

# LA RIVOLUZIONE ELETTRONICA NELLE TELECOMUNICAZIONI

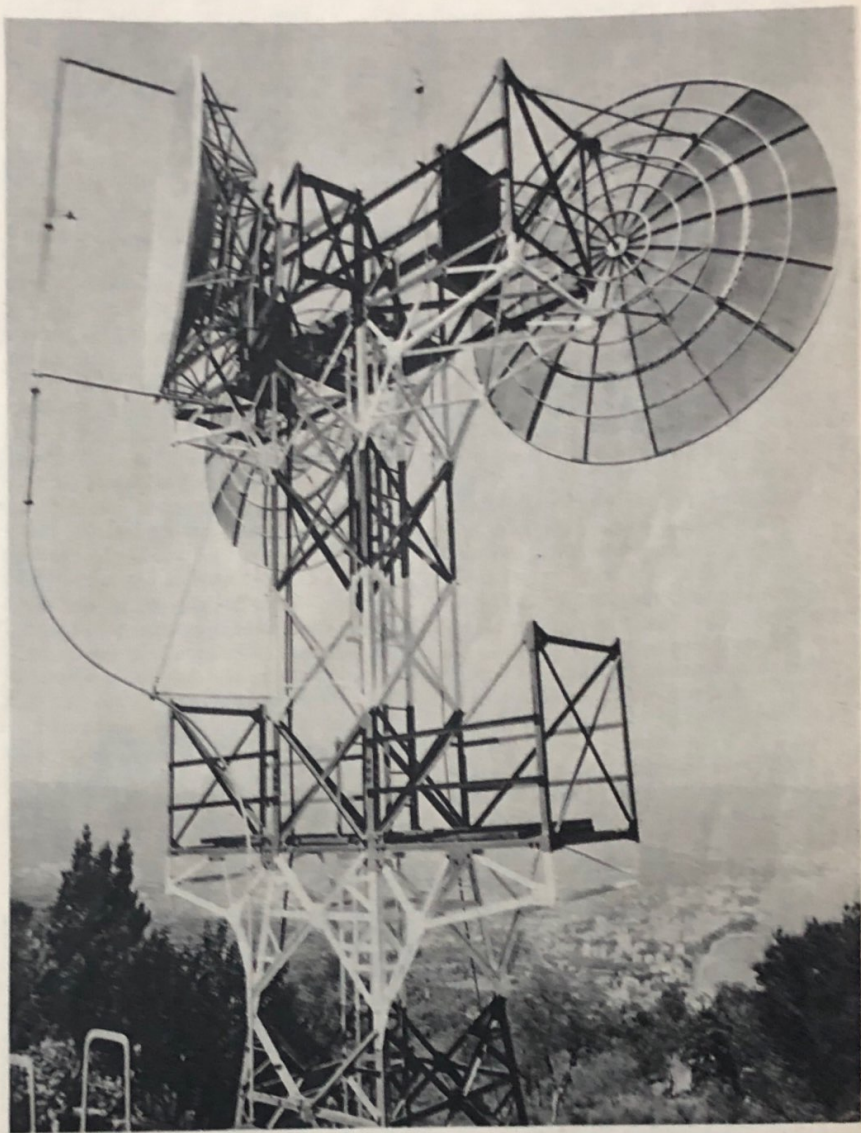
Le trasmissioni via radio

di GIUSEPPE D'AYALA VALVA

Il panorama delle telecomunicazioni — dei vari sistemi cioè atti ad effettuare, per via elettrica, lo scambio di informazioni a distanza tra gli esseri umani — si presenta oggi di una grande varietà: telegrafo, telefono, radio, radiodiffusione, trasmissione delle immagini fisse, televisione e telex costituiscono i vari aspetti, sovente interdipendenti, della sua poliedrica realtà, ognuno dei quali a sua volta assume differenziate caratteristiche a seconda delle particolari esigenze che è chiamato a soddisfare. Se sul piano della ricerca e della realizzazione si sono sviluppate altrettante tecniche particolari, che la incalzante specializzazione ulteriormente suddivide e quindi moltiplica, sul piano della impostazione teorica esse sono tutte parte di un sistema unitario, cosicchè apparirebbe oggi fuori posto fare distinzione, sotto tale angolo visuale, tra telegrafia, telefonia, radio e televisione. Unico per tutti è infatti, anche se i mezzi di realizzazione sono diversi, il relativo principio informatore di sovrapporre al veicolo prescelto — sia esso costituito da conduttori materiali o da una onda elettromagnetica (denominata appunto per tale servizio « onda portante ») — il particolare segnale elettrico equivalente del segnale telegrafico, sonoro o visivo che si richiede di trasmettere a distanza.

