

COELVM

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

GIUSEPPE MANNINO e GIANCARLO SETTI

Il Radiotelescopio di Medicina.

(continuazione e fine)

2. IL RADIO-TELESCOPIO DI MEDICINA.

L'antenna del radio-telescopio di Medicina sfrutta, come è stato già detto, la superficie riflettente di un cilindro parabolico la cui apertura è di $m\ 6,70 \times 110$. Tale superficie è stata realizzata mediante fili d'acciaio zincato tesi lungo le generatrici del cilindro ad intervalli di 3 cm, che corrispondono ad una spaziatura di circa $\frac{1}{30}$ della lunghezza d'onda su cui l'antenna è accordata; in questa maniera, pur riducendo al minimo il peso della struttura, praticamente tutta la radiazione incidente viene riflessa e concentrata sulla linea focale. I fili sono sostenuti da 10 centine a forma parabolica, con una distanza focale di $m\ 1,50$, equamente distribuite sulla lunghezza. Ogni filo è teso a mezzo di una molla, fissata ad una delle centine di testa, la cui tensione evita che si producano frecce superiori ai 3 cm. Tutto l'insieme è tale che gli scostamenti dalla superficie teorica non superino $\frac{1}{30}$ della lunghezza d'onda.

Sulla linea focale del cilindro è disposta una cortina di 112 dipoli onda-intera posti ad intervalli di una lunghezza d'onda, per uno sviluppo totale di $m\ 102,60$. Quindi l'area geometrica di raccolta risulta di $m^2\ 682,42$. Il cilindro è stato tenuto di $m\ 7,40$ più lungo della cortina ($m\ 3,20$ per parte) perchè i dipoli che si trovano agli estremi e in prossimità di essi, continuino a « vedere » ancora molto lungo il cilindro, praticamente come i dipoli centrali; ciò con lo scopo di eliminare, in gran parte, particolari fenomeni di disadattamento delle impedenze dei dipoli terminali e di diffrazioni spurie. Al disopra dell'allineamento dei dipoli, a distanza di $\frac{\lambda}{4}$ è stato posto un riflettore piano (anch'esso realizzato con fili d'acciaio) largo 30 cm, allo scopo di modificare il diagramma di ogni singolo dipolo per: *a*) una opportuna « illuminazione » dello sviluppo parabolico; *b*) per evitare che i dipoli ricevano dalle radio-stelle radiazioni dirette oltre quella riflessa dalla superficie, e quindi evitare fenomeni di interferenza, non essendo le due radiazioni in fase; *c*) per meglio proteggere la cortina di dipoli da segnali spuri locali (industrie, mezzi di trasporto che comunque usino motori elettrici, ecc.).

I dipoli costituenti la cortina sono stati suddivisi in 16 gruppi, ciascuno di 7 elementi, alimentati da una linea bifilare. Tali gruppi sono collegati tra di loro e al ricevitore,

