Radioastronomia

Una nuova visione del mondo

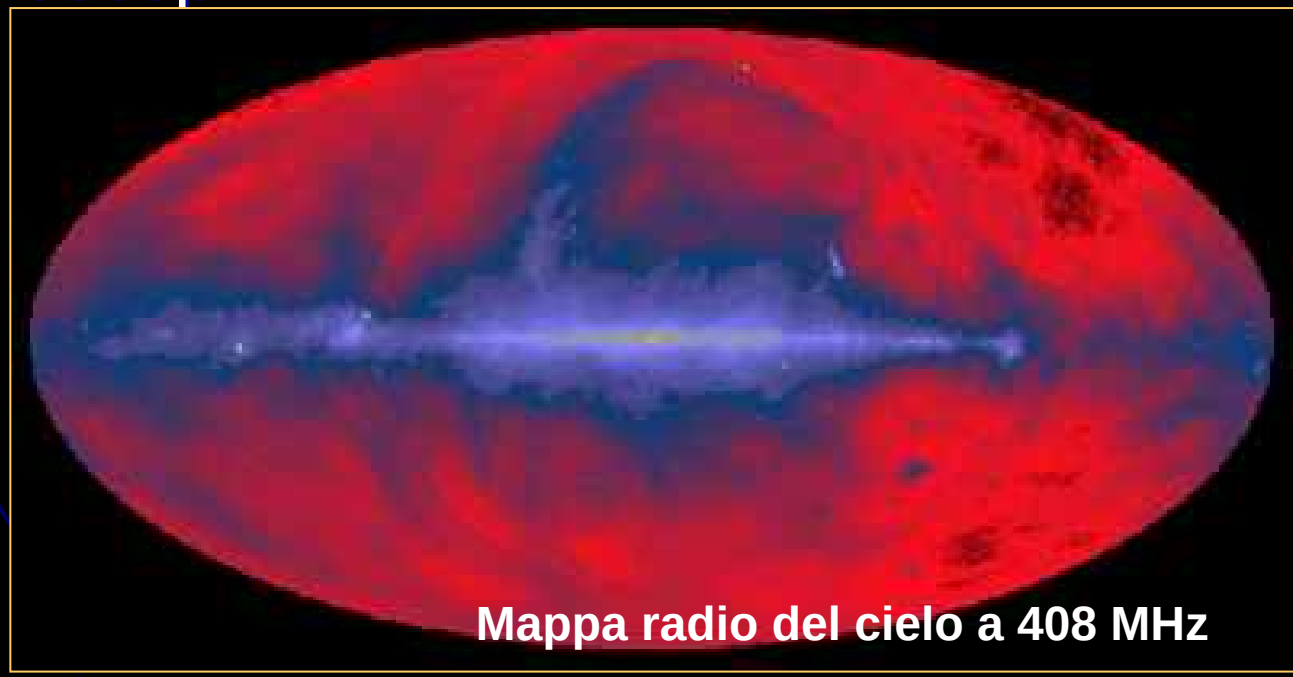
dott. Mario Sandri
mario@grrat.cjb.net

G.R.R.A.T.

Nascosto dietro l’Universo visibile vi è un altro Universo, affascinante e strano. È quello che l’esplorazione del cielo nella banda radio ci ha permesso di scoprire. Se i nostri occhi potessero vedere le onde radio, le stelle non risulterebbero visibili; osserveremo i guizzi delle pulsar, alcune galassie sembrerebbero locomotive a vapore che emettono lunghi sbuffi dal nucleo, e la Via Lattea ci apparirebbe come uno splendido albero di Natale.

Che cos’è la radioastronomia?

