

UNIONE ASTROFILI NAPOLETANI

1° AstroUAN MEETING

OAC, 5 NOVEMBRE 2011

Socio: Filippo Bove

UN RADIOTELESCOPIO PER L'UAN

TANTO PER COMINCIARE...



La Radioastronomia

La **radioastronomia** studia i corpi celesti analizzando la radiazione elettromagnetica emessa nell'intervallo spettrale delle radioonde.

Con il generico termine "**radiosorgente**" si identifica qualsiasi corpo celeste in grado di emettere radioonde.

La Radioastronomia

- Come in ottica, anche in radioastronomia lo studio dell'energia ricevuta può classificarsi in *radiometria* (studio dell'emissione a spettro continuo) e *radiospettrometria* (studio delle righe radio)
- La potenza che incide su un radiotelescopio è generalmente nella forma di **radiazione continua**, con uno spettro che mostra lente variazioni con la frequenza e si può considerare costante rispetto alla banda passante della maggior parte degli strumenti.
- Esistono, d'altra parte, fenomeni peculiari di radiazione discreta (**linee spettrali**) generati in corrispondenza di specifiche frequenze da processi atomici e molecolari.



La Radioastronomia

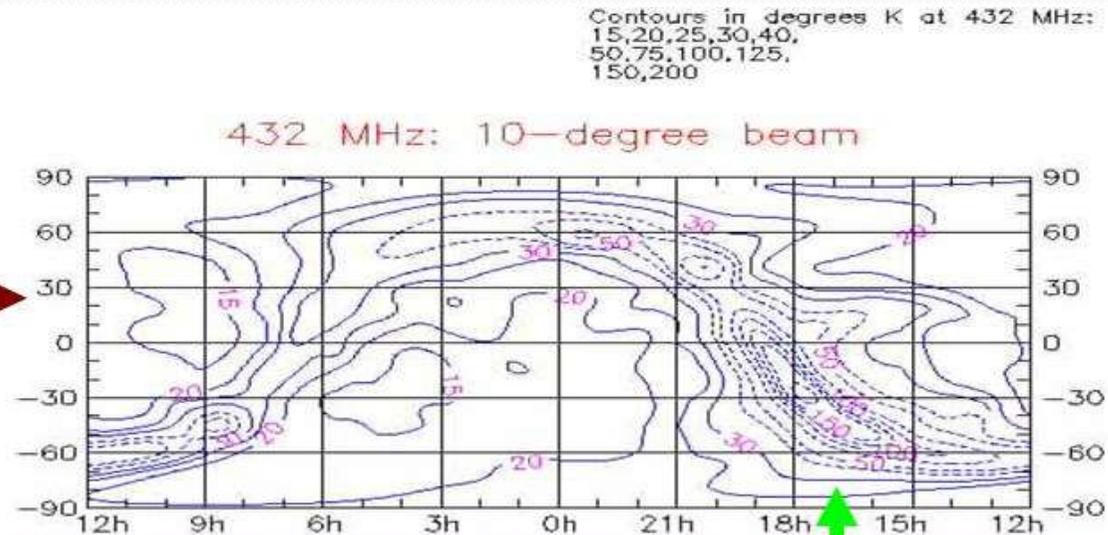
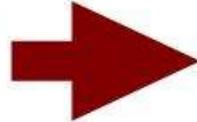
Si distinguono tre componenti:

- 1) radiazione continua diffusa, con caratteristiche spaziali e spettrali molto ampie;**
- 2) radiazione proveniente da sorgenti localizzate a spettro continuo;**
- 3) radiazione discreta costituita da righe spettrali in emissione o in assorbimento.**

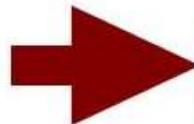
La Radioastronomia

Il cielo radio

**Mapa del cielo
alla frequenza di
432 MHz a bassa
risoluzione
(linee isoterme)**



**Mapa del cielo
alla frequenza
di 408 MHz ad
elevata
risoluzione
(falsi colori)**



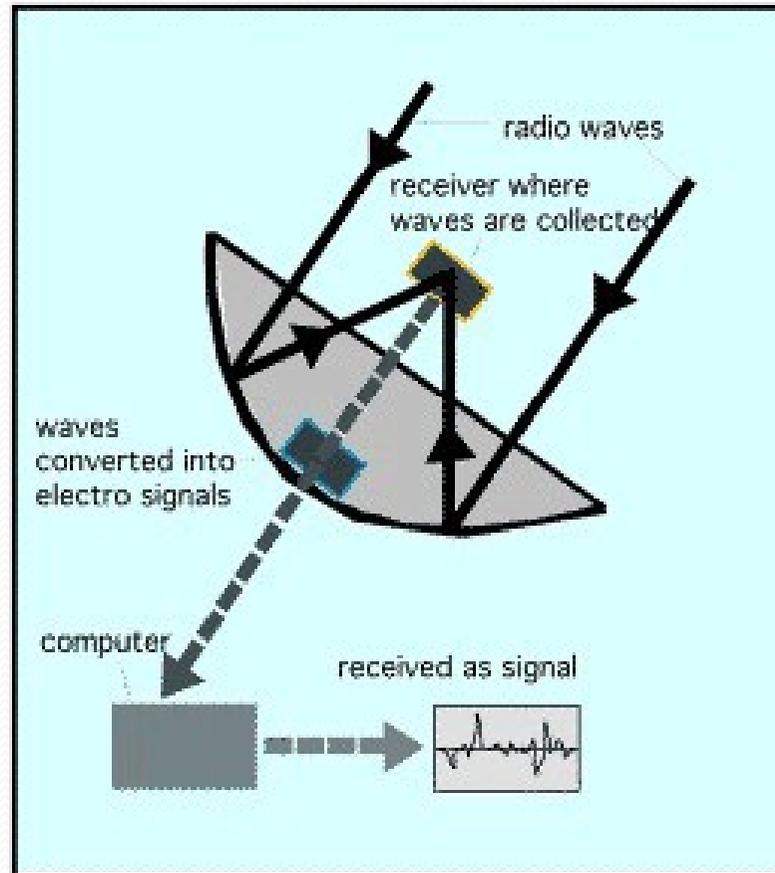
Il Radiotelescopio

E' lo strumento utilizzato per le radio-osservazioni.

