

LA RADIOTELEPHONIE

La radiotéléphonie désigne les techniques de communication utilisant la radioélectricité, c'est-à-dire les ondes hertziennes pour transmettre la voix humaine. Nous avons déjà étudié dans ce site, quels étaient les principes de la téléphonie ordinaire : un appareil microphonique, devant lequel on parle, est en circuit avec une pile et la bobine primaire d'un appareil d'induction.

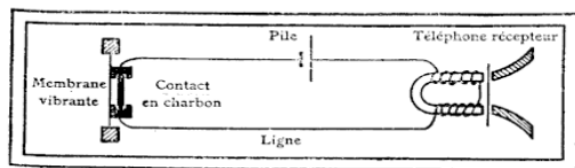


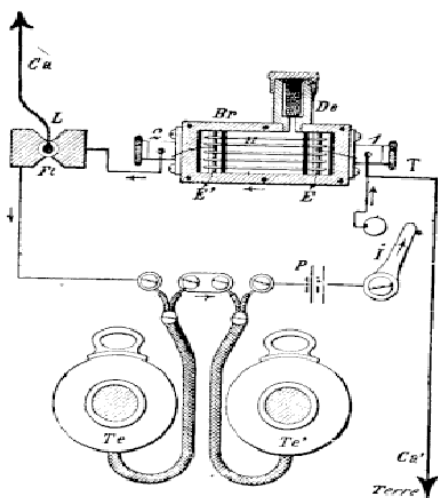
Fig. 42. — Principe du microphone.

Le secondaire est en relation avec la ligne à l'autre extrémité de laquelle se trouve un autre récepteur téléphonique : quand on parle devant le microphone, les modulations de la voix changent la résistance du microphone ; les courants envoyés dans le primaire varient d'intensité, ce qui amène une variation correspondante du courant induit, et celui-ci, agissant sur les bobines du téléphone, fait varier l'aimantation de ses pôles et, par suite, attire inégalement la plaque de fer qui vibrera synchroniquement avec la vibration de la voix qui parle devant le microphone.

LES PIONNIERS DE LA RADIOTELEPHONIE

Récepteur radiotéléphonique Popoff-Ducretet.

— En 1899-1900, M. Popoff démontra qu'il était possible, pratiquement, de substituer des tiges métalliques aux limailles de Branly et il créa la méthode *radiotéléphonique appliquée à la Télégraphie sans fil aux grandes distances*. Ses premières expériences en Russie permirent de relier des postes distants de 50 kilomètres et privés de tout moyen de communication entre eux. Cette distance a depuis été largement dépassée.



Cette figure est celle du radiotéléphone Popoff-Ducretet Br, il comprend, renfermés dans une monture en ébonite, avec dessus hermétique et démontable, deux supports électrodes E E', qui communiquent avec les bornes extérieures 1 et 2; des tiges métalliques en acier dur, parfaitement polies, reposent librement sur les supports E E', elles y sont néanmoins retenues par les guides et arrêts en matière isolante. Un dessiccateur De, avec carbure de calcium, évite l'action de l'humidité à l'intérieur de la monture du radiotéléphone Br.

Les tiges métalliques, qui remplacent la limaille, constituent donc l'organe récepteur proprement dit ; au repos, la conductibilité du système est plus grande que celle de la limaille des premiers radioconducteurs. Le radiotéléphone possède une très grande sensibilité ; de plus il est très fixe et jouit de la propriété de revenir seul, sans frappeur, à sa résistance initiale. Néanmoins il est bon de donner de temps en temps avec le doigt quelques légers coups sur la boîte. La réception des signaux Morse par points et par traits se fait au son avec les téléphones Te Te'. La mise à l'antenne collectrice Ga et la mise à la terre Ca', se font comme il a été dit pour les radioconducteurs à limaille.

Au repos, les tiges métalliques sont traversées par un courant de très faible intensité ; lorsque, par l'intermédiaire de l'antenne, les ondes hertziennes interviennent, la résistance du système est diminuée, le courant passe plus fort et un bruit est perçu au téléphone.

Le radiotéléphone complète les appareils à relais ; lorsque ceux-ci, moins sensibles, cessent de fonctionner régulièrement, la distance limite étant atteinte pour eux, lui continue à recevoir nettement ; sa mise en ligne est immédiate et il est toujours prêt à recueillir les signaux hertiens.

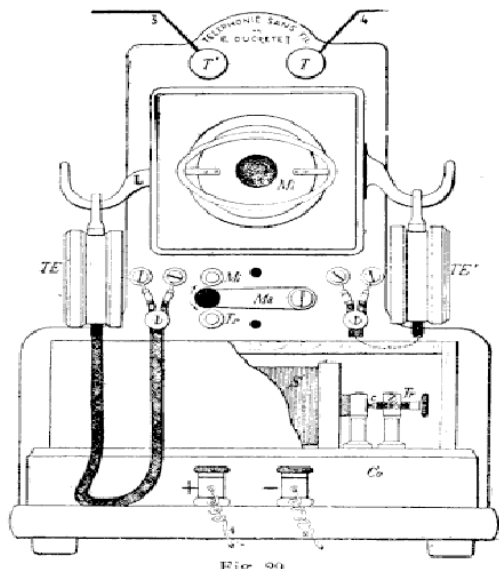
Comme il ne comporte ni relais, ni frappeur décohéreur, ni sonnerie d'appel, ni enregistreur Morse, il est extrêmement léger et très portatif ; il convient donc parfaitement aux postes militaires volants des armées de terre et de mer ; avec un peu d'habitude, la lecture au son des signaux Morse n'offre aucune difficulté.

A bord des navires et sur les chemins de fer, ce radiotéléphone n'est pas influencé par les trépidations, ni par le roulis et le tangage. Enfin il permet de reconnaître le caractère vibratoire spécial à chaque interrupteur périodique employé au transmetteur : un poste peut donc être distingué d'un autre et, au point de vue militaire, cette particularité a son importance.

Les inconvénients du radiotéléphone sont les suivants : 1° faute d'enregistreur, il ne reste aucune trace des dépêches reçues ; 2° comme il n'y a pas de sonnerie d'appel, il est indispensable que quelqu'un reste constamment présent, les oreilles au téléphone, à moins qu'on n'ait convenu à l'avance d'heures de transmission.

Ajoutons qu'à cause précisément de sa grande sensibilité, le radiotéléphone Popoff-Ducretet ne donne de très bons résultats qu'aux grandes distances ; des ondes hertziennes émises à de faibles distances impressionnent trop fortement le radiotéléphone de sorte qu'il ne revient plus assez vite, de lui-même, à sa résistance initiale.

1902 E. Ducretet s'inspirant des expériences de Bourbouze, Preece et de Gavey, a repris en France l'étude de la *Téléphonie sans fil par la terre*, ainsi que le constatent les Comptes-rendus de l'Académie des Sciences du **13 Janvier 1902**.



Dans son dispositif il emploie un microphone puissant devant lequel on parle et dont les multiples vibrations produisent les courants variables au transmetteur. Les intonations de la voix, même les plus faibles, sont ainsi transmises avec netteté et puissance. — Le courant de la pile mise est en transformé par une bobine d'induction S. — Chaque poste est double ; il comprend un transmetteur et un récepteur téléphonique ; une clef spéciale Ma à contacts multiples sur Mi et Tr permet d'employer la Télégraphie ou la Téléphonie sans fil, ainsi qu'il vient d'être dit, et de passer rapidement de l'une à l'autre. Les téléphones TE TE' sont disposés avec commutation automatique. Les conducteurs allant aux plaques de terre sont amenés en TT'.

Jusqu'à cette date c'est encore de la transmission télégraphique de signaux Morse.

1902 Nathan Stubblefield

Le premier téléphone mobile avait été inventé AVANT LA DECOUVERTE DE LA T.S.F, avec l'induction électromagnétique.

En 1902 il avait la taille d'une poubelle et avait une portée d'à peine 800 mètres. Son inventeur était un , « agriculteur, fruiticulteur et électricien », qui se décrit lui-même à cette époque comme le père de la technologie mobile après avoir breveté son invention « sans fil ».

Stubblefield a grandi à Murray, Kentucky, et est parti en tant que jeune adolescent pour s'inscrire au Male and Female Institute de Farmington, à proximité. Malheureusement, ses études ont pris fin à cause du décès de son père, laissant Stubblefield sous la garde de sa belle-mère. Malgré quelques circonstances désagréables, il n'a jamais cessé de s'instruire en lisant des publications scientifiques, comme Scientific American et Electrical World. Son mariage lui a apporté une famille de neuf enfants, qu'il a entretenus grâce à l'agriculture. Son inventivité et son industrie l'ont amené à ouvrir une école à domicile appelée « Nathan Stubblefield Industrial School ».

Au cours de sa vie, il a consacré de nombreuses heures et investi son petit argent pour établir un service téléphonique dans sa ville natale, essayant de connecter les ménages séparés de la région. Ses tentatives ont commencé **en 1886, lorsqu'il a commencé à vendre et à installer des téléphones acoustiques** qui transmettaient les vibrations sonores entre deux caisses de résonance distantes via un fil tendu au lieu de l'électricité. Il réussit à étendre sa vente au Mississippi et à l'Oklahoma.

Ce succès fut bientôt suivi d'un autre puisqu'il obtint le **brevet américain 378 183 pour la conception d'un « téléphone mécanique »**, co-crée avec son **partenaire Samuel Holcomb**. Cependant, il fut bientôt mis en faillite par la franchise bien supérieure de téléphones électriques Bell Telephone.

Néanmoins, Stubblefield n'a pas été découragé par le fait d'être en dehors du jeu du « téléphone » pendant un certain temps, pensant qu'avec un système sans fil, il pourrait se connecter au Kentucky sans les dépenses supplémentaires liées à l'installation de poteaux ou de câbles et, en outre, il trouverait son propre marché. **Il s'est concentré sur l'induction électromagnétique pour sa conception initiale.**

Dans son verger, Stubblefield a construit un mât de 120 pieds, capable de transmettre la parole d'un téléphone à un autre en utilisant des champs magnétiques, créant ainsi un téléphone à induction. Au cours des années suivantes, Stubblefield a expérimenté son téléphone mais n'a jamais réussi à le faire fonctionner sur de plus grandes distances. Il décide alors de se tourner vers un nouveau produit : un téléphone sans fil basé sur la conduction naturelle.



La quantité totale de fil nécessaire pour les bobines du téléphone était plus longue que ce qui était nécessaire pour obtenir une simple connexion, mais l'invention permettait la mobilité. Il a simplement mis en pratique une notion courante : l'eau conduit l'électricité. Ainsi, le système utilisait une étendue d'eau ou de terre comme moyen de transmission de la voix, au lieu d'utiliser des fils dans un circuit électrique.

Stubblefield a fait la démonstration et la promotion de son appareil sur la place publique de Murray le jour du Nouvel An 1902, diffusant de la musique et de la voix vers des récepteurs, l'un d'eux étant situé à cinq pâtés de maisons. Un journaliste a été immédiatement envoyé pour interviewer l'inventeur, qui, dans l'interview, a prédit que son nouvel appareil serait utilisé pour transmettre des nouvelles et des informations dans le monde entier.

Un groupe d'entrepreneurs new-yorkais s'est intéressé à l'histoire, offrant un demi-million d'actions à Stubblefield de la Wireless Telephone Company of America en échange des droits sur sa remarquable invention. Il a accepté l'offre et a rapidement organisé des manifestations publiques à Washington et à Philadelphie qui ont été couvertes par les médias. Cependant, une manifestation à Battery Park, à New York, a échoué. La cause était probablement le bruit de fond provoqué par les nombreux circuits électriques qui étaient auparavant mis à la terre dans cette zone densément peuplée. Stubblefield a commencé à soupçonner qu'il était impliqué dans un stratagème de fraude boursière, doutes qui se sont concrétisés lorsque la Wireless Telephone Company of America a fermé ses portes.

Stubblefield ne s'est jamais remis de cet échec, bien qu'en 1908 il ait breveté une nouvelle version conçue pour communiquer entre les véhicules en mouvement tels que les bateaux, les trains et les gares routières. Ses inventions n'ont pas connu de succès commercial et il s'est retrouvé sans le sou.

Valdemar Poulsen

Il semble que les premiers essais de téléphonie sans fil aient été faits par le Danois Poulsen au moyen d'un arc de son système.

Poulsen est cet inventeur ingénieux dont on a pu admirer, à l'Exposition universelle de 1900, le « **Télégraphone** » (*) ce singulier appareil à la fois enregistreur et émetteur de son et qui, lorsqu'on parlait devant lui, enregistrait la voix sur une lame de métal aimantée en mouvement qui, déroulée à nouveau plus tard, restituait fidèlement les paroles gardées par elle électriquement et sans l'empreinte purement mécanique des phonographes ordinaires.

Poulsen a eu d'autre part l'idée de faire de la T. S. F. au moyen des ondes qu'émet dans des conditions déterminées un arc électrique parcouru par un courant. Les ondes hertziennes ainsi obtenues ont une grande fixité, une continuité excellente, en quoi elles sont supérieures aux ondes saccadées et rapidement amorties qu'émet l'étincelle électrique ordinaire. L'arc de Poulsen a marqué une étape importante dans les progrès de la télégraphie sans fil, et c'est avec cet appareil que Poulsen fit les premiers couronnés de succès de téléphonie sans fil.

Ces essais, malgré leur succès, ont d'ailleurs manifesté de grandes difficultés de mise en œuvre, provenant surtout de ce que les ondes électriques fournies par l'arc sont très stables et qu'il est difficile de les modifier en leur superposant les modulations de la voix, de même qu'il est, — si j'ose employer cette image, — difficile de modifier avec une rame le remous produit par un gros remorqueur.

Pour y arriver, il faudrait employer dans les microphones destinés à transmettre la voix de forts courants électriques dont l'intensité se concilie mal avec la délicatesse de ces appareils sonores. D'où la nécessité d'employer alors des microphones spéciaux à grande intensité, qui sont inférieurs comme fidélité et sensibilité aux bons appareils des téléphones ordinaires.

