

REALE ACCADEMIA D'ITALIA

SCRITTI

DI

GUGLIELMO MARCONI



ROMA

REALE ACCADEMIA D'ITALIA

1941-XIX

RADIOTELEGRAFIA (*)

(*) Riunione serale settimanale del Reale Istituto d'Inghilterra (venerdì, 2 giugno 1911), presieduta dal Presidente Sua Grazia il Duca di Northumberland, K. G. C. F. R. S.

L'applicazione pratica delle onde elettriche alla trasmissione radiotelegrafica a grandi distanze ha continuato ad estendersi, durante gli ultimi anni, in misura notevole, e molte difficoltà, che al principio apparivano quasi insormontabili, sono state gradualmente superate soprattutto attraverso l'acquisto di una migliore conoscenza dell'argomento e dei principi relativi.

Le esperienze che io ho avuto la fortuna di compiere su scala assai più grande di quel che non fosse possibile nei laboratori ordinari, hanno permesso di studiare dei fenomeni spesso nuovi e certamente inaspettati.

Sebbene si posseggano - o almeno si creda di possedere - tutti i dati necessari per una produzione e una ricezione soddisfacenti di onde elettriche, siamo tuttavia ben lontani dal possedere l'esatta conoscenza delle leggi che regolano la trasmissione di queste onde nello spazio, specialmente a quelle distanze che possono esser chiamate grandi. Benchè sia ora perfettamente facile progettare, costruire e far funzionare stazioni atte ad effettuare un traffico commerciale soddisfacente a distanze dell'ordine di 2500 miglia, nessuna spiegazione sufficientemente chiara è stata trovata finora per molti fatti accertati in modo assoluto relativi a queste onde. Ricorderò brevemente alcune di queste apparenti anomalie.

Perchè, usando onde corte, le distanze raggiunte durante la notte sono enormemente più grandi di quelle raggiunte durante il giorno, mentre, usando onde molto più lunghe, la portata della trasmissione durante il giorno e durante la notte è quasi la stessa e qualche volta è maggiore durante il giorno?

Quale spiegazione è stata data del fatto che la notte le distanze raggiungibili in direzione nord-sud sono molto maggiori di quelle che possono esser raggiunte in direzione est-ovest?

Perchè le montagne e la terraferma sono generalmente di grande ostacolo alla propagazione delle onde corte quando v'è luce e non lo sono durante le ore di oscurità?

I principi generali sui quali è basata la radiotelegrafia pratica sono oggigiorno così ben conosciuti che io li ricorderò solo nella maniera più sommaria possibile.

La telegrafia senza fili, che fu resa possibile grazie ai campi di ricerche aperti dai lavori di Faraday, Maxwell e Hertz, si effettua mediante onde elettriche, create da correnti alternative di frequenza altissima, indotte in fili disposti abbastanza in alto o in superfici capacitive. Queste onde sono ricevute o rivelate in una stazione lontana da analoghi conduttori elevati accordati sul periodo delle onde e comunicate ai nostri sensi per mezzo di opportuni rivelatori.

Il mio sistema originale, come fu usato nel 1896, consisteva in un dispositivo mostrato schematicamente in figura 1, nel quale era usato un filo elevato o filo verticale. Questo filo talvolta terminava in una capacità, ovvero era collegato alla terra attraverso uno spinterometro.

Usando una bobina d'induzione o un'altra sorgente di tensione sufficientemente elevata, si generano attraverso lo spinterometro delle scariche elettriche; queste danno luogo ad oscillazioni di alta frequenza fra il conduttore elevato e la terra, col risultato che l'energia viene irradiata nello spazio sotto forma di onde elettriche.

Alla stazione ricevente (fig. 2) queste onde inducono una corrente oscillante in un conduttore comprendente un rivelatore, consistente in un coesore posto generalmente fra il conduttore elevato e la terra.

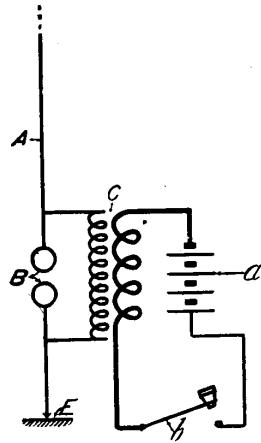


Fig. 1

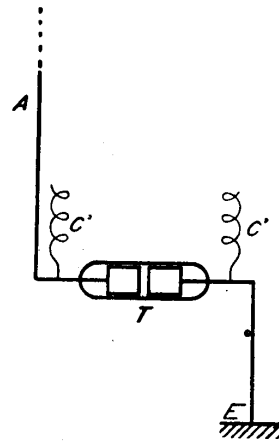


Fig. 2

Questo dispositivo, benchè sia straordinariamente efficiente per quanto riguarda l'irraggiamento di energia elettrica, ha tuttavia numerosi inconvenienti.

La capacità elettrica del sistema era molto piccola e quindi la piccola quantità di energia inviata all'aereo veniva irradiata nello spazio in un periodo di tempo eccessivamente breve. In altre parole l'energia, invece di dar luogo a un treno d'onde, era tutta dissipata dopo sole poche oscillazioni: in conseguenza, non era possibile ottenere in pratica una sintonizzazione anche approssimativamente buona fra trasmettitore e ricevitore.

Si potrebbe ricorrere a molte analogie meccaniche per dimostrare che, allo scopo di ottenere la sintonia, è necessario somministrare l'energia in forma di un numero sufficiente di piccole oscillazioni o di impulsi opportunamente distanziati.

L'acustica ci fornisce numerosi esempi di questo fatto, come quello della risonanza che si ottiene nella nota esperienza dei diapason.

Altre illustrazioni di questo principio possono esser date; per esempio, se vogliamo mettere in moto un pendolo pesante mediante piccoli colpi o impulsi, questi devono essere dati a intervalli di tempo eguali al periodo proprio del pendolo, altrimenti le oscillazioni non possono acquistare ampiezza apprezzabile.

