

**Nel centenario della nascita di Guglielmo Marconi:  
il periodo cruciale 1894-1901 \***

Pietro DOMINICI (\*\*)

Ricevuto il 23 Aprile 1974

Cent'anni fa, il 25 aprile 1874, nasceva a Bologna, da Giuseppe Marconi, agiato bolognese, e da Annie Jameson, gentildonna irlandese, Guglielmo Marconi, colui che l'uomo della strada avrebbe salutato di lì a non molto come l'inventore della « telegrafia senza filo » e, più tardi, come l'inventore della « radio ».

Oggi, a grande distanza ormai dagli anni in cui quelle invenzioni si concretarono e anche dal periodo storico in cui campeggiò la figura di Marconi (egli si spense improvvisamente il 20 luglio 1937, a Roma), si sono grandemente attenuate le risonanze delle enfatiche lodi e delle aspre contestazioni che gli furono fatte, ed è possibile apprezzare, nelle giuste dimensioni, la grandezza e l'importanza della sua opera.

È infatti ben vero che la « telegrafia senza filo », come allora si diceva, cioè la radiotelegrafia, come diciamo oggi, e ancor più la « radio » o per dir meglio la radiotecnica, con le sue molteplici realizzazioni (la radiotelegrafia, appunto, e poi la radiofonia, la televisione, il radar, e così via), sono il risultato degli apporti tecnici e scientifici di moltissime persone, ma è altrettanto vero che Guglielmo Marconi fu incontestabilmente il primo a realizzare collegamenti radiotelegrafici di pratico e sicuro impiego: ciò essenzialmente in virtù dell'applicazione dell'« an-

---

(\*) Commemorazione letta al Convegno Annuale 1974 dell'Associazione Geofisica Italiana.

(\*\*) Istituto Nazionale di Geofisica.

tenna » e della « presa di terra » al trasmettitore, che fu la sua prima e fondamentale « invenzione ». Egli può quindi a buon diritto essere considerato l'« inventore » della radiotelegrafia.

Con pari buon diritto il suo nome dev'essere poi annoverato ai primissimi posti fra quelli di coloro cui sono dovuti i successivi prodigiosi sviluppi della radiotecnica, sia per geniali contributi personali, sia per aver creato, con la « Wireless Telegraph & Signal Company Limited », poi brevemente nota come « Marconi Company », una poderosa organizzazione tecnico-industriale che costituì per molto tempo il centro propulsore del progresso radiotecnico nel mondo.

Dei suoi primi contributi personali alla radiotelegrafia diremo estesamente più oltre; tra le cose poi non ricordate citeremo l'ideazione (1902) del « rivelatore magnetico », che migliorò di molto la qualità della ricezione telegrafica, la realizzazione (1905) dell'antenna direttiva a sviluppo orizzontale e (1920) del radiofaro a fascio rotante, nonché una lunga serie di studi e realizzazioni nel campo dei sistemi direttivi a fasci di onde cortissime e di microonde, iniziati nel 1916 e portati avanti sino alla morte. In quest'ultimo campo sono in particolar modo da ricordare: il primo ponte radio telefonico a microonde nella storia della radiotecnica, stabilito nel 1932 fra la Città del Vaticano e la residenza pontificia di Castelgandolfo; la dimostrazione, data nel Mar Ligure da bordo del suo yacht-laboratorio « Elettra », nel 1934, dell'efficacia di fasci di microonde per le comunicazioni navali; l'anno seguente, ancora in Italia, la dimostrazione pratica dell'utilizzazione di fasci di microonde per la localizzazione di aerei e di navi, secondo principi — quelli del moderno radar — già da lui stesso enunciati in una conferenza tenuta nel 1922 all'American Institute of Radio Engineers, a New York.

Un'attività, come si vede, vasta e incisiva, in cui egli mise in luce una grande abilità sperimentale, un eccezionale intuito nel cogliere l'essenziale dai dati dell'esperienza, una fortissima volontà, una magnifica sicurezza di sé.

Quel che più colpisce nella sua personalità è l'equilibrio delle doti derivanti dalla sua ascendenza: la felice intuizione e la geniale improvvisazione, tipicamente latine, la praticità e la tenacia del miglior carattere anglosassone. Queste doti ben si manifestarono nel periodo, che si può definire cruciale, che va dalle prime positive esperienze dell'inverno 1894-95, al definitivo successo costituito dal primo radiocollegamento transatlantico, nel dicembre 1901.

Ci sembra che un degno modo di rendere omaggio alla sua memoria in questo anno centenario sia di richiamare alla mente gli avvenimenti

di quegli anni cruciali, analizzandone, con gli occhi di oggi, i più significativi aspetti tecnici.

Guglielmo Marconi non seguì com'è ben noto, un regolare corso di studi secondari; si sa che, trasferitasi la famiglia da Bologna a Firenze e poi a Livorno, in quest'ultima città frequentò per breve tempo l'istituto tecnico. Più che delle lezioni scolastiche si giovò però largamente di lezioni privatamente impartitegli, e in particolare delle lezioni di fisica del prof. Vincenzo Rosa, di Livorno: un docente che dovette esercitare una notevole influenza su di lui, tanto che egli volle esplicitamente ricordarlo nella conferenza solennemente tenuta a Stoccolma durante la cerimonia per il conferimento del premio Nobel per la fisica, nel 1909. Abbandonati gli studi regolari, tenacemente s'applicò, già dai diciott'anni, a studi di elettromagnetismo: studi che furono vasti e seri, comprendendo la lettura dei lavori originali di Faraday, Maxwell e degli altri più insigni cultori della materia.

A un esame superficiale può apparire strano che l'adolescente Marconi preferisse impegni intellettuali di questo genere alle svariate attività che i privilegi del suo ceto gli consentivano di scegliere; né è da pensare che dalle più piacevoli di quelle attività il giovanetto rifuggisse per indole, a giudicare dalla piena gioia di vivere dimostrata poi dall'uomo fatto, squisito gentleman e amante degli sport. Bisogna rifarsi all'atmosfera culturale degli ambienti dell'alta borghesia *fin de siècle*: un'atmosfera aperta alle novità e soprattutto a quelle, particolarmente esaltate ed esaltanti, della scienza positiva e della tecnica. Che poi il generico e diffuso interesse per le cose scientifiche, caratteristico del suo ambiente in quei tempi, s'appuntasse, nel giovane Marconi, sull'elettromagnetismo pensiamo che si possa spiegare con la particolare considerazione di cui in quell'ambiente godeva Augusto Righi (1850-1920), professore di fisica all'università di Bologna, le cui recentissime esperienze sulle onde elettromagnetiche (\*) (anni 1892 e seguenti) avevano avuto risonanza mondiale, completando quelle (\*\*), famosissime, di Heinrich Hertz (1857-1894), professore al politecnico di Karlsruhe e poi all'università di Bonn.

È probabile che il giovane studioso abbia anche cercato e ottenuto, forse per il tramite di conoscenze di famiglia, colloqui con il grande

---

(\*) Splendidamente descritte dal RIGHI ne *L'ottica delle onde elettromagnetiche*, Bologna 1897.

(\*\*) HERTZ H., *Wiedemann's Annalen*, vol. 31, p. 42, (1887), vol. 34, p. 155 e 610 (1888), vol. 36, p. 769 (1888).

maestro, ma di certo egli non fu in alcun modo allievo del Righi, nel significato scolastico del termine. Anzi, — e spiace rilevarlo — nel seguito i rapporti fra l'illustre accademico e il non titolato inventore furono piuttosto freddi, a giudicare dagli scritti di cui disponiamo: il Righi, in un celebre trattato che egli, in collaborazione con Bernardo Dessau (1863-1949), allora suo assistente e poi professore all'università di Perugia, dedicò alla radiotelegrafia (*La telegrafia senza filo*, 1<sup>e</sup> ediz. 1902, Bologna), pur non risparmiando riconoscimenti dell'opera di Marconi, tende a porre quest'ultima sullo stesso piano di quella di altri, alla ricerca di un'obiettività che sarebbe stata meno artificiosa se i loro rapporti fossero stati più cordiali.

Sta di fatto che, indipendentemente dall'esistenza o no di rapporti diretti, le acquisizioni del Righi furono uno dei punti da cui Marconi partì per la serie di studi ed esperienze ch'egli compì nell'inverno 1894-1895, nella quiete della villa paterna del Grifone, a Pontecelio, presso Bologna.

Prima di ricordare i risultati di queste esperienze, converrà però dire qualcosa sulla « stato dell'arte » in quel tempo per quanto riguardava i tentativi di utilizzare onde elettromagnetiche in sistemi di telegrafia senza filo.

