

COELVM

PERIODICO BIMESTRALE PER LA DIVULGAZIONE DELL'ASTRONOMIA
REDATTO DA G. HORN-D'ARTURO

GIUSEPPE MANNINO e GIANCARLO SETTI

Il Radiotelescopio di Medicina.

In considerazione della sempre maggiore importanza che acquista lo studio delle radiazioni hertziane provenienti dagli spazi galattici ed extragalattici è stata sentita la necessità di espandere, come è già stato fatto in molti altri Paesi, lo studio della radio-astronomia, già da anni iniziato all'Osservatorio astrofisico di Arcetri, relativamente all'attività solare. Poichè la costruzione e l'esercizio dei radiotelescopi richiedono l'impiego di forti mezzi finanziari è risultato subito evidente che sarebbe stato inopportuno avviarsi verso la costituzione di diversi radio-osservatori, sia pure connessi a già esistenti Osservatori Astronomici; quindi la proposta, avanzata lo scorso anno, di istituire un unico organismo a carattere nazionale che fu entusiasticamente accolta dal Ministero della Pubblica Istruzione. Questi provvide immediatamente allo stanziamento di una prima parte dei mezzi finanziari occorrenti per la costituzione di un Centro Nazionale di Radio-astronomia che, almeno inizialmente, dovrà essere dotato di due radiotelescopi: uno con antenna parabolica per le osservazioni solari su onde centimetriche; l'altro del tipo « Croce di Mills » per le osservazioni delle radio-sorgenti galattiche ed extragalattiche. Sino a quando non sarà provveduto alla costituzione ufficiale di detto Centro, gli interessantissimi compiti relativi alla progettazione ed alla costruzione dei due radio-telescopi sono stati assunti dall'Osservatorio Astronomico di Arcetri per il primo, dall'Istituto di Fisica e dall'Osservatorio Astronomico di Bologna per il secondo.

I. CARATTERISTICHE GENERALI DELLE ANTENNE.

Schematicamente un radio-telescopio (vedi fig. 1) è costituito: a) da un'antenna, orientabile o no, che costituisce l'elemento captatore delle onde hertziane extraterrestri; b) da una linea di trasmissione, per esempio cavo coassiale, attraverso la quale le forze elettromotrici generate nell'antenna vengono inviate al ricevitore; c) dal ricevitore costituito dall'amplificatore e da un rivelatore dei segnali captati; d) da un opportuno strumento di misura, generalmente un registratore. Si vede quindi che il suo schema di principio è simile a quello di un comune radio-ricevitore. Ma le radiazioni hertziane provenienti dalle « radio-stelle » hanno intensità tutt'altro che confrontabili con quelle prodotte dalle nostre stazioni trasmittenti: normalmente di esse viene misurata la densità di flusso che risulta sempre essere dell'ordine di $10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$; è come dire che, grosso modo, una radio-stella è assimilabile ad una stazione trasmittente della potenza di un

W/Hz, che irradia uniformemente in tutte le direzioni ed è posta a circa 280 milioni di chilometri dall'osservatore. Quindi un radio-telescopio deve essere capace di rivelare radiazioni estremamente deboli le quali, inoltre, sono prive di qualsiasi modulazione e cioè hanno tutte le caratteristiche di un « rumore » radioelettrico, dello stesso tipo di quello prodotto da una resistenza scaldata o, più generalmente, di quel rumore di fondo che esiste in qualsiasi radio-ricevente.