## Le conquiste dell'elettronica.

Tale carattere unitario si è voluto sottolineare, perchè si abbracci in tutta la sua portata come l'elettronica, insostituibile fondamento ormai di tutti i sistemi di telecomunicazioni, maturi per il futuro con le sue straordinarie conquiste una rivoluzionaria evoluzione, del resto già da tempo iniziata in tutti i vari piani del grandioso edificio. Sono passati poco più di cinquant'anni da quando il triodo de Forest appariva per la prima volta come l'originalissimo dispositivo mai più tramontato, atto ad intensificare debolissimi segnali radio, che dilatò a dismisura le modeste possibilità delle radiocomunicazioni di quel tempo. Da allora il tubo elettronico, incarnandosi in sempre più perfezionate forme, non solo ha rivoluzionato tutto il settore della radiotecnica sostituendo integralmente ed a ritmo velocissimo ogni altro preesistente sistema, ma è dilagato con eguale rapidità nelle altre branche delle telecomunicazioni; nella tecnica telefonica in particolare esso è stato l'elemento determinante per la soluzione dei vari problemi relativi ai collegamenti a gran-



▲ Torre e gruppo paraboloidi del ponte radio Telettra a Torre Alpicella vicino a Capo Berta (Liguria).

de distanza. La portata teorica e pratica delle sue conoscenze si è venuta poi ampliando con tale portentosa rapidità che ben presto l'elettronica, germogliata dal già fecondissimo tronco dell'elettrotecnica, se n'è distaccata per diventare una disciplina assolutamente distinta in continua espansione, grazie tra l'altro alla sua più recente conquista, il meraviglioso minuscolo transistor. Cade a questo punto opportuno precisare che il complesso dei vari sistemi di telecomunicazioni è esso stesso parte del quadro assai più vasto della

tecnica generale delle informazioni, che comprende cioè anche lo scambio per via elettrica di informazioni tra cose ed individui od anche tra cose e cose; di essa l'automazione costituisce la più moderna espressione.

## Dalle onde lunghe ai ponti radio.

I primi collegamenti radio transoceanici si orientarono verso l'impiego di onde della lunghezza di alcune migliaia di metri che oggi, in virtù della loro elevata penetrabilità nelle acque marine, si usano quasi esclusivamente per

i collegamenti con i sommergibili in immersione. Le caratteristiche di propagazione di questa gamma, cosiddetta delle onde lunghe, consentono di fondare su di una elevata stabilità del segnale, costituito esclusivamente dal raggio diretto che si propaga cioè lungo la superficie terrestre; soggetto ad una rapida attenuazione in conseguenza dell'assorbimento di energia da parte dei materiali semiconduttori della superficie stessa, questo segnale si annulla ad una distanza praticamente breve dal relativo centro trasmittente. D'altro lato le onde di tale lunghezza registrano al passivo un alto livello dei rumori disturbatori di fondo unitamente con un bassissimo rendimento del sistema irradiante di antenna, con la conseguenza ultima di esigere elevatissime potenze di trasmissione.

Si delineò così ben presto la tendenza decisa verso l'impiego di onde molto meno lunghe, sostando per lungo tempo nella gamma delle onde medie comprese tra 200 e 600 metri destinate tutt'oggi a numerosi servizi; tra essi di fondamentale importanza il servizio delle radiodiffusioni ad onda media, la cui portata si estende considerevolmente nelle ore di oscurità durante le quali essa risulta affidata al raggio indiretto, riflesso cioè dalle alte zone dell'atmosfera (\*).