Vari ricercatori, nel ripetere e ampliare a scopo di studio le esperienze di Hertz, erano rimasti colpiti dal fatto che « effetti elettrici » — oggi diremmo « segnali elettrici » — potessero essere trasmessi a distanza per il tramite di onde elettromagnetiche

Nella fig. 1, A è riportato lo schema di una delle disposizioni tipicamente usate, in quelle esperienze, per generare onde elettromagnetiche

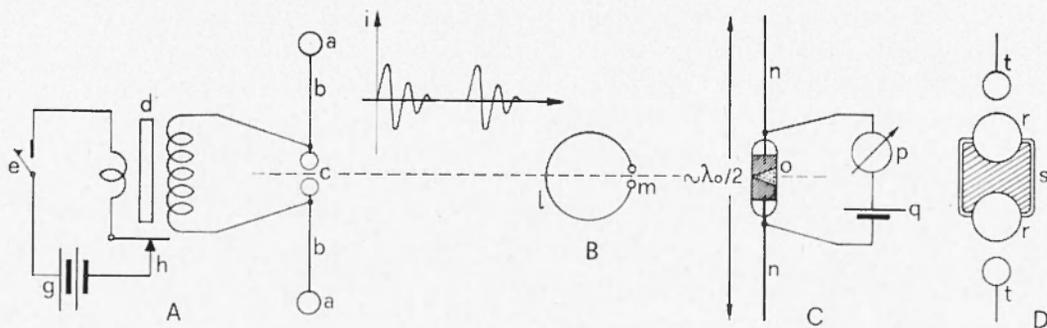


Fig. 1 - Schemi di generatori e di rivelatori di onde elettromagnetiche disponibili intorno al 1895: A, generatore con oscillatore di Hertz; B, risonatore di Hertz; C, rivelatore con risonatore lineare, coherer e galvanometro; D, oscillatore di Righi.

Le due sfere metalliche  $a$  e le due aste metalliche  $b$ , facenti capo alle due sferette dello « spinterometro »  $c$ , costituiscono un « dipolo hertziano », cioè, con il linguaggio moderno, un circuito oscillante aperto, a struttura lineare, a costanti distribuite, la cui « frequenza propria di oscillazione », cioè la frequenza  $f_0$  delle oscillazioni di corrente che possono destarsi in esso, è determinata dalle dimensioni geometriche dei componenti (diametro delle sfere, lunghezza delle aste) e dalle caratteristiche del mezzo in cui il dipolo si trova (normalmente, l'aria);  $d$  è un « rocchetto di Ruhmkorff », il cui avvolgimento secondario fa capo allo spinterometro. Chiudendo il tasto  $e$ , la batteria di accumulatori  $g$  fa scorrere nell'avvolgimento primario di  $d$  una corrente elettrica, resa pulsante dall'interruttore periodico ad azione elettromagnetica  $h$ ; a ogni impulso di corrente nell'avvolgimento primario corrisponde un impulso di alta tensione ai capi dell'avvolgimento secondario, che fa scoccare una scintilla tra le sferette dello spinterometro. Tale scintilla costituisce un collegamento momentaneo fra le due metà del dipolo, nel quale prende a scorrere una corrente oscillante, diretta alternativamente dall'una all'altra delle due sfere  $a$ , al ritmo di  $f_0$  volte al secondo; a causa dell'inevitabile resistenza elettrica presentata dalle sfere, dalle aste e dalla scintilla medesima, parte dell'energia della corrente viene dissipata, a ogni oscillazione, in calore per effetto Joule, cosicché l'intensità  $i$  della corrente decresce piuttosto rapidamente nel tempo, come indicato nel diagramma della fig. 1: si tratta dunque di *oscillazioni smorzate di corrente elettrica*. Nello spazio circostante si destano *onde elettromagnetiche* (smorzate anch'esse), costituite da azioni magnetiche e da contemporanee azioni elettriche promananti dal dipolo; queste onde si propagano con velocità elevatissima, che nell'aria ha, con buona approssimazione, il valore  $v = 300.000$  km/sec, mentre la lunghezza d'onda è pari a  $v/f_0$ .

Per rilevare l'esistenza di onde elettromagnetiche intorno a un oscillatore a dipolo, Hertz si servì di un « risonatore », costituito da un filo metallico  $l$  (fig. 1,B) foggiato a spira circolare (ma vanno bene anche altre forme), interrotto da un minuscolo spinterometro  $m$  e di dimensioni tali da costituire un circuito oscillante con una frequenza propria uguale a quella,  $f_0$ , dell'oscillatore, in modo da poter « entrare in risonanza » con esso (nelle esperienze di Hertz del 1887-88, tale frequenza era di circa 33 MHz e le onde avevano una lunghezza di circa 9 m): il campo elettrico e il campo magnetico delle onde inducono nel risonatore una tensione e una forza elettromotrice che, esaltate dalla risonanza, assumono valori sufficientemente alti da fare scoccare scin-

tilline nello spinterometro. Così, il « segnale » costituito dalla chiusura del tasto *e* del dispositivo oscillatore dà luogo, nel risonatore, al « segnale » costituito dallo scoccare delle scintilline nello spinterometro *m*.

Al risonatore di Hertz fu presto sostituito un rivelatore di onde ben più sensibile e versatile, il « rivelatore a limatura », chiamato « coherer » (\*) dall'inglese Oliver (poi Sir Oliver) Lodge (1851-1940), professore all'università di Liverpool e poi di Birmingham, e « radioconduttore » (\*\*) dal francese Eugene Branly (1844-1940), professore a Parigi, che lo introdussero praticamente nell'uso. Tale rivelatore era basato sul fenomeno, scoperto (1884) (\*\*\*) da Temistocle Calzecchi Onesti (1853-1922) modesto e geniale insegnante di liceo, in virtù del quale la resistività elettrica di una limatura metallica diminuisce bruscamente se la limatura è percorsa da una corrente ad alta frequenza; praticamente, il coherer era costituito da un tubetto di vetro, o di altro materiale isolante, contenente due elettrodi molto vicini (0,5 ÷ 2mm) fra i quali era della fine limatura metallica. Ogni sperimentatore aveva la sua « ricetta » per la forma degli elettrodi e soprattutto per la qualità della limatura, caratteristiche dalle quali dipendevano in maniera imprevedibile la sensibilità e la costanza di funzionamento. Marconi, nell'inverno 1894-95 si dedicò a lungo al perfezionamento del coherer, riuscendo a realizzarne un tipo, a limatura di nichel (96%) e argento (4%), di caratteristiche tanto buone che restò poi a lungo in servizio negli apparati commerciali (\*\*\*\*).

Un « ricevitore di onde » facente uso di un coherer è schematizzato nella fig. 1,C. Le due aste metalliche *n* costituiscono, insieme al coherer *o*, un circuito oscillante (la lunghezza d'onda di risonanza,  $\lambda_0$ , è all'incirca il doppio della lunghezza geometrica dell'insieme delle due aste); il coherer è in serie con un galvanometro *p* e una pila *q*. In

(\*) LODGE descrisse le sue prime esperienze con il coherer nel capitolo intitolato *Recent Progress* nella seconda edizione (Londra, 1892) del suo libro *Modern Views of Electricity* e, successivamente, in *The Electrician*, del 12 novembre 1897.

(\*\*) BRANLY, E., *Comptes Rendus Acad. Sc. Paris*, vol. 111, p. 785 (1890) e varie altre memorie successive.

(\*\*\*) CALZECCHI ONESTI, T., *Nuovo Cimento*, serie 3, vol. 16, p. 61 (1884) vol. 17, p. 38 (1885).

(\*\*\*\*) Una minuta descrizione di questo coherer si trova ne *La Telegrafia elettrica senza filo*, di RIGHI e DESSAU, p. 350 della 2ª edizione (Bologna 1905), nonché nei primi brevetti di Marconi.

questo circuito, data la normalmente alta resistenza elettrica del coherer, scorre una corrente di piccola intensità; se però il dispositivo è investito da onde e risuona con esse, la resistenza del coherer diminuisce e il galvanometro denuncia il passaggio di una sensibile corrente. Un inconveniente di questo rivelatore è che per ripristinare le condizioni di alta resistenza turbate dalle onde, e quindi perché esso sia in grado di segnalare l'arrivo di altre onde, occorre dare una scossettina al tubetto; per far ciò si ricorreva a vari artifici, meccanici o elettromeccanici.

Il prof. Lodge negli anni 1893-94 fece una lunga serie di esperimenti con un oscillatore di Hertz e un rivelatore a coherer e galvanometro, riuscendo a rivelare la presenza di onde sino a una quarantina di metri dall'oscillatore; per sua stessa ammissione (disse in seguito che si riferiva alle condizioni operative del momento) non pensò peraltro ad applicazioni di tipo telegrafico, stimando (\*) che la distanza massima fra oscillatore e rivelatore non potesse superare qualche centinaio di metri (e in ciò aveva perfettamente ragione, come fra un po' avremo modo di renderci conto). Applicazioni di tipo telegrafico, realizzate sostituendo al galvanometro un ordinario ricevitore telegrafico, furono tentate da pochi altri (\*\*), i quali riuscirono a realizzare sporadiche comunicazioni telegrafiche « senza filo » a distanza di poche centinaia di metri (in accordo, dunque, con le stime di Lodge).

Risultati del genere ottenne anche il ventenne Marconi, nell'inverno 1894-95, a Pontecchio. Egli preferì però usare, nel generatore di onde, l'oscillatore « a tre scintille » ideato dal Righi. In tale oscillatore, il circuito oscillante è costituito da due sfere metalliche  $r, r$  (fig. 1,D), affacciate una all'altra in un recipiente  $s$  contenente olio di vaselina; due altre sfere,  $t$ , collegate al secondario di un rocchetto di Ruhmkorff, costituiscono con le sfere principali due spinterometri aventi la funzione di eccitare simmetricamente oscillazioni elettriche nelle sfere principali medesime. Questo tipo di oscillatore aveva il vantaggio, prezioso per le esperienze di tipo ottico condotte dal Righi, di generare onde piuttosto

---

(\*) Conferenza a una riunione dell'Associazione Britannica, a Oxford, nel 1894.

