

RADIOONDE

Bollettino aperiodico del Gruppo Radio Pavese - N. 2, maggio 96

Fotocopiato in proprio, distribuito gratuitamente. è gradita la collaborazione dei lettori

Redazione: Ezio Mognaschi, v.le Gorizia, 63 - 27100 Pavia, tel. 0382 539522, posta elettronica mognaschi@pavia.infn.it

Sommario: Notizie; VLF 96, primi risultati; Radioastronomia, cosa e come si può ricevere. p. 1;

Il radiotelescopio di Jodrell Bank (*1 parte*), un articolo che Radiorama non ha ritenuto opportuno pubblicare. p. 2 - 6.

Notizie: * Nei giorni 20, 21, 27 e 28 aprile 96 si sono svolti gli appuntamenti delle operazioni INTMINS: emissioni di plasma e di elettroni, modulati in VLF, dalla stazione orbitale MIR. L'esperimento più interessante per noi è stato quello del 28 in quanto le emissioni sono avvenute sopra il territorio italiano. Un monitoraggio effettuato a Brallo di Pregola (PV) ha dato risultato negativo. Per informazioni su futuri esperimenti Bill Pine, fax 001 909 931 0392, email pine@nssdca.gsfc.nasa.gov oppure pinebill@aol.com

* Nei giorni 25 e 26 maggio 96, Giornate della Radio a Vallepiera (RM), organizzate dal Gruppo RANCH Radioanchio e da FIR CB ROMA 81; per contatti ed informazioni tel. 06 8813433, fax 06 9306873, Internet Sergio.Ciatti@iol.it

* **Domenica 2 giugno 96 ore 14.30 riunione congiunta del Gruppo Radio Pavese e del Gruppo Locale AIR di Pavia presso un'aula del Dipartimento di Fisica "A. Volta" g. c. in via A. Bassi, 6 Pavia. All'odg 1) resoconto dell'attività dell'anno 95/96, 2) programmi per il 96/97, 3) scambio di informazioni, 4) varie ed eventuali. L'invito a partecipare è esteso a tutti gli interessati.**

VLF 96, primi risultati

A conclusione del quarto anno consecutivo di osservazioni in banda VLF, effettuate a cavallo dell'equinozio di primavera, si può stendere un primo bilancio consuntivo. Il numero di segnali naturali ricevuti quest'anno è risultato molto inferiore a quello degli anni passati, con la prosecuzione del programma vedremo se questo fatto è una pura coincidenza oppure se è da mettere in relazione al periodo di minimo dell'attività solare che abbiamo appena attraversato. Dal punto di vista della partecipazione si è riscontrato invece un aumento del numero di stazioni in grado di operare in quanto, oltre all'équipe pavese (Mognaschi e Roberto Canobbio, cui si è aggiunto Bernardino Carpené) ed a Renato Romero a Cumiana (TO), ha iniziato quest'anno l'attività in VLF anche Silvio Bernocco di Torino con registrazioni effettuate prevalentemente in Val Lemina. Inoltre, da aprile di quest'anno, è attivo in VLF anche un radioamatore italiano in Guinea Bissau il quale ha la possibilità di registrare segnali in una zona assolutamente priva di rumore artificiale. A quanto risulta mai nessuna osservazione di segnali radio in banda VLF è stata effettuata dal territorio africano e molto rare sono anche le osservazioni a basse latitudini geomagnetiche in quanto queste zone sono ritenute non particolarmente felici dal punto di vista dei segnali naturali a causa della relativa minore lunghezza delle linee di forza del campo magnetico terrestre rispetto a quelle delle medie ed alte latitudini. Parecchi *whistlers* sono stati registrati a Pavia ed a Cumiana il 24.03.96 tra le 0500 e le 0506 UTC, un numero inferiore nella registrazione dello stesso giorno tra le 0600 e le 0606, ed un solo *whistler* osservato a Brallo di Pregola (PV) il 06.04.96 alle 0502:15. Uno *whistler* è stato infine anche osservato da Silvio Bernocco il 24.03.96 alle 0441 UTC. Un'analisi più dettagliata degli eventi osservati comparirà su questo bollettino non appena saranno stati eseguiti i sonogrammi e completata la loro analisi.

