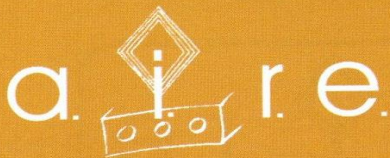


La **SCALA PARLANTE**

COLLEZIONISMO DI RADIO D'EPOCA
e quant'altro attiene alla storia delle telecomunicazioni



ÉDITION FRANÇAISE



Associazione Italiana Radio d'Epoca

Sede legale: Museo dei Mezzi di Comunicazione - Arezzo

Presidente Onorario: Carlo Pria

Consiglio Direttivo

Presidente: A. Ferrero 3388735877
airepiemonte@hotmail.com
Segretario: Fabio Zeppieri 349.3167633
zeppieri.fabio@libero.it
Tesoriere: G.F. Chiaradia: 3357635987
airenordest@libero.it
Consigliere: U. Alunni 3480171413
umbertoalunni@gmail.com
Consigliere: L. Collico 3493830770
l_collico@virgilio.it

Comitato Scientifico

Bramanti, Pria, Cecchi, Piana, Raponi.

MUMEC (Museo dei Mezzi di Comunicazione Arezzo).

Sito: www.faustocasi.it

Gruppi Locali e Coordinatori

Milano: C. Pria 02.38302111
carlo@aireradio.org
Firenze: R. Chiari 328 8438335
r.chiari.rc@gmail.com
Calenzano: F. Giovannoni 347.5710860
giovannoni.fabio@gmail.com
Bologna: R. Piana 338.8645616
renzopiana.bo@gmail.com
Torino: A. Ferrero 338.8735877
airepiemonte@hotmail.com
Genova: R. Colla 349.8430416
roberto.aire@gmail.com
Ravenna: F. Giuliani 0544.82185
Brescia: R. Tancredi 347.4085743
robytno@hotmail.it
Lazio: F. Zeppieri 349.3167633
zeppieri.fabio@libero.it
Arezzo: S. Menci 338.5901410
menci.sil@gmail.com
Veneto: G.F. Chiaradia 335.7635987
airenordest@libero.it
Ven. Giulia: G. Maugeri 338.5776770
gianni.maugeri@tin.it

Sostegno Radio (MI): L. Collico 349.3830770
l_collico@virgilio.it

Servizio schemi: Carlo Pria

Via Calvi 2 - 20021 Baranzate (MI) - carlo@aireradio.org

Gestione soci, mancati recapiti, numeri arretrati e segnalazioni: G.F. Chiaradia e-mail: airenordest@libero.it
Arretrati: invio gratuito ai soci per posta elettronica (solo in formato PDF)

Iscrizioni/Rinnovi: Italia € 50.00; Estero € 53.00

- con Paypal: dalla pagina "Associatevi"
del sito www.aireradio.org

- con Bonifico bancario:

Banco Posta IBAN: IT29 W0760114100000010968527
BIC SWIFT: BPPIITRRXXX

intestato a: A.I.R.E. Associazione Italiana Radio d'Epoca
- con versamento su Conto Postale n. 10968527

intestato a: A.I.R.E. Associazione Italiana Radio d'Epoca
(indicare chiaramente nome, cognome, indirizzo, num. tel.
e/o e-mail)

COMUNICAZIONE ED EVENTI ASSOCIAZIONE

COMUNICAZIONE ED EVENTI GRUPPO PIEMONTE-Valle d'AOSTA

www.piemonte.aireradio.org



Edizione elettronica del Gruppo Piemonte - Valle d'Aosta - 2026
(In copertina - Il Microfono a vena liquida di Quirino Majorana)



SOMMARIO



"L' OCCHIO MAGICO"

Attività del gruppo "Piemonte/Valle d'Aosta" – Informazioni su:
Scienza – Tecnologia – Industria – Cinema - Attualità.



Associazione Italiana Radio d'Epoca

Sede legale: Arezzo

Redazione bollettino on line: Mauro Riello

**Collaboratori: G. Orso Giaccone C. Girivetto - A. Erbea. -
A. Genova**

“Le Jurassique de la radio”

Le microphone à veine liquide de Quirino Majorana utilisé pour piloter un émetteur à arc Poulsen fabriqué par la société G.CAMPOSTANO.

Alberto Genova, I1 VXA

Turin, Musée de la Radio et de la Télévision; situé en Via Giuseppe Verdi 16, à deux pas de la Mole Antonelliana ; le musée appartient au centre de production RAI à Turin.

Le musée est ouvert tous les jours de 9h30 à 18h30, sauf le mardi où il est fermé.

Le dimanche, en plus du personnel RAI, sont présents certains membres d'A.I.R.E pour aider les visiteurs lors des visites guidées.



Photo N° 1

Dans les espaces d'exposition du musée, des objets soigneusement collectionnés témoignent de l'histoire de la télégraphie, de la téléphonie, de l'évolution de la technologie radio et de la télévision.

Dès l'entrée dans le musée, même le visiteur le plus novice est attiré par une série d'objets étranges et insolites pour notre époque.

Personnellement, j'ai toujours regardé avec attention et curiosité deux objets rassemblés dans la même vitrine: le premier identifié comme un émetteur à arc Poulsen (photo n° 1) construit par la société **G.CAMPOSTANO** et le second comme un microphone à veine liquide de **Quirino Majorana** (photo n° 2).

Ces deux objets ont été construits durant la première décennie du XXe siècle.

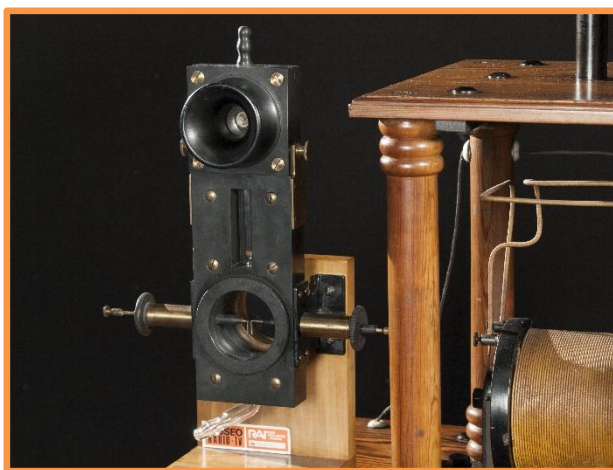


Photo N° 2

Je savais qu'il existait différents types de microphones: à charbon, dynamiques magnétiques, à cristal et à condensateur, mais je n'avais jamais vu de microphone rempli d'eau.

La même observation s'applique à l'émetteur à arc Poulsen. Les émetteurs actuels sont petits, logés dans un boîtier avec plusieurs boutons en façade et un grand écran permettant de contrôler tous les paramètres. Plus j'observe l'émetteur à arc Poulsen dans sa vitrine, plus je me rends compte qu'il appartient véritablement à l'ère **jurassique** de la radio.

Qui sait quelles opérations seront nécessaires à son fonctionnement ? Comment devra-t-on le faire osciller ? Et comment et avec quel circuit le microphone à eau devra-t-il être configuré pour piloter l'émetteur ?.

Cette curiosité grandit de plus en plus; j'y implique mon ami Alberto Erbea, également membre d'AIRE, et nous obtenons de la documentation pour mieux comprendre les principes de fonctionnement de ces systèmes, la curiosité technique l'emporte peu à peu sur les difficultés que nous rencontrerons.

Finalement, un jour, nous avons été convaincus de lancer ce projet. Nous avons contacté notre président A.I.R.E, Andrea Ferrero, afin qu'il prenne contact avec le directeur du musée de la RAI, à qui nous avons expliqué comment nous envisagions de redonner vie à ces objets de musée. Convaincus, nous avons obtenu l'autorisation de les retirer pour une restauration conservatrice et une démonstration historico-scientifique ultérieure, avant de les remettre en place après l'événement. Parfait !

Je me souviens, c'était un dimanche de janvier 2022. Nous avons tout chargé dans le coffre de notre Fiat 500 et sommes arrivés le soir à l'atelier de Borgosesia, un espace mis à notre disposition par le service technique du Lanificio Colombo. L'accès à cet espace et au matériel disponible a été essentiel à la réussite de la restauration de nos machines. C'est pourquoi nous sommes reconnaissants à la direction du Lanificio Colombo pour cette mise à disposition.

UN PEU D'HISTOIRE

À Londres, en Angleterre, à la fin du XIXe siècle, l'éclairage public était assuré par des lampes à arc. Un courant continu était appliqué entre deux électrodes en charbon, provoquant un arc électrique qui produisait une lumière très vive et claire, mais avec un petit inconvénient : l'arc générait également des bruits gênants tels que des bourdonnements et des sifflements.



William Duddell

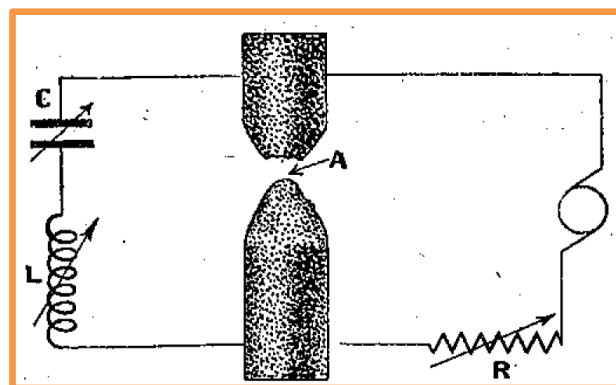


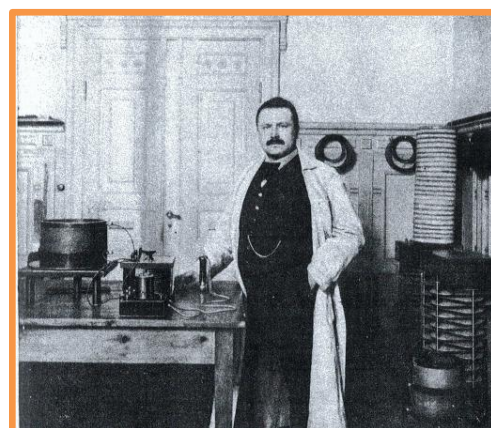
Fig. 1 Circuit de l'arc chantant de William Duddell

La communauté confia au physicien et ingénieur électricien William Duddell (Kensington, 1er juillet 1872 ; Wandsworth, 4 novembre 1917) la tâche de résoudre ces problèmes. Duddell commença ses travaux en connectant des condensateurs et des inductances en série à l'arc électrique. Il ne parvint pas à réduire le bruit, mais à sa grande surprise, il découvrit que, selon la capacité et l'inductance appliquées, le système devenait un générateur de notes de musique, plus tard appelé « arc chantant » (Fig. 1).

Duddell a notamment créé un oscillateur électrique, limité aux fréquences audio, jetant ainsi les bases de la musique électrique et des émetteurs à arc pour la téléphonie sans fil.

Cependant, cet arc de Duddell, tel que conçu par son inventeur, ne permettait pas d'oscillations au-delà de 30 kHz, une fréquence insuffisante pour la téléphonie sans fil.

Il était donc nécessaire d'augmenter la fréquence de l'arc chantant, et c'est là qu'intervient l'ingénieur danois Valdemar Poulsen (Copenhague, 23 novembre 1869 - Copenhague, 23 juillet 1942).



Valdemar Poulsen dans son laboratoire

Dans le système Poulsen, l'arc électrique (Fig. 2) est produit entre deux électrodes : une cathode en charbon reliée à la borne négative du générateur et une anode en cuivre reliée à la borne positive.

Une dynamo fournit une tension d'environ 500 Volt.

La cathode en charbon tourne lentement pour assurer une consommation uniforme, l'anode est un tube en cuivre refroidi de l'intérieur par de l'eau.

Poulsen n'amorce plus l'arc électrique à l'air libre, mais dans une chambre saturée d'une atmosphère d'hydrogène et d'hydrocarbures. Il positionne également deux puissants électroaimants perpendiculairement à l'arc afin d'accroître son fractionnement et d'atteindre la fréquence de résonance idéale. $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Grâce à ces améliorations, en 1903 Poulsen est capable de produire des oscillations jusqu'à 500 kHz; Poulsen avait créé le premier émetteur à **ondes entretenues** au monde.

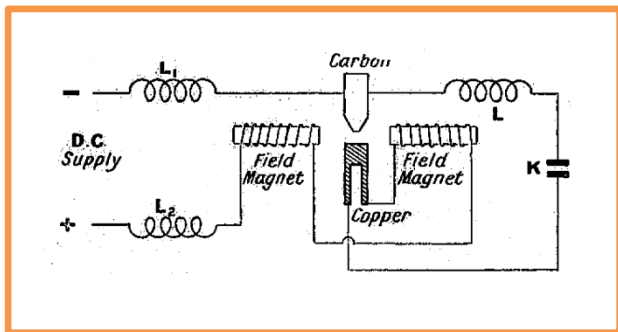


Fig. 2 Circuit élémentaire de l'arc de Poulsen

Le système Poulsen (voir Fig. 3) a été immédiatement appliqué à la radiotélégraphie puis à la radiophonie.