Nel 1900 adottai per primo il dispositivo, ora generalmente usato, che consiste (com'è mostrato in fig. 3) in un accoppiamento induttivo del filo irradiante elevato con un circuito contenente un condensatore e che può essere adoperato per immagazzinare una notevole quantità di energia e distribuirla lentamente al filo irradiante.

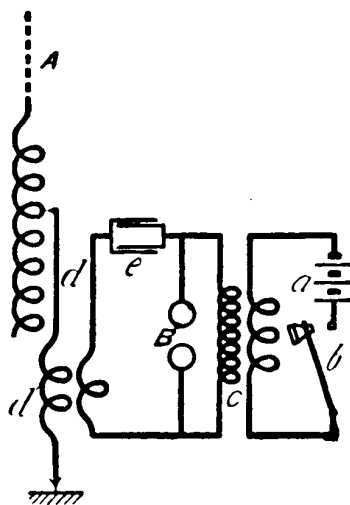


Fig. 3

Com'è noto, le oscillazioni in un circuito contenente un condensatore possono persistere per un periodo di tempo che, dal punto di vista elettrico, è molto lungo; inoltre si può far in modo che, per mezzo di opportuni aerei o antenne, queste oscillazioni siano irradiate nello spazio sotto forma di una serie di onde che, a causa del loro effetto cumulativo, sono molto adatte per permettere di raggiungere un buon accordo fra trasmettitore e ricevitore.

I circuiti, contenenti l'uno un condensatore e l'altro l'aereo o organo di irradiazione sono accoppiati più o meno strettamente fra loro. Regolando l'induttanza dell'aereo e con valori appropriati della capacità e dell'induttanza del circuito del condensatore, i due circuiti venivano portati in risonanza elettrica, condizione questa che, come ho fatto per primo notare, è essenziale per ottenere un efficiente irraggiamento e un buona sintonia.

Il ricevitore (com'è mostrato in fig. 4) consiste anche in un conduttore elevato o aereo, connesso alla terra o a una capacità attraverso un trasformatore di oscillazioni. Anche quest'ultimo contiene il condensatore e il rivelatore e i circuiti sono proporzionati in modo da avere approssimativamente lo stesso periodo elettrico dei circuiti trasmettenti.

Nella stazione per grandi distanze, posta a Clifden in Irlanda, il dispositivo che ha dato i migliori risultati è basato sostanzialmente sul mio sistema sintonico del 1900 al quale sono stati aggiunti numerosi perfezionamenti.

Un'importante innovazione dal punto di vista pratico è costituita dall'introduzione, fatta a Clifden e a Glace Bay, di condensatori ad aria composti di piastre metalliche isolate, sospese in aria a pressione ordinaria. In questo modo abbiamo potuto ridurre considerevolmente la perdita di energia dovuta all'isteresi dielettrica che si ha quando si usa come isolante il vetro o altro dielettrico solido. Un'economia molto notevole si ha inoltre, nell'esercizio, per l'assenza di rotture dielettriche; quando il potenziale sale al punto da produrre una scarica fra le piastre del condensatore, il potere dielettrico non viene permanentemente alterato, poiché l'aria si ripristina automaticamente ed è una delle poche sostanze che può esser rinnovata con un minimo di costo.

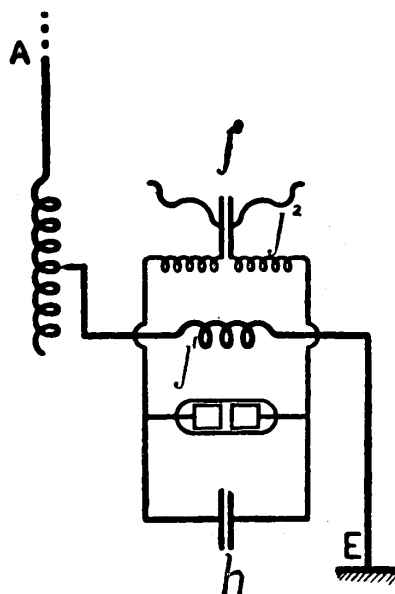


Fig. 4

Diversi dispositivi sono stati studiati e provati allo scopo di ottenere treni d'onda continui o almeno molto prolungati, ma l'esperienza mi ha mostrato che, utilizzando i migliori ricevitori che si possono oggi avere, non è né economico né efficiente cercar di rendere le onde troppo continue. Risultati molto migliori si ottengono quando gruppi di onde sono emessi a intervalli regolari, in modo tale che il loro effetto cumulativo è quello di produrre una nota musicale distinta nel ricevitore, il quale è accordato non solo sulla periodicità delle onde trasmesse, ma anche sulla loro frequenza di gruppo.

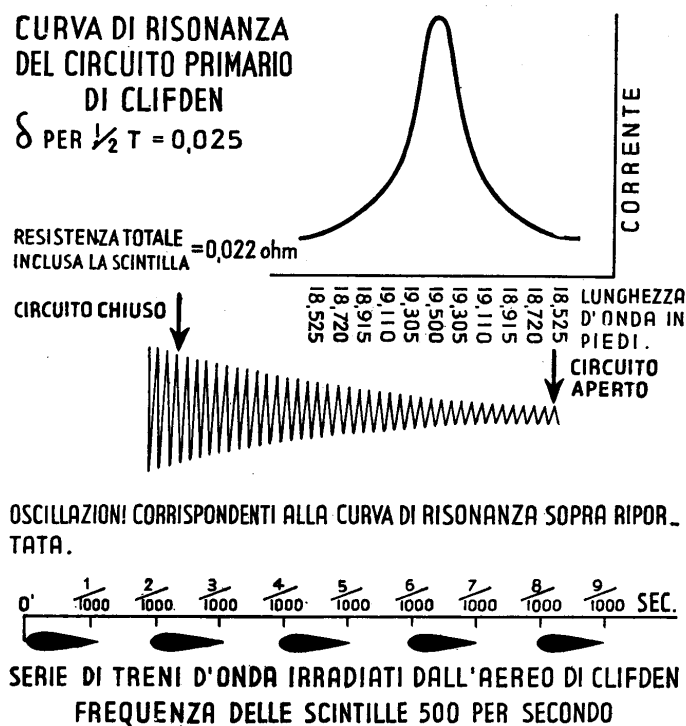


Fig. 5

In questo modo il ricevitore deve essere doppiamente accordato, col risultato che si può raggiungere una selettività assai maggiore di quella raggiungibile con l'accordo sulle sole onde.

