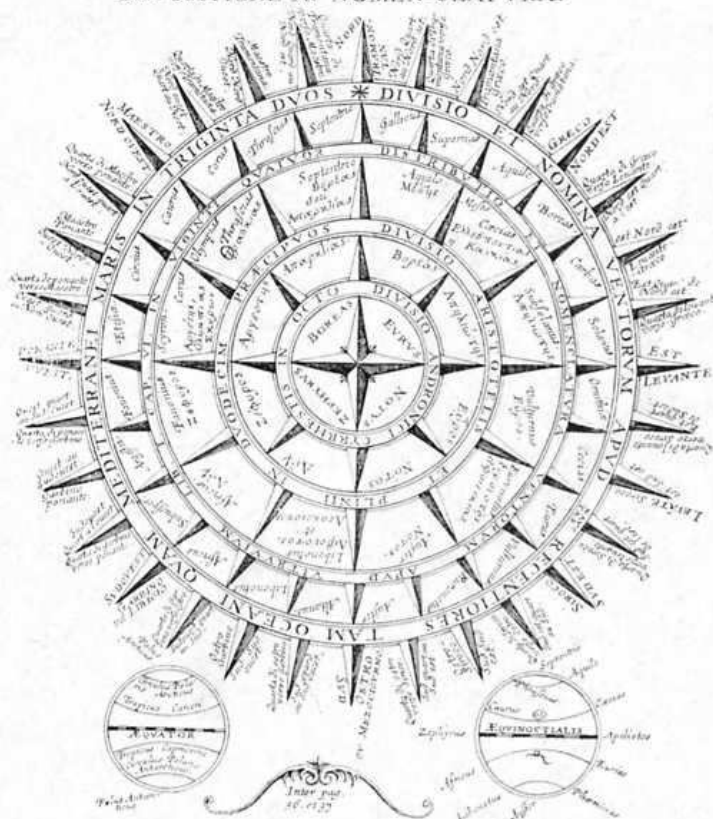


# RIVISTA MARITTIMA

(Estratto dal fascicolo di Dicembre 1974)

VENTORVM ACCVRATA TABVLA  
SECVNDVM VETEREM ET NOVĀ  
DISPOSITIONE AC NOMEN-CLATVRĀ.



Una rosa di 32 venti del sec. XVII, con il suo albero genealogico, partendo da quella centrale, di quattro soli venti, detta di Andronico Cirreste, e le successive concentriche



# COMMENTO TECNICO ALLE PRINCIPALI ESPERIENZE DI GUGLIELMO MARCONI

Prof. Ugo Tiberio

*Il Prof. Ugo Tiberio si è dedicato fin dal 1933 agli studi sulla radiolocalizzazione. Dal 1935 ha svolto la sua opera di ricercatore presso l'Istituto Elettrotecnico e Radiotelegrafico della Marina a Livorno realizzando prima il suo radiotachimetro ad onda continua ed effetto doppler (1935) e sviluppando poi lo studio del radiotelemetro (RDT) che realizzò in forma sperimentale nell'ottobre 1939 ed in forma definitiva nel 1940*

*Tale apparato, che fu il primo radar navale italiano, fu successivamente prodotto in serie col nome di GUFO.*

*Il Prof. Tiberio ha insegnato in Accademia Navale dal 1936 al 1973; dal 1954 al 31 ottobre 1973 è stato Professore Ordinario di Radiotecnica presso l'Università di Pisa.*

*L'articolo che pubblichiamo è l'ultima lezione tenuta dall'Autore all'Università di Pisa a chiusura della sua carriera accademica.*

## **Premessa - La situazione pre-marconiana**

Alla vita ed all'opera di Guglielmo Marconi è dedicata una vasta letteratura, che è stata riassunta in modo eccellente nel fascicolo speciale della Rivista Marittima del marzo dell'anno in corso. In questa lezione, su invito di alcuni degli studenti di ingegneria elettronica dell'Università di Pisa e di Firenze, ci proponiamo di commentare in senso tecnico le principali tappe

della carriera inventiva dello scopritore della radio. Allo scopo di fare in modo che la lettura risulti agevole anche al di fuori dell'ambiente specializzato, abbiamo relegato i calcoli in appendice, avvertendo che vari dati, essendo presunti sulla base di notizie approssimative, possono essere non esattamente conformi a quelli originali. Questo fatto peraltro, come anche l'avere disegnato gli schemi in forma ridotta secondo criteri didattici, non compromette la validità delle

deduzioni che si traggono circa l'interesse e l'importanza tecnica delle varie esperienze.

Al fine di chiarire le premesse delle storiche esperienze di Pontecchio del 1895, riteniamo opportuno ricordare la struttura del trasmettitore e del ricevitore usati da H. Hertz nel 1888. Come si vede dalla fig. 1, il primo era costituito da un circuito risuonante aperto, la capacità del quale aveva come armature le due sfere S, S e come induttanza quella associata al filo di lunghezza  $l$ , al centro del quale si trovava lo spinterometro a punte  $\sigma$ . L'alimentazione era affidata ad un rocchetto di Rhumkorff R, il cui secondario ad alta tensione era collegato alle punte di  $\sigma$  attraverso due induttanze di arresto (choker), che impedivano alle oscillazioni ad alta frequenza di riversarsi sul rocchetto.