La utilizzazione del raggio indiretto ha trovato la sua piena valorizzazione nei sistemi ad onda corta il cui avvento intorno al 1925 determinò una reale rivoluzione nella tecnica dei collegamenti radio a grande distanza. L'impiego di questa gamma di onde — di lunghezze comprese tra cento e pochi metri — consente infatti di effettuare collegamenti anche tra gli antipodi con potenze di trasmissione molto ridotte (la radiazione essendo infatti inversamente proporzionale al quadrato della lunghezza d'onda). A ciò si aggiunga

la possibilità di impiegare antenne di limitato sviluppo che, realizzando una concentrazione dell'energia irradiata entro un angolo molto ristretto nella direzione richiesta, contribuiscono a ridurre la potenza necessaria per effettuare il collegamento ad un valore minimo rispetto a quello richiesto dall'impiego delle onde medie. Perciò, nonostante lo svantaggio non eliminabile nel sistema ad onde corte di dover variare la lunghezza d'onda di servizio a seconda dell'ora e della stagione, i vantaggi si sono dimostrati così grandi che tutta la superficie del nostro globo si è coperta rapidamente di una fitta rete di stazioni ad onda corta, di costo e di esercizio assai più ridotto rispetto a quelle precedentemente in servizio.

L'impiego, nei collegamenti a grande distanza, di onde ancora più corte — che i moderni specialissimi tubi elettronici consentono di generare sino alle lunghezze di centimetri e forse anche di millimetri — sembrò per un momento trovare un insormontabile ostacolo nella loro limitata portata. Ma l'ostacolo fu presto aggirato attraverso l'adozione dei ripetitori; i « ponti radio », che hanno tradotto in pratica questo nuovo principio di funzionamento, hanno confermato, attraverso una rapidissima diffusione, le loro elevatissime qualità di esercizio. Essi sono ormai anche il prezioso elemento integrativo, che accenna anzi a diventare preponderante, delle linee in filo ed in cavo nel servizio telefonico, nel quale la garanzia della sicurezza e della continuità dell'esercizio deve essere ovviamente assoluta; nella tecnica televisiva essi costituiscono poi il mezzo che ha reso possibile di realizzare l'eurovisione. Conosciuti anche col nome di « cavi herziani », i ponti radio — per i quali la potenza irradiata risulta minima, dell'ordine anche di 1 watt, inferiore cioè all'erogazione di una batteria per lampadina

tascabile — sono perciò realizzati con apparecchiature di ingombro e anche di costo molto limitato oltre che di semplice installazione. Inoltre, elemento di enorme valore, i moderni sistemi di modulazione multipla consentono di alloggiare sull'unica portante di servizio, purché molto corta, centinaia di conversazioni contemporanee ed indipendenti che, con il progressivo ridursi della lunghezza d'onda stessa, potranno diventare migliaia ed anche decine di migliaia. Concorrenti temibilissimi dei cavi coassiali, i ponti radio li sostituiscono spesso vantaggiosamente grazie alla loro elasticità di installazione e di esercizio che permette di superare le condizioni locali e topografiche più difficili; lo sviluppo dei relativi collegamenti non ha praticamente limiti, essendo condizionata esclusivamente dall'inserzione di un adeguato numero di stazioni ripetitrici.