In effetti, è abbastanza facile ricevere simultaneamente diversi messaggi trasmessi sulla stessa lunghezza d'onda, ma sintonizzati su diverse frequenze di gruppo.

Sempre che l'accordo sull'onda sia buono, si ottengono buonissimi risultati - o almeno risultati altrettanto buoni quanto quelli ottenuti con oscillazioni continue - con gruppi d'onde il cui decremento è per ogni gruppo 0,03, o 0,04; ciò significa che circa 30 o 40 oscillazioni utili vengono irradiate prima che la loro ampiezza sia divenuta troppo piccola per essere percepibile nel ricevitore.

Il circuito del condensatore a Clifden ha un decremento di 0,015-0,03 per onde abbastanza lunghe.

Questa persistenza delle oscillazioni è stata ottenuta con l'uso del sistema mostrato in figura 6, già da me descritto nel brevetto preso nel settembre 1907. Questo metodo elimina quasi completamente lo spinterometro e quindi la sua resistenza che, com'è noto, è la causa principale di smorzamento o attenuazione delle onde nel normale circuito trasmittente.

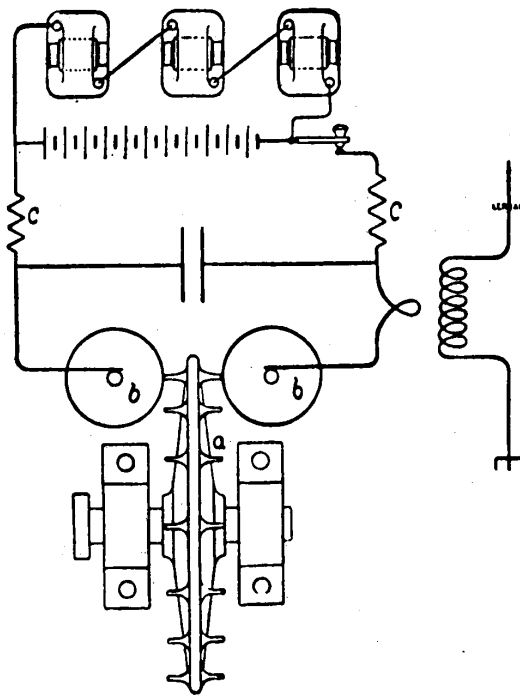
L'apparecchio mostrato in figura 6 consiste in un disco di metallo *a* avente delle sporgenze di rame fissate sulla sua periferia a intervalli regolari e disposte trasversalmente al suo piano. Il disco viene messo in rapidissima rotazione fra i due altri dischi *b*, per mezzo di un motore elettrico molto veloce o di una turbina a vapore. Questi dischi laterali ruotano lentamente in un piano ortogonale a quello del disco. I collegamenti

sono mostrati in figura. La lunghezza centrale delle sporgenze è tale che, passando, esse toccano appena i dischi laterali e quindi cortocircuitano lo spazio compreso fra questi.

Con la frequenza usata a Clifden, cioè 45.000 p.s, applicando un potenziale di 15.000 volt al condensatore, lo spinterometro è praticamente cortocircuitato durante il periodo in cui ha luogo una sola oscillazione completa, se la rotazione del disco avviene con una velocità periferica di circa 600 piedi al secondo. Il risultato è che il circuito primario può continuare a oscillare praticamente senza la dissipazione dovuta alla resistenza dello spinterometro. Senza dubbio il numero delle oscillazioni che può aver luogo è regolato dalla larghezza o dallo spessore dei dischi laterali, giacché il circuito primario viene bruscamente aperto non appena le sporgenze del disco mediano lasciano i dischi laterali.

La brusca apertura del circuito primario tronca ogni oscillazione che possa persistere nel circuito del condensatore; questo fatto porta con sé un ulteriore e non trascurabile vantaggio.

Infatti, se l'accoppiamento del circuito del condensatore all'aereo ha un valore opportuno, l'energia del primario sarà praticamente passata tutta al circuito di aereo, durante il periodo di tempo in cui il circuito del condensatore primario è chiuso dalla sporgenza che cortocircuita lo spazio compreso fra i due dischi; ma, dopo ciò, l'interruzione di questo cortocircuito fra i dischi, impedisce all'energia di ritornare al circuito del condensatore dall'aereo, come accadrebbe se si usasse un normale spinterometro.



SCARICATORE A DISCO
CORRENTE CONTINUA

Fig. 6

In questo modo la normale reazione che si verifica fra il circuito di aereo e il circuito condensatore può essere eliminata, col risultato che, con questo tipo di scaricatore e con un opportuno grado di accoppiamento, l'energia viene irradiata dall'aereo in forma di un'onda pura, mentre la perdita dovuta alla resistenza dello spinterometro viene ridotta a un minimo.

Posso mostrare una curva di risonanza rilevata e ricavata a Clifden dalle oscillazioni del solo primario.