Radioastronomia, cosa e come si può ricevere

La radioastronomia è lo studio delle emissioni provenienti dagli oggetti astronomici, queste avvengono nella porzione dello spettro elettromagnetico da 1 mm (300 GHz) ad 1 km (300 kHz). A causa dell'assorbimento da parte della ionosfera terrestre le osservazioni al di sotto di circa 10 MHz vengono effettuate a bordo di satelliti artificiali, mentre al di sopra di 20 GHz l'assorbimento dei costituenti molecolari dell'atmosfera terrestre (principalmente da parte dell'acqua e dell'ossigeno) diventa sempre più rilevante all'aumentare della frequenza. In onde corte vi sono due bande assegnate alla radioastronomia: sono quelle da 13360 a 13410 kHz e da 25550 a 25670 kHz in tutte le Regioni. Altre bande sono assegnate in VHF, UHF ed a frequenze superiori.

Le sorgenti - Le sorgenti radio celesti possono essere classificate in tre grandi categorie: oggetti appartenenti al sistema solare, oggetti della nostra galassia ed oggetti extra galattici.

Oggetti del sistema solare - Tra gli oggetti del sistema solare è il Sole stesso quello che presenta la più forte emissione radio in quanto emette 10^{12} W. Si possono distinguere le emissioni del "Sole tranquillo" da quelle del "Sole perturbato". Le emissioni del Sole perturbato variano temporalmente, nella banda delle lunghezze d'onda decametriche, in intervalli di tempo che vanno da frazioni di secondo a minuti, ore od anche a giorni a lunghezze d'onda più corte. Quest'attività a breve termine ha origine, frequentemente, nella corona solare ed è spesso associata con macchie e con brillamenti solari osservati otticamente. Le *Sudden Ionospheric Disturbances* (SID), associate con i brillamenti solari, possono influenzare grandemente le comunicazioni ad onde corte basate sulla rifrazione ionosferica. Le macchie solari presentano un ciclo di 28 giorni dovuto alla rotazione del Sole, è per questo motivo che le previsioni

sulla propagazione delle onde radio viene effettuata, generalmente, su base mensile. Le emissioni del Sole tranquillo, come dice il nome, non sono generalmente associate a fenomeni variabili che avvengono sul Sole, eccetto che con le variazioni undecennali legate al ciclo solare.

Le emissioni radio dalla Luna, da Mercurio, e da Marte, che hanno un'atmosfera scarsa o nulla, provengono dai loro strati superficiali e forniscono informazioni sulle proprietà elettriche e termiche di questi strati. Le emissioni da Venere, Giove, Saturno, Urano e Nettuno forniscono invece informazioni sulle proprietà termiche delle loro atmosfere. Le emissioni di Giove, che sono le più intense dopo quelle del Sole perturbato e più intense perfino di quelle del Sole tranquillo, rivelano la presenza di una magnetosfera gioviana dotata di particelle cariche, simile alle fasce di Van Allen della Terra.

Oggetti galattici - La struttura a spirale della nostra galassia è stata studiata con la radio spettroscopia della riga a 21 cm (1420 MHz) del gas idrogeno che fornisce informazioni sulla distribuzione di questo gas nello spazio. Lo studio della radiazione continua (che ha una duplice origine: termica e da idrogeno ionizzato) ha portato alla identificazione di molte regioni di idrogeno ionizzato denso. Sono state inoltre osservate le righe di emissione dei radicali OH, e delle molecole NH_3 , H_2O , e CH_2O . Queste molecole sono gli elementi necessari all'formazione della vita ed è stato ipotizzato che la vita abbia potuto trarre origine non dagli oceani primordiali dei pianeti, ma nelle nubi cosmiche primordiali. Una categoria di oggetti galattici scoperti recentemente sono le pulsar. Questi oggetti emettono radioonde impulsive con periodicità da 30 ms a 4s. Si pensa che le pulsar siano stelle di neutroni rotanti e costituiscano quello che rimane di una supernova.