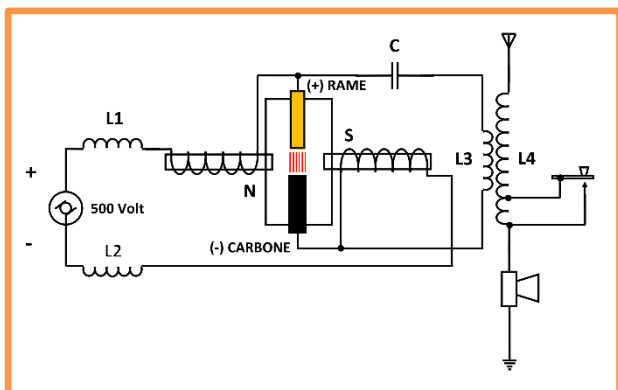


Fig. 3 Le système Poulsen utilisé avec le manipulateur ou avec un microphone

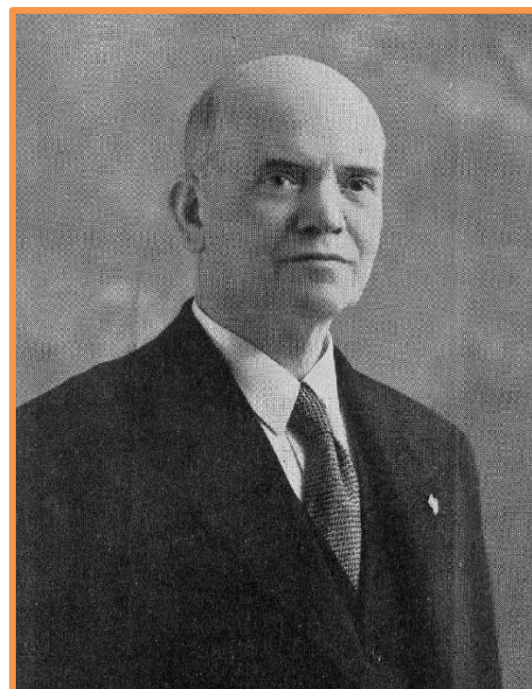
Lors des transmissions, l'arc est toujours en fonctionnement ; il n'est pas possible de l'éteindre et de le rallumer uniquement lorsque cela est nécessaire, car il lui serait difficile de reprendre régulièrement son régime oscillatoire. La manipulation s'effectue en positionnant le manipulateur télégraphique sur la self d'antenne afin de court-circuiter certaines spires de l'inductance **L4**, obtenant ainsi une transmission radiotélégraphique par décalage de fréquence.

Lorsque le manipulateur est relevé, la fréquence émise est plus basse que lorsqu'elle est enfoncée. La fréquence avec le manipulateur relevée est appelée fréquence de repos, tandis que la fréquence avec le manipulateur enfoncée est la fréquence de travail, sur laquelle le dispositif de réception est réglé.

Ensuite, un microphone est connecté en série à la même self d'antenne, obtenant ainsi des ondes à haute fréquence adaptées à la transmission de l'ensemble du spectre de la voix humaine sur une distance.

L'émetteur fabriqué par la société G.Camposano, dont la restauration et la mise en service sont illustrées dans les pages suivantes, utilise ces circuits électriques.

Parlons maintenant du microphone créé par le physicien italien Quirino Majorana (Catania, 28 octobre 1871 – Rieti, 31 juillet 1957).



Quirino Majorana

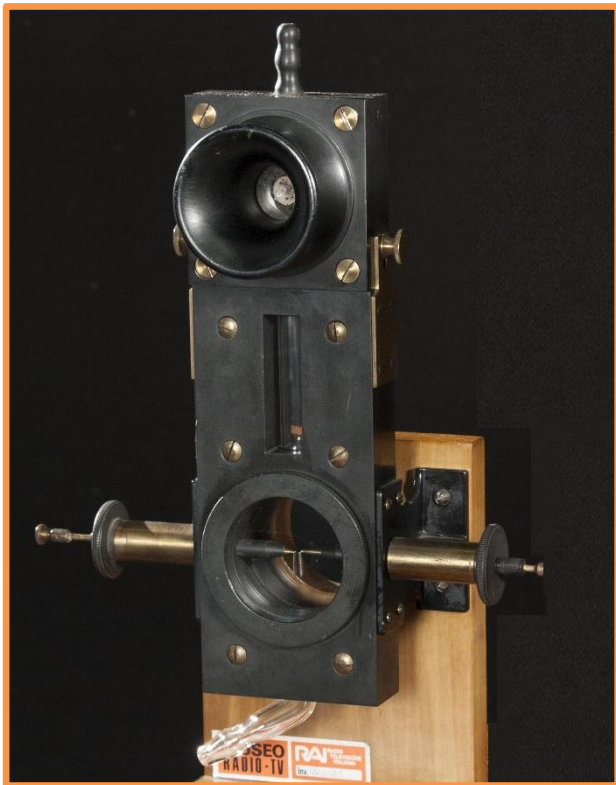
Majorana, diplômé en ingénierie en 1891 et en physique expérimentale en 1893, fut directeur de l'Institut central des téléphones et télégraphes de Rome de 1904 à 1914. Il occupa ensuite le poste de professeur de physique expérimentale à l'École polytechnique de Turin jusqu'en 1921.

Cette année-là, l'Université de Bologne le nomma à la chaire de physique expérimentale précédemment occupée par Augusto Righi.

Majorana a consacré une grande partie de sa vie technique et scientifique à l'étude de la téléphonie sans fil ; il a été le premier à transmettre la parole et la musique sur une distance d'environ 5 km entre la station de l'Istituto Superiore dei Telegrafi à Rome et la station Monte Mario appartenant à la Marine.

Au début des années 1900, les microphones à granules de charbon étaient les plus populaires, adaptés à une utilisation dans le domaine téléphonique mais totalement inadaptés pour résister à des courants forts tels que ceux présents dans le circuit d'un émetteur à arc Poulsen.

Pour surmonter ces difficultés, Majorana a créé son microphone à veine liquide (appelé simplement **microphone à eau**).



Microphone à veine liquide (microphone à eau)

Ce microphone utilise de l'eau à laquelle on ajoute une petite quantité d'acide sulfurique

(environ 5 %) pour la rendre conductrice. L'eau est mise en circulation par une pompe et un circuit spécifique, permettant ainsi l'utilisation de courants d'intensité raisonnable sans surchauffe.

Voyons maintenant comment fonctionne ce microphone.

Si une veine de liquide sort verticalement d'un petit tube **T** à travers une section étroite (Fig. 4), elle s'écoule en conservant une forme cylindrique sur une certaine distance, puis en **G**, elle commence à se contracter et se transforme ensuite en gouttes.

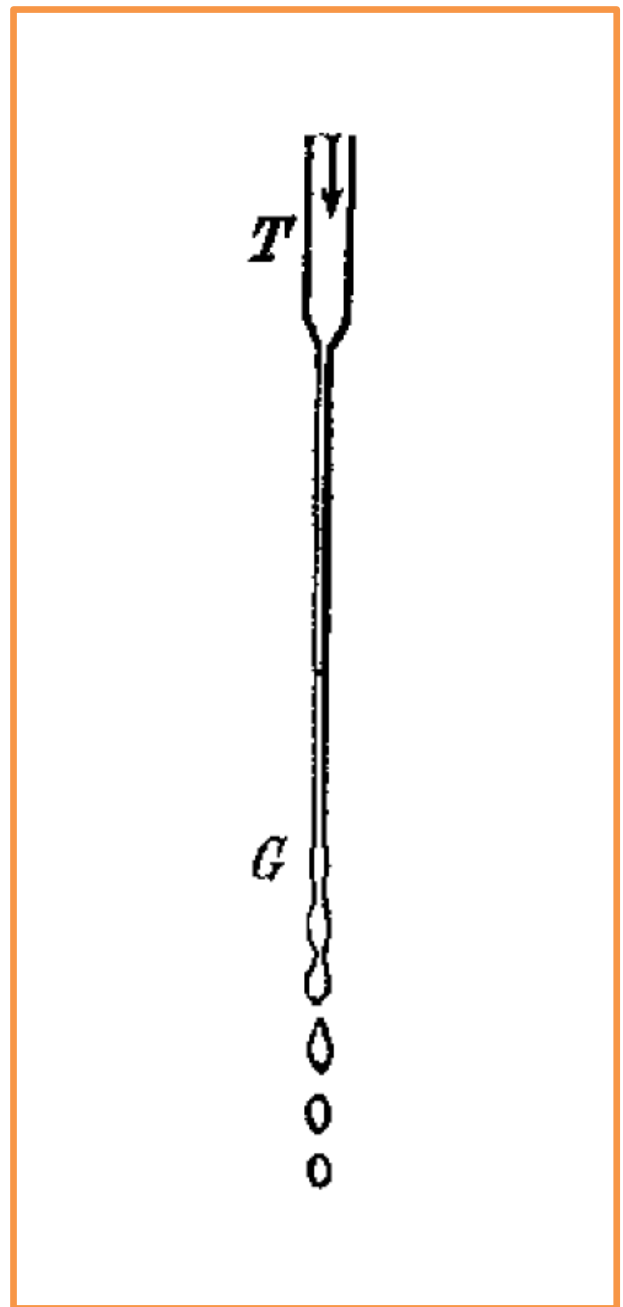


Fig. 4

Regardons maintenant la Fig. 5, le tube **T** a une petite ouverture **A** où se trouve une fine membrane élastique reliée mécaniquement à la membrane **M**.

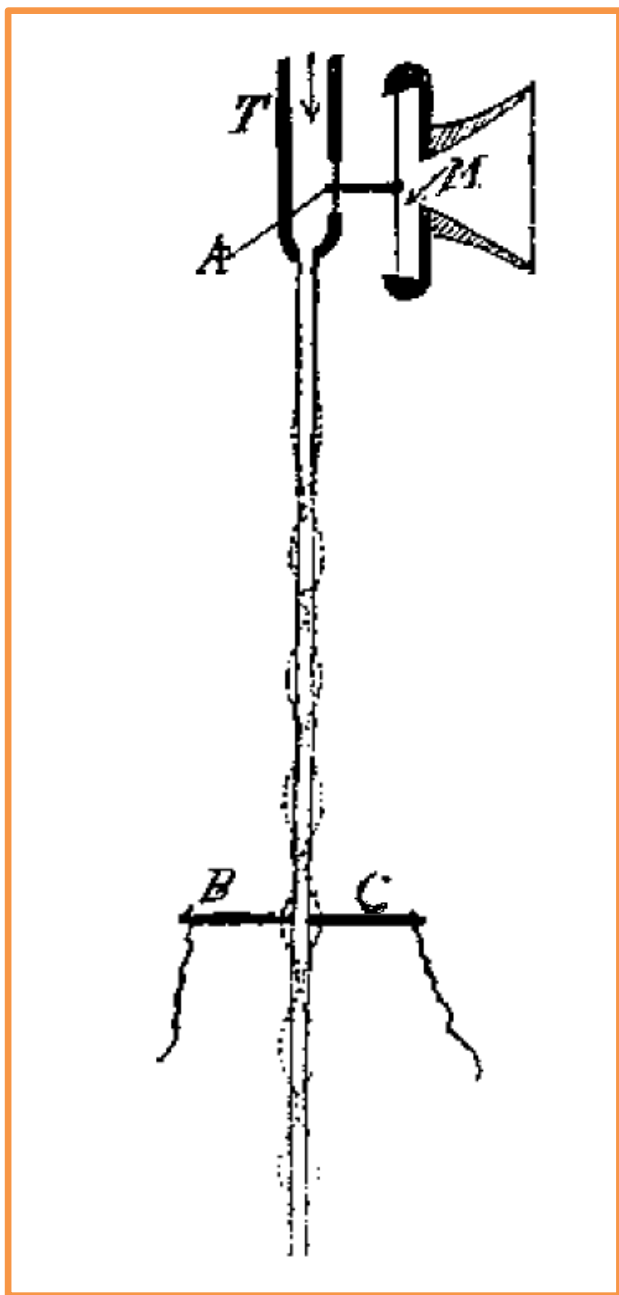


Fig. 5

M est une membrane de mica qui produit des vibrations mécaniques lorsqu'elle est frappée par des voix ou des sons. Dans ces conditions, **M** modifie la position de **A**, ce qui comprime l'eau contenue dans **T**. En présence de vibrations mécaniques, la valeur de pression du liquide sortant varie comme indiqué par la ligne pointillée.

Les électrodes **B** et **C**, reliées à l'émetteur à arc de Poulsen, sont traversées par le jet d'eau. Les variations de forme et de débit de ce jet acidulé entraînent des variations de sa résistance électrique. Il en résulte une variation du courant d'antenne,

permettant ainsi la transmission de voix ou de sons par l'émetteur à arc Poulsen.

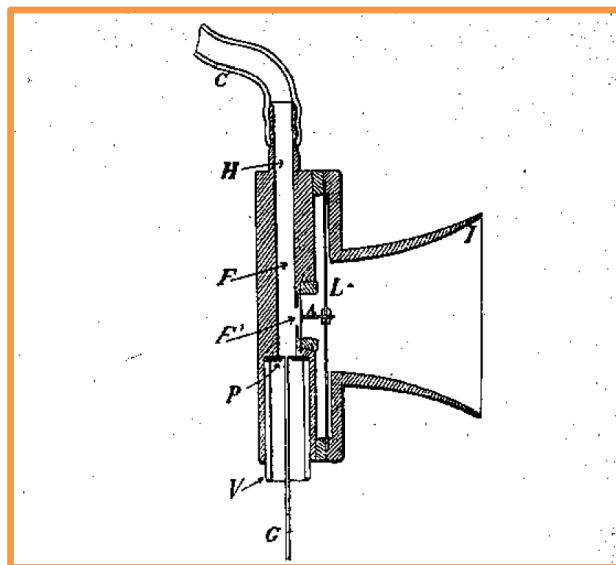


Fig. 6

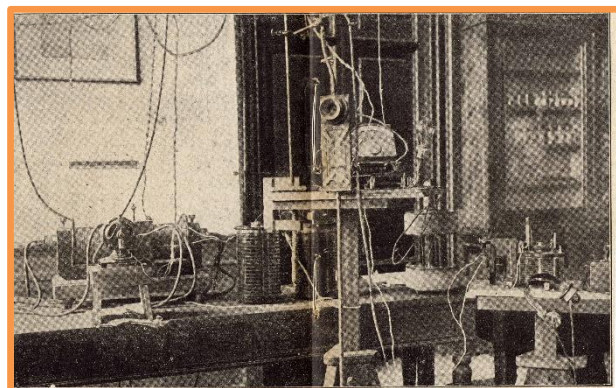
Dans la figure 6, une section du microphone tel que fabriqué par Majorana ; les parties hachurées sont en ébonite.

