RICERCHE ED ESPERIENZE DI TELEFONIA ELETTRICA SENZA FILO.

Nota del Prof. Ing. QUIRINO MAJORANA ¹⁾.

Subito dopo l'invenzione della telegrafia elettrica senza filo era naturale che il desiderio di poter trasmettere anche la parola, mediante l'uso di rapide perturbazioni od oscillazioni elettriche, si facesse sentire.

Il problema si presentava abbastanza seducente anche perchè l'apparato ricevente di un possibile *telefono elettrico senza filo*, non doveva essere più studiato; il rivelatore o detector magnetico di Marconi, o i coherer ad autodecoesione, molto probabilmente si sarebbero prestati a riprodurre i suoni o le parole trasmessi mediante onde elettromagnetiche di variabile intensità.

Molte volte fu annunziato dalla stampa, la realizzazione di un simile dispositivo, ma a me non consta che serie esperienze siano state sinora eseguite, seguendo il concetto su esposto.

Chi comincia a studiare questo problema, crede forse alla necessità di produrre *onde elettromagnetiche persistenti*, di lunghezza paragonabile a quelle adoperate in telegrafia senza filo. È perciò che taluno ha proposto di servirsi delle rapide oscillazioni date da un arco cantante, cercando di aggiungere al circuito vibrante di esso altro circuito aperto destinato a disperdere energia nel libero spazio, e nel suolo. Ma la piccolezza dell'energia disponibile nel circuito Duddel (anche se questo è posto in vibrazione dalla lampada Hewitt), dipendente principalmente dalle piccole differenze di potenziale in giuoco, non credo abbia permesso risultati pratici. È dunque difficile sperare, allo stato attuale della scienza, la realizzazione di un telefono senza filo a mezzo di onde elettromagnetiche persistenti di grande lunghezza.

1) L'Electricista. Fascicolo 15 Luglio 1904.

Da più di un anno ho preso a studiare il problema, scartando sin dal principio tale via, e riassumo per ora i risultati principali delle mie esperienze, riservandomi, non appena mi sarà possibile, di fornire più ampie spiegazioni su di essi. Ecco intanto il principio su cui si basano le attuali ricerche. Tra le palline di un conveniente spinterometro, scocchi una serie di scintille ininterrottamente. Una delle palline è unita al suolo, l'altra con una antenna irradiante. Abbiamo così realizzata una stazione Marconi del tipo più primitivo.

Ad una certa distanza, un detector magnetico, fornito anch'esso di antenna e di comunicazione col suolo, permette di ascoltare il rapido succedersi delle scintille, con tutte le particolarità. Si acceleri la produzione delle scintille alla stazione trasmittente; al rivelatore finiremo per avere la percezione del suono corrispondente alla frequenza di quelle scintille. Che realmente il detector possa seguire anche lo svolgersi di suoni relativamente alti, possiamo convincercene subito, montando così la stazione trasmittente. Un corista elettromagnetico in azione, è connesso, sul tratto della piccola scintilla dovuta all'extracorrente di apertura della sua bobina, con un'antenna di qualche metro posta fuori della finestra e colla tubulatura del gas. Orbene un detector posto anche alla distanza di alcune stanze o piani dell'edificio in cui si sperimenta, permette di ascoltare la esatta riproduzione del suono del corista, qualunque ne sia l'altezza.

Mediante uno dei metodi che sono descritti in seguito, accresciamo il numero delle scintille nell'unità di tempo al di là del limite permesso con l'uso del corista elettromagnetico. Quando quel numero è di circa 10000 a 1", non si sente più al detector il fischio o sibilo corrispondente all'altezza considerata, ma solo un crepitio irregolare dovuto a qualche scintilla più o meno intensa delle altre. La spiegazione di tal fatto può essere la seguente: o la depressione elementare del ciclo di isteresi del ferro del detector, dovuta a ciascuna scintilla, provoca correnti indotte nel circuito telefonico troppo deboli, o il telefono, a causa della sua inerzia elettrica e meccanica, è incapace di seguire vibrazioni così rapide.