(*) Le **Télégraphone** est inventé par Valdemar Poulsen en 1898. Cet appareil est le premier à utiliser le principe de l'enregistrement magnétique, c'est-à-dire la magnétisation d'un support se déplaçant devant une tête d'enregistrement.



André. Blondel

C'est au **savant français, André. Blondel**, membre de l'Institut, que sont dus les premiers travaux théoriques sur la téléphonie sans fil ; c'est lui qui démontra le premier la nécessité d'avoir des ondes de très haute fréquence et entretenues si l'on voulait pouvoir transmettre la parole sans fil à de très grandes distances.

André Blondel entrevoit les possibilités de la radioélectricité et ses travaux le conduisent en télégraphie et téléphonie sans fil, la T. S. F., à traiter des bases de la réception, de la transmission des ondes électromagnétiques ; il fut un pionnier en ce qui concerne leur utilisation à la radionavigation maritime et aérienne.

Ses premiers travaux concernent le récepteur des signaux, appareil bien fruste à l'époque qui comportait, inséré dans le circuit d'antenne, un radioconducteur aux bornes duquel en dérivation étaient connectés une pile et un indicateur de courant. Le radio-conducteur, était le fameux cohéreur à limaille métallique de Branly, le premier en date qu'il s'ingénia à modifier et à perfectionner en vue de le rendre plus performant par l'adjonction dans un tube à vide d'une réserve de limaille.

En 1903, il expliqua le phénomène de cohérence, passage de l'état d'isolant à l'état de conducteur par la rupture de la couche isolante formée d'oxyde à la surface de la limaille.

A la même époque, il expérimente l'emploi du téléphone comme récepteur qui présente l'avantage de filtrer les courants à haute fréquence et de ne restituer que l'enveloppe de ces derniers, c'est-à-dire le signal.

Entre 1898 et 1903, prenant comme point de départ les idées de Heinrich Hertz et d'Henri Poincaré, il étudie la théorie des antennes et le rôle de leur mise à la terre et rectifie des idées fausses sur la forme des ondes propagées le long du sol que certains auteurs considéraient comme affectant une forme torique à grande distance alors que ces ondes deviennent sphériques à partir d'une courte distance de l'émetteur.

Il fut le premier, à cette même époque, à préconiser des systèmes d'antenne directifs indiquant des systèmes de radiateurs permet tant la concentration des ondes par application d'un principe identique à celui des réseaux en optique. Il reconnut alors les propriétés essentielles des cadres, établissant ainsi le principe de la radiogonométrie. C'est durant cette période qu'il rencontre le capitaine Gustave Ferrié ; il travaillera avec lui jusqu'à son décès en 1932 et les deux hommes seront liés par une amitié sans faille.

Au dépôt des Phares, suivant les concepts de d'Arsonval et de Tesla, il remplace à l'émission la bobine de Ruhmkorff par un transformateur à 25 000 volts branché sur un circuit accordé.

En 1902-1904, avec Ferrié, cette disposition est expérimentée avec succès au phare des Baleines, à la pointe N.O. de File de Ré.

Mais tandis que Poulsen utilisait les ondes électriques produites par son arc, Fessenden utilisait celles produites par un alternateur à haute fréquence, c'est-à-dire par une dynamo à courant alternatif et dont le courant change de sens un très grand nombre de fois chaque seconde.

1904 Frederick Collins

Pendant que Marconi, l'inventeur italien de la radio, poursuivait et menait à bien ses expériences, l'Américain, professeur **Frederick Collins** s'appliquait, de son côté, dans le silence de son laboratoire, à découvrir le moyen de simplifier cette admirable invention qu'est le téléphone.

Et il a touché le but, s'il faut en croire les journaux américains enthousiasmés. C'est même beaucoup mieux que le **topophone** (*) du lieutenant Heap.

L'invention du professeur Collins diffère de celle de Marconi en ce que les courants terrestres sont employés de préférence aux courants atmosphériques. Le professeur Collins réclamant l'honneur d'avoir découvert la véritable téléphonie sans fil est évidemment en train de prendre rang parmi les célébrités du jour qui ont nom Edison, Tesla et Marconi. Pour ceux qui l'ont vu entreprenant yankee à l'œuvre, la possibilité de la mise en pratique à bref délai de la nouvelle découverte ne fait plus de doute. Ce n'est plus qu'une question de temps.

Le système du professeur Collins n'a pas encore atteint, cela va de soi, tous les développements qu'on est en droit d'en attendre ultérieurement. Nous devons cependant ajouter qu'il est présentement en pleine opération à Narberth, en pleine Pennsylvanie, où se poursuivent tous les jours des expériences de plus en plus concluantes.

Le professeur Collins utilise, pour la transmission des sons articulés, les courants que l'on rencontre dans le sol terrestre ou des vagues atmosphériques employées par Marconi. Chaque poste ou station de téléphonie sans fil installé à Narberth consiste en un trépied quelconque supportant une légère boîte de bois à laquelle sont fixés, au moyen d'une tige métallique conductrice, un transmetteur du genre de celui dont on se sert pour les téléphones ordinaires, deux bobines magnétiques enveloppées de caoutchouc très résistant, et enfin, deux pièces doublées de cuivre, communément appelées « condensateurs électriques »

Au-dessous du trépied est enfouie dans le sol une pièce de cuivre ou de zinc reliée par un simple fil métallique au mécanisme de la boîte du poste. Il est bien évident qu'avec une installation aussi primitive, on ne peut communiquer que d'une certaine façon, c'est-à-dire qu'une personne recevant ainsi une communication téléphonique et que voudrait y répondre devrait avoir à côté d'elle, outre l'appareil récepteur, un appareil similaire à celui de la station correspondante. Mais les appareils destinés à un usage régulier comme ceux par exemple qui sont en opération dans un grand établissement de Philadelphie sont des appareils « à combinaison » parce qu'ils sont pourvus d'un récepteur et d'un transmetteur. Leur apparence extérieure est à peu près identique à celle des téléphones qui ornent nos bureaux et nos maisons privées.

Le système de téléphone sans fil du professeur Collins se base sur ce principe scientifique bien connu. En effet les entrailles de notre planète sont chargées d'électricité. Il s'agissait tout simplement de s'emparer de cette force latente.

On conçoit naturellement que les courants électriques passant à travers le sol entre deux stations ne sont pas assez puissants pour transmettre les sons de la voix d'un appareil à l'autre. Ainsi est-il absolument nécessaire, pour le bon fonctionnement des appareils de renforcer ces courants. Aussi de leur donner une puissance de vibration plus considérable. Cela par le moyen des génératrices électriques aux batteries qui supportent les trépieds dont nous avons déjà parlé.

Cette augmentation de puissance électrique a son point de départ, à proprement parler, à la pièce de cuivre. On l'enfouie dans le sol sous chaque appareil transmetteur et récepteur. D'une plaque de cuivre à l'autre, l'électricité se transporte par les courants terrestres avec une vitesse égale à celle que met la lumière à se répandre. La plaque de cuivre de l'appareil récepteur intercepte alors les vibrations de la voix mise en marche par le transmetteur. Par la suite le courant les transmet à la lame métallique vibrante. C'est là tout le secret de la téléphonie sans fil.

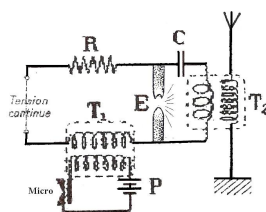
Comme pour le système de télégraphie Marconi. Le grand problème à résoudre qui nous occupe consistait à trouver le moyen de permettre à plusieurs personnes, dans une même localité, de se téléphoner sans qu'il y eût confusion. Le professeur Collins prétend avoir surmonté cette difficulté et voici comment :

Dans chaque téléphone, il place un couple de disques semblables aux serrures à combinaison des coffres forts. La résistance de chaque téléphone se règle par ces disques ou clefs. Un abonné voulant téléphoner à un autre abonné n'a qu'à rechercher le numéro d'inscription de ce dernier. Par la suite il tourne le disque. Il le fait de façon à relier son numéro à celui de l'abonné avec lequel il veut communiquer. Tout se dit alors ! Un signal automatique avertit l'appelé et la conversation pourra s'engager. Cela sans qu'il ait à craindre que les autres propriétaires de téléphone puissent entendre quoi que ce soit.



1904

Frederick Collins



(*) C'est pour remédier à ce défaut de l'audition qu'un ingénieur du service des phares de Etats-Unis, M. Heap, a imaginé un appareil très sensible, le topophone (de topos, lieu, et phoné, voix) permettant de se rendre compte du lieu d'où part le signal d'avertissement.

L'appareil est fait de deux récepteurs acoustiques dont les pavillons sont dirigés en sens opposé, et dont les embouchures sont élevées aux oreilles du marin par des fils spéciaux. En faisant évoluer l'appareil, on se rendra facilement compte de l'origine du signal, qu'il vienne d'un point de la côte ou d'un autre steamer.



Topophone



Professeur Major's topophone (1908)

Brevet [US590062A](#) le 14th Septembre 1897

Reginald Fessenden

Né au Québec, Canada, en 1866, Fessenden était apparemment déjà un prodige quand il était enfant: à l'âge de 14 ans seulement, il reçut un prix de mathématiques de son collège. Mais c'est quand il avait 10 ans qu'il fit peut-être une des expériences les plus marquantes de sa vie: il entendit son oncle raconter une démonstration faite par l'inventeur du téléphone, Alexander Graham Bell, qui habitait une ville voisine. Bell, on le sait, émettait la voix par des ondes d'électricité voyageant le long d'un fil; or, selon des témoins, Fessenden demanda pourquoi les fils étaient nécessaires, les ondes sonores pouvant librement parcourir de longues distances.

Cet intérêt précoce devait finir par amener Fessenden au monde de la radio, après qu'il eut travaillé dans plusieurs autres disciplines et passé quelque temps au laboratoire de Thomas Edison. En 1900, soit près de six ans jour pour jour avant son émission de Noël, Fessenden fut à l'origine de la toute première émission radio de la voix humaine. Ses travaux se fondaient sur la théorie des ondes continues pour acheminer le signal radio, et non pas sur l'idée de Guglielmo Marconi pour qui il était nécessaire de créer des ondes radio en générant toute une série d'«étincelles» discontinues. Fessenden devait dans un premier temps améliorer le système de Marconi en inventant l'émetteur à éclateur rotatif synchrone. Mais, ensuite, il mit au point une machine capable de produire des ondes radio continues: un alternateur haute fréquence (HF) dont un terminal était relié à la terre et l'autre à une antenne accordée. En novembre 1906, il avait ainsi fabriqué un alternateur HF qui fonctionnait dans la bande 50-90 kHz, avec une sortie maximale d'environ 300 watts.

Le 23 décembre 1900, le Canadien Reginald Fessenden transmet la voix humaine de Cobb Island près de Washington, D.C., pour la première fois de l'histoire. C'est en faisant un essai de modulation d'une onde à haute fréquence avec un micro qu'il envoie ce message à son collaborateur : "One, two, three, four. Is it snowing where you are, Mr. Thiessen? If it is, telegraph back and let me know." [« Un, deux, trois, quatre ! Neige-t-il où vous êtes M. Thiessen ? S'il en est ainsi, rappelez-moi par télégraphe »]. M. Thiessen ne tarda pas à rappeler Fessenden pour confirmer qu'il avait bien reçu son message sur son récepteur radio et qu'il neigeait.

La radio – la transmission par modulation d'amplitude (AM) de son et voix – était née, et ce, un an avant la transmission télégraphique (TSF) transatlantique restée si célèbre de Marconi. Fessenden a démontré que plusieurs théories de Guglielmo Marconi étaient erronées. Il réussit à transmettre des messages vocaux alors que Marconi, son rival juré, ne pouvait transmettre qu'en alphabet morse.

En 1902, Reginald Fessenden décide de former sa propre entreprise. Il établit le principe de l'hétérodyne, technique toujours employée dans les récepteurs radios AM et FM. Il établit également un moyen de communiquer des messages vocaux à des navires en mer, alors qu'il réussit la liaison avec des vaisseaux de la United Fruit alors qu'il est à l'emploi de la société National Electric Signaling.

En 1906, Reginald Fessenden réalise deux autres avancées dans le développement de la radio.

Fessenden fut à l'origine d'une première en produisant une émission télégraphique bidirectionnelle par-delà l'Atlantique en janvier 1906, utilisant le code Morse - Marconi avait certes déjà transmis des signaux par radio en 1901, mais seulement dans un sens. Par la suite, des messages furent échangés, sur la fréquence de 88 kHz, entre Brant Rock et une station située à Macrihanish sur la côte occidentale de l'Ecosse. Fessenden et ses collaborateurs entreprirent alors de transmettre avec le nouvel alternateur HF des signaux radio à destination d'une station située à Plymouth, Massachusetts; or voilà que, en novembre, ils reçurent une information tout à fait inattendue en provenance d'Ecosse: l'équipe de Macrihanish avait clairement entendu une conversation échangée entre les opérateurs de la station de Plymouth pendant une expérience. Ce fut la première émission radio transatlantique à avoir lieu, accidentellement !

Un mois plus tard, à la veille de Noël, Fessenden réalisa une émission, qu'il avait prévue, elle, à destination de cargos appartenant à la United Fruit Company et transportant des bananes depuis Puerto Rico. Cette émission fut également captée par d'autres navires, de la Marine des Etats-Unis en particulier, et Fessenden réalisa une autre émission le jour de la Saint-Sylvestre.

Le 24 décembre 1906, en présence d'une petite équipe technique, de sa femme et de sa secrétaire, il réalise la première émission radio de voix et musique soit la première radio transmission publique ou radiodiffusion.

Son contenu, vous l'aurez deviné : des chants de Noël ! Depuis un émetteur situé à Brant Rock au Massachusetts (Etats-Unis), Fessenden et ses assistants ont en effet joué des musiques de Noël et lu des contes - Fessenden lui-même interprétant au violon «Douce nuit» et chantant la dernière strophe. Les tout premiers auditeurs se trouvèrent être des opérateurs à bord de bateaux en mer, l'émission étant entendue de l'Atlantique aux Caraïbes...