En haut, un orifice de 5 mm de diamètre est relié, par un tube en caoutchouc **C**, à la pompe à eau acidulée.

L'orifice **F** situé dans la partie inférieure est obturé par une buse cylindrique en platine **P** comportant un orifice calibré de 0,80 mm de diamètre en son centre ; cette buse est bloquée en position par le tube **V**.

L'orifice **F'** est obturé par une fine membrane de platine qui renferme en son centre une tige métallique **A** reliée à la membrane de mica **L'**.

Lorsqu'on parle à travers la trompette **I**, les vibrations mécaniques de la voix ou des sons sont concentrées sur **L'** pour une bonne performance du microphone.



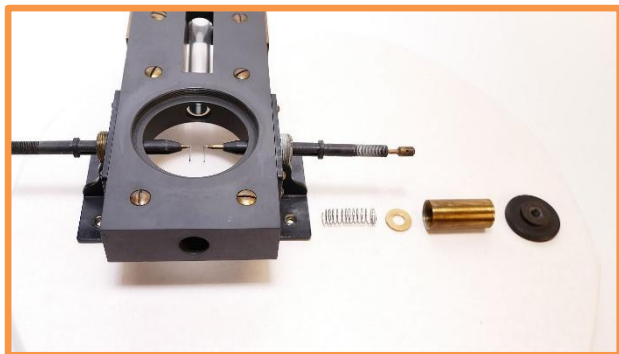
Le laboratoire de Quirino Majorana, avec le microphone à eau au centre et un émetteur à arc Poulsen à gauche.

PASSONS MAINTENANT À LA RESTAURATION ET À LA MISE EN SERVICE DE CES OBJETS

Le processus de remise en service a débuté par la restauration du microphone à eau ; la tâche paraissait simple, mais s'est avérée en réalité très délicate. En effet, nous avons entre les mains une pièce historique unique ; même une casse partielle aurait rendu impossible la poursuite de la restauration.

Notre microphone est exactement le même que celui illustré sur la figure 6 de la page précédente.

Au départ, nous avons connecté un tube d'entrée et de sortie en plastique pour tester le comportement du microphone en présence d'eau. Ce fut un désastre complet : des jets d'eau jaillissaient de partout, d'où notre décision de le démonter en tous ses composants.



Microphone partiellement démonté

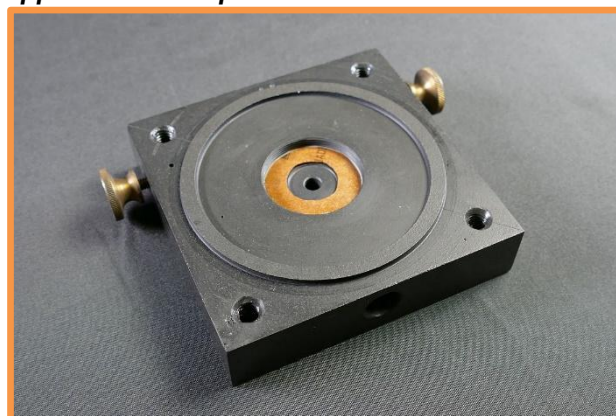


Membrane de platine à gauche et membrane de mica à droite

La plupart des joints étaient totalement absents, tandis que ceux qui étaient présents étaient secs et cassaient au moindre contact. D'où la décision de refaire intégralement tous les joints nécessaires avec des produits modernes. Nous avons utilisé des joints O-RING de différents diamètres, de la pâte d'étanchéité et du papier spécial pour joints.



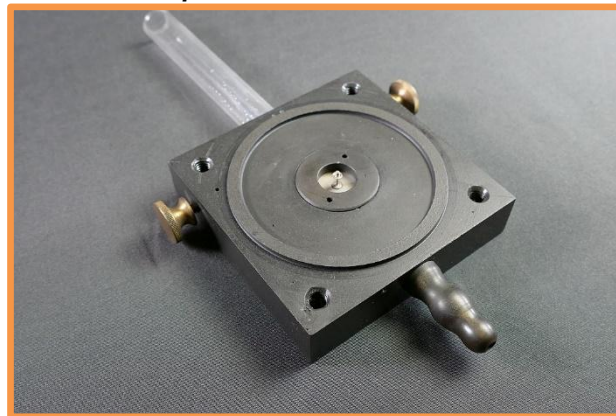
Siège de la membrane de platine avec application de la pâte d'étanchéité



Le même siège avec le joint en papier



Membrane de platine



La membrane de platine a été remise en place et verrouillée

Une grande attention a été portée au mouvement de la membrane de mica **L'** (voir Fig. 6) ainsi qu'au mouvement de la fine membrane de platine. La membrane de platine est reliée au centre de la membrane de mica au moyen d'une micro-vis de 1 mm de diamètre bloquée par un écrou et un contre-écrou.

Au terme de toutes ces opérations, nous avons reconnecté le microphone au circuit d'eau et avons constaté avec satisfaction qu'il n'y avait plus de fuites; à partir de là, nous avons entamé les tests fonctionnels.

Nous avons branché le microphone sur une alimentation 12 volt CC et placé une ampoule en série. Après avoir fait circuler l'eau acidulée et mis l'alimentation sous tension, nous avons constaté avec satisfaction que notre voix était capable de faire varier sensiblement l'intensité lumineuse de l'ampoule. Ceci a démontré que ce microphone est très sensible et capable de capter des sons à une distance considérable du laboratoire où nous effectuons les tests.

Les surprises ne tardèrent cependant pas à se manifester. Après une période de test d'environ 30 minutes, le microphone cessa de fonctionner. De façon surprenante, les deux plaques de platine **B** et **C**, reliées à la source de courant continu par laquelle circulait l'eau acidulée, prirent une teinte rougeâtre et disparurent instantanément.

Il est probable que ces plaques n'étaient pas en platine, mais une copie en laiton nickelé, afin de donner l'impression d'un bon fonctionnement sans utiliser un métal très coûteux comme le platine.

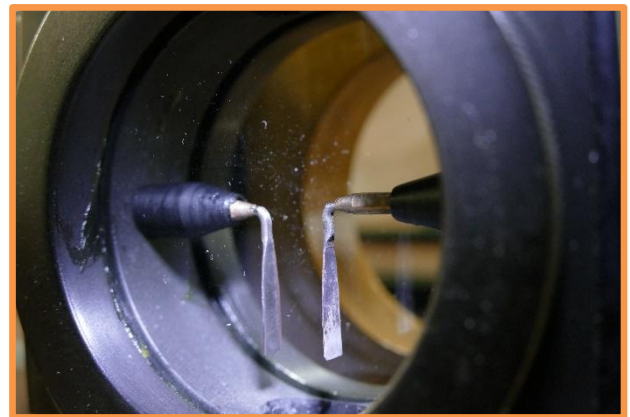


Les plaques B et C (probablement en platine) sont connectées à la source de courant continu

Notre étude de marché auprès des fournisseurs de métaux spéciaux ne nous a pas permis de trouver le produit recherché. C'est pourquoi nous avons opté pour la fabrication des plaques en acier inoxydable TP 316, obtenant ainsi deux plaques identiques en forme et en couleur à celles en platine.

La durabilité de ces plaques était exceptionnelle et elles ont garanti le fonctionnement du microphone sans aucun problème lors de tous les tests que nous avons effectués.

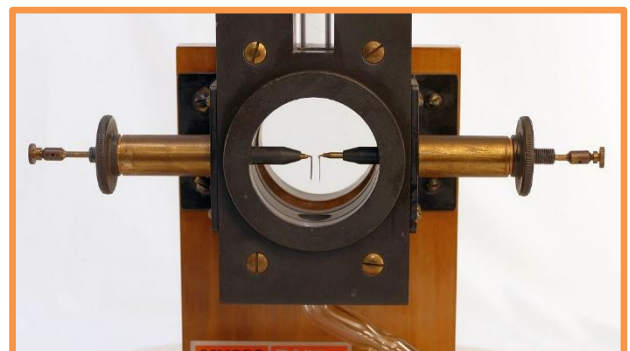
Notre microphone est désormais prêt à être utilisé avec l'émetteur à arc Poulsen.



Les plaques B et C en acier inox TP 316



Le microphone ré-assemblé



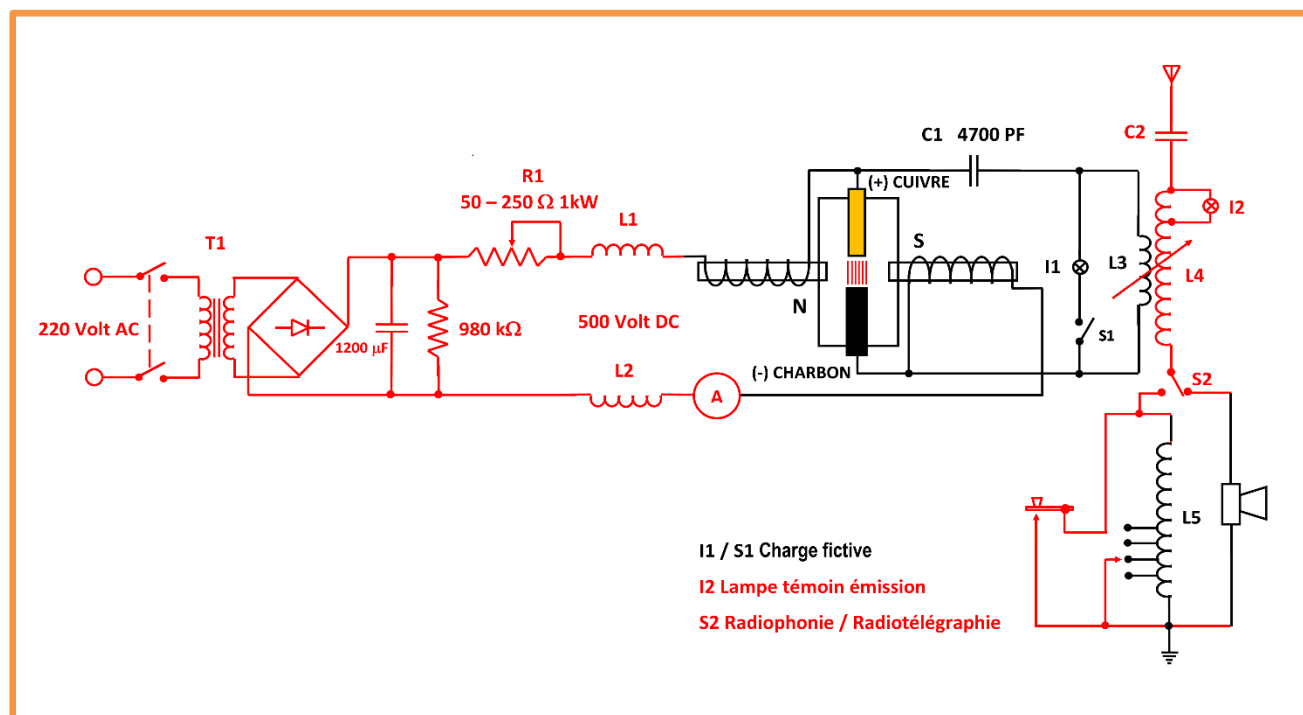
Le microphone re-positionné sur son support

PARLONS MAINTENANT DE LA RESTAURATION DE L'ÉMETTEUR À ARC PULSEN

Ci-dessous le schéma de câblage complet de l'émetteur. Les pièces présentes au début de la restauration sont en noir, tandis que celles qui ont été intégrées suite à leur absence sont en rouge.

efficacement l'alimentation contre les interférences radiofréquences.

Un ampèremètre de 40 Ampère pleine échelle, utilisé pour mesurer le courant alimentant l'arc, est le seul composant de l'alimentation électrique qui appartienne au passé.



La première pièce que nous avons fabriquée était l'alimentation haute tension. Nous souhaitons créer une alimentation robuste, capable de fournir en continu 500 Volt CC avec un courant de 30 Ampère, en utilisant uniquement des composants modernes et fiables, pour remplacer la dynamo.

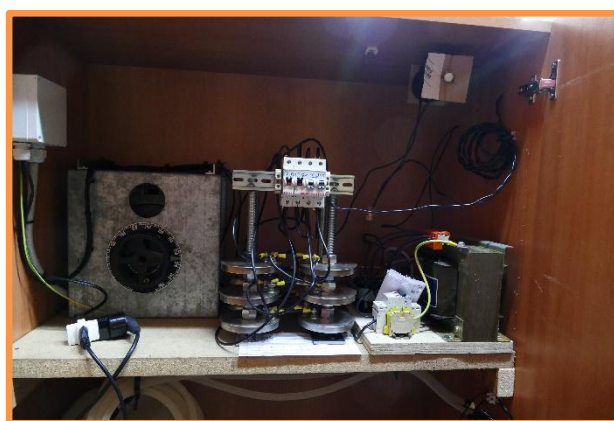
Analysons ensemble le schéma ci-dessus.

Le transformateur T1 de 1500 VA, alimenté en 230 Volt au primaire, fournit 390 Volt au secondaire.

Le pont redresseur était constitué de 4 grandes diodes de 600 Ampère refroidies par un dissipateur thermique.

Vient ensuite le condensateur de filtrage de 1200 μ F et la résistance de décharge de 980 Ω .

