



SPE 794

INU.2310

Fig. 1 - Durante una pausa nell'esplorazione della Grotta del Nettuno, l'autore e l'altro operatore con i radiotelefonici in spalla. (Foto Balducci - G.G.M.).

Propagazione delle radio onde nelle grotte

di Arrigo Cigna (i l CVL)

Introduzione

Questo titolo forse potrà meravigliare qualcuno. Effettivamente a prima vista può sembrare fuori dal comune la scelta di un simile tema per una serie di ricerche delle quali si danno qui le conclusioni.

È necessario quindi chiarire che il presente studio non mira alla risoluzione di un problema puramente scientifico: esso tende a fornire delle indicazioni che potranno riuscire utili per conseguire risultati soddisfacenti nei futuri collegamenti radio nel corso di esplorazioni speleologiche.

L'esplorazione del sottosuolo, delle caverne cioè, non costituisce solo uno sport, ma comprende numerose ricerche di carattere scientifico che riescono della massima utilità per il geologo, per il progettista di

impianti idroelettrici, per il biologo, e così via.

Apparirà quindi evidente come da parte degli speleologi si cerchi di migliorare l'attrezzatura tecnica adoperata nelle esplorazioni. L'ultimo progresso, dal punto di vista cronologico, è appunto la sostituzione (fin dove è possibile, e si vedrà dopo il motivo) degli antiquati telefoni con dei moderni radiotelefonici.

Questa sostituzione apporta però nuovi problemi alla tecnica delle comunicazioni in grotta. Primo tra questi, quello della propagazione. Infatti se essa ha tanta importanza in un collegamento all'aperto dove le onde hanno tutto lo spazio a loro disposizione, si potrà ben comprendere quanto sia necessario uno studio sistematico della propagazione nell'ambiente tutto speciale di una grotta.

Radiotelefoli

Gli apparecchi impiegati nel corso delle esperienze, sono dei ricetrasmittitori Allocchio-Bacchini modificati.

In ricezione si ha una sezione di una 3A5 rivelatrice in super-reazione seguita dai due pentodi di una DLL 21 amplificatori in BF, con ascolto in cuffia. In trasmissione la 3A5 diventa oscillatrice modulata dalla DLL 21. Vengono usati dei laringofoni a carbone e la frequenza di lavoro è di 38,5 MHz.

Ciascuno di questi apparecchi è costituito da due cassetine dal peso complessivo di circa 3 Kg. Tali cassetine sono sistemate rispettivamente sul petto e sulla schiena dell'operatore, sostenute da due cinghie di cuoio. Nella cassetina anteriore trova posto l'apparecchio vero e proprio con uno spazio per la cuffia ed i laringofoni; in quella posteriore sono situate le pile (una da 67,5 v. per l'alimentazione anodica, due torce da 1,5 v. in parallelo per l'accensione filamenti e un'altra torcia per l'eccitazione dei laringofoni).

Sulla spalla sinistra dell'operatore, fissata a una delle cinghie che sostengono le cassetine, si innalza l'antenna, consistente in uno stilo lungo circa 60 cm. Questa antenna è sfilabile per consentire una maggiore maneggevolezza durante « passaggi » in roccia, o comunque difficili.

Sul pannello della cassetina anteriore contenente il ricetrasmittitore si trovano i seguenti comandi: interruttore d'accensione, commutatore trasmissione - ricezione, regolazione della sintonia con blocco e regolazione del volume. E' presente inoltre un interruttore automatico che stacca l'alimentazione all'atto della chiusura del coperchio. Si evita così la scarica delle pile dimenticando di spegnere l'apparecchio alla fine dell'impiego.

Esperienze

Le prime ricerche con questi radiotelefoli furono compiute nel luglio 1952 nella Grotta del Nettuno (Alghero, Sardegna) durante una esplorazione delle cavità di quella zona effettuata dal Gruppo Grotte di Milano.

Un secondo ciclo di esperienze si svolse poi nell'ottobre 1952 nelle Grotte di Castellana (Bari). Quest'ultima spedizione fu

organizzata appositamente per studiare la propagazione in grotta sotto particolari condizioni.

Infatti nella Grotta del Nettuno il fondo della grotta stessa è costituito da un grande lago di acqua salata. La conducibilità delle pareti, oltre a quella della superficie del lago, risulta pertanto piuttosto elevata.

Nelle Grotte di Castellana invece si ebbe il caso opposto; di pareti cioè relativamente poco umide e, conseguentemente, essendo la roccia costituita sia nel primo caso che nel secondo, prevalentemente da calcare, scarsamente conduttive.