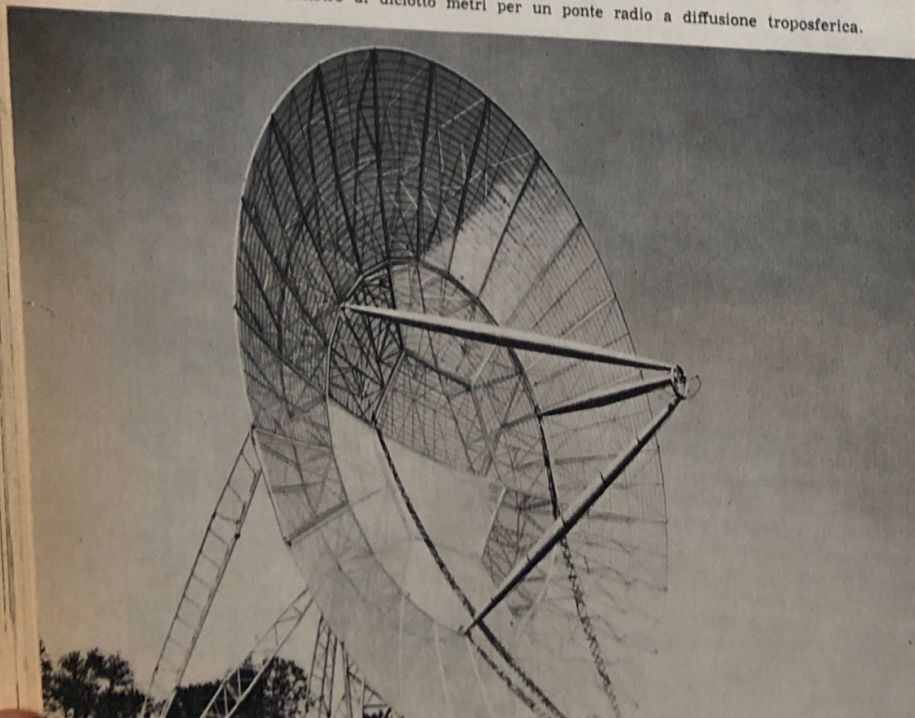
#### La diffusione troposferica.

Nell'impiego dei ponti radio, per i vari servizi di telecomunicazione e cioè telegrafia, telefonia, televisione e trasmissione delle immagini fisse ecc., varia solo l'ingombro elettrico, per così dire, impegnato nel mezzo di trasmissione dal relativo segnale, e cioè la larghezza del canale che ospita la gamma più o meno ampia delle frequenze delle oscillazioni elettriche equivalenti del particolare segnale trasmesso; un solo programma televisivo occupa il posto di alcune centinaia di collegamenti telefonici o di migliaia di collegamenti telegrafici.

La portata ottica, che costituisce il normale limite massimo tra due stazioni consecutive di un ponte radio, non supera i 50 km; perciò l'ingegnoso ritrovato delle stazioni ripetitrici diventa inefficiente quando debbano essere scavalcate estese zone della giungla equatoriale o anche ampi bracci di mare di larghezza oltre il limite di visibilità. In tali casi un adeguato incremento della portata dei ponti radio può essere egualmente raggiunto grazie al nuovo sistema di propagazione « per diffusione troposferica » nel quale viene trasmesso, sotto un determinato angolo sull'orizzonte, un fascio herziano di appropriata lunghezza d'onda, scelta nella gamma delle onde cortissime o delle microonde. La relativa radiazione, incontrando la troposfera, a circa 12-16 chilometri cioè di altezza dalla superficie terrestre, in parte l'attraversa mentre per la rimanente parte viene diffusa indietro sotto angoli diversi, raggiungendo così stazioni riceventi in ascolto sino ad una distanza di 400 chilometri.

Lo stesso meccanismo potrà nel futuro essere applicato, attraverso la scelta di opportune lunghezze d'onda, nel sistema cosiddetto a diffusione ionosferica, da parte cioè degli strati ancora più alti dell'atmosfera; in entrambi i casi, comunque, all'irregolarità della diffusione che si traduce in una dispersione di energia, si deve supplire con una potenza di trasmissione assai

▼ Un'antenna del diametro di diciotto metri per un ponte radio a diffusione troposferica.



maggiore di quella minima richiesta ai normali ponti radio. Ma, anche se il costo d'impianto e di manutenzione risulta considerevolmente aumentato, il nuovo sistema consente di risolvere problemi di collegamenti radio in modo non più economico e semplice che non con i normali sistemi ad onde più lunghe; i sistemi a diffusione troposferica hanno infatti rapidamente diffondendosi in tutto il mondo (il ponte radio Roma-Agliari ne costituisce una recente applicazione in Italia).