Le potentiomètre R1 est constitué d'une série de résistances électriques de 220 Volt et 1000 Watt, insérées une à une à l'aide d'interrupteurs robustes. Ce potentiomètre permet d'amorcer l'arc à 150 Ω , puis de passer à 250 Ω une fois l'arc amorcé et le canal chaud activé, afin de régler le courant d'arc et la puissance de sortie correspondante. Enfin, deux impédances de filtrage, L1 et L2, protègent



L'intérieur de l'alimentation



L'ampèremètre pour mesurer le courant d'arc

SUITE LA RESTAURATION DE L'EMETTEUR

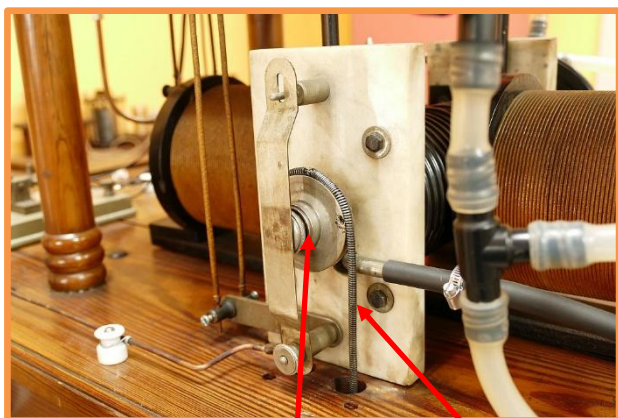
Il s'agit d'un émetteur à arc fabriqué par la société **G. Campostano, Via Cesare Cantù 2, MILAN**, au début des années 1900 (voir photo ci-dessous).



Nous entamons la restauration par un élément essentiel : le motoréducteur, situé sous le plancher de l'émetteur, qui, par l'intermédiaire d'une courroie métallique, entraîne la rotation de la cathode en charbon.

Une rotation très lente et uniforme (environ 3 tours par minute) est essentielle pour assurer une consommation uniforme de la cathode et par conséquent un allumage correct et continu de l'arc.

Ce moteur a été révisé, huilé et graissé.



L'extrémité du cathode et la courroie d'entraînement

Un autre élément particulier à restaurer était les masses polaires. L'une d'elles avait une extrémité fondue à la suite d'un court-circuit. Cet accident avait endommagé la partie conique et probablement altéré son bon fonctionnement.



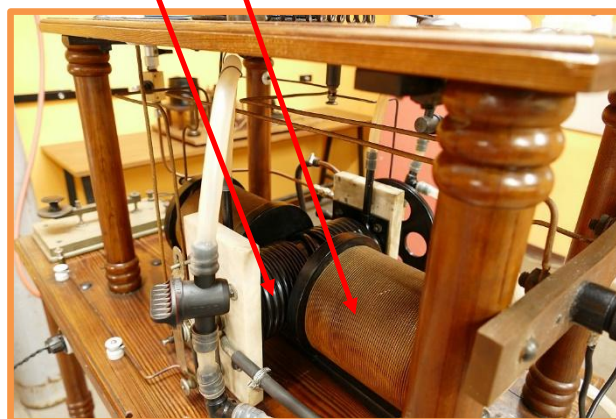
La chambre à arc, avec les masses polaires et la cathode en carbone au centre

Après démontage, les deux masses polaires ont été usinées au tour pour reproduire leur forme et leur taille initiales, puis remises dans leur position initiale.



Les masses polaires après l'usinage

Sur la photographie ci-dessous, on peut voir les deux grands électroaimants contenant les masses polaires et, perpendiculairement à eux, le circuit de refroidissement de la chambre, constitué d'un tube métallique peint en noir.



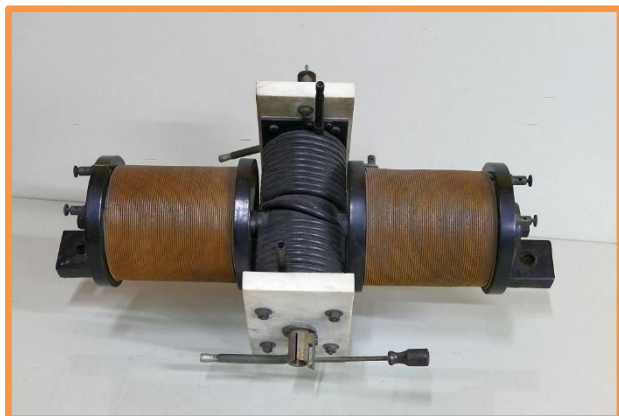
Au premier plan, les électroaimants et, perpendiculairement, le circuit de refroidissement de la chambre

Le circuit de refroidissement de la chambre à arc et le circuit de refroidissement de l'anode en cuivre étaient reliés, à l'aide de tubes en caoutchouc modernes, à une pompe électrique immergée dans un récipient d'eau déminéralisée.

Malheureusement, un phénomène de corrosion, invisible de l'extérieur, a fini par perforer le tube métallique du circuit de refroidissement de la chambre au point de contact avec celle-ci.

Par conséquent, lors du premier démarrage de la pompe, nous avons constaté d'importantes pertes d'eau.

C'est avec une certaine appréhension que nous avons dû démonter entièrement la chambre à arc. Nous avons retiré avec précaution le tube de plomb endommagé (diamètre mm 7 x 1) désormais introuvable.



Circuit de refroidissement de la chambre à arc

Le circuit de refroidissement a été réalisé sur un tour à l'aide d'un tube en cuivre de diamètre extérieur diamètre mm 8 x 1. Lors du bobinage, chaque spire a été étamée par soudure sur la chambre à arch.



Enfin, l'ensemble du circuit de refroidissement de la chambre a été repeint en noir, restaurant ainsi l'état d'origine

Sur la photo précédente, le tube de cuivre était étroitement enroulé autour de la chambre à arc

SUITE LA RESTAURATION DE L'ÉMETTEUR

Les bouteilles de Leyde placées au bas de l'émetteur constituent la capacité du circuit oscillant C1 / L3.

Ils ont fait l'objet d'une restauration minutieuse, notamment en étant tous démontés par séparation des récipients en verre et des électrodes en laiton nickelé.



Les bouteilles de Leyde après restauration

Une forte oxydation des électrodes a provoqué la rupture du verre et modifié la capacité totale.

A opération terminée, les bouteilles de Leyde en parallèle fournissent une capacité de 380 pF, une capacité qui sera augmentée pour déterminer la fréquence d'oscillation dans les ondes moyennes comme nous le verrons plus tard



**L'étiquette du fabricant des bouteilles de Leyde
G. Campostano Via Ratti 2, Milan**

PREMIÈRE ALLUMAGE DE L'ARC

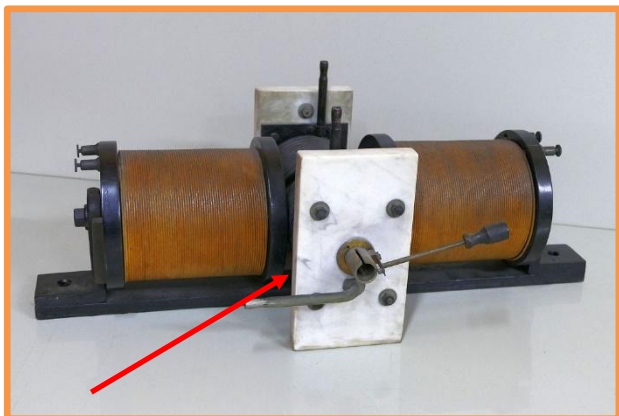
Une fois toutes les opérations précédentes sont terminées, on peut commencer à allumer l'arc pour produire des oscillations entretenues.

Cet émetteur était initialement conçu pour fonctionner au gaz de ville ou à l'hydrogène. Ces gaz, hautement énergétiques mais aussi hautement explosifs, étaient introduits directement dans la chambre de combustion par un petit tube situé près de l'anode en cuivre. Ils étaient ensuite extraits par un tube identique placé du côté de la cathode en charbon.

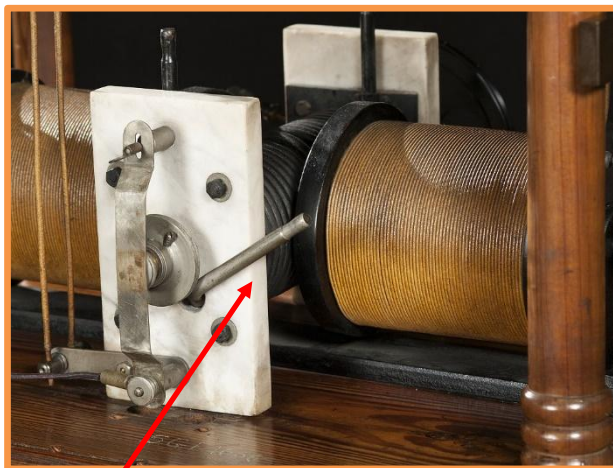
Nous n'avions pas accès au gaz de ville et, quant à l'utilisation de l'hydrogène, nous l'avons d'emblée écartée, la sécurité étant notre priorité. À ce stade, plusieurs gaz et carburants restaient disponibles ; leurs résultats sont décrits ci-dessous.

De plus, afin de ne pas introduire trop de variables, les tests suivants ont été effectués uniquement avec le circuit oscillant composé de C1 et L3. Les bobines L4 et L5 ne seront utilisées qu'après l'amorçage de l'arc.

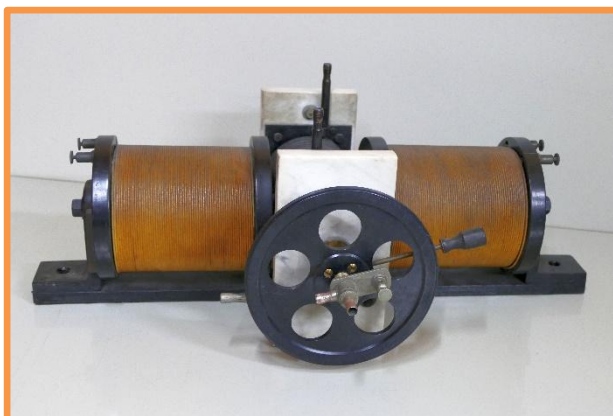
Malheureusement, toute la documentation technique d'époque en notre possession manque de détails. Les articles techniques disponibles sont tous similaires, erreurs comprises. Par conséquent, chaque composant, chaque paramètre et chaque condition de fonctionnement doivent être étudiés sur le terrain, avec des essais et des contre-essais sans se décourager. En revanche, le système Poulsen en particulier a été utilisé pendant quelques années puis remplacé par des tubes électroniques, d'où le manque de documentation.



Tube pour entrée gaz dans la chambre à arc



Tube pour sortie gaz de la chambre à arc



Une grande roue servait à modifier la position de l'anode par rapport à celle de la cathode

Pour produire et entretenir l'arc, on doit procéder comme suit :

Remplir la chambre avec le gaz à tester

Mettre sous tension l'alimentation CC et régler la tension à 500 Volt

Actionner le potentiomètre R1 et réglez-le sur 150 Ω

Tourner la grande roue dans le sens antihoraire afin de modifier la position de l'anode en cuivre jusqu'à ce qu'elle entre en contact avec la cathode en charbon

Une fois le contact établi, retirer immédiatement l'anode en cuivre, déclenchant ainsi l'arc électrique

Actionner le potentiomètre R1 et réglez-le sur 250 Ω

Régler la courant d'arc à 15 Ampère

Le système se met à osciller lorsque l'ampoule I1 s'allume. De plus, afin de visualiser la fréquence d'émission et sa forme d'onde, nous avons utilisé un analyseur de spectre moderne. Voir la photographie ci-dessous.



Ampoule de charge fictive I1 et analyseur de spectre

La démonstration que le système oscille est apportée en allumant l'ampoule I1 dont la luminosité est proportionnelle à l'énergie de l'oscillateur.

Ci-dessous les tests effectués :

Test N° 1 réalisé en remplissant la chambre avec Argon 99,9%. Nous n'avons constaté aucune amorce d'arc ni aucun signe d'oscillations.

Test N° 2 réalisée en remplissant la chambre d'un mélange Argon 99,9% + 5% H₂. Le système commence à osciller faiblement, l'arc est très instable et s'éteint continuellement.

Test N° 3 réalisé en remplissant la chambre avec du propane C₃H₈. Le système commence à osciller légèrement, l'arc est très instable et s'éteint continuellement.

Test N° 4 réalisée en remplissant la chambre avec du butane C₄H₁₀. Par rapport aux tests précédents, aucune différence significative n'a été observée.

Test N° 5 réalisée en purifiant la chambre avec Argon 99,9% + 5% H₂, puis en introduisant environ 5% de butane C₄H₁₀. Par rapport aux tests précédents, le système commence à osciller à 1.200 kHz, mais pas encore de manière correcte.

La confiance dans notre capacité à faire fonctionner l'émetteur diminuait à chaque test négatif; néanmoins, nous avons poursuivi les tests avec persévérance sans jamais reculer.



Alberto Erbea découragé de ne pas parvenir à faire fonctionner le système

De plus, les gaz s'échappant de la chambre de combustion étaient éliminés à l'aide d'un bec Bunsen. Dans le laboratoire où les essais étaient réalisés, une certaine quantité de gaz odorants était toujours présente, provoquant des irritations respiratoires.

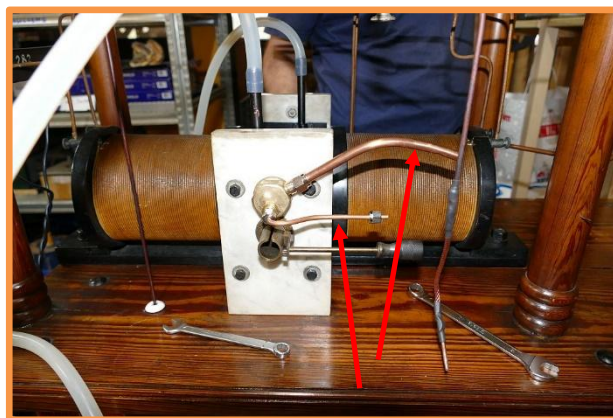


Le bec Bunsen en fonctionnement

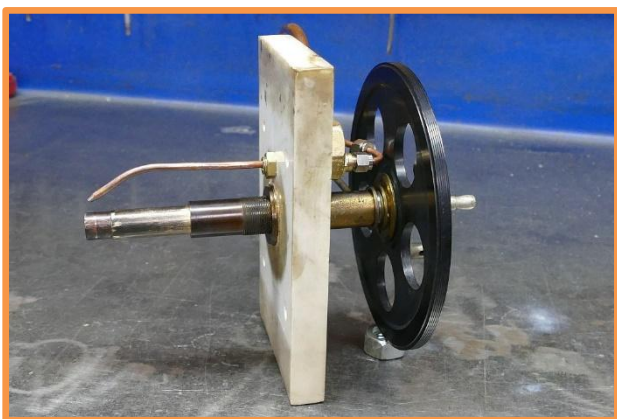
D'après la documentation technique mentionnée précédemment, nous avons appris que dans la chambre à arc, au lieu d'un gaz à pouvoir calorifique élevé, il était possible d'introduire de l'alcool versé goutte à goutte sur l'anode en cuivre chaude.



