

RACCOLTA DI DATI IONOSFERICI DEDOTTI DA PROVE DIRETTE DI COLLEGAMENTI R.T. EFFETTUATI SULLA RETE DELL'ESERCITO

STELIO SILLENI

1. — In concomitanza con i sondaggi ionosferici sistematici effettuati presso l'Istituto Nazionale di Geofisica (1) si è ritenuto utile raccogliere i dati di esercizio di una rete R.T. che utilizza generalmente la propagazione ionosferica.

Scopo di questa raccolta di dati è il confronto tra i valori delle frequenze critiche ottenuti dalle misure dirette con la sonda dell'I.N.G. e quelli dedotti dal comportamento dei collegamenti R.T. Inoltre essi danno la possibilità di trarre norme per l'utilizzazione dei sondaggi a fini tecnici e di precisare il significato della MFU (massima frequenza utilizzabile) e della FOL (frequenza ottima di lavoro).

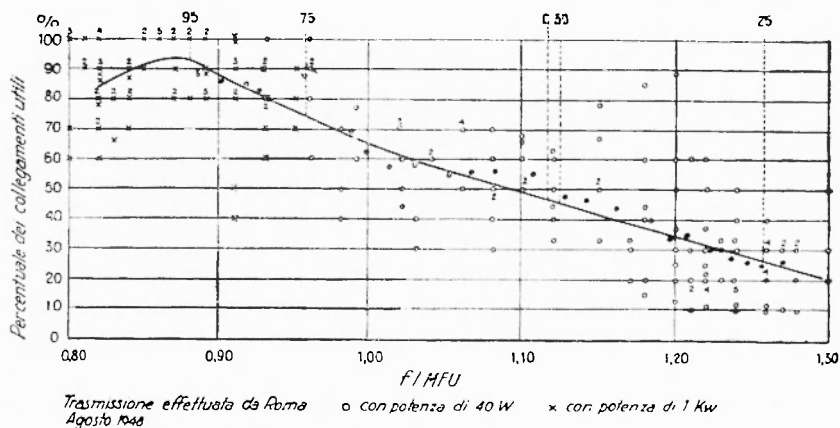


Fig. 1

La rete R.T. osservata è quella nazionale dell'Esercito che collega Roma con comandi che risiedono nei capoluoghi di Regione. La raccolta dei dati è stata iniziata nel mese di agosto 1948, e verrà effettuata per la durata di un anno.

(1) BOLLE A., SILLENI S. e TIBERIO C. A.: *Registrazioni ionosferiche* - Annali di Geofisica.

In questa relazione preliminare si riferiscono i risultati ottenuti nei primi tre mesi.

2. *Modalità delle esperienze.* — Ragioni pratiche hanno indotto a limitare la raccolta dei dati ad una sola frequenza, scelta in modo da essere sufficientemente libera da interferenze (7695 kHz) e a soli dieci giorni di ciascun mese (la seconda decade). Le trasmissioni vengono effettuate in telegrafia manuale da Roma con una potenza antenna di 1 kW di giorno, e di 40 watt di notte. Le stazioni periferiche in numero variabile ma sempre superiore a 10, ricevono in cuffia la trasmissione da Roma e rispondono con potenze che sono generalmente di 40 watt. Le distanze di collegamento sono comprese tra 195 e 510 km.

Le trasmissioni vengono effettuate ogni ora (per i mesi di agosto e settembre esse sono state raffittite ai crepuscoli, e più intervallate negli altri periodi della giornata).