Fessenden était assurément un génie, même si son nom est moins connu que d'autres (Marconi, p. ex.) qui possédaient peut-être plus de talent pour promouvoir leurs idées. A sa mort en 1932, il détenait des centaines de brevets - juste dépassé en cela par Edison. Le système radio à ondes continues qu'il a inventé devait devenir incontournable. On observera que Fessenden a fait également de nombreuses autres inventions fort utiles, depuis le téléavertisseur jusqu'à un type de microfilm, mais celle qui nous touche assurément le plus reste la radiodiffusion, grâce à laquelle la voix et la musique peuvent être acheminées directement à nos oreilles sur de grandes distances.

Le patron de la « General Electric » ne disait-il pas de lui: c'est le plus grand inventeur du « sans fil », plus grand que Marconi...

En janvier, Fessenden réussit la première transmission transatlantique bidirectionnelle, à savoir, un échange de messages en code Morse entre Brant Rock (Massachusetts) et Macrihanish (Ecosse).

Il réussit à transmettre la voix humaine,, grâce à un alternateur de sa construction délivrant un courant d'une fréquence de 100 000 Hz et dont il réussit à moduler l'amplitude par le signal BF (basse fréquence) de la voix, il réalisa la première émission radiophonique à destination des bateaux dans l'Atlantique nord. Il est intéressant de noter que tous les opérateurs radio dans la zone de couverture ont pu capter directement cette émission avec leur récepteur Morse à « lecture » directe à l'oreille. Mais le système de Fessenden était encombrant et compliqué. Il pu faire franchir à la parole la distance de 18 kilomètres, puis en **1907** celle de 350 kilomètres, avec une antenne de 65 mètres seulement.

C'est l'invention de la triode (ou audion) en 1906 par **Lee de Forest** qui, en ouvrant la voie à l'amplification des signaux électriques et à la réalisation d'oscillateurs à fréquences élevées – va permettre de résoudre le problème de la modulation d'une onde électromagnétique par un signal BF. Son inventeur sera le premier à faire des expériences de communication phonique bidirectionnelles sans fil (radiotéléphonie).

En 1908, il réalise les premières émissions de radiodiffusion sonore à destination des bateaux de l'US Navy, le long de la côte est des États-Unis. En septembre de la même année, il fait une démonstration.

Sur le continent européen, on cherche aussi à exploiter les possibilités ouvertes par la triode.

En France, sous l'impulsion du général Ferrié, des études systématiques sont entreprises pour caractériser les montages dans lesquels interviennent des tubes électroniques. **août 1908**, une liaison radiotéléphonique est établie sur 500 kilomètres entre la pointe du Raz et la tour Eiffel.

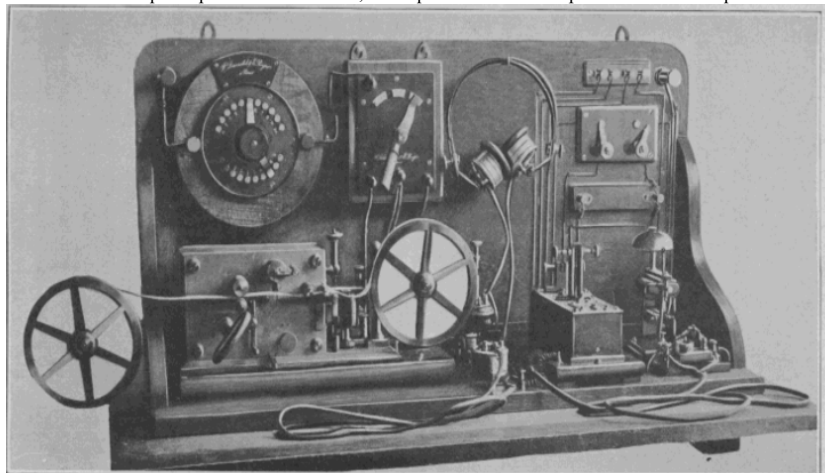
Dès 1908, la marine américaine installa sur tous ses navires de guerre des postes de téléphonie sans fil munis d'arcs Poulsen, qu'elle avait fait construire par l'électricien Deforest.

A la même époque, les lieutenants de vaisseau de la marine française **Colin et Jeance** firent également avec succès des expériences de téléphonie sans fil au moyen d'arcs de haute fréquence ne comportant pas de champ magnétique. Ils ont obtenu des portées de 200 kilomètres.

En 1909, MM. **Collin et Jeance**, firent des expériences décisives entre Toulon et Port-Vendres, à la distance de 250 kilomètres, et les répétèrent entre la Tour Eiffel et Melun (50 kilomètres) et entre Paris et Dieppe (150 kilomètres).

LE PROBLÈME DE LA RADIOTÉLÉPHONIE,

[Sur cette page](#), nous venons de voir bien des merveilles dues à la télégraphie et de la T. S. F., mais celle-ci ne veut pas être en reste avec nous, et, avant que nous ayons pu nous habituer à ses conquêtes pourtant si brillantes, voici qu'elle nous met en présence d'une conquête nouvelle : **la téléphonie sans fil**.



Le problème que nous proposons, en radiotéléphonie, est d'actionner, à distance, la membrane d'un téléphone à l'aide des vibrations de la voix émise devant un microphone, mais en transmettant ces vibrations non pas par des courants induits transportés par des fils, mais bien à l'aide des ondes électriques.

Tel est le problème à résoudre : malgré ses difficultés presque insurmontables, nous allons voir qu'il est résolu et de quelle manière relativement simple il l'a été. Mais, auparavant, il nous faut faire une petite digression sur les ondes sonores et la fréquence des courants alternatifs.

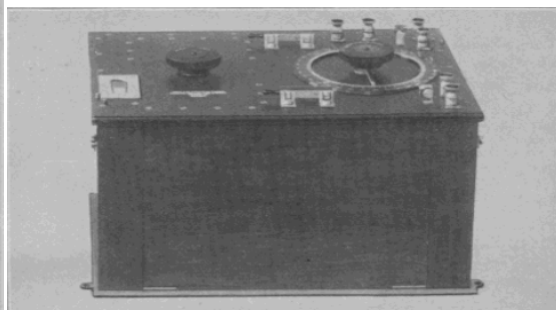
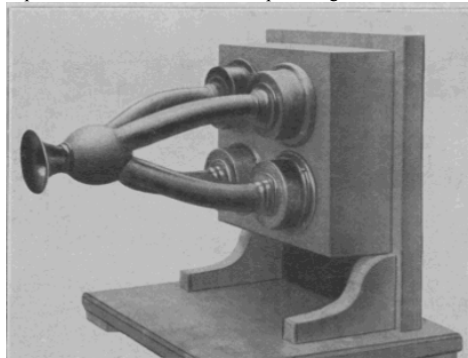


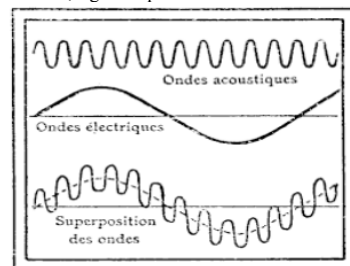
Photo gauche : Microphone multiple. Cet appareil peut supporter les courants intenses utilisés par la télégraphie sans fil. (Cl. Ducretet.)

Photo droite : LE RADIO-COMPAS BELLINI-TOSI (Appareil récepteur)

LES ONDES SONORES ET LA FRÉQUENCE,

Quand un son se produit, il est toujours dû à des vibrations d'un corps matériel. Les sons les plus graves correspondent à un nombre de vibrations faibles, quelques dizaines, tandis que les sons aigus correspondent à des nombres de vibrations très élevés, qui peuvent atteindre la valeur de plusieurs milliers par seconde. La limite des sons perceptibles à l'oreille est de 20 000 à 30 000 vibrations : il faut donc que les ondes électriques produisent des fréquences de vibration nettement supérieures à ce nombre-là, et que, de plus, ces ondes soient « entretenues ».

En effet, figurons par une courbe les vibrations acoustiques qui affectent le microphone.



Ondes électriques et ondes acoustiques

Si nous voulons que ces vibrations puissent être transmises par des ondes électriques, il faut que celles-ci soient en nombre suffisant pour ne laisser passer aucune des inflexions de la courbe sonore. Par suite, si elles ont la forme et la fréquence indiquées par la courbe supérieure, leur combinaison avec les ondes sonores envoyées par le microphone donnera l'aspect de la courbe dont toutes les sinuosités sont recouvertes également par celles de la courbe des oscillations électriques.

Déplus, il faut que celles-ci soient « entretenues », car, si elles étaient simplement composées de « trains » d'ondes, dans l'intervalle de deux trains consécutifs, toutes les vibrations de la voix passeraient inaperçues et ne seraient, par suite, pas transmises. Il faut donc avoir des ondes « entretenues » et de grande fréquence : 80 000 ou 100 000 à la seconde.

Il y a, à cela, une autre nécessité : à la réception, en supposant qu'on puisse recevoir ces ondes au téléphone, chaque fréquence donne une vibration à la membrane. Si donc le

nombre de ces vibrations était seulement de 3 000 ou de 4000, ce qui correspond à un son perceptible à l'oreille, on entendrait d'une façon continue ce son dans le téléphone, et cela gênerait la réception de la parole ; si, au contraire, la fréquence dépasse 30 000, ce qui est la limite du nombre de vibrations correspondant à des sons perceptibles à l'oreille humaine, le « son de fréquence » ne sera plus transmis et seules les vibrations de la voix se feront entendre dans le téléphone.

Ainsi, pour pouvoir faire utilement de la téléphonie sans fil, il faut pouvoir produire des ondes de haute fréquence et qui soient « entretenues ».

On a, pour cela, deux moyens qui ont été successivement employés avec succès : les alternateurs à haute fréquence et l'« arc chantant ».

EMPLOI DES ALTERNATEURS A HAUTE FREQUENCE.

Ces alternateurs sont des machines d'induction qui produisent naturellement le courant induit avec changement de signe, quand on les fait tourner très rapidement. Mais on se heurte, pour leur construction, à des difficultés considérables, et si la réalisation des alternateurs à fréquence courante, de 50 à 100 par seconde, est chose aisée, il n'en est plus de même quand on cherche à réaliser des fréquences de l'ordre de 100 000. Pour augmenter la fréquence, il faut augmenter le nombre des pôles de la machine et la vitesse de rotation.

Mais, en ce qui concerne cette dernière, on est vite arrêté : il faut, en effet, atteindre des vitesses circonférentielles de 300 à 400 mètres par seconde, ce qui correspond à une vitesse de rotation de 300 à 400 tours, également par seconde. Il est difficile, à de pareilles vitesses, de réaliser un équilibrage parfait des pièces tournantes.

Cependant, la persévérance, l'ingéniosité des ingénieurs, l'habileté des ouvriers sont venues aboutir de ces difficultés, et l'on construit, à cette époque, des alternateurs à haute fréquence tout à fait remarquables. Citons ceux d'Alexanderson, qui a obtenu la fréquence de 200 000 à la seconde, tout en débitant une énergie de plusieurs chevaux-vapeur, avec la vitesse de rotation de 20 000 tours à la minute.

En France, M. Béthenod a réalisé des alternateurs de haute fréquence qui ont donné d'excellents résultats, non seulement en téléphonie, mais même en télégraphie sans fil, et l'ingénieur Goldschmidt, de son côté, a construit une machine parfaite.

C'est avec des alternateurs de ce genre que sont faits la plupart des essais de radiotéléphonie tentés en Amérique.

EMPLOI DE L'« ARC CHANTANT »,

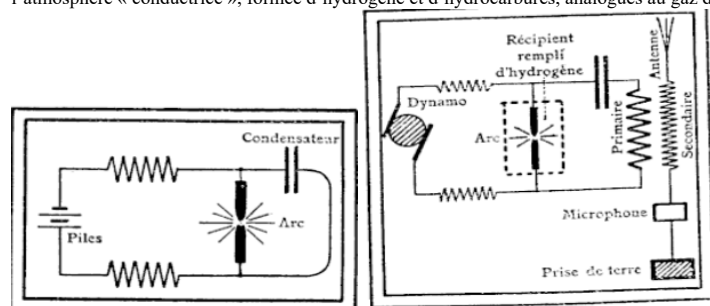
— Mais on arrive au même résultat d'une manière plus simple encore, en utilisant les propriétés de l'« arc chantant ».

Tout le monde connaît cette éclatante lumière blanche qui jaillit entre deux crayons de charbon réunis aux pôles d'une dynamo : cette lumière admirable, qui éclaire nos avenues, nos places publiques, les halls de nos gares de chemins de fer, s'appelle l'arc électrique.

Supposons que cet arc électrique soit alimenté par une machine dynamo à courant continu, mais intercalons dans son circuit des bobines de self-induction et un condensateur : aussitôt un phénomène curieux se produit, l'arc voltaïque devient le siège de vibrations très rapides qui font entendre un son musical continu. C'est au savant anglais Duddell qu'est dû cette remarquable découverte.

Mais ce qu'elle a de plus remarquable encore, au point de vue spécial qui nous intéresse, c'est que l'arc « chantant » ainsi produit devient également un centre d'émission d'ondes électriques ; et, alors que les ondes sonores correspondant au « chant » de l'arc cessent d'être perçues à petite distance, les ondes électriques, au contraire, se propagent à de très grandes distances. Et, de plus, comme l'arc est alimenté par le courant continu d'une machine dynamo, on obtient, tant que ce courant passe, la constance des ondes ainsi émises, qui sont, du même coup, des ondes « entretenues ». L'arc chantant de Duddell est donc un moyen très simple et très sûr de transformer un courant continu en courants de très haute fréquence.