Oggetti extra galattici - La riga a 21 cm è stata rivelata anche nelle emissioni delle galassie vicine. Queste emettono anche su altre lunghezze d'onda con potenze da 10^{30} a 10^{32} W. Esistono anche radio galassie che emettono potenze maggiori, da 10^{35} a 10^{38} W. Le quasar emettono potenze da 10^{37} a 10^{38} W e si muovono con velocità sino a 8/10 di quella della luce a distanze di alcuni miliardi di anni luce dalla Terra. Infine, vi è la radiazione di fondo a microonde, caratterizzata da una distribuzione isotropa, ed osservata tra 3mm e 20 cm, essa corrisponde all'energia irradiata da un corpo nero alla temperatura di 2.7°K. È importante per gli studi cosmologici in quanto è quello che rimane del big bang avvenuto all'inizio dell'esistenza dell'universo.

La ricezione - Le SID possono essere osservate con un comune ricevitore per onde corte prelevando da esso il segnale di controllo automatico di guadagno o il segnale che pilota l'S-meter e registrandolo per lunghi periodi di tempo ad esempio su carta. È importante sintonizzare il ricevitore su di una stazione che trasmetta in continuazione e che non modifichi la potenza di emissione, come fanno le stazioni di tempo.

I segnali generati da Giove si possono trovare tra

5 e 40 MHz, con i segnali più intensi tra 18 e 24 MHz.

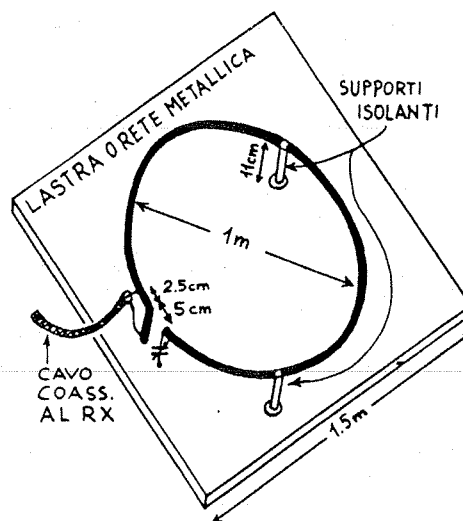
Se la ricezione viene effettuata con un normale ricevitore radio sembra di ascoltare il suono prodotto da una manciata di sassolini che cadono su di un tetto di lamiera.

Questi segnali possono essere ricevuti quando Giove è sopra l'orizzonte; un modo semplice è quello di utilizzare come antenna un dipolo a mezz'onda tagliato per circa 21 MHz, tenderlo in direzione N-S ad un'altezza dal suolo non superiore a mezza lunghezza d'onda, in modo da ottenere un alto angolo di radiazione ed attendere che Giove sia a W, il che avviene, attualmente, dopo le 9 di sera.

Un'antenna più efficiente è quella denominata *Directional Discontinuity Ring Radiator* (DDRR), mostrata in figura.

È formata da un anello circolare aperto del diametro di 1 m di tubo di rame di diametro compreso tra 10 e 50 mm. Un'estremità dell'anello è collegata a massa, mentre l'altra è collegata ad un variabile da 50 pF che serve a sintonizzare l'anello. L'antenna DDRR deve essere installata sopra una superficie metallica piana od una rete metallica che costituisce un piano di terra artificiale e che si estenda almeno 25 cm oltre il bordo dell'anello. L'antenna va orientata verso Giove. Il collegamento con il ricevitore viene

effettuato con un corto pezzo di cavo coassiale il cui conduttore centrale è connesso elettricamente all'anello in un punto da determinare sperimentalmente, generalmente molto vicino all'inizio dell'anello stesso. In entrambi i casi il ricevitore deve essere usato con la più larga banda disponibile.