È noto ora che la parola articolata, è accompagnata talvolta da suoni o sibili il cui periodo può essere anche di $\frac{1}{15000}$ di l"; ma queste delicatissime sfumature della voce umana non arrivano al ricevitore di un ordinario apparato telefonico; tanto ciò è vero, che la lettera s non viene mai percepita. Ciò non toglie che la riproduzione telefonica della viva voce sia praticamente perfetta. Diremo dunque che tutti quei congegni destinati alla trasmissione o riproduzione indiretta della parola (telefono, fotofono, fonografo, ecc.) danno risultati pratici soddisfacenti, pur non essendo impressionati dalle sfumature acustiche inferiori a $\frac{1}{10000}$ di l" circa.

Ritornando al nostro oscillatore che fornisce 10000 scintille al l", supponiamo di aver trovato un mezzo per far variare l'intensità o la differenza di potenziale propria di ciascuna scintilla. Supponiamo, p. e., di poter raccorciare od allungare a volontà la distanza delle palline dello spinterometro, lasciando inalterato il numero delle scintille nell'unità di tempo. Questi raccorciamenti e allungamenti successivi sieno causati da una vibrazione sonora che investe un congegno collegato con una delle palline dello spinterometro; l'altra pallina rimanga rigorosamente ferma.

Esaminando con uno specchio, girante intorno ad un asse parallelo alle scintille, la rapida successione delle scariche, potremo allora vedere questo succedersi con i loro estremi appoggiati anzichè su due rette parallele, su una retta (pallina ferma), e una linea sinuosa (pallina mobile) raffigurante la vibrazione sonora. È chiaro che l'antenna, sotto l'azione di queste scariche di variabile intensità, irradia nello spazio energia, che, fra gli altri, ha anche il *periodo* del suono prodotto davanti lo spinterometro. Il detector riproduce allora questo suono, ed è da sperare che anche la parola articolata possa venire trasmessa.

Seguendo dunque quest'ordine di idee, si tratta di risolvere successivamente due distinti problemi: *generare* la rapida successione di scintille; *modularne* indi la intensità od altro carattere, in guisa che l'energia irradiata oscilli anche col periodo e coll'ampiezza dei variabili e complicati suoni da trasmettere.

Vari modi di produzione delle scintille.

a) Una macchina elettrostatica a 38 dischi capace di fornire in ogni istante una notevole quantità di elettricità è posta in comunicazione con lo spinterometro unito all'antenna e alla terra. L'antenna si protende nell'aria libera per circa 10 metri al disopra dell'edificio. Le palline dello spinterometro sono di circa 1 cm. di diametro, la loro distanza 2 mm. Si ha così una serie di scintille colla frequenza massima $\frac{1}{3000}$ di 1".

b) Un rocchetto di induzione, capace di dare 15 cm. di scintilla è fornito di speciale interruttore a mercurio. Questo liquido viene, per forza centrifuga, lanciato da un braccio girante su di una periferia orizzontale sulla quale sono disposti 40 bicchierini di vetro, traversati al fondo da conduttori rilegati insieme. Il mercurio riempie i bicchieri, e la corrente è chiusa quando il getto entra in un bicchiere, interrotta fra un bicchiere e il successivo. Si arriva così a circa 4000 interruzioni al 1". Se si dispone di corrente diretta a 150 volt, si possono avere scintille paragonabili per intensità a quelle ottenute in a); si ha il vantaggio della maggior frequenza.

c) Un interruttore di Wehnelt a diaframma forato, è stato costruito con diaframma di porcellana con un foro di 0,6 mm. Adoperando lo stesso rocchetto e la stessa corrente primaria che in b), si ha una frequenza di 3 a 4000 scintille al 1"; ma la loro lunghezza scende al disotto del millimetro per l'aggiunta della capacità dell'antenna e della terra.