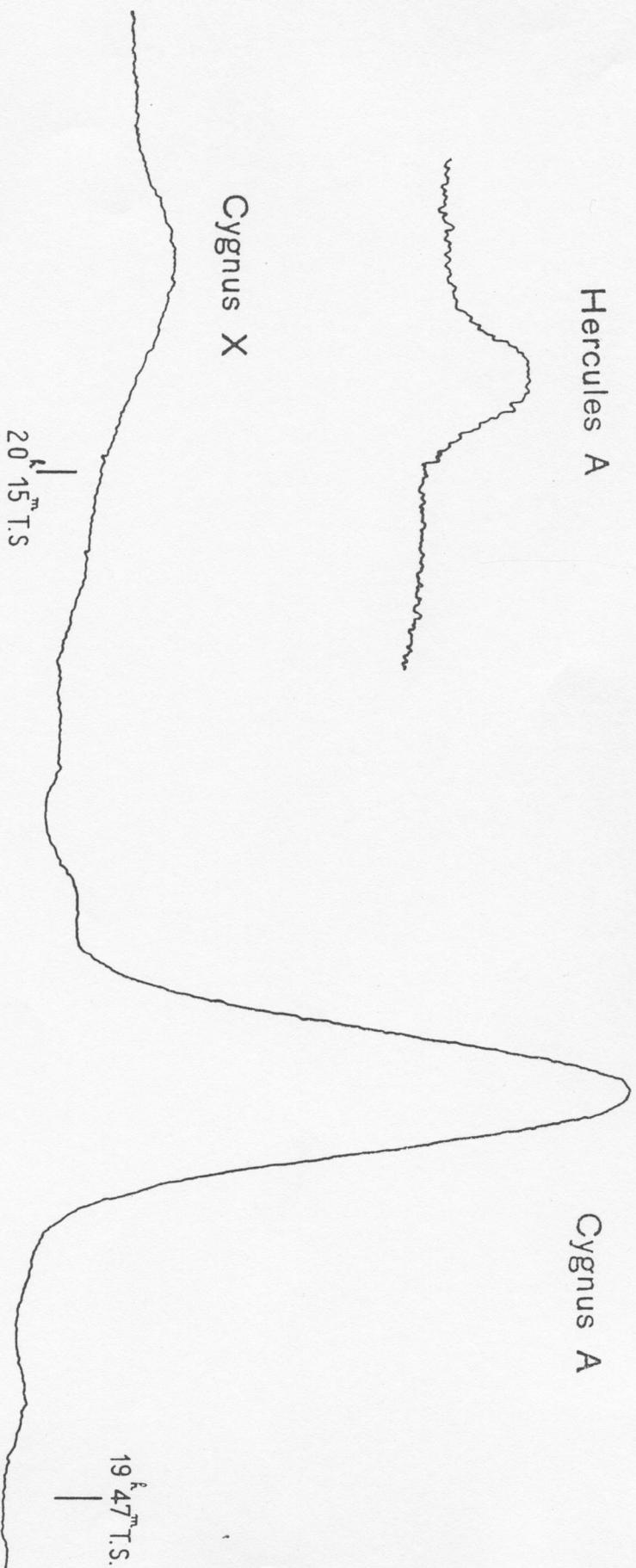


Fig. 6. - In basso: registrazione del passaggio della radio-sorgente Cygnus A attraverso il lobo principale dell'antenna del radio-telescopio di Medicina; la posizione di tale centro di emissione di onde radio coincide con quella di due galassie in collisione distanti dal Sole circa 720 milioni di anni luce. Sul proseguimento della suddetta registrazione vi è quella del Cygnus X; in questo caso si tratta di onde radio provenienti da un insieme di nebulose galattiche. In alto a sinistra: una registrazione del passaggio della radio-sorgente Hercules A; la posizione di questa coincide con una nebulosa spirale di tipo peculiare.

secondo lo schema di fig. 5, in maniera che i cammini elettrici tra ciascun gruppo e il ricevitore risultino perfettamente uguali. Per le connessioni sono stati utilizzati cavi coassiali rigidi in rame, costruiti nelle officine dei due Istituti, che presentano un fattore di attenuazione sensibilmente inferiore ai cavi coassiali commerciali. Solo per brevissimi tratti, in corrispondenza dei punti mobili delle centine, è stato usato cavo coassiale morbido di tipo commerciale. La ragione principale della suddetta divisione in gruppi consiste nella necessità di attenuare la quantità di energia ricevuta dal cilindro parabolico al passare dal centro verso gli estremi e ciò per diminuire opportunamente l'importanza dei lobi secondari. In teoria tale attenuazione dovrebbe essere continua; in pra-