Il radiotelescopio di Jodrell Bank (I parte)

di Ezio Mognaschi

Chi, come me, ha visto fiorire molte primavere ricorderà la sorpresa e l'incredulità suscitate in tutto il mondo nell'ottobre del 1957 allorché Mosca annunciò il lancio del primo satellite artificiale della Terra, lo Sputnik. Si era nel periodo della guerra fredda ed eravamo abituati alle menzogne ed alle esagerazioni di Mosca sui propri successi politici, economici, industriali e militari. Il mondo occidentale era perciò tendenzialmente incline a sottovalutare in

ogni campo le affermazioni provenienti d'Oltrecortina sulla base dell'esperienza fatta in un decennio di propaganda. Ma il lancio dello Sputnik era un fatto eccezionalmente importante sia dal punto di vista militare, sia da quello scientifico e costituiva una grande novità, cosicché da tutto il mondo si cercò subito una conferma alle affermazioni di Mosca. L'unico centro, in Occidente, allora attrezzato per seguire il movimento di oggetti celesti era il radiotelescopio di Jodrell Bank in Gran Bretagna. Non che fosse stato costruito per osservare o spiare i lanci spaziali, dei quali allora si favoleggiava solamente nei romanzi di fantascienza; era nato per scopi scientifici ed, in quell'occasione, fu in grado di determinare l'orbita del razzo vettore che aveva lanciato lo Sputnik I e che lo seguiva a breve distanza, ma che era molto più grande e quindi ben osservabile con le onde radio. Anche la televisione italiana, nel telegiornale (allora ce n'era uno solo), intervistò il direttore del Radiotelescopio di Jodrell Bank, Sir Bernard Lovell: un distinto signore, elegantemente vestito, con la cravatta ostinatamente storta e con vistosi riporti di capelli sulla sommità del capo che tentavano, invano, di nascondere una precoce calvizie. Egli confermò la presenza del primo satellite artificiale della Terra e, con non dissimulato orgoglio che si leggeva nello sguardo penetrante ed inquieto, fornì i dati dell'orbita. Fu quello il momento di maggior notorietà raggiunto dal Radiotelescopio di Jodrell Bank che era stato completato proprio l'anno precedente e che costituiva già allora uno strumento avanzatissimo per lo studio dei cieli con le radio onde. Quel distinto signore ha oggi 85 anni ed è a riposo da molti anni, ma, quasi ogni giorno, si reca nel suo studio presso i Nuffield Radio Astronomy Laboratories di Jodrell Bank per seguire l'attività di ricerca che vi si svolge.

In occasione di una mia visita all'Università di Salford, vicino a Manchester, ho espresso al collega che mi ospitava il desiderio di visitare il Radiotelescopio di Jodrell Bank che si trova ad una quarantina di chilometri da Manchester ed egli è riuscito a fissare una visita che abbiamo effettuato insieme mercoledì 9 novembre 1994, sotto la guida cortese ed esperta del dott. Stennard.

Jodrell Bank è una località rurale nel Cheshire ad est di Manchester, è toccata dalla linea ferroviaria Manchester-Londra, ma il treno non vi si ferma. Dal treno è possibile solo intravedere tra gli alberi la gigantesca antenna parabolica bianca del radiotelescopio più grande. Anche se solo con un mezzo privato è possibile raggiungere questa località, ben 150000 visitatori l'anno, dei quali 40000 sono studenti, vi si recano attratti dal desiderio di conoscere gli strumenti con i quali gli astrofisici studiano la storia e la struttura dell'universo. I visitatori possono



Foto 1 - l'ingresso del centro di ricerca di Jodrell Bank: sullo sfondo la grande antenna del radiotelescopio Lowell, a sinistra in basso un'altra antenna più piccola della rete MERLIN (foto Mognaschi).

ammirare le grandi antenne paraboliche, situate in un ampio parco ove è strettamente proibito l'uso di apparati trasmettenti, compresi i telefoni cellulari, ma usualmente non possono accedere ai laboratori di ricerca. Per i visitatori sono disponibili un planetario, un'esposizione di fotografie, strumenti, grafici e pannelli che illustrano le attività di ricerca che si svolgono nei Nuffield Laboratories. C'è anche un grande negozio di souvenir: magliette, cartoline, poster e chincaglieria varia di gusto kitsch la cui vendita serve a finanziare, in parte, l'attività di ricerca. Si può anche ammirare un manichino in cera con parrucca ed abiti d'epoca di Sir Isaac Newton con un modello del suo telescopio

riflettore e quello di Albert Einstein in sandali, maglione e camicia sbottonata senza cravatta che, seduto in cattedra, guarda benevolmente i visitatori ed indica alla lavagna la famosa formula $E = mc^2$.