(\*\*) « *Il sig. Muirhead fece nel 1894 delle esperienze nelle quali adoprò l'apparecchio telegrafico a sifone di lord Kelvin, ed il capitano Jackson riuscì a scambiare nel 1895 dei telegrammi fra navi vicine* » (RIGHI e DESSAU, *La telegrafia senza filo*, 2ª ediz., p. 234).

brevi (con sfere di 4 cm di diametro si hanno onde lunghe circa 10 cm), ma in realtà non presentava particolari vantaggi per le tentate applicazioni radiotelegrafiche, tant'è che Marconi — e ci pare sia stato l'unico a usarlo in quel tempo — circa quattro anni dopo l'abbandonò, riducendolo a un semplice spinterometro.

Un avvenimento importante è da registrare nell'aprile 1895, quando, in una nota alla Società fisico-chimica russa, il prof. Aleksandr Popov (1859-1905), dell'Accademia militare di Kronstadt, fece conoscere un suo « registratore di scariche elettriche atmosferiche », che costituiva senz'altro il meglio di quanto fosse stato fatto sino allora nel campo della rivelazione di onde elettromagnetiche.

Lo schema di tale apparecchio è riportato nella fig. 2. Le estremità di un coherer *a* erano connesse all'asta di un parafulmine o a un lungo filo metallico verticale *A* (« filo aereo », poi detto semplicemente « aereo » o, con riferimento al palo che lo portava, « filo di antenna », o brevemente, « antenna ») e a una « presa di terra » *T*; il circuito del coherer

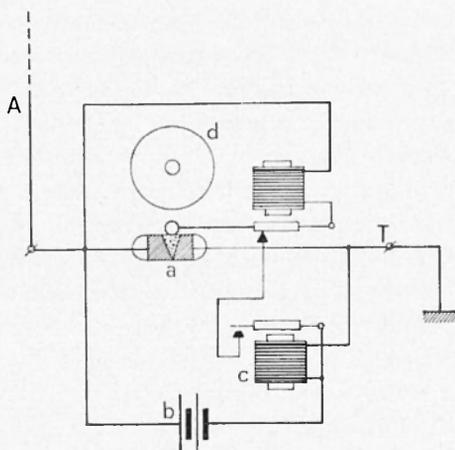


Fig. 2 - Schema del ricevitore di A. Popov.

comprendeva una pila *b* e un sensibile relè *c*; quest'ultimo, eccitandosi quando il coherer era percorso dalla corrente indotta dalle onde « captate » dall'antenna, chiudeva a sua volta il circuito di un campanello elettromagnetico *d*, il cui battente percuoteva, oltre che la campana della suoneria, anche il coherer, ripristinandone automaticamente e

continuamente la normale sensibilità. Caratteristiche importanti e originali dell'apparecchio erano il circuito a relè e a « scuotitore », che assicurava un'alta sensibilità al coherer, e, soprattutto, l'applicazione dell'antenna e della presa di terra, ciò che determinava un grande aumento della capacità di captazione delle onde.

Il Popov si servì ben presto di questo sensibile « radioricevitore » per rivelare le onde generate da un oscillatore di Hertz e realizzare, secondo quanto egli stesso precisò in una successiva nota del dicembre 1895, un sistema di radiotelegrafia: con un oscillatore particolarmente potente riuscì a ricevere segnali sino a circa 5 km, e pensava che il superamento di distanze maggiori fosse soltanto questione di maggiore potenza dell'oscillatore. In realtà, come apparirà chiaro da quanto fra un po' diremo, quella non era una speranza realistica; quel che occorreva, con quegli apparati, era essenzialmente di applicare l'antenna e la presa di terra anche all'oscillatore: cosa che a nessuno, a parte le dichiarazioni di poi, venne in mente prima che Marconi ne dimostrasse la straordinaria efficacia.

Come è stato ricordato precedentemente, Marconi eseguì una lunga serie di esperienze a Pontecchio, a partire dall'autunno del 1894; egli si servì principalmente di un oscillatore di Righi con sfere principali del diametro di 10 cm, a distanza di 1 mm fra loro e distanti 2,5 cm dalle sfere eccitatrici; la lunghezza d'onda fondamentale del campo elettromagnetico irradiato era di circa 25 cm, corrispondente a una frequenza di 1,2 GHz; come rivelatore usò il coherer da lui perfezionato. In particolare, molto s'applicò a tentare di aumentare la portata dei radiosegnali disponendo, secondo una tecnica molto perfezionata dal Righi, riflettori cilindrici o paraboloidici intorno all'oscillatore oppure connettendo alle due sfere dell'oscillatore lamiera metalliche; i risultati, come accennato, furono incoraggianti, ma non risolutivi, in quanto le distanze non andavano oltre i 600 ÷ 800 m e, per di più, l'interposizione di ostacoli estesi impediva ogni collegamento.

Nell'estate 1895, e precisamente, a detta dello stesso Marconi (\*), nell'agosto, ci fu l'innovazione risolutiva: la connessione delle estremità dell'oscillatore e del coherer da un lato alla terra, dall'altro a un

---

(\*) *Nobel Lectures, Physics 1901-1921*, p. 197; ed. Nobel Foundation, Elsevier Publ. Co., 1967.

conduttore aereo. Immediatamente, si ebbero risultati clamorosi: la distanza coperta dagli stessi apparecchi di prima salì di colpo a circa 2 km, malgrado la presenza di una interposta collina. Si dice che nella prima, favorevole prova, Marconi, che si era riservato il compito di azionare l'oscillatore, avesse affidato il compito di sorvegliare il funzionamento del rivelatore a un suo dipendente, il quale doveva avvertire dell'avvenuta ricezione dei segnali esplodendo un colpo del suo fucile da caccia: il che puntualmente avvenne.

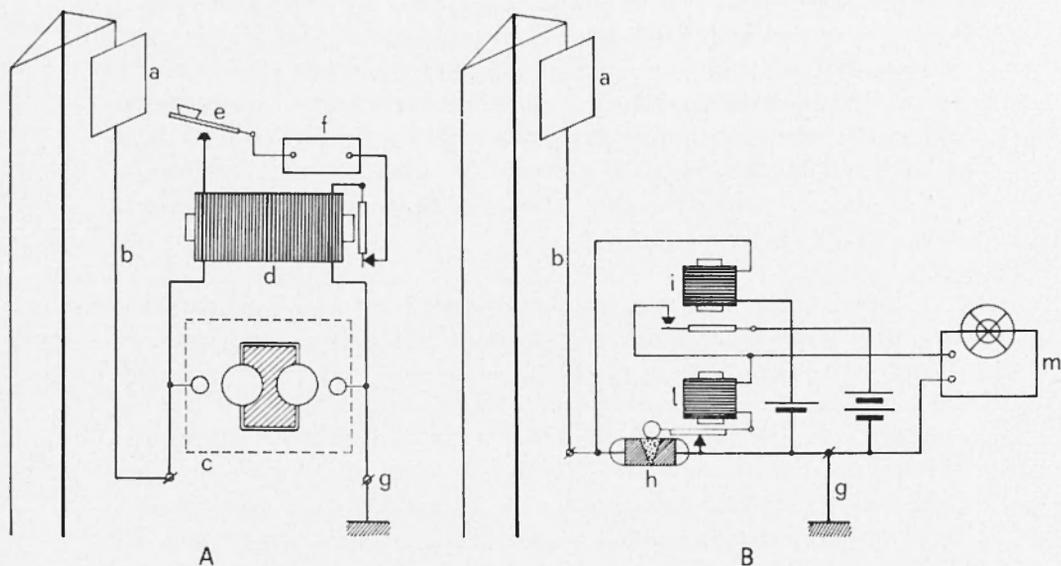


Fig. 3 - Schema del trasmettitore (A) e del ricevitore (B) con antenna e presa di terra, usati da Marconi a partire dal 1895: *a*, conduttore d'antenna; *b*, filo d'antenna; *e*, oscillatore di Righi; *d*, rocchetto di Ruhmkorff; *e*, tasto telegrafico; *f*, batteria di accumulatori; *g*, presa di terra; *h*, coherer; *i*, relé del coherer; *l*, relé scottatore e telegrafico; *m*, ricevitore telegrafico.

Gli apparati usati in queste e nelle successive prove furono sostanzialmente quelli più tardi descritti nel primo brevetto, ottenuto in Inghilterra nel 1896 (\*), e i cui schemi sono riportati nella fig. 3. Il « sistema di antenna » comprendeva inizialmente una lastra metallica

(\*) Brevetto n. 12039, del 2 giugno 1896.