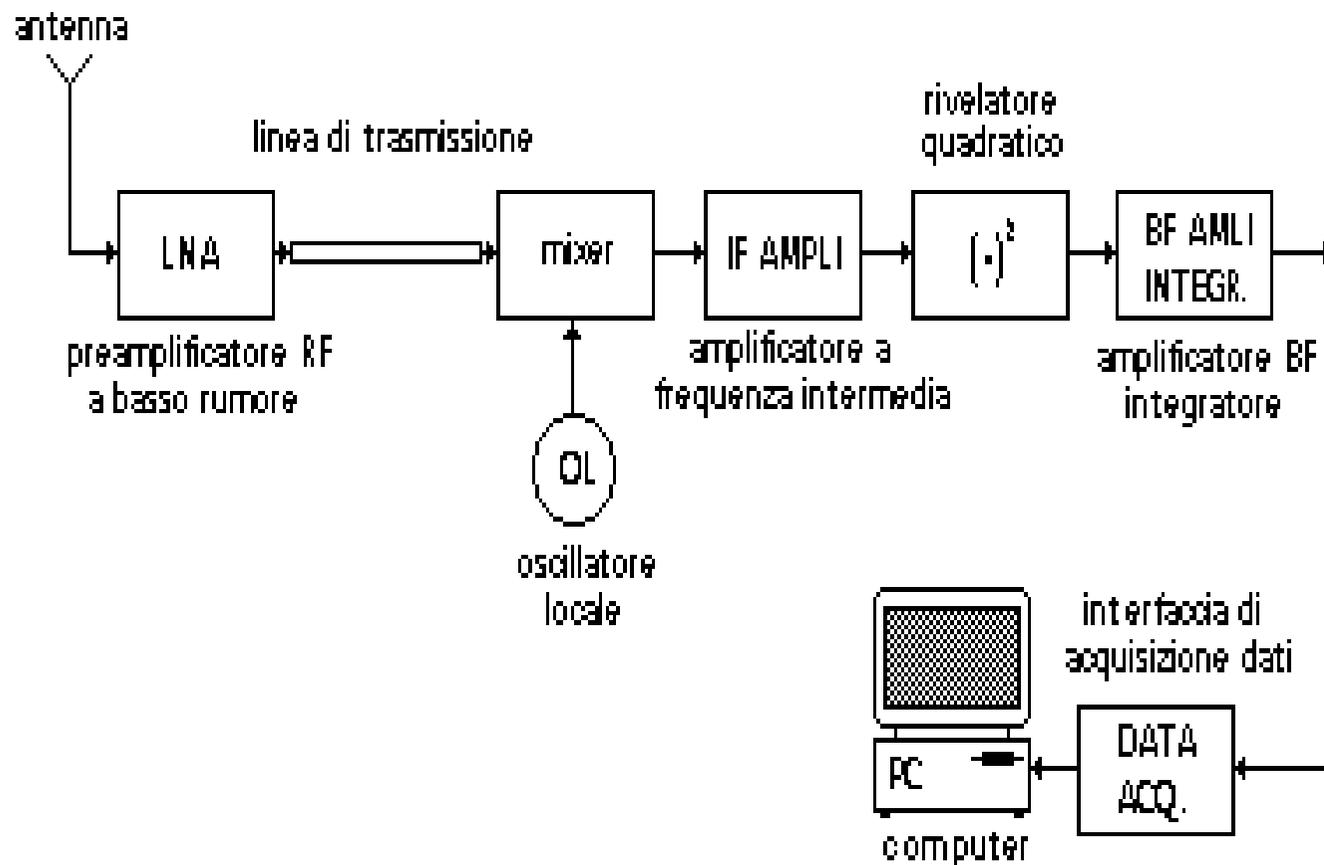
Nella struttura più semplice si tratta di un radiometro equipaggiato con un adatto sistema di antenna, cioè un radioricevitore a larga banda molto sensibile progettato per misurare l'intensità del rumore cosmico

Il processo di misura stima i valori medi associati ai parametri di interesse, come la potenza ricevuta.

II Radiotelescopio



Il Radiotelescopio



Il Radiotelescopio

- In un ricevitore supereterodina il segnale proveniente dalla radiosorgente è captato dall'antenna ed inviato all'ingresso del primo stadio pre-amplificatore RF (front-end LNA: Low Noise Amplifier) caratterizzato da un guadagno tipico dell'ordine di 20-50 dB, con cifra di rumore molto bassa che definisce la sensibilità del radiotelescopio.
- Il segnale amplificato è traslato in banda (verso il basso) da un convertitore di frequenza (mixer + oscillatore locale) che genera un segnale a frequenza intermedia (IF) con potenza direttamente proporzionale a quella della radiazione incidente. La maggior parte del guadagno di un ricevitore supereterodina, dell'ordine di 60-90 dB, è localizzato nella catena amplificatrice IF che, di conseguenza, deve possedere adeguate caratteristiche di stabilità.

Il Radiotelescopio

- L'amplificatore IF è seguito dallo stadio rivelatore a caratteristica quadratica all'uscita del quale si misura un segnale di ampiezza proporzionale alla potenza associata alla radiazione captata dall'antenna
- Tale "informazione" è ulteriormente amplificata ed integrata (dall'amplificatore di post-rivelazione) per consentire la successiva elaborazione da parte dei dispositivi di visualizzazione e di registrazione (registratori a carta, sistemi di acquisizione automatica dei dati per PC, etc.)
- L'amplificatore-integratore di post-rivelazione con lo scopo di minimizzare le fluttuazioni del segnale utile ed ottimizzare la sensibilità del sistema, effettua una media del segnale rivelato secondo una prefissata (e programmabile) costante di tempo, con valori che vanno da frazioni di secondo a centinaia di secondi.

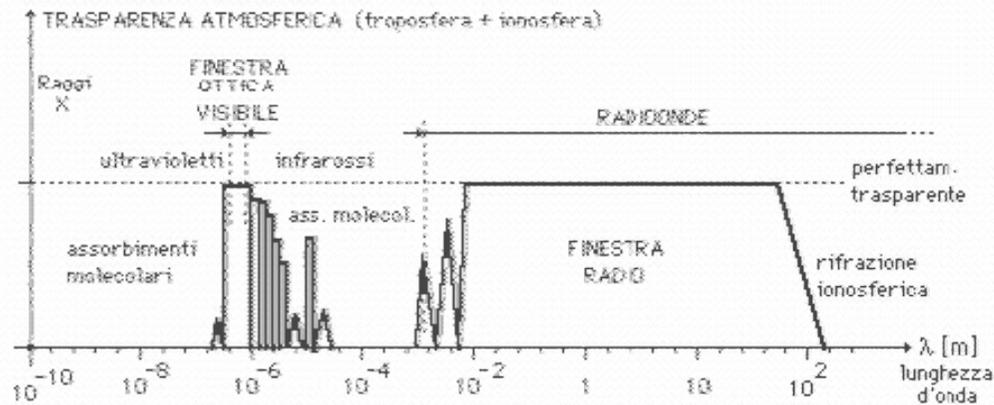
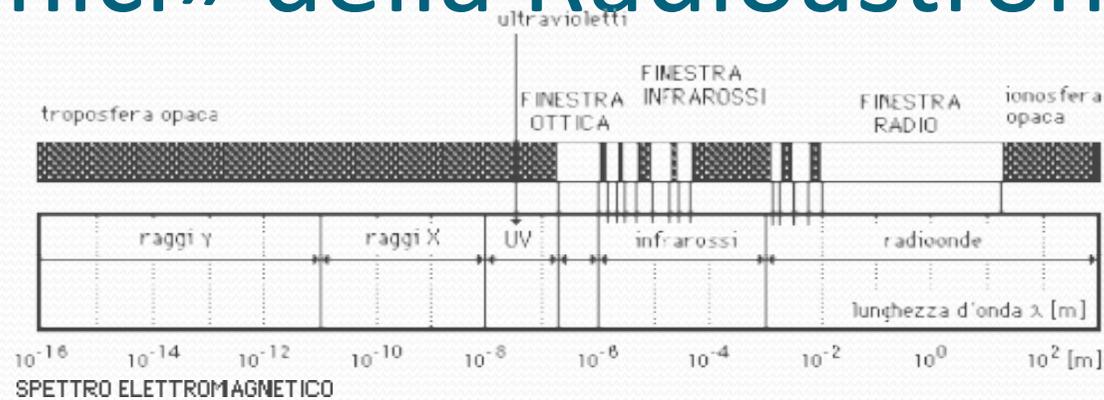
Il Radiotelescopio