Una caratteristica interessante dell'impianto di Clifden, specialmente da un punto di vista pratico e tecnico, è l'uso regolare di corrente continua ad alta tensione per la carica del condensatore. La corrente continua a un potenziale che può raggiungere i 20.000 volt, è ottenuta per mezzo di speciali generatori di corrente continua; queste macchine caricano una batteria di accumulatori comprendente 6.000 elementi collegati in serie: e faccio osservare che una tale batteria è la più grande esistente. La capacità di ogni elemento è di 40 amperora. Usando i soli accumulatori la tensione di lavoro varia tra 11.000 e 12.000 volt e quando i generatori di corrente continua e la batteria lavorano insieme, il potenziale può raggiungere i 15.000 mediante l'utilizzazione della maggior tensione degli accumulatori.

Per un periodo notevole del giorno soltanto la batteria di accumulatori è in funzione, col risultato che per 16 ore su 24 non vi è bisogno di macchine rotanti per il funzionamento della stazione, ad eccezione del piccolo motore per la rotazione del disco.

Il potenziale al quale il condensatore vien caricato raggiunge 18.000 volt quando quello della batteria o dei generatori è di 12.000. Questo potenziale si ottiene per il fatto che la tensione aumenta alle armature del condensatore a causa del rapido flusso di corrente che si determina ad ogni carica, attraverso le bobine di arresto o d'induttanza. Queste bobine sono collegate fra la batteria o il generatore e il condensatore c, figura 6.

Non è stata riscontrata alcuna difficoltà pratica sia a Clifden, sia a Glace Bay per quanto riguarda l'isolamento e la manutenzione di queste batterie di accumulatori ad alta tensione. Un isolamento soddisfacente è stato ottenuto dividendo la batteria in piccoli gruppi posti su supporti separati.

Questi supporti sono sospesi su isolatori fissati alle travi del soffitto della sala batterie. Un sistema d'interruttori, che possono essere messi elettricamente e simultaneamente in funzione, divide la batteria in sezioni, la tensione di ognuna delle quali è sufficientemente bassa da permettere di maneggiare gli elementi senza inconvenienti o rischi.

La disposizione dell'aereo adottata a Clifden e a Glace Bay è mostrata in figura 7. Questo sistema, basato sul risultato di prove che ho descritto per la prima volta alla Royal Society nel giugno 1906 (1), non solo rende possibile l'irraggiamento e la ricezione di onde di ogni lunghezza desiderata, ma anche tende a limitare la maggior parte della radiazione nella direzione voluta. Questa limitazione della trasmissione ad una sola direzione non è esattamente definita, ma, tuttavia, i risultati ottenuti sono fin troppo buoni per gli scopi pratici.



Fig. 7

In maniera simile, per mezzo di questi fili orizzontali, è possibile determinare l'orientamento o direzione di una stazione trasmittente e quindi limitare la ricettività del ricevitore alle sole onde che provengono da una determinata direzione.

Lo sfruttamento commerciale della radiotelegrafia e l'estesa applicazione del sistema su terraferma e sui navigli in quasi tutte le parti del mondo hanno molto facilitato la classificazione dei fatti e l'osservazione degli effetti. Molti di questi, come ho già detto, aspettano ancora una spiegazione soddisfacente.

Un risultato curioso che notai per la prima volta più di nove anni fa, durante alcune prove a grande distanza eseguite a bordo del *Philadelphia*, e che rimane tuttora una caratteristica importante della telegrafia attraverso lo spazio a grandi distanze, è l'effetto dannoso prodotto dalla luce del giorno sulla propagazione delle onde elettriche a grande distanza.

L'ipotesi, generalmente accettata, sulla causa di quest'assorbimento delle onde elettriche in presenza di luce solare, è fondata sulla convinzione che l'assorbimento sia dovuto all'ionizzazione delle molecole gassose dell'aria colpite da luce ultravioletta; poichè i raggi ultravioletti emanati dal sole sono notevolmente assorbiti nell'atmosfera superiore della terra, è probabile che questa porzione negli strati superiori dell'atmosfera che guarda il sole contenga un numero maggiore di ioni o di elettroni di quelli contenuti nella parte oscura, e quindi, come ha mostrato Sir J. J. Thomson (2), quest'aria illuminata o ionizzata assorbirà una parte dell'energia delle onde elettriche.

La lunghezza d'onda delle oscillazioni usate è strettamente collegata con questo interessante fenomeno, essendo le onde lunghe soggette all'influenza della luce solare in una misura assai più piccola di quanto non lo siano le onde corte.

Sebbene alcuni fisici ritenessero, alcuni anni fa, che l'effetto della luce solare dovesse essere più marcato sulle onde lunghe che non sulle corte, la mia esperienza ha mostrato il contrario; infatti, in alcune esperienze transatlantiche, nelle quali venivano usate onde di circa 8000 metri, l'energia ricevuta durante il giorno, alla stazione ricevente lontana, era generalmente maggiore di quella ricevuta durante la notte.

Osservazioni recenti mostrano, però, un fatto interessante: gli effetti variano notevolmente con la direzione nella quale avviene la trasmissione; i risultati ottenuti trasmettendo in direzione nord e sud sono spesso differenti da quelli osservati nelle direzioni est ovest.

Le ricerche sulle variazioni d'intensità di ricezione delle radiazioni usate nella telegrafia transatlantica sono state recentemente molto facilitate dall'uso di un galvanometro sensibile, mediante il quale l'intensità dei segnali ricevuti può esser misurata con un buon grado di precisione.