*a* sospesa mediante un isolatore a un alto palo e collegata all'oscillatore e al coherer mediante un filo metallico *b*; tale disposizione subì numerose varianti, in alcune delle quali la lastra era foggata a cubo o a cilindro e fissata alla testa del palo, a guisa di cappello metallico; successivamente, Marconi s'accorse che quel che importava era non tanto la struttura dei conduttori in gioco quanto piuttosto la loro lunghezza, e ridusse l'antenna a un semplice filo verticale oppure a strutture filari a sviluppo prevalentemente verticale. Cogliamo l'occasione per osservare che alcune fra le antenne da lui ideate e provate sono tuttora in uso; in particolare, l'antenna a filo verticale alimentato alla base è tuttora universalmente nota come « antenna Marconi » (fig. 4).

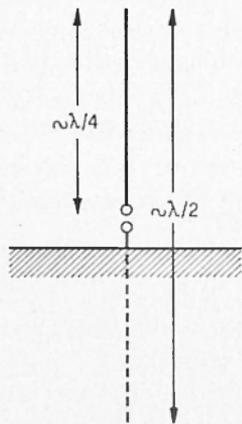


Fig. 4. — Antenna Marconi.

Confrontando il « ricevitore » della fig. 3, con quello di Popov, della fig. 2, si nota immediatamente la sostanziale identità dei due.

Questa circostanza, e altre relative a vari dettagli tecnici dettero luogo a lunghe polemiche, anche in Italia, che peraltro non intaccarono l'imperturbabile sicurezza del giovane inventore. In effetti, potrebbe esser capitato che Marconi e Popov siano giunti, indipendentemente, alla medesima soluzione tecnica, come pure può darsi benissimo, e anzi è più probabile, che Marconi, attento a tutte le novità nel campo che lo interessava, abbia avuto notizia della nota del Popov.

La questione non ha in effetti grande rilevanza. Per ricondurre alle giuste proporzioni le numerose rivendicazioni di « priorità » avanzate da molti, spesso in buonissima fede, in merito alle realizzazioni di Marconi, ci pare che le migliori considerazioni siano ancora oggi, a tanta distanza di tempo, quelle espresse da una fonte certamente attendibile e non sospetta, la già citata *Telegrafia senza filo* di Righi e Dessau, nella quale a un certo punto (\*), dopo la constatazione che l'oscillatore di Marconi era esattamente quello di Righi e che il ricevitore, come pure l'aggiunta ad esso dell'antenna, erano già stati descritti da Popov, così si legge:

(\*) P. 346 della 2<sup>a</sup> edizione, Bologna 1905.

*« Nei dettagli essenziali del suo apparecchio il Marconi, come vediamo, ha avuto dunque dei predecessori; [ . . . ] né [ . . . ] gli si potrebbe concedere la priorità nell'idea di trasmettere a distanza dei dispacci per mezzo di quegli apparecchi. Gli rimane invece il merito indiscutibile di aver preso un'audace iniziativa, laddove da altri non erano state fatte che delle timide proposte, e di aver trasportato nel campo pratico ciò che altri avevano soltanto intraveduto o realizzato in scala minore. E l'ingegno e le facoltà inventive sue si rivelarono pienamente più tardi, nell'abilità colla quale vinse le numerose difficoltà, ed in tante modificazioni ed aggiunte di dettagli in gran parte essenziali per il successo pratico . . . »*

Ci sentiamo di sottoscrivere in pieno questo passo, scritto dal Dessau, ma si presume, condiviso dal Righi: i due autori non colsero però — e in realtà non potevano coglierlo a pieno, date le conoscenze tecniche del tempo — il significato dell'aggiunta dell'antenna e della presa di terra al trasmettitore (\*), da essi anonimamente compresa fra le « modificazioni ed aggiunte di dettaglio in gran parte essenziali per il successo pratico ». Si trattava invece, come precedentemente abbiamo rilevato, non di un dettaglio, ma di un fatto fondamentale: in virtù di esso, infatti, divenendo enormemente maggiore la lunghezza delle onde, queste potevano propagarsi alla superficie terrestre in maniera estremamente più favorevole.

Questo essenziale punto merita qualche parola di chiarimento.

Abbiamo avuto modo di precisare che nelle disposizioni sperimentali adottate dai « precursori » e dallo stesso Marconi nelle prime prove a Pontecchio, le onde irradiate dall'oscillatore erano di breve lunghezza (decimetri o, al massimo, pochi metri), del tipo cioè di quelle che oggi chiamiamo « onde metriche » e « microonde ».

Come si sa, le onde elettromagnetiche, e del resto anche le onde elastiche, si propagano, in un mezzo omogeneo, qual'è, in prima approssimazione, l'atmosfera terrestre, in linea retta; se vi sono ostacoli, ai bordi di questi avvengono fenomeni di « diffrazione », che, se importanti, consentono alle onde di contornare, per così dire, gli ostacoli, e di propagarsi quindi al di là di essi. Ai fini dell'efficacia dei fenomeni di diffrazione in tal senso, cioè per il superamento di ostacoli, conta molto

---

(\*) Fra i pochissimi che al momento colsero questo significato è da ricordare il prof. Moisé Ascoli (1857-1921), professore di elettrotecnica alla Scuola di applicazione per gli ingegneri a Roma: cfr. il numero dell'agosto 1897 de *L'Elettricista*.

il fatto che gli ostacoli medesimi abbiano dimensioni non grandissime rispetto alla lunghezza delle onde. Questo aspetto dei fenomeni di diffrazione ben si può cogliere, per esempio, in un bacino portuale, osservando che le onde di breve lunghezza prodotte da piccoli natanti in movimento sono respinte indietro da ostacoli anche non grandi. per es. pali infissi nel fondo, mentre invece le onde di grande lunghezza, provenienti dal mare aperto, procedono superando quegli ostacoli come se essi non ci fossero. Così, ostacoli di non grandissime dimensioni, quali edifici o anche colline, risultavano insuperabili per le brevi onde usate nelle prime esperienze di Marconi, mentre avrebbero potuto essere superati da onde di maggiore lunghezza.

Quelle onde risultavano poi molto sfavorite nei confronti di onde più lunghe anche sotto l'aspetto dell'« attenuazione di propagazione ». Infatti, quando onde elettromagnetiche si propagano alla superficie terrestre, esse in parte penetrano nel suolo o nel mare, determinando quivi la formazione di correnti elettriche in cui si dissipa una non trascurabile frazione della loro energia; ne risulta per le onde un'attenuazione, cioè una diminuzione di ampiezza, via via che la distanza aumenta, e tale attenuazione risulta crescente al crescere della frequenza, cioè al diminuire della lunghezza d'onda.

Orbene, quando si connettono le estremità di un oscillatore hertziano a un'antenna e a una presa di terra, si viene a costituire un nuovo circuito oscillante a struttura lineare, la cui lunghezza d'onda di risonanza,  $\lambda$ , è all'incirca il quadruplo della lunghezza dell'antenna (fig. 4), e quindi assai maggiore di quella dell'oscillatore isolato. È un fenomeno analogo a quello che si ha con un getto di aria compressa e un lungo tubo d'organo: se il getto è isolato, si ode il suo caratteristico sibilo, ma se lo si accosta al tubo in modo da eccitare in vibrazione per « onde stazionarie » la massa d'aria al suo interno, nell'ambiente prende a diffondersi il grave suono per il quale il tubo è stato costruito (se, quest'ultimo, com'è usuale, è chiuso all'estremità cui s'accosta il getto e aperto all'altra estremità, la lunghezza d'onda del suono emesso è all'incirca il quadruplo della lunghezza del tubo).

Le antenne usate da Marconi a Pontecchio, avevano un'altezza di  $4 \div 8$  m (\*), cui corrisponde una lunghezza d'onda dell'ordine di 25m

---

(\*) Nella descrizione del primo brevetto inglese (giugno 1896), Marconi dice di aver usato antenne alte sino a 8 m: è da presumere che tali dati si riferissero alle esperienze di Pontecchio.

(frequenza 12 MHz), contro i 25 cm (frequenza 1200 MHz) dell'oscillatore senza antenna né terra; a questa centuplicazione della lunghezza d'onda corrisponde teoricamente, per terreno di medie caratteristiche elettromagnetiche e per valori stimati della potenza in gioco e della sensibilità in ricezione degli apparati di Marconi, pressappoco una decuplicazione della portata: il che è quanto grosso modo si ebbe, con in più il grande vantaggio del superamento, per diffrazione, delle irregolarità del suolo.

È un altro merito di Marconi quello di aver colto subito il fatto che il raggiungimento di maggiori portate comportasse, con la tecnica dell'epoca, un corrispondente aumento dell'altezza dell'antenna trasmittente, cioè della lunghezza d'onda: già nel 1896 (\*) egli osservò che la portata aumentava in ragione del quadrato della lunghezza delle antenne. In realtà, la dipendenza della portata di un sistema di radiocomunicazioni per onde lunghe dalla lunghezza d'onda di lavoro è, come oggi sappiamo, ben più complicata (\*\*), ma nella sostanza Marconi aveva visto giusto: un dato costante dei primordi della radiotelegrafia fu infatti l'uso di antenne il più alte possibile, sino a centinaia di metri, per ottenere grandissime portate (più tardi lo stesso Marconi e molti altri inventarono sistemi per allungare « elettricamente » le antenne, in modo da poter usare antenne di realizzabile altezza per onde di lunghezza anche pari a migliaia o decine di migliaia di m, quali quelle tuttora in uso specialmente per scopi navali).

