, et à disposer dans ces postes des paires de résistances réglées de telle sorte que la seconde de chaque poste soit égale à la première du poste suivant. Chaque paire de résistances constitue l'appareil représenté par la figure ci-contre.



Ainsi qu'on le remarque au premier coup d'œil, cet appareil se compose de deux électro-aimants fixés à la suite l'un de l'autre sur un socle. A chaque extrémité de l'appareil se trouvent deux petites colonnes supportant l'axe de l'armature de l'électro-aimant correspondant. La résistance de chaque armature à l'action de son électro-aimant est constituée par un petit ressort à boudin accroché au levier extérieur de l'armature et par un contrepoids mobile sur la partie filetée de ce levier.

L'amplitude des oscillations des armatures est limitée, pour l'électro-aimant qui constitue la première résistance du poste (celui de gauche dans notre dessin), d'abord par une vis de position placée au-dessus et au milieu de la monture du barreau de fer doux ou armature, puis par une vis d'arrêt placée vers l'extrémité de cette monture et qui vient porter sur la seconde bobine; pour l'électro-aimant qui constitue la seconde (celui de droite) la première de ces vis existe seule.

Le contact entre les deux armatures peut s'effectuer par une vis spéciale qui traverse l'extrémité repliée de la monture de celle de la première résistance. A l'aplomb de cette vis se trouve un autre contact sur lequel peut s'appuyer la monture de l'armature du second électro-aimant; dans ce cas, les deux armatures cessent d'être en contact, grâce à la vis d'arrêt de la première.

Tous ces organes, parfaitement visibles sur le dessin, sont susceptibles d'être réglés avec la plus grande précision, tant pour la résistance que doivent opposer les armatures que pour l'amplitude de leurs oscillations.

Les quatre grandes bornes que l'on voit aux angles du socle servent à placer les appareils soit en circuit, soit en dérivation. Les petites bornes reçoivent les fils de la pile locale et de l'appareil téléphonique ou télégraphique.

Lorsque les appareils doivent être placés en circuit, tous les électro-aimants ont la même résistance propre; il n'en est plus ainsi quand ils sont montés en dérivation. La résistance des armatures à l'action des électro-aimants est réglée de telle sorte que chacune d'elle ne peut être attirée que si un électro-aimant est traversé par un courant d'un potentiel déterminé, et, en outre, la disposition de l'appareil est telle que si la première armature (gauche) seulement est attirée, la communication s'établit entre le poste appelé et le bureau d'appel, tandis que, au contraire, si les deux armatures de l'appareil sont attirées en même temps, leurs efforts se neutralisent, au point de vue des contacts, c'est-à-dire mécaniquement, et le courant passe aux postes suivants. Ces différences dans la circulation résultent de ce que, lorsque la première armature s'abaisse seule, la vis qui la termine s'appuie sur la seconde armature, et de ce que celle-ci s'éloigne de cette vis aussitôt qu'elle-même est attirée, pour venir en contact avec la vis de la petite colonne centrale.

Supposons, par exemple que les résistances des armatures des postes I, II, III ... d'une ligne aient été réglées pour des courants de 1 et 2, 2 et 4, 4 et 6 ... pile daniell, respectivement.

Si on lance dans la ligne un courant de deux Daniell, ce courant surmontera les résistances des armatures des deux électro-aimants du poste I, et la résistance de l'armature du premier électro-aimant du poste II; le poste I ne sera pas appelé, tandis que le poste II sera mis en communication avec le bureau d'appel; en même temps, l'apparition d'un signal prévient tous les autres postes que la ligne est occupée.

Le nouveau système s'applique non seulement aux téléphones et aux télégraphes, mais encore à tous les genres de communications électriques tels que signaux de chemin de fer, de défense des places et des côtes, lignes de torpille, etc., etc.