La storia di Jodrell Bank

Ma veniamo alla storia di Jodrell Bank iniziata nel dicembre del 1945 quando Sir Bernard Lovell installò alcuni radar residuati bellici in una tenuta dell'Orto Botanico dell'Università di Manchester, situata nella campagna del Cheshire. Da questo modesto avvio si è giunti oggi a 9 radiotelescopi, compreso quello gigantesco di 76 m di diametro denominato inizialmente Mark I e che ora prende il nome di Telescopio Lovell. Ci sono inoltre alcune antenne ed il sistema di acquisizione dei dati della rete, denominata MERLIN (Multi-Element Radio-Linked Interferometer Network), di radiotelescopi più piccoli, estesa da est ad ovest nella fascia centrale della Gran Bretagna. I radiotelescopi di Jodrell Bank partecipano inoltre ad una rete internazionale distribuita su tutta la Terra, la VLBI (Very Large Base Interferometry), che comprende anche i radiotelescopi italiani di Medicina (BO) e di Noto (SR).

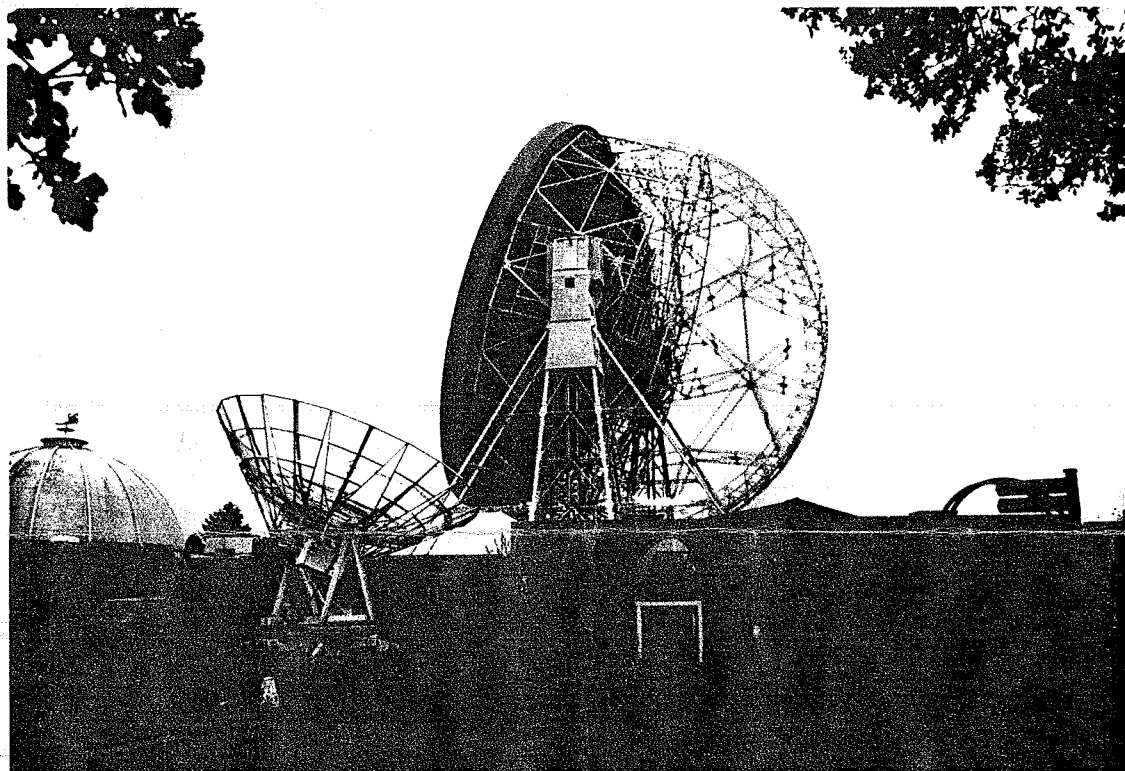


Foto 2 - veduta laterale del radiotelescopio Lovell: si possono osservare la struttura metallica e le torri che sostengono l'antenna e ne permettono l'orientamento, in basso a sinistra un'antenna della rete MERLIN (foto Mognaschi).