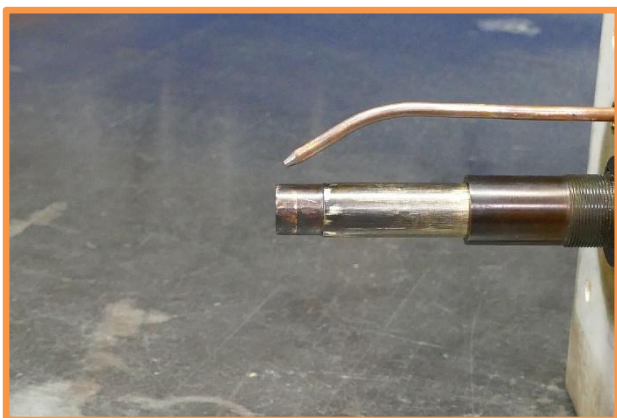
Système permettant d'introduire du gaz dans le Tube le plus large et simultanément de l'alcool dans le tube le plus petit



Le système monté sur la chambre de l'arc, en haut le tube de remplissage de la chambre avec gaz, en bas le tube de l'alcool



Petit tube pour déposer de l'alcool goutte à goutte sur l'anode



Comme ci-dessus

Nous avons examiné les possibilités de modification et avons trouvé une solution qui nous a permis d'introduire l'alcool sans percer de nouveaux trous dans la chambre d'étrave.

Les parois qui ferment la chambre sont en marbre blanc; un nouveau trou pourrait provoquer une rupture de ce même marbre.



Le réservoir d'alcool équipé d'un robinet

Le Test N° 6 commence avec appréhension La chambre à arc est purifiée avec Argon 99,9% + 5% H₂.

L'arc est allumé avec 500 Volt et 30 Ampère.

Ouvrez ensuite le robinet du réservoir d'alcool éthylique dénaturé à 95%, l'alcool commence à s'écouler goutte à goutte sur l'anode.

Le système commence à osciller à 1.200 kHz de manière relativement stable; avons-nous trouvé la solution ?

Plusieurs tests ont ensuite été réalisés en faisant couler différents types d'alcool sur l'anode en cuivre:

alcool éthylique dénaturé 96,6% et 99,9%

alcool isopropylique 99,9%

Les alcools colorés ont tendance à encrasser la chambre d'arc avec des dépôts de charbon qui nécessitent un nettoyage continu des électrodes.

L'alcool isopropylique à 99,9% s'est avéré être le meilleur

L'analyse des résultats obtenus permet de concrétiser la confiance dans le succès de l'entreprise.

Nous nous posons plusieurs questions; mais l'un d'eux en particulier semble très correct.

Déposer quelques gouttes d'alcool sur l'anode commence à donner de bons résultats ; mais pourquoi déposer de l'alcool sur une électrode refroidie à l'eau ? Ne serait-il pas préférable de déposer l'alcool sur la cathode en carbone, qui est sans aucun doute très chaude ?

Cette étape est immédiatement suivie de l'ouverture de la chambre et d'une autre modification: on prolonge le tube jusqu'à ce qu'il puisse déposer l'alcool sur la cathode en charbon.

De plus, la cathode en charbon de 25 mm de diamètre est trop grande. Nous avons donc usiné un manchon adaptateur pour y insérer une tige de charbon de 12 mm de diamètre. Une électrode en charbon plus petite devrait permettre d'obtenir un arc électrique puissant, même avec un courant plus faible et, par conséquent, une tension plus élevée. Ceci produit un arc électrique plus puissant.



Cathode de charbon de petit diamètre

Une fois toutes les modifications effectuées, nous procéderons au **Test N° 7**

La chambre à arc est toujours purgée avec de l'Argon 99,9% + 5% H₂ au début et à la fin des transmissions.

L'arc est ensuite allumé avec une tension de 500 Volt et le courant est stabilisé à 15 Ampère.

La cathode en charbon doit toujours tourner à vitesse constante afin d'assurer une consommation uniforme.

Une consommation uniforme garantit la stabilité de l'arc électrique.

Ensuite, ouvrez le robinet du réservoir d'alcool isopropylique 99,9%; une très petite quantité d'alcool suffit, environ 1 goutte par minute, l'alcool commence à couler goutte à goutte sur la cathode en charbon et à s'évaporer.

Le système se met à osciller à 1.200 kHz de manière très stable, constante dans le temps et avec peu de bruit; **nous avons enfin trouvé le moyen de le faire fonctionner.**

Après environ 40 minutes de fonctionnement, nous coupons l'émetteur pour observer la chambre à arc.

La chambre est légèrement embuée et les parois sont couverts de condensation; cela signifie que les parois de la chambre sont trop froids.

La quantité d'eau de refroidissement circulant dans le serpentin de refroidissement (voir les photographies en page 13), doit être réduite.

Tous les tests suivants ont été réalisés en utilisant ces paramètres, et ont toujours donné de bons résultats.

Un autre paramètre important, confirmant l'optimisation du système, est la réduction de la quantité de produits gazeux expulsés du système et éliminés par le brûleur Bunsen.

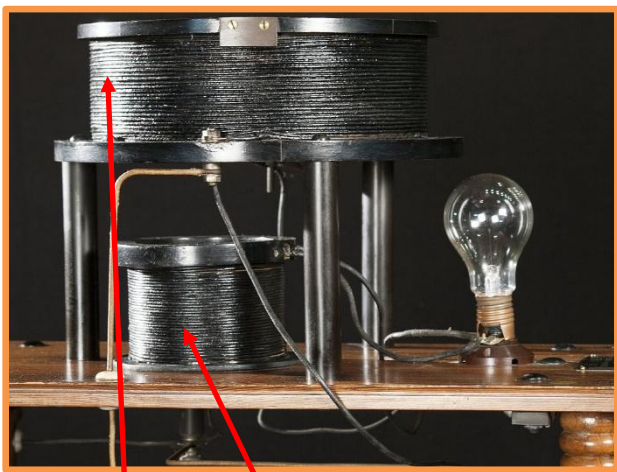


Le système commence à osciller à 1.200 kHz, l'ampoule I1 avec fonction de charge fictive s'allume intensément

Maintenant que nous sommes certains que le circuit composé de C1 et L3 oscille correctement, nous devons nous intéresser aux self du circuit d'antenne L4 et L5.

En réalité, L4 a disparu au fil des ans; si nous voulons poursuivre les essais, nous devons envisager de le reproduire. Aucune documentation technique concernant ses dimensions n'a été retrouvée.

En partant de la self L3 encore disponible, nous émettons l'hypothèse de la construction de L4 avec un diamètre plus grand afin de l'insérer au-dessus de L3 pour obtenir un bon couplage.



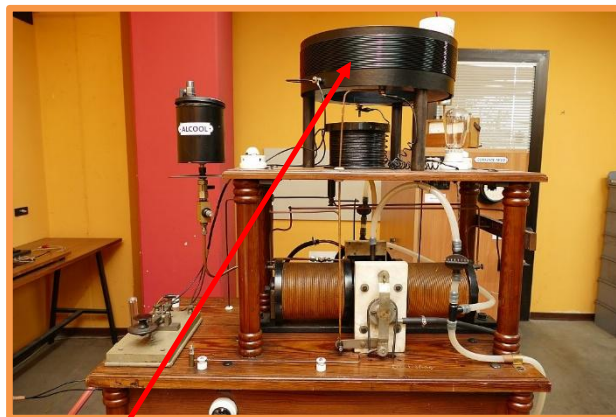
Self L3 et self L5

À cette fin, nous produisons un cylindre en carton épais d'un diamètre de 320 mm, sur lequel nous enroulons 24 spires parallèles de fil de cuivre d'une section de 1,5 mm². Afin d'obtenir la meilleure inductance lors de l'enroulement de la self, nous laissons des prises intermédiaires.

Les deux dernières prises servent à connecter l'ampoule I2, ce qui s'avérera très important pour comprendre le bon fonctionnement de l'arc.



Self L4 reproduite



Self L4 vissée sur la self L3

La self L5 est disponible; il vous suffit de décider de son emplacement et de son branchement. Le seul trou présent dans le plancher permet de déterminer sa position; ce trou indique clairement son emplacement, sous la self L3 légèrement décalée.

Les prises sur son corps seront utilisées au mieux des résultats.



Self L5 vue côté prises

Et maintenant, avant de passer à l'émission, nous devons encore réfléchir à certaines choses.

Une antenne filaire de 25 mètres est connectée à la prise d'antenne.

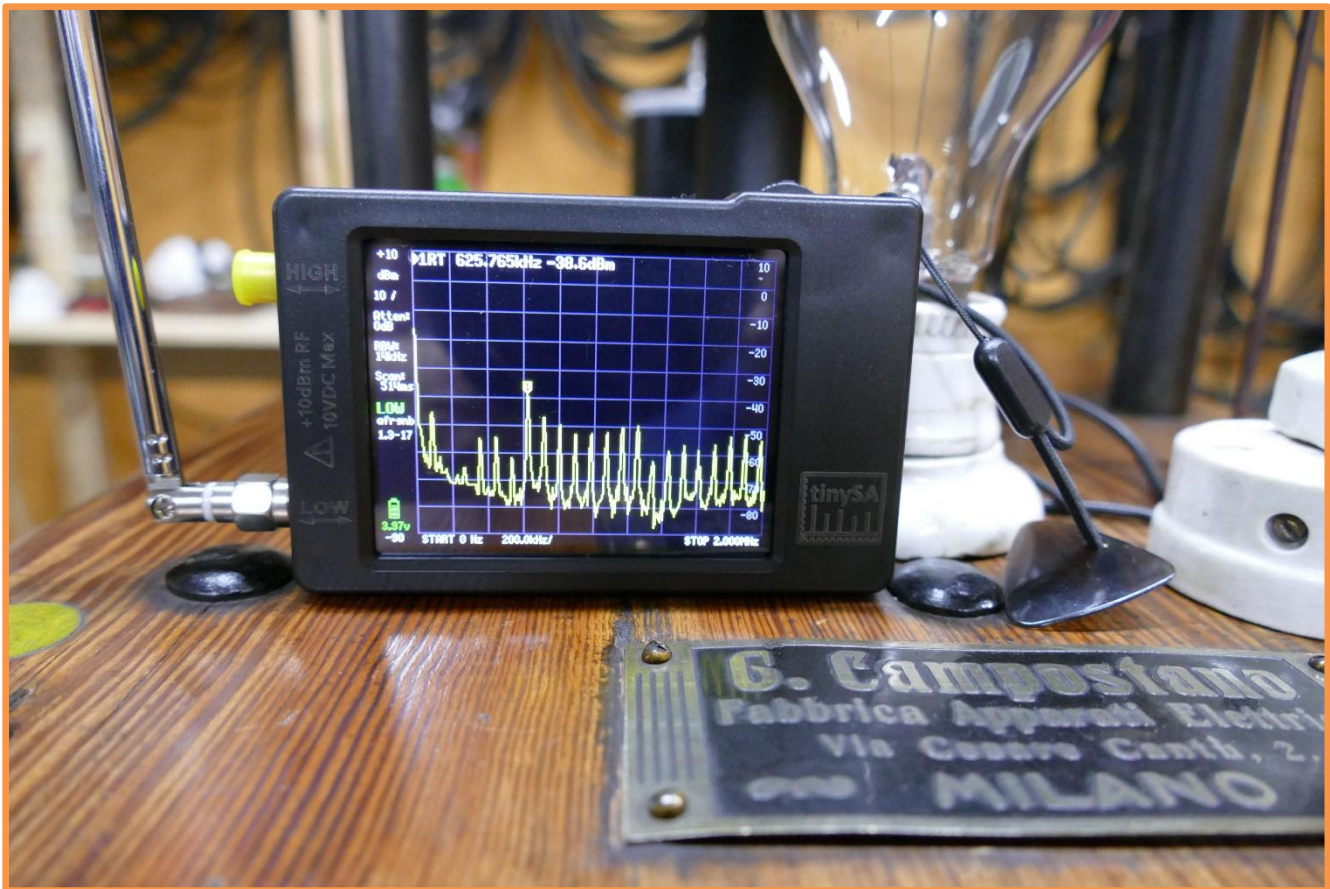
Le commutateur S2 est positionné pour le fonctionnement en radiotéléphonie et le microphone, afin de ne pas introduire trop de variables, est court-circuité. La self d'antenne L4 est alors reliée directement à la masse, comme si la résistance du microphone, sous l'effet de fortes vibrations, était proche de 0 Ω .

Nous utilisons les paramètres et la méthodologie du test **Test N° 7**

Finalement, après bien des difficultés, l'analyseur de spectre affiche le spectre d'émission, exempt de bruit, avec la fréquence fondamentale à 625 kHz et une quantité innombrable de fréquences harmoniques; **mais c'était comme ça à l'époque;**

Il s'agit donc d'une transmission radiotélégraphique qui s'effectue par décalage de fréquence.

La fréquence de transmission lorsque le manipulateur est relevé est appelée fréquence de



Oscillogramme avec la fondamentale à 625 kHz

Nous pouvons maintenant tester le circuit en transmission radiotélégraphique.