Il primario di questo era attivato da una batteria di accumulatori B attraverso un interruttore K ad apertura automatica operante col ritmo di circa 100 al secondo. Gli impulsi di alta tensione svilup-

pantisi al secondario di R caricavano la capacità fra le sfere a circa 5 mila volt e poi determinavano un archetto in  $\sigma$ . Attraverso questo, che presentava una resistenza molto piccola, aveva luogo la scarica oscillante alla frequenza determinata dalla capacità fra le sfere e dall'induttanza del filo. Poiché la emissione di energia per irraggiamento era notevole, si aveva, per ogni scarica, un treno di oscillazioni molto breve, comprendente una decina di onde utili.

Tenuto conto dei valori che probabilmente intervenivano nelle esperienze di Hertz, la potenza mediamente irradiata, come risulta dai calcoli riportati in appendice, era sui 3 milliwatt, mentre quella massima si aggirava sugli 8 watt. La lunghezza d'onda era intorno ai 3 metri (frequenza circa 100 MHz).

La ricezione era effettuata a mezzo di una spira sintonizzata, portata da un manico isolante e provvista di uno spinterometro s del quale era possibile regolare la distanza fra le punte mediante una vite. L'intensità dell'onda ricevuta

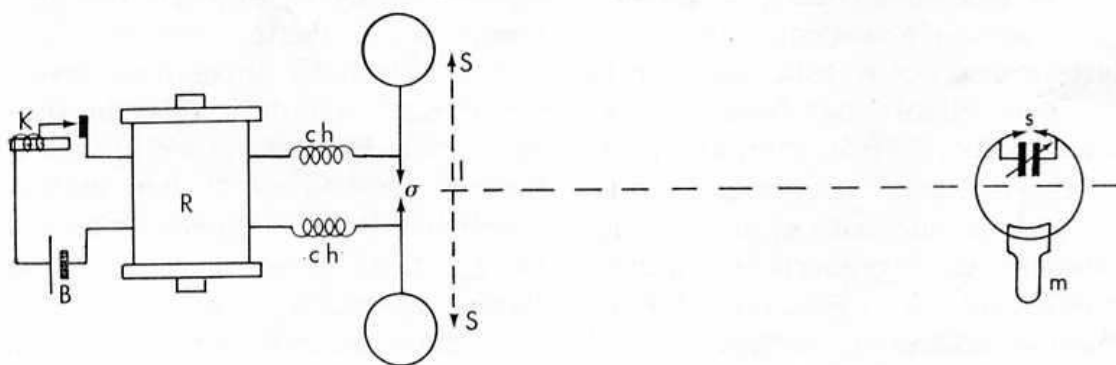


Fig. 1 - Trasmettitore e ricevitore di Hertz

era appunto valutata in base alla distanza massima alla quale scoccava la scintilla.

Calcolando, mediante le formule di Hertz, il valore della tensione prodotta dall'onda irradiata sullo spinterometro  $s$  della spira in funzione della distanza, si trova che scintille apprezzabili si possono avere, in assenza di onde riflesse, fino a  $10 \div 15$  m. Poiché Hertz arrivò appunto a percepire i segnali fino a tale distanza, in assenza di riflessioni, ed a constatare onde stazionarie in presenza di un riflettore piano, risultò dimostrata la validità della teoria sulla irradiazione delle onde elettromagnetiche da parte di circuiti aperti oscillanti a frequenze elevate, ma non si diede luogo a concrete prospettive per collegamenti a grande distanza.

Si spiega così il fatto che per ben sette anni, e cioè fino alle esperienze di Marconi a Pontecchio, i molti valorosi ricercatori che si interessarono alle memorie pubblicate da Hertz sugli « *Annalen der Physik* » del 1888 ebbero di mira unicamente la dimostrazione delle analogie delle onde hertziane con quelle luminose.

In particolare A. Righi, nel ripetere le prove di Hertz a Bologna, ridusse le dimensioni del dipolo fino ad ottenere onde di 40 cm (750 MHz), appunto perché con queste è più agevole effettuare esperienze dimostrative di onde stazionarie, diffrazione ecc. che pongono in evidenza le analogie con la luce.

In luogo dello scaricatore a punte  $s$ , alcuni di questi ricercatori, e fra essi il Branly in una relazione tenuta alla Royal Society a Londra nel 1894, impiegarono con vantaggio un indicatore di scarica elettrica oscillante denominato « coherer » (coesore), ideato dal Prof. T. Calzecchi-Onesti nel 1884. Di questo daremo una descrizione in questo prossimo paragrafo trattando delle prime ricerche di Marconi.

#### Prime esperienze di Marconi a Livorno

Nel periodo vissuto a Livorno tra il 1892 ed il 1893, studiando in forma privata sotto la guida dei Proff. Rosa e Bizzarrini, il giovane Marconi acquistò singolare chiarezza di idee circa la struttura e la dinamica dei campi elettromagnetici e pervenne ad effettuare esperienze sulla percezione a distanza delle scariche temporalesche, impiegando il « coherer » secondo lo schema riportato in fig. 2-a).

Abbiamo indicato con A il filo issato sul tetto a guisa di parafulmine, con C il « coherer » inserito fra il terminale inferiore di A ed una presa di terra che era costituita da un tubo dell'acquedotto. Con B è indicata una batteria di pile che faceva funzionare il campanello K allorché il « coherer » diveniva conduttore.