La prima attività di ricerca fu lo studio delle meteore per mezzo delle tecniche radar, messe a punto durante l'ultima guerra mondiale. Queste ricerche portarono alla scoperta di nuovi sciami meteorici ed alla loro identificazione con la materia sparsa lungo le orbite delle comete. Venne inoltre trovata la conferma che tutte le comete conosciute appartengono al nostro sistema solare.

Successivamente l'attenzione di Lovell si spostò dalle meteore alle radio onde che provengono dalla Via Lattea e da ancora più lontano. Questa ricerca costituì l'attività prevalente a Jodrell Bank e portò la radioastronomia ad essere il metodo più rivoluzionario per lo studio dell'universo. Sino ad allora l'astronomia era basata sullo studio delle sorgenti di onde elettromagnetiche nel visibile. Nel 1931 un giovane fisico e radioamatore americano, Karl Jansky, che lavorava presso i Bell Telephone Laboratories, fu incaricato di studiare l'origine di certi sibili continui che disturbavano le radiocomunicazioni in onde corte. Egli scoprì radioonde della lunghezza d'onda di 14.6 m, che provenivano dallo spazio, più precisamente da una regione della Via Lattea ove si trova la costellazione del Sagittario, ma la sua scoperta, che precorreva i tempi, pubblicata nel 1933, passò quasi inosservata.

Le emissioni provenienti dallo spazio sono estremamente deboli ed il merito di Lovell fu di comprendere che solo con grandi antenne sarebbe stato possibile studiarle.

Nel 1947 venne costruito un paraboloide riflettore fisso, del diametro di 66 m, puntato verso lo zenit, formato da fili tesi su pali. Sebbene il riflettore fosse fisso, il suo lobo di ricezione poteva essere parzialmente orientato inclinando l'antenna che si trovava nel fuoco del paraboloide. Con questo strumento si trovò che anche dall'ammasso

galattico M31, una galassia simile alla Via Lattea. provenivano radioonde. Questa scoperta fece emergere la necessità di un radiotelescopio ancora più potente.

I problemi da affrontare per progettare e costruire una grande antenna orientabile erano del tutto nuovi. La progettazione della grandiosa struttura metallica che regge l'antenna e ne permette l'orientazione venne effettuata da un ingegnere di Sheffield, Sir Charles Husband, in un'epoca nella quale non esistevano ancora i calcolatori elettronici e tutti i calcoli vennero eseguiti a mano con l'uso del tradizionale regolo calcolatore, sovradimensionando tutte le parti portanti o comunque sottoposte a sforzo. Va detto, per inciso, che un'antenna più piccola di quella del Mark I, costruita negli Stati Uniti sulla base di un progetto eseguito con l'aiuto dei moderni calcolatori è collassata qualche anno fa, dopo pochi anni di esercizio, per fatica dei materiali che, probabilmente, erano stati sfruttati al limite delle loro caratteristiche meccaniche. La costruzione dell'antenna del Mark I venne affidata ad una ditta specializzata in costruzioni navali. Dalla marina militare inglese vennero forniti i due giganteschi perni che permettono la rotazione dell'antenna attorno ad un asse orizzontale: facevano parte di un sistema di puntamento per cannoni di bordo. Il diametro di quest'antenna orientabile era di 66m.

