

# Osservatorio di Arecibo

L'osservatorio di Arecibo è al giorno d'oggi un vero centro di ricerche multidisciplinare, enfatizzate nella radioastronomia, astronomia radar, studi ionosferici e ricerche sulla media atmosfera e troposfera. Ufficialmente denominato "Centro ionosferico e astronomico nazionale", utilizzato dall'Università di Cornell sotto il coordinamento del National Science Foundation, la principale agenzia finanziatrice. Arecibo ha la più grande parabola nel mondo, 305 metri di diametro, riconosciuta in tutto il mondo per il suo unico disegno. Le operazioni radioamatoriali hanno giocato un ruolo importante sin dai primi giorni. Questo articolo vuole descrivere Arecibo dal punto di vista radioamatoriale, trattando sia le attività sia passate che future.

## ORIGINI E STORIA

La grande apertura d'antenna di Arecibo partì dalla mente geniale del Prof. William Gordon alla Cornell. Nel 1958 Gordon calcolò la sezione di attraversamento radar di un elettrone (il primo calcolo fu del suo scopritore il premio Nobel Thomson) e prontamente realizzò che con un'opportuna grande antenna e un potente trasmettitore si poteva ottenere quello che oggi conosciamo bene, cioè uno "scattering incoerente" degli elettroni verso la ionosfera. La possibilità di investigazione - vicina dello spazio - con un raggio radar eccitò molto sia Gordon che tutta la comunità scientifica degli Stati Uniti. [L'Unione Sovietica lanciò successivamente lo Sputnik 1 durante il precedente anno citato.]

La costruzione di queste grandi strutture è un'enorme impresa, e Gordon cercò fondi presso l'Agenzia Progetti Ricerche Anzate (ARPA). Gordon suggerì di costruire un enorme disco parabolico "nella terra", con puntamento rivolto verso lo zenith. Nei primi momenti, i consulenti e i responsabili dell'ARPA contattarono Gordon, suggerendogli un disco sferico come era del resto prassi in tutti i radiotelescopi nel mondo. Il raggio del disco sferico poteva avere un punto morto nel muovere il punto del feed. Da quel istante, il telescopio di Arecibo risultò una divisa una grossa antenna direzionabile a disco riflettore fisso. Utilizzabile indifferentemente sia per l'astronomia che per le ricerche ionosferiche.

Il progetto prese in considerazione per la realizzazione del telescopio

le Hawaii e Porto Rico. Entrambi i siti offrivano una collocazione con bassa-latitudine che facilitava di molto l'osservazione della sfera celeste meridionale e il piano ellittico dei pianeti. I due siti inoltre si trovavano entrambi sotto gli Stati Uniti d'America, meritando così possibili grossi investimenti sugli stessi. Vennero scattate molte fotografie aeree finché venne trovata la zona ideale in una regione del Porto Rico, ricca di vasti avallamenti. Una grossa depressione nelle vicinanze di Arecibo risultò la maggiore candidata, anche perché era chiusa su una strada. La costruzione ebbe inizio nel 1962. Diciotto mesi dopo e con un investimento di 9 milioni di dollari, il disco era completato. Il prezzo per realizzarlo ai nostri giorni sarebbe inimmaginabile, ma alla valuta degli anni '60 Arecibo fu un vero affare per quel periodo.

## **W1FZJ**

Cioè Sam Harris, realizzò il primo QSO radioamatoriale via EME un anno prima della realizzazione di Arecibo. Sam era molto conosciuto alla Microwave Associates come il padre dell'amplificatore parametrico (paramp) cioè il primo very-low-noise amplificatore per microonde. Sam fornì il "paramp" al Prof. Frank Drake per il Progetto Ozma al nuovo National Radio Astronomy Observatory. Così fu molto naturale che il direttore di Arecibo Gordon Pettingill chiamò Sam per fornire dei suoi "magici" paramp per il suo nuovo disco. Infine torta sulla ciliegina, propose a Sam di lavorare ad Arecibo! Infatti nel 1965, Sam e Helen Harris traslocarono per la loro nuova abitazione.