En 1888 dans "Le Journal Télégraphique" on lisait :

M. Tommasi a cherché, d'une autre manière encore, la solution de la télégraphie et téléphonie simultanée. Il veut affaiblir les courants télégraphiques à un tel degré qu'ils ne puissent plus suffisamment influencer le téléphone pour déranger son service. A cet effet, il fallait construire un relais excessivement sensible et **il paraît que M. Tommasi a résolu cette condition préliminaire d'une manière satisfaisante.**

Le relais est composé d'une aiguille aimantée qui oscille entre quatre solénoïdes. Le courant de la ligne parcourt ces derniers et l'action sur l'aiguille est ainsi quadruplée. L'aiguille, en déviant de sa position d'équilibre, forme un circuit local et permet ainsi de travailler sur les lignes télégraphiques, avec des courants si faibles, qu'ils ne peuvent guère influencer les récepteurs téléphoniques. Des lignes qui demandent ordinairement 70 éléments peuvent fonctionner d'une manière satisfaisante avec 5 éléments et, avec un seul élément composé d'un fil de zinc et d'un fil de cuivre plongés dans l'eau, on a pu faire fonctionner le relais à travers une résistance de 2 1/2 megohms. Le relais est aussi sensible que les galvanomètres à miroir dont on se sert pour la télégraphie transatlantique, ce qui a été prouvé par des expériences entre Brest et Newfoundland. Pour téléphoner et télégraphier simultanément, M. Tommasi relie le téléphone au fil télégraphique à travers un condensateur et intercale dans le fil télégraphique, derrière le point de bifurcation, une résistance auxiliaire huit fois plus grande que celle de la ligne.

Les expériences ont été faites avec succès entre Paris et Mantes, et plus tard entre Paris et Laon.

En 1896 Dans l'ouvrage "Réseaux téléphoniques et sonnettes" de Bernard, E. et Cie était exposé un principe de téléphone multiple du Dr.**Donato Tommasi** , c'est un système temporel , on retrouve une nouvelle explication mais pas de schéma ou de plan.