Ma di questo diremo qualcosa più avanti. Per il momento, e per concludere questo breve commento di carattere tecnico, osserveremo che, contrariamente all'opinione allora espressa da fisici e tecnici anche autorevoli, la presa di terra (\*\*\*) era necessaria quanto l'antenna, per un corretto funzionamento dell'insieme. Infatti, la presa in questione

(\*) Sempre nella descrizione del primo brevetto inglese, Marconi dice di aver usato come antenne anche cubi di lamiera sorretti da pali; con un cubo di spigolo 30 cm, la portata era di 30 m con pali da 2 m, di 100 m con pali alti 4 m, di 400 m con pali alti 8 m. La portata massima con questo sistema fu di 2,4 km con un cubo di 1 m di spigolo, portato da un palo alto 8 m.

(\*\*) Secondo una formula empirica di largo uso, per onde lunghe si ha  $\lambda d \exp(ad/\sqrt{\lambda}) = b$ , dove  $\lambda$  è la lunghezza d'onda,  $d$  è la portata utile,  $a$  e  $b$  sono opportune costanti.

(\*\*\*) O, equivalentemente, un accoppiamento per capacità, anziché diretto, alla terra, realizzato mediante un sistema di fili metallici (« contrappeso ») tesi lungo la superficie del suolo.

ha per effetto di far partecipare, per così dire, anche il suolo alle oscillazioni elettriche eccitate nell'antenna dalle scintille che scoccano tra le sfere dell'oscillatore; nel suolo si destano correnti oscillanti il cui regime equivale a quello che si avrebbe se l'antenna si prolungasse, fittiziamente, in un'immagine speculare nel suolo, come indicato in fig. 4: le due antenne «in quarto d'onda», cioè quella reale e quella «immagine», costituiscono un dipolo lineare «in mezz'onda», come quello della fig. 1, C.

Gli esperimenti nelle nuove, favorevoli condizioni determinate dall'applicazione del sistema antenna-terra sia al trasmettitore sia al ricevitore continuarono per tutta l'estate del 1895 e, si presume, anche nel successivo inverno. Nella primavera seguente troviamo il ventiduenne Marconi a Londra, munito di autorevoli presentazioni — dovute, è da credere, a relazioni di famiglia — per l'influente direttore dei telegrafi inglese, William (poi Sir William) Preece, tecnico di vaglia e inventore egli stesso di un sistema di telegrafia senza filo, basato però su fenomeni di induzione elettromagnetica fra lunghe linee, che funzionò eccellentemente per vari anni in via sperimentale. Con una buona grazia che gli fa veramente onore, il Preece s'affrettò a organizzare per l'allora completamente sconosciuto inventore italiano una serie di prove nella pianura di Salisbury, i cui risultati entusiasmarono lui e, dopo qualche iniziale diffidenza, l'intera opinione pubblica inglese, molto sensibile a tutto quanto potesse riguardare l'efficienza delle comunicazioni fra la madrepatria e l'immenso impero. Il 2 giugno 1896 Marconi presentò la domanda per il suo primo brevetto inglese, cui vari altri seguirono poi (\*); da allora l'Inghilterra divenne la sede principale delle sue attività di carattere tecnico-commerciale.

In seguito si volle attribuire questo fatto a espliciti rifiuti che in Italia sarebbero stati opposti a proposte di sfruttamento commerciale del nuovo sistema di telegrafia; la cosa non appare peraltro documentata. È molto più probabile che si sia trattato di una scelta meditata, basata sull'ovvia considerazione delle ben diverse possibilità che gli ambienti

---

(\*) I brevetti inglesi di Marconi per la telegrafia senza filo fra due stazioni furono i seguenti: n. 12039 del 2 giugno 1896, n. 29306 del 10 dicembre 1897, n. 12325 del 1° giugno 1898, n. 12326 del 1° giugno 1898, n. 5657 del 15 marzo 1899, n. 6982 del 1° aprile 1899, n. 25186 del 19 dicembre 1899; a questi seguirono i brevetti per la telegrafia sintonica, fra più stazioni, di cui si dirà più avanti.

industriali e finanziari londinesi potevano offrire a petto di quelle ipotizzabili in Italia, allora ancora nella prima fase del processo di grande industrializzazione.

(No Model.)  
**G. MARCONI.**  
 TRANSMITTING ELECTRICAL SIGNALS.  
 No. 586,193. Patented July 13, 1897.

(No Model.)  
**G. MARCONI.**  
 TRANSMITTING ELECTRICAL SIGNALS.  
 No. 586,193. Patented July 13, 1897.

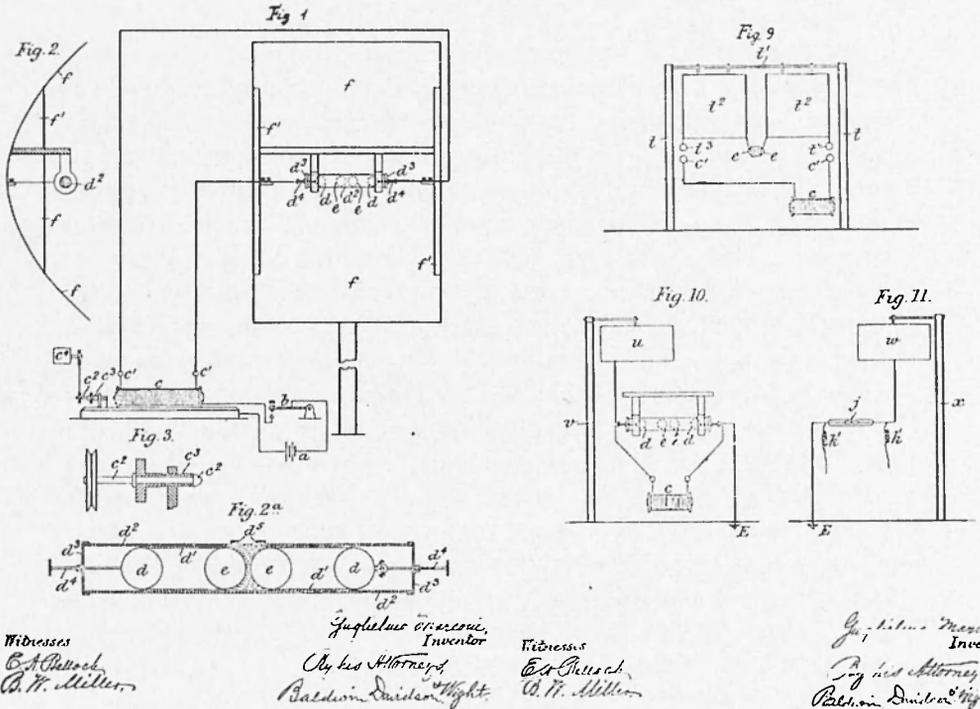


Fig. 5. - Riproduzione di due pagine del brevetto americano di Marconi del 13 luglio 1897, mostranti, in particolare, il trasmettitore a riflettore paraboloidico (Figg. 1, 2), il trasmettitore a lastre metalliche (Fig. 9), nonché il trasmettitore (Fig. 10) e il ricevitore (Fig. 11) con antenna e presa di terra.

Che non ci sia stato nessun rilevante episodio di « rifiuto » da parte italiana in quel tempo è provato non soltanto dagli avvenimenti dell'anno seguente, con l'inizio della fruttuosa collaborazione con la Marina militare italiana, ma anche dal successivo comportamento di Marconi, che volle vivere la sua vita ufficiale, e anche buona parte della sua attività di ricerca, in Italia: servi nell'Esercito e poi in Marina durante

la 1<sup>a</sup> guerra mondiale, e fece parte della delegazione italiana alla conferenza di pace a Parigi; fra le cariche pubbliche che ricoprì, ricorderemo il seggio al Senato del regno (1914), la presidenza del Consiglio nazionale delle ricerche (1928), la presidenza dell'Accademia d'Italia (1930).

Tornando agli esperimenti in Inghilterra, un'importante serie di prove fu condotta nel maggio del 1897, nel canale di Bristol. Mentre nelle esperienze dell'anno precedente erano stati usati un oscillatore e un rivelatore muniti di riflettori paraboloidici, in queste prove furono usati un oscillatore e un coherer muniti di antenna e di presa di terra.

Questo fatto, e cioè che il sistema antenna-terra non fosse stato adottato sin dalle prime prove in Inghilterra, alimentò per molto tempo la diceria che l'adozione di quel sistema fosse dipesa dal caso, sia all'inizio sia in queste prove.

Certamente, quando si parla di un'invenzione non si può quasi mai stabilire quanta parte si debba dare in essa alla metodica ricerca di un particolare risultato e quanta invece a un fortuito verificarsi di favorevoli circostanze: e questa osservazione vale senz'altro per gli esperimenti fatti da Marconi a Pontecchio, ancorchè in essi sia nettamente riconoscibile una larga componente di quella metodica ricerca cui abbiamo poco fa accennato. Ma nelle esperienze inglesi l'adozione, all'inizio, del sistema a riflettore e, poi, del sistema antenna-terra fu, a nostro parere, una risoluzione consapevole. Al riguardo, converrà lasciare la parola allo stesso Marconi, riportando alcuni passi della descrizione del suo ritrovato facente parte della richiesta di estensione del brevetto inglese agli Stati Uniti d'America (\*):

... *“Be it known that I, Guglielmo Marconi, student, a subject of the King of Italy, residing at 21 Burlington Road, London, in the county of Middlesex, England, have invented certain new and useful improvements in transmitting electrical impulses and signals and in apparatus therefor, of which the following is a specification.*

*According to this invention electrical signals or manifestations are transmitted through the air, earth or water by means of oscillations of high frequency such as have been called the “Hertz rays” or “Hertz oscillations”.*

(Segue una concisa descrizione delle stazione trasmittente e di quella ricevente).