d) Era mio intendimento sperimentare anche con un alternatore Tesla ad alta frequenza; ne ho commissionato uno all'Ing. Santarelli di Firenze; ma non ho avuto ancora il tempo di servirmene.

e) Il primario di un rocchetto di 40 cm. di scintilla, è traversato dalla corrente alternata di città a 40 periodi completi per 1" (diff. massima di potenziale 50 volt). — Il secondario è congiunto al solito spinterometro. Per intensità al primario inferiore agli 8 ampère, tenendo le palline dello spinterometro a 3 mm. di distanza, si ha una serie di scintille

che ripetono marcatamente il suono della corrente alternata; e per ciascun periodo si hanno parecchie scintille. Il numero di queste va crescendo con l'intensità al primario.

Se si va al di là degli 8-ampère, le scintille si fondono insieme o quasi, non essendo più possibile scinderle allo specchio girante.

Ciò è conseguenza della notevole quantità di calore svolta nella scarica; l'aria resta permanentemente conduttrice, anche per la presenza di vapori metallici e le masse elettriche si neutralizzano prima che abbiano raggiunto la differenza di potenziale necessario per il passaggio delle scintille a freddo. Ma se si soffia violentemente sul tratto di scintilla, si osserva nuovamente la scissione delle scariche allo specchio girante. Queste sono notevolmente aumentate di numero nell'unità di tempo e quando l'intensità al primario è di circa 24 ampère, per ogni semiperiodo della corrente alternata passano più di 100 scintille. E ovvio che tal numero dipende oltre che dalla intensità al primario, dalla capacità della antenna e dalla lunghezza del tratto di scintilla. Ma è interessante avvertire che le scintille si susseguono con una certa regolarità, e quasi con equidistanza; meno che al passaggio da un semiperiodo al successivo; qui si ha solo una interruzione nel fenomeno luminoso che, per le condizioni suaccennate, oscilla $\frac{1}{1500}$ a $\frac{1}{1000}$ di l'.

È conseguenza di questo speciale modo di succedersi delle scariche che, chi sta vicino allo spinterometro, sente appena il basso suono della corrente alternata, mentre è notevolissimo un sibilo, non molto bene definito in altezza che corrisponde alle numerose scariche che avvengono nell'unità di tempo (circa 10000 a l').

Per soffiare sulle scintille, si adopera indifferentemente, bombole di aria compressa o di anidride carbonica liquida, o vapore acqueo a 2 o 3 atmosfere.

Di questi cinque metodi, (*a, b, c, d, e*) quello che ha dato migliori risultati, dipendentemente dalla notevole quantità di energia impiegata è l'ultimo, benchè in principio desse poco affidamento, a causa della presenza del periodo della corrente alternata.

Modulazione delle scintille.

f) Servendoci del dispositivo *a*), si sostituisca ad uno dei bracci dello spinterometro, un delicato conduttore metallico, capace di vibrare con un'ampiezza notevole. Se esso è legato p. e. ad una delle branche di un corista elettromagnetico, le scintille restano così modulate secondo il suono del corista. È da avvertirsi che quando esse sono più corte sono anche più fitte, restando costante la produzione di elettricità nell'unità di tempo, da parte della macchina elettrica. Ma questa maggiore frequenza non compensa la diminuzione di lunghezza, dal riguardo dell'energia irradiata dall'antenna o raccolta dal detector, giacchè questo restituisce esattamente il suono del corista insieme a quello corrispondente alla frequenza media delle scintille della macchina.