Pargraphe 63 — La méthode proposée par le Dr Donato Tommasi repose sur un phénomène physiologique bien connu : l'impression de la perception d'un son par l'oreille alors que le son a cessé d'exister. Ce phénomène, analogue à celui observé pour la vision, a reçu le nom de <i>persistance auditive</i>, et on a constaté par expérience que le son est perçu pendant 1/32 de seconde après sa cessation. Si donc on s'arrange pour que le plus grand écart existant entre deux émissions successives ne dépasse pas ce laps de temps, on percevra un son continu. Réciproquement, si un auditeur perçoit un son continu, on pourra scinder ce son par une série d'interruptions ne dépassant pas 1/32 de seconde, sans que l'oreille s'en aperçoive. Ceci posé, le Dr D. Tommasi intercale dans un circuit téléphonique un interrupteur produisant une série d'interruptions de courant durant au maximum 1/32 de seconde (ce qui ne gêne pas la communication), et il utilise ces interruptions de courant pour établir d'autres communications simultanées. A cet effet, l'interrupteur est disposé de façon que pendant chacune des interruptions il ferme tour à tour le circuit d'autres couples de téléphones reliés à la ligne, le rétablit sur le premier, et ainsi de suite, sans que le contact ait jamais lieu sur deux circuits à la fois. Cette série de fermetures successives étant continue et s'effectuant en un peu moins de 1/32 de seconde, les choses se passent pour chaque poste téléphonique comme si ce poste était seul sur la ligne, c'est-à-dire que, pour aucun d'eux, la communication n'éprouve d'interruption sensible. Pour que les courants successifs qui parcourent la ligne et qui appartiennent tour à tour à chacune des communications en cours passent par le récepteur correspondant ou, en d'autres termes, pour que celles-ci ne se mélangent pas, un deuxième interrupteur semblable au premier et fonctionnant synchroniquement avec lui, est disposé à l'autre bout de la ligne. Chaque appareil occupe donc une extrémité du conducteur à utiliser en commun, et à chacun d'eux viennent se relier les divers correspondants du lieu où il se trouve. Le système Tommasi comporte deux pièces principales : 1° Un cylindre creux en ébonite ou toute autre matière isolante, monté sur un arbre métallique relié d'une manière permanente à l'un des fils de la ligne, et tournant dans des coussinets isolés ; 2° Une barre fixe en ébonite ou en toute autre matière isolante, placée parallèlement à l'axe du cylindre et dont on peut régler l'écartement. Sur la surface du cylindre sont disposés régulièrement, suivant un seul tour d'hélice, en nombre égal à celui des communications simultanées que l'on veut obtenir, des contacts saillants reliés chacun à l'arbre du cylindre. La barre fixe porte, dans le plan de rotation de chacun de ces contacts et sur la face du cylindre, un balai de forme convenable communiquant avec une borne placée sur la face opposée. Comme complément de ces organes principaux, une barre métallique fixe porte une deuxième série de bornes correspondant aux précédentes et est reliée avec le deuxième fil de la ligne. Toutes ces bornes communiquent avec le commutateur du poste où est placé l'appareil. Ceci posé, on comprend que, dès que le cylindre sera animé d'un mouvement de rotation sur son axe, les divers circuits seront successivement fermés, puis ouverts et que, les distances angulaires étant convenablement-mesurées, chaque fermeture ne pourra avoir lieu qu'après l'ouverture du circuit précédent. L'obligation de limiter la durée des interruptions des circuits à 1/32 de seconde, conduit à donner au cylindre de l'appareil une vitesse de 32 tours par seconde, soit 1.920 tours ou, pour plus de certitude, 2.000 tours par minute. Le Dr D. Tommasi fait observer que l'on pourra sans doute réduire cette vitesse dans une certaine mesure si, comme il faut peut-être le prévoir, la persistance des vibrations de la membrane ou plaque téléphonique apporte quelque compensation à la brièveté de la persistance auditive. Il va de soi que l'égalité parfaite de fonctionnement des deux appareils placés aux extrémités de la ligne ne peut être obtenue que par le synchronisme absolu de leur mouvement de rotation. Pour réaliser ce synchronisme, M. D. Tommasi propose d'employer un petit moteur électrique monté sur l'arbre même du cylindre. Le mouvement de ce cylindre serait communiqué à celui du deuxième appareil par l'un ou l'autre des dispositifs connus, ce qui nécessite l'emploi d'une deuxième ligne double, mais en fils télégraphiques ordinaires. La dépense occasionnée par l'emploi de cette ligne auxiliaire en fer, conjointement avec la ligne téléphonique en bronze, serait, d'après l'inventeur, négligeable si on la compare au bénéfice que l'on retirerait de l'utilisation multiple de la ligne principale. Après cet exposé, il n'a pas été trouvé de trace de mise en service d'un tel système.
--

Ce qu'il était bon de montrer, c'est que l'idée du multiple automatique est posée. (rappelons que cet exposé est écrit en 1993 et le système Tommasi est publié en 1896).

Puis le 1er décembre 1903 VILLARD M. MINEUR dépose un brevet N° [US745734](#) de téléphonie multiplexée.