Le altre caratteristiche fisiche degli ambienti che potrebbero avere qualche influenza sulla propagazione, quali ad esempio, umidità relativa e temperatura (secondo misure compiute nelle Grotte di Castellana non sembra che vi sia un legame tra la propagazione e la ionizzazione dell'aria) rimangono pressochè costanti per tutti gli esperimenti svolti, ciò in considerazione anche del fatto che il fattore « ambiente » (intendendosi con questo termine l'insieme di tutte le caratteristiche fisiche di una grotta) è sufficientemente costante per ogni grotta e tende ad un limite comune per tutte le grotte. In altre parole, in generale, le grotte, dal punto di vista delle caratteristiche fisiche sono molto simili.

E appunto in conseguenza di questa uniformità dell'ambiente ipogeo, che, dopo aver condotto a termine la prima parte delle esperienze, si scelsero le Grotte di Castellana per riprendere le ricerche, dato l'interesse presentato dalla rara e relativamente grande differenza offerta da queste ultime grotte, rispetto a quella prima studiata, dal punto di vista della conduttività delle pareti.

I fenomeni riscontrati nella propagazione delle radioonde sono essenzialmente i seguenti:

1) scarsa influenza sull'attenuazione, della distanza tra il trasmettitore e il ricevitore;

2) grande influenza delle dimensioni geometriche della cavità sull'attenuazione, in relazione alla frequenza adoperata;

3) formazione di un campo irregolarmente costituito;

4) legame tra la conduttività delle pareti e le irregolarità del campo.

Si può ora passare all'esame di ogni singolo fenomeno.

1) La scarsa influenza del fattore distanza sull'attenuazione appare evidente conseguenza del breve raggio (500 metri) entro il quale si svolgono i collegamenti. Questo limite, in generale anche molto minore, viene imposto dalla influenza delle dimensioni geometriche sulla propagazione stessa.

2) Infatti per dimensioni della cavità dell'ordine di mezza lunghezza d'onda (38,5 MHz. = m. 7,8 = λ) la comprensibilità dei messaggi trasmessi praticamente si annulla per il forte aumento del rumore di fondo che copre talvolta completamente il segnale.

Questo fenomeno si verifica quando una stazione lavora all'interno di un cunicolo o di una galleria piuttosto stretta. Si può esaminare ora che cosa avviene durante la ricezione e cosa durante la trasmissione.

In ricezione, l'apparecchio, avendo il primo stadio rivelatore in superreazione, emette onde a radiofrequenza. Nel caso di pareti vicine in tutto lo spazio circostante l'antenna, si ha una riflessione delle onde emesse dal circuito a superreazione con conseguente formazione di un campo che si sovrappone a quello necessariamente più debole perchè più distante, generato dal trasmettitore. (Fig. 2).

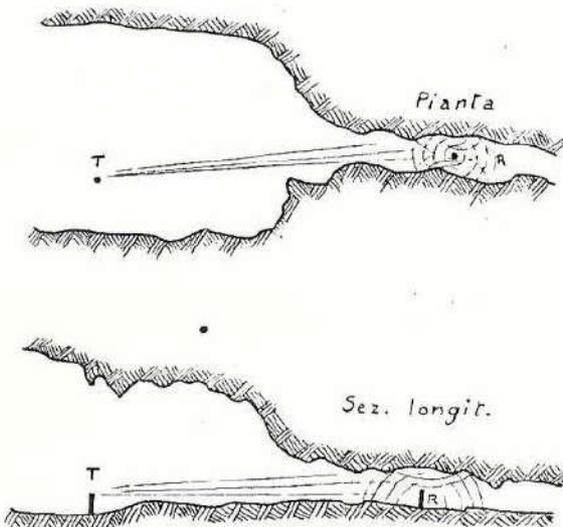


Fig. 2 - Attorno al ricevitore si forma un campo secondario dovuto al circuito superrigenerativo, che ostacola la ricezione del segnale.

L'aumento del rumore di fondo che ne deriva può quindi annullare completamente la comprensibilità del segnale ricevuto.

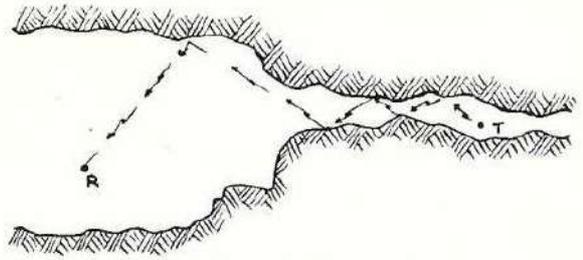


Fig. 3 - Le onde nel cunicolo perdono gran parte dell'energia nelle successive riflessioni.

Nel caso che la stazione presa in esame, cioè quella nel cunicolo, sia in trasmissione, si nota una attenuazione progressiva del segnale ricevuto dall'altra stazione, proporzionale allo spazio che le onde devono percorrere nel cunicolo stesso. Ciò è dovuto al fatto che le pareti, anche se non sono conduttive come quelle della Grotta del Nettuno (che rappresenta un caso limite) dove il lago salato le manteneva sempre molto umide e impregnate di una soluzione (NaCl) molto dissociata, funzionano da schermi riflettori quando la loro distanza dall'antenna emittente sia dell'ordine di $\lambda/2$.