*When transmitting through the air and it is desired that the signals should only be sent in one direction, I place the oscillation-producer at the transmitting*

---

(\*) Presentata il 7 dicembre 1896 e accolta con il n. 586193 dallo U.S. Patent Office il 13 luglio 1897.

*station in the focus or focal line of a reflector directed to the receiving station, and I place the circuit-closer (\*) at the receiving station in a similar reflector directed toward the transmitting station (Figg. 1, 2 nella fig. 5).*

*When transmitting signals through the earth, I connect one end of the oscillation-producer and one end of the circuit-closer to earth and the other ends to similar plates, preferably electrically tuned with each other in the air and insulated from earth.*

(Segue una minuta descrizione dei componenti, e in particolare del coherer).

*I find it convenient when transmitting across long distances to make use of the transmitter shown in Fig. 9 (rimandiamo alla fig. 5; si tratta della disposizione con lastre metalliche cui abbiamo accennato dianzi).*

*When transmitting through the earth or water, I use a transmitter as shown in Fig. 10 . . . At the receiving station, Fig. 11, . . . (v. ancora fig. 5; si tratta degli apparati schematizzati nella fig. 3). The larger the plates  $u$ ,  $w$  of the receiver and transmitter and the higher from the earth the plates are suspended the greater is the distance which it is possible to communicate. When using the last-described apparatus, it is not necessary to have the two instruments in view of each other, as it is of no consequence if they are separated by mountains or other obstacles. (Seguono le rivendicazioni di brevetto)"*

Così, Marconi distingue nettamente — e siamo a pochi mesi appena dalla esperienze di Pontecchio! — il caso della « trasmissione attraverso l'aria », fra stazioni in vista reciproca, per il quale egli si serviva delle onde, di breve lunghezza, intrinseche dell'oscillatore, affasciate mediante riflettori concavi, secondo la medesima tecnica attuata nei moderni ponti radio a microonde, e il caso della « trasmissione attraverso il suolo o l'acqua », che oggi chiameremmo della « trasmissione per onde terrestri (sul suolo o sul mare) », per il quale si serviva delle onde eccitate nel sistema antenna-terra, di lunghezza relativamente grande: egli osserva che è conveniente usare antenne tanto più alte — e quindi lunghezze d'onda tanto maggiori — quanto più le due stazioni sono nascoste una all'altra, per effetto di distanza o per effetto di ostacoli interposti.

Nelle esperienze sul canale di Bristol, fra la località di Lavernock Point e quelle di Flat Holm, a 5,3 km, e Brean Down, a 14 km sull'altro lato del canale, le antenne, sia trasmittenti sia riceventi, erano costituite da un filo metallico collegato a un cilindro di lamiera di zinco, alto 1 m e del diametro di 0,9 m, portato da un palo alto 27 m; la presa di terra era costituita da un filo metallico immerso in mare. Inizialmente, i risultati non furono soddisfacenti, ma le cose cambiarono in meglio

---

(\*) Il coherer.

quando la lunghezza dei fili delle antenne fu aumentata di una trentina di metri: le comunicazioni furono stabilite con facilità.

Questi primi risultati di carattere navale procurarono immediatamente delle commesse da parte dell'Ammiragliato inglese alla appena costituita « Wireless Telegraph & Signal Company Limited » (nel 1900 ribattezzata « Marconi's Wireless Telegraph Company Limited »).

Ciò ebbe immediati riflessi anche in Italia, soprattutto per iniziativa della Marina militare, sulla base delle relazioni del nostro addetto navale a Londra.

Dopo alcune dimostrazioni date con successo da Marconi al Ministero della marina e al palazzo del Quirinale, presente il Re, il ministro della marina, ammiraglio Benedetto Brin, pregò Marconi di effettuare prove in mare nel golfo di La Spezia, cosa che fu fatta tra il 10 e il 18 luglio, con un trasmettitore installato in un laboratorio dell'arsenale e un ricevitore installato dapprima nel piazzale d'ingresso dell'arsenale (a 3 km) e poi su un mezzo navale (un rimorchiatore e, negli ultimi due giorni, la corazzata « San Martino »). Con un'antenna trasmittente di circa 25 m (circa 100 m di lunghezza d'onda) le comunicazioni riuscirono buone sino a circa 4 km; portata la lunghezza dell'antenna a 30 m (circa 120 m di lunghezza d'onda), si ottennero dispacci leggibili a circa 15 km sinché il rimorchiatore e la corazzata rimasero in vista della stazione trasmittente, ma la comunicazione cessò quando i natanti, pur avvicinandosi sino a circa 5 km, si tennero dietro un alto sperone della costa (la lunghezza d'onda era infatti ancora troppo breve per dar luogo a diffrazione efficace su grossi ostacoli). Queste esperienze furono importanti perchè, oltre a fornire altri preziosi dati sull'opportunità di operare con grandi lunghezze d'onda, misero anche in evidenza l'esistenza e la nociva influenza di quelli che poi sarebbero stati chiamati « disturbi atmosferici »: il giorno 15, infatti, le esperienze non furono possibili per parte della giornata in quanto il ricevitore era continuamente eccitato da scariche elettriche temporalesche.

Questo inconveniente, attentamente studiato in prove condotte successivamente in Inghilterra, e la progressiva messa in funzione di un notevole numero di stazioni trasmittenti pose all'attenzione dei tecnici il capitale problema di realizzare un sistema che consentisse a un ricevitore di captare soltanto i segnali della stazione desiderata e non disturbi atmosferici o segnali di altre stazioni.

La rispondenza del ricevitore a segnali qualunque, indipendentemente o quasi dalla loro lunghezza d'onda era essenzialmente dovuta al

fatto che il circuito oscillante costituito dall'antenna ricevente, dal coherer e dalla presa di terra era troppo « smorzato », e ciò a causa della relativamente grande resistenza elettrica del coherer (molte migliaia di ohm a riposo e un centinaio di ohm sotto corrente): ci sia consentito di ricordare che un circuito risonante è tanto più « selettivo », cioè capace di « rispondere » soltanto a onde di ben determinata lunghezza, quanto minore è la resistenza elettrica di esso.

La corretta soluzione consisteva nel togliere il coherer dal circuito dell'antenna, mantenendolo peraltro « accoppiato » a quella, e fu realizzata da Marconi all'inizio del 1898 (\*), secondo lo schema della fig. 6, A.

L'antenna *a* faceva capo, per il tramite di una bobina d'induttanza variabile *b*, al primario di un trasformatore ad alta frequenza, senza nucleo ferromagnetico, *c* (Marconi lo chiamò « jigger »), il cui secondario *d* costituiva con un condensatore *e* un circuito oscillante « chiuso », « a costanti concentrate »; ai capi di questo circuito era collegato il coherer, *f*, le cui estremità erano connesse al restante circuito (relè, pila, ricevitore telegrafico) mediante due bobinette *g*, aventi il compito di impedire alla corrente a radiofrequenza del circuito oscillante il passaggio verso il relè. Variando opportunamente le spire attive di *b* (il cosiddetto « variometro d'antenna ») si poteva ottenere che l'antenna risonasse sulla lunghezza d'onda della desiderata stazione trasmittente, che poteva essere molto maggiore di quella corrispondente alla lunghezza dell'antenna (l'effetto di *b* era quello di operare una sorta di « allungamento elettrico » dell'antenna); sulla medesima lunghezza d'onda era accordato anche il circuito oscillante, mediante variazione delle spire attive della bobina *d* oppure mediante variazione della capacità di *e*. Osserviamo che tale disposizione è sostanzialmente quella ancor oggi usata nello « stadio d'antenna » dei radiorecettori moderni, salvo il fatto che, profittando dell'alta sensibilità di questi, si può spesso fare a meno di « sintonizzare » l'antenna.