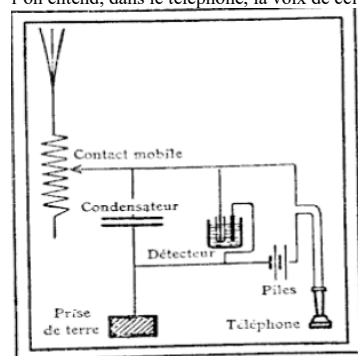
Cependant cet arc de Duddell, tel qu'il avait été réalisé par son inventeur, ne permettait pas de produire plus de 30 000 fréquences par seconde, et nous avons vu que ce nombre était insuffisant pour la téléphonie sans fil. Il fallait donc accroître la fréquence de l'arc chantant : c'est à quoi est arrivé le professeur Poulsen (de Copenhague), qui est parvenu à produire des ondes entretenues, non plus à la fréquence de 30 000, mais bien à celle de 500 000 par seconde. A cet effet, il a produit l'arc, non plus à l'air libre, mais dans l'atmosphère « conductrice », formée d'hydrogène et d'hydrocarbures, analogues au gaz de l'éclairage.



— Principe de l'arc chantant. — Montage d'un poste de téléphonie sans fil avec l'arc chantant (émission).

Dans ces conditions, en intercalant des bobines de self-induction et un condensateur sur le circuit de l'arc, d'une part, d'autre part en excitant indirectement, par induction, une antenne dans le circuit de laquelle est intercalé un microphone, on obtient des ondes d'assez haute fréquence et assez bien entretenue pour transmettre à distance toutes les modulations de la voix humaine, tous les mots de la parole articulée. Ce sont les vibrations, communiquées par la voix à la membrane du microphone, qui modifient ainsi les ondes sur le circuit secondaire du transformateur de transmission.

Quant à la réception, elle se fait par les moyens ordinaires : on relie l'antenne à une bobine de self-induction dont on peut, par un contact mobile, régler le nombre de spires utilisées. On emploie alors, dans le circuit de réception, une pile, un récepteur électrolytique, un téléphone et un condensateur, groupés comme le montre la figure suivante ; et l'on entend, dans le téléphone, la voix de celui qui parle, à grande distance, dans le microphone du poste expéditeur.



— Montage d'un poste de téléphonie sans fil avec l'arc chantant (réception).

LES PREMIERS RÉSULTATS

Tel est le principe de la téléphonie sans fil : c'est à le savant français, M. Blondel, membre de l'Institut, que sont dus les premiers travaux théoriques sur cette question ; c'est lui qui démontra le premier la nécessité d'avoir des ondes de très haute fréquence et entretenues si l'on voulait pouvoir transmettre la parole sans fil à de très grandes distances. Les résultats des premières tentatives vinrent encourager leur auteur : en employant des alternateurs à haute fréquence, l'ingénieur américain Fessenden avait, dès 1906, pu faire franchir à la parole la distance de 18 kilomètres, puis en 1907 celle de 350 kilomètres, avec une antenne de 65 mètres seulement. Enfin les expériences se firent en Europe en 1909. MM. Collin et Jeance, deux officiers de la marine française, firent des expériences décisives entre Toulon et Port-Vendres, à la distance de 250 kilomètres, et les répétèrent entre la Tour Eiffel et Melun (50 kilomètres) et entre Paris et Dieppe (150 kilomètres).

Dès lors, la possibilité de la téléphonie sans fil était pratiquement démontrée.

Il restait à « mettre au point » certains détails, notamment le microphone destiné à recueillir la vibration de la voix et à les transmettre aux ondes électriques émises par l'antenne du poste expéditeur.

Ce microphone, en effet, doit pouvoir supporter un courant d'intensité assez forte : celle de plusieurs « ampères », ou unités de mesure d'intensité : or, ce n'est pas ce que

peuvent supporter les microphones ordinaires, dans lesquels on ne peut faire passer que des courants assez faibles. Aussi a-t-il fallu imaginer et construire des appareils microphoniques capables de résister à ces intensités.

La première idée que l'on ait eue a été de grouper « en quantité » ou « en parallèle » plusieurs microphones ; devant la membrane des pôles un seul cornet acoustique distribuait la vibration de la voix à transmettre. L'intensité du courant total se divise ainsi entre les divers éléments microphoniques, et chacun d'eux n'a à en supporter qu'une fraction ; il peut donc fonctionner, et cependant l'ensemble de microphones supporte l'intensité totale nécessaire.

PROPRIÉTÉS DES VEINES LIQUIDES.

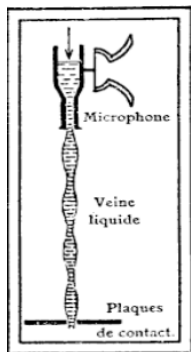
Mais ces résultats ont été bien dépassés par le microphone à veine liquide ; voici sur quel principe il repose.

Tout d'abord, rappelons que, toutes les fois qu'un fluide s'échappe par un mince orifice, il constitue un « filet », une « veine » : ainsi s'échappe un filet d'eau par un tout petit trou, ainsi s'échappe un jet de gaz comprimé par un minuscule orifice.

Mais ce qu'il y a de particulier, c'est l'extrême sensibilité de ces « veines » ou de ces « filets » aux vibrations sonores. On la met bien en évidence avec un jet de gaz d'éclairage sorti d'un tube très étroit, et qu'on allume à sa sortie : on a ainsi une flamme, très longue et très mince, qui rend le jet gazeux absolument visible. Eh bien si dans le voisinage cette flamme longue, on vient à parler, on la voit aussitôt s'agiter, se trémousser suivant les modulations de la voix ; certains sons paraissent l'exciter plus particulièrement : par exemple, un sifflement aigu. Enfin, si l'on frappe sur un timbre, ou si l'on agite un trousseau de clefs, les soubresauts de la flamme passent par un véritable paroxysme.

La « veine liquide » jouit des mêmes propriétés ; elles sont moins visibles que sur la « flamme chantante » de tout à l'heure, mais elles ont un avantage, c'est que, si la veine liquide est formée avec un liquide bon conducteur de l'électricité, les ronflements et les changements que subit la veine sous l'action des vibrations de la voix pourront modifier la conductibilité du filet liquide, et la modifier suffisamment pour transmettre à des ondes électriques le régime des modulations sonores qu'elles auront reçues.

Pour augmenter encore cette sensibilité de la veine liquide aux vibrations sonores, on fait sortir un jet mince d'eau acidulée, conductrice de l'électricité, par un tube étroit dont une paroi, très mince et très élastique, est en contact matériel, par une petite tige, avec la membrane d'un microphone devant lequel on parle.

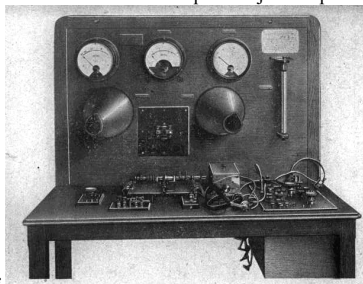


— Principe de la veine liquide vibrante.

Chaque vibration de la membrane de microphone se transmet ainsi à la paroi du tube qui vibre synchroniquement avec elle, et qui, par suite, fait varier synchroniquement la section transversale du filet liquide dont la « résistance électrique » suit, ainsi, le régime vibratoire de la plaque microphonique. Le filet liquide tombe entre deux plaques de contact avec lesquelles il forme un véritable « pont ».

Tel est le principe du nouveau microphone à veine liquide.

Nous allons voir quel merveilleux parti l'ingénieur italien **Vanni** en a su tirer pour réaliser, non plus des communications radio-téléphoniques à courte distance, mais bien la téléphonie sans fil de Rome à Tripoli, sur une distance voisine de 1 000 kilomètres au moyen d'un arc spécial et d'un microphone à liquide imaginé par lui. Pour cela, il a utilisé un autre producteur d'ondes à haute fréquence : je veux parler du générateur **Moretti**.

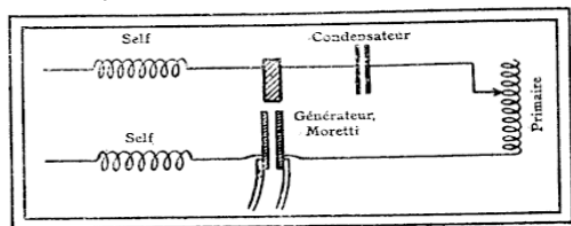


Système Vanni

L'éclateur Moretti est en principe constitué par deux électrodes de cuivre reliées à une source à courant continu de 500 volts.

LE GÉNÉRATEUR MORETTI.

Celui-ci est également basé sur un écoulement continu d'eau acidulée à travers un orifice, et entre deux tubes conducteurs.



— Schéma du générateur Moretti.

Un courant continu, d'une force électro-motrice de 500 volts environ, est en communication, par l'intermédiaire d'une bobine de self-induction, avec le générateur proprement dit, constitué d'un tube de cuivre inférieur, par où s'écoule un jet d'eau acidulée, à faible débit, que l'on règle avec des vis, et par une électrode supérieure en cuivre, massive et à surface plane. En dérivation sur ces deux armatures se trouve le circuit oscillant, comprenant un condensateur et une bobine réglable de self-induction formant le circuit primaire d'un transformateur, dont le circuit secondaire communique avec l'antenne.

Comment cet appareil si simple peut-il transformer le courant continu en un courant à haute fréquence ?

Voici la théorie qu'on peut en donner.

Au contact du liquide conducteur, sorti du tube inférieur et allant à la plaque, un arc électrique tend à se former. Mais, aussitôt, sous l'action de cet arc, l'eau s'évapore, et, à sa chaleur intense, se dissocie en hydrogène et en oxygène. Il se forme ainsi une série de petites explosions qui ouvrent et ferment le circuit un très grand nombre de fois par seconde, nombre qui peut s'évaluer, d'après des déterminations faites par M. Vanni, à l'aide d'un miroir tournant très rapidement, à plusieurs centaines de mille par seconde, c'est-à-dire à une fréquence bien supérieure à la limite du nombre de vibrations qui peut être perçu par l'oreille humaine.

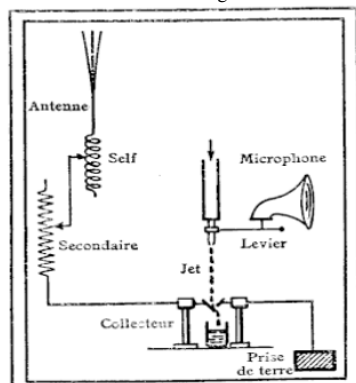
L'expérience confirme cette manière de voir et montre qu'on a créé, sur l'antenne, un courant qui peut arriver à une dizaine d'ampères, une fois qu'on a réglé convenablement la vitesse de l'eau, la distance des électrodes et les constantes électriques du circuit d'alimentation.

Un grand avantage de cette méthode sur celle de Poulsen est que, dans le cas de ce dernier appareil, l'eau doit jaillir dans une atmosphère confinée d'hydrogène : tandis que, dans le générateur de Moretti, l'eau, ou plutôt l'innombrable série des petits arcs minuscules formés comme nous venons de le dire, jaillit à l'air libre, ce qui simplifie énormément les conditions d'installation et de fonctionnement des appareils. Ce générateur permet donc de faire passer dans l'antenne un courant électrique de forte intensité, ce qui est le « desideratum » des générateurs d'ondes.

LE MICROPHONE A LIQUIDE.

Maintenant que nous connaissons l'appareil générateur des ondes entretenues, voyons en détail la construction du microphone.

Comme le générateur, celui-ci est à liquide ; mais, au lieu d'utiliser la décomposition de ce liquide sous l'influence de la chaleur de l'arc, nous allons utiliser la propriété vibrante de la veine, jaillissant par un orifice étroit. Nous avons indiqué comment la veine liquide pouvait participer, par ses contractions et ses spasmes, aux vibrations sonores effectuées dans son voisinage : voici comment on utilise cette propriété pour combiner un véritable microphone hydraulique .



— Schéma du microphone à liquide.

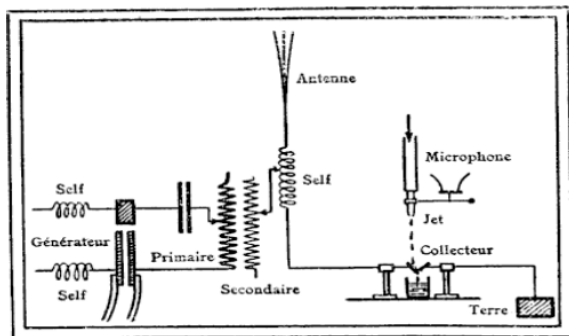
Le microphone est formé par un pavillon, devant lequel on parle. Au centre de la membrane de ce pavillon est fixé un petit levier qui porte, à son extrémité libre, le tube étroit par lequel s'écoule le filet d'eau acidulée. De cette façon, toutes les vibrations de la voix seront transmises, par l'intermédiaire du petit levier, à l'orifice de sortie du jet liquide. Celui-ci tombe alors sur le collecteur,

Ce collecteur est formé de deux lames de platine à inclinaison variable ; on fait varier cette inclinaison de façon que les gouttes liquides, tombées sur l'une des lames, s'étalent sur l'autre sous la forme d'une pellicule excessivement mince.

Il est dès lors facile de comprendre le fonctionnement de l'appareil microphonique : les ondes sonores, recueillies par le pavillon du cornet acoustique dans lequel on parle, y subissent une première amplification « acoustique » ; cette amplification devient « mécanique » par l'intermédiaire du petit levier qui communique sa vibration à l'orifice de sortie du jet, qui amplifie ainsi, par résonance hydro-dynamique, la vibration sonore qu'il reçoit, à cause du mouvement vibratoire ainsi subi par le jet.

Mais, à cause même de ce mouvement vibratoire, l'épaisseur de la couche très mince de liquide compris entre les deux lames du collecteur varie également suivant la modulation de la voix, et ainsi varie, en même temps, la résistance électrique de cette couche mince.