Il trasmettitore originale di Arecibo operava a 430 MHz con 2.5 MegaW (MW) impulsivi. La guida d'onda alimenta l'imbocco del feed illuminando uniformemente il disco producendo circa 62 dBi di guadagno (risultanti da una effettiva radiazione di potenza, ERP, di 4 teraWatt - TW). Tutto questo entusiasmo definitivamente Sam verso Arecibo. Dalla prima stazione EME di Sam all'arrivo a Arecibo, lanciò effettivamente Amateur Radio EME. Da questo istante, Francis "Sam" Harris e Arecibo risultò indelebilmente parte della storia dell'attività EME. Sam ritenne che non sempre i transistor erano compatibili con la figura di rumore dei suoi paramp, cosa che sperimentò costantemente nella sua abitazione di Arecibo. Sam morì dopo una lunga agonia nel 1978 [vedi paragrafo VISITA A ARECIBO], non potendo neppure assistere al coronamento della sua ultima realizzazione, essendo infatti i suoi "primi" preamplificatori a Ga-As Fet -raffreddati- installati che dopo il 1982. La tecnologia si evolve continuamente ma le regole di Sam, sono rimaste un cardine in queste realizzazioni.

## **PRIMO AGGIORNAMENTO NEL 1975.**

I primi anni di Arecibo costituirono per tutti una grossa sorpresa, dato che il disco e la piattaforma dell'antenna risultarono molto più stabili di quanto preventivato. Il direttore **Frank Drake** (dal 1966 al 1968) realizzò che la struttura poteva lavorare sulle alte frequenze solo se la superficie del disco fosse stata liscia. La superficie originale del disco consisteva in una rete di maglia metallica di 1.25 cm. La superficie posteriore lavorava bene a 430 MHz, ma non alle frequenze superiori. Drake realizzò questa sua idea a Arecibo come un "upgrade" per aggiornarlo e portarlo nel suo funzionamento nella Banda S e oltre. I suoi sforzi videro la luce negli anni 1974-1975.

Dopo infatti la rimozione della vecchia rete metallica, la ditta E-System installò una liscia superficie di alluminio. Benché sia liscia, la superficie ha fori da 4 mm che permettono il passaggio del sole e della pioggia attraverso il disco per permettere alla vegetazione sottostante il riflettore di rimanere vitale e florida.

Allo stesso tempo,

la Continental Electronics installò un trasmettitore radar da 500 kW (in uscita) a 2380 MHz in banda-S. Con il guadagno di antenna in questa banda (dal cambio, 73 dBi) il segnale del radar-planetario di Arecibo ERP è di 10 TW (TeraWatt), il più potente segnale emesso dal nostro pianeta. Dal 1975 il trasmettitore in Banda S opera in key-down per periodi di 20 minuti, o oltre, per relizzare una perfetta mappa della superficie di pianeti. Dal 1983 l'osservatorio ha studiato presso che quasi totalmente l'intera superficie di Venere. Il radar planetario ha anche mappato Marte, Mercurio, comete, la nostra Luna e molti altri grossi asteroidi nella fascia degli asteroidi. Il primo grande aggiornamento si concluse felicemente. Per attestare questa nuova possibilità in astronomia, si cambiò la denominazione da "Osservatorio Ionosferico di Arecibo" nella nuova "Centro Ionosferico e Astronomico Nazionale" per confermarne la sua importanza acquisita.

## **PULSAR E PREMIO NOBEL**

Nel 1967, i radioastronomi Jocelyn Bell e Antony Hewish ricevettero il primo segnale da una Pulsar all'Osservatorio Mullard alla Università di Cambridge, in Inghilterra. Non appena realizzò il Prof. Thomas Gold alla Cornell il caratteristico segnale pulsante proveniva da stella al neutrone ruotante. I teorici ebbero subito il sospetto nell'esplosione di una SuperNova, ma con il nucleo stellare potentemente compresso nel materiale del nucleo - una stella ai neutroni. Alla fine vi furono osservazioni che evidenziarono e confermarono le congetture teorizzate.