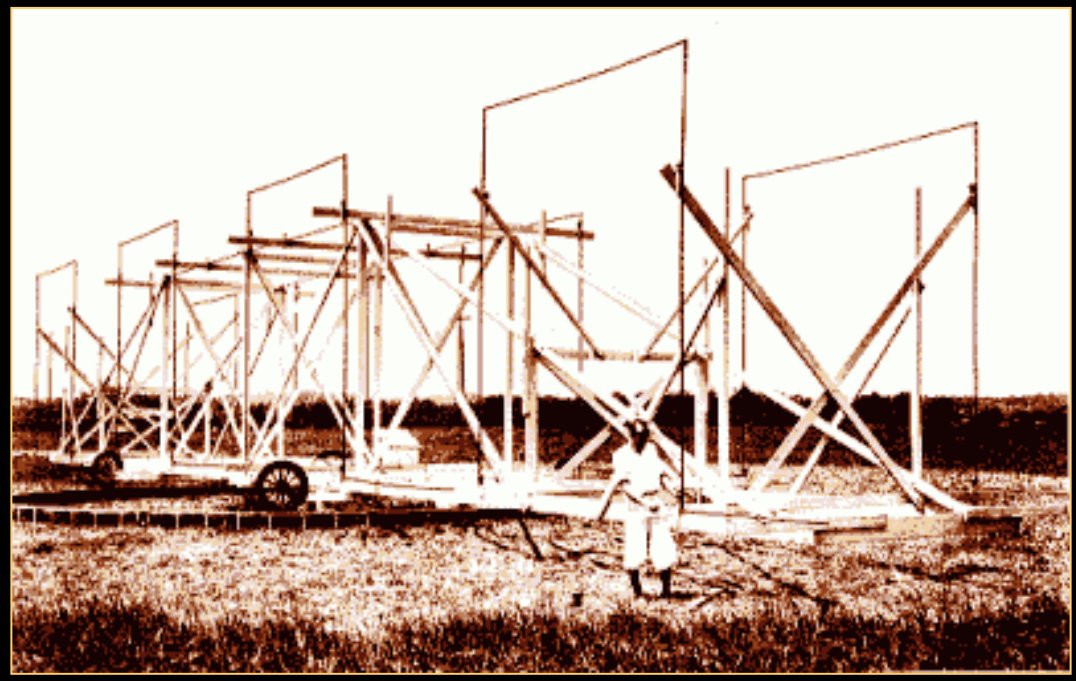
La radioastronomia studia i corpi celesti analizzando la radiazione elettromagnetica da questi emessa nell'intervallo spettrale delle radioonde grazie ai radiotelescopi.



Mappa radio del cielo a 408 MHz

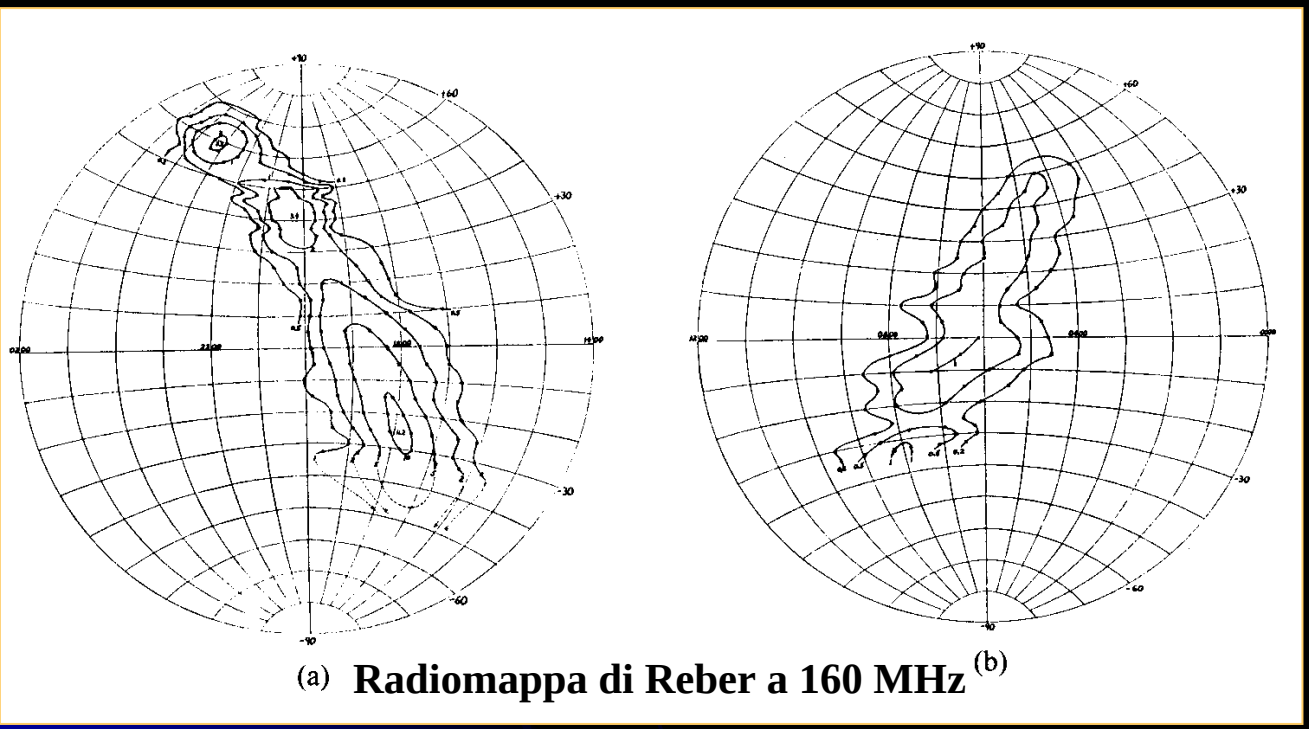
Un po' di storia

La radioastronomia nasce ufficialmente nel 1931per opera di Karl G. Jansky, un radioingegnere (Bell & Teleph.) impegnato nello studio dei disturbi elettromagnetici artificiali e naturali.



La prima antenna radioastronomica della storia (1931): si tratta della famosa "giostra di Jansky" funzionante alla frequenza di 20.5 MHz.