Analisi radiometrica (ricevitore Total-Power): si valuta la potenza associata alla radiazione elettromagnetica incidente. Lo strumento utilizzato è il *radiometro*.

Analisi spettrale: si valutano l'ampiezza e la fase delle varie componenti del segnale entro una specificata banda di frequenze. Lo strumento utilizzato è il *radiospettrometro*.

Analisi interferometrica: si valutano l'ampiezza e la fase della cosiddetta "funzione di visibilità" delle frange di interferenza prodotte da un sistema di due o più antenne per stimare la distribuzione di brillantezza della radiosorgente osservata con elevata risoluzione spaziale. Lo strumento utilizzato è il *radiointerferometro*.

I «Nemici» della Radioastronomia



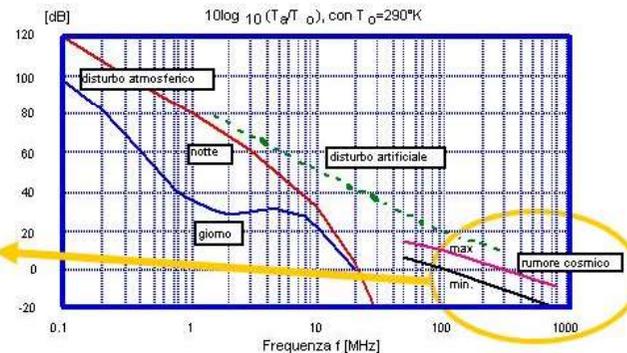
I «Nemici» della Radioastronomia

I nemici della ricerca radioastronomica

Sono l'inquinamento elettromagnetico artificiale (sempre più diffuso) e l'appropriazione non autorizzata delle radiofrequenze riservate alla ricerca da parte delle emittenti commerciali.

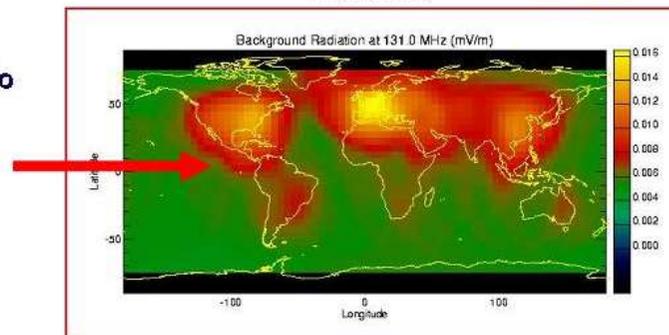
I disturbi atmosferici ed artificiali sono molto importanti alle basse frequenze, mentre diventano trascurabili nella banda delle microonde.

E' per questo motivo che un piccolo radiotelescopio amatoriale a microonde può anche essere installato "sotto casa".



Distribuzione sulla terra del rumore radio di fondo alla frequenza di 131 MHz.

Concentrazione del disturbo nelle zone più industrializzate.



Radiometria a microonde

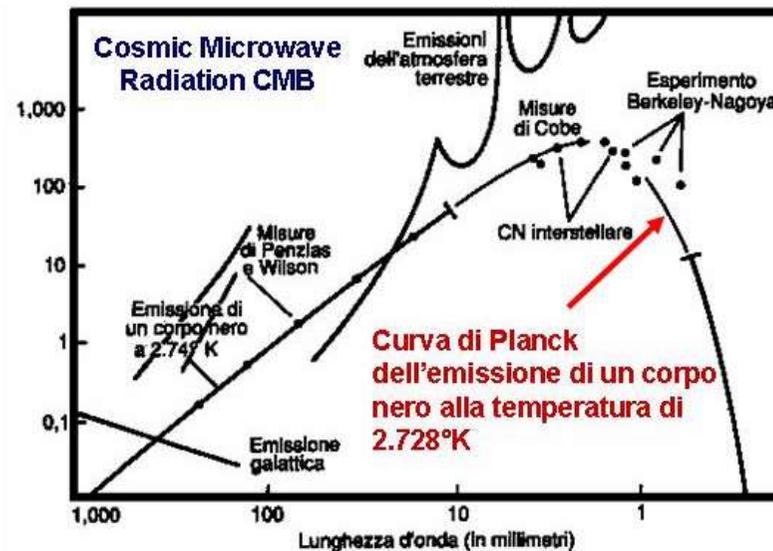
Una scoperta tutta radioastronomica: la radiazione fossile a microonde

Ovunque si punti l'antenna di un radiotelescopio, si osserva una radiazione diffusa ed omogenea che riempie tutto lo spazio ed è il residuo della radiazione calda che riempiva l'universo nei suoi primi istanti di vita. L'espansione dell'universo ha prodotto un raffreddamento di tale radiazione fino al valore attuale pari a circa 3 K.

Questo è un "rumore ultimo" che limita la sensibilità di qualsiasi radiotelescopio.



Penzias e Wilson al tempo della scoperta della radiazione fossile a microonde (1965)



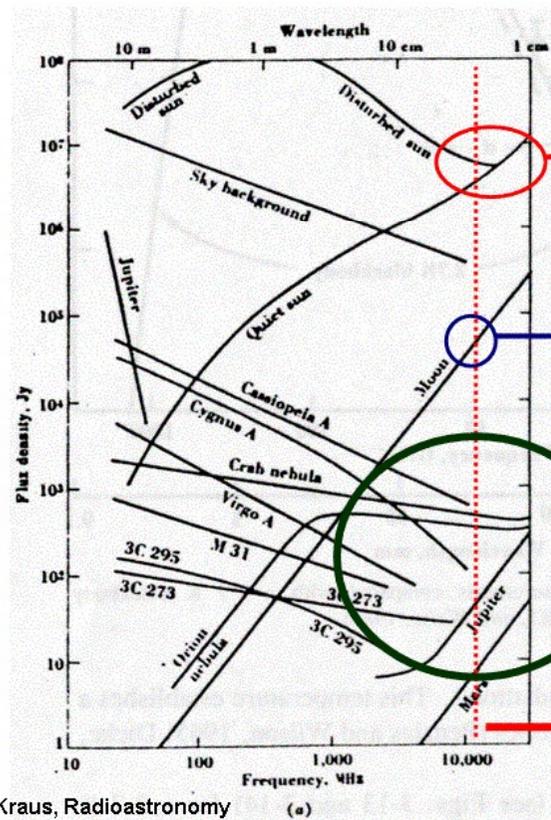
Radiometria a microonde

Negli **anni '60**, R. Wilson e A. Penzias, due ingegneri della Bell Telephone Co scoprirono che effettuando una scansione in tutte le direzioni dello spazio si registrava un rumore di fondo abbastanza costante (equivalente alla temperatura assoluta di circa 2.7 K) indipendente dalla direzione di puntamento dell'antenna e dall'ora di osservazione.