Le commutateur S2 est positionné pour le fonctionnement en radiotélégraphie.

Le circuit d'antenne est maintenant composé des L4 et L5 connectés en série.

Le manipulateur, du type très lourd avec de gros contacts, est relié aux bornes correspondantes.

Pour la transmission radiotélégraphique, nous utilisons également les paramètres et la méthode du **Test N° 7**.

On allume l'émetteur; la fréquence émise, manipulateur levé, est de 535 kHz.

On abaisse le manipulateur; la bobine L5 est court-circuitée et la fréquence de transmission passe à 625 kHz.

repos et est déterminée par le nombre de spires de la bobine L5 insérée via la fiche appropriée.

La fréquence de transmission lorsque le manipulateur est abaissé est appelée fréquence de travail et le récepteur doit être réglé sur cette fréquence.



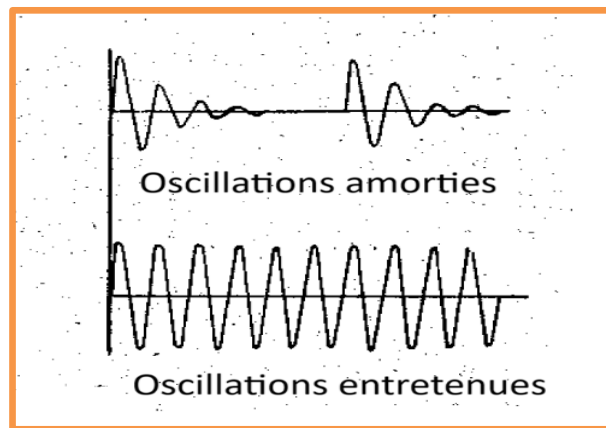
Manipulateur télégraphique de type très lourde

En résumé, contrairement aux transmissions radiotélégraphiques produites par des **oscillations amorties (émetteurs à étincelles)**, dans lesquelles un train d'ondes radio est produit à chaque pression sur la touche télégraphique; avec l'arc de Poulsen, il n'est pas possible d'éteindre complètement l'arc puis de le rallumer, car il serait difficile pour celui-ci de reprendre son fonctionnement normal après chaque interruption.

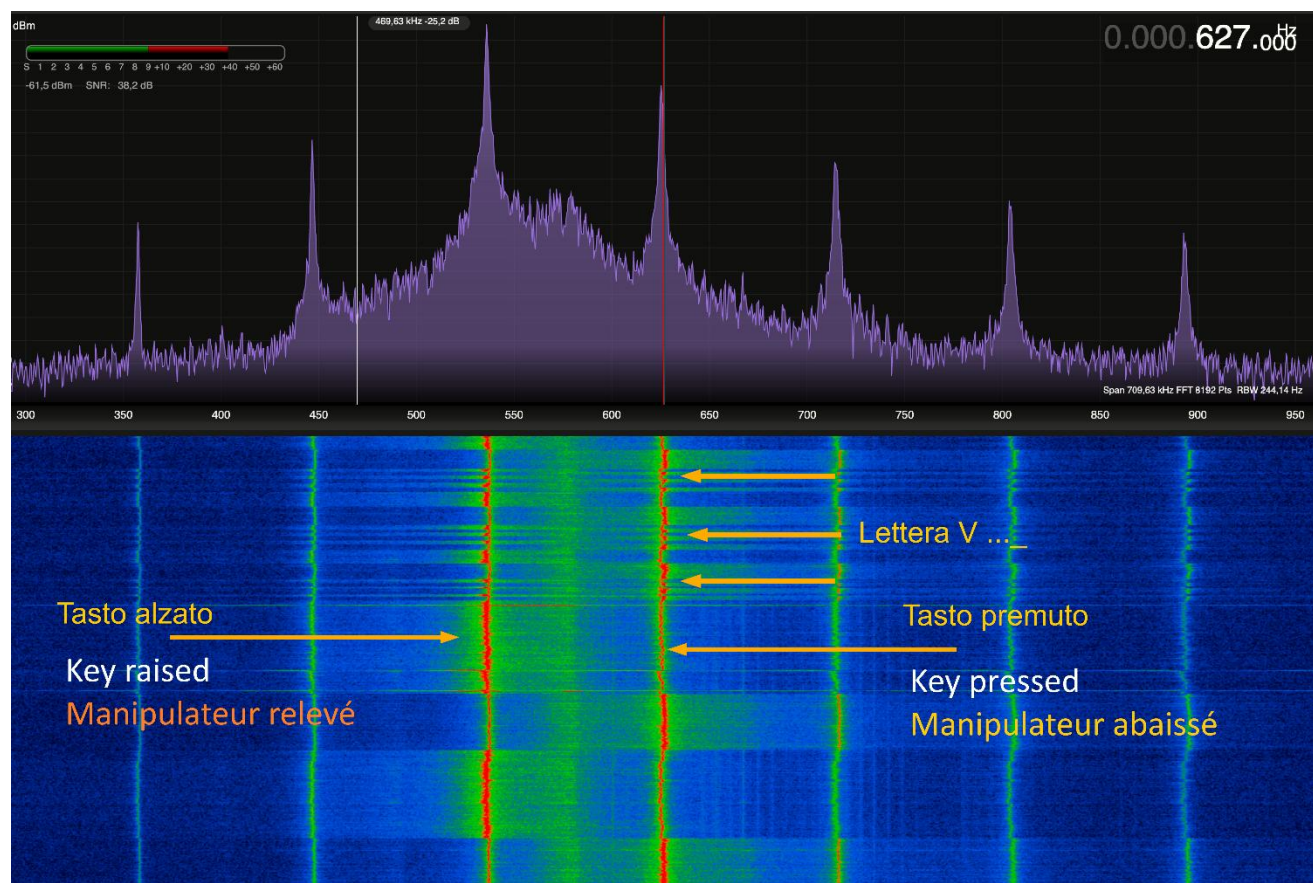
C'est pour cette raison que l'arc reste toujours allumé, d'où le nom "**oscillations entretenues**".

La manipulation radiotélégraphique est effectuée sur la self d'antenne en court-circuitant certaines spires de cette self, et la transmission s'effectue par décalage de fréquence.

Nous avons inséré une petite ampoule dans le circuit de l'antenne, repérée **I2** sur le schéma général. Cette ampoule, reliée à quelques spires de la bobine **L4**, s'est avérée très utile. En interprétant son fonctionnement et l'intensité lumineuse produite, nous avons pu déterminer si le système émettait correctement.



Ampoule I2



Spectre obtenu avec SDR

LE RÉCEPTEUR

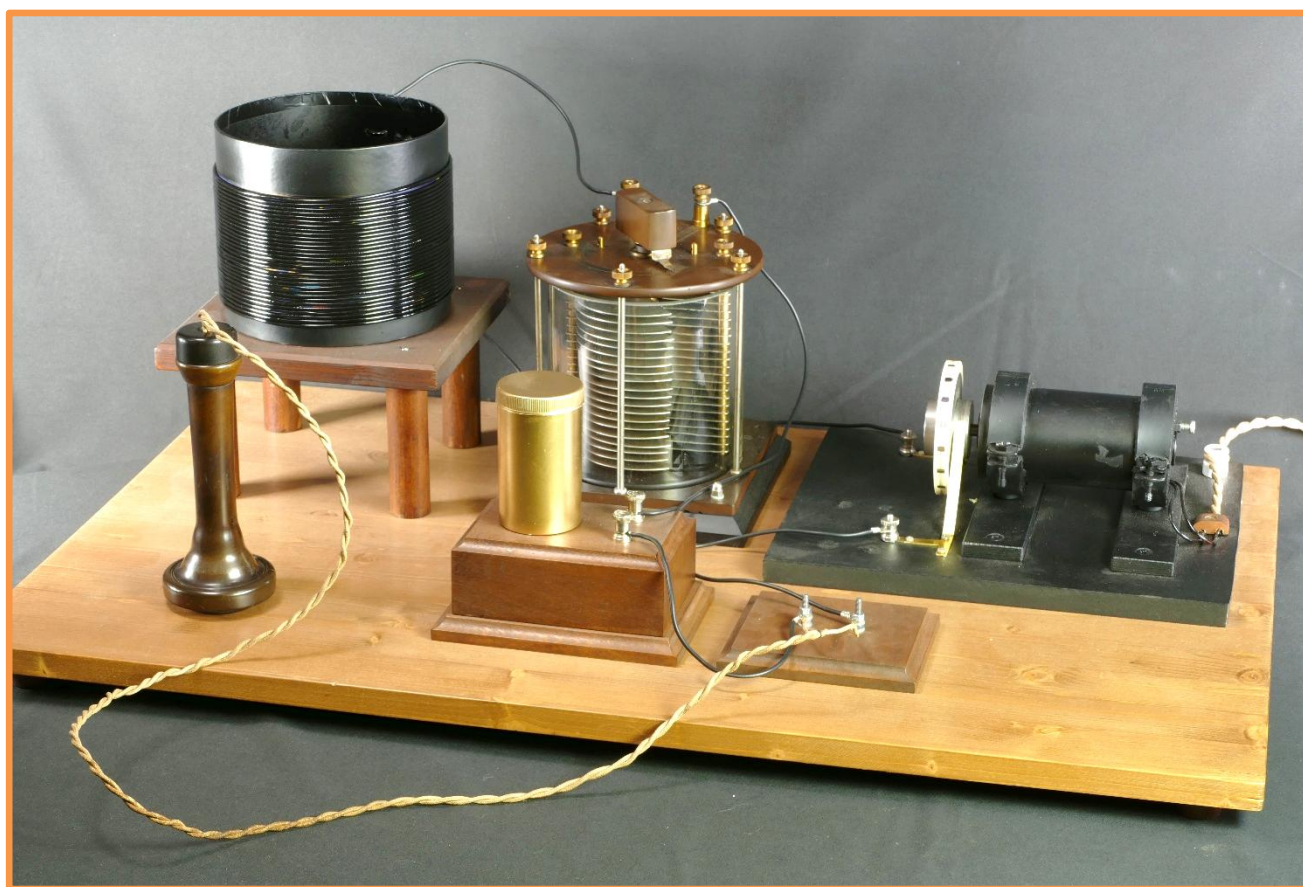
Après avoir visualisé le bon fonctionnement de l'émetteur à l'aide d'instruments modernes, nous avons pensé à concevoir un récepteur permettant de détecter et d'écouter les signaux radio télégraphiques transmis au casque.

Nous avons construit le récepteur présenté ci-dessous en utilisant des composants d'époque et en fabriquant les pièces manquantes. La disposition des composants a été choisie pour reproduire le récepteur utilisé par Valdemar Poulsen dans son atelier, visible à la page 5.

Le schéma est celui classique d'un récepteur du début des années 1900 équipé d'un détecteur électrolytique.



Le circuit d'antenne, inductance et capacité en parallèle



Le circuit d'antenne est du type à inductance et capacité en parallèle.

En particulier, la self d'antenne a été fabriquée en enroulant 31 tours de fil de cuivre d'une section de $1,5 \text{ mm}^2$ sur un support en carton d'un diamètre de 160 mm.

Le condensateur variable, de type en air, a une capacité de 650 pF. La combinaison LC permet d'accorder le récepteur sur 625 kHz avec le condensateur variable à mi-course.



Le detector électrolytique

TESTS DE RÉCEPTION DES SIGNAUX RADIOTÉLÉGRAPHIQUES

Sur la photo du récepteur de la page précédente, à droite, se trouve un mystérieux moteur électrique dont nous n'avons pas fourni d'explication. Les informations suivantes vous aideront à comprendre son fonctionnement.

Pour assurer le bon fonctionnement du récepteur, nous avons fait une antenne filaire de 50 mètres.

Après avoir connecté l'antenne et la masse au récepteur décrit sur la page précédente (mais sans ce mystérieux petit moteur), nous avons commencé à écouter les signaux radiotélégraphiques émis par l'émetteur à arc de Poulsen.

Bien que l'émetteur fonctionnât correctement et que la manipulation télégraphique s'effectuât correctement, nous n'entendions aucun signal radio télégraphique dans l'écouteur. En fait, nous n'avons perçu que deux faibles vibrations, au début et à la fin de la manipulation.

La documentation d'époque que nous avons trouvée nous a été d'une grande aide pour comprendre et résoudre ce problème.

Un signal radiotélégraphique transmis par ondes entretenues dans le récepteur à cristal, ne produit pas un courant variable à la fréquence acoustique mais un courant continu. C'est pourquoi le récepteur n'est pas en mesure d'écouter le signal radiotélégraphique.

En 1908, le collaborateur de Poulsen, un certain Pedersen, afin de résoudre ce problème, créa le premier appareil appelé **TIKKER**.

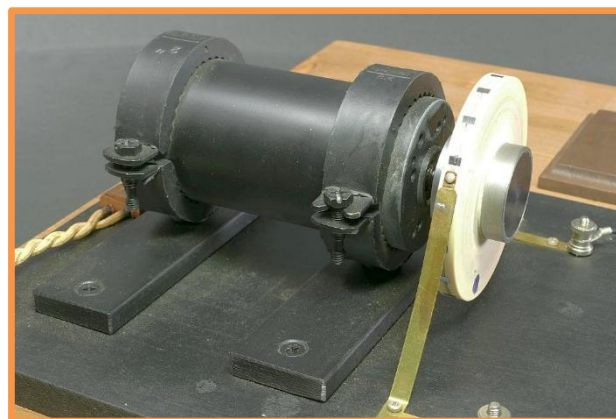
Il s'agit d'un commutateur rotatif composé d'une roue dentée et d'un contact glissant, capable d'interrompre le signal avant sa détection, à une fréquence d'environ 500 interruptions par seconde.

Plus il y a d'interruptions, plus la note que nous pourrions atteindre sera aiguë.