Sachez que moi, WILLARD M. MINER, citoyen des États-Unis et résident de Plainfield, dans le comté d'Union et l'État du New Jersey, ai inventé certaines améliorations nouvelles et utiles à la téléphonie multiplexée, dont voici la description. Mon invention concerne une technique améliorée de téléphonie multiplexée, dont l'objectif est de permettre à plusieurs conversations téléphoniques de se dérouler sur une seule ligne ou un seul circuit sans interférence entre elles. Il a été proposé jusqu'à présent dans l'art de la télégraphie d'utiliser un seul fil pour plusieurs transmissions télégraphiques simultanées en Morse ou autres, en établissant aux extrémités opposées de ladite ligne des changeurs de circuits ou commutateurs fonctionnant de manière synchrone, parfois appelés distributeurs ou tournesols, lesdits distributeurs établissant une connexion entre la ligne et une série de branches ou sous-circuits successivement et à intervalles de temps rapidement répétés, de manière à produire, en effet, la condition d'une connexion continue entre les branches ou sous-circuits correspondants aux extrémités opposées du fil, lesdites branches correspondantes contenant les émetteurs et les récepteurs qui sont utilisés conjointement dans le but de transmettre des renseignements. Il a déjà été suggéré qu'un même appareil permettrait d'utiliser une seule ligne pour plusieurs communications téléphoniques simultanées. Des expériences antérieures ont établi que, pour une telle transmission téléphonique multiplexée, la conversation peut se dérouler avec succès sur un grand nombre de sous-circuits à condition que les intervalles de temps entre les connexions successives d'une branche ou d'un sous-circuit à la ligne ne dépassent pas un centième de seconde environ. L'hypothèse est que, comme l'a exprimé un expérimentateur, le système ne détectera absolument pas une interruption d'un son continu pendant un centième de seconde. Dans un appareil conçu pour fonctionner selon ce principe, il y a nécessairement, en raison de l'extrême complexité des sons de la voix ou de la parole articulée et du nombre extrêmement élevé d'ondes nécessaires à la production d'un seul mot, une perte, à chaque intervalle entre les fermetures successives de circuit, de nombreuses vibrations sonores fines ou complexes dont dépend la qualité sonore qui caractérise la voix humaine. Cela deviendra évident si l'on considère que le nombre d'ondes produisant un seul mot peut se compter par centaines. En effet, il a été démontré, grâce à un enregistrement phonographique, que le nombre de vibrations impliquées dans les mots « Royal Society of Edinburgh », prononcés lentement comme une conversation normale, dépasserait les trois mille. Or, comme chacun sait, le diaphragme du phonographe ne restitue pas avec une précision parfaite toutes les vibrations de la voix ; par conséquent, l'enregistrement produit ne contient pas toutes les vibrations partielles, ou harmoniques, qui confèrent à la parole son timbre et sa singularité. Il est également bien établi, comme loi fondamentale de l'acoustique, que chaque voyelle résulte simplement du renforcement, par l'air contenu dans la cavité buccale, d'une, voire de deux harmoniques de hauteur déterminée présentes dans le son émis par les cordes vocales. Les notes ou tonalités caractéristiques des voyelles, telles qu'elles ont été déterminées, varient d'environ deux cent vingt-cinq vibrations par seconde, par octaves, jusqu'à une note de trois mille six cents vibrations par seconde, qui est la note caractéristique de la voyelle i. Sans s'attarder sur l'exactitude des chiffres fournis par divers physiiciens, il est indéniable que les vibrations caractéristiques de la parole humaine sont de très haute fréquence et, pour de nombreux sons, atteignent plusieurs milliers par seconde. Il est donc évident que tout système de téléphonie multiple qui autorise une interruption du circuit téléphonique d'un centième de seconde seulement, voire d'un intervalle beaucoup plus court, sera nécessairement imparfait, en raison de la perte de nombreuses notes ou vibrations caractéristiques de la voix pendant la conversation. L'expérience démontre l'inadéquation de ces systèmes antérieurs, même lorsque la durée de l'intervalle entre les fermetures successives d'un sous-circuit est réduite à un intervalle beaucoup plus court que celui indiqué par les expérimentateurs précédents comme étant dans les limites pratiques, et même lorsque l'intervalle exact précédemment indiqué comme admissible, à savoir un centième de seconde, est utilisé, on constatera qu'un effet ou une sensation saccadée ou irrégulière est produite dans l'oreille de l'auditeur. La présente invention repose sur le principe que, pour une transmission réussie de la parole sur l'un quelconque des circuits de branche ou sous-circuits successivement connectés à la ligne, les fermetures de connexion de ce circuit doivent être répétées avec une fréquence ou une rapidité proche de la fréquence ou de la fréquence moyenne des vibrations les plus fines ou les plus complexes qui caractérisent la voix ou la parole articulée. J'ai démontré que c'est le principe de fonctionnement véritable et nécessaire en
--