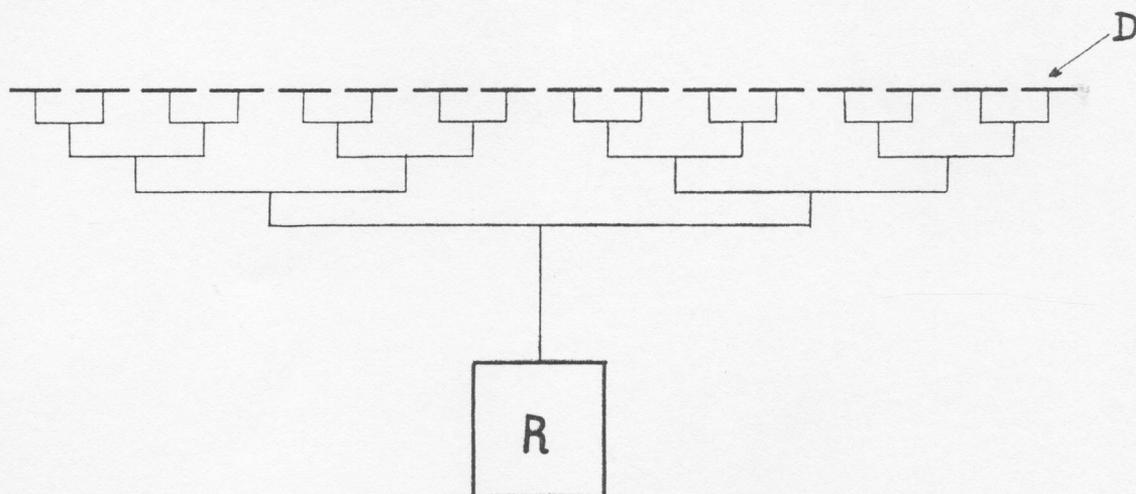


Fig. 5 - Schema dei collegamenti tra dipoli e ricevitore al radio-telescopio di Medicina. Ogni tratto *D* sta per una sezione di 7 dipoli onda-intera. *R* indica il ricevitore.

tica è possibile sostituirla con una attenuazione a gradini; il numero di gradini dipende dall'approssimazione che si vuole raggiungere. In questo particolare caso si è trovato che una attenuazione su 16 gradini di potenza (otto per parte rispetto al centro del cilindro parabolico e simmetricamente disposti) permette di non fare assumere ai lobi secondari un'importanza superiore ad $\frac{1}{1.000}$ di quella del lobo principale. Così si ha la

certezza, che tenuto presente l'ordine di grandezza dei flussi d'energia provenienti dalle radio-sorgenti celesti, non avvengano confusioni; cioè si è sicuri che siano praticamente nulli i segnali delle radio-sorgenti che transitano in corrispondenza dei lobi secondari. Se così non fosse, poichè non è possibile discernere istantaneamente tra i segnali provenienti dai vari lobi, si rischierebbe di localizzare inesistenti radio-sorgenti in corrispondenza del lobo principale, mentre, in effetti, si potrebbe trattare di segnali captati da un qualsiasi lobo secondario. Quando venga tollerata la presenza di importanti lobi secondari, dal punto di vista teorico, una opportuna analisi potrebbe evitare le confusioni; se però si pensa che la cortina di dipoli utilizzata nel radio-telescopio di Medicina ha 224 lobi secondari, si comprende quanto poco agevole sarebbe provvedere in tal senso.

Quanto detto sopra vale naturalmente per la distribuzione dei lobi nel piano contenente la cortina di dipoli, cioè nel senso della lunghezza del cilindro parabolico. Nel piano perpendicolare al centro della cortina (generalmente è sufficiente considerare solo questi due piani) poichè si è secondo la sezione parabolica, vale la teoria generale su tali superfici. Nel nostro particolare caso si trova che i lobi secondari hanno importanza

almeno 30 volte inferiore a quella del lobo principale. Non è questa una situazione del tutto favorevole; però, giacchè il cilindro parabolico è disposto secondo la direzione $E - W$, il piano perpendicolare al centro della cortina, coincide col meridiano del luogo; in questo caso è assai più facile non cadere in confusioni che possono essere provocate solo da « radio-stelle » aventi eguale ascensione retta.

Come è stato appena detto l'antenna del radio-telescopio di Medicina è disposta in maniera che la cortina di dipoli (e quindi anche le generatrici del cilindro) coincida esattamente con la direzione $E-W$. Tutto il cilindro ruota intorno a tale direzione, cioè l'antenna è orientabile solo nel piano meridiano e può sentire le radio-stelle solo alla loro culminazione superiore o a quella inferiore, se circumpolari. Quindi, in termini dell'Astronomia di posizione, si tratta di uno « strumento dei passaggi ».

L'antenna è accordata su una banda di frequenza centrata a 327, 384 MHz, pari alla lunghezza d'onda di 0,916 m.

Il ricevitore al quale vengono convogliati i segnali ha una banda passante di 2 MHz, centrata sulla suddetta frequenza. Il suo principio di funzionamento è quello della classica supereterodina. Prima di rivelare i segnali provvede a trasformarli dalla frequenza di 327 MHz a quella di 31 MHz, giacchè alle frequenze più basse risulta assai più facile l'amplificazione, che in questo caso è di un milione di volte. Il suo particolare pregio consiste nel possedere in concomitanza con un elevatissimo potere di amplificazione, un bassissimo proprio rumore di fondo e una eccellente stabilità.