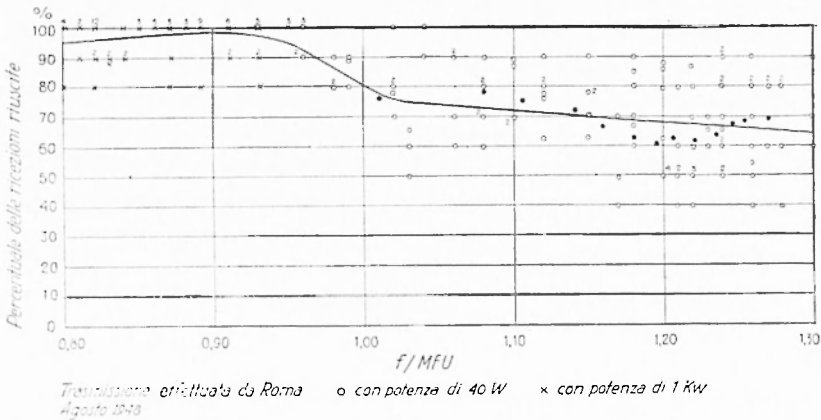


Fig. 2

Per ogni ora ed ogni percorso viene segnata la intensità di ricezione a udito, secondo la scala QSA, che comprende 5 gradini, di cui il primo è definito « appena percettibile ». Tra gradino e gradino vi è un dislivello approssimativo di 10 db (rapporto di potenza 10). Una indicazione maggiore di 2 corrisponde alla possibilità di una regolare trasmissione di messaggi.

3. *Modalità della elaborazione.* — I dati dei mesi di agosto-settembre-ottobre 1948 sono stati elaborati per studiare il comportamento dei collegamenti ottenuti, in funzione della potenza, della fre-

quenza, dell'ora e del mese, ed in particolare le fluttuazioni intorno alla media a qualunque causa dovute.

Poiché sono ormai disponibili diagrammi medi di andamento della frequenza critica in funzione dell'ora del giorno ⁽²⁾, e si è acquisita una tecnica che permette di riferire le frequenze critiche a quelle massime usabili per le varie distanze ⁽³⁾, si sono utilizzati tali mezzi per ridurre le tre variabili frequenza, ora, distanza, ad una variabile sola: il rapporto x tra la frequenza di sperimentazione (fissa) e la frequenza massima usabile per il percorso e l'ora considerata, calcolata secondo i dati delle note ⁽²⁾ e ⁽³⁾. Tale rapporto è stato riportato in ascisse nei diagrammi allegati, ed indicato con f/MFU .

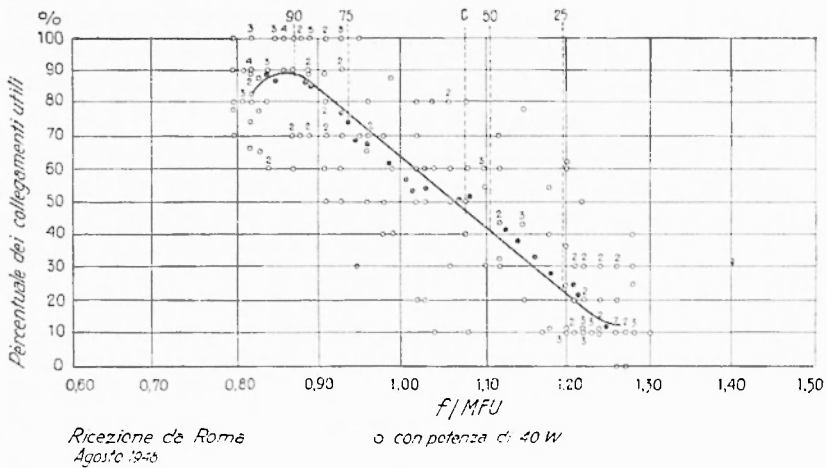


Fig. 3

Sono state inoltre calcolate le percentuali:

a) delle ricezioni riuscite, anche con intensità minima, rispetto a quelle tentate;

b) dei collegamenti utili (ossia di quelli in cui è stata indicata intensità maggiore di QSA 2 rispetto al totale dei collegamenti effettuati);

⁽²⁾ CRPL-D Series (mensile) del National Bureau of Standards, Washington, D.C., U.S.A. (cfr. anche A. F., XV, 3, sett. 1946). Dati tratti dalla CRPL-D validi per l'Italia vengono diramati, con circa 1 mese di anticipo, dall'Ispettorato dell'Arma del Genio, e dati relativi ai percorsi Roma-New York, Roma-Buenos Aires e Roma-Cairo vengono pubblicati a cura della Italcable, sulla Rassegna delle Poste e Telecomunicazioni.

⁽³⁾ Nomogrammi delle circolari 462 e 465 del NBS e, in prima approssimazione, regola della secante.

e) dei collegamenti in cui si è avuta intensità maggiore di 3 (per un solo caso).

Ogni cerchietto o crocetta rappresenta i risultati ottenuti, per un dato percorso ed ora, nei dieci giorni considerati.