actionnant les commutateurs ou distributeurs de fermeture de circuit, de manière à produire des fermetures de chacun des circuits de branche ou sous-circuits à une fréquence pouvant atteindre quatre mille trois cent vingt fermetures par seconde. À ce rythme, je constate que la voix, avec tout son timbre original et son individualité, peut être reproduite avec succès dans l'appareil récepteur. À ce taux de contact ou de fermeture, une connexion est établie pour chacune des vibrations ou ondes nécessaires à la production de la parole ou de la voix humaine. Bien que j'aie obtenu les meilleurs résultats avec ce taux de fermeture, j'ai également réussi à obtenir des résultats que l'on pourrait qualifier de commerciaux en utilisant des taux de fermeture relativement faibles, de l'ordre de 3 500 fermetures par seconde, ce qui correspond pratiquement à de la note la plus aiguë caractérisant les voyelles. Cependant, lorsque le taux augmente, et jusqu'à 4 320 fermetures par seconde, je constate que la précision et la clarté de la transmission de la parole s'améliorent, mais qu'au-delà de ce taux maximal, aucun avantage n'est obtenu ; au contraire, on observe une perte d'efficacité. On peut donc en déduire que le taux le plus élevé correspond au taux le plus élevé des harmoniques ou des partiels de la voix humaine. Cependant, dans ma revendication d'invention, je ne me limite pas à la fréquence particulière mentionnée, mais je revendique comme principe de ma méthode améliorée la fourniture d'un contact ou d'une fermeture à une fréquence telle qu'elle permette d'établir un circuit ou une connexion capable de recevoir la quasi-totalité des ondes ou vibrations caractéristiques de la parole. Il est entendu, bien entendu, qu'une diminution de la fréquence entraîne inévitablement une perte de certaines vibrations caractéristiques, bien qu'une fréquence de trois mille six cents fermetures par seconde permette de restituer toutes les harmoniques caractéristiques des voyelles et permette ainsi d'assurer plusieurs transmissions simultanées avec une certaine clarté. En respectant scrupuleusement la règle que j'ai énoncée ici, à savoir la fourniture d'un contact ou d'une fréquence de connexion déterminée par la fréquence des harmoniques ou des partiels de la voix humaine que l'on souhaite reproduire dans l'instrument, dans chaque sous-circuit, un grand nombre de conversations simultanées peuvent être menées sur une seule ligne ou un seul circuit. Dans la mesure où cela est observable, si cette règle est respectée, la durée des intervalles entre les fermetures successives, comparée à la durée de chaque fermeture, est relativement négligeable. En effet, si la fréquence des fermetures est telle que décrite précédemment – c'est-à-dire ajustée à la fréquence des harmoniques caractéristiques de la parole – de sorte qu'une fermeture soit assurée à un instant ou un autre de chaque vibration, la durée de chaque fermeture est relativement négligeable. Il devient donc possible d'utiliser un nombre de transmissions simultanées plus important que jamais auparavant. J'ai obtenu en pratique des résultats parfaitement exploitables avec quatre transmissions simultanées. Comme on le verra, ma méthode constitue donc une rupture pratique avec les pratiques antérieures, dans la mesure où je ne me réfère pas à la durée des intervalles admissibles entre les fermetures successives d'une même branche ou d'un même sous-circuit, mais j'organise et je fais fonctionner l'appareil en vue de produire des fermetures de fréquence déterminée, indépendamment de la durée de chaque fermeture ou de la durée de chaque intervalle intermédiaire pendant lequel le circuit est interrompu sur ladite branche ou ledit sous-circuit.

Après avoir décrit le principe général de mon invention, il apparaîtra évident que l'appareil permettant sa mise en œuvre serait, dans sa forme générale, identique à celui utilisé jusqu'ici pour la téléphonie ou la télégraphie multiplexée, à ceci près qu'il fonctionnerait à une vitesse considérablement plus élevée.