Arecibo riunì le ricerche per le "nuove" pulsar, e infatti fu conosciuto come l'osservatorio per le ricerche sulle pulsar, e a buon conto

.La grossa area occupata (20 acri) di apertura ricettiva, incoraggiò astronomi nella ricezione individuale degli impulsi dalle Pulsar. Non era infatti necessario utilizzarlo per lunghi periodi, infatti poi si poteva comodamente passare verso le piccole parabole. Agli osservatori fu permesso lo studio della forma degli impulsi individuali per fornire maggiori dettagli nella struttura delle pulsar. Nel 1974, il Prof. Joseph Taylor K1JT, e il suo studente, Russel Hulse, arrivarono ad Arecibo alla ricerca di nuove Pulsar. Essi scoprirono oltre 40 Pulsar in solo 1 anno! Visto che le Pulsar sono oggetti imponenti e molto compatti (da 10 a 20 km di diametro), non si accoppiano ad altri oggetti. Inoltre esse sono delle perfette trottole. Normalmente, esse emettono impulsi estremamente stabili. Taylor e Hulse crearono questa nuova verità dalle nuove scoperte sulle Pulsar. Una pulsar particolare denominata PSR1913+16 mostrò variazioni regolari oltre cicli di 8 ore. Taylor e Hulse realizzarono che questa strana pulsar orbitasse attorno ad un altro oggetto compatto. Fotografie rivelarono nulla nella posizione della PSR1913+16, che confermarono che questo si trattava del primo sistema di stelle al neutrone binario. Altre osservazioni suggerirono che le due stelle al neutrone possedevano circa la stessa massa, approssimativamente ognuna di 1.4 masse solari. Così questo piccolo sistema di rotazione di masse può irradiare una considerevole energia gravitazionale, già predetta nella teoria della Relatività Generale di Einstein.

Se fosse stato quel caso, rimarginato da Taylor e Hulse, le due Stelle al neutrone avrebbero potuto avvicinarsi gradualmente l'un l'altra, esibendosi in un periodo cortissimo che avrebbe avuto effetto sul segnale pulsar (come un decremento periodico del sistema binario). Le loro ripetute osservazioni dimostrarono tutto questo! I dati confermarono meglio del 0.5% sulla Teoria Generale della Relatività. Infatti, Taylor e Hulse ricevettero nel 1993 il Premio Nobel per la Fisica per la loro scoperta. Ottenuto completamente grazie alle loro osservazioni presso l'Osservatorio di Arecibo.

## **SETI - RICERCHE EXTRATERRESTRI**

Dopo il completamento del primo "upgrade" del 1975, il telescopio di Arecibo ottenne la capacità di ricezione di segnali oltre il WATER HOLE cioè la banda di frequenze compresa tra la **"linea del idrogeno"** (la frequenza spettrale dell'Idrogeno) e le linee idrossili - **da 1420 a 1720 MHz**. Molti suggeriscono che questa sia la possibile banda utilizzata dalle civiltà extraterrestri per comunicare via radio. Il nuovo trasmettitore radar planetario invia il messaggio di Arecibo ( via FSK

a 2380 MHz, per gli extraterrestri )nello spazio durante la cerimonia per aggiornamento nel novembre 1975.