Per quanto riguarda le stazioni di piccola potenza come quelle usate sulle navi, e che, in accordo con la Convenzione Internazionale usano lunghezze di 300 e 600 metri, la distanza alla quale la comunicazione può esser stabilita durante il giorno è generalmente all'incirca la stessa, qualunque sia la posizione delle navi l'una rispetto all'altra o rispetto alle stazioni terrestri, mentre durante la notte si ottengono risultati interessanti e apparentemente strani. Le navi, distanti oltre le 1000 miglia, verso il sud della Spagna o verso le coste italiane, possono quasi sempre comunicare durante le ore di oscurità, colle stazioni del Post Office situate sulle coste dell'Inghilterra e dell'Irlanda, mentre le stesse navi, se si trovano nell'Atlantico, a distanze eguali dalla costa occidentale di queste isole e sulla rotta normale fra l'Inghilterra e l'America, possono difficilmente comunicare con queste stazioni costiere, a meno di non usare apparecchi specialmente potenti.

È stato anche notato che per raggiungere le navi nel Mediterraneo, le onde elettriche devono passare su una larga porzione dell'Europa, e, in molti casi, sulle Alpi. Questi lunghi percorsi su terra, specialmente se comprendono alte montagne, costituiscono, com'è noto, una barriera insormontabile per la propagazione delle onde corte durante il giorno. Sebbene non vi siano ostacoli fra le stazioni dell'Inghilterra e dell'Irlanda e le navi nell'Atlantico del Nord in rotta verso il Nord America, una trasmissione a una distanza di 1000 miglia durante la notte è un caso eccezionale. Gli stessi effetti si osservano generalmente quando le navi sono in comunicazione con le stazioni situate sulla costa atlantica dell'America.

Benchè le stazioni di grande potenza siano oggi usate per comunicare attraverso l'Atlantico e si possano inviare messaggi, di giorno altrettanto bene quanto di notte, esistono tuttavia dei periodi, che si riproducono giornalmente con una certa regolarità, durante i quali l'intensità dei segnali ricevuti raggiunge un minimo. Così, alla mattina e alla sera, quando, per effetto della differenza di longitudine, la luce o l'oscurità si estendono soltanto su una parte del percorso attraverso l'oceano, i segnali ricevuti sono più deboli. Sembrerebbe che le onde elettriche, passando dallo spazio oscuro a quello illuminato e viceversa, siano riflesse e rifratte in modo tale da esser deviate dalla loro traiettoria normale.

Altri risultati sembrano indicare, tuttavia, che è improbabile che tale difficoltà si ritrovi nel telegrafare a eguale distanza verso il nord e il sud sullo stesso meridiano, giacchè, in questo caso il passaggio fra la luce solare e l'oscurità avverrebbe più rapidamente sull'intera distanza fra le due stazioni.

Ho qui alcuni diagrammi che sono stati accuratamente preparati dal sig. H. J. Round. Essi mostrano la variazione media giornaliera dei segnali ricevuti a Clifden e trasmessi da Glace Bay.

Le curve tracciate nel diagramma di figura 8 mostrano la variazione normale d'intensità di questi segnali transatlantici su due lunghezze d'onda, una di 7000 metri e l'altra di 5000 metri.

L'intensità delle onde ricevute rimane stazionaria durante il giorno. Poco dopo il tramonto del sole a Clifden esse diventano gradualmente più deboli e, dopo circa due ore, raggiungono il minimo d'intensità. Poi cominciano di nuovo a rinforzarsi e raggiungono un massimo pronunziato circa all'ora del tramonto del sole a Glace Bay.

Esse ritornano poi gradualmente alla loro intensità normale, ma durante la notte esse sono molto variabili. Poco prima del sorgere del sole a Clifden i segnali cominciano a diventare regolarmente più intensi e raggiungono un altro massimo pronunziato poco dopo il sorgere del sole a Clifden. L'energia ricevuta decresceva stabilmente di nuovo fino a raggiungere un minimo molto marcato poco tempo prima del sorgere del sole a Glace Bay. Dopo di che i segnali ritornavano gradatamente all'intensità normale del giorno.

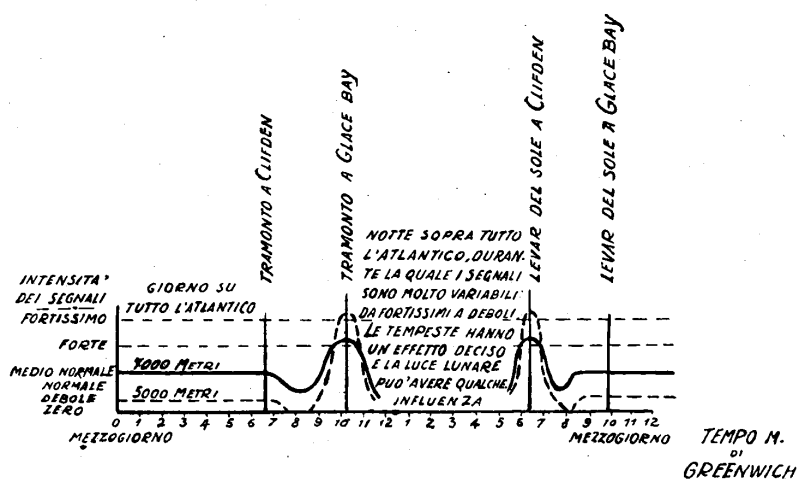


Fig. 8

Si può osservare che, sebbene le onde corte diano in media segnali più deboli, le variazioni tra i massimi e i minimi d'intensità sono per esse molto più sensibili che per le onde lunghe.

La figura 9 mostra le variazioni osservate a Clifden durante i periodi di ventiquattro ore cominciando dalle ore 12 del giorno, durante il mese di aprile 1911; le linee verticali tratteggiate rappresentano il tramonto e il sorgere del sole a Glace Bay e a Clifden.

La figura 10 mostra la curva corrispondente al primo giorno di ogni mese per un anno a partire dal maggio 1910 fino all'aprile del 1911.

Io ho eseguito una serie di esperienze, su distanze più grandi di quanto non sia stato precedentemente tentato, nel settembre e nell'ottobre dell'anno scorso, fra le stazioni di Clifden e di Glace Bay ed una stazione ricevente posta sul piroscampo italiano *Principessa Mafalda*, in viaggio dall'Italia all'Argentina (fig. 11).