Grâce à cet appareil, dans l'écouteur est produit un bourdonnement, correspondant aux lignes et aux points du code Morse.

Le mystérieux moteur électrique de la page précédente est une reproduction parfaitement fonctionnelle d'un TIKKER, un **objet désormais introuvable**.

Grâce à l'utilisation du TIKKER appliqué à notre récepteur à cristal, la réception radiotélégraphique de l'émetteur à arc Poulsen s'effectue désormais régulièrement et sans aucune difficulté.



Le mystérieux moteur électrique "TIKKER" révèle la roue dentée et le contact glissant

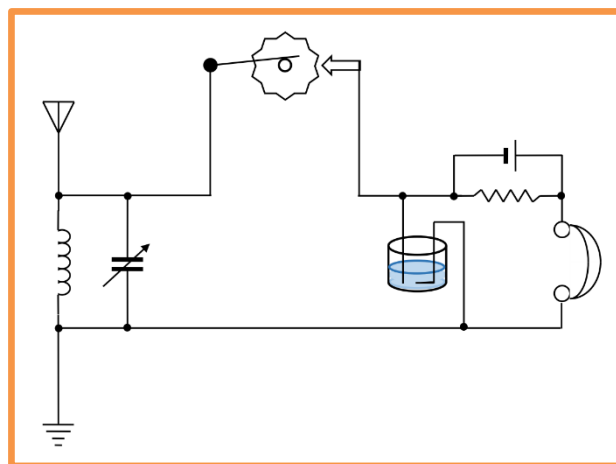


Schéma du récepteur avec le TIKKER avant le détecteur électrolytique

Dans les récepteurs actuels le TIKKER n'est plus utilisé.

Les transmissions radiotélégraphiques **CW** "**Continuous Wave**" sont reçues grâce à un oscillateur appelé **(BFO) "Beat Frequency Oscillator"**

TESTS DE RÉCEPTION DES SIGNAUX RADIOTÉLÉPHONIQUES, LE CIRCUIT HYDRAULIQUE

Le microphone à eau de Quirino Majorana a été entièrement réparé comme décrit aux pages 9 et 10.

L'étape suivante consistait à créer un circuit hydraulique, capable de faire circuler dans le microphone, une solution à 5 % d'acide sulfurique H_2SO_4 dans l'eau.

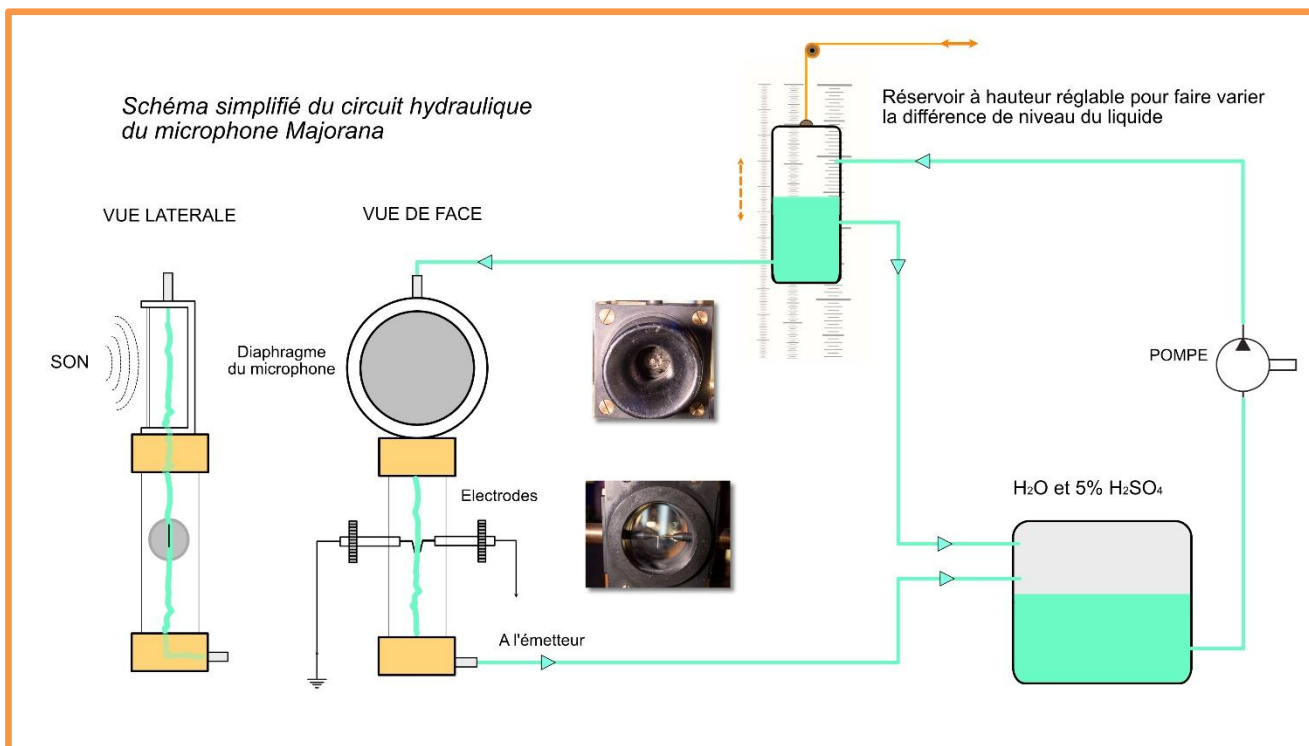


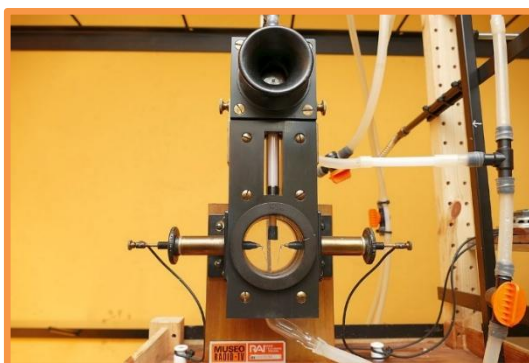
Schéma de circuit hydraulique

Le circuit était entièrement réalisé avec des tubes en caoutchouc transparent, des raccords, des robinets en PVC et des récipients en polyéthylène.

La pompe assurant le recyclage de la solution acide a été choisie parmi celles dont tous les composants internes étaient en acier inoxydable et en plastique.

Un récipient, le plus grand, était rempli de solution acide; un autre plus petit, monté sur une tige réglable en hauteur, est très utile pour réguler le delta de la solution acide et assurer une pression très basse et constante.

Le microphone relié au circuit hydraulique, avec tous ses tubes et raccords, ressemblait un peu à un patient intubé pour une opération chirurgicale !.



TESTS DE RÉCEPTION DES SIGNAUX RADIOTÉLÉPHONIQUES. LE MICROPHONE À EAU DE QUIRINO MAJORANA MODULANT L'ÉMETTEUR PULSEN

Le circuit hydraulique est maintenant prêt et fonctionne correctement.

Il est primordial d'éliminer toute bulle d'air dans la chambre du microphone. Même la plus infime trace d'air empêchera le microphone de fonctionner.

Faites très attention aux éclaboussures d'eau acidulée, il s'agit toujours d'acide sulfurique.

Mettons en service l'émetteur Poulsen en utilisant les paramètres et la méthode du **Test N° 7**.

À l'aide de l'interrupteur S2 du schéma de la page 11, nous insérons le microphone à eau dans le circuit d'antenne entre la bobine L4 et la masse.

Le récepteur utilisé est toujours celui décrit page 21 avec une exception. Pour les signaux transmis par radiotéléphonie, le TIKKER ne doit pas être utilisé; pour cette raison, le contact glissant sera court-circuité et le signal d'antenne sera alors envoyé directement au détecteur électrolytique.

Les premiers tests opérationnels ont été réalisés avec un générateur de signaux BF connecté à un petit haut-parleur placé devant le microphone.

Et c'est là que la douleur commence !!!

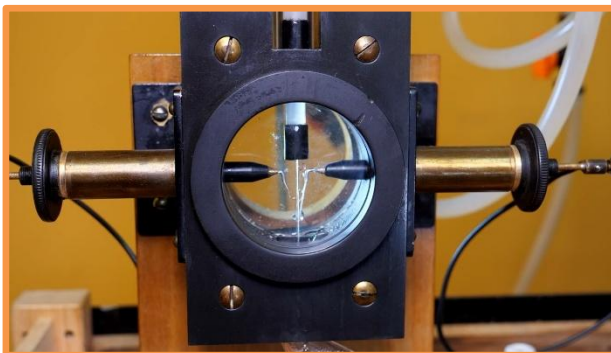
Il y a plusieurs paramètres à vérifier:

- Positionnement des plaques (distance et forme)
- Diamètre de l'orifice de la buse
- Hauteur de la buse
- Pression du jet de liquide entrant dans la chambre du microphone
- Choix du point de fonctionnement du jet de liquide (point où le jet commence à se contracter et à se fragmenter en gouttelettes)

Pour chaque variation de l'un de ces paramètres, il a fallu recommencer depuis le début et revérifier tous les autres.



Positionnement des plaques par rapport à la veine liquide et positionnement de la buse



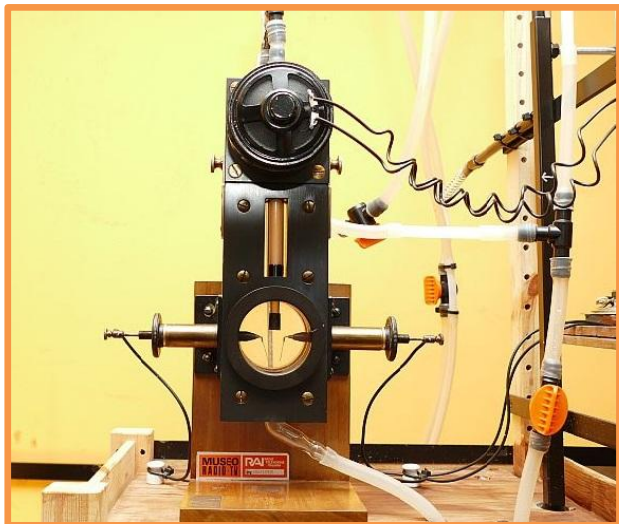
Comme ci-dessus

Il était notamment essentiel de trouver le diamètre correct du trou de la buse, les meilleurs résultats étant obtenus avec un diamètre de trou de 0,50 mm. Les difficultés ne manquaient pas pour reproduire un trou à surface lisse et sans irrégularités, sous peine de voir le jet d'eau sortant déformé.

À chaque test, de petits progrès ont été réalisés, permettant d'acquérir de nouvelles connaissances sur le système et d'améliorer continuellement les résultats obtenus.

Une fois que nous avons été sûrs que le système commençait à fonctionner, nous avons connecté le petit haut-parleur, placé devant le microphone, à un système de lecture de musique.

Petit à petit, en améliorant encore les paramètres de l'ensemble du système, nous avons finalement pu écouter l'hymne italien et des extraits d'opéra dans les écouteurs du récepteur.



Le petit haut-parleur, positionné devant le microphone

Finalement, malgré des moments de grand découragement, après environ **115** ans, nous sommes parvenus à faire fonctionner à nouveau la combinaison du microphone de **Quirino Majorana** et de l'émetteur à arc de **Valdemar Poulsen**.

modulées, ouvrant la voie à des études ultérieures jusqu'à nos jours.

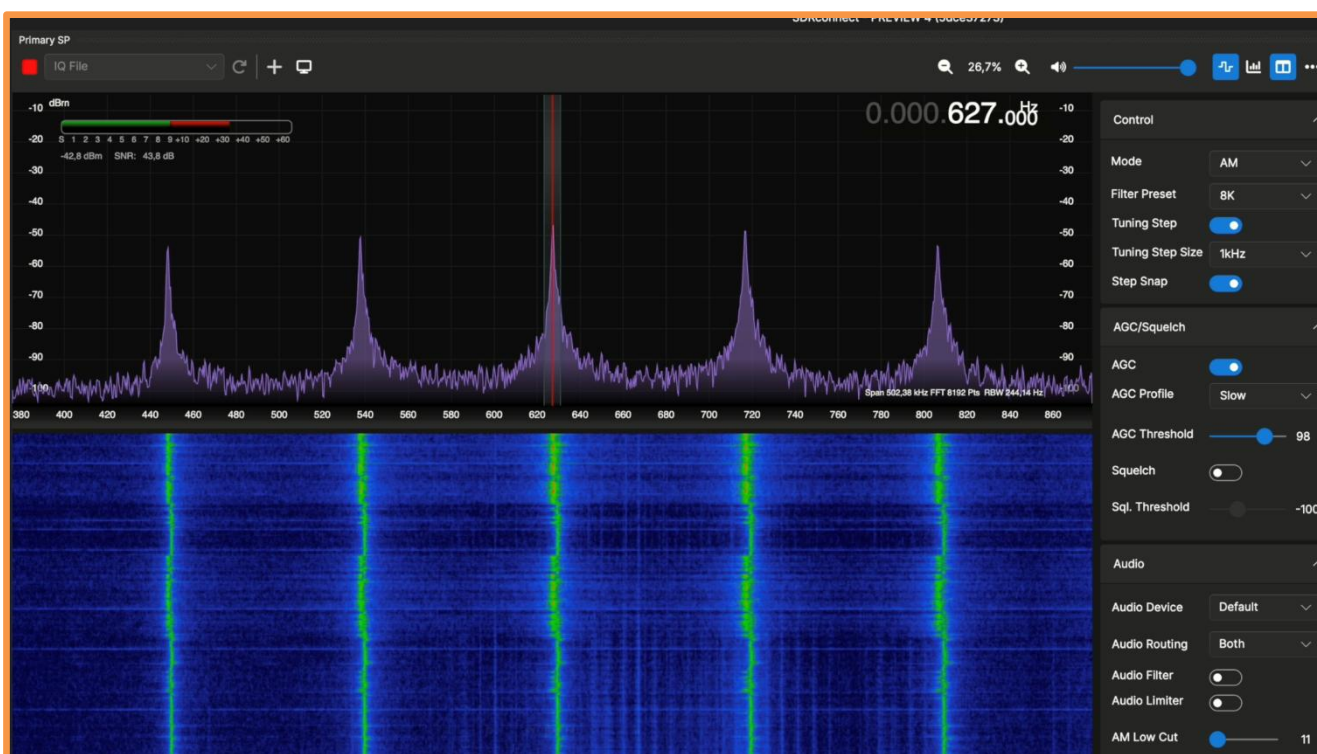
Je m'excuse maintenant de vous avoir ennuyé si longtemps et je vais passer aux conclusions finales.