Il numero n segnato vicino ad alcuni punti indica che essi vanno contati n volte. Ogni punto pieno rappresenta invece la media mobile effettuata con tutti i dati di cinque colonne successive. L'andamento generale delle medie mobili è indicato dalla curva, che non è stata però utilizzata nei calcoli.

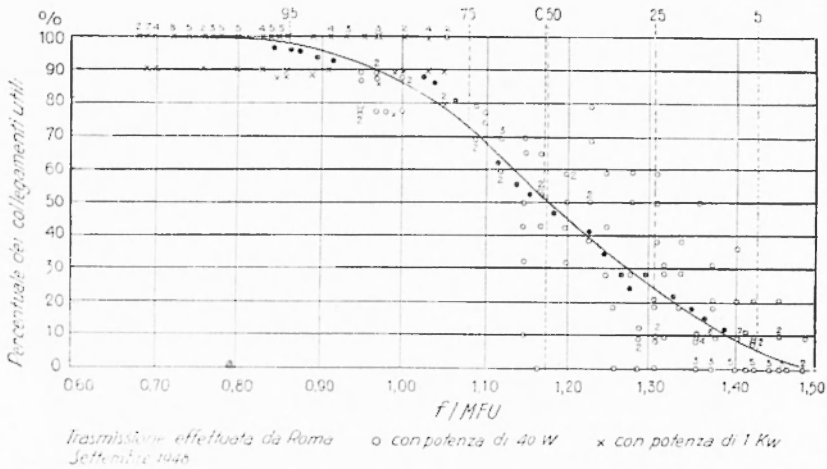


Fig. 4

Si osserva che nei primi due diagrammi la scala delle ascisse è doppia di quella dei diagrammi successivi.

4. *Effetto della variazione di potenza.* — Il confronto dei diagrammi «ricezione da Roma» con la parte relativa alla potenza di 1 kw dei diagrammi «trasmissione da Roma», ed il confronto tra le due parti di questi ultimi, indica che la variazione di potenza, entro l'intervallo considerato, è quasi trascurabile.

Per questa ragione sono stati riuniti in un unico diagramma («trasmissione da Roma») i dati relativi alla potenza di 40 W e quelli relativi alla potenza di 1 kw.

Verso le frequenze più basse le percentuali si avvicinano al 100%, con uno scarto che è attribuibile a cause diverse dalla variazione di frequenza. Tale scarto viene riportato su tutti i valori ottenuti, secondo le regole per le somme delle variabili aleatorie.

TABELLA I

	Valore mediano C	A M P I E Z Z A					S I M M E T R I A						
		$x_{7,5} \rightarrow x_{2,5}$	$x_{9,5} \rightarrow x_5$	$\frac{b}{c}$	c. 0,41	Striscia media $\frac{b+c}{2}$	Striscia relativa $\frac{f}{a}$	$x_{9,5} \rightarrow x_{5,0}$	$x_{5,0} \rightarrow x_5$	$\frac{h}{i}$	$x_{7,5} \rightarrow x_{5,0}$	$x_{5,0} \rightarrow x_{2,5}$	$\frac{m}{n}$
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n
Agosto:													
T. Roma	1.114	0.302	0.490	0.617	0.201	0.251	0.225	0.312	0.253	1.22	0.336	0.248	1.35
R. Roma	1.075	0.260	0.475	0.547	0.194	0.227	0.212	0.336	0.248	1.35	0.172	0.120	1.43
Settembre:													
T. Roma	1.175	0.228	0.570	0.400	0.234	0.231	0.198	0.440	0.164	2.68	0.096	0.128	0.75
R. Roma	1.125	0.208	0.605	0.344	0.248	0.228	0.203	0.465	0.196	2.37	0.096	0.112	0.86
Ottobre:													
T. Roma	1.140	0.161	0.605	0.263	0.248	0.206	0.181	0.400	0.212	1.89	0.132	0.036	3.67
R. Roma	1.104	0.208	0.660	0.315	0.271	0.239	0.217	0.465	0.196	2.37	0.140	0.068	2.06
3 R. Roma	1.007	0.380	0.612	0.620	0.251	0.315	0.312	0.400	0.212	1.89	0.260	0.120	2.16