La bobina di arresto  $ch$  impediva alle correnti oscillatorie di antenna

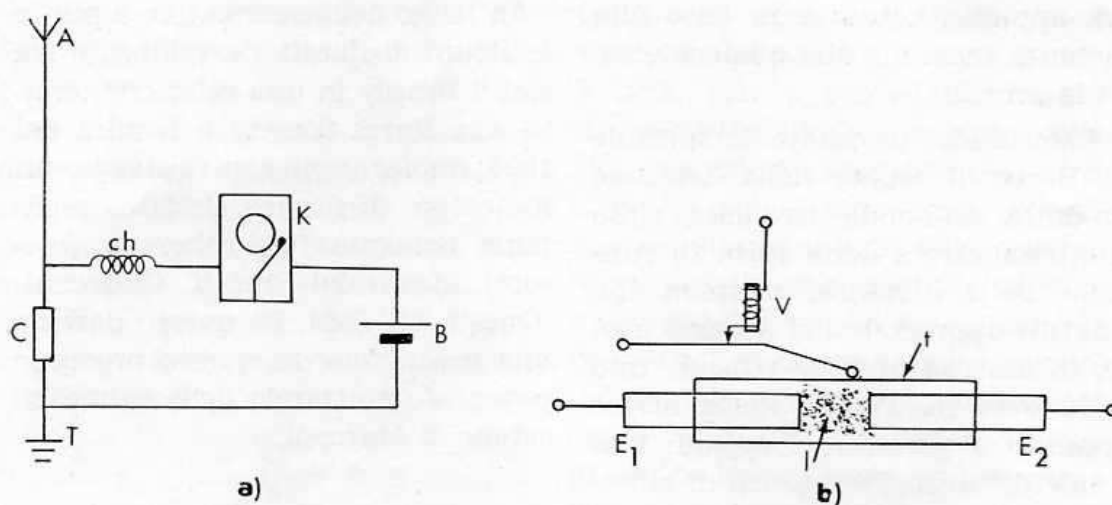


Fig. 2 - a) Schema per la percezione delle scariche atmosferiche  
b) Struttura del coherer

di riversarsi sul circuito del campanello.

Nella fig. 2-b, mostrante la struttura del «coherer», sono indicati: con *t* un tubetto di vetro, con *E<sub>1</sub>* ed *E<sub>2</sub>* due elettrodi di ferro inseriti agli estremi di *t*, e con *l* una certa quantità di limatura di ferro che stabiliva un collegamento elettrico irregolare fra *E<sub>1</sub>* ed *E<sub>2</sub>*.

Quando la limatura era investita da una scarica oscillante, i granuli di essa si orientavano costituendo dei filamenti che aumentavano la conducibilità e quindi accrescevano la corrente nel circuito della pila facendo suonare il campanello. Dopo ogni attivazione, era necessario interrompere i filamenti di limatura scuotendo il tubetto. Serviva a tal fine un vibratore *V* che forse nelle prove di Marconi era lo stesso campanello. La sensibilità ai fulmini

si estendeva a qualche chilometro di distanza.

Dobbiamo ricordare che esperienze analoghe vennero eseguite a Kronstadt dal fisico russo A. S. Popov, il quale ne diede notizia in una pubblicazione scientifica del 1894, che peraltro venne solo molti anni dopo a conoscenza del giovane Marconi, il quale non pensò alla pubblicazione avendo subito concepito un disegno ben più ambizioso.

A questo episodio si collegano celebri polemiche sostenute da storici russi che rivendicavano al Popov una priorità nella invenzione dell'antenna in confronto a Marconi. Queste polemiche furono peraltro chiuse dallo stesso Popov manifestando, alcuni anni dopo, la sua incondizionata ammirazione per la grandiosa opera dell'inventore italiano.



### Esperienze del 1895 a Pontecchio

Sulla base dei risultati ottenuti a Livorno circa la percezione delle scariche atmosferiche, e di quanto successivamente appreso a Bologna presso il Prof. Righi, Marconi, dopo una faticosa elaborazione compiuta nel suo laboratorio privato a Villa Grifone a Pontecchio, eseguì esperienze di collegamento a distanza secondo lo schema riportato nella fig. 3.

Il trasmettitore era analogo a quello di Hertz. Lo spinterometro era però connesso fra un filo verticale alto circa 70 m, e la terra. Con ciò la capacità inizialmente caricata era quella tra filo e terra, e l'onda di risonanza era poco più di quattro volte la lunghezza del filo, e cioè 300 m. Manovrando il tasto T era possibile modulare per interruzione la successione di treni d'onda emessi secondo il codice Morse.

Il ricevitore era praticamente eguale a quello di Livorno descritto in fig. 1, perfezionato con l'aggiunta di un registratore.

E' opportuno rilevare che nell'impiego del «coherer» insorge ora qualche difficoltà che non esisteva nelle prove di Livorno. Infatti l'impulso d'onde prodotto da un fulmine, per il suo carattere aperiodico, comprende una gamma estesissima di frequenze, e quindi provoca inizialmente, a «coherer» aperto, una eccitazione in mezza onda del sensore, dando luogo ad un ventre di tensione al piede, che è richiesto per avviare la conduzione.