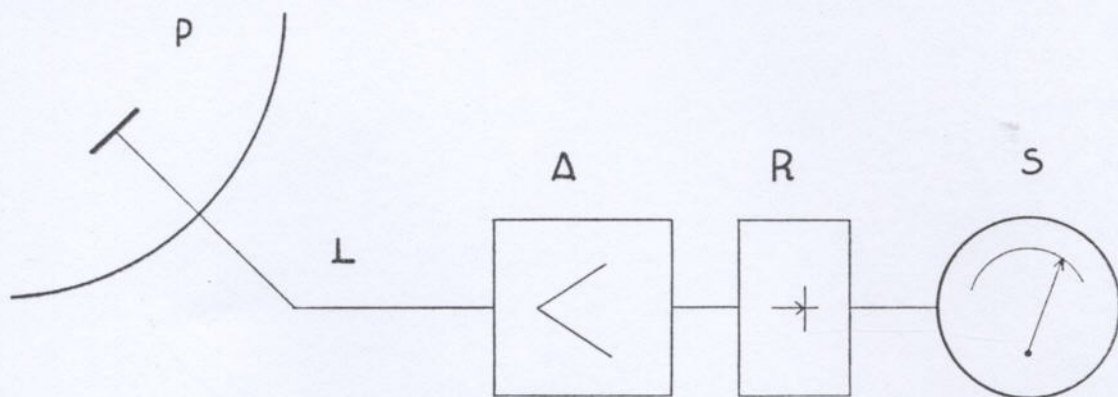


Fig. 1 - Schema di un radio-telescopio. P antenna, L linea di trasmissione, A amplificatore, R rivelatore, S strumento di misura.

Queste due sole considerazioni sono già sufficienti a far capire le ragioni per le quali negli strumenti utilizzati in radio-astronomia, le antenne devono avere dimensioni notevoli; la quantità di energia intercettata essendo direttamente proporzionale all'area di raccolta. Inoltre le linee di trasmissione devono essere tali che in esse venga dissipata la minore quantità possibile dell'energia che le percorre. Infine, i ricevitori devono essere capaci di amplificare almeno un milione di volte i segnali captati ed il loro proprio rumore di fondo deve essere ridotto al minimo affinché non mascheri i « rumori » provenienti dalle radio-sorgenti celesti.

Un'altra ragione che consiglia la costruzione di grandi antenne proviene da considerazioni sul « potere separatore », giacché il primo passo verso lo studio delle « radio-stelle » è logicamente quello della loro localizzazione onde potere anche pervenire all'identificazione ottica od almeno inquadrarle nella generale distribuzione galattica ed extragalattica. In altri termini, è molto importante lo studio fisico delle radiazioni (come, per esempio, la distribuzione spettrale), ma è altrettanto importante sapere che cosa siano le radio-sorgenti (galassie, resti di supernove, nebulose galattiche, ecc.) e dove si trovano.

Supponiamo, in un primo tempo, che l'antenna sia costituita da un solo dipolo semi-onda, che cioè abbia lunghezza pari a $\lambda/2$, con diametro di dimensioni trascurabili rispetto alla lunghezza. In questo caso vengono captate le radiazioni di frequenza $\nu = \frac{c}{\lambda}$

ove c è la velocità della luce e λ la lunghezza d'onda della radiazione che si vuole considerare. Costruiamo il cosiddetto « diagramma polare » dell'antenna: cioè un diagramma, in coordinate polari nel quale la capacità ricettiva dell'antenna è portata in funzione della direzione di provenienza. Nel piano che contiene il dipolo, detto diagramma ha l'aspetto di fig. 2, cioè è costituito da un « lobo » indicante che la direzione di massima ricezione è quella perpendicolare al dipolo, mentre non vengono affatto ricevute radiazioni provenienti da direzioni parallele al dipolo stesso. Tenendo presente la forma generale del lobo si può affermare che questa antenna capta le radiazioni che passano in

prossimità di essa senza notevoli discriminazioni circa la direzione di provenienza. È chiaro che un'antenna di questo genere, agendo opportunamente sul suo orientamento, potrebbe al più permettere di affermare che esistono delle radiosorgenti celesti dando una assai grossolana idea circa la loro posizione.

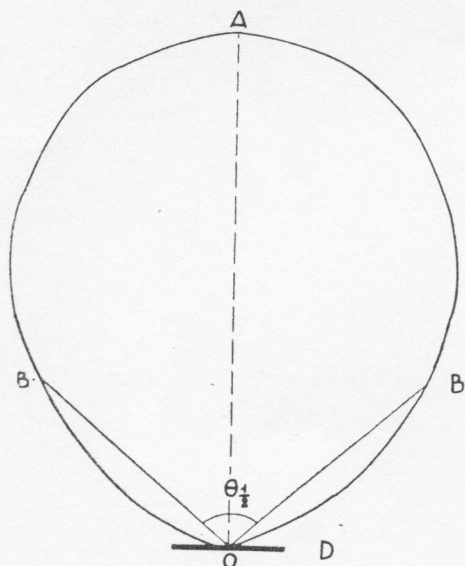


Fig. 2 - Forma approssimativa del diagramma polare di un dipolo semionda. OA rappresenta la direzione di massima ricezione. $\theta_{1/2}$ rappresenta la semilarghezza del lobo, essendo $OB = 1/2 OA$.