Durante queste prove il filo ricevente era sospeso ad un aquilone, come era stato fatto nelle mie prime prove transatlantiche del 1901; l'altezza dell'aquilone variava fra 1000 e 3000 piedi. I segnali ed i messaggi erano ricevuti senza difficoltà, tanto di giorno quanto di notte, ad una distanza di 4000 miglia legali da Clifden.

Al di là di questa distanza la ricezione era possibile soltanto durante la notte. A Buenos Aires, a più di 6000 miglia da Clifden, i segnali notturni sia da Clifden che da Glace Bay, erano generalmente buoni, ma la loro intensità era soggetta a qualche variazione.

È piuttosto notevole il fatto che le radiazioni provenienti da Clifden potevano esser ricevute a Buenos Aires molto chiaramente

durante la notte, mentre non erano ricevute affatto durante il giorno e invece nel Canada i segnali provenienti da Clifden (24000 miglia di distanza) non erano più forti durante la notte di quanto non lo fossero durante il giorno.

Ulteriori prove sono state fatte recentemente dal Governo italiano tra una stazione posta a Massaua nell'Africa Orientale e Coltano in Italia. Questi esperimenti presentano un considerevole interesse per il fatto che la linea che congiunge le due stazioni passa al di sopra di regioni eccessivamente asciutte e su vaste distese di deserto, e comprende parti dell'Abissinia, il Sudan ed il deserto libico. La distanza tra le due stazioni è di circa 26000 miglia.

La lunghezza d'onda della stazione trasmittente in Africa era troppo piccola per permettere che la trasmissione potesse essere effettuata durante il giorno, ma i risultati ottenuti durante le ore di oscurità erano molto buoni, giacché i segnali ricevuti erano regolari e leggibili.

VARIAZIONE DEI SEGNALI A CLIFDEN
DURANTE L'APRILE 1911

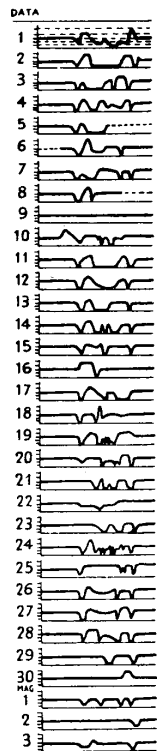


Fig. 9

VARIAZIONE DEI SEGNALI
A CLIFDEN
DAL MAGGIO 1910 ALL'APRILE 1911
CURVE RELATIVE AL PRIMO GIORNO
DI CIASCUN MESE

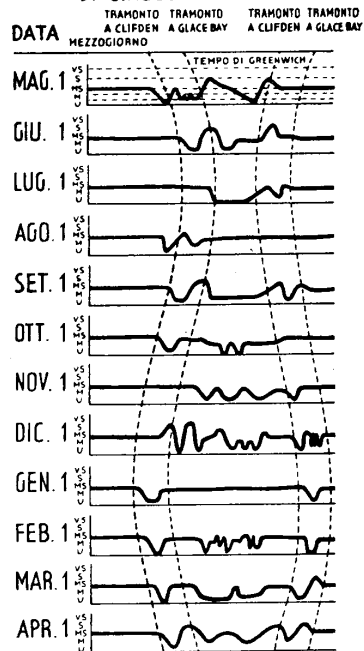


Fig. 10

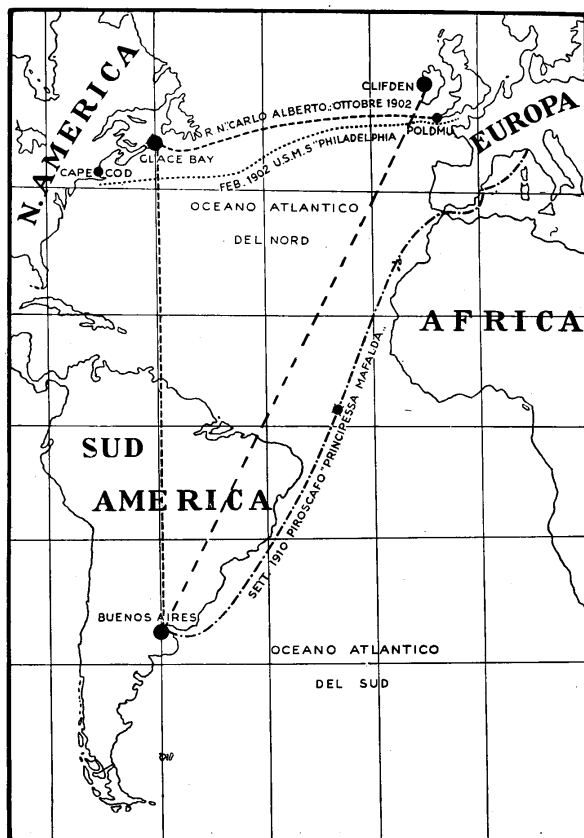


Fig. 11

I perfezionamenti introdotti a Clifden e a Glace Bay hanno avuto il risultato di ridurre notevolmente le interferenze alle quali le trasmissioni radiotelegrafiche a lunghe distanze erano particolarmente esposte nei primi tempi.

I segnali in arrivo a Clifden e provenienti dal Canada sono normalmente decifrati con facilità attraverso gli ordinari disturbi atmosferici. L'aumento d'intensità dei segnali ricevuti ha reso inoltre possibile l'uso di strumenti registratori, che non solo danno una registrazione duratura dei messaggi ricevuti, ma possono anche funzionare ad una velocità molto più elevata di quella che potrebbe essere raggiunta da un operatore che legge o che riceve ad ascolto.