In laboratorio è possibile generare rumori di potenza nota; se essi vengono inviati all'ingresso di un ricevitore del quale sia stato preventivamente determinato il fattore di amplificazione è possibile predire la potenza P del rumore all'uscita. Si nota che il rumore rivelato ha sempre una potenza superiore $P + P_r$, ove P_r è una potenza dovuta al rumore di fondo del ricevitore stesso. Si usa giudicare la bontà di un ricevitore tramite il fattore di rumore F , dato dalla relazione

$$F = \frac{P + P_r}{P}$$

Evidentemente tanto più piccolo è F , tanto minore è il disturbo P_r provocato dal ricevitore. In pratica non è mai possibile raggiungere il valore estremo $F = 1$ ($P_r = 0$); alla frequenza di 327 MHz un ricevitore per radioastronomia può essere considerato buono se è $F \leq 9$.

Nel caso del ricevitore della Stazione radio-astronomica di Medicina risulta $F = 6$.

3. LA SCELTA DELLA FREQUENZA.

La scelta della frequenza di lavoro è uno dei primi problemi da risolvere quando si decida di procedere alla costruzione di un radio-telescopio. Infatti uno strumento di questo genere non può lavorare su una vasta gamma di frequenze (come avviene per i telescopi ottici) ma solo nell'intorno della frequenza per la quale è stato progettato tutto lo strumento (dai dipoli, alla superficie di raccolta, ai cavi di trasmissione, al ricevitore).

Poichè, dato l'odierno sviluppo delle radio-comunicazioni terrestri, si trovano utenti praticamente su tutte le radio-frequenze (salvo alcune gamme delle onde centimetriche) negli ultimi tempi si è cercato di salvaguardare gli interessi della radio-astronomia chiedendo che le vengano totalmente riservate alcune frequenze. Infatti non sarebbe possibile accordare un radio-telescopio sulla medesima lunghezza d'onda di lavoro di una stazione trasmittente; i modestissimi « rumori » delle « radio-stelle », verrebbero sommersi dai relativamente enormi segnali prodotti dall'uomo. Nel corso dell'ultima

conferenza internazionale sulle radio-comunicazioni sono state in parte accettate le richieste degli Astronomi. Alcune gamme di frequenza sono state definitivamente assegnate alla radio-astronomia; per altre è stato auspicato che ogni Nazione faccia il possibile per venire incontro alle necessità della ricerca scientifica.

Al momento della decisione pratica si è dovuto però tener presente il fatto che alle basse frequenze (onde lunghe) per ottenere dei buoni poteri separatori bisognerebbe ricorrere ad antenne di dimensioni proibitive; questo problema si sarebbe potuto facilmente risolvere scegliendo una gamma di alte frequenze. Però la natura delle « radio-stelle » è tale che i flussi energetici diminuiscono all'incirca col quadrato della frequenza; ciò significa che, se alle onde centimetriche si possono ottenere buoni poteri separatori con superfici di raccolta di modeste dimensioni, i flussi energetici sono però così piccoli che per captarne una quantità rilevabile occorrerebbe ancora ricorrere a grandi superfici di raccolta.

Dopo varie considerazioni sulle condizioni più o meno favorevoli delle varie bande di frequenza assegnate alla radio-astronomia, si è pervenuti alla decisione di accordare l'antenna del radio-telescopio di Medicina su una frequenza compresa nella banda 322-329 MHz, per la quale nel corso della succitata conferenza internazionale è stato auspicato che nei singoli Paesi sia fatto il possibile per assegnarla alla ricerca scientifica. In particolare è stata scelta la banda di 2 MHz centrata sulla frequenza 327,384 MHz, che corrisponde ad una riga spettrale del Deuterio proveniente da transizioni tra i due livelli energetici della struttura iperfina dello stato fondamentale.

È questa una frequenza che concilia abbastanza bene le esigenze relative alla superficie di raccolta con quelle del potere separatore ed inoltre, quando sarà portato a termine il progetto della grande « Croce di Mills » potrà permettere opportune ricerche della suddetta riga del Deuterio, non ancora individuata negli spettri delle « radio-stelle ».

4. LA SCELTA DELLA LOCALITÀ.

Il problema della scelta della località per un radio-telescopio è forse più scottante che nel caso di un telescopio ottico. Per quest'ultimo è possibile, sia pure in molti mesi, saggiare il clima, le condizioni di tranquillità atmosferica e di trasparenza di una certa località. Nel caso di un radio-telescopio entra in gioco il « clima radio-elettrico » di una località, il quale clima è dato non solo dalle trasmissioni ufficiali sulla frequenza scelta e sue armoniche, ma anche da tutto l'insieme dei numerosissimi strumenti e motori capaci, per ragioni varie, di produrre onde hertziane. Si pensi che i motorini che normalmente vengono montati sulle biciclette sono già causa di fastidiosi rumori quando transitano ad alcune centinaia di metri dal radio-telescopio di Medicina.