È evidente ora che quanto più è lungo il percorso delle onde nel cunicolo, tanto più numerose sono le riflessioni, e contemporaneamente gli assorbimenti, e tanto minore è l'energia che raggiunge l'antenna ricevente. (Fig. 3).

Infatti ponendo l'energia di un'onda prima della riflessione uguale a E , dopo la riflessione l'energia diventa:

$$E_r = \vartheta E \quad \text{con } 0 < \vartheta < 1$$

quando ϑ sia il coefficiente di riflessione delle pareti. Dopo n riflessioni si ha:

$$E_{rn} \approx \vartheta^n E_{r_{n-1}} = \prod \vartheta_i E$$

e poichè:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \prod \vartheta_i = 0$$

la E_{rn} diminuisce sempre e, per un certo $n = v$:

$$E_{rv} < \varepsilon$$

essendo ε l'energia minima necessaria per generare un segnale nel ricevitore. Prescindendo quindi dall'annullamento del campo per onde sfasate di π , si vede come dopo v riflessioni il campo sia già praticamente nullo.

Questi risultati concordano del resto con quanto riferito su RR (n. 10-11, 1951, pag. 447) da il-BBE, CMP, ed AHV in merito ad esperimenti effettuati sui 145 MHz nelle Grotte del Farneto presso Bologna.

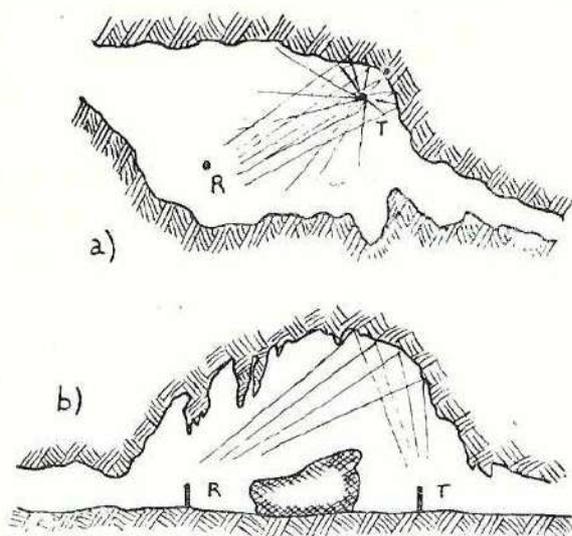


Fig. 4 - In a) il campo risulta rinforzato, in alcuni punti, dalle onde riflesse dalla parete. In b) la riflessione dovuta alla volta permette il superamento dell'ostacolo.

3) Le riflessioni cui si è ora accennato avvengono naturalmente anche nelle cavità vaste, oltre che nei cunicoli. In queste cavità però, con un minor numero di balzi sulle pareti o addirittura per onda diretta, riesce possibile il collegamento tra le due stazioni.

Tuttavia specialmente quando una di esse, o anche entrambe, sono situate ad una distanza inferiore a $\lambda/2$ dalle pareti, si nota la formazione di un campo irregolarmente distribuito a causa della funzione di schermo riflettore svolta dalle pareti stesse (Fig. 4).

Si hanno così dei punti in cui il campo è intensificato, e degli altri che trovandosi nel cono d'ombra di frapposti ostacoli presentano una minore intensità locale.

Può anche darsi che qualcuna di queste variazioni di intensità del campo sia dovuta alla sovrapposizione di due onde sfasate di $k\pi$ per differenze di percorso pari a $h \lambda/2$.

Questo fenomeno assume una particolare importanza quando si presenti il problema di stabilire un collegamento in una cavità vasta ma col fondo non pianeggiante, o ogni modo con grossi ostacoli tra le stazioni.

Infatti con opportuni spostamenti è sovente possibile ottenere un particolare effetto direttivo delle pareti che permette il superamento degli ostacoli e migliora così le condizioni di ricezione. (Fig. 4 b).

Nella fig. 5 vengono indicate ad esempio le zone di rafforzamento del campo rilevate nella sala del lago della Grotta del Nettuno; la distribuzione di tali zone dipende naturalmente dalla posizione del trasmettitore, che in figura viene indicato con T.

4) Da quanto sopra esposto risulta infine palese l'influenza del grado di conducibilità delle pareti sugli effetti direzionali che conducono ai fenomeni riferiti.

Infatti in generale, tanto più sarà conduttiva una parete, tanto più accentuata sarà la relativa caratteristica di riflettere e dirigere le radioonde.