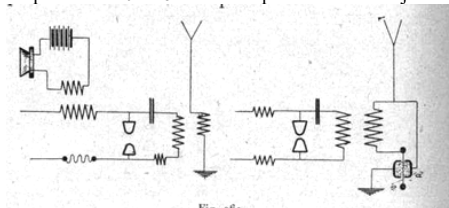
Si donc celle-ci est intercalée dans le circuit secondaire antenne-terre, dont le circuit primaire soit parcouru par un courant oscillant du générateur Moretti décrit précédemment, l'intensité du courant qui parcourt l'antenne et par conséquent la région des ondes électriques émises par celle-ci variera en concordance parfaite avec les modulations de la voix.



— Schéma du poste d'émission de téléphonie sans fil.

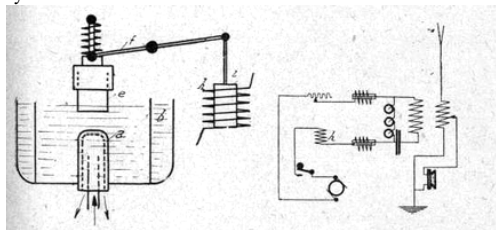
Dans un autre dispositif, M. Vanni a interverti la position du microphone : il a laissé le jet jaillir par un orifice fixe, et c'est l'une des lames du collecteur qui suit, par l'intermédiaire d'une petite tige métallique rigide, les vibrations de la membrane du microphone. Afin d'avoir un régime d'écoulement absolument régulier, une petite pompe centrifuge reprend le liquide écoulé et le comprime dans le tube d'où ; il doit s'échapper pour former la veine liquide sensible (fig. 51). Cet appareil a été construit par la Société française radio-électrique ; il a l'avantage de supprimer les longs tuyaux nécessités par la pression de charge, qui doit être de 4 mètres ou de 5 mètres environ ; il a, en outre, l'avantage important de pouvoir utiliser presque indéfiniment le même liquide microphonique dont la préparation, assez délicate, exige des soins tout particuliers .

Dispositif de Ruhmer. — Le dispositif Ruhmer déjà connu est représenté par la figure 261. L'arc jaillit entre deux électrodes tournantes en aluminium.



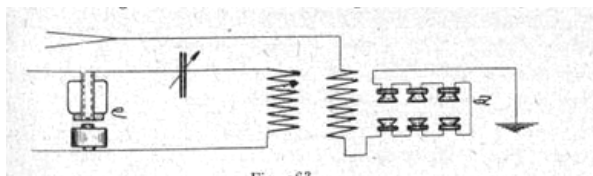
Dans le premier montage, le microphone agit par l'intermédiaire d'un transformateur. Dans le deuxième montage, la membrane du microphone est placée entre deux cuvettes a remplies de grenaille de charbon. Ce système agit comme microphone, et comme condensateur à capacité variable.

Système Dubilier. — Ce système très spécial utilise un arc avec anode en bronze phosphoreux et cathode en charbon dur. Cet arc n'est pas soufflé, contrairement à certains systèmes.



Le microphone est à deux diaphragmes, vibrant en sens inverse l'un de l'autre. Des essais ont permis des portées de 900 kilomètres.

Système de la **National Wireless Telegraph Cy** ; — Le générateur est constitué par trois arcs en série.



Chaque élément comprend, une électrode perforée en charbon et une électrode a en forme de cylindre creux, dans laquelle circule un liquide réfrigérant. Les électrodes sont plongées dans un liquide mauvais conducteur, dont la résistance augmente avec la température intéressant les points d'éclatement. Elles sont séparées après la mise en marche, par un électroaimant à tige plongeante i, dont l'enroulement est intercalé dans le circuit d'alimentation.

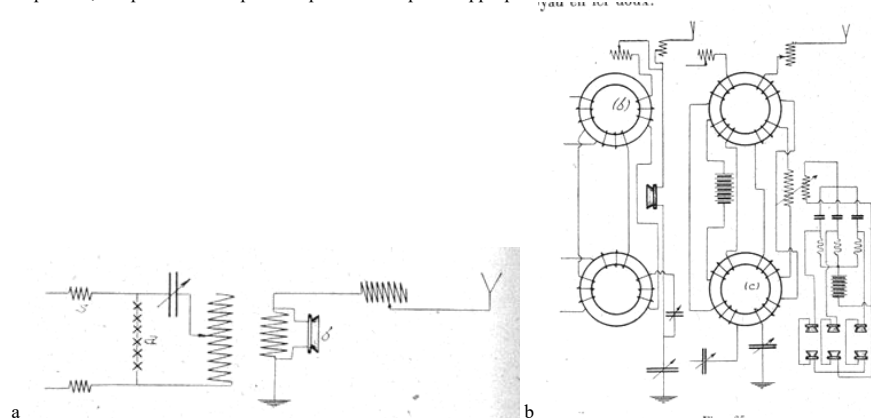
Système Poulsen. — Dans ce dispositif déjà connu, on monte six microphones en série. L'arc a été décrit précédemment.

Système à arc de la Telefunken. — Les lampes décrites précédemment sont montées en série.

Pour une tension d'alimentation égale à 440 volts, on utilise deux lampes de six éléments chacune. Le microphone b est monté en dérivation sur le secondaire.

Systèmes à transformateurs de fréquence de la Telefunken.

— Les dispositifs de la Telefunken dérivent des systèmes correspondants de la télégraphie sans fil, étudiés précédemment. On peut d'ailleurs, dans la majorité de ces dispositifs, remplacer le manipulateur par un microphone approprié.



Le montage b représente le microphone monté dans le circuit secondaire du dernier groupe de transformateurs.

Dans le montage les microphones sont intercalés dans le circuit primaire d'un transformateur.

Si l'on emploie plusieurs microphones, comme c'est le cas généralement, on intercale dans les circuits des résistances et des capacités, pour protéger la batterie.

Amplificateur téléphonique magnétique de MM. Alexait derson et Nixdorff. — Ce dispositif particulier consiste essentiellement à faire varier une self-induction en agissant sur la perméabilité de son circuit magnétique. On modifie ainsi la syntonie et l'énergie mise en jeu.

Cet appareil a été étudié pour une puissance de 72 kilowatts. Le microphone agit directement sur un enroulement disposé sur un noyau en fer doux.

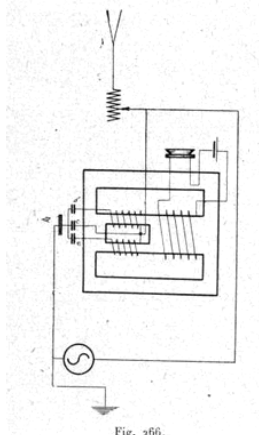


Fig. 266.

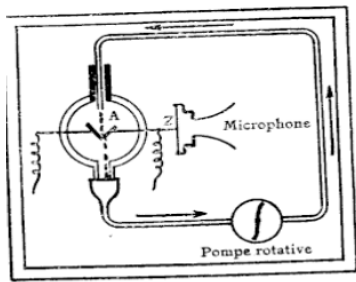
La modification de la perméabilité produite entraîne des variations d'impédance des circuits dérivés, montés en shunt sur l'alternateur, et varie la tension de l'alternateur. Des condensateurs sont intercalés pour régler la proportionnalité entre les variations et pour éviter la production de courants de basse fréquence dans les circuits

LES RÉSULTATS.

Dans tous ces procédés anciens, comme dans les plus récents, les ondes entretenues engendrées dans l'antenne étaient modulées suivant les vibrations de la parole au moyen de microphones.

C'est avec ces dispositifs que l'ingénieur **Vanni** a fait son essai de téléphonie sans fil, d'abord à l'Institut militaire de télégraphie sans fil, d'Italie, à Rome, puis à la station de la marine italienne située à quelques kilomètres de la capitale, à Santo Celle. Les réceptions ont été faites successivement à l'île de Ponza (120 kilomètres), à la Maddalena (250 kilomètres), à Palerme (420 kilomètres), à Vittoria (600 kilomètres), et enfin à Tripoli, à 1000 kilomètres de la station d'émission.

Ce qui résulte de ces expériences, et ce qui en est, peut-être, la conséquence la plus remarquable, c'est que, avec les dispositifs adoptés, on ait pu réussir non seulement à transmettre à des distances aussi considérables que celle de Rome à Tripoli les sons faibles d'un gramophone, mais encore, et surtout, qu'on ait pu aux mêmes distances distinguer et reconnaître le timbre de la voix spéciale de la personne qui parlait à ce moment devant le microphone.



— Microphone Vanni à jet fixe et collecteur vibrant.

Cette circonstance est importante au point de vue théorique aussi bien qu'au point de vue pratique, car elle montre que la propagation des sons par le moyen des ondes électriques s'accomplit sans le moindre phénomène de déformation. Or on sait que cette déformation est caractéristique des transmissions téléphoniques ordinaires à grande distance, quand celles-ci se font avec fil conducteur, surtout avec les câbles, et qu'elle en limite la portée. Ceci démontre la supériorité incontestable de la radiotéléphonie sur le téléphone ordinaire avec fils : cette supériorité est due au fait que la première s'accomplit sans changement appréciable des vitesses et des phases des ondes élémentaires correspondant à ce que l'on appelle, en acoustique, les « harmoniques » de la voix humaine, harmoniques qui accompagnent toujours le son fondamental et qui caractérisent le « timbre » de la voix à transmettre.

Ainsi, la téléphonie sans fil n'est plus une simple curiosité de laboratoire ; elle a fait ses débuts, elle est entrée triomphalement dans la voie de la pratique et, pour son coup d'essai, a fait un coup de maître.

L'AVENIR DE LA TÉLÉPHONIE SANS FIL.

Cet avenir est immense, et beaucoup plus important que celui de la télégraphie sans fil ordinaire, et il apparaît tellement brillant que l'on peut prévoir, dans un avenir très prochain, la réalisation des espérances que nous allons énumérer ici.

La première, et la plus importante de toutes, sera la téléphonie à de très grandes distances, par-dessus l'Atlantique, par exemple, entre l'Europe et l'Amérique. On sait, en effet, que la téléphonie par câble, par suite de phénomènes électriques complexes, n'est pas possible à ces énormes distances ; elle l'est, au contraire, par l'intermédiaire des ondes électriques.

Certes, il ne faut pas se dissimuler les difficultés d'une pareille entreprise ; il faudra, à coup sûr, mettre en jeu de formidables quantités d'énergie, ce qui rend très coûteuse l'installation de stations de départ et d'arrivée. Mais il faut réfléchir aussi que, quel que soit le prix que coûtera l'installation des deux stations, ce prix sera, en tout cas, beaucoup moins élevé que celui de la construction et de l'immersion d'un câble transatlantique sous-marin.

De plus l'entretien, les réparations se feront, s'il y a lieu, aux postes même de départ et d'arrivée, c'est-à-dire sur terre, et avec la plus grande facilité : tandis que, dans le cas d'un câble sous-marin, la recherche d'une avarie au câble lui-même est une opération longue, qui nécessite l'armement d'un navire spécial, qui ne peut même, matériellement, pas être pratiquée par mauvais temps. Il y aura donc tout avantage à réaliser la radiotéléphonie transatlantique, et déjà on s'en préoccupe activement, tant en Amérique qu'en Europe.

En ce qui concerne les communications de la terre avec les navires, on peut dire que ces communications seront rendues infiniment plus aisées que par la T. S. F. ordinaire, et que, par conséquent, cela multiplierait le nombre des stations de bord, c'est-à-dire que cela augmenterait, du même coup, dans des proportions considérables, la sécurité de la navigation.

En effet, actuellement, réduits que nous sommes à la T. S. F., qui est déjà une bien merveilleuse chose, d'ailleurs, que faut-il pour communiquer avec un navire au large ? Il faut un poste côtier et un poste « de bord » ; mais celui-ci reçoit, au téléphone, les dépêches en signaux longs et brefs de l'alphabet Morse, ce qui exige, pour la réception, un opérateur exercé, habitué à « lire au son », comme on dit, en langage de télégraphiste. Il est certain que, dans le cas de petits bateaux, cette obligation d'avoir un télégraphiste exercé est une charge très lourde ; aussi n'a-t-on pas osé imposer la T. S. F. à bord des navires ayant moins de cinquante personnes à bord.

Mais tout serait changé le jour où les messages seraient reçus non plus en signaux, mais en langage « parlé ».

Alors tout le monde peut les recevoir. Quant à répondre, même avec des signaux Morse ordinaire, dans le cas où le navire n'aurait pas d'installation encore un peu délicate pour émettre des signaux de radiotéléphonie, c'est beaucoup plus aisé : on peut tout à son aise transcrire à l'avance sur un papier les combinaisons de traits et de points qui forment les signaux Morse devant constituer la réponse et alors la transmettre à l'aide du manipulateur. Le capitaine ou le second de tout navire pourra faire cela sans difficulté.

En ce qui concerne les relations entre navires munis tous deux de postes de radiotéléphonie, entre navires de guerre, par exemple, on aura un progrès inestimable. Les officiers de divers navires qui constituent une escadre se trouveront ainsi en communication constante ; l'échange des ordres ne se fera plus par des signaux qui peuvent être plus ou moins fidèlement interprétés ou même plus ou moins loin aperçus, mais se fera à la voix même, c'est-à-dire dans les meilleures conditions de fidélité et de précision. De plus, ces communications n'exigeront aucun personnel spécial pour transmettre ou traduire les dépêches. En outre, les téléphonistes des différentes unités, connaissant leurs voix après quelque temps de service, il serait facile de déceler des ordres envoyés à faux, dont le caractère inconnu de l'organe qui parle décèlerait l'origine.

Certes, il sera là plus facile qu'ailleurs de commettre des indiscretions, et c'est surtout en radiotéléphonie que les ondes électriques manifesteront « le défaut de leurs qualités ». Mais n'oublions pas les grands progrès qu'a déjà faits la syntonisation ; ces progrès seront sans doute, dans peu de temps, plus grands encore. En outre, on pourra probablement, avant qu'il soit longtemps, « diriger » les ondes électriques avec précision, et alors la radiotéléphonie sera, à volonté, universelle ou spécialisée, destinée à tous ou à un seul.