Da quel tempo numerosi altri programmi SETI ebbero luogo a Arecibo. Alcune ricerche ebbero luogo nelle vicinanze del sistema stellare grazie al Prof. Horowitz W1HFA, del famoso MIT (Massachusetts Institute of Technology) e Jill Tarter, del Ames Research Center della NASA. Ricerche di breve durata ebbero luogo al NASA High Resolution Microwave Survey, iniziate il 12 ottobre 1992 in coincidenza con il 500 anniversario dello approdo di Cristoforo Colombo nell'emisfero ovest americano. Questo diede l'avvio ad una ricerca di lunga durata, progettata per un periodo di 10 anni ricevendo dalla popolazione molta stima anche perché si trattava della prima ricerca seria. Sfortunatamente, non durò molto: il Congresso degli Stati Uniti sospese queste ricerche dopo il primo anno, era infatti un periodo di grossi tagli e di forte recessione economica. Le ricerche continuarono a Arecibo. Il Dott. Tarter è ora nel istituto privato SETI (Ricerca di Intelligenze Extraterrestri) pianificando il ritorno a Arecibo per la realizzazione del Progetto Arecibo/Jodrell Bank. Sarà sufficiente grande per questo progetto? Paul Shuch N6TX, presidente del SETI League (un organizzazione diversa dal Istituto SETI), ha calcolato che Arecibo possa decodificare trasmissioni da simili installazioni da 1/5 della via che attraversa il diametro della galassia della Via Lattea! Potrebbe quindi essere un poderoso strumento per il SETI, ma almeno per ora, Arecibo resta il miglior sistema per scoprire nuove civiltà avanzate. Il precedente Direttore di Arecibo, **Frank Drake** è ora il presidente del SETI Institute.

## 1996 - SECONDO AGGIORNAMENTO

Dopo il primo, Arecibo fu il fulcro di molto interessamento, con vaste e numerose osservazioni nella linea dell'idrogeno (H) a 1420 MHz e delle linee dell'idrossili (OH) a 1612, 1665, 1667 e 1720 MHz. Ciò nonostante, vi fu un impedimento nelle ricerche dell'osservatorio: il disco sferico ha la linea focale circa nel "punto focale" (come un riflettore parabolico). Questo richiede una lunga e aperta guida d'onda nello Feed dell'assemblaggio, con differenti montaggi per ogni banda interessata. Il dipartimento della manutenzione rimase molto occupato per il sollevamento, installazione, calare e montaggi dei feed, che hanno richiesto differenti ricerche. Questi continui sforzi, portarono a programmare le varie difficoltà, ma risultava il naturale desiderio per i vari gruppi di ricercatori nelle varie frequenze. Sebastian Von Horner (a Greenbank) fu il primo a suggerire un rimedio per il problema di Arecibo. In un suo scritto degli anni 1970 mostrava un sistema con due specchi curvi che potevano essere sospesi al di sopra del disco

Arecibo per convertire il sistema da "line feed" a "broadband point feed". Cosa molto importante, il sistema speculare poteva funzionare a qualsiasi frequenza. Per i primi tempi Arecibo fu un BROADBAND. Chiamato sistema a feed "Gregoriano". Molti anni passarono che il National Science Foundation affidò a se stesso il secondo aggiornamento di Arecibo. La costruzione del sistema speculare e del sua cupola di protezione (25 metri di diametro) iniziò nel 1993. La cupola conteneva anche due storiche strutture la stanza dei trasmettitori, ricevitori e delle apparecchiature di controllo. A quel punto la cupola Gregoriana era al suo posto, furono quindi installati un array di ricevitori a basso-rumore criogenici (HEMPT). La stanza di ricezione nel piano basso è un piano a torretta rotante con uno spazio per 8 ricevitori criogenici. Ognuno di essi può essere posizionato al primo punto focale interessato. Sopra la stanza di ricezione c'è la stanza di trasmissione con un nuovo trasmettitore radar planetario a 1 MWatt (20 TW ERP) in Banda-S. La guida d'onda è raffreddata attaccando un tubo d'acqua per non farla fondere! Questa potenza aumenta di molto la posizione del radar astronomico di Arecibo. Altra parte del secondo aggiornamento, consistette nell'erezione di un alto scudo (15 metri) che cingeva tutt'attorno la circonferenza del riflettore principale. Questo mantiene la temperatura del rumore (dalle calde rocce e dalla vegetazione) attorno al bordo del disco che densibilizzerebbe gli amplificatori a basso rumore criogenici.