Se il braccio vibrante dello spinterometro viene affidato ad una leva mossa da una membrana vibrante, si può anche trasmettere il robusto suono di una canna d'organo, non la parola, essendo questa incapace di far vibrare sufficientemente la membrana, ed essendo troppo piccolo il numero di 3000 scintille a l", fornite dalla macchina elettrica. Queste esperienze si possono ripetere servendosi solo di sorgenti elettriche di piccolissima potenza (*a*, *b*, *c*). È perciò impossibile far vibrare con una membrana il braccio dello spinterometro se su questo scoccano le scintille fornite dalla corrente alternata (*e*). Qui, essendo necessario soffiare energicamente, le delicate vibrazioni della leva portata dalla membrana verrebbero impedita.

g) Si può pensare a modulare le scintille servendosi di uno qualunque degli agenti che ne modificano il potenziale esplosivo. Così, per l'azione della luce ultravioletta, proveniente da un arco voltaico, la frequenza delle scintille ottenute con la macchina elettrostatica, aumenta notevolmente. Se la luce ultravioletta è periodica e il suo periodo corrisponde ad un suono, si sente al detector questo suono. L'azione è piuttosto debole, nè si ottengono buoni risultati, facendo variare l'intensità del fascio luminoso per le vibrazioni di una membrana.

h) Ponendo sotto la serie di scintille (a, b, c) una fiamma, il regime del passaggio delle scariche cambia. Se la fiamma pulsa, (fiamma manometrica) si potrebbe sperare nella ripetizione del periodo di essa da parte delle scintille. Una prima prova dà risultato negativo, ma complicando notevolmente la disposizione, con l'adoperare anzichè una, parecchie fiamme manometriche, poste in vibrazione da una sola capsula, si arriva alla riproduzione di qualche suono semplice, non della parola.

i) La connessione tra lo spinterometro e l'antenna è fatta attraverso una spira di filo di rame avvolgente un nucleo di fili di ferro dolce. Una seconda spira più fitta è avvolta su questo, e se in essa si invia una corrente diretta in guisa da magnetizzare il nucleo, il regime delle scintille (a, b, c) varia. Se la corrente magnetizzante è alternata, si ode al detector, debolmente, il suono fondamentale di essa. Esperienze istituite inserendo la seconda spira in un circuito microfonico ordinario non hanno dato risultati apprezzabili.

Tutte le esperienze che seguono sono state istituite servendosi delle scintille ottenute con la corrente alternata (*e*).

l) Si è detto della necessità di soffiare le scintille ottenute come in *e*), quando l'intensità al primario del rocchetto supera un certo limite.

Se si rende il soffio intermittente, l'antenna irradia energia con corrispondente discontinuità; tanto che se il getto gassoso è interrotto periodicamente in guisa da rendere un suono come in una sirena, questo suono è ripetuto marcatamente al detector. L'esperienza riesce bene anche quando la distribuzione dei fori del disco girante che interrompe il getto è fatta con apparente irregolarità, onde sovrapporre più periodi vibratorii. Un accordo musicale di quattro suoni è così trasmesso dall'antenna con assoluta fedeltà.

m) Pensando all'esperienza precedente si è subito indotti a studiare una disposizione, tendente a far variare l'intensità di un getto gassoso sotto l'azione di una membrana vibrante. Delicatissime disposizioni, che spiegherò in pubblicazioni successive, mi hanno permesso di risolvere questo problema. Il getto gassoso pulsa così ripetendo già per suo conto i suoni

prodotti dinanzi alla membrana; e *tale ripetizione è talvolta più intensa dei suoni originali*, specie se si adopera uno di quegli imbuto conici usati nei fonografi. Dirigendo il getto contro le scintille si può ottenere la trasmissione di suoni semplici od accordi. La trasmissione della parola riesce in una guisa deficiente giacchè al detector si intende solo qualcosa di incomprensibile ma che rassomiglia alla voce umana.

Il difetto del metodo sta in ciò: che le scintille subiscono l'azione intermittente del soffio gassoso, ma non ne seguono i passaggi intermedi di intensità.