Una volta che questa è iniziata, la resistenza del «coherer» si abbassa fortemente, e quindi il sensore viene a rispondere quasi in quarto d'onda.

Questa disponibilità di eccitazioni estesa su non molto meno di una ottava, esiste ancora nell'onda inviata dal trasmettitore di fig. 3, ma fra gli estremi dello spettro di emissione, come risulta dai calcoli riportati in appendice. Perciò è probabile che l'altezza dell'antenna ricevente sia stata regolata per tentativi onde ottimizzare la ricezione, e sia risulta-

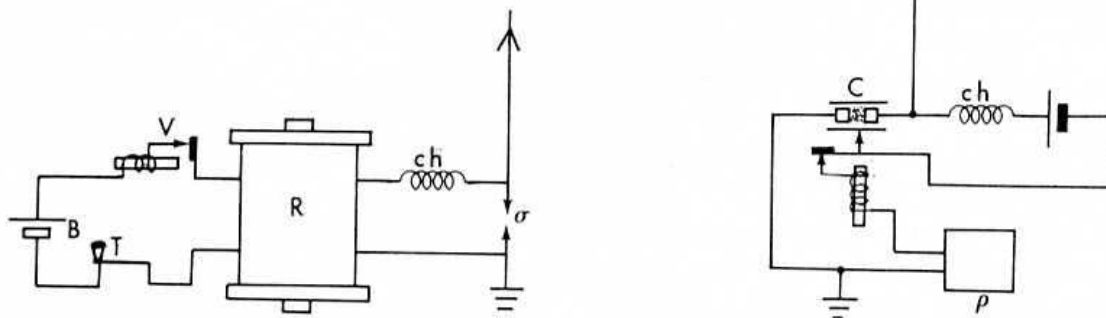


Fig. 3 - Trasmettitore e ricevitore usati a Pontecchio nel 1895

ta maggiore di quella del trasmettitore.

Da questa considerazione emerge che non è corretto assegnare al sensore di fig. 2 il carattere di « marconiana in quarto d'onda », che va invece riconosciuto a quello di fig. 3. Con ciò sembra esclusa la possibilità di vedere nel sensore descritto dal Popov, benchè forse eguale a quello di fig. 2, i requisiti che caratterizzano l'antenna radioricevente vera e propria.

Conosciamo bene oggi la ragione principale dell'aumento di portata conseguito da Marconi nei confronti di Hertz (2000 m contro 15), che risiede nell'accrescimento della lunghezza d'onda, come risulta dalla relazione oggi ben nota:

$$A = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

Il guadagno  $G$  era, nel ricevitore di Hertz, di 1,5 unità, e quindi  $A$  risultava sui 4 mq, non dovendosi qui portare in conto il fattore 4 al denominatore per l'assenza di un adattamento vero e proprio dell'organo indicatore. In quello di Marconi  $G$  era 3, e  $\lambda$  di 300 m: abbiamo così  $A = 2100$  mq circa. A questo aumento della attitudine dell'antenna ad assorbire potenza dall'onda si deve il successo, oltre, ben si intende, alla introduzione del « coherer », che peraltro figura già nelle esperienze di Righi.

Sorge a questo punto un quesito di critica storica: all'accrescimento di  $\lambda$  pervenne Marconi esclusivamente a seguito di successive fortu-

nate prove, oppure sulla base di un ragionamento che in forma intuitiva preliminare contiene già quello che nel seguito condusse, in forma rigorosa, alla riportata formula della superficie equivalente.

I biografi riferiscono che Marconi affermò l'esistenza di una approssimativa dipendenza lineare fra la efficienza dell'antenna ed il quadrato dell'altezza di essa. Ciò fa senz'altro pensare alla seconda delle ipotesi enunciate.

Anche per merito dei Proff. Rosa e Bizzarrini che a Livorno insegnarono Fisica a Marconi, questi aveva infatti ben chiari i concetti che intervengono nel calcolo della potenza assorbita, e quindi nella definizione della superficie equivalente  $A$ . Interpretando i risultati di Livorno, aveva probabilmente visto che la tensione indotta risultava proporzionale all'altezza del sensore, la resistenza di reirradiazione del quale, secondo la teoria di Hertz, rimaneva pressoché costante. Da ciò il risultato che la potenza assorbita era proporzionale all'altezza di antenna.

Questo fatto, nel caso della ricezione di un'onda quasi pura, veniva subordinato alla condizione che l'antenna venisse eccitata in fondamentale. Da ciò l'aumento dell'altezza anche nel trasmettitore.

A Marconi va riconosciuto quindi il merito di avere introdotto per primo sia il concetto di superficie equivalente che il criterio della dipendenza di questa dal quadrato di  $\lambda$ .



### L'introduzione dei circuiti risuonanti

Il rapido diffondersi della radio quasi-aperiodica definita dagli schemi di fig. 3 condusse rapidamente ad una crisi per le interferenze fra stazioni non molto lontane. Come risulta dal calcolo riportato in appendice, il coefficiente di risonanza delle marconiane in  $\lambda/4$  caricate dai circuiti connessi era molto basso, e cioè sulle  $8 \div 10$  unità ed anche meno. La banda impegnata era quindi sui 150 KHz se, come a Pontecchio, l'onda era di 300 m. D'altra parte, con la tecnica di allora, non era possibile guadagnare nuovi canali andando verso le frequenze più elevate. Fu essenziale quindi l'introduzione dei filtri a circuiti risuonanti, effettuata da Marconi nel 1900, prima nel trasmettitore, e successivamente nel ricevitore.