La scoperta è di notevole importanza cosmologica: l'isotropia della radiazione di fondo (che riempie uniformemente tutto lo spazio) sembra essere il residuo fossile causato dalla successiva espansione della radiazione che permeava l'universo nei suoi primissimi istanti di vita, come prevede la teoria cosmologica del "Big Bang".

Le Radiosorgenti

Principali radiosorgenti



A queste frequenze operative la radiazione solare è essenzialmente di natura termica (radiazione del "Sole quieto").
E' possibile studiare il Sole con antenne di piccolo diametro.
Alla componente termica del Sole sono spesso sovrapposti burst: studio dei *flares* solari a microonde.

Emissione termica della Luna.
E' una radiosorgente relativamente "facile", ricevibile con antenne di piccolo diametro.

Radiosorgenti "difficili", ricevibili solo utilizzando antenne con diametro non inferiore a 3 metri.

Frequenza operativa del ricevitore RAL10 MICROWAVE RADIOMETER

La Radioastronomia amatoriale

Studio dei fenomeni elettromagnetici naturali nella parte inferiore dello spettro radio ([bande ULF, ELF, VLF](#)):

- Rivelazione dei fenomeni meteoritici
- Attività di monitoraggio "Radio Natura" (prog. Ispire NASA)
- Correlazione con i fenomeni sismici (precursori)
- Monitoraggio dei disturbi ionosferici legati all'attività solare.

Studio delle "tempeste radio" del Sole e di Giove in [banda HF](#) (collegamenti con il progetto RadioJove della NASA).

Interessanti correlazioni con le fluttuazioni del campo magnetico terrestre.

Programma SIDs AAVSO ([monitoraggio dei brillamenti solari osservando stazioni VLF commerciali nella banda 10-40 KHz](#)).

Attività di METEOR SCATTER (rivelazione degli echi delle tracce ionizzate da meteoriti).

Attività di ricerca [SETI amatoriale](#) (ad es. progetto BAMBI - USA) in [banda SHF](#) (rete di osservatori ciascuno dotato di piccoli strumenti).

Esperimenti in VHF e UHF

Le bande e **VHF (Very High Frequency, da 30 MHz a 300 MHz)** **UHF (Ultra High Frequency, da 300 MHz a 3 GHz)** coprono un vasto intervallo di frequenze molto utilizzato dalla ricerca radioastronomica ufficiale.

A livello amatoriale, nelle VHF (onde metriche) sarà relativamente semplice la ricezione del **centro galattico**, di **Cassiopeia A** e di **Cygnus A** e, installando un buon sistema di antenna accoppiato con un ricevitore abbastanza sensibile, si potranno rivelare anche le **pulsar** più potenti che, a causa del loro meccanismo di emissione, presentano un massimo di emissione proprio in banda VHF.

Esperimenti in VHF e UHF

- L'apparato dovrebbe essere concepito utilizzando solo alcuni moduli del televisore: un moderno tuner TV VHF-UHF (del tipo sintonizzabile a varicap oppure con PLL) con uscita che pilota una catena amplificatrice di media frequenza video. E' opportuno disattivare il segnale del controllo automatico di guadagno (A.C.G.) dal sintonizzatore e dall'amplificatore di media frequenza. Nei moduli schermati presenti nei moderni televisori è disponibile il segnale video rivelato all'uscita della catena I.F. che può essere inviato ad un amplificatore DC-integratore di post-rivelazione.

Esperimenti in VHF e UHF

Il principale problema legato al suo utilizzo deriva dalla difficoltà di trovare, all'interno dello spettro radio-televisivo, qualche intervallo di frequenze di sufficiente larghezza per garantire una ricezione immune dalle interferenze.

La cosa migliore, per accertare con sicurezza il grado di "inquinamento radio" nella banda spettrale prevista per le osservazioni, è quella di monitorare la gamma con un adatto ricevitore (meglio ancora utilizzando un analizzatore di spettro o uno scanner) dotato di un'antenna sufficientemente direttiva nel corso delle 24 ore giornaliere e per un periodo di tempo sufficientemente lungo. In questo modo sarà possibile stabilire anche la direzione di provenienza dei principali radio-disturbi e delle varie interferenze, oltre che la loro natura e la specifica occupazione in banda.