CONCLUSIONS

Pour faire fonctionner ces émetteurs, il fallait avoir une certaine compétence pour les activités dangereuses et une patience d'ange.

L'observation des émetteurs utilisés aujourd'hui suscite de profondes réflexions, tant en raison des solutions de circuits employées que, surtout, des normes de sécurité élevées atteintes.

L'opérateur chargé d'utiliser ces émetteurs devait être très prudent car il ne disposait pas des conditions de sécurité les plus élémentaires.



Spectre obtenu avec SDR

En réalité, la fidélité de la reproduction sonore laisse à désirer, surtout dans les hautes fréquences.

Il faut toutefois reconnaître que ces systèmes ont été les tout premiers instruments de reproduction et de transmission d'ondes radio

L'opérateur devait se limiter à parler dans le microphone, mais devait faire attention et garder les deux mains derrière le dos. On trouvait ici et là aux bornes une tension d'environ 500 Volt CC (tension mortelle). L'opérateur n'était jamais censé poser les mains sur les électrodes car il y avait également 500 Volt de courant continu, mais de plus, les électrodes étaient chaudes et des brûlures étaient toujours possibles.

De plus, l'opérateur ne devait pas s'approcher trop près de la soupape de sécurité, sous peine de recevoir des projections d'alcool chaud au visage. Il était également interdit de remplir le réservoir d'alcool lorsque l'émetteur était en fonctionnement, ainsi que d'ouvrir la chambre avant son refroidissement complet, afin d'éviter que l'émetteur ne se transforme en lance-flammes.

La technologie des émetteurs à arc a fait un certain nombre de victimes à ses débuts, et la liste aurait sans doute continué à s'allonger si la technologie des tubes à vide, utilisée comme oscillateurs RF et amplificateurs de puissance, n'avait pas atteint sa pleine maturité à la fin des années 1920.

Cette restauration historique a nécessité trois ans de travail de notre temps libre.

Je n'ai pas entrepris ce projet seul, mais j'ai apporté mon soutien à Alberto Erbea, membre N° 2090 de l'A.I.R.E.

Alberto a fait preuve de patience, de compétence et de persévérance pour mener à bien ce que nous avions entrepris.

En juillet, nous avons présenté nos travaux aux membres intéressés d'A.I.R.E. Une trentaine de membres et sympathisants venus du Piémont, de Ligurie, de Lombardie et d'Émilie-Romagne se sont rendus en Valsesia pour assister à la journée de tests prévue et découvrir ces anciens moyens de télécommunications.

À la fin de la reconstitution, les membres d'A.I.R.E se sont retrouvés dans un restaurant local pour déguster les produits typiques de la région. À cette occasion, le président de l'A.I.R.E, Andrea Ferrero, a remis à Alberto Erbea et Alberto Genova un certificat de mérite, ce qui a été très apprécié et pour lequel nous les remercions.



La journée ensoleillée a permis au photographe de prendre une belle photo de groupe.

En octobre 2025, une fois toutes les activités de restauration et de présentation aux membres d'AIRE terminées, était venu le moment de rendre le microphone Majorana et l'émetteur Poulsen à leur propriétaire légitime, le Musée de la radio et de la télévision RAI de Turin

Ces deux objets reposent désormais au musée, placés dans une vitrine spéciale, entourés de curiosité et de respect, comme un monument à la compétence, à la persévérance et à l'ingéniosité de leurs inventeurs.

ANECDOTES

Concernant l'utilisation de l'alcool dans ce système de transmission, il semble qu'au début du siècle dernier, sur les navires équipés d'émetteurs à arc Poulsen, l'alcool ait systématiquement disparu. À la grande consternation des marins, l'alcool fut remplacé par du kérosène !

Remerciement:

- ✓ La Direction du Centre de production RAI de Turin et le Directeur du musée Dr. Alberto Allegranza, qui ont mis à notre disposition l'appareil pour une restauration historique-conservatrice
- ✓ Andrea Ferrero, président d'A.I.R.E, pour la confiance témoignée
- ✓ Claudio Girivetto pour son travail de photographe et caméraman officiel
- ✓ Tous les membres de l'A.I.R.E. qui ont participé à la journée consacrée à cette reconstitution

Bibliographie:

- ✓ Ricerche ed Esperienze di Telefonia Elettrica Senza Filo Memoria di Quirino Majorana 1910
- ✓ Domenico Ravalico RADIOTELEFONIA 1920
- ✓ Harmsworth' Wireless Encyclopedia 1923
- ✓ Telegraphie Sans Fil 1917
- ✓ Ernesto Montù La Radio Per Tutti 1924
- ✓ Manuale Elementare di Radiotecnica 1927

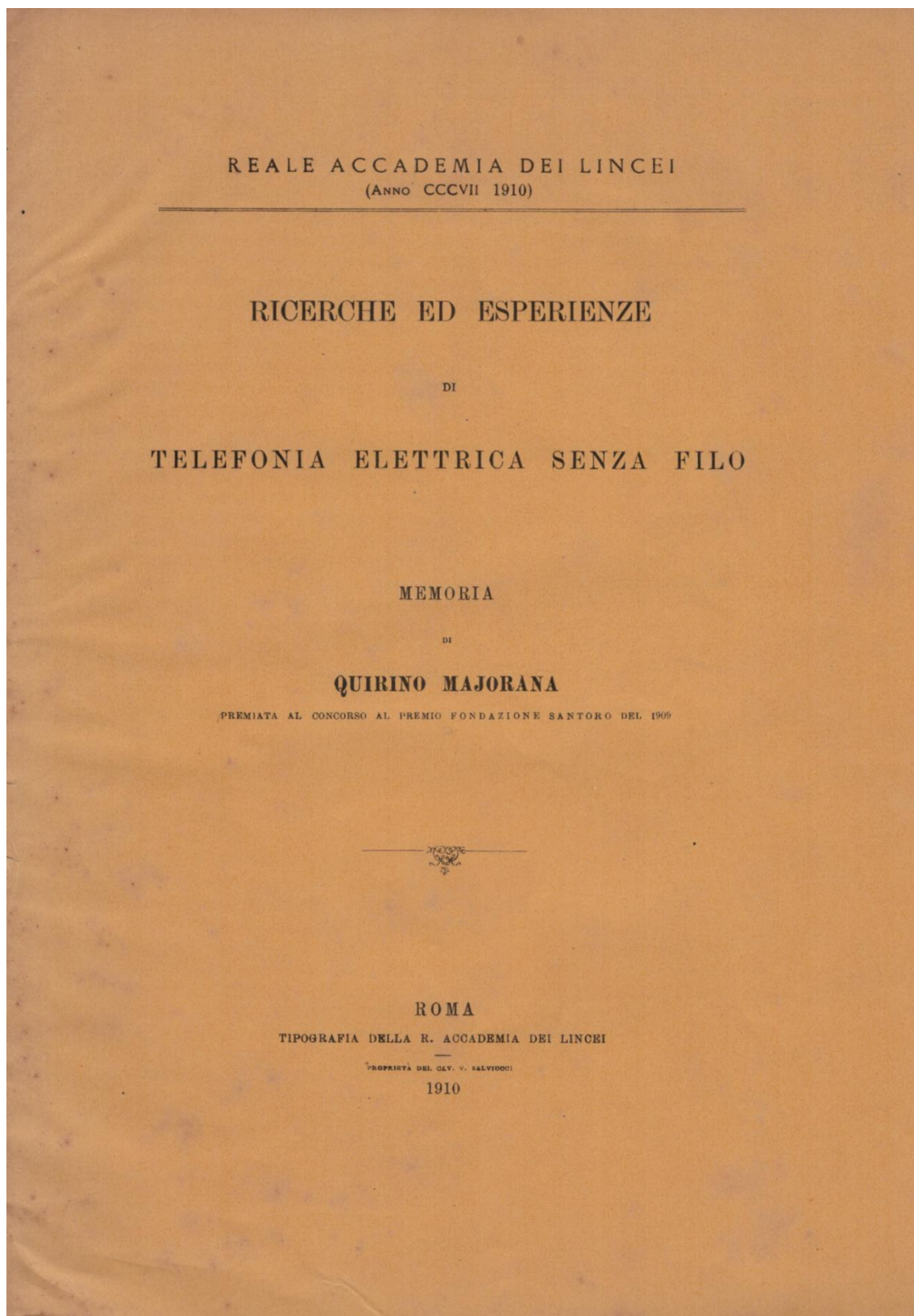


Membres et sympathisants A.I.R.E

Alberto Genova, I1 VXA, membre AIRE 0171
Alberto Erbea, membre AIRE 2090

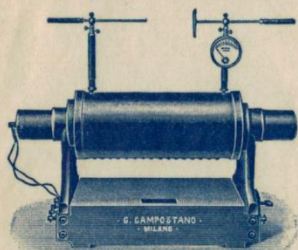


<https://piemonte.aireradio.org/rievocazione-storica-majorana.html>



**Le traité de Quirino Majorana
Telefonia Elettrica senza filo ROMA 1910**

Elettricità applicata alla Medicina



(Premiata Fabbrica Apparatî Elettrici)

G. CAMPOSTANO

MILANO

2 - Via Cesare Cantù - 2

Milano, 3 Settembre 1913

CODE USED: A. B. C. 3^a Edition.
Per telegrammi: Campostano - Milano
Telefono 98-54.

Ecco FATTURA della merce gentilmente ordinata, ascendente a L.....

Spedita oggi a mezzo.....

Sia cortese ricordare che non si accettano reclami otto giorni dopo ricevuta la merce. - Voglia aggradire i nostri più distinti saluti

PREM. STAB. G. MARCHELLI & C. - MILANO

PAGAMENTO AL NOSTRO DOMICILIO.

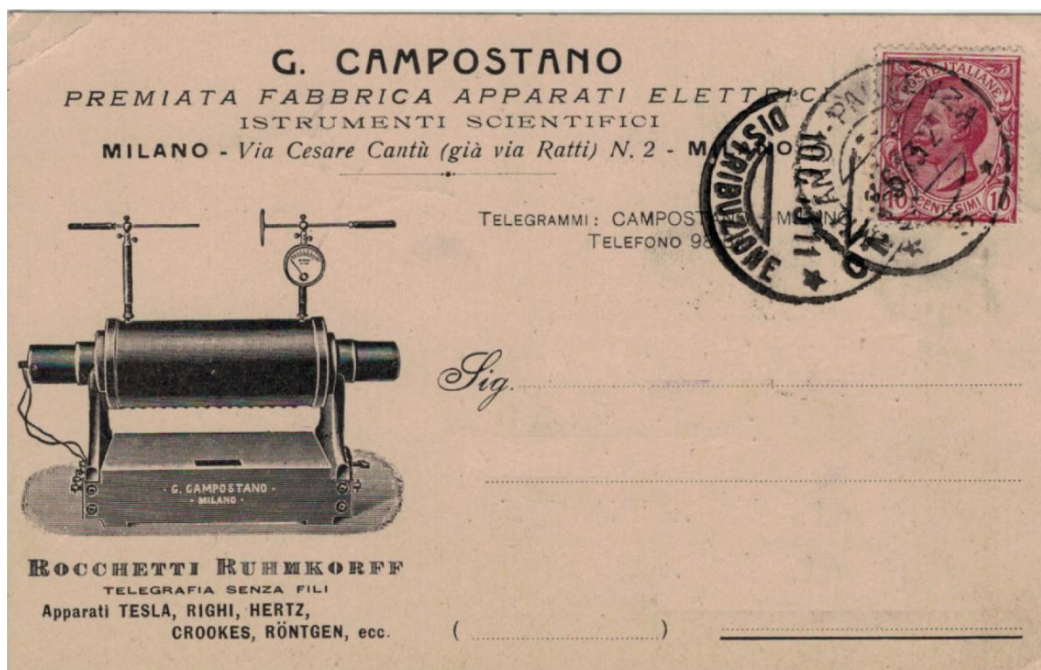
f.p.p. Ditta G. Campostano

La merce viaggia a rischio e pericolo del Committente. - Non si accettano imballaggi di ritorno.

N ^o	2	Condensatori per stazione ricevente, isolamento a fogli ebanite 2/10 ed a lamine ebanite (prezzo ridotto)	a	L. 180. =	L. 360. =
"	2	Commutatori di precisione	"	" 32. =	" 64. =
"	1	Rocchettino a 2 Trembleurs	"	" 7	" 29,50
"	1	Reostato a cremagliera, filo 4/10	"	"	" 28. =
"	2	Spirali autoinduzione	"	" 14,50	" 29. =
"	1	Detector per cristalli (senza cristalli)	"	"	" 35. =
"	1	Bottone sciolto di contatto	"	"	" 4,50
"	6	Pile a secco	"	" 2,90	" 17,40
"	1	Blocco di cristalli di carborundum per detector	"	"	" 14. =
"	1	Presa ebanite per telefono	"	"	" 5,25
NETTISSIMO				L.	586,65
N ^o 1 Cassa ed Imballaggio				"	8,50
TOTALE				L.	595,15

2 Serrafili per condensatori dati in più gratis

Papier à en-tête G. Campostano 1913



Carte postale G. Campostano



*Enveloppe de correspondance
G.Campostano*