Nuovi sviluppi del sistema sono attualmente in corso: così recentemente l'*American Telephone & Telegraph Co.* ha registrato un suo brevetto relativo all'attuazione di specchi elettrici artificiali alle alte zone dell'atmosfera, ciò mediante il lancio — da parte di palloni, aerei o di missili — di pagliucce metalliche (che ricordano cioè assai da vicino i sistemi di difesa antiradar applicati nell'ultimo conflitto), ovvero di ossido nitrico, sul quale il sole agisce creando un denso strato di particelle ionizzate agenti da specchio, o ancora di gas jonizzati. È prevista anche, in applicazione dello stesso principio, la possibilità di jonizzare zone più o meno estese dell'atmosfera attraverso l'emissione radio di potenti trasmettitori ad onda corta.

#### satelliti ripetitori.

Ma i sistemi sinora illustrati non risolvono ancora il problema dei collegamenti transcontinentali attuati con ponti radio, e perciò, facendo appello alle realizzazioni della tecnica spaziale, si sta studiando la possibilità di mettere al punto un rivoluzionario sistema di telecomunicazioni appoggiato all'impiego di satelliti artificiali come stazioni ripetitrici. In base ad uno studio della *International Telephone and Telegraph Company* un sistema di tre satelliti, spazati di  $120^\circ$  tra loro e ruotanti all'altezza di circa 36 000 chilometri lungo l'orbita equatoriale, sarebbe sufficiente per creare una completa rete spaziale di comunicazioni. All'altezza esattamente stabilita i satelliti avrebbero una velocità angolare identica a quella del nostro globo, cosicché rimarrebbero fissi rispetto alla Terra della cui superficie i segnali emessi da ciascuno di essi coprirebbero circa la metà, assicurando così un adeguato margine di sovrapposizione; la dislocazione dei satelliti sarebbe prevista in modo da ottenere

una sovrapposizione in una zona adeguatamente servita da comunicazioni radio. Le stazioni terrestri di questa area, realizzando la condizione di visibilità contemporaneamente con due satelliti, potrebbero comunicare direttamente con entrambi funzionando quindi da ripetitori per effettuare i richiesti collegamenti nella zona di propria competenza. Il sistema dovrebbe essere capace di convogliare 15 mila conversazioni telefoniche contemporanee nei due emisferi e tre programmi televisivi, oltre che lasciare disponibili altri canali per trasmissioni di telegrammi, di telecritti e di immagini fisse.

La potenza, irradiata da ciascun satellite sull'onda di seimila megacicli (e



▲ Un sistema di tre satelliti, spazati di  $120^\circ$  tra loro e ruotanti all'altezza di circa 36 mila chilometri lungo un'orbita equatoriale, sarebbe sufficiente per creare una completa rete spaziale di comunicazioni. Nello schema sono chiaramente visibili le zone di sovrapposizione (da *Industrial Research*).

cioè della lunghezza di 5 cm) entro un fascio dell'ampiezza di  $25^\circ$ , risulterebbe compresa tra 50 e 100 watt; le antenne di tipo speciale, sistemate nella parte posteriore dei satelliti, verrebbero mantenute permanentemente orientate verso la Terra attraverso il controllo esercitato dall'azione di motori ionici o a plasma. Il problema, di importanza fondamentale, dell'alimentazione elettrica dei complessi radio di bordo può dirsi già risolto con l'adozione di batterie

solari montate su lastre quadrate di materiale plastico delle dimensioni di tre metri per tre, atte a fornire 1000 watt di energia, e fissate al satellite in modo da essere costantemente rivolte verso il sole; l'energia immagazzinata servirà a caricare piccole batterie di accumulatori destinate ad erogare la necessaria energia di alimentazione durante i periodi nei quali il satellite attraversa zone d'ombra o di oscurità. Viene attualmente studiata anche la

possibilità di realizzare satelliti postali tutto affatto indipendenti; ognuno di essi provvederebbe ad immagazzinare i messaggi ricevuti da terra durante il passaggio su di una determinata zona, per ritrasmetterli al momento del passaggio sulle città o zone di destinazione, ciò in base ad un tempestivo comando ricevuto dalla relativa stazione terrestre di servizio. E se i destinatari del messaggio lo richiedano, la loro eventuale risposta potrà essere immediatamente trasmessa al satellite che,