Per una trentina d'anni il Telescopio Lovell è stato uno tra i più potenti radiotelescopi del mondo ed ha reso contributi essenziali alla soluzione di diversi problemi astronomici. Nel 1990 è stato potenziato dotandolo di una più ampia superficie riflettente. Quest'operazione ha richiesto il rinforzo del sistema di supporto, realizzato con l'aggiunta alle torri laterali che sostengono i due grandi perni sopra menzionati, di una torre centrale anch'essa poggiata su rotaie circolari.

Una modifica che verrà apportata in futuro sarà quella di trasformare l'attuale assetto, che è quello di un telescopio riflettore di tipo newtoniano, costituito da un paraboloide di rotazione che concentra le radioonde nel fuoco ove è posta l'antenna, nella configurazione di tipo Cassegrain, nella quale lo specchio parabolico principale invia le radioonde su di uno specchio secondario posto sull'asse di quello principale e davanti ad esso. Da questo le radioonde vengono riflesse indietro all'antenna posta nel vertice dello specchio principale. In questo modo sarà possibile, con attuatori meccanici che provocano piccole deformazioni nella superficie dello specchio secondario, correggere gli inevitabili difetti della forma della superficie dello specchio principale. Questi difetti possono essere sia di costruzione, sia dovuti a deformazioni meccaniche della struttura. Queste ultime variano a seconda dell'assetto dello specchio principale e devono essere corrette di volta in volta per ottenere l'immagine radio più nitida possibile delle sorgenti studiate.

Le caratteristiche tecniche

Il radiotelescopio funziona 24 ore su 24, secondo piani di lavoro preparati con largo anticipo sulla base anche di accordi di collaborazione internazionale. Il mercoledì è fermo per manutenzione.

La rotazione del radiotelescopio attorno all'asse verticale può superare di 16° l'angolo giro ed avviene alla velocità di 10° al minuto per mezzo di motori passo-passo installati nei carrelli che poggiano sulle rotaie circolari, mentre la rotazione attorno all'asse orizzontale avviene tramite altri motori situati sulla sommità delle due torri laterali ove poggiano i due grandi perni. La superficie riflettente, in foglio di alluminio verniciato di bianco, ha attualmente un diametro di 76 m ed è seconda solo al radiotelescopio tedesco di Wetzell che ha un diametro di 100 m, mentre negli Stati Uniti si intende sostituire l'antenna collassata con una nuova del diametro di 101 m. Le grandi dimensioni della superficie esposta al vento rendono questi oggetti particolarmente vulnerabili ed è quindi necessario disporre di previsioni meteorologiche molto precise per poter mettere l'antenna in posizione di sicurezza se si prevedono venti superiori a 55 km/h o raffiche superiori a 72 km/h. La posizione di sicurezza consiste nell'orientare il paraboloide verso lo zenit e disporre la congiungente le due torri nella direzione del vento per offrire la minima superficie esposta al vento. Anche in caso di neve il paraboloide viene orientato verso lo zenit e, terminata la nevicata, viene liberato dalla neve portandolo in posizione verticale. Si forma in questo modo una spettacolare slavina che si rovescia a terra da un'altezza considerevole. Il paraboloide viene poi riportato nella posizione richiesta per le ricerche in corso. Le previsioni meteorologiche vengono fornite da una rete di rilevamento presente sul territorio inglese e, nella sala di controllo, esiste una serie di monitor che forniscono in continuazione i dati di interesse e la possibilità di telecomunicazione con le centrali meteorologiche. Gli addetti al radiotelescopio, presenti nella sala di controllo, hanno facoltà di interrompere in qualsiasi momento l'attività di ricezione e di portare l'antenna in posizione di sicurezza qualora si realizzino condizioni meteorologiche di pericolo. Siccome la velocità di rotazione dell'antenna è, come abbiamo visto, piuttosto bassa occorre un preavviso di parecchie decine di minuti per raggiungere la posizione di sicurezza. Nella sala di controllo è presente anche il sistema di comando per il posizionamento del paraboloide. Due calcolatori tra di loro indipendenti controllano, per mezzo di opportuni sensori, la posizione reale del paraboloide ed inviano comandi ai motori per raggiungere la posizione desiderata. Attraverso una grande vetrata è possibile seguire ad occhio i movimenti dell'antenna per evitare, ad esempio che i cavi coassiali che portano il segnale dal fuoco del paraboloide ai laboratori vengano sottoposti ad eccessive sollecitazioni durante i movimenti, inoltre le informazioni dei due calcolatori vengono continuamente confrontate tra loro per scoprire eventuali errori di uno dei due.