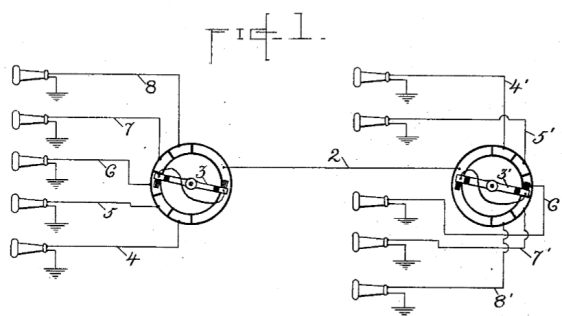
Ceci permettrait d'atteindre une fréquence de fermeture des connexions sur les différentes branches ou sous-circuits proche, plus ou moins, de la fréquence des vibrations harmoniques caractéristiques de la parole. Une fréquence de fermeture de mille ou deux mille par seconde ne répondrait pas au but de mon invention ; mais à mesure que cette fréquence augmente et dépasse trois mille, des améliorations se manifesteront, nettement plus marquées à trois mille cinq cents ou trois mille six cents par seconde. Les meilleurs résultats seront toutefois obtenus à environ quatre mille trois cents par seconde.

No. 745,734.

PATENTED DEC. 1, 1903.

W. M. MINER.
MULTIPLEX TELEPHONY.
APPLICATION FILED FEB. 26, 1903.

NO MODEL.



Les dessins ci-joints illustrent schématiquement une paire de ferme-circuits ou de distributeurs rotatifs de forme typique, parfois utilisés pour la transmission multiplex sur un circuit à ligne unique.

Les bras rotatifs aux extrémités opposées du double Les éléments 2 sont marqués 3 et 3 respectivement. Ils sont maintenus synchronisés par tout moyen connu dans le domaine, et chacun est représenté tournant autour de cinq contacts ICC, auxquels sont connectés respectivement les cinq branches ou sous-circuits 4 à, 5 à, 6 à, 7 à. Les branches correspondantes comprennent l'appareil ou les ensembles d'appareils téléphoniques utilisés conjointement pour la conversation. Le circuit représenté est un circuit de masse ; cependant, comme on le verra, l'appareil pourrait être organisé de la manière classique illustrée à la figure 2 afin de fournir un circuit métallique pour chaque transmission téléphonique. Mon invention ne reposant toutefois sur aucune construction particulière d'appareil, mais plutôt sur un principe d'utilisation novateur, il n'est pas nécessaire de décrire l'appareil en détail, les électriciens et les mécaniciens étant conscients que tout moyen approprié peut être utilisé pour assurer la vitesse de rotation nécessaire des bras des distributeurs, conformément aux principes énoncés précédemment. Ainsi, par exemple, les arbres supportant les bras rotatifs peuvent être actionnés par des moteurs électriques synchronisés, reliés par engrenages ou courroies à ces arbres pour leur conférer la vitesse de rotation requise. Le moteur peut être synchronisé selon les moyens décrits dans mon brevet antérieur n° 702 452, daté du 17 juin 1902, ou par tout autre procédé de synchronisation employé en télégraphie ou en téléphonie lorsqu'il est nécessaire de maintenir la rotation synchrone de commutateurs de circuit situés aux extrémités opposées de la ligne. Bien que la fréquence de fermeture souhaitée puisse être obtenue par un engrenage approprié, comme décrit précédemment, un autre procédé, bien connu dans le domaine, consiste à répéter les contacts connectés à chaque circuit un certain nombre de fois sur la circonférence de rotation du ou des balais de fermeture de circuit, de sorte que pour chaque tour complet de l'arbre portant les bras, le circuit soit fermé plusieurs fois. La disposition et la taille des contacts sont sans importance, la seule condition étant un bon contact. La durée de chaque contact, telle que décrite ci-dessus, n'est pas un facteur déterminant du principe de mon invention.

Je revendique comme mon invention :

1. L'art amélioré de la téléphonie multiplex décrite ici, consistant à fermer de manière synchrone la connexion entre la ligne et les branches ou sous-circuits correspondants avec une fréquence correspondant à la fréquence des tons et harmoniques caractérisant la parole.
2. L'amélioration décrite ici en téléphonie multiplex consiste à fermer de manière synchrone la connexion entre la ligne et les branches ou sous-circuits correspondants avec une fréquence correspondant à la fréquence des vibrations appartenant aux notes caractérisant les sons vocaliques.
3. L'amélioration de la téléphonie multiplex décrite ici consiste à fermer la connexion entre les branches ou sous-circuits correspondants et la ligne à un rythme d'environ quatre mille trois cent vingt fermetures par seconde, plus ou moins comme décrit.
4. L'amélioration décrite ici en téléphonie multiplex consiste à fermer la connexion entre la ligne et les branches ou sous-circuits correspondants avec une fréquence correspondant à la fréquence des vibrations produites par les mots prononcés.