La fig. 4 riporta lo schema di un generatore così modificato. Lo spinterometro è ora del tipo a frequenza musicale. La scarica ha luogo attraverso due archi in serie innescanti ogni volta che una delle aste del rotore si allinea con la coppia di punte fisse.

La carica del condensatore C del circuito accordato è effettuata dalla sorgente a c.c. ad alta tensione AT attraverso l'induttanza  $L_e$  nel tempo fra una scarica e la successiva. L'antenna è accoppiata all'induttanza L del circuito a mezzo di un adattamento di impedenza a mutua induzione. Il tasto T consente la manipolazione Morse.

Con questa tecnica venne realizzata nel 1901 la celebre stazione di Poldhu, con la quale venne superato l'Atlantico il 12 dicembre di quell'anno; oltre a ridurre drasticamente la banda impegnata, che è determinata ora dal coefficiente di risonanza del circuito LC, Marconi realizza un grande aumento della potenza trasmessa, che sale adesso a circa 1 KW, come risulta dai calcoli riportati in appendice.

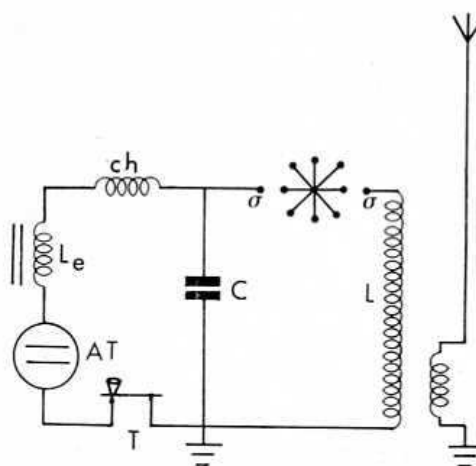


Fig. 4 - Trasmettitore a circuito accordato e spinterometro ruotante

Il ricevitore usato a Terranova in queste famose esperienze era perfezionato con l'impiego del « Coherer Regia Marina », in cui la polvere metallica è sostituita da una goccia di mercurio ricoperta di polvere di carbone ed interposta fra due elettrodi pure di carbone. L'azione elettrodinamica associata alla tensione oscillante produce un piccolo allungamento della goccia e quindi l'aumento della conduttanza fra gli elettrodi. Non occorre più il vibra-

tore, perché la goccia, a treno d'onda terminato, riprende automaticamente la configurazione sferica e ripristina l'elevata resistenza iniziale. Anche la variazione di impedenza sotto l'azione del segnale si riduce e consente una più stabile regolazione.

### L'evoluzione del rivelatore - L'era delle onde lunghe

Il « coherer » nelle varie successive edizioni fino al « R. Marina » poteva essere considerato come una sorta di microfono a limatura od a carbone, in cui la variazione di conduttanza era provocata dalle oscillazioni a radiofrequenza. La sensibilità era gravemente limitata dal fatto che deformazioni meccaniche vere e proprie intervengono nel fenomeno.

Si comprende perciò quale passo avanti abbia costituito a quel tempo il « detector magnetico », nel quale Marconi elimina ogni espediente di natura meccanica ed introduce per primo il principio della rivelazione su caratteristica curva così come viene oggi utilizzato. Come si vede in fig. 5, l'elemento attivo è un fascetto *F* di fili di ferro piegato ad U, polarizzato, con l'aiuto di un magnete permanente *M*, sul gomitolo della caratteristica induzione-campo.

Sul fascetto di fili di ferro sono avvolti: un primario di poche spire disposto in serie fra antenna e terra,

ed un secondario con alto numero di spire facente capo ad una cuffia telefonica *C*. L'asimmetria, con la quale il flusso di induzione risponde al campo magnetico alternativo dovuto all'onda, produce la f.e.m. a frequenza acustica utile. Notiamo che qui non si presentano variazioni apprezzabili di impedenza per effetto del segnale.

A questo tipo di ricevitore, utilizzato da Marconi con successo in molte applicazioni, fece seguito

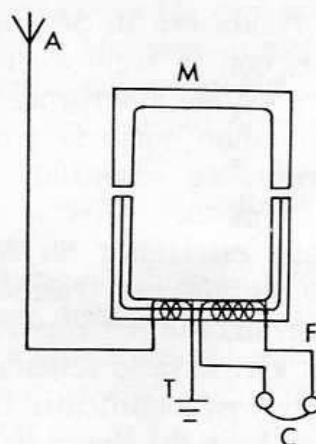


Fig. 5 - Schema del detector magnetico

quello a circuito risuonante e a diodo, del quale riportiamo lo schema in fig. 6, che utilizza il criterio della rivelazione su caratteristica curvilinea in modo più valido. Il diodo indicato con *D* era preferibilmente del tipo a vuoto, introdotto da A. Fleming della Compagnia Marconi, ma spesso era del tipo a punta metallica-cristallo. Quest'ultimo merita di essere ricordato con particolare evidenza, per il fatto che da essa nasceranno poi, nel 1942, il

transistore e l'elettronica dello stato solido.