La registrazione dei segnali è ottenuta fotograficamente nel modo seguente: un galvanometro a corda Einthoven sensibile è connesso al rivelatore magnetico o al ricevitore a valvola e le deviazioni del suo filamento prodotte dai segnali d'arrivo, sono proiettate e fissate fotograficamente su una striscia sensibile che si muove ad una velocità opportuna. Su alcune di queste registrazioni che posso mostrare, è interessante notare, insieme ai segnali, i segni caratteristici prodotti dalle onde elettriche naturali o disturbi atmosferici, i quali, a causa della loro origine dubbia sono stati chiamati « X ».

Sebbene la teoria matematica della propagazione delle onde elettriche attraverso lo spazio sia stata elaborata da Clerk Maxwell più di 50 anni fa e nonostante tutte le dimostrazioni sperimentali che si sono ottenute nei laboratori sulla natura di queste onde, noi spieghiamo attualmente soltanto in modo incompleto i principi fondamentali effettivi riguardanti la maniera di propagarsi delle onde, sui quali è basata la trasmissione radiotelegrafica. Per esempio, nei primi giorni della radiotelegrafia, si credeva in generale che la curvatura della terra dovesse costituire un ostacolo insormontabile per la trasmissione delle onde elettriche fra due punti molto distanti. Per un certo tempo non si tenne conto sufficientemente dell'effetto probabile dovuto alla connessione con la terra specialmente nei riguardi della trasmissione delle oscillazioni a grande distanza.

I fisici hanno considerato per lungo tempo la telegrafia senza fili come esclusivamente dipendente dagli effetti della libera radiazione hertziana attraverso lo spazio e sono passati degli anni prima che il probabile effetto della conduttività della terra fosse considerato e discusso.

Lord Rayleigh, riferendosi alla radiotelegrafia transatlantica, disse in una conferenza, letta innanzi alla Royal Society nel maggio 1903, che i risultati da me ottenuti nell'invio di segnali attraverso l'Atlantico suggerivano « un incurvamento o diffrazione più marcata delle onde attorno la curvatura della terra di quanto non ci si sarebbe aspettato » e disse inoltre che da ciò derivava un grande interesse pel problema teorico (3). Il prof. Fleming, nel suo libro sulla telegrafia con onde elettriche, dà dei diagrammi che mostrano come si possa ottenere una rappresentazione schematica del distacco di semi-anelli di forza elettrica da un semplice filo verticale (fig. 12).

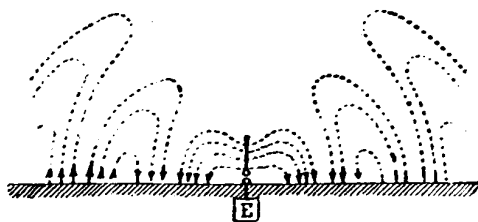


Fig. 12

Come si vede, queste onde non si propagano nello stesso modo come farebbe una radiazione libera prodotta da un classico oscillatore hertziano, ma scivolano lungo la superficie della terra.

Il prof. Zenneck (4) ha accuratamente studiato l'effetto di aerei riceventi e trasmettenti collegati alla terra e ha cercato di dimostrare matematicamente che, quando le linee di forza elettrica, che costituiscono un fronte

d'onda, passano su di una superficie di basso potere induttivo specifico - come la terra - esse s'inclinano in avanti, giacchè le loro estremità più basse vengono ritardate dalla resistenza del conduttore al quale sono attaccate. Sembra inoltre che la telegrafia senza fili, così come è praticata attualmente, dipenda in gran parte dalla conduttività della terra, e che la differenza di funzionamento su grandi distanze al di sopra del mare paragonate a quelle al di sopra della terra sia sufficientemente spiegata dal fatto che l'acqua del mare è assai miglior conduttore che non la terra.

L'importanza o l'utilità della connessione con la terra è stata discussa qualche volta ma, secondo me, non esiste nessun sistema pratico di telegrafia senza fili nel quale gli strumenti non siano in qualche modo connessi alla terra.

Per connessione con la terra non intendo necessariamente un'ordinaria connessione metallica come quella usata nella telegrafia su filo. Il filo di terra può avere un condensatore in serie, ovvero, cosa che è realmente equivalente, esser connesso ad un'area capacitativa, posta sulla superficie del suolo. Ora, è ben noto che un condensatore, se è grande abbastanza, non impedisce il passaggio delle oscillazioni di alta frequenza e quindi, in questo caso, quando si usa una cosiddetta capacità di contrappeso, l'antenna è, per tutti gli scopi pratici, collegata alla terra.

Io sono dunque del parere che non vi sia assolutamente alcun fondamento nell'asserzione che è stata recentemente fatta e intesa a dimostrare che il collegamento con la terra è dannoso nei riguardi di una buona sintonia ammesso naturalmente che la terra sia buona.

Certamente, a causa della sua resistenza, ciò che gli elettricisti chiamano una cattiva terra ridurrà le oscillazioni e in questo modo renderà difficile il raggiungimento dell'accordo; ma tale effetto non viene osservato quando si impieghi un efficiente collegamento di terra.