Signé à New York, dans le comté de New York et l'État de New York, ce 24 février 1903.

La téléphonie à longues distances :

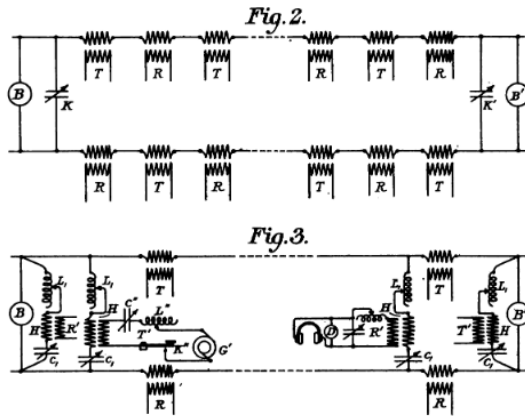
1911 M. le major G. O. Squier, du Signal Corps des Etats-Unis, déjà connu du monde télégraphique par ses expériences sur la radiotélégraphie, ayant annoncé qu'il a réalisé un système de téléphonie multiple, (*A system of multiplex telephony*. Electrical World, 12 Janvier 1911, p. 97, 9 Février 1911, p. 380).

Le 3 Janvier 1911 G.O. Squier, des États-Unis, fait breveter un système téléphonique à l'aide duquel il parvient à réaliser la transmission simultanée, sur le même circuit, de deux conversations téléphoniques. Brevet 930,857. L'État de New York lui accorde la somme de 50 mille dollars.

980,357.

Patented Jan. 3, 1911.

Fig. 1.



Witnesses

Roy L. Bowen
P. J. Wood.

Inventor

George O. Squier.

980,358.

Patented Jan. 3, 1911.

Fig. 1

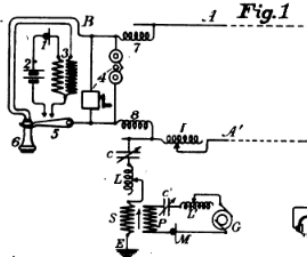


Fig. 2

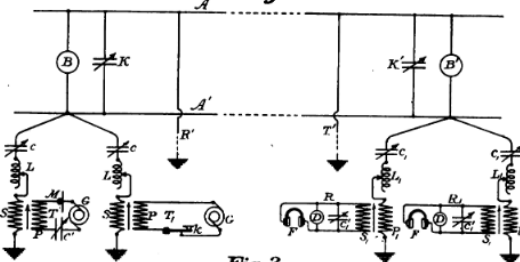
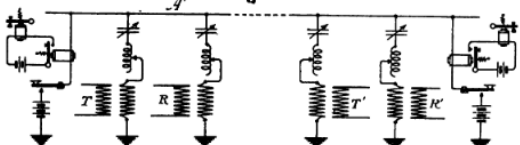


Fig. 3



Witnesses

Roy L. Bowen
P. J. Wood.

Inventor

George O. Squier.

Puis deux inventeurs, un Américain, M. Perry et un Allemand, M. Ruhmer, signalent également qu'ils sont arrivés, d'une façon plus ou moins complète, au même résultat. (PERRY. Invention of duplex Telephony. Electrical World, 12 Janvier 1911, p. 91, 9 Mars 1911, p. 626)

La radiotéléphonie, a démontré qu'il est possible de transmettre la parole en employant, comme support des ondulations traduisant celle-ci, un courant alternatif, et c'est sur cette constatation que repose la radiotéléphonie même. Désormais sur une liaison de transmission il est possible de transmettre deux conversations téléphoniques simultanément, sans qu'elles se mélangent, grâce à la répartition en Fréquences.