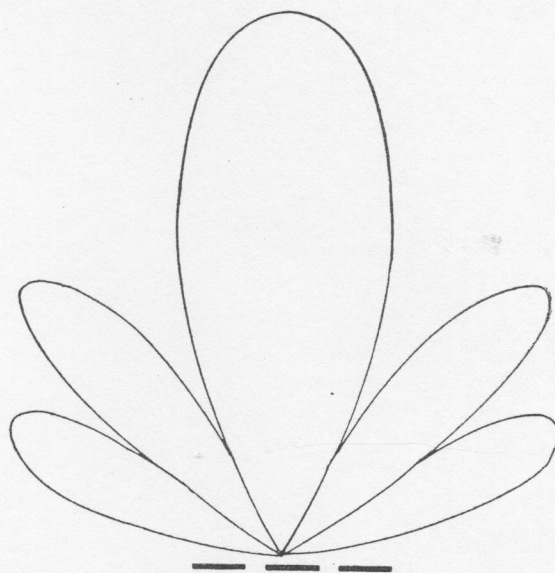


Fig. 3 - Diagramma rappresentativo di una cortina di dipoli.

Per una maggiore chiarezza di quanto sarà detto più avanti introduciamo le definizioni di « semilarghezza del lobo » e di « area efficace » di un'antenna. Considerando il lobo del dipolo ed assumendo come unitario il raggio vettore OA (vedi fig. 2) relativo alla direzione di massima ricettività, l'angolo tra i due raggi vettori OB di lunghezza $\frac{OA}{2}$ prende il nome di « semilarghezza del lobo ». Sperimentalmente si verifica che un dipolo capta un flusso di energia maggiore a quello corrispondente alle sue dimensioni geometriche, cioè sente anche le onde elettromagnetiche (la cui frequenza sia corrispondente alla sua lunghezza) che passano in una certa zona dello spazio circostante; l'area del piano contenente il dipolo attraverso la quale deve passare la radiazione perchè sia sentita, prende il nome di « area efficace ».

Migliorare il potere direttivo di un'antenna equivale a diminuire numericamente la semi-larghezza dei lobi. Ciò è possibile sfruttando il fenomeno di interferenza di onde della medesima frequenza. Uno dei metodi più comuni consiste nell'anteporre e posporre al dipolo un certo numero di « elementi parassiti » (in pratica altri dipoli non collegati col ricevitore) che sono noti con i nomi di « direttori » e « riflettori »; è questo il caso delle più comuni e note antenne per la televisione. Un altro metodo consiste nel costruire le cosiddette « cortine di dipoli »; si tratta di allineamenti di dipoli, tutti collegati ai ricevitori, posti ad intervalli regolari, generalmente pari a $\frac{\lambda}{2}$. In questo caso, nel piano contenente la cortina, vedi fig. 3, il diagramma polare risulta costituito da più lobi simmetricamente disposti rispetto a quello centrale che risulta il più intenso; quest'ultimo

prende il nome di « lobo principale », gli altri vengono indicati col nome di « lobi secondari ». Da una semplice ispezione della figura si vede che una cortina di dipoli ha un certo numero di direzioni preferenziali per la ricezione, corrispondenti alle direzioni coincidenti con i lobi. Aumentando la lunghezza della cortina aumenta il numero dei lobi ma aumenta anche la direttività (cioè diminuiscono le loro semilarghezze). Poichè per migliorare la direttività generalmente viene aumentato il numero dei dipoli, aumenta anche l'area efficace del sistema. Si vede quindi qualitativamente che con l'aumentare dell'area efficace di un'antenna aumenta anche il suo potere separatore. Notoriamente vale la relazione

$$d = K \frac{A}{\lambda}$$

ove d è il potere separatore, K una costante di proporzionalità, λ la lunghezza d'onda su cui è accordata l'antenna, A l'area efficace dell'antenna stessa.