Esperimenti in VHF e UHF

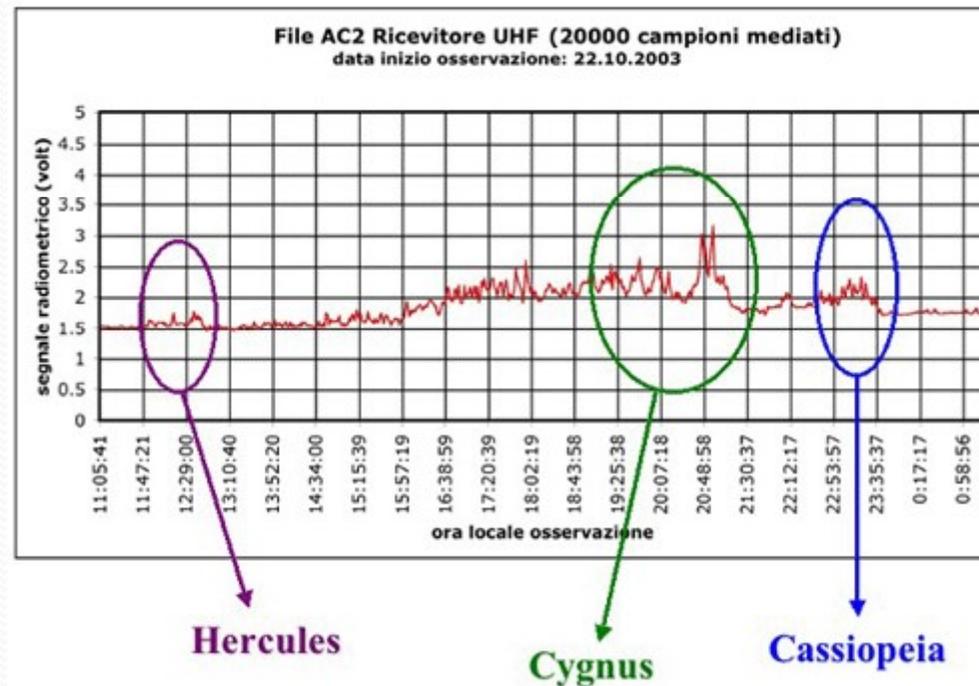
Antenna direzionale



Stazione ricevente modulare



Esperimenti in VHF e UHF



Radiometria a microonde

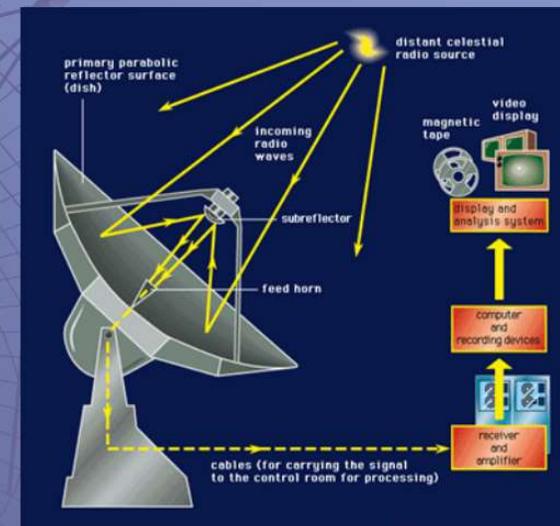
- In questa banda di frequenze (**SHF: Super High Frequency, da 3 GHz a 30 GHz**) è importante il meccanismo di emissione termico delle radiosorgenti, collegato alla loro temperatura superficiale: in base alla legge di Planck tutti i corpi materiali irradiano, per effetto termico, più o meno efficientemente secondo la temperatura fisica e la capacità di assorbimento del corpo stesso.

Radiometria a microonde

RadioAstroLab 

Analisi di un radiotelescopio Total-Power a microonde

Un approfondimento sul funzionamento e sulle possibilità osservative di un tipico radiotelescopio amatoriale total-power a microonde operante nella banda 10-12 GHz



Radiometria a microonde

Antenna generalmente utilizzata: Riflettore parabolico a simmetria circolare

Si ipotizza un'antenna con diametro pari a:

$D := 1.5\text{ m}$

ed un'efficienza d'antenna

$\eta := 0.5$

si avrà un guadagno d'antenna dell'ordine di:

$$Ga_{\text{max}} := \eta \cdot \left(\frac{\pi \cdot D}{\lambda_0}\right)^2$$

$$Ga_{\text{max}} = 15614.0226$$

$$Ga_{\text{max_dB}} := 10 \cdot \log(Ga_{\text{max}})$$

$$Ga_{\text{max_dB}} = 41.9351$$

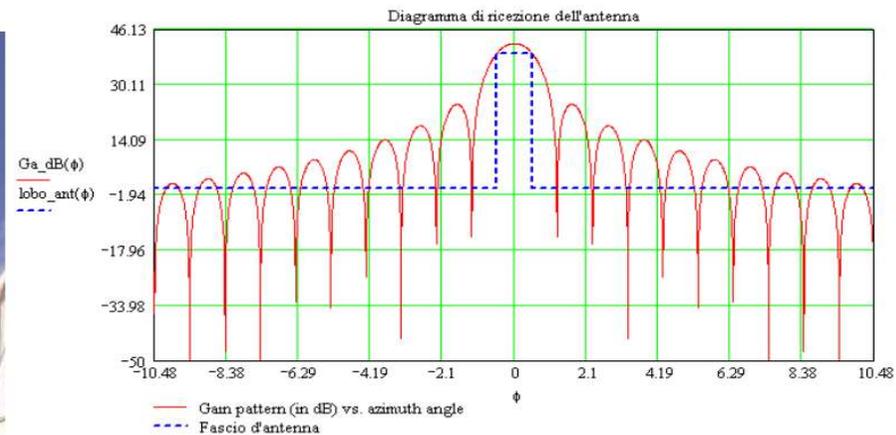
[dB]

Valore angolare del beam d'antenna

$$HPBW_g = 1.0481$$

[gradi]

Tipica antenna
amatoriale
reperibile sul
mercato TV-SAT
(riflettore
primo-fuoco
oppure offset).



Radiometria a microonde

Particolarmente interessante è il monitoraggio dell'emissione solare in banda X (realizzabile, ad esempio, con il ricevitore RAL10 accoppiato ad un piccolo ed economico sistema di antenna per TV-SAT del diametro di 80 - 150 cm, purchè provvisto di motorizzazione per l'inseguimento automatico).

L'emissione radio solare è essenzialmente scomponibile in due componenti: la radiazione termica del "Sole quieto" e quella del "Sole disturbato", associata ad eventi peculiari e transitori nel disco (macchie, eruzioni...).

Radiometria a microonde

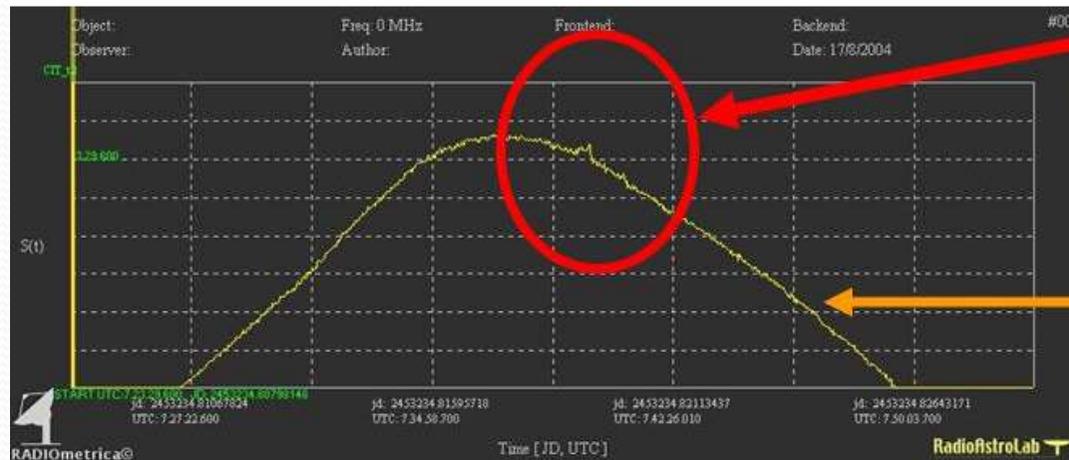
Studiare il Sole (emissione termica e flares) con il radiotelescopio RAL10

Registrazione di flares solari a microonde con il sistema RAL10 e RADIOmetrica (sistema di acquisizione a 12 bit). (Osservazione del sig. Michele Mallardi che ha utilizzato un'antenna a riflettore parabolico TV-SAT da 80 cm di diametro).