In conclusione, io credo di non essere troppo ardito dicendo che la telegrafia senza fili tende a rivoluzionare i nostri mezzi di comunicazione fra i vari punti della superficie terrestre. Per esempio, messaggi commerciali comprendenti un totale di 812.200 parole sono stati inviati e ricevuti fra Clifden e Glace Bay dal 1° maggio 1910 alla fine di aprile 1911; la radiotelegrafia ha inoltre fornito mezzi di comunicazione fra navi e costa nei casi in cui la comunicazione era prima praticamente impossibile. Il fatto che alla Conferenza imperiale che ora si riunisce a Londra sia discusso un sistema di Radiotelegrafia Imperiale, mostra l'eminente posizione che la radiotelegrafia a grande distanza ha raggiunto nel breve spazio di un decennio. La sua importanza dal punto di vista commerciale, navale e militare è aumentata notevolmente durante gli ultimi pochi anni, in conseguenza delle molte stazioni che sono state impiantate e che sono attualmente in corso di costruzione, in tutte le parti del mondo, sulle varie coste, nelle regioni interne, a bordo delle navi. Nonostante questa molteplicità di stazioni e il loro funzionamento quasi continuo, posso dire, per esperienza pratica, che non vi è quasi mai mutua interferenza tra apparecchi che siano ben montati e efficientemente accordati. Qualche interferenza c'è senza dubbio fra le navi, a causa del fatto che le due lunghezze d'onda adottate, in accordo con la Convenzione internazionale, non sono sufficienti per l'invio regolare del gran numero di messaggi che vengono trasmessi dalle navi, equipaggiate con la radiotelegrafia, il cui numero è sempre crescente. Un notevole vantaggio potrebbe essere ottenuto utilizzando una terza onda più lunga da impiegare esclusivamente per le comunicazioni a grande distanza.

Per quanto riguarda le stazioni transatlantiche di grande potenza, la facilità con cui l'interferenza è stata eliminata ha in certo modo superato le mie aspettative. Alla stazione ricevente, posta a una distanza di sole 8 miglia dal potente trasmettitore di Clifden, durante una dimostrazione recente preparata per l'Ammiraglio,

si son potuti ricevere messaggi da Glace Bay senza interferenza con Clifden, mentre questa ultima stazione trasmetteva col massimo della potenza su una lunghezza d'onda che differiva solo del 25 % dall'onda irradiata da Glace Bay; il rapporto fra il massimo registrato da Clifden e quello da 8 miglia essendo in proporzione di 750 a uno.

Sono state prese disposizioni per trasmettere e ricevere permanentemente e simultaneamente in queste stazioni; queste disposizioni, qualora siano completate costituiranno in effetti una comunicazione radiotelegrafica in duplex tra l'Irlanda e il Canada.

Il risultato di cui ho parlato ora mostra che si potrebbe trasmettere nel medesimo tempo su lunghezze d'onda leggermente differenti da un gran numero di stazioni a grande distanza, poste in Inghilterra ed in Irlanda, senza pericolo di mutua interferenza.

L'estendersi dell'uso della radiotelegrafia è principalmente dovuto alla facilità con la quale le stazioni possono efficacemente lavorare in prossimità l'una dall'altra.

Considerando che le lunghezze d'onda attualmente usate si estendono tra 200 e 23.000 piedi e che inoltre sono oggi adottabili sistemi accordabili su gruppi d'onda e sistemi direttivi, non è difficile prevedere che questo metodo di comunicazione relativamente nuovo è destinato ad assumere una posizione della più grande importanza nel facilitare le comunicazioni attraverso il mondo.

Indipendentemente dal funzionamento a grandi distanze, il valore pratico della radiotelegrafia può forse esser diviso in due parti: 1° quando essa è usata per trasmissioni sul mare; 2° quando essa è usata su terra. Molti paesi, compresi l'Italia, il Canada e la Spagna, hanno già aggiunto ai loro sistemi ordinari di telegrafia gli impianti di radiotelegrafia, ma qualche tempo dovrà passare prima che questo metodo di comunicazione sia usato su larga scala in Europa per scopi interni, tenendo conto del fatto che esiste già un'efficiente rete di linee terrestri la quale non rende necessari ulteriori mezzi di comunicazione; è quindi probabile che, almeno per il presente, l'uso principale della radiotelegrafia sarà limitato ai paesi extra europei, nei quali, per effetto delle condizioni climatiche o per altre cause, sia assolutamente impossibile l'efficiente manutenzione della telegrafia su filo. Una prova di ciò è data dal successo riportato dal funzionamento delle stazioni recentemente erette in Brasile e nelle Amazzoni Superiori.

La maggior parte delle persone pensa forse che l'applicazione più meravigliosa della telegrafia senza fili sia il suo uso sul mare. All'epoca della sua introduzione le navi che si trovavano ad una distanza apprezzabile da terra, non avevano alcun mezzo per entrare in contatto con la costa per tutta la durata del loro viaggio. Coloro che fanno oggi invece dei lunghi viaggi per mare non vengono più per lungo tempo tagliati dal resto del mondo; gli uomini d'affari possono continuare a corrispondere con ragionevoli tasse con i loro uffici d'America o in Europa; normali messaggi possono essere scambiati tra i passeggeri e i loro amici a terra; un giornale quotidiano è pubblicato a bordo dei principali piroscafi e dà le principali notizie del giorno. La radiotelegrafia ha in più di un'occasione apportato un aiuto incalcolabile al corso della giustizia: un esempio ben noto di ciò è stato l'arresto che ha avuto luogo recentemente, grazie al suo intervento, di un noto criminale, mentre stava per sbarcare nel Canada.

Tuttavia, il principale merito della radiotelegrafia consiste nella facilità con la quale essa permette alle navi in pericolo di comunicare la loro posizione alle navi vicine o alle stazioni costiere; e che essa sia attualmente considerata come indispensabile per questo motivo, è mostrato dal fatto che parecchi Governi hanno approvato una legge per la quale l'impianto radiotelegrafico è obbligatorio per le navi da passeggeri che entrano nei loro porti.

- (1) *Sui metodi mediante i quali l'irraggiamento di onde elettriche può essere principalmente limitato ecc.*, " Proc. Roy. Soc. ", A, vol. 1, XXVII, pag. 413.
- (2) " Philosophical Magazine ", ser. 6°, vol. IV. Pag. 253.
- (3) " Proc. Roy. Soc. ", vol. LXXII, pag. 40.
- (4) " Annalen der Physik ", XXIII, pag. 846; „ Physikalische Zeitschrift „, 1908, pag. 50, 553.