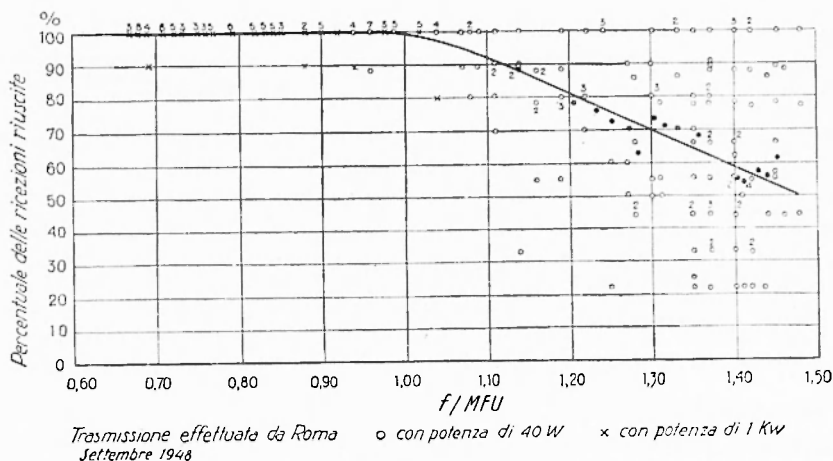


Fig. 5

Lo scarto dal 100%. (Tab. II) è variato dallo 0 all'11%, con un valore medio, nel periodo considerato, di 5,7%.

Le percentuali massime nel verso della trasmissione da Roma sono state sempre maggiori, da 2 al 4%, di quelle in ricezione da Roma, indicando con ciò il vantaggio che si ottiene con una potenza antenna di 1000 watt (con cui le percentuali massime dei diagrammi trasmissione sono ottenute) rispetto ad una potenza di 40 watt.

Probabilmente un maggiore effetto si sarebbe notato se si fosse esaminato il comportamento di frequenze più basse, su cui l'assorbimento ha maggiore influenza.

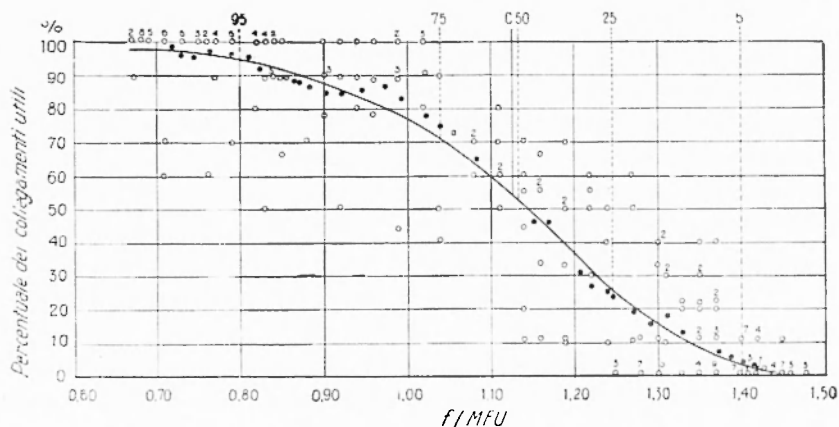
5. *Effetto della variazione di frequenza.* — A) Dal semplice esame dei diagrammi risulta che con la variazione della frequenza f intorno alla MFU (massima frequenza usabile) si hanno le maggiori variazioni nella percentuale dei collegamenti utili, e precisamente i dati relativi alla percentuale dei collegamenti utili ($QSA > 2$) sono quelli per cui tale variazione è massima. Su di essi, che hanno anche la maggiore importanza pratica, sono state effettuate ulteriori ricerche.

Particolarmente i diagrammi di settembre presentano l'aspetto caratteristico della funzione Γ (integrale della funzione degli errori), per cui sembra lecito concludere che, in prima approssimazione, il pratico attuarsi delle condizioni di ionizzazione che rendono possibile il ritorno a terra del raggio rifratto presenta una distribuzione casuale intorno ad un determinato valore (valore mediano, corrispondente al 50% di probabilità). Poiché però il valore che nei dati ottenuti cor-