Il ricevitore di fig. 6 segnò un progresso importante, sia per l'adattamento migliorato fra antenna e gruppo rivelatore, che per il potere filtrante e per l'efficienza anche a frequenze elevate. Siamo però ben

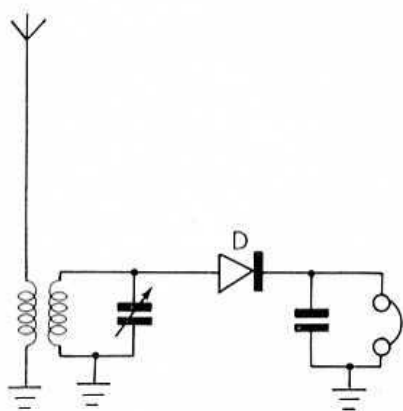


Fig. 6 - Ricevitore a circuito risonante e diodo

lontani da quello che oggi consideriamo il limite naturale alla sensibilità in ricezione, che è dato dal rumore di fondo.

Ciò accade per il fatto che il rivelatore esige un minimo di potenza che deve tuttora essere fornita direttamente dall'antenna alla quale pertanto richiediamo una grande superficie equivalente  $A$ .

E' questa circostanza che spiega come la tecnica, prima dell'avvento degli amplificatori elettronici ad alta frequenza e delle antenne ad alto guadagno, e cioè fino al 1916-1920, abbia insistito sulle onde lunghe e lunghissime.

Va riconosciuto a Marconi il merito di avere subito avuto una idea

ben chiara della svolta che l'avvento del triodo (De Forest - 1907) e dei tubi a vuoto da esso derivati andava imponendo, e di essere partito primissimo nella nuova direzione, e cioè in quella delle onde corte e poi delle microonde.

### Le antenne a fascio, le onde ultracorte, il radar

Nel quadro dei progressi che seguirono allo svilupparsi della tecnica della amplificazione a radiofrequenza, Marconi occupa una posizione di rilievo per il compito di pioniere assolto nel campo delle antenne direttive ed in quello della propagazione a grande distanza. Si può vedere, anche in questa fase conclusiva della sua attività, una continuazione di quello che è stato un filo conduttore per tanti anni, e cioè il fine di aumentare la  $A$ , sulla quale agisce ora accrescendo il guadagno  $G$  per compensare la diminuzione del fattore  $\lambda^2$ .

Dell'impegno, col quale essenzialmente sulle antenne Marconi lavorava negli anni dal 1920 in poi, fa fede un curioso equivoco nel quale, secondo i biografi, cadde in un colloquio con un giornalista inglese. Essendogli infatti richiesto di dire qualcosa sul fascismo rispose distrattamente: « Sono convinto del fatto che l'avvenire della radio è nelle antenne a fascio ».

Il fervore, col quale parlava dei « fasci d'onda sempre più stretti »,

provocò addirittura, intorno al 1930-1933, una diceria secondo la quale Egli avrebbe inventato il « raggio della morte ». In occasione della inaugurazione del ponte a microonde fra Roma e Castel Gandolfo, nel 1933, ritenne quindi opportuno chiarire, alle autorità militari italiane, che la tecnica delle onde a fascio, se non era in grado di condurre alla realizzazione del « raggio della morte » vero e proprio, era però arrivata ad un punto tale da consentire la costruzione del radar, già da Lui prevista molti anni prima, e cioè nel 1922, in una celebre conferenza a New York.

La storica « profezia del radar » è riportata anche nei trattati più moderni di tecnica radar (cfr. ad es. lo Skolnik: « Introduction to radar systems »).

Essa è oggetto di critiche per il fatto che il radar era visto essenzialmente come dispositivo bistatico ad onda continua, mentre oggi la tecnica utilizza in prevalenza lo schema ad impulsi. Ma è doveroso tener presente la condizione tecnologica del tempo, che probabilmente indusse Marconi a ritenere che fosse opportuno dare la precedenza alle onde continue: ciò anche in occasione delle esperienze del 1933 a Roma.

Il fatto che, anche dopo l'avvento dell'elettronica vera e propria, e del moltiplicarsi delle ricerche in tutto

il mondo, Egli abbia conservato una posizione di avanguardia per molti anni, ha contribuito al formarsi di quello che potremmo chiamare il mito di Marconi, che è venuto consolidandosi poi anche dopo la Sua scomparsa a seguito dei grandissimi sviluppi della radio e dell'elettronica.

Qualcuno ha paragonato questo mito a quello di Colombo, che pure venne ampliandosi man mano che si videro la grandezza e l'importanza del nuovo continente. Ed in effetti ancora oggi il mondo ripensa con riconoscenza a Marconi ogni qual volta viene annunciato un ulteriore passo avanti in questa tecnica che ha modificato in modo così profondo la nostra vita, per cui può ben dirsi che Egli ha dato il Suo nome ad una delle più grandi rivoluzioni scientifiche ed industriali di ogni tempo.

Ci sia ora consentito di concludere questa rievocazione con l'augurio che il centenario sia celebrato in Italia, oltre che con parole e con cerimonie, anche con fatti, e cioè con nuovi risultati nella ricerca radio-elettronica, così come si addice ad un uomo che fu dedito essenzialmente all'azione. Confidiamo che i giovani prossimi ingegneri elettronici, ai quali si rivolge questa lezione, sapranno dare all'augurio quel seguito concreto che ben si inquadra nella tradizione Marconiana.