## **ARECIBO AI GIORNI NOSTRI**

Arecibo è oggi pronto per un'epoca di nuove ricerche con essenzialmente un nuovo osservatorio. Osservazioni sono possibili ovunque dai 300 MHz a oltre 10 GHz. L'osservatorio è quindi ridedicato dopo l'ultimo aggiornamento terminato nel giugno del 1996. È difficile pensare al futuro di Arecibo: ricordate che, quando il telescopio fu costruito, solo i teorici ipotizzavano sulle stelle al neutrone, mentre poi grazie ad esso, non solo furono scoperte ma portò anche al premio Nobel! Certamente ora che l'osservatorio è alla sua terza vita (dopo il secondo upgrade) sicuramente nuove scoperte porterà al mondo della scienza e in generale al nostro mondo in generale.

Nota:

**Bob Zimmermann NP4B** ottenne la sua licenza a 13 anni nel 1965. Lavorò alla Watkins-Johnson Company (antenne), all'Osservatorio di Arecibo (ricevitori a basso-rumore), al NASA Centro Spaziale Goddard (comunicazioni laser), alla Voice of America (trasmettitori ad alta potenza) per

poi fare ritorno come capo del Dipartimento Elettronica sezione trasmissione. Con il supporto della moglie e dei due figli realizzo nella sua abitazione ad Arecibo una stazione EME a 1296 MHz.

## **VISITA A ARECIBO di VE3ASO**

Trent'anni fa', rimasi molto eccitato dal suono registrato dai segnali riflessi dalla Luna e ricevuto dal disco di 300 metri di Arecibo dal pioniere delle comunicazioni EME, Sam Harris W1FZJ e da altri. Il 3 luglio 1965 W1FZJ operando all'avanguardia per quel tempo, attivava KP4BPZ in 432 MHz EME con 25 contatti ! Queste operazioni con il "grande-disco" diedero una forte spinta all'attivita' radioamatoriale via EME (cioe' Terra-Luna-Terra), e mi ispirarono durante tutta la mia vita ad interessarmi delle VHF e UHF. La mia amica Elaine, VE3UXZ ottenne la sua licenza nel 1990, e sapeva ben poco di questo eccitante capitolo della storia radioamatoriale. Il suo Radio Club VE3ONT il Toronto VHF Society, durante l'annuale contest ARRL del 1993 a Algonquin un disco di oltre 40 metri per le operazioni EME, ma uscirono nel 1996 durante il progetto di aggiornamento del disco sempre a Algonquin. Dopo aver visto l'osservatorio di Arecibo nel film di 007 "Golden Eye", Elaine eccitatissima suggerì di visitare il piu' grande radiotelescopio del mondo.

Que Pasa, la guida turistica ufficiale Portoricana, menziona che il Osservatorio di Arecibo e' aperto al pubblico da martedì sino a domenica e da' indicazioni per arrivare al sito, ma cercammo tramite qualche collega radioamatore un viaggio diverso da quello preconfezionato per i turisti. Così' nell'estate del 1996 a cena con Bill AA4TJ alla Conferenza internazionale EME (a Bowie nel Maryland), venemmo a conoscenza che Bob NP4B era l'assistente direttore del Dipartimento di Osservazioni Elettroniche. Seguirono quindi per alcuni mesi scambi di corrispondenza via e-mail con Bob, scoprendo che eravamo tutti appassionati di EME e con altri comuni interessi. Così' iniziammo tutti assieme a pianificare una visita radioamatoriale all'osservatorio seguita da una visita nell'isola.

Quando noi arrivammo in KP4, trovammo molta civilizzazione e lunghe file di negozietti e di familiari per noi store americani, in una lussureggiante foresta tropicale e spiagge sulle rive del Caribbean. Le autostrade sono eccellenti, ma anche le strade di montagna malgrado siano strette e sotto vento sono ben mantenute. L'Osservatorio di Arecibo e' a 90 minuti di guida a ovest di San Juan una regione con profonde buche, colline e cave sotterranee. Una delle piu' grandi reti di cave, nel Rio Camuy, e' un ottimo parco per scoperte turistiche a

pochi chilometri dall'osservatorio. Le montagne in vicinanza al disco famose per le piantagioni di caffè e di produzione di gustosi fagioli, e nell'isola vaste zone di scoperte escursionistiche. Barrio Esperanza e' vicina al disco. Ci fermammo al cimietro dove facemmo visita alla tomba di W1FZJ. Io ricordo ancora Sam per il suo lavoro come editore di QST VHF, per il primo contatto amatoriale EME, per il suo sviluppo negli amplificatori parametrici e per le sue relizzazioni VHF-UHF presso W1BU, la sua stazione nel New England.