Il primo impianto radioastronomico per ricerche in tale campo fu costruito da Grote Reber e consisteva in un paraboloide orientabile di 9 metri di diametro operante a 160 MHz con il quale è stato possibile compilare la prima “radiomappa” della Galassia (1944).



(a) **Radiomappa di Reber a 160 MHz** (b)

G. Reber

L’inizio ufficiale della ricerca radioastronomica si ha subito dopo la 2° guerra mondiale, stimolata dagli sviluppi tecnologici delle radiocomunicazioni e delle tecniche radar.

Il radiotelescopio di Arecibo

Il primo grande radiotelescopio fu costruito nel 1957 a Jodrell Bank in Inghilterra. Si trattava di un’antenna parabolica di 75 metri, presto però superata da quella di 305 metri di diametro che è situata in una cavità naturale ad Arecibo, a Puertorico.

Il futuro della radioastronomia si basa sullo sviluppo della radiointerferometria, in particolare delle tecniche interferometriche a base continentale (VLBI) e della radioastronomia spaziale.

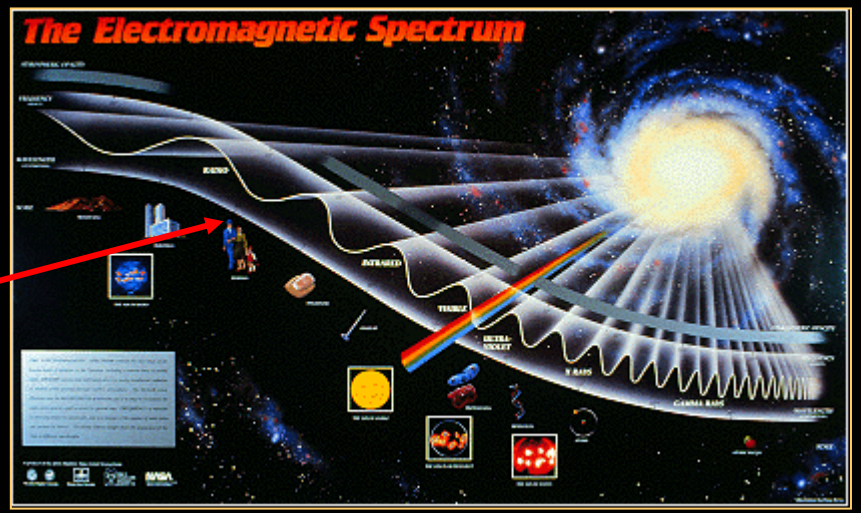
Il progetto SKA
un radiotelescopio globale

E' un radiotelescopio internazionale allo studio della comunità scientifica mondiale.

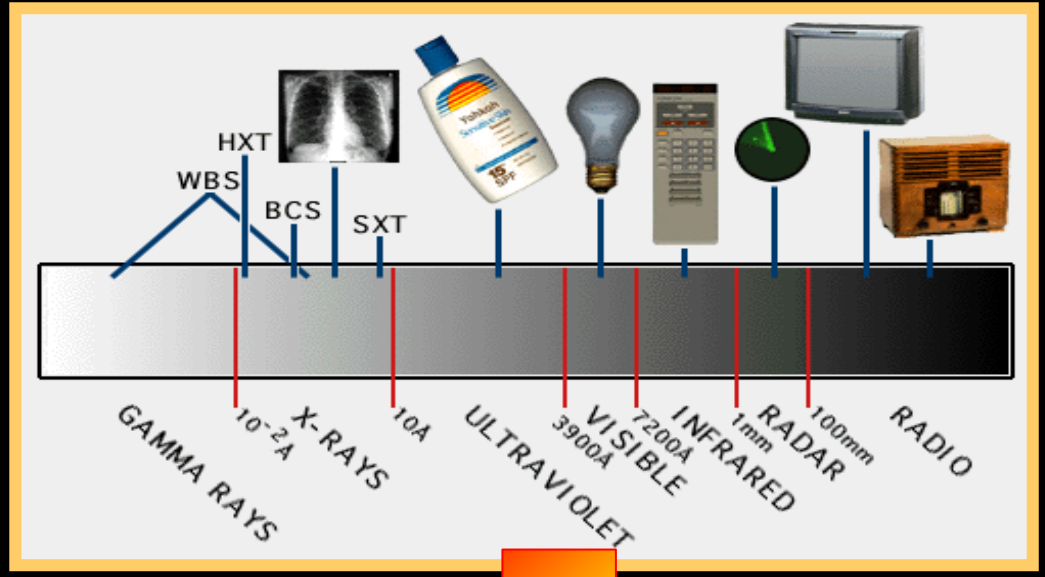
Inizio costruzione stimato al 2008.

- Area Colletrice: 1 milione di m^2
- 100 fasci contemporanei
- Australia /Europa/ USA/ Canada

Lo spettro elettromagnetico