Esse si sfioccano irregolarmente per un soffio un po' debole, e solo al di là di una certa violenza sono nettamente oscillatorie.

n) Ma il regime del passaggio delle scintille cambia anche se il getto gassoso pulsando, si mantiene sempre al di sopra del valore per cui le scariche si sfioccano, senza cioè mai annullarsi. La variabilità della azione sulle scintille è allora dovuta non più alla asportazione dell'atmosfera calda o ricca di vapori metallici del tratto di scintilla, ma al mutevole valore della pressione alla quale le scariche avvengono.

Se dunque manteniamo il getto assai violento, e lo facciamo pulsare senza mai annullarlo, è chiaro che le scintille debbano seguire tutte le sue modalità. Ma per un getto assai violento una membrana vibrante si mostra incapace di agire, specie se vibra sotto l'azione della parola.

Una corrente microfonica di notevole intensità è allora inviata in conveniente trasformatore; la corrente trasformata traversa un circuito leggerissimo ed elastico posto in un intenso campo magnetico; il circuito entra in vibrazione meccanica, ripetendo con grande aumento di ampiezza le vibrazioni della membrana del microfono. Contro una parte del circuito mobile è diretto il getto gassoso, che stavolta può essere molto intenso. Le scintille restano fortemente impressionate dal getto, ma pur troppo vi sono tante trasformazioni in questo complicato meccanismo, che chi ascolta al detector non afferra ancora il senso delle parole pronunziate dinanzi al microfono.

o) Si deve principalmente ricercare la ragione del parziale insuccesso della precedente esperienza, nel periodo proprio

delle vibrazioni meccaniche del circuito mobile nel campo magnetico.

Sostituiamo al circuito solido elastico un getto conduttore di mercurio; esso entra in vibrazione e gli spostamenti sono talvolta assai notevoli. Facciamo scoccare le scintille tra un conduttore fisso e il getto di mercurio, e contemporaneamente soffiamole permanentemente. In conseguenza delle vibrazioni del getto di mercurio, la lunghezza delle scintille è variabile, e se tutto è ben disposto, al detector arriva distintamente qualche parola pronunciata dinanzi al microfono.

Lavorando in questo ordine di idee sono riuscito a perfezionare la indicata disposizione, come risulterà da ulteriori pubblicazioni, tanto che *al detector ho potuto ottenere una esatta e completamente comprensibile riproduzione della parola a mezzo delle pulsazioni elettriche dell'antenna.*

La distanza tra la stazione trasmittente e la ricevente era la massima disponibile nell'edificio in cui si è sperimentato; attraverso tutti i muri dell'Istituto fisico di Roma, la parola era nettamente percepibile.

Notisi che, mentre l'antenna irradiante era posta fuori dell'edificio, potevasi ascoltare nettamente al telefono del detector, stando completamente chiusi nel corpo dell'edificio, come p. e. nelle cantine; l'antenna ricevente era un pezzo di filo di circa 1 metro. Tali condizioni mi permettono di affermare, per la pratica da me già acquistata in fatto di recezioni radiotelegrafiche che qualora si fosse sperimentato all'aria aperta, fornendo il detector di antenna libera simile a quella della stazione trasmittente, *la portata della detta trasmissione telefonica senza filo sarebbe stata indubbiamente di qualche chilometro.*

p) Comunque verrà perfezionata la disposizione precedente, essa non sarà mai scevra da inconvenienti. Principalissimo l'uso di una vena liquida di mercurio, che sotto l'azione della scintilla e di un getto gassoso, restituisce il metallo in uno stato inadatto a successive esperienze. Per cui è mio intendimento risolvere il problema della modulazione delle scintille seguendo altro concetto.