Nel bordo del disco si trova il nuovo centro il Arecibo Observatory Visitor's Center, un complesso modernissimo realizzato grazie le donazioni del Fondazione Angel Ramos, presso questo centro si puo' osservare l'osservatorio da un nuovo panorama, trovare informazioni e souvenirs vari.

La recente installazione di un nuovo feed Gregoriano, ora provvede ad una copertura continua da 300 MHz a 10 GHz. La vecchia linea feed per il radar ionosferico a 430 MHz rimane al suo posto -forse- per eventuali future operazioni amatoriali EME ? L'intera piattaforma strutturale e' stata rinforzata, e installate nuove gru. Una macchina a filo e un catwalk permettono l'accesso alla piattaforma, ma entrambi sono proibite ai visitatori. Con Bob NP4B guidando la nostra jeep, percorremmo una strada a spirale nel basso di una profonda depressione. Cavi e robusti ancoraggi supportano la superficie del disco posto a circa 500 cm dalla conca naturale del terreno, permettendo anche di mantenerne la superficie sferica necessaria. Un'apertura nel vertice una vista non ostruita della piattaforma di ben 800 tonnellate, la stanza di controllo (control room), del nuovo centro per i visitatori e delle torri di supporto. Durante l'ascensione lungo la strada a spirale costeggiando il bordo e avvicinandosi ai massicci cavi di ancoraggio e le torri di supporto la vista e' sbalorditiva e meravigliosa. In una montagna vicina opera una stazione televisiva UHF operante alla frequenza di mezza linea dell'idrogeno, frequenza famosa per le esplorazioni SETI. L'osservatorio monitorizza il completo spettro radio per possibili interferenze con i loro esperimenti scientifici e richiede cooperazione nell'uso dello spettro locale, compresa la gamma radioamatoriale! I computer della stazione di lavoro nella camera di controllo coordina il tracking (l'inseguimento) e il movimento del feed. La consolle di controllo del trasmettitore a 430 MHz e' ancora li' e riconoscibile come nelle foto del 1965 nelle operazioni di KP4BPZ. Altre stanze contengono il radar ionosferico a 430 MHz e il suo generatore di alimentazione. Due otto-piedi Klystron, alimentati con ben 110 kV di tensione, generano 2.5 MegaWatt RF a impulsi per Moonbounce (cioe' segnale fatto rimbalzare sulla Luna) ma anche su Venere o Marte!



## **DISTURBI RFI all'Osservatorio di Arecibo?**

Le interferenze a radio frequenza stanno crescendo attorno all'osservatorio. Quando osservatorio venne costruito nel lontano 1963, la sua posizione venne considerata remota ma non piu' ora!

Puerto Rico ora vive con stazioni radio FM, televisioni, cercapersone, cellulari e vari servizi radio privati. Fra bene sara' anche bombardato dal nuovo sistema satellitare telefonico con i satelliti a bassa orbita, il sistema Iridium della Motorola. Come risulta chiaro, Arecibo e' molto sensibile alle varie interferenze. Molto recentemente, tutte le osservazioni usano feed a guide d'onda e che hanno una ristrettissima banda passante. I segnali in uscita del feed della banda passante non sempre possono raggiungere l'ingresso del preamplificatore! Con il nuovo feed Gregoriano ottico il telescopio e' essenzialmente aperto completamente da 300 fino a 10 GHz. Un comitato RFI mensilmente si riunisce per capire l'origine delle interferenze. Un monitor di ricerca delle interferenze spazia dalle VHF sino ad oltre i 10 GHz. Noi radioamatori raramente causiamo disturbi al radiotelescopio, e anzi occasionalmente hanno aiutato nel scovare i segnali disturbanti!