Per realizzare forti poteri direttivi non solo secondo la direzione della cortina di dipoli, ma anche in tutte le direzioni perpendicolari alla predetta (il che necessita per le ricerche astronomiche) bisogna ricorrere alla costruzione di più file parallele di cortine, anch'esse generalmente distanziate di $\frac{\lambda}{2}$. Questo metodo però, rivela notevoli compli-

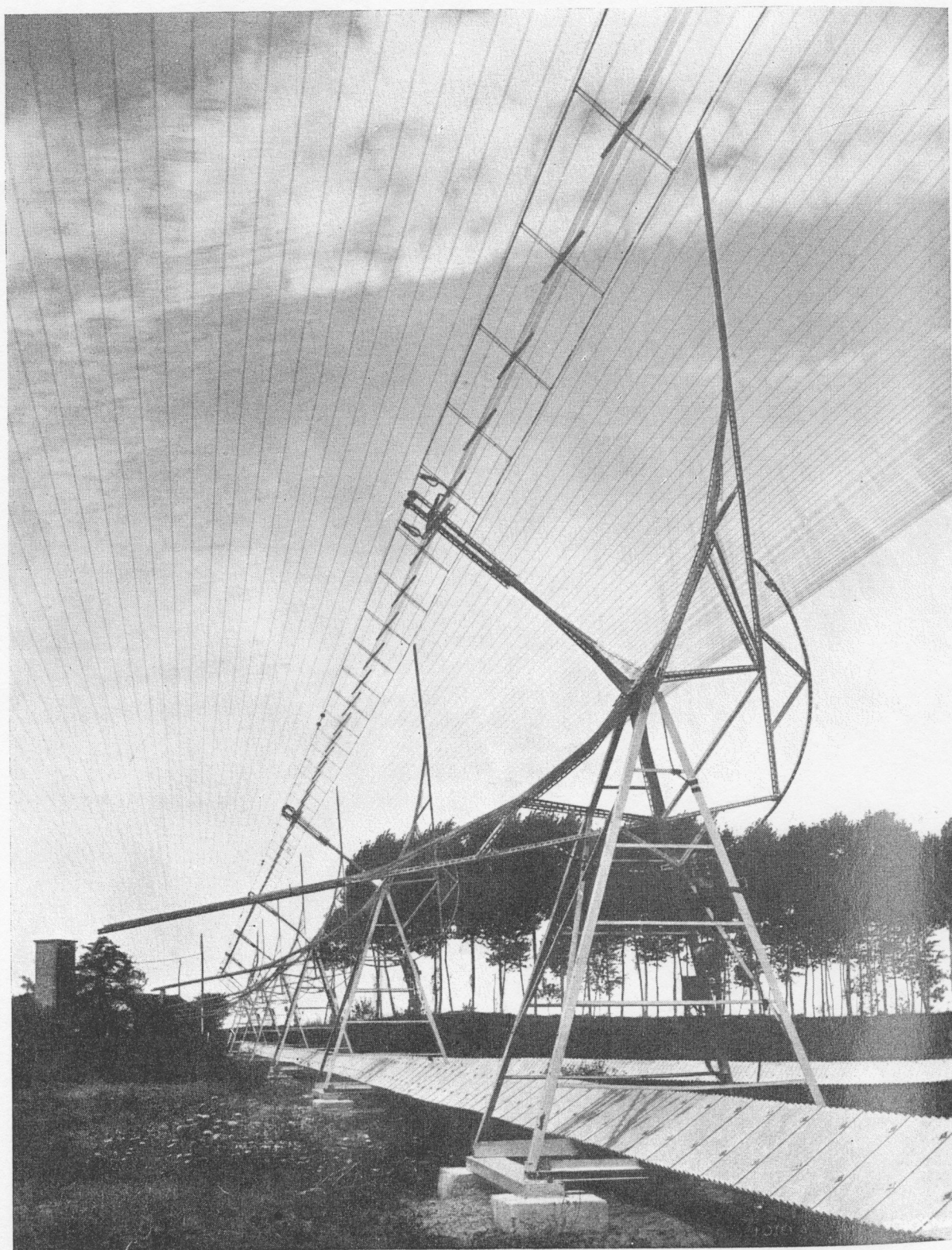
cazioni pratiche non solo per quel che riguarda la esatta disposizione dei dipoli, ma anche per i numerosi allacciamenti necessari per i cavi che devono collegare ogni dipolo con il ricevitore. Per esempio, alla frequenza di 300 MHz (pari alla lunghezza d'onda di 1 m) volendo ottenere un potere separatore di circa 1° , sarebbe necessario utilizzare oltre 14.000 dipoli semi-onda distribuiti su un quadrato col lato di circa 60 m.