En 1919 — La Compagnie américaine Bell a, ces temps derniers, inventé et mis en pratique un système multiplex de télégraphie et de téléphonie susceptible de modifier profondément la communication par fil à longue distance; ce système permet, en effet, une combinaison télégraphique et téléphonique telle qu'une seule paire de fils pourra

Pour les amateurs de technique, Consulter le Document

[TÉLÉPHONIE MULTIPLEX ET TÉLÉGRAPHIE AU MOYEN DE L'ÉLECTRIQUE ON GUIDÉES PAR DES FILS](#) de GEORGE O. SQUIER.

Département de la Guerre, Bureau du chef de cabinet, Washington, le 29 mars 1911,

Le rapport suivant sur "la téléphonie multiplex et la télégraphie au moyen d'ondes électriques guidées par des fils", préparé dans le bureau du chef des transmissions de l'armée par Le major George O. Squier, Signal Corps, et publié comme un journal professionnel du Signal Corps pour l'information de l'Armée régulière et milice organisée.

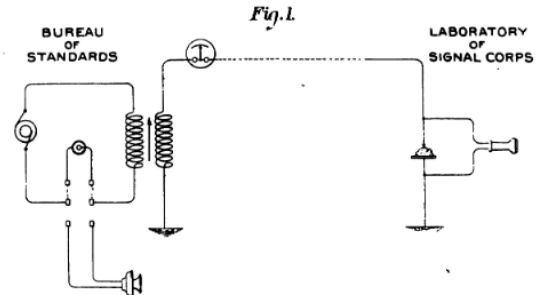
Par instruction du secrétaire à la Guerre :

Léonard Bois, Général de division, chef d'état-major

Extrait

stands of which have been given above.

The machine was run at a frequency of 100,000 cycles per second with the circuit arrangements as shown in figure 1, where one wire of the telephone cable was connected to one



terminal of the secondary of an air-core transformer, the other terminal being connected to earth. At the receiving end of the line, which was the Signal Corps construction laboratory, at 1710 Pennsylvania Avenue, Washington, D. C., this wire was connected directly to earth through a "manikin"

transmettre soit 5 conversations par téléphone simultanées, soit 40 télégrammes simultanés, soit encore servir à ces deux genres de communication à la fois. Une installation de téléphone multiplex entre Baltimore et Pittsburg fonctionne ainsi avec le plus grand succès depuis quelque temps.

Les coaxiaux se développent à un rythme rapide.

En France, après les premiers câbles univoie Paris-Strasbourg et Paris-Bordeaux installés en 1926, les systèmes multivoies ont permis petit à petit le passage de 2, 3 et 12 canaux.

Les premiers (2 voies), répartis dans tout le pays, nécessitent l'emploi de répéteurs tous les 60 km environ, et transmettent les deux gammes de fréquences 300-2 600 et 3-400-S 700 Hz. Ces appareils sont rassemblés dans des locaux appelés « stations » dont les premières furent celles des parcours Paris-Strasbourg (1925) et Dijon-Mulhouse (1936). Les conversations cheminent dans des câbles peu chargés (44 mh au maximum pour un pas pupin).

Aux États-Unis, la « Western Electric » utilise le petit coaxial de 6 mm et exploite couramment maintenant le 240 voies ; elle envisage sur certains longs tronçons, le prochain avènement du 400 voies (téléphonie multiplex et télévision).

Plus tard en **1929** avec l'arrivée du tube électronique à vide, la modulation par impulsions codées : le PCM ; pulse code modulation, fonctionne en échantillonnant l'amplitude des signaux analogiques à des intervalles uniformes.

Avant d'avoir obtenu le brevet le 3 février 1942 Reeves l'inventeur de la diode ou valve électronique a mis son l'idée de côté car la réalisation nécessitait des circuits assez complexes (selon les normes des années 1930), n'étaient pas rentables en utilisant des valves.

En France la modulation par impulsions codées n'a été utilisée que dans les années **1950** sur les câbles de transmission, lorsque l'invention du transistor l'a rendue viable.

[A Suivre dans cette page "La commutation temporelle électronique"](#)