Eruzione solare



Transito del disco solare sul fascio d'antenna

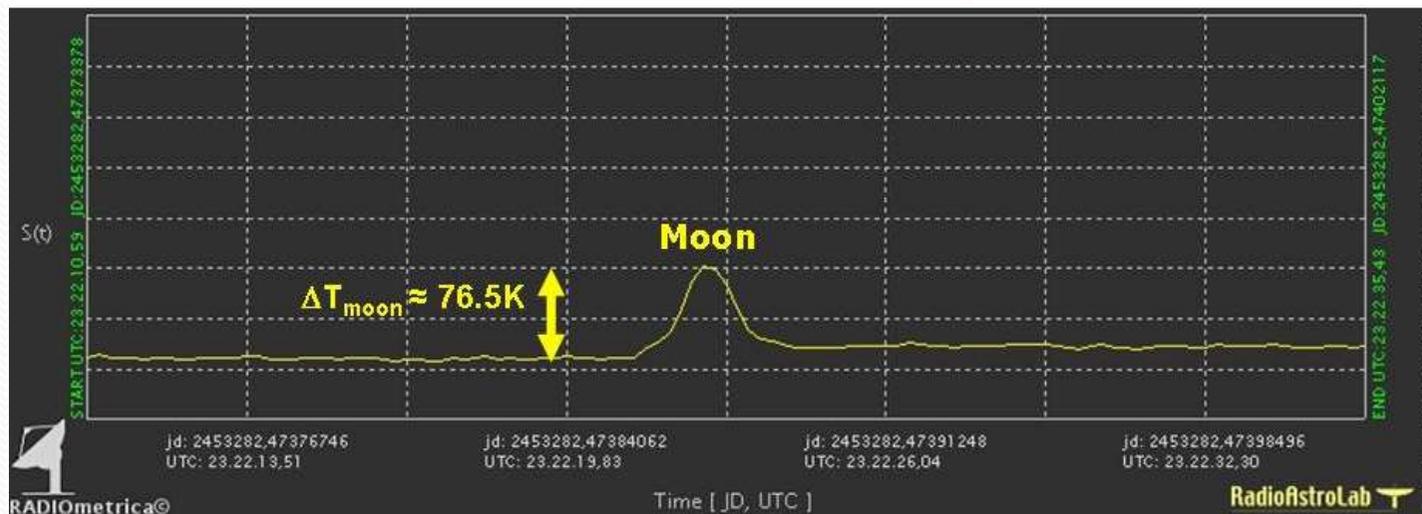


Radiometria a microonde

La radiazione termica della Luna è ben visibile con il radiotelescopio a microonde (SHF): la sua emissione è conseguenza del fatto che l'oggetto emette approssimativamente come un corpo nero caratterizzato da una temperatura dell'ordine di 300 K. Se nel visibile l'emissione della Luna è quasi esclusivamente conseguenza della luce riflessa del Sole, nella banda delle microonde si registra un'emissione dovuta alla temperatura propria dell'oggetto, ben superiore allo zero assoluto, che spicca rispetto al cielo "freddo".

Radiometria a microonde

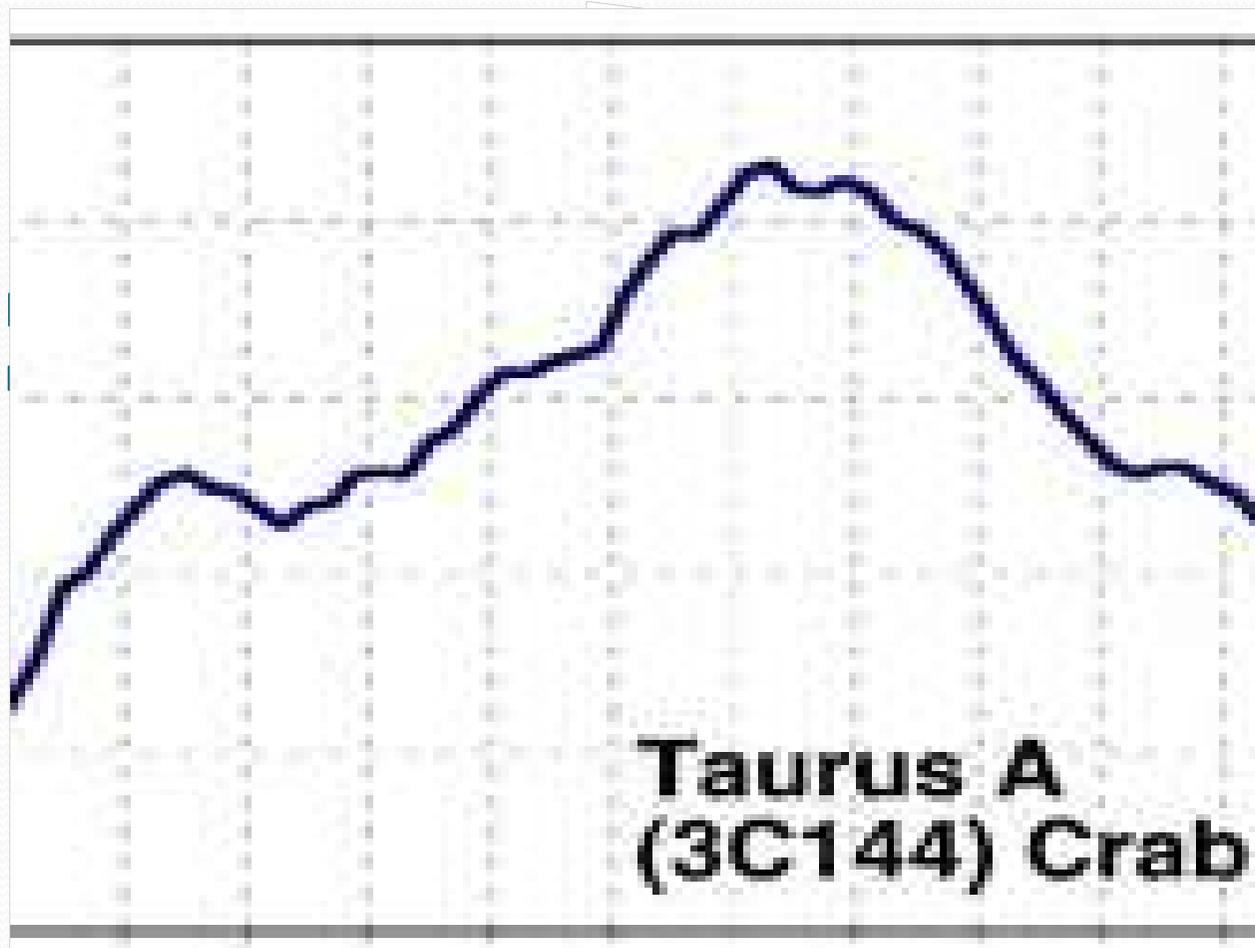
Transito della Luna entro il fascio di ricezione del radiotelescopio



Nella banda operativa (10.7-11.8 GHz) la densità di flusso della Luna è pari a circa 30000 Jy, con una componente radiativa essenzialmente di natura termica.