UGO TIBERIO

APPENDICE

VALORI IN GIOCO NELLE ESPERIENZE DI HERTZ E DI MARCONI

a) Hertz (1888). *Dati costruttivi presunti per il trasmettitore.*

Distanza fra i centri delle sfere  $l = 80$  cm; raggio delle sfere  $r = 5$  cm; diametro del filo  $d = 1$  mm; differenza di potenziale all'innesco della scarica oscillante  $V = 5$  KV; frequenza di ripetizione delle scariche  $f_r = 100$  Hz.

La capacità tra le sfere è:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{(1/r) - [r/(l-r)]} = 3 \text{ pF}$$

e l'induttanza del filo:

$$L = 2l \log_e (2l/d) \cdot 10^{-7} = 1,18 \text{ } \mu\text{H}$$

e quindi la frequenza  $f$  delle oscillazioni libere:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 88,5 \text{ MHz}$$

$$\lambda = 3,39 \text{ m}$$

Energia immagazzinata nella C all'inizio di ogni scarica:

$$W = (1/2) CV^2 = 37,5 \text{ } \mu\text{joule}$$

Posto che il rendimento sia 0,8, la potenza media irradiata risulta:

$$P = f_r W = 3 \text{ mW}$$

La resistenza di irradiazione  $R_r$  vale:

$$R_r = 80 \pi^2 (l/\lambda)^2 = 50 \Omega$$

e la complessiva:

$$R_t = 63 \Omega$$

La costante di tempo  $\tau$  dell'involuppo del treno d'onde è:

$$\tau = 2L/R_t = 3,75 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

cioè l'ampiezza si riduce a  $1/e$  dopo solo 3,3 oscillazioni.

*Dati costruttivi presunti per il ricevitore*

Raggio  $\rho$  della spira 10 cm, diametro  $d_s$  del filo 3 mm.

$$L_s = \mu_0 \rho \left( \log_e \frac{16\rho}{d_s} - 2 \right) = 0,54 \text{ } \mu\text{H}$$

$C = 5,9$  pF in condizioni di accordo.



La lunghezza del dipolo elettrico equivalente:

$$l_e = 2 \pi S / \lambda = 2 \pi^2 \rho^2 / \lambda = 5,9 \text{ cm}$$

Resistenza di irradiazione:

$$R_s = 80 \pi^2 (l_e / \lambda)^2 = 0,244 \Omega$$

Costante di tempo:

$$\tau_s = 2L_s / R_s = 4,43 \mu\text{S}$$

In considerazione del fatto che  $\tau_s$  è molto maggiore di  $\tau$ , calcoleremo la tensione sullo spinterometro rivelatore in base ad una durata impulso a potenza media di valore  $\tau_s$ . Con ciò la potenza di impulso equivalente in trasmissione risulta:

$$P_p = W / \tau_s = 4,48 \text{ W}$$

Il modulo del vettore di Poynting a distanza 10 m nello spazio libero risulta:

$$p_p = P_p / 4\pi \cdot 10^2 = 10 \text{ mW/mq}$$

La superficie  $A_s$  di assorbimento dell'antenna è:

$$A_s = \frac{1,5 \cdot \lambda^2}{\pi} = 4,4 \text{ mq}$$

e quindi la potenza di picco di segnale:

$$P_{sp} = A_s p_p = 4,4 \text{ mW}$$

La f.e.m. indotta risulta:

$$E = \sqrt{P_{sp} R_s} = 53,4 \text{ mV}$$

Il coefficiente di risonanza:

$$Q_s = \omega L_s / R_s = 1200$$

per cui la tensione  $V_p$  di impulso fra le punte dello spinterometro vale:

$$V_p = EQ_s = 64 \text{ V}$$

Con frequenza di ripetizione di 100 Hz, la scarica fra punte sottili è ancora osservabile.

b) **Marconi (1895).** *Dati costruttivi del trasmettitore.*

Altezza dell'antenna  $h = 75 \text{ m}$ ; diametro  $d$  del filo 1 mm. L'induttanza dinamica  $L$ , valutata sulla base di  $l = \frac{2h}{\pi} = 48 \text{ m}$ , risulta:

$$L = 2 \log_e (2l/d) 10^{-7} l = 130 \mu\text{H}$$

La capacità dinamica determinata in base alla condizione di risonanza per l'onda  $\lambda = 4h = 300 \text{ m}$  è:

$$C = 1/\omega^2 L = 192 \text{ pF}$$

L'energia  $W$  immagazzinata all'inizio di ogni scarica vale, posto  $V = 5 \text{ KV}$ :

$$W = \frac{1}{2} C_s V^2 = 3,77 \text{ mj}$$

avendo tenuto conto che la capacità statica  $C_s = (\pi/2) C$ .

La potenza media, con 100 scariche al secondo e rendimento 0,8, è:

$$P = 0,377 \text{ W}$$

La resistenza di irradiazione è 40  $\Omega$ , e la complessiva 50. La costante di tempo risulta:

$$\tau = 2L/R = 5,2 \text{ } \mu\text{S}$$

e quindi anche qui lo smorzamento è molto forte.