En 1910, le polytechnicien Emile Girardeau, l'ingénieur Joseph Berthenod, et le mathématicien André Blondel fondent la Société Française Radioélectrique. Ils ont l'objectif d'établir une industrie capable de produire des postes TSF en France, directement à partir des matières premières. L'opportunité se présente dans la colonie du Congo : le gouverneur cherche à établir une liaison radio entre Pointe-Noire et Brazaville.

Au cours de la Première Guerre mondiale, S.F.R. fabrique et livre des dizaines de stations radios, ainsi que de nombreux postes pour l'aviation, la marine et l'armée de terre.

Lors de la première guerre mondiale, le service de Radiotélégraphie militaire dirigé par le colonel Gustave Ferrié, camarade de promotion de Blondel, étudie la lampe à trois électrodes (audion) qui équipera les postes de radio de l'armée française et des forces alliées ; Blondel transpose ses travaux sur l'arc chantant publiés en 1906 à l'étude de la télégraphie sans fil (TSF) et aux émetteurs à arc chantant.

Sur les côtes françaises, les quatre premiers radio-phares créés par André Blondel reçoivent leurs indicatifs radios en juin 1911, et travaillaient entre les longueurs d'onde 80 à 150 mètres. Ces quatre premiers radio-phares automatiques balisaient l'entrée du port de Brest : le radio-phare de l'île de Sein avait l'indicatif radio S •••, sur l'île d'Ouessant le phare du Stiff avait l'indicatif radio O ---, ces deux radio-phares travaillaient sur la longueur d'onde de 150 mètres (2 MHz) par émetteur à ondes amorties, et les deux autres radio-phares balisaient l'entrée du port du Havre. La portée radio de ces radiophares est limitée à 60 km.

Le 21 octobre 1915 a lieu la première transmission radiotéléphonique au-dessus de l'Atlantique nord entre Arlington aux États-Unis et l'émetteur-récepteur de la tour Eiffel. Après quelques années de ralentissement durant la Première Guerre mondiale, les efforts pour développer la nouvelle technique de communication par ondes hertziennes reprennent.

Une des plus remarquables est la communication des avions entre eux et avec la terre.

Cette application, — le sied de le rappeler, — a été réalisée pour la première fois par un Français, **M. Gutton**, aujourd'hui professeur à l'Université de Nancy, et qui l'expérimenta sur un avion monté par lui-même en 1916 pendant la bataille de Verdun.

Un certain nombre d'appareils semblables furent mis en service, mais leur usage ne se développa guère alors à cause de leur poids, de leur portée assez faible (pourtant on obtint dès lors plus de 10 km de portée entre deux avions) et surtout du brouillage par les émissions de T. S. F. à étincelles.

À terre aussi, les applications furent très limitées. Il faut pourtant citer un poste de téléphonie sans fil assez puissant qui avait été installé au Bourget pour donner aux avions de la défense de Paris ordres et renseignements pendant leurs patrouilles de nuit. Les émissions de ce poste étaient perçues par les avions jusqu'à 100 kilomètres de Paris.

Une autre application fort utile est celle que l'on a faite depuis peu pour communiquer d'une centrale électrique à ses sous-stations. Les communications de cet ordre par téléphonie ordinaire sont rendues très précaires par le courant électrique de force transmis d'une station à l'autre, et qui produit dans les réseaux téléphoniques parallèles des courants d'induction perturbateurs. La téléphonie sans fil n'a pas cet inconvénient ; l'expérience l'a prouvé, notamment au cours des essais faits récemment entre diverses stations électriques du réseau du Nord.

Il est, en outre, un emploi de la radiotéléphonie qui pourra, quand on voudra, rendre de grands services : il consiste à réunir les postes de téléphonie ordinaire avec les stations émettrices et réceptrices de télégraphie sans fil. Ainsi un abonné au téléphone de Paris pourra très bien demander à sa demoiselle la communication avec un abonné de Londres,

Le 9 janvier 1927, enlin, la ligne radio-téléphonique Londres-New-York et vice versa était ouverte au public moyennant 5 livres sterling par minute. William Crookes avait raison.

La téléphonie sans fil et « sans onde »

Mais quelle évolution en trente-six ans ! Le signal saccadé de Hertz — trains d'ondes amorties — a cédé la place à l'onde entretenue, dont les « modulations » constituent, aujourd'hui, tout le « signal » - aussi bien le signal télégraphique que celui, infiniment plus subtil, qui ébranle musicalement un écouteur de téléphone.

L'onde entretenue est une vibration pure que les postes correspondants tendent entre eux, avant toute conversation, comme une corde vibrante invisible. Cette onde ne par elle-même.

Si la lampe détectrice du poste récepteur accordé sur elle avait une conscience, elle « entendrait » cette onde préliminaire et uniforme comme l'oreille humaine entend le son continu et monotone d'une conque marine. La conversation ne commence qu'au moment où la pureté de l'onde est altérée par la modulation. La modulation est donc une vibration du second ordre portée par l'onde entretenue fondamentale, appelée, pour cela, onde porteuse. Et c'est la forme, infiniment variée, de cette vibration du second ordre qui est l'image (électrique) des vibrations sonores.

En d'autres termes, la modulation s'imprime sur l'onde électrique porteuse comme le sillon analogue à celui qui caractérise la voix sur un disque ou sur un « film » de phonographe. Il est évident que les sons musicaux ne dépendent pas de l'épaisseur du film de celluloid, mais seulement de ses aspérités, toutes comprises dans une pellicule superficielle extrêmement mince.

Le film phonographique pourrait donc être réduit théoriquement à cette pellicule, ce qui est pratiquement impossible, car il lui faut un minimum de solidité matérielle.

En radiophonie, le film porteur étant l'onde immatérielle, on n'a pas les mêmes raisons qu'en phonographie d'accepter son « volume » inutile et encombrant. On peut donc, une fois la modulation produite, raboter soigneusement le sillon, la frange sonore, seule indispensable, et détruire le corps même de l'onde. On se contente de transmettre le sillon.

A la réception, naturellement, il faudra recevoir ce sillon sur un nouveau support, sur une nouvelle « onde porteuse », capable de l'imposer aux appareils détecteurs et amplificateurs de la station d'arrivée. Cela n'offre aucune difficulté théorique. Il suffit d'animer le cadre récepteur avec une onde hertzienne entretenue exactement semblable à celle qu'on a supprimée au départ, ce qui s'obtient avec un générateur local. Et sur cette onde porteuse artificielle, la frange caractéristique vient s'inscrire avec précision. Les appareils locaux n'ont qu'à la recueillir et à la traduire en vibrations sonores pour obtenir la parole transmise.

Ainsi, l'espace éthéré qui sépare les deux stations n'a vu passer qu'une frange très réduite de l'onde totale. Comme cet espace est déjà grandement congestionné par la circulation des ondes « complètes » et de toutes longueurs émises par tous les postes du monde, on voit que le nouveau procédé radiotéléphonique est essentiellement discret et vise à n'ébranler l'éther que d'une vibration assourdie, destinée seulement à la station correspondante spécialement équipée pour la recevoir. Ce qui est, par surcroît, une demi-garantie de secret.

La puissance rayonnée par les postes transmetteurs de Rugby pour l'Angleterre, de Rocky-Point pour l'Amérique, n'est, grâce à cet artifice, que le tiers de la puissance réellement reçue aux stations réceptrices correspondantes de Houlton (États-Unis) et de Wroughton (Grande-Bretagne).

Le secret relatif des conversations

Pour percer le secret de ces conversations radiotéléphoniques, il faudrait percer d'abord cette première barrière technique que nous venons de décrire et qu'on pourrait appeler une téléphonie sans fil à la seconde puissance, sans fil et sans onde. Ce n'est pas à la portée du premier amateur venu.

Mais, grâce à l'invention française de la double modulation, brevetée, dès le temps de la guerre, par M. Lucien Lévy, les techniciens anglo-saxons ont pu élever une seconde barrière destinée à soustraire les conversations aux oreilles des non initiés.

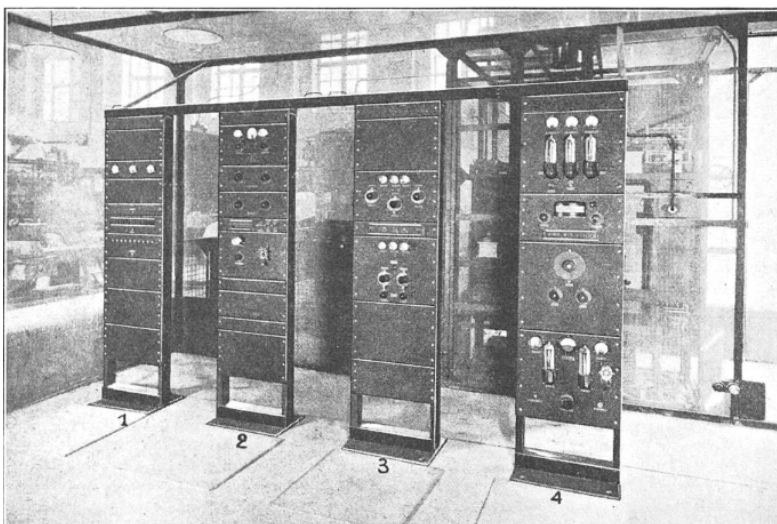
Le procédé consiste à imprimer d'abord à l'onde porteuse (avant sa suppression au départ, bien entendu), une première modulation dont le caractère essentiel est d'être inaudible. L'onde porteuse, étant de 5.500 mètres par exemple, vibre à raison de 55.000 périodes par seconde. On la module de telle manière que la nouvelle vibration obtenue fournisse, par exemple, 20.000 périodes.

Détectée par les moyens ordinaires, cette vibration ne donnerait à l'écouteur téléphonique aucun effet sonore intelligible. Les vibrations intéressant la parole humaine sont, en effet, comprises entre deux limites, dont l'inférieure ne descend pas au-dessous de 300 et dont la supérieure ne monte guère au-dessus de 2.000 périodes par seconde. Mais on soumet la vibration de 20.000 périodes à une seconde modulation; qui, cette fois, fournit une vibration correspondant aux fréquences sonores vocales.

Et c'est la frange « phonographique » ainsi construite en deux temps et, par conséquent, brouillée que le poste transmetteur envoie dans l'espace.

Pour retrouver la parole, il faut donc posséder les renseignements nécessaires à la reproduction exacte de la première modulation, qui s'interpose entre la modulation sonore proprement dite et l'onde hertzienne comme une « grille » dans un cryptogramme. Ceci est hors des moyens usuels.

Les appareils et la technique



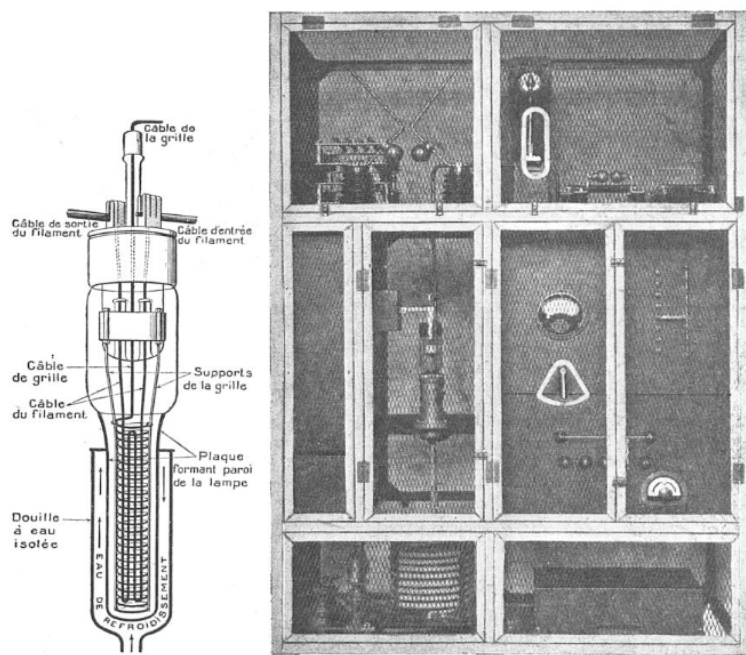
STATION DE RUGBY

I.A CHAMBRE OU I.E COURANT TÉLÉPHONIQUE DU RÉSEAU SE TRANSFORME EN ONDES HERTZIENNES

L'ensemble des appareils est enveloppé dans une cage de treillis métallique destiné à l'élimination, de tout parasite extérieur. Le tableau n° 1 (à gauche) fournit et contrôle les courants d'alimentation des lampes modulatrices, amplificatrices, utilisées dans les tableaux 3 et 4. Le tableau n° 2 est celui où aboutit le courant téléphonique de l'abonné. Ce courant est, là, soigneusement mesuré et maintenu constant durant tout le temps de son utilisation. Il est notamment « filtré » pour éliminer les courants à fréquence radio que pourrait contenir la ligne. Il est enfin atténué pour être purifié à l'extrême. Le troisième tableau, consacré à la modulation, reçoit alors le courant téléphonique, qui module « l'onde porteuse » fournie par un oscillateur local. Des filtres suppriment aussitôt cette onde et l'une de ses « franges ». La seconde « frange » qui, seule, doit être transmise, se trouve alors prête à la transmission, mais elle ne possède que quelques milliwatts de puissance ! Il faut l'amplifier. Le quatrième tableau est consacré au premier étage de cette amplification. La frange d'onde modulée est portée à 25 watts et livrée, à cette puissance, aux autres circuits amplificateurs situés hors de la chambre, non sans avoir été contrôlée par un oscillateur d'essai.

Les appareils utilisés à la station de Rugby pour mettre en œuvre cette technique sont disposés suivant un plan qui n'a guère varié depuis 1924, et dont La Science et la Vie a fourni déjà le schéma (n° 81). Nous nous contentons par conséquent de donner ici, avec des légendes explicatives suffisantes, les photographies des appareils actuels, tels qu'ils ont été construits de façon définitive.