I risultati ottenuti da Marconi con questo ricevitore « sintonico » furono abbastanza buoni per la riduzione dei disturbi atmosferici, ma non soddisfacenti per la riduzione delle « interferenze » da parte di stazioni trasmittenti non desiderate, soprattutto se potenti e vicine. Questo fatto dipendeva dalla circostanza che il circuito oscillante costituito dall'antenna trasmittente di una stazione, dallo spinterometro eccita-

---

(\*) Brevetti inglesi n. 12325 e n. 12326 del 1° giugno 1898.

tore e dalla presa di terra era anch'esso troppo smorzato a causa della relativamente alta resistenza offerta dalla scintilla nello spinterometro; le onde emesse si smorzavano così rapidamente che in effetti erano irradiate, oltre alle onde « fondamentali » corrispondenti alla lunghezza d'onda propria dell'antenna (circa il quadruplo della lunghezza), anche onde di altre lunghezze, comprese in un ampio intervallo di valori:

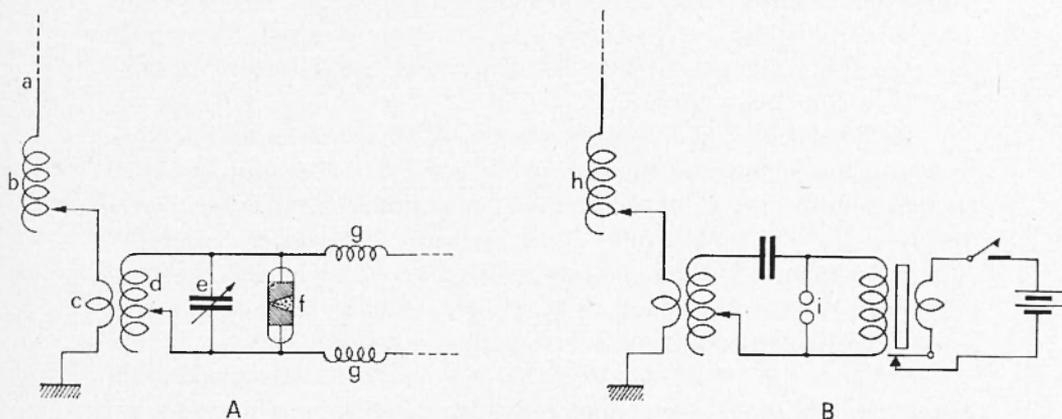


Fig. 6. - Schema del ricevitore (A) e del trasmettitore (B) del sistema sintonico Marconi dell'aprile 1900.

così, fra le onde emesse da una stazione, finivano per esser presenti anche quelle cui rispondeva un ricevitore accordato sulla lunghezza d'onda di una stazione diversa.

Si trattava dunque di ridurre lo smorzamento delle onde emesse. Inizialmente, Marconi cercò di conseguire questo risultato con il metodo, suggeritogli dalla sua incessante attività sperimentale, di aumentare la capacità del circuito d'antenna: quest'ultima venne realizzata con due grandi cilindri metallici coassiali, quello interno essendo collegato alla presa di terra. Il metodo dette buoni risultati (\*), ma comportava seri problemi costruttivi.

Assai migliore era la disposizione adottata poco dopo e costituente l'oggetto del famoso brevetto (inglese) 7777 del 26 aprile 1900. Come si può rilevare dallo schema dalla fig. 6,B, si trattava dell'applicazione

(\*) Brevetto inglese n. 5387 del 21 marzo 1900.

al circuito trasmittente dello stesso artificio adottato precedentemente nel circuito ricevente, e cioè lo spostamento dello spinterometro  $i$  dal circuito d'antenna a un circuito oscillante «eccitatore», a costanti concentrate. In quest'ultimo circuito, accordabile sulla voluta lunghezza d'onda, si generavano oscillazioni poco smorzate, che venivano trasferite per accoppiamento induttivo all'antenna, anch'essa accordabile mediante il variometro  $h$ : dall'antenna erano irradiate nello spazio circostante onde con piccolo smorzamento, e quindi caratterizzate da una lunghezza piuttosto ben determinata, per modo che non v'erano da lamentare interferenze a carico di ricevitori accordati su lunghezze d'onda sensibilmente diverse.

Un ulteriore, grandissimo vantaggio di questa disposizione sulle precedenti era l'accresciuto rendimento, in quanto l'energia irradiata veniva concentrata su una determinata lunghezza d'onda (per l'esattezza, in un piccolo intervallo di lunghezze d'onda) anziché essere dispersa fra molte lunghezze d'onda molto diverse fra loro. Si può ben dire che questo nuovo tipo di trasmettitore apriva la strada alla realizzazione della « radiotelegrafia a grandissima distanza ».

Per la verità, lo schema della fig. 5,B era stato sostanzialmente realizzato, su base non empirica ma rigorosamente scientifica, dal prof. Carl Ferdinand Braun (1850-1918), dell'università di Strasburgo (allora tedesca), sin dal 1898 (\*) e successivamente perfezionato e provato. Particolarmente convincenti furono le prove effettuate nei pressi di Cuxhaven nell'estate del 1899: passando dal circuito ad antenna non smorzata della fig. 5,B a quello, allora usuale per le stazioni della Compagnia Marconi, dell'antenna connessa con lo spinterometro, le comunicazioni s'interrompevano e per ristabilirle occorreva mettere in opera antenne molto più alte. Vale la pena di ricordare che per lo sfruttamento commerciale dei ritrovati del prof. Braun fu costituita in Germania la « Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, System Prof. Braun und Siemens & Halske », affiancatisi alla « Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft », che si basava su brevetti del prof. Adolf Slaby (\*\*)

---

(\*) Brevetto tedesco n. 111578 del 13 ottobre 1898; seguirono 3 brevetti nel 1899, 2 nel 1900, ecc.

(\*\*) Al prof. Slaby, che ebbe la ventura di assistere alle esperienze di Marconi, in Inghilterra, nel 1897, sono dovuti vari importanti risultati; fra l'altro, una dimostrazione pubblica (dicembre 1900) della possibilità della radiotelegrafia simultanea e indipendente fra stazioni diverse.

(1849-1913), del politecnico di Berlino, e dell'ing. Georg von Arco (1869-1940); le due società, che dettero poi origine alla « Telefunken » (1903), contribuirono moltissimo, con i loro apparecchi di alta qualità, al progresso della radiotecnica e sin dall'inizio crearono efficienti reti radiotelegrafiche nei paesi di lingua tedesca e in quelli allora culturalmente influenzati dalla Germania (Turchia, Bulgaria, ecc. e, in parte, gli Stati Uniti d'America).

Marconi dichiarò a più riprese di esser giunto al circuito trasmettente « a eccitazione separata » indipendentemente dal prof. Braun (\*), probabilmente riferendosi però alla realizzazione pratica. Del resto, è un aggiungere qualcosa ai suoi meriti il riconoscere doverosamente quelli dello scienziato tedesco, che valsero a quest'ultimo il premio Nobel per la fisica, insieme a Marconi, nel 1909; la motivazione del premio accomunò i due nel « *riconoscimento del loro contributo allo sviluppo della telegrafia senza filo* ».

È comunque a Marconi che spetta, ancora una volta, il merito di aver sfruttato a fondo, sul piano pratico, le possibilità offerte dai nuovi circuiti, realizzando i primi collegamenti radiotelegrafici intercontinentali.

Con apparati sintonici, le distanze coperte in soddisfacenti collegamenti radiotelegrafici salirono rapidamente, specialmente sul mare: nelle manovre della flotta inglese del 1900, furono ricevuti dispacci fra due navi distanti circa 100 km. Le antenne, alte rispettivamente 45 m e 38 m sul piano di coperta, a quella distanza non erano assolutamente in vista una dall'altra (avrebbero dovuto esser alte circa 200 m): questa circostanza diede il via a una serie di vive discussioni fra coloro che, basandosi appunto su quei risultati, sostenevano la possibilità di comunicare mediante il nuovo mezzo a distanze comunque grandi e coloro che invece — ed erano i più —, sulla scorta di quanto le leggi della fisica potevano far presagire, sostenevano che l'ostacolo costituito dalla

---

(\*) Nella conferenza tenuta l'11 dicembre 1909 a Stoccolma per il conferimento del premio Nobel, così s'esprime: « *Part of my work regarding the utilization of condenser circuits in association with the radiating antennae was carried out simultaneously to that of Prof. Braun, without, however, either of us knowing at the time anything of the contemporary work of the other* » (*Nobel Lectures, Physics 1901-1921*, p. 209; ed. Nobel Foundation, Elsevier Publ. Co., 1967).

curvatura della superficie terrestre fosse, su grandi distanze, insuperabile, quand'anche si disponesse di onde di grandissima intensità. In realtà questi ultimi, fra cui erano molti fisici, avrebbero senza difficoltà modificato la loro opinione se avessero conosciuto, come noi oggi conosciamo, l'esatto meccanismo di propagazione delle onde di grandissima e di grande lunghezza, in gran parte dominato dalla parziale penetrazione delle onde nella superficie terrestre, di cui seguono quindi la curvatura, e delle onde di media e piccola (ma non piccolissima) lunghezza, in gran parte determinato da successive riflessioni fra la superficie terrestre e la « ionosfera », parte dell'alta atmosfera terrestre (circa fra 60 e 600 km di quota), fortemente ionizzata e dotata di proprietà riflettenti per radioonde di appropriata frequenza.

Cogliamo l'occasione per ricordare che una delle conseguenze scientifiche delle realizzazioni di Marconi nel campo della radiotelegrafia a grande distanza, e in particolare dei radiocollegamenti transatlantici di cui stiamo per dire, fu appunto la formulazione dell'ipotesi dell'esistenza nell'alta atmosfera terrestre di uno « strato » ionizzato, capace di riflettere raioonde: tale ipotesi, avanzata nel 1902 contemporaneamente, ma indipendentemente uno dall'altro, dall'inglese Oliver Heaviside (1850-1925) e dallo statunitense Arthur Edwin Kennelly (1861-1939), costituì il punto di partenza per lo sviluppo di quella parte della fisica terrestre attualmente nota come « fisica della ionosfera ».