Conclusione

Dalle esperienze finora condotte appare abbastanza definito il comportamento delle radioonde in grotta, almeno per le frequenze da 145 MHz a 38,5 MHz. Infatti la concordanza di questi ultimi esperimenti con le prove condotte nel 1951 dagli OM bolognesi nelle Grotte del Farneto, fa ritenere che anche per le frequenze comprese tra i 145 MHz e i 38,5 MHz il comportamento sia analogo a quello rilevato direttamente.

Tra i vari fenomeni riscontrati e descritti, il più importante, almeno dal punto di vista dei futuri collegamenti radio in grotta, sembra essere quello delle riflessioni delle pareti e dei conseguenti rafforzamenti locali del campo. Opportunamente sfruttato potrà migliorare grandemente, come già è stato detto, le condizioni nelle quali si svolgono i collegamenti medesimi.

Rimane d'altra parte l'ostacolo offerto dai cunicoli e dalle gallerie strette, alla propagazione, ostacolo che al momento attuale sembra superabile solo aumentando



Fig. 5 - Sala del Lago nella Grotta del Nettuno. Le zone punteggiate indicano un rafforzamento del campo.

la frequenza di lavoro. La diminuzione del λ permetterà allora l'uso dei radiotelefoni in ambienti di minor vastità.

Ciò tuttavia comporterà un accentuamento esagerato degli effetti direzionali, con notevoli svantaggi quando una stazione debba spostarsi continuamente per seguire i movimenti delle squadre di speleologi.

Altrimenti si potrà ovviare a questi inconvenienti mediante l'impiego di telefoni in certi tratti delle grotte che consiglino tale sostituzione (1).

Ringraziamenti

Desidero ringraziare da queste righe il-BIB per il valido aiuto prestato durante la messa a punto delle apparecchiature, il Gruppo Grotte di Milano, specialmente nelle persone degli altri operatori che hanno collaborato agli esperimenti, ed il Dott. F. Anelli, Direttore delle Grotte di Castellana per il suo appoggio prezioso, sia morale che materiale, che ha permesso e favorito la riuscita delle ricerche eseguite in quelle grotte.

(1) N.D.D. Sarebbe opportuno abbandonare i ricevitori superreattivi e sperimentare anche frequenze più basse.

11SN



Inviano L. 150 in francobolli alla Ditta

Gian Bruto Castelfranchi

VIA S. ANTONIO 13 - MILANO

riceverete il catalogo illustrato
n. 64 ed il Bollettino n. 84

notiziario IARU

Sono entrate a far parte della IARU, nel 1952, sette nuove associazioni radiantistiche:

Radio Society of Bermuda;

Guayaquil Radio Club;

Deutscher Amateur Radio Club (D.A.R.C.);

Vereniging voor Experimenteel Radio Onderzoek

in de Nederlandse Antillen (V.E.R.O.N.A.);

Radio Society of Southern Rhodesia;

Liga de los Radio-Emissores de Mocambique;

Saver Radioamatera Jugoslavije.

L'avvenimento più importante dell'annata è costituito dall'assegnazione, a gli OM, della gamma dei 21 MHz. Non ci sono ancora notizie ufficiali, ma sembra che questa gamma presenti ottime caratteristiche come « gamma DX ». I « paesi » i cui OM operano su 21 MHz sono già 66.

In occasione della nuova concessione è stata « ritirata » una fetta della gamma 14, da 14,350 a 14,400 KHz.

Il nuovo presidente della ARRL, e, secondo la Costituzione IARU, Presidente della International Radio Amateur Union, è W ϕ TSN: Goodwin L. Dosland.

Paesi nuovi: hanno avuto regolari licenze gli OM: delle antille Olandesi, nominativo PJ2; del Libano, OD5; del Giappone, JA. Le forze di occupazione in Giappone prendono il prefisso KA.

Quest'anno sono stati rilasciati 682 certificati WAC, di cui 240 in fonia. 12 nuovi certificati sono stati rilasciati per i 3,5 MHz.

Il VERON fa presente — tramite IARU — a tutte le società affiliate che il solo recapito valido per le QSL dei dilettanti olandesi è Veron QSL Bureau, Postbox 400, Rotterdam.

Nelle Filippine: è stato concesso l'uso della gamma 50 MHz per stazioni fisse e portatili — è stato abbassato il limite di età per l'ottenimento della licenza, da 18 a 15 anni — stabilita la validità delle licenze a 3 anni, varata la procedura per gli « esami », concessa la gamma 21 - 21,45 MHz, permessa la fonia da 7 a 7,15 MHz e da 21 a 21,45 MHz.

430 MHz:

Il 28-8-'52 FA8IH in Algeri ha stabilito il record mondiale a una via (Cross-band 435/144 MHz) con F9BG di Tolone, con un QSO di 1 ora!