Les lampes amplificatrices d'une puissance unitaire de 10 kilowatts ont donné lieu à des difficultés de construction interne extrêmement délicates. L'isolement des circuits intérieurs a suscité bien des recherches. La lampe page 303 constitue le modèle définitif.



UNE LAMPE A TROIS ELECTRODES DE 10 KILOWATTS et LE DEUXIÈME ÉTAGE d'AMPLIFICATION

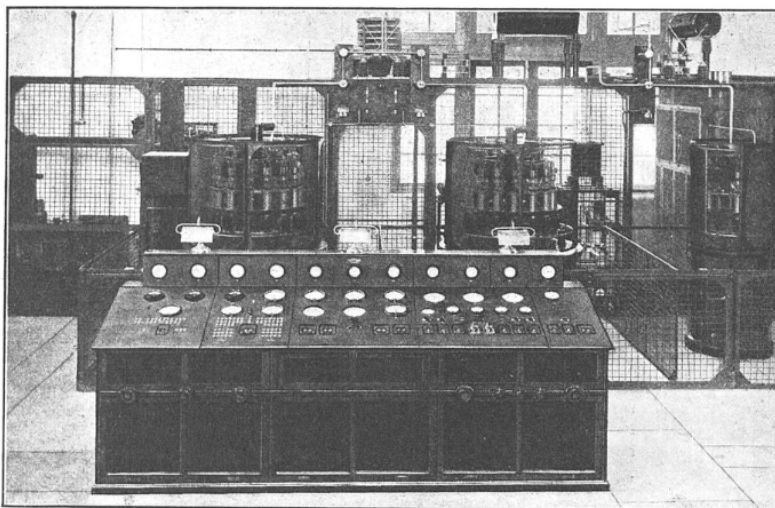
La frange d'onde modulée est prise par cet amplificateur à 25 watts. Il comporte une seule lampe du type standard adopté par la station, d'une puissance de 10 kilo-watts. On voit cette lampe dans le panneau central. Au-dessous, le serpentin de circulation de l'eau de refroidissement. Au-dessus, des éclateurs chargés de recevoir les décharges éventuelles, en cas de surtension.

Un appareillage disjoncteur-conjoncteur a été installé, qui est chargé de couper le circuit Rugby-Houlton aussitôt après la transmission de la phrase « anglaise », et de rétablir simultanément le circuit Rocky-Point-Wroughton pour la réception de la réplique américaine. Si l'on songe qu'un tel disjoncteur-conjoncteur manie des puissances de plusieurs centaines de kilowatts et qu'une conversation tant soit peu animée l'oblige à fonctionner, pour un « oui » et un « non », à un rythme d'autant plus accéléré que le temps coûte cher, on ne peut qu'admirer ce nouveau chef-d'œuvre d'automatique.

Enfin, le coût d'une station aussi importante étant fort élevé, il convenait d'assurer la protection des appareils contre toute fausse manœuvre ou tout autre danger échappant à la prévision. Cette fonction protectrice est assurée par un appareil de contrôle, qui représente certainement une des machines-cerveau les plus parfaites qui soient.

On pourrait, d'ailleurs, adresser le même compliment à l'ensemble de la station installée à Rugby, qui résulte de la collaboration de la [Standard Téléphonés and Cables Ltd](#) et du Post Office britannique.

Il faut également citer l'admirable effort de mise au point et de recherche scientifique pure opéré, à cette occasion, à titre consultatif, par les laboratoires, uniques au monde, de la [Bell Téléphone Cy.](#)



L'ensemble des amplificateurs a haute puissance

L'amplificateur à 10 kilowatts se reconnaît au fond de la salle (armoire de droite). De là, l'onde modulée vient au troisième étage amplificateur, comportant trois lampes de 10 kilowatts situées dans le troisième cylindre en treillis, à droite. De ce troisième étage, l'onde passe au quatrième étage, formé par trente lampes de 10 kilowatts, réparties par groupes de quinze dans chacun des deux autres cylindres (milieu et gauche). C'est de là qu'elle est envoyée dans l'antenne. A ce moment, partie de quelques milliwatts, parvenue à 100 kilowatts-antenne, l'onde modulée primitive se trouve amplifiée cinq cent millions de fois. Au premier plan, on voit l'appareil de contrôle automatique protégeant les lampes contre les surtensions ou les erreurs de manœuvre.

1927 ON PEUT TÉLÉPHONER ET TÉLÉGRAPHIER SIMULTANÉMENT SUR UN MÊME CIRCUIT

Le problème de la transmission de la parole et des dépêches sur un même circuit est déjà vieux de plus de trente ans. Il fut résolu, imparfaitement, par [Van Rysselberghe, P. Picard, Cailho](#).

Plus récemment, l'appropriation des circuits (circuits fantômes) avait abouti à une solution fort élégante, mais également insuffisante en raison de la grande difficulté que l'on éprouve à maintenir dans un état d'équilibre électrique parfait les deux circuits réels, qui permettent de constituer un circuit fantôme.

Cependant, toute solution qui permettrait à la télégraphie l'utilisation totale du réseau téléphonique serait fatalement adoptée par toutes les administrations, sans cesse préoccupées de l'entretien des réseaux et de la construction de nouvelles lignes. Il en résulterait, sinon une économie formidable, du moins un bien-être inconnu jusqu'ici, puisque la majorité des fils télégraphiques pourrait être rétrocedée au réseau téléphonique, le restant étant utilisé d'une manière beaucoup plus avantageuse qu'ils le sont actuellement.

Il appartenait à un télégraphiste français de résoudre le problème. **M. Berthois** vient, en effet, après dix ans d'efforts, de réaliser ce qui, jusqu'ici, n'était qu'un beau rêve : l'utilisation intégrale du réseau téléphonique par n'importe quel appareil télégraphique.

Nous pouvons dire, dès maintenant, que l'inventeur utilise, comme dans plusieurs systèmes de télégraphie multiple, des courants de fréquence élevée, d'au moins 80.000 périodes.

Il a réalisé cette performance sur un circuit approprié entre Lyon, Marseille, Cannes et Nice, c'est-à-dire que chacun de ces quatre postes était capable de recevoir ou de

transmettre des télégrammes à l'un ou à l'autre des trois postes restants par un circuit téléphonique fantôme, sans que les conversations sur les circuits réels en fussent gênées.

Un poste émetteur de T. S. F. est associé à l'appareil Baudot

Le principe est très simple. Chaque poste Baudot est complété par un poste émetteur de T. S. F., sans antenne, bien entendu. Les courants continus, sortant des transmetteurs télégraphiques, sont transformés en courants à haute fréquence dans les appareils de T. S. F. et ils circulent sous cette forme dans les circuits. Ils sont reçus, à l'arrivée, appareils de T. S. F. correspondants et retransformés par eux en courants continus, lesquels, enfin, actionnent les appareils Baudot.

Comme le nombre des fréquences réalisables est illimité, on peut dire que, pratiquement, le nombre des postes télégraphiques susceptibles d'être desservis par un circuit téléphonique est également illimité.

Les conséquences d'une telle découverte sont immenses, car tous les circuits du réseau téléphonique peuvent, sans exception, être affectés à la transmission télégraphique. De plus, il a été démontré, au cours d'expériences, que la propagation sur les fils des courants à haute fréquence est beaucoup plus rapide que celle des courants continus ; la télégraphie sur les très longues distances peut donc être réalisée directement, sans l'intermédiaire de relais retransmetteurs ou d'installations de retransmission.

Ainsi, sur le fil de Paris à Rome, les deux retransmissions jusqu'ici obligatoires de Lyon et de Milan, qui gênent fortement les échanges entre les deux centraux correspondants, seraient supprimées.

Aucune raison ne s'oppose également à ce que le réseau souterrain français actuellement inutilisé, soit mis au service de la télégraphie à haute fréquence, pas plus que les câbles sous-marins. Ceux-ci, fortement menacés par la T. S. F., seraient sauvés par la même T. S. F. qui lui prêterait ses organes les plus sensibles pour se défendre contre elle-même.

On le voit, la découverte est d'importance. Le moins qu'on puisse dire, c'est que, si les résultats obtenus jusqu'ici par M. Berthois sur un circuit, d'ailleurs de très mauvaise qualité, se confirment, la télégraphie avec fils va reprendre un essor que la T. S. F. paraissait vouloir entraver.

1936 MAINTENANT LES ONDES COURTES PERMETTENT DE TÉLÉPHONER DANS LES CINQ PARTIES DU MONDE

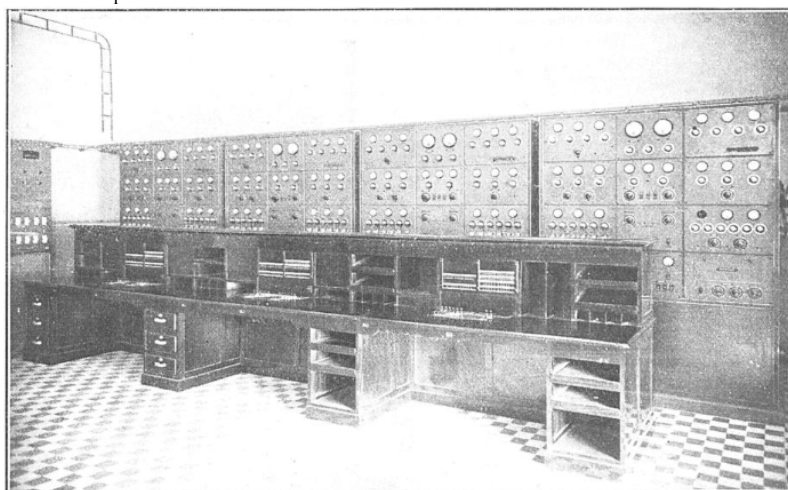
Comme nous venons de l'expliquer en 1927, la première installation de ce genre mise en service régulier relie l'Angleterre et les Etats-Unis, et réalise par conséquent l'interconnexion complète des réseaux téléphoniques continentaux d'Europe et d'Amérique du Nord.

En 1936, grâce aux liaisons intercontinentales Londres-Australie, France-Indochine (qui dessert aussi Paris-Moscou), France-Argentine, France-Maroc, France-Algérie, n'importe quel « abonné » européen peut être mis en communication radiotéléphonique avec les cinq parties du monde.

La liaison Paris-Alger peut être considérée comme le modèle du genre ; elle est, à la fois, la plus moderne et la plus perfectionnée. Au point de vue de son rendement, elle laisse, notamment, loin derrière elle toutes les autres. Utilisant quatre longueurs d'onde seulement (deux dans chaque sens), elle assure ainsi simultanément quatre conversations téléphoniques et quatre transmissions télégraphiques (deux dans chaque sens également).

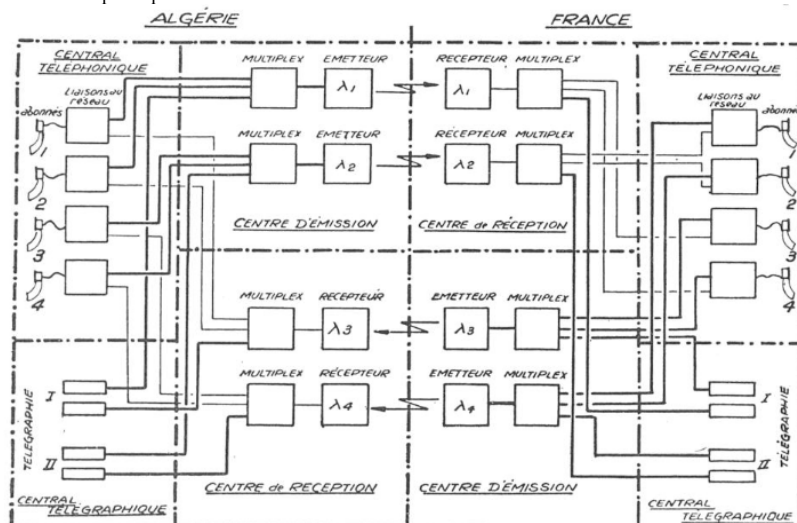
Enfin, maintenant, grâce au téléphone intercontinental, il est possible de converser téléphoniquement avec les navires en mer. Déjà une trentaine de paquebots (français, anglais, américains, allemands et italiens) ont reçu un équipement spécial, analogue à celui qui assure la liaison entre les continents. Ainsi, de sa cabine même, aujourd'hui, on peut « appeler » n'importe quel abonné d'Europe ou d'Amérique, comme on le ferait de son domicile ou de son hôtel.

Si, actuellement, le trafic n'est pas considérable, c'est en raison des difficultés économiques ou de la routine, qui ne s'est pas encore adaptée à ce progrès nouveau. Etant donné les possibilités minima offertes par l'installation (80 heures de communication par jour) et le prix demandé pour l'unité de conversation (90 francs), le capital de premier établissement pourrait être amorti en un an seulement.

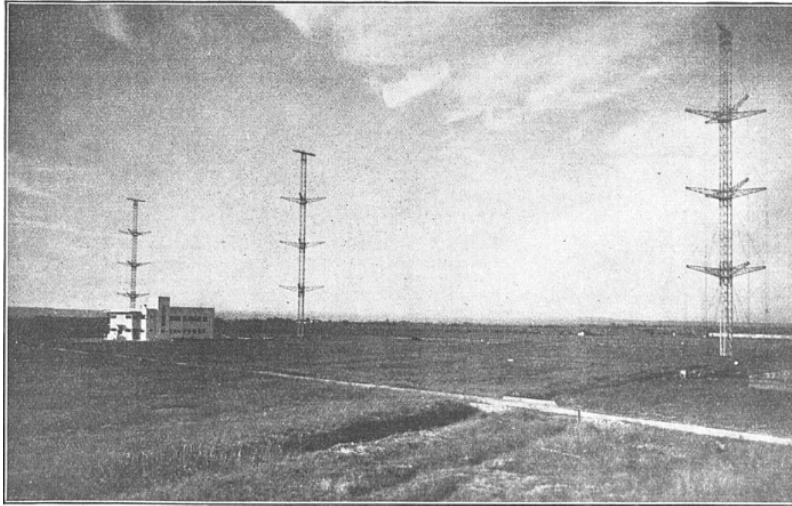


LES ORGANES DE LIAISON DE LA TRANSMISSION RADIOTÉLÉPHONIQUE PARIS - ALGER AU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE DU CENTRAL DE LA RUE DES ARCHIVES, A PARIS

On voit, au premier plan, les tables de jacks. Derrière, se trouvent quatre meubles, identiques entre eux, servant à assurer la liaison de chacune des voies (émission et réception) au réseau téléphonique ordinaire.