TABELLA II

		Valore mediano C		Striscia ridotta		Scarto del massimo dal 100%	
		media mensile		media mensile		media mensile	
		a	b	c	d	e	f
Agosto	T. da Roma	1.114	1.094	0.225	0.218	7	9
	R. da Roma	1.075		0.212		11	
Settemb.	T. da Roma	1.175	1.150	0.198	0.200	1	2
	R. da Roma	1.125		0.203		3	
Ottobre	T. da Roma	1.140	1.122	0.181	0.199	0	1
	R. da Roma	1.104		0.217		2	
Media		1.122	Media	0.206	Media	5.7	

risponde al 50% può essere affetto da qualche errore accidentale o sistematico in dipendenza di asimmetrie della distribuzione, si è utilizzato un valore mediano convenzionale C che è la media aritmetica delle ascisse dei punti corrispondenti a probabilità del 95, 75, 50 (con peso 2), 25 e 5% (Tab. D). Dove manca uno di tali valori si è abolito pure il suo simmetrico. Tali punti sono stati desunti dalle medie mobili, in modo che a determinare il valore mediano intervengono praticamente tutti i punti del diagramma.



Ricozione da Roma
Settembre 1948

Fig. 6

Mediamente, il valore di C è stato di 1,122 (Tab. II). I risultati del confronto tra i dati dei sondaggi e i dati dei collegamenti sono raccolti nella Tab. III. Da essa si deduce che i valori mediani delle frequenze critiche rappresentano, con l'approssimazione di poche unità su 100, le frequenze che hanno il 50% di probabilità di permettere il collegamento R.T. via ionosfera.

B) Lo scarto tra i valori della variabile indipendente che corrispondono al 75% e al 25% costituisce la misura della striscia del 50% (ossia, a meno di un coefficiente costante, dello scarto tipo). Anche qui si è calcolato un valore più attendibile mediando il valore suddetto con quello ottenuto tra le ascisse corrispondenti al 95 e 5%, ridotto secondo il coefficiente 0,41 (dedotto dalla distribuzione aleatoria normale). Dividendo questa media per C si ottiene l'ampiezza relativa della striscia del 50%, riportata nella colonna g della Tab. I. Il suo valore medio è risultato circa uguale a 0,2.

Nella Tabella IV si sono confrontati questi valori con gli analoghi valori ottenuti nei sondaggi; ritenendo che la distribuzione delle frequenze critiche sia normale, il doppio dello scarto probabile (striscia del 50%) per i collegamenti è alquanto maggiore del doppio degli scarti probabili ottenuti nei sondaggi. Nei casi esaminati si è ottenuto un fattore medio di 1,13.

C) Per una seconda approssimazione sono stati calcolati:

a) il rapporto tra lo scarto delle ascisse corrispondenti al 75 e 25% e lo scarto delle ascisse corrispondente al 95 e 5%. Tale rapporto indica, scostandosi da 0,41, l'eventuale scostamento della distribuzione sperimentale da quella normale (colonna d , Tab. I):

b) I rapporti delle differenze di ascisse riportati nelle colonne I ed o (Tab. I), che danno una indicazione della asimmetria della distribuzione.

Non sembra che per ora si possano trarre delle conclusioni sulla seconda approssimazione, per quanto la Tab. I indichi già delle persistenze. Ciò sarà forse possibile quando si disporrà di una maggiore copia di dati, e con una tecnica statistica più affinata.

6. *Attendibilità dei risultati.* — Sono state considerate nella presente relazione circa 15.000 ricezioni effettuate ad intervalli dell'ordine di 1 ora.

Le condizioni di impianto delle stazioni ed i rendimenti (e in misura minore la direttività) delle antenne, il carattere soggettivo delle indicazioni di intensità, costituiscono dei punti deboli nella validità