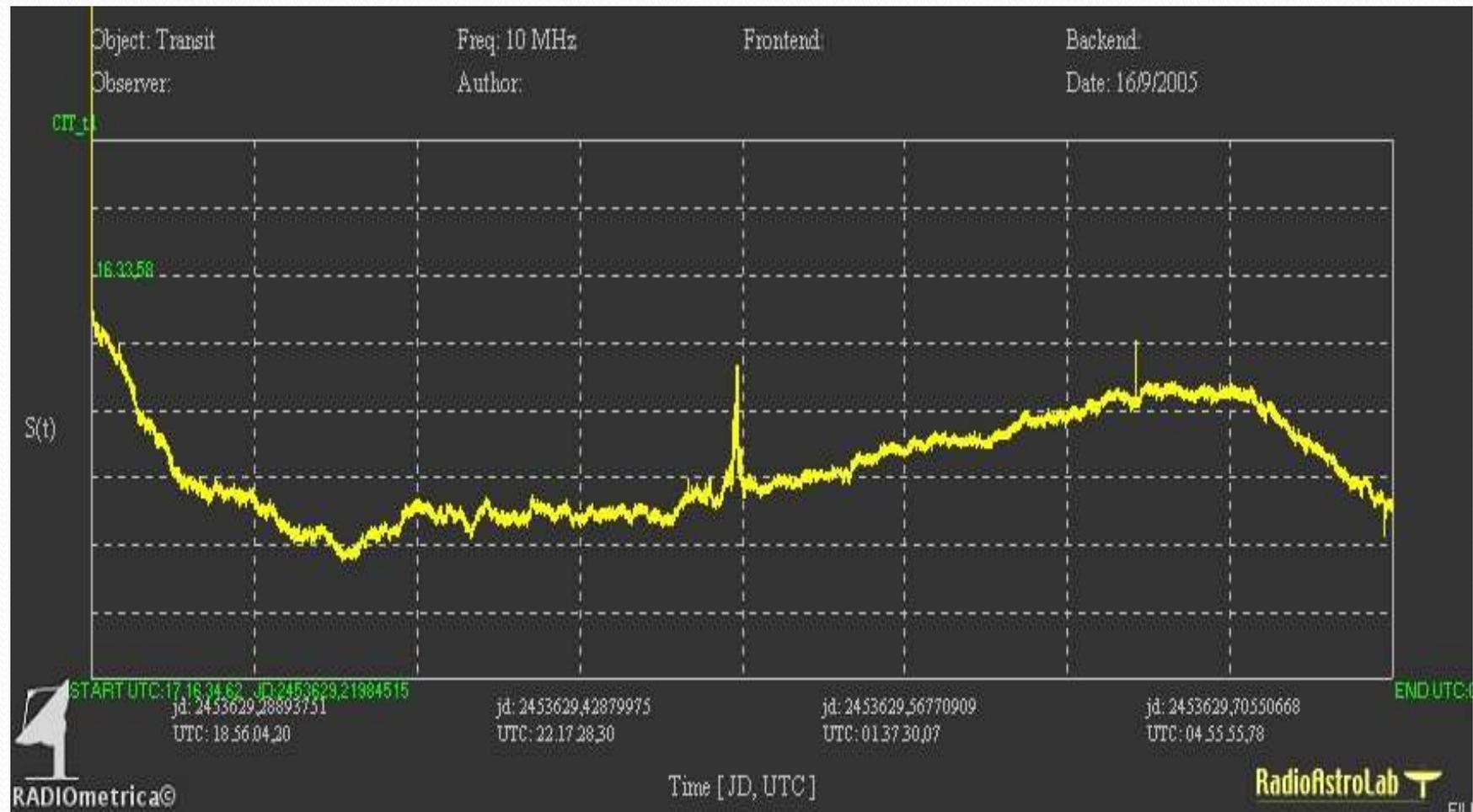
Lo strumento è composto dal ricevitore *RAL10* equipaggiato con antenna a riflettore parabolico per TV-SAT con diametro pari a 80 cm.

(Cortesia sig. Michele Mallardi)

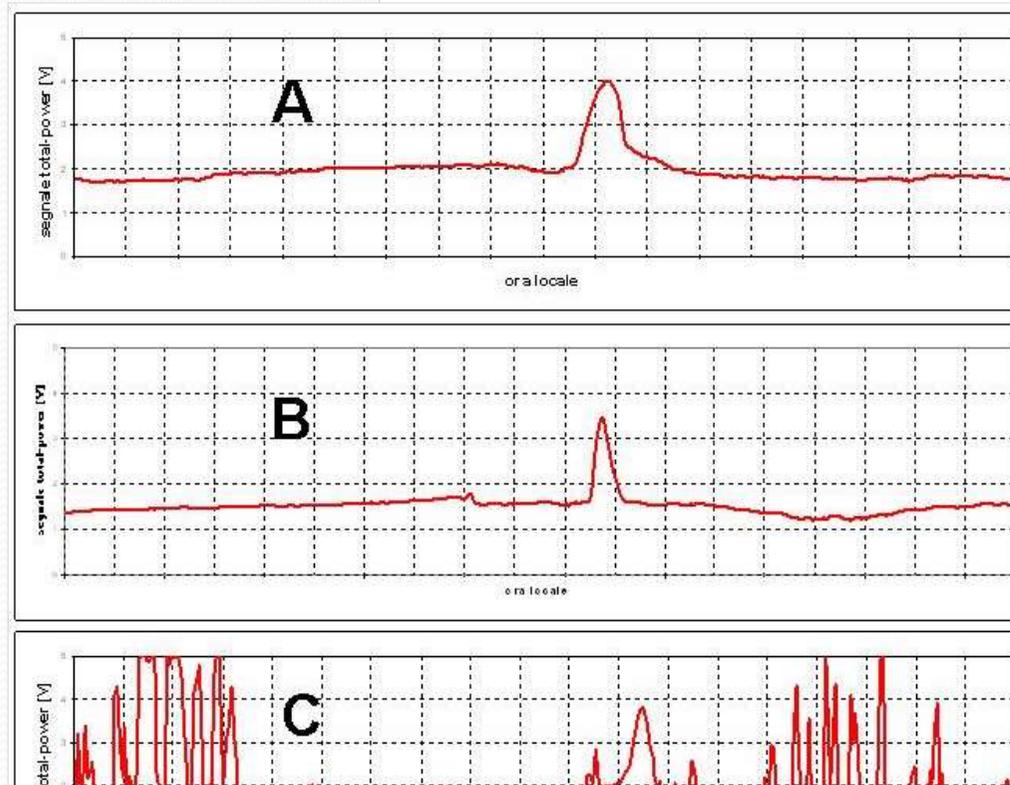


Nella figura seguente si vede il tracciato del transito (non al meridiano) della radiosorgente Taurus A (Crab Nebula, residuo di supernova) registrato al limite della sensibilità strumentale con il ricevitore RAL11 collegato ad un'antenna a riflettore parabolico con diametro di 1.5 metri.

La radiosorgente M31 nella costellazione di Andromeda



Radiometria a microonde



A e B:

Osservazioni del transito lunare effettuate in giorni diversi ed in condizioni di cielo sereno (atmosfera chiara).