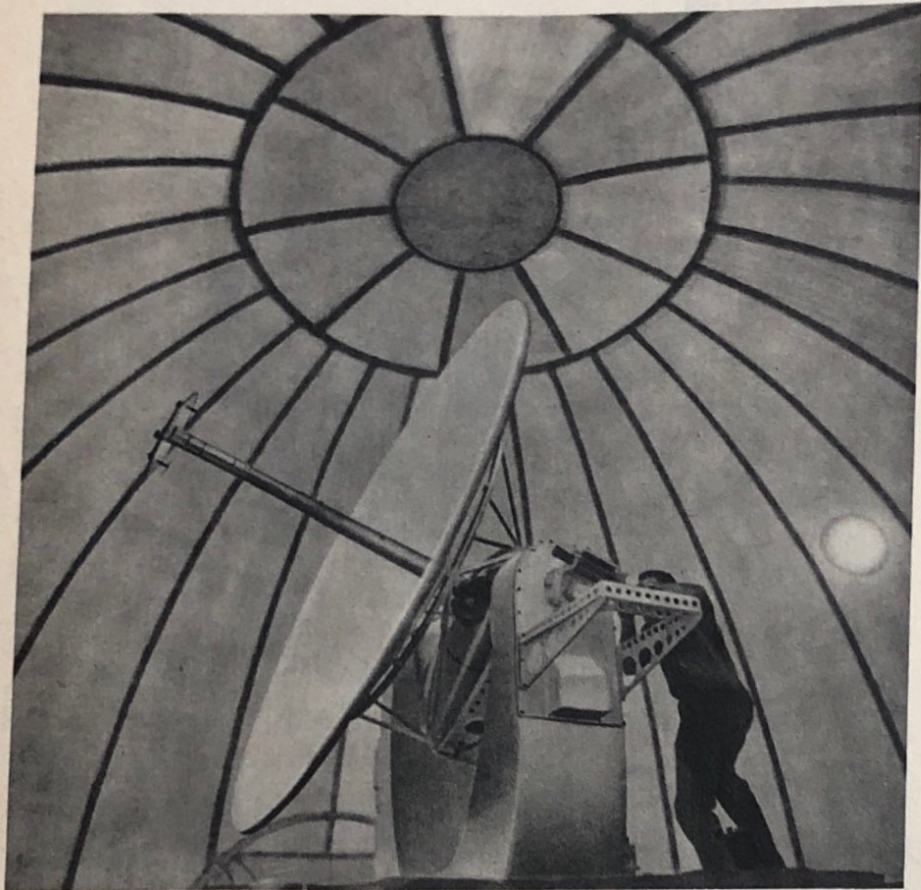
herziano che colpisce la loro superficie metallica. Poiché ovviamente l'attuazione di questa procedura risulta strettamente legata alla posizione dei satelliti, opportuni sistemi di controllo ancora da realizzarsi dovrebbero impedire in modo assoluto ogni loro deviazione dalla posizione prestabilita.

La intensità del segnale rimbalzato dal satellite risulterà inevitabilmente una percentuale ridottissima del segnale incidente, e quindi una simile modalità di impiego esigerà, se attuata, potenze di

menti radio, si è determinato un deciso orientamento della tecnica verso l'impiego di onde sempre più corte; questa tendenza non si è estesa invece di là della gamma delle onde lunghe perché, con il crescere della lunghezza d'onda o, ciò che è lo stesso, con la diminuire della frequenza, la radiazione alla quale è legato il meccanismo della propagazione a distanza va rapidamente riducendosi. È opportuno per questo punto precisare come il detto orientamento sia stato determinato dall'assillante necessità di cercare nuovi canali con cui fare fronte alle continue richieste da parte dei singoli Paesi di nuove «lunghezze d'onda» per i vari servizi commerciali, militari o privati che si sono andati a mano a mano sviluppando.