Nel nostro caso la scelta della località è stata effettuata sulla base dei seguenti criteri: *a)* assenza di trasmissioni locali sulla banda di frequenza 322-329 MHz, il che è stato controllato tra l'altro per molte settimane con un buon ricevitore professionale; *b)* assenza di grossi complessi industriali nel raggio di circa 10 km; *c)* assenza di strade di grande traffico nel raggio di circa 3 km; *d)* assenza di ferrovie a trazione elettrica nel raggio di circa 10 km; *e)* assenza di linee ad alta tensione nel raggio di circa 3 km; *f)* relativa facilità di accesso da Bologna, per il fatto che è indispensabile che ad un radio-telescopio siano connessi attrezzati laboratori di elettronica e di meccanica; *g)* esistenza di una opportuna vasta regione pianeggiante che permettesse la costruzione dell'opera in progetto e la sua successiva utilizzazione come interferometro a base variabile.

A radio-telescopio funzionante si può oggi affermare che la località scelta (Contrada Bologna Nuova di Medicina: $\lambda : - 46^m 39^s$; $\varphi = + 44^o 30' 26''$) si è dimostrata favorevole. Almeno 20 ore al giorno possono essere utilizzate proficua-

mente con preferenza, naturalmente, alle ore notturne, durante le quali praticamente cessano l'attività industriale e il traffico stradale anche a grande distanza. Gli unici disturbi che fino a questo momento hanno dato qualche fastidio sono quelli provenienti dai rari mezzi muniti di motore a scoppio, terrestri ed aerei, che transitano nelle immediate vicinanze e dalla presenza di formazioni temporalesche (fulmini) anche se a grandissima distanza.

5. I PRIMI ESPERIMENTI.

Il radio-telescopio di Medicina è praticamente entrato in funzione nella prima decade di giugno ed ormai sono in fase avanzata tutti gli indispensabili controlli e tarature, quali per esempio: *a)* determinazione sperimentale dei diagrammi d'antenna e loro confronto con quelli calcolati; *b)* determinazione della reale area efficace e suo confronto con quella calcolata *c)* taratura di tutto il complesso per la determinazione della scala di temperature mediante confronti con resistenze portate a diverse temperature (aria liquida, ossido di carbonio solido, ghiaccio fondente, ecc.) Contemporaneamente è stato osservato per circa un mese l'eclisse della « Crab nebula » da parte della corona solare; ora sono tenute sotto controllo alcune radio-sorgenti che pare abbiano una densità di flusso variabile. Inoltre, ed è questo un fattore assai importante, si sta formando un gruppo di giovani che all'atto dell'entrata in funzione della grande « Croce di Mills » avranno già acquistato una notevole esperienza nei vari rami della radio-astronomia.

In Fig. 6 sono riprodotti i diagrammi di due radiosorgenti celesti ottenuti al loro passaggio attraverso il lobo principale del radio-telescopio di Medicina. Il primo è relativo al Cigno A, il cui flusso d'energia a 327 MHz è di circa $5 \times 10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ ed è stato ottenuto il 2 agosto di quest'anno con la sensibilità del ricevitore ridotta ad $\frac{1}{5}$. Il secondo è relativo alla sorgente Ercole A ed è stato ottenuto il 10 agosto con il ricevitore a sensibilità totale.

RICCARDO TAGLIOLI MANN

Chi vive sugli altri mondi?

*È necessario credere
che vi siano altri mondi in altri luoghi
e diverse stirpi d'Uomini e generi d'animali.*

LUCREZIO

Gli enormi progressi compiuti recentemente nella tecnica dei missili polistadi, ha anticipato di più che un decennio il giorno del primo volo di una macchina con pilota sulla Luna.

Se è vero che le conoscenze attualmente acquisite dall'indagine astronomica permettono fin d'ora di anticipare molte cose sull'aspetto degli ambienti planetari, tanto che un artista può oggi ricostruire un paesaggio lunare con una notevole presunzione di verosimiglianza, tuttavia vi è ancora un lato del problema che non può in alcun modo