Se allo spinterometro trasmittente, costituito da due rigidi bracci metallici, si sopprime la comunicazione col suolo, o quella con l'antenna, la trasmissione di energia elettromagnetica, a distanza resta quasi completamente impedita. E se si riuscisse ad immaginare un artificio capace di far variare la resistenza ohmica di una di quelle due comunicazioni in corrispondenza delle vibrazioni di una membrana, avremmo a nostra disposizione un nuovo mezzo di trasmissione telefonica senza filo. In altri termini occorrerebbe trovare un *microfono* adatto alle modulazioni non di una corrente a basso potenziale, come si fa già ordinariamente nella pratica, ma di scariche a potenziale elevato, per le quali l'incertezza di contatto dei granelli di carbone di uno dei soliti microfoni sarebbe di veruno ostacolo.

È su questa via che sto ora lavorando, e mi preme sin da ora d'accennare che ho ottenuto dei *nuovi tipi di microfono fondati sull'uso di conduttori elettrolitici, che soddisfano ai bisogni della ordinaria telefonia a filo, forse meglio dei microfoni a polvere*. Essi, pel principio su cui si basano, si scostano completamente da quelli già conosciuti, e lasciano sperare di poterci fornire correnti telefoniche ad alta intensità, promettendo così di riuscire utilissimi oltrechè nel nuovo ramo della telefonia senza filo, nell'altro più vecchio e importante della telefonia ordinaria.

Terminerò ricordando che non mi sono per ora curato di studiare la *portata* massima delle descritte esperienze. Come ho detto, credo che essa è attualmente di qualche chilometro, ma è da avvertire che si può notevolmente aumentare l'energia irradiata con l'uso di un trasformatore più razionale di quello che non sia un rocchetto di Ruhmkorff.

Del resto, pur rimanendo sempre dentro distanze più modeste di quelle raggiunte in radiotelegrafia, è ovvio che la radiotelegrafia avrà tutti i difetti e tutti i vantaggi della prima. Se il problema della sintonia sarà dunque ben risoluto per la ordinaria telegrafia senza filo avverrà lo stesso per la telefonia. Ed infatti, anche qui si tratta di definire nettamente il periodo proprio di vibrazione elettrica, periodo contenuto più volte dentro il passaggio di una sola scintillina elementare. Ciò può

ottenersi cominciando a sostituire il circuito di scarica finora adoperato, con un sistema capace di oscillare con piccolo smorzamento elettrico. Di un secondo circuito aperto, risuonante col primo, farebbe parte l'antenna e la terra. Nella trasmissione dunque completa occorrerà distinguere :

1° il periodo elettrico delle scintille, dipendente dalla capacità, autoinduzioni, ecc. in giuoco;

2° la frequenza delle scintille, dipendente dalla potenza impiegata al primario del trasformatore, dalla lunghezza delle scintille, dalla violenza del soffio gassoso; dalla capacità elettrica del circuito, e poco dalle altre costanti elettriche;

3° il periodo della corrente alternata; periodo ingombrante, ma che può non nuocere molto alla bontà delle recezioni, specie se si studierà in seguito il modo di rendere il diagramma della corrente alternata impiegata, più brusco nei punti di variazione nulla;

4° il periodo variabile dei suoni o della parola da trasmettere, che è quello che più ci interessa.

Come si vede si tratta di un meccanismo molto complicato, ma i risultati già ottenuti fanno sperare che presto esso possa rendere utili servizi nella pratica.

SULLO SPETTRO D'ASSORBIMENTO ULTRAROSSO DI ALCUNI LIQUIDI ORGANICI,

di M. IKLÉ.

Secondo le ricerche del Sig. Friedel ¹⁾ l'assorbimento dei raggi calorifici oscuri per parte di molti liquidi organici si modifica in un determinato senso, quando a certi gruppi atomici, che fanno parte delle molecole di quei liquidi, si sostituiscono certi altri. L'autore del presente lavoro si era proposto di indagare se quelle modificazioni sono limitate ai raggi di determinate lunghezze d'onda, oppure se esse si manifestano in tutta l'estensione dello spettro.

1) Wied. Ann. 1895. B. 55.