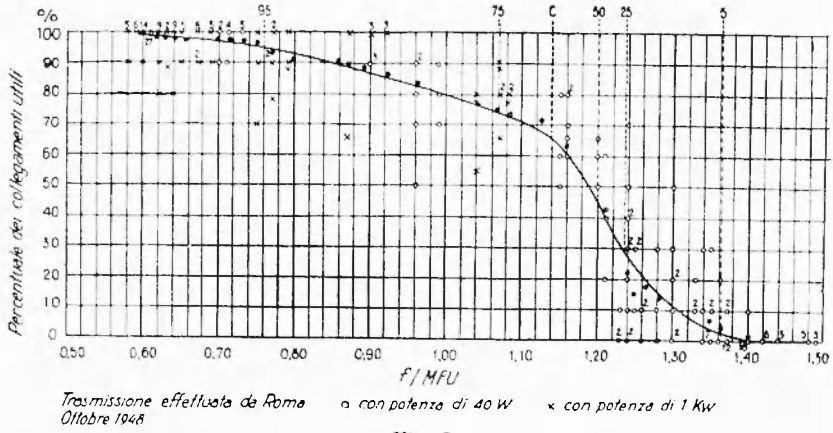


Fig. 7

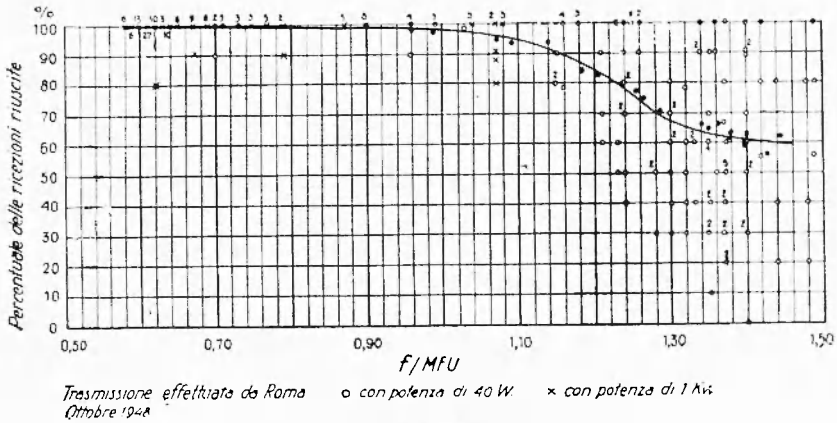


Fig. 8

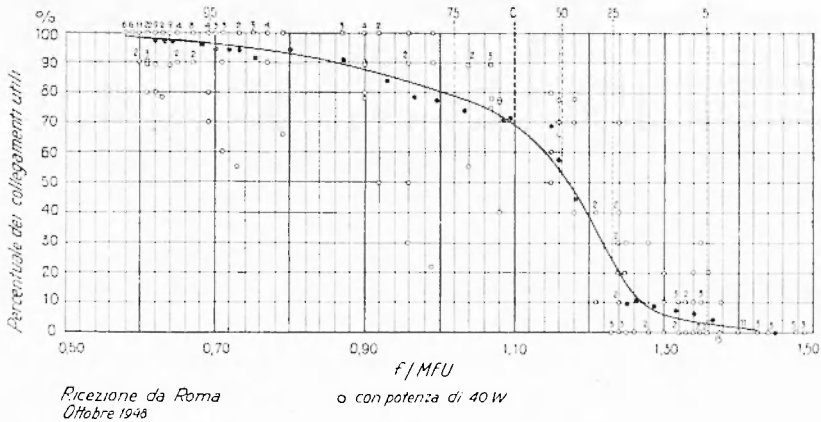


Fig. 9

dei risultati ottenuti. Si è inoltre trascurato il fatto che alcuni collegamenti sono dovuti alla ionizzazione E , E sporadica, F_1 , comparando tutto con la F_2 ; a questo sembra anzi doversi attribuire il fattore 1.18 di maggiore dispersione dei dati dedotti dai collegamenti rispetto a quelli ottenuti con i sondaggi.

Se però i risultati stessi si interpretano e si utilizzano in valu-

TABELLA III

Mese	Valore mediano ottenuto con la sonda	Valore mediano dedotto dai collegamenti	Scarto
Agosto	—	1,094	—
Settembre	1,28	1,150	0,13
Ottobre	1,11	1,122	0,02

tazioni riguardanti reti R.T. analoghe a quella studiata, il grande numero delle prove, riportate ad una sola variabile indipendente e riferite a percorsi effettivi poco diversi, ed estese a tutte le stazioni RT della rete nazionale, e la rimarchevole concordanza dei risultati ottenuti nei tre mesi considerati, tra loro e con i sondaggi, fanno ritenere che sulle misure sistematiche si possa fare un notevole affidamento.