## **IL CONTROLLO DEL PIU' GRANDE TELESCOPIO AL MONDO.**

L'osservatorio di Arecibo sotto molti aspetti e' unico nel suo genere - non solamente per le sue ottiche - ma anche per modo in cui si punta verso il cielo. Il telescopio puo' raggiungere un punto con l'accuratezza migliore di di 5 arco di secondo nella volta celeste, con una struttura sospesa dal ragguardevole peso di 800 tonnellate. Come si puo' ben immaginare spostare tutta questa massa non e' una cosa da poco, quindi e' chiaro che le sue manovre sono sempre per scopi precisi e accurati e non per manovre evasive. L'aggiustamento della corsa e' effettuata manualmente in modi standardizzati. Il grande anello di azimuth (40 metri di diametro) all'interno della piattaforma posiziona il braccio dell'azimuth (circa 400 tonnellate) con una accuratezza migliore di 0.7 mm. Tutto questo puo' avvenire grazie a 32 ruote, di cui 8 con motori elettrici. Questa guida puo' spostare il braccio a 25 gradi per minuto (impiega circa 7 minuti per 180 gradi). Il braccio azimuthale e' composta da una superficie con binario (lungo lo zenith) con due guide, la minore e' la Carriage House mentre la ltra e' Cupola Gregoriana. Entrambe possono muoversi da 0 gradi (antenna in posizione dritta) a 20 gradi dallo zenith. Queste due postazioni possono muoversi ad una velocita' di 2.5 gradi per minuto. La Carriage House invece, pesa circa 22 tonnellate mentre la cupola Gregoriana circa 100 tonnellate. Queste guide quindi permettono il puntamento della piattaforma, per' per ottenere un accurato puntamento altri fattori sono necessari. Dato che il peso del Carriage e' molto inferiore

del Dome, il grosso braccio azimutale e' fortemente sbilanciato. Per correggere questo sbilanciamento, blocchi vincolanti permettono un aggravo di 60 tonnellate in ogni angolo della piattaforma triangolare. Un computer monitorizza la temperatura, la posizione della cupola e la tensione del cavo, e calcola i necessari carichi angolari per permettere alla piattaforma di stare in bolla durante le normali condizioni operative.

La Cupola Gregoriana contiene i riflettori secondari e terziari e il piano di alimentazione della rotazione. Il riflettore terziario e' libero di 3 gradi, per aiutare la focalizzazione, la correzione di puntamento fine e il raggio di inclinazione dell'antenna. Il peso totale del terziario e' di circa 9 tonnellate, mentre l'escursione totale e' migliore di 50 cm. L'alimentazione della rotazione del piano e' un piatto di 5.7 metri dal peso di 31 tonnellate. I ricevitori sono su questo piatto. Per selezionare la banda, il piano ruota per ricevere il desiderato punto focale. Il piano puo' cambiare tra i diversi ricevitori adiacenti (distanti circa 60 cm) in due secondi. L'intero piano puo' ruotare a 18 gradi per secondo, compiendo l'intera rotazione di 360 gradi in 20 secondi. Un totale di 5 singoli computer compiono tutta la trasformazione della coordinata e la generazione del comando assiale. Dopo che un particolare comando sia impartito ad un asse, questo e' inviato via fibra ottica ad ogni processione assiale e attuato. Ogni processore assiale e' composto da un microcontrollore che trasforma un appropriato algoritmo nel corretto movimento di controllo. L'intero sistema di controllo e' composto da 50.000 linee in programmazione C e di oltre 80 Mbyte di RAM. I drive utilizzano 28 motori elettrici che richiedono ben 100 kW di potenza per la rotazione.

## **GLOSSARIO.**

**Klystron** Speciale tubo a vuoto adatto ad amplificare segnali a microonde con potenze anche elevate. Il tubo incorpora una o due cavita' (d'ingresso e d'uscita) che ne definiscono la frequenza d'impiego, e basa il suo funzionamento sulla modulazione di velocita' acquisita dal fascio elettronico che attraversa cavita' e spazio interno, che si trasforma successivamente in modulazione di densita' di fascio stesso.