Il diverso ed asimmetrico profilo della traccia è dovuto al puntamento dell'antenna effettuato **NON** sul meridiano.

C:

Analoga osservazione dello stesso scenario in condizioni meteorologiche turbate.

I picchi che si vedono rappresentano incrementi di temperatura dovuti a formazioni nuvolose in

Si vede il contributo disturbante dell'attività meteorologica (troposfera) sulle osservazioni radioastronomiche effettuate a frequenze superiori a 10 GHz.

In basso è mostrato un esempio di registrazioni del transito lunare effettuato in giorni consecutivi caratterizzati da differenti condizioni "meteo", con cielo perturbato da formazioni nuvolose di varia entità.

Le Ricerche SETI

Due fisici della Cornell University, Giuseppe Cocconi e Philip Morrison in un lavoro presentato nel 1959 alla celebre rivista Nature, hanno dimostrato come le onde radio più adatte per propagare informazione nello spazio cosmico siano quelle decimetriche, **evidenziando la lunghezza d'onda privilegiata dei 21 cm (1420 MHz, riga di emissione dell'idrogeno neutro interstellare, elemento più diffuso dell'universo) come probabile frequenza naturale.**

Le Ricerche SETI

- Su tali basi si avviò agli inizi degli anni '60 un articolato piano di ascolto di radiosegnali cosmici "intelligenti": il programma, chiamato **SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence)**, sigla inventata da P. Morrison nel 1959) prevedeva l'utilizzo dei maggiori radiotelescopi esistenti con l'eventuale costruzione di ricevitori dedicati, ed è tuttora utilizzato per identificare qualsiasi tipo di ricerca mirata all'individuazione di messaggi radio inviati da ipotetiche civiltà extraterrestri.

Le Ricerche SETI

Se l'acqua ha effettivamente un ruolo essenziale per la vita, considerando i vantaggi delle comunicazioni in questa banda di frequenze ed il fatto che l'emissione a 1420 MHz proviene dall'idrogeno H e quella a 1665 MHz dalla molecola OH (le due componenti che formano l'acqua), è ragionevole ipotizzare che tali frequenze siano la scelta più verosimile per eventuali radiocomunicazioni cosmiche.

L'intervallo tra 1420 MHz e 1720 MHz è indicato con il suggestivo nome di "waterhole", la "pozza d'acqua" intorno a cui, come animali nella giungla, si radunano le civiltà galattiche.

Le Ricerche SETI

Si individuano due tipologie fondamentali di segnali ricevibili da un sistema SETI: la radiazione elettromagnetica intenzionalmente trasmessa tipo "radio-faro" (beacon) e quella non intenzionale destinata ad utilizzi interni, dovuta a perdite di radio-energia (leakage).

Le strategie di ricerca adottate nei vari progetti SETI sono essenzialmente di due tipi: **la ricerca diretta e quella «a tutto cielo»**

Le Ricerche SETI





ICARA

Ogni anno la IARA (Italian Amateur Radio Astronomy) e la SDR (Sezione di Radioastronomia) della UAI organizzano un Congresso nazionale di Radioastronomia Amatoriale (ICARA) l'ultimo dei quali si è tenuto a Tradate dal 29 al 31 ottobre 2010.

Il prossimo si è tenuto a Ca' del Monte (PV) dal 28 al 30 ottobre 2011.

E' possibile la ricerca Radio Astronomica amatoriale?

- L'attività radio astronomica dilettantistica appare come un terreno impervio con qualche ostacolo, ma ricco di soddisfazioni. Occorre costruire in proprio gli strumenti di osservazione e sperimentare le antenne ed i sistemi di puntamento, i ricevitori, il sistema di registrazione e di elaborazione dei dati, il software di gestione. Il raggiungimento di obiettivi interessanti, a volte ambiziosi e costosi, presuppone la collaborazione fra gruppi di appassionati che oltre ad acquisire i fondamenti teorici di base, esercitano la loro esperienza nella realizzazione delle apparecchiature e nell'interpretazione dei dati.

Un Radiotelescopio amatoriali



I grandi radiotelescopi

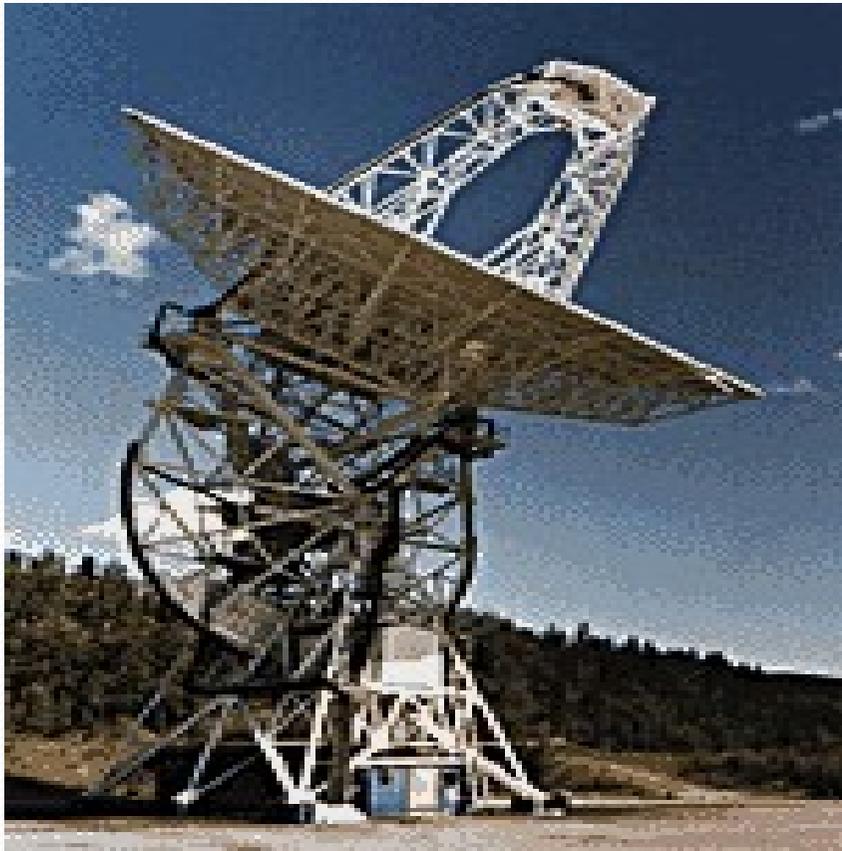
Croce del Nord (Medicina) Bo

- Arecibo (Porto Rico)



I Radiotelescopi nel Mondo

- Alaska



- Inghilterra





Il radiotelescopio all'istituto "Mottura" di Caltanissetta

Caratteristiche tecniche:

- Frequenza operativa: 10.7-11.8 GHz
- Antenna: diametro 2.40 m
- Front-end:
- Back-end: RAL10
- Puntamento antenna: al transito.



L' antenna utilizzata



Sezione di Radioastronomia dell'UAN



To be continued....