Ce schéma, très simplifié, synthétise parfaitement l'ensemble des opérations qui aboutissent à assurer simultanément quatre communications téléphoniques, plus deux trafics télégraphiques dans chaque sens. C'est-à-dire que, au même instant, pratiquement, huit personnes conversent deux à deux, et quatre télégrammes sont acheminés, deux de France en Algérie et deux d'Algérie en France.



STATION DES EUCALYPTUS, PRÈS D'ALGER

Les pylônes métalliques ont 75 mètres de haut environ et sont distants de 150 mètres. Chaque nappe de fils conducteurs, tendue entre deux pylônes, est constituée pour fonctionner exactement sur une longueur d'onde donnée. Près du pylône central s'élève le bâtiment abritant le poste émetteur.

On pourra bientôt téléphoner de Paris à New York sans passer par Londres.

Les autres services radiotéléphoniques transcontinentaux fonctionnent de façon absolument similaire. Récemment, une nouvelle communication a été ouverte entre Paris et Moscou. Mais, pour la France, cela n'a conduit à aucune construction nouvelle. En effet, l'arc de grand cercle reliant Paris à Saigon passe légèrement au sud de la capitale de l'U. R. S. S., et c'est l'émetteur de Paris-Saigon qui sert à assurer les communications pour ces deux relations. Mais qui aurait cru, à priori, que la ligne droite tracée de Paris à Saigon traverserait la Russie à une latitude aussi élevée ?

Une nouvelle relation est à l'étude qui permettrait à l'Administration française des P. T. T. d'établir une communication directe entre la France et les Etats-Unis, sans passer par la voie britannique. Mais comme, aux Etats-Unis, ce sont des compagnies privées qui assurent l'exploitation téléphonique et que ces compagnies ont des intérêts dans la liaison via Angleterre, les négociations ont été particulièrement délicates. Elles viennent d'être cependant couronnées de succès.

Les téléphones mobiles

Contrairement au téléphone (filaire), il n'est pas possible d'émettre un message vers une seule station : toutes les stations sur la fréquence entendent le message. Pour identifier l'émetteur et le destinataire d'un message, chaque station a un indicatif.

Cet indicatif peut être :

- un numéro attaché à l'émetteur radio (voir la section Appel sélectif) ;
- un code attaché à l'utilisateur, comme pour les radioamateurs ;
- un code de fonction, c'est-à-dire indiquant la fonction de l'utilisateur dans le réseau ;
- un nom indiquant la position hiérarchique de l'utilisateur, c'est l'indicatif d'autorité.

Un message débute toujours par « indicatif du destinataire de indicatif de l'émetteur, parlez ! »

ce à quoi la station destinataire répond : « Transmettez ! »

indiquant ainsi qu'elle est à l'écoute ; en cas de non-réponse, l'émetteur essaiera de transmettre un peu plus tard, ou bien essaie de joindre une autre station pour vérifier que son émetteur marche bien et pour voir si cette autre station arrive à joindre le destinataire.

La prise de contact peut éventuellement comporter un renseignement sur la nature du message ou sur son urgence.

Par exemple en France, lorsqu'une ambulance des sapeurs-pompiers dont l'indicatif est « VSAV1 » (véhicule de secours et d'assistance aux victimes) prend contact avec le service d'urgence médicale Samu du département (par exemple le Samu 17, Charente-Maritime) pour transmettre le bilan de la victime prise en charge, l'échange peut débiter par :

VSAV1 : « Samu17 de VSAV1 pour bilan, parlez ! »

SAMU17 : « Transmettez VSAV1 ! »

...

Si la station est occupée et ne peut pas répondre dans l'immédiat, elle le signale par le message « Patientez ! »

Ces téléphones étaient les prédécesseurs de la première génération de téléphones cellulaires, ces systèmes sont parfois appelés rétroactivement systèmes pré-cellulaires (ou parfois génération zéro, c'est-à-dire 0G).

Les technologies utilisées dans les systèmes pré-cellulaires comprenaient les systèmes **Push to Talk** (PTT ou manuel), Mobile Telephone Service (MTS), **Improved Mobile Telephone Service** (en) (IMTS) et Advanced Mobile Telephone System (en) (AMTS). Ces premiers systèmes de téléphonie mobile se distinguent des systèmes radiotéléphoniques fermés antérieurs en ce qu'ils étaient disponibles en tant que service commercial faisant partie du réseau téléphonique public commuté, avec leurs propres numéros de téléphone, plutôt que de faire partie d'un réseau fermé tel qu'une radio de police ou un système de répartition des taxis.

Ces téléphones mobiles étaient généralement montés dans des voitures ou des camions (on les appelle donc des téléphones de voiture), bien que des modèles de mallette aient également été fabriqués. En général, l'émetteur-récepteur était monté dans le coffre du véhicule et attaché à la « tête » (cadran, écran et combiné) montée près du siège du conducteur. Ils étaient vendus par les WCC (Wireline Common Carriers, c'est-à-dire les compagnies de téléphone), les RCC (Radio Common Carriers) et les revendeurs de radios bidirectionnelles.

Premiers exemples pour cette technologie :

- Motorola, en collaboration avec le Bell System, a exploité le premier service commercial de téléphonie mobile (MTS) aux États-Unis en 1946, en tant que service de la compagnie de téléphone filaire.
- L'A-Netz, lancé en 1952 en Allemagne de l'Ouest, est le premier réseau public commercial de téléphonie mobile du pays.
- Le système 1 lancé en 1959 au Royaume-Uni, le « Post Office South Lancashire Radiophone Service », qui couvrait le sud du Lancashire et fonctionnait à partir d'un central téléphonique à Manchester, est cité comme le premier réseau de téléphonie mobile du pays, mais il était manuel (il fallait être connecté par l'intermédiaire d'un opérateur) et sa couverture a été très limitée pendant plusieurs décennies.
- Le premier système automatique a été l'IMTS du Bell System, qui est devenu disponible en 1964, offrant une numérotation automatique vers et depuis le mobile.
- Le système de téléphonie mobile « Altai (en) » a été lancé dans le service expérimental en 1963 en Union soviétique, devenant pleinement opérationnel en 1965, un premier système automatique de téléphonie mobile en Europe.
- Televerket a ouvert son premier système manuel de téléphonie mobile en Norvège en 1966. La Norvège a ensuite été le premier pays d'Europe à se doter d'un système automatique de téléphonie mobile.
- L'Autoradiopuhelin (en) (ARP), lancé en 1971 en Finlande, est le premier réseau public commercial de téléphonie mobile du pays.
- L'Automatizovaný mestský radiotelefon (en) (AMR), lancé en 1978, pleinement opérationnel en 1983, en Tchécoslovaquie, comme le premier radiotéléphone mobile analogique de tout le bloc de l'Est.
- Le B-Netz (en), lancé en 1972 en Allemagne de l'Ouest, est le deuxième réseau public commercial de téléphonie mobile du pays (bien que le premier qui ne nécessite pas d'opérateurs humains pour connecter les appels).

Parallèlement au service téléphonique mobile amélioré (IMTS) aux États-Unis jusqu'au déploiement des systèmes cellulaires AMPS, une technologie de téléphonie mobile concurrente était appelée Radio Common Carrier ou RCC. Ce service a été fourni des années 1960 aux années 1980, lorsque les systèmes AMPS cellulaires ont rendu l'équipement RCC obsolète. Ces systèmes fonctionnaient dans un environnement réglementé en concurrence avec les systèmes MTS et IMTS du Bell System. Les RCC traitaient les appels téléphoniques et étaient exploités par des entreprises privées et des particuliers. Certains systèmes étaient conçus pour permettre aux clients de RCC adjacents d'utiliser leurs installations, mais l'univers des RCC n'était pas conforme à une norme technique interopérable unique (une capacité appelée itinérance dans les systèmes modernes). Par exemple, le téléphone d'un service RCC basé à Omaha, au Nebraska, ne fonctionnerait probablement pas à Phoenix, en Arizona. À la fin de l'existence de RCC, les associations industrielles travaillaient sur une norme technique qui aurait potentiellement permis l'itinérance, et certains utilisateurs mobiles possédaient plusieurs décodeurs pour permettre le fonctionnement avec plus d'un des formats de signalisation courants (600/1500, 2805 et Reach). Le fonctionnement manuel était souvent une solution de repli pour les itinérants du RCC.

Lorsqu'un relais est utilisé, il est possible d'interconnecter le réseau de radiotéléphonie avec le réseau de téléphonie fixe (et donc le réseau de téléphonie mobile) via le relais. Le système est beaucoup utilisé par les compagnies de taxi. Lorsqu'une personne appelle le numéro de téléphone depuis son téléphone fixe, cela déclenche le relais et tout ce qu'il dit la personne est émis sur les ondes ; les communications radio sont également basculées sur le réseau de téléphone fixe. Pour la personne au téléphone, la communication se fait de manière habituelle, n'étant en général pas au fait des conventions de radiotéléphonie, la station radio s'attache donc à parler normalement et uniquement lorsqu'elle sent que la personne au téléphone a fini de parler.

En France 1950, le Téléphone Mobile de Voiture 150 Mc/s est mis en étude par le Service des Recherches et du Contrôle Technique, sur décision de l'Administration des PTT. Les études sont avancées avant Janvier 1952 et la première expérimentation débute le 1er décembre 1954 avec un véhicule SIMCA Arond.

1955 Le premier réseau radio téléphonique mobile appelé R150, est ouvert commercialement en France en Octobre, uniquement à Paris et Région Parisienne, avec 10 abonnés. Les fréquences utilisées sont autour de 150 MHz, le réseau est conçu par la société Thomson-CSF.

C'est encore un système analogique manuel géré par des opératrices, via le Central Téléphonique Radio de Paris situé dans le Centre Téléphonique Émetteur Ménilmontant, sur un point haut de Paris. La mise en relation est faite à travers le commutateur téléphonique automatique ROTARY de l'époque.

1973, le Téléphone de Voiture R150 atteint 500 abonnés. Le réseau R150 sera fermé le 2 janvier 1992.

Le réseau R450 (450 MHz.) vient compléter le réseau R150 en juin 1973. Ce réseau est à commutation entièrement automatique.

Que ce soit en technologies R150 ou R450, ce qu'il est convenu d'appeler le "Téléphone de Voiture" atteint le 10.000^{ème} abonné le 26 juin 1984 pour culminer en fin 1985 à un total de 12.000 abonnés.

C'est en 1986 qu'est créé le premier [réseau français de téléphonie mobile](#) sous la dénomination de **Radiocom 2000**.



C'est un réseau téléphonique mobile semi-analogique et semi-numérique à structure cellulaire.

Radiocom 2000 est la norme 1G ou première génération.

La liaison (téléphonique) entre le radiotéléphone et le réseau téléphonique (catal) est réalisé par l'intermédiaire d'un **relai radio**.

Les signaux de contrôle et de localisation sont numériques. Les conversations téléphoniques transitent directement en modulations analogiques, sans cryptage par la voie aérienne. Chaque Station Relais est raccordée par 2 ou 3 liaisons numériques MIC (30 voies) à un Commutateur Téléphonique Électronique Temporel de 2ème Génération (MT25 ou E10N1), puis de 3ème Génération (AXE10). Chaque Commutateur Téléphonique voit les liaisons MIC provenant des Stations Relais R2000 comme une simple Unité de Raccordement d'Abonnés Distante.

Chaque relai couvre une zone géographique appelée « **cellule** ». C'est pourquoi on parle parfois de **réseaux « cellulaires »**.

Lorsqu'un mobile sort d'une cellule, il peut « s'inscrire » sur la cellule adjacente.

Lors du lancement du Radiocom 2000, la communication était perdue lorsque le mobile sortait de la cellule d'inscription précédant l'appel.

L'ajout de la fonction de « **handover** » permet de continuer la communication en changeant de zone de couverture.

Cette dernière évolution technique a coûté le rapatriement de tous les mobiles pour mettre à jour le logiciel de gestion du mobile !

Mai 1986, le Radiocom 2000 compte 1.800 abonnés en France.

Ce n'est pas vraiment un téléphone mobile indépendant du réseau commuté, il faudra attendre un peu.

Avant que le premier système radio cellulaire commercial au monde, conçu par les ingénieurs des Bell Labs en 1946, puisse être mis en service au Japon en 1979, 100 ingénieurs et techniciens japonais ont nécessité une période de développement de 12 ans.

ITT a dépensé un montant record de 1 milliard de dollars dans les années 1980 pour le développement de son système de commutation numérique (System 12), puis a abandonné les télécommunications.

1987 Iridium, le premier système mondial de communications personnelles mobiles par satellite, a été conçu en 1987.

Plus de 1000 ingénieurs, techniciens et mathématiciens, principalement aux États-Unis mais aussi en Europe et en Asie, avec beaucoup de compétence et d'énergie, ont élaboré des conceptions élaborées pour les composants et systèmes pour les logiciels, les plans de gestion et la logistique au coût de 3,4 milliards de dollars avant que le système puisse être mis en service le 1er novembre 1998.

À ce moment-là, malheureusement, il était trop tard. La pénétration mondiale étonnamment rapide de la radio cellulaire a rendu le système Iridium superflu.

En 1988, le réseau Radiocom 2000 compte jusqu'à 60.000 abonnés et plus de 90 % des appareils sont installés à bord de véhicules.

Son utilisation est avant tout professionnelle et on est très loin d'un phénomène de masse. Il y avait 330.000 abonnés quand ***son abandon au profit exclusif de la norme GSM sera réalisée en l'an 2000.***