È singolare il fatto che a tale sviluppo Marconi volle mantenersi estraneo, almeno sul piano di principio: egli infatti — in maniera decisa all'inizio e poi in maniera più sfumata, dopo varie verifiche sperimentali dirette — non volle riconoscere il ruolo, in molti casi determinante, che le proprietà riflettenti della ionosfera potevano giocare nella radio-propagazione a grande distanza.

Certamente, egli aveva ragione nel sostenere il meccanismo di propagazione per « onde terrestri » nel caso delle onde relativamente lunghe che per molto tempo dominarono nella radiotelegrafia intercontinentale, ma non era nel giusto sostenendo lo stesso punto di vista per onde relativamente corte, quali quelle allora usate per le comunicazioni navali, la cui lunghezza, per necessità derivanti dalla possibilità di realizzazione delle antenne, era dell'ordine delle centinaia o delle decine di metri (nel campo dunque di quelle che oggi chiamiamo « onde medie » e « medio-corte »).

La singolarità di questo atteggiamento di Marconi sta soprattutto nel fatto che erano a sua conoscenza vari fatti — alcuni dei quali rilevati da lui stesso — estremamente significativi al riguardo. Così, gli

era noto (\*) che spesso le navi non riuscivano a comunicare con stazioni o con altre navi relativamente vicine, a poche centinaia di km, mentre riuscivano a comunicare facilmente con stazioni o navi molto distanti, a qualche migliaio di km: un caso che destò sensazione fu quello di una nave a Sud della Sicilia che comunicò perfettamente con stazioni inglesi e olandesi, mentre non riuscì a collegarsi con stazioni italiane. Doveva esser chiaro, e per alcuni infatti lo fu subito, che in casi del genere il meccanismo di propagazione per onde terrestri doveva essere almeno affiancato da un meccanismo di propagazione per riflessione ionosferica: in effetti, stazioni vicine risultavano non collegabili se venivano a trovarsi nella cosiddetta « zona di silenzio », quella in cui la distanza è abbastanza grande da determinare un'attenuazione delle onde terrestri al disopra del massimo consentito ma, al tempo stesso, non abbastanza grande da determinare le condizioni di incidenza occorrenti per la riflessione delle onde sulla ionosfera.

Questo non scientificamente corretto atteggiamento di Marconi nei riguardi della radiopropagazione ionosferica non deve peraltro far dimenticare i suoi validi contributi sperimentali alla conoscenza della ionosfera terrestre per via radioelettrica. Tra questi contributi, particolarmente importante fu la scoperta (\*\*) delle proprietà assorbenti della ionosfera.

Egli osservò infatti che la propagazione di radioonde medie riusciva particolarmente buona se il collegamento interessava l'emisfero notturno mentre la qualità peggiorava nettamente, sino, in qualche caso, all'interruzione del collegamento, via via che quest'ultimo veniva a svolgersi nell'emisfero diurno. Egli corrodò quest'osservazione di base con una serie di precise constatazioni di contorno, tratte da un accurato esame di centinaia di collegamenti: fra esse, particolarmente interessante appare la scoperta che, su grandi distanze, in certe ore della giornata, e precisamente qualche ora dopo l'alba e qualche ora prima del tramonto, risultavano favorite onde di lunghezza minore di quella delle onde normalmente usate.

---

(\*) *Nobel Lectures, Physics 1901-1921*, p. 219; ed. Nobel Foundation, Elsevier Publ. Co., 1967.

(\*\*) Tale scoperta è correntemente datata al febbraio 1902, in occasione di un viaggio di Marconi dall'Europa all'America del Nord, sulla nave « Philadelphia »; su questa era stata attrezzata una stazione ricevente, sintonizzata con la stazione di Poldhu, di cui si dirà poco oltre; messaggi telegrafici di buona qualità furono ricevuti sino a circa 3400 km di distanza.

Il constatato assorbimento delle radioonde durante le ore diurne fu da lui correttamente attribuito a una maggiore conducibilità elettrica dell'atmosfera, provocata da radiazioni solari, ancorchè all'inizio avesse attribuito il fenomeno a una perdita di isolamento del circuito d'antenna per effetto fotoelettrico sotto l'azione della luce solare (\*).

Ma torniamo agli anni 1900-1901, e alla grande discussione se le radioonde fossero o no capaci di superare l'ostacolo apparente costituito, sulle grandi distanze, dalla curvatura terrestre: abbiamo già detto che l'opinione dei più inclinava al pessimismo.

Marconi, senza farsi influenzare da queste scoraggianti previsioni, preferì procedere, saggiamente, per via sperimentale, iniziando una serie di prove specifiche, culminate, nel gennaio 1901, con un collegamento fra una località dell'isola di Wight e una località della Cornovaglia, distanti fra loro circa 300 km in linea d'aria. Questo risultato, che ancora non era stato raggiunto da alcuno (\*\*), rinsaldò in Marconi l'idea che le radioonde (per l'esattezza, le onde lunghe da lui usate) seguissero, nel propagarsi, la superficie terrestre, la cui curvatura non poteva quindi costituire il supposto ostacolo invalicabile. Forte di questo convincimento, si accinse a provare la giustezza delle sue vedute al di là di ogni dubbio, su un collegamento spettacolare e di grande interesse pratico, e precisamente fra l'Europa e il Nord America.

Nella sua mente, il problema era soltanto di attrezzare stazioni sufficientemente potenti e con antenne sufficientemente estese. A tal fine modificò la stazione, già in esercizio, di Poldhu, in Cornovaglia, portandola alla potenza, allora grandissima, di 25 kW e dotandola di una grande antenna, costituita da un ventaglio di fili metallici, convergenti al trasmettitore, portati da due pali alti 48 m e distanti fra loro 60 m. Una stazione analoga fu costruita a Cape Cod, nel Massachusetts, ma un furioso temporale distrusse le antenne; così, nel novembre 1901, decise di utilizzare una stazione ricevente provvisoria, installata un po' più vicino all'Europa, e precisamente nell'isola di Terranova; tale stazione fu improvvisata in pochi giorni su un'altura (poi battezzata « Signal Hill ») presso S. Giovanni di Terranova, e usava come

---

(\*) *Nobel Lectures, Physics 1901-1921*, p. 209-211, ed. Nobel Foundation, Elsevier Publ. Co., 1967.

(\*\*) Poco dopo, con loro apparati sintonici, ottennero il prof. Braun una portata di circa 200 km e il prof. Slaby una portata di circa 300 km.

antenna un filo metallico portato da un aquilone a circa 120 m di quota; la lunghezza d'onda era di circa 1000 m; la distanza fra le due stazioni era di circa 3700 km. Dopo vari tentativi non riusciti, il 12 dicembre 1901 i segnali irradiati da Poldhu, consistenti nella lettera S del codice telegrafico Morse, furono chiaramente e a più riprese ricevuti.

La riuscita dell'esperimento destò uno straordinario entusiasmo in tutto il mondo: era la definitiva dimostrazione della possibilità di usare la radiotelegrafia su qualunque distanza (\*).

Il 12 dicembre 1901 segna dunque, con il trionfo di Marconi, la fine di quello che abbiamo chiamato il suo periodo cruciale. Da allora in poi, un operoso seguito di successi e di riconoscimenti: lauree *honoris causa*, il premio Nobel per la fisica (1909) e vari altri premi scientifici, onorificenze italiane e straniere, il latioclavio (1914), il marchesato (1929), la feluca di Accademico d'Italia, . . . .

Di Marconi uomo pubblico, circondato dall'ossequio dei potenti e dalla venerazione degli umili — per i quali ultimi egli era già entrato nella leggenda, quasi un superuomo che con fantastici raggi avesse imperio sulla vita e sulla morte — non vogliamo però qui occuparci. Di lui ci piace conservare un'altra immagine: quella dell'adolescente che, la mano ancora sul tasto telegrafico e negli orecchi l'eco del colpo di fucile annunziante il successo, da Pontecchio, in un giorno estivo del lontano 1895, al di là delle verdi colline preappenniniche e della fumante piana bolognese lancia il chiaro, consapevole sguardo nell'etere infinito, a tracciarvi infinite invisibili vie per i pensieri dell'uomo.

---

(\*) A seguito di rimostranze della potente Compagnia che eserciva in regime di monopolio le comunicazioni telegrafiche su cavo fra Europa e America, Marconi fu costretto a interrompere le prove fra Poldhu e stazioni sul continente americano; proseguì invece prove fra Poldhu e navi sulle rotte atlantiche. Raggiunto poi un accordo con la Compagnia anzidetta, fu ripreso l'allestimento della stazione di Cape Cod e iniziato quello di un'altra stazione a Glace Bay, in Canada; il 16 dicembre 1902, veniva ufficialmente inaugurato il servizio radiotelegrafico commerciale fra le stazioni di Poldhu e Glace Bay. Tali stazioni erano equipaggiate con antenne a piramide rovesciata, alte circa 70 m e con una lunghezza d'onda propria di circa 3600 m; le lunghezze d'onda di lavoro furono per molto tempo circa 4200 m in un verso e circa 4900 m dell'altro verso.

---