Foto 3 - La grande superficie riflettente del radiotelescopio Lowell con l'antenna posta nel fuoco, vista dal parco dell'Università di Manchester a Jodrell Bank. In basso a destra una canalina metallica, sollevata dal suolo, contiene fasci di cavi coassiali che portano i segnali dalle diverse antenne ai laboratori (foto Mognaschi).

I segnali radio captati vengono riflessi dal paraboloide e concentrati nel proprio fuoco ove si trova l'antenna che è di tipo intercambiabile: a seconda della banda di frequenze da ricevere viene montata un'apposita antenna. Quest'operazione è piuttosto lunga e complicata in quanto richiede preliminarmente il puntamento del paraboloide verso lo zenit, poi è necessario che una coppia di tecnici si arrampichino sulla sommità di un traliccio alto una ventina di metri, fissato al paraboloide come lo stame di un fiore, per eseguire la sostituzione dell'antenna.

In prossimità del fuoco è localizzato anche il preamplificatore di segnale: anch'esso va sostituito quando si cambia antenna. I preamplificatori impiegati in radioastronomia sono quelli con la più bassa cifra di rumore che si riesce ad ottenere. Attualmente sono a stato solido con l'impiego di semiconduttori ad elettroni veloci e vengono raffreddati a 15°K (-258°C) con un sistema di circolazione di elio liquido. Questi preamplificatori non sono in commercio e vengono in parte costruiti nelle officine di Jodrell Bank, mentre i semiconduttori vengono forniti da ditte specializzate.

Il segnale in uscita dal preamplificatore viene inviato con un unico tratto di cavo lungo quasi 200 m. senza giunte, alla sala di ricezione. Qui ho potuto ammirare il ricevitore: occupa un'intera grande stanza. Il ricevitore funziona sul principio dell'eterodina, in modo da poter esaminare segnali di diversa frequenza cambiando solo la frequenza dell'oscillatore locale. L'oscillatore locale è della Hewlett and Packard ed è stabilizzato in frequenza con riferimento ad un oscillatore maser. Questo è, a sua volta, confrontato con segnali campione forniti dal sistema satellitare GPS (Global Positioning System). La stabilità così ottenuta è di una parte su 10^{14} ; si pensi che i normali orologi atomici hanno una stabilità di "solo" una parte su 10^{12} .

La frequenza intermedia è di 15 MHz, la ricezione delle diverse frequenze che si trovano nelle finestre dello spettro elettromagnetico destinate alla radioastronomia si effettua variando la frequenza dell'oscillatore locale. La massima frequenza ricevibile a Jodrell Bank è di 3 GHz, corrispondente ad una lunghezza d'onda di 10 cm. Questo limite è imposto non dall'elettronica, ma dalla precisione con la quale è stato possibile realizzare la superficie del paraboloide. I difetti della superficie reale del paraboloide di 76 m di diametro sono attualmente inferiori ad un centimetro e, per un motivo di ottica fisica, non possono essere ricostruite immagini dettagliate di sorgenti che emettono lunghezze d'onda inferiori a 10 volte la misura dei difetti. Con la configurazione Cassegrain e la possibilità di correggere, di volta in volta, i difetti per mezzo di piccoli spostamenti degli specchi secondari si potrà migliorare la risoluzione ed eventualmente salire in frequenza. Va ricordato però che le principali sorgenti di radioonde cosmiche sono le nubi di gas idrogeno che emettono su 21 cm e che, scendendo in lunghezza d'onda, si incontra un forte assorbimento delle radio onde attorno a 3 cm dovuto alle molecole d'acqua della nostra atmosfera e che, nella regione millimetrica, l'atmosfera non è molto trasparente sempre a causa dell'assorbimento molecolare dei gas che la compongono.

(continua)