7. *Conclusioni.* -- I dati raccolti nei tre mesi considerati permettono di trarre alcune conclusioni applicabili al pratico impiego:

a) Quando la frequenza aumenta variando intorno alla MFU la percentuale dei collegamenti utili diminuisce, con una distribuzione che potrebbe essere quella aleatoria normale.

b) La distribuzione delle percentuali dei singoli collegamenti è molto sparsa: perciò non si può fare alcun affidamento su esperienze singole, ma è sempre necessario prolungare queste per più giorni e possibilmente su più stazioni.

c) La probabilità di un ascolto riuscito ($QSA > 0$) senza che il collegamento sia utilizzabile ($QSA > 2$) è molto alta, specialmente alle frequenze più alte. Ne risulta necessaria la norma prudenziale di collaudare qualunque collegamento con la effettiva trasmissione di messaggi.

d) Entro i valori studiati la potenza di trasmissione ha influenza di poco rilievo: una variazione di potenza antenna da 1000 a 40 watt riduce la probabilità massima del collegamento del $2 \div 4\%$. Essa diventa rilevante solo in corrispondenza alla frequenza ottima.

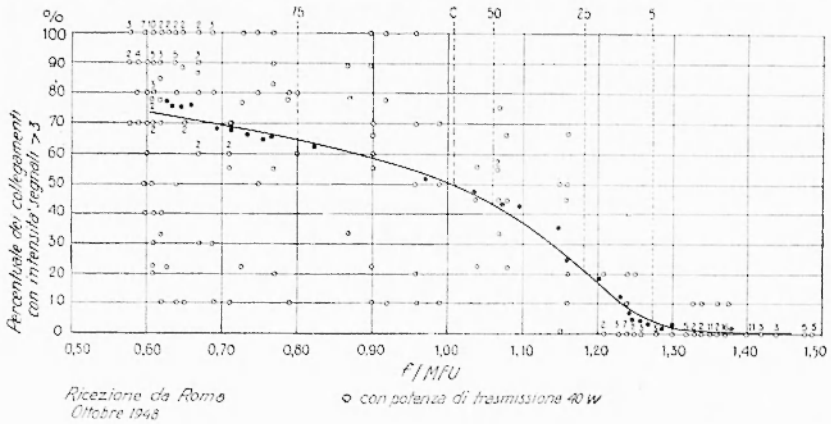


Fig. 10

e) La riduzione da apportare alla frequenza mediana C per ottenere la FOL (corrispondente per definizione ad una percentuale di collegamenti utili del 95%) è stata mediamente di 0.25 sulla base di una ampiezza relativa della striscia del 50% uguale a 0.200. Questo coefficiente è sensibilmente maggiore di quello di 0.15 finora adottato. Combinando però queste conclusioni con i valori di C (tab. II) si ottiene, per i mesi considerati, la stessa FOL calcolata sulla base delle CRPL-D e con la riduzione del 0.15.

Queste conclusioni concordano con quelle del Comitato Provisio-

TABELLA IV

Mese	Striscia del 50% ottenuta con la sonda	Striscia del 50% dedotta dai collegamenti	Fattore di riduzione
Agosto	—	0.218	—
Settembre . . .	0.171	0.200	1.17
Ottobre	0.167	0.199	1.19

rio delle Frequenze della Unione Internazionale delle Telecomunicazioni (doc. 238 e prec.).

f) I valori delle frequenze critiche previsti dalla pubblicazione CRPL-D (²) corrispondono solo approssimativamente a quelli ottenuti tanto con i sondaggi effettuati in loco quanto con quelli dedotti dei collegamenti R.T., che concordano con i primi.

Si ravvisa perciò l'opportunità, specialmente ai fini delle applicazioni tecniche, di rilevare localmente le frequenze critiche, e preparare localmente le previsioni.

Roma — Istituto Nazionale di Geofisica — Ispettorato dell'Arma del Genio — Dicembre 1948.

RIASSUNTO

In concomitanza con i sondaggi ionosferici che vengono effettuati dall'Istituto Nazionale di Geofisica sono stati dedotti, dai dati di esercizio di una rete R.T. militare, i valori delle frequenze critiche e della loro distribuzione. Il confronto dei due gruppi di osservazioni ha indicato una concordanza assai buona dei valori mediani; la distribuzione intorno al valore mediano per i collegamenti è più dispersa che per i sondaggi, secondo un fattore che si mantiene quasi costante nei mesi per cui finora i dati delle osservazioni sono stati elaborati. Si è anche osservato che una notevole variazione della potenza di trasmissione è di importanza trascurabile rispetto alla variazione di frequenza, ed è da considerare soltanto quando si utilizza la frequenza ottima.