Tralasciando altri sistemi d'antenna, che da soli necessitano di una particolare trattazione, ricordiamo qui che negli ultimi decenni sono state sviluppate, specie sotto l'influsso del progresso dei radar, speciali antenne che sfruttano le proprietà riflettenti di superfici. Attualmente le più diffuse in radio-astronomia sono le superfici paraboliche « illuminate » da un qualsiasi elemento ricettivo (dipolo, elica, ecc.) posto nel fuoco. Così come in ottica, onde piane (quali praticamente possono essere considerate quelle provenienti dalle « radio-stelle ») che incidono sulla superficie parabolica provenendo da un direzione parallela all'asse della parabola vengono concentrate nel fuoco, ove il dipolo le raccoglie e genera delle forze elettromotrici che vengono convogliate al ricevitore. In questo caso, perchè si abbiano buone prestazioni, si richiede che l'apertura della parabola sia almeno 7 lunghezze d'onda e che la sua superficie sia lavorata con la precisione di $\frac{1}{20}$ della lunghezza d'onda. Naturalmente, maggiore è l'apertura della para-

bola, maggiore è la quantità di energia raccolta e quindi più intense le forze elettromotrici che vengono generate nel dipolo. La relazione tra potere separatore ed area efficace vale anche per le superfici riflettenti e, similmente al caso delle cortine di dipoli, il diagramma polare dell'antenna è costituito da un lobo principale e da una serie di lobi secondari. Allo scopo di « sentire » solo le sorgenti che passano al lobo principale, quelli secondari possono essere opportunamente ridotti, a condizione che non venga raccolta tutta l'energia incidente sulla superficie (o su una cortina di dipoli) ma ne venga utilizzata una quantità sempre minore a mano a mano che ci si sposta dal centro verso i bordi. Tanto maggiore è questa « attenuazione » tanto meno importanti divengono i lobi secondari; ma, contemporaneamente l'area efficace diviene sempre più piccola dell'area geometrica e diminuisce la direttività del lobo principale. Di volta in volta deve essere studiato il più conveniente compromesso fra i tre fenomeni.



Veduta d'assieme del radio-telescopio di Medicina (Bologna).



Particolare del radio-telescopio di Medicina. Sono ben visibili i fili d'acciaio tesi lungo le generatrici del cilindro parabolico, nonchè l'allineamento di dipoli posto sulla linea focale. In basso la tettoia che protegge i cavi coassiali.

Per finire questa rapida scorsa sulle caratteristiche della antenne ricordiamone ancora un tipo che sempre più si afferma in radio-astronomia. Si tratta dell'antenna con superficie riflettente a cilindro parabolico (vedi fig. 4) sulla cui linea focale viene posta una cortina di dipoli. Questo tipo di antenna produce diagrammi polari che nel senso longitudinale sono coincidenti con quelli delle cortine poste sulle linee focali, nel senso trasversale con quelli delle parabole la cui forma corrisponde alle sezioni paraboliche del cilindro.

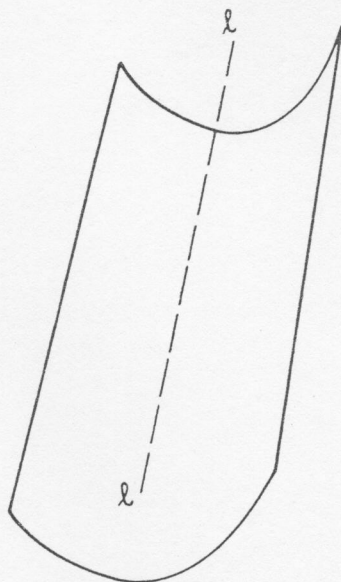


Fig. 4 - Cilindro parabolico. λ indica la cortina di dipoli disposta sulla linea focale.

La meta cui tendono l'Istituto di Fisica e l'Osservatorio astronomico dell'Università di Bologna è una grande antenna, del tipo « Croce di Mills » avente dimensioni di circa 1 km e quindi un elevato potere separatore ed una notevole area efficace; ciò allo scopo, tra l'altro, di rendere più facile la scoperta di nuove « radio-stelle » e di provvedere alla loro localizzazione con notevole precisione. Prima di procedere alla realizzazione di tale progetto, fu reputato opportuno provvedere alla costruzione di un radiotelescopio con antenna a cilindro parabolico, e che pur rappresentando uno strumento di buone possibilità di ricerche, richiedesse un modesto investimento di mezzi e rappresentasse una prova pratica dei metodi da utilizzare per la costruzione della grande antenna. D'altra parte questa prima realizzazione in connessione con quella finale, potrà certamente servire per la costituzione di un sistema interferometrico atto alla misura dei diametri delle « radio-stelle ».

(continua)