Da anni, ormai, il mezzo di trasmissione delle onde herziane è letteralmente costipato, assai di più di quanto non lo sia una moderna arteria stradale. E gli organi internazionali di controllo, preposti all'ingrato compito di esaminare le singole richieste, debbono duramente lavorare per procedere ad un oculata assegnazione delle lunghezze d'onda disponibili perché le trasmissioni su lunghezze d'onda vicine non si disturbino a vicenda. Una semplice analisi matematica mostra come, per rispettare la necessità di un adeguato distanziamento, nella gamma delle onde lunghe possono essere allagate solo diciotto stazioni, le quali nella gamma delle onde corte diventano 5600, mentre questo numero si va rapidamente moltiplicando nella gamma delle onde ultracorte e delle microonde.

Occorre inoltre aggiungere che, dovendo l'insieme delle frequenze elettriche relative al segnale costituire una percentuale minima, quasi una frazione della frequenza dell'onda portante, affinché il meccanismo della trasmissione e della ricezione possa svilupparsi nelle condizioni appropriate le possibilità di allargare su un'unica lunghezza d'onda segnali corrispondenti a migliaia di conversazioni telefoniche o a vari programmi televisivi sono compatibili soltanto con l'impiego di onde portanti estremamente corte. E poiché le esigenze in questo campo aumentano continuamente (si prospetta già all'orizzonte della tecnica la necessità di realizzare ponti radio capaci di convogliare quindicimila conversazioni contemporanee) è da prevedere che la corsa verso la adozione di onde sempre più corte sia ben lungi dall'essere conclusa. Ciò anche se, parallelamente all'indirizzarsi di allargare un sempre maggior numero di canali su un'unica onda portante, nuovi ed originali orientamenti stanno maturando nel senso di utilizzare anche ogni singolo canale per vari segnali contemporanei ed indipendenti. Di questi orientamenti sarà trattato in un prossimo articolo relativo ai collegamenti via filo.



▲ Antenna ricevente ultrasensibile a Mayaguez (Cape Canaveral). Il piatto del diametro di oltre tre metri capta i radiosegnali che forniscono dati sulla posizione e il comportamento di un satellite.

nel suo nuovo passaggio in corrispondenza della zona dei singoli mittenti, provvederà a ritrasmetterla con la stessa avveniristica procedura; l'intervallo di tempo tra l'invio del messaggio ed il ricevimento della risposta, per esempio da New York a Parigi, potrà così non superare i 60 minuti. Evidentemente questo sistema di tipo postale sarebbe appropriato per la trasmissione di messaggi-lettera ma non per il servizio televisivo.

Sin qui si è parlato dei satelliti come eventuali stazioni ripetitrici del tipo attivo, che siano, cioè, equipaggiate di complessi rice-trasmittenti per ricevere cioè i segnali in arrivo dalla superficie terrestre e per ritrasmetterli successivamente. Ma viene anche studiata la possibilità di impiegare i satelliti come ripetitori passivi, i quali cioè, identicamente come i ripetitori terrestri di questo tipo, hanno un compito esclusivamente di diffusione nel fascio

trasmissione considerevoli, presumibilmente dell'ordine di grandezza di cento chilowatt e forse anche di migliaia, a seconda delle condizioni. Comunque, per svolgere i loro compiti di ripetitori, sia attivi sia passivi, i satelliti non dovranno necessariamente essere di considerevole ingombro o peso; anzi la spinta miniaturizzazione attualmente in fase di sviluppo nella moderna tecnica radio, rendendo attuabile la messa a punto di satelliti che possano essere lanciati da razzi di tipi già esistenti, potrà dare il via alla realizzazione di questo rivoluzionario sistema di telecomunicazioni intercontinentali. Intanto si moltiplicano con successo gli esperimenti rivolti a fare della Luna, nostro satellite naturale, il primo ripetitore passivo di tipo spaziale.

#### Onde sempre più corte.

Dalla precedente esposizione risulta che, sin dall'avvento dei primi collega-

(\*) Per un esauriente inquadramento delle modalità di propagazione fra le diverse gamme di lunghezza d'onda cfr. A. Sciaccitano: «La ionosfera e la propagazione delle radioonde», Sapere n. 583/584.