#### Dati del ricevitore

In considerazione del fatto che l'organo registratore opera in questo caso in base alla potenza media, dobbiamo semplicemente determinare la A e moltiplicarla per il modulo del vettore di Poynting.

Abbiamo posto che il coherer fosse in condizioni di relativo adattamento:

$$A = 3 (\lambda^2/4\pi) = 21\,600 \text{ mq}$$

e quindi la potenza ricevuta  $P_r$  alla distanza di 2 km:

$$P_r = \frac{3 \cdot P}{4\pi (2\,000)^2} A = 0,485 \text{ mW}$$

La corrente a radiofrequenza media nel coherer attivato vale:

$$I = \sqrt{P/R_t} = 6 \text{ mA}$$

Il coefficiente di risonanza dell'antenna caricata è:

$$Q = \omega L/R_t = 10$$

calcolato sulla base di perdite trascurabili e di perfetto accordo. Per le considerazioni riferite nel testo, è peraltro probabile che la banda fosse maggiore dei 100 KHz che risultano da questo valore di Q.

Notiamo che lo spettro della successione impulsiva del trasmettitore aveva all'incirca l'estensione:

$$B_t = 2/\tau = 2/(5 \cdot 10^{-6}) = 400 \text{ KHz}$$

e quindi impegnava tutto l'intero canale disponibile agevolando il funzionamento del coherer come detto nel testo.

c) **Marconi (1901)**  $\lambda = 1\,600 \text{ m}$ .

Capacità del circuito risuonante del trasmettitore  $C = 2000 \text{ pF}$ . Tensione di carica  $V = 30 \text{ KV}$ . Frequenza di ripetizione  $f_r = 1600$ . Guadagno d'antenna 5. Potenza trasmessa:

$$P = f_r (CV^2/2) = 0,9 \text{ KW}$$

Modulo del vettore di Poynting alla distanza x di 4 500 Km, ammessa di 30 dB la perdita rispetto alla condizione di spazio libero:

$$p = \frac{5 \cdot P \cdot 10^{-3}}{4 \pi x^2} = 1,8 \cdot 10^{-12} \text{ W/mq}$$

Abbiamo d'altra parte, per il ricevitore:

$$A = \frac{3 \cdot \lambda^2}{4 \pi} = 620\,000 \text{ mq}$$

e quindi la potenza di segnale:

$$P_s = Ap = 1 \mu W$$

La corrente a radiofrequenza attraverso il coherer risulta sui 0,1 mA. Si vede di qui come la prestazione del coherer a goccia di mercurio fosse ben migliore in confronto a quella fornita dal primitivo tipo a limatura.

U. T.

## Dalla Rubrica "CRONACA"

(Rivista Marittima - Marzo 1883)

SEGNALI A GRANDE DISTANZA. — Il signor L. P. Adam presentava all'accademia delle scienze una memoria in cui dà alcuni particolari intorno all'uso di un sistema di telegrafia ottica fra l'isola Maurizio e quella della Riunione, distanti fra loro 215 chilometri, la prima stazione essendo alta 750 metri, l'altra 1130. In ciascuna era un apparecchio telescopico con specchio Mangin di metri 0,60 di diametro.

Dagli studi fatti dal signor Adam insieme al colonnello Mangin, risultò che a 250 chilometri è ancora visibile la luce di una fiamma piatta a petrolio, disposta di fianco, nel fuoco di uno dei grandi apparecchi telescopici Mangin, anche dopo aver attraversato 6 vetri affumicati. (1)

(1) In seguito a studi sulla telegrafia [ottica intrapresi dal maggiore del genio Faini, nel 1869 fu provato in Italia l'uso della fiamma lamellare messa di costa rispetto all'apparecchio ottico. Con tale semplice disposizione della fiamma di una lampada comune a petrolio ordinario si riuscì a stabilire di giorno una buona comunicazione tra i forti staccati di Mantova, e di notte fra Bologna e Mantova (85 chilometri) e fra Verona e Mantova (110 chilometri). (Giornale d'artiglieria e genio).

Si sono fatte recentemente in Francia delle esperienze di segnali ottici con piccoli globi aerostatici prigionieri contenenti delle lampade elettriche ad incandescenza. Il globo aveva circa 7 piedi di diametro, era di carta traslucida impermeabile e pieno di idrogeno. Dentro di essa era sospesa una lampada Swan. Lasciando ascendere il pallone e facendo passare la corrente il globo rimase illuminato in modo da potere essere visibile a grande distanza. Con acconcie disposizioni si può stabilire perfettamente un sistema di segnali con l'alfabeto Morse. Tale invenzione è dovuta ai signori Egan, Mangin e Cloris-Baudet.

(Engineering.)



# *La* **RIVISTA MARITTIMA**

*da oltre cento anni*

- diffonde nel mondo il pensiero navale
- tratta con competenza ed autorevolezza i problemi del mare
- offre una visione aggiornata dei principali avvenimenti politici ed economici connessi col potere marittimo
- mantiene aggiornato sullo sviluppo delle marine militari e sugli armamenti navali di tutto il mondo

---

È una rivista che tutti gli appassionati del mare devono leggere e diffondere - non si vende nelle edicole - se ne volete una copia gratuita richiedetela alla Direzione:  
**VIA ROMEO ROMEI N. 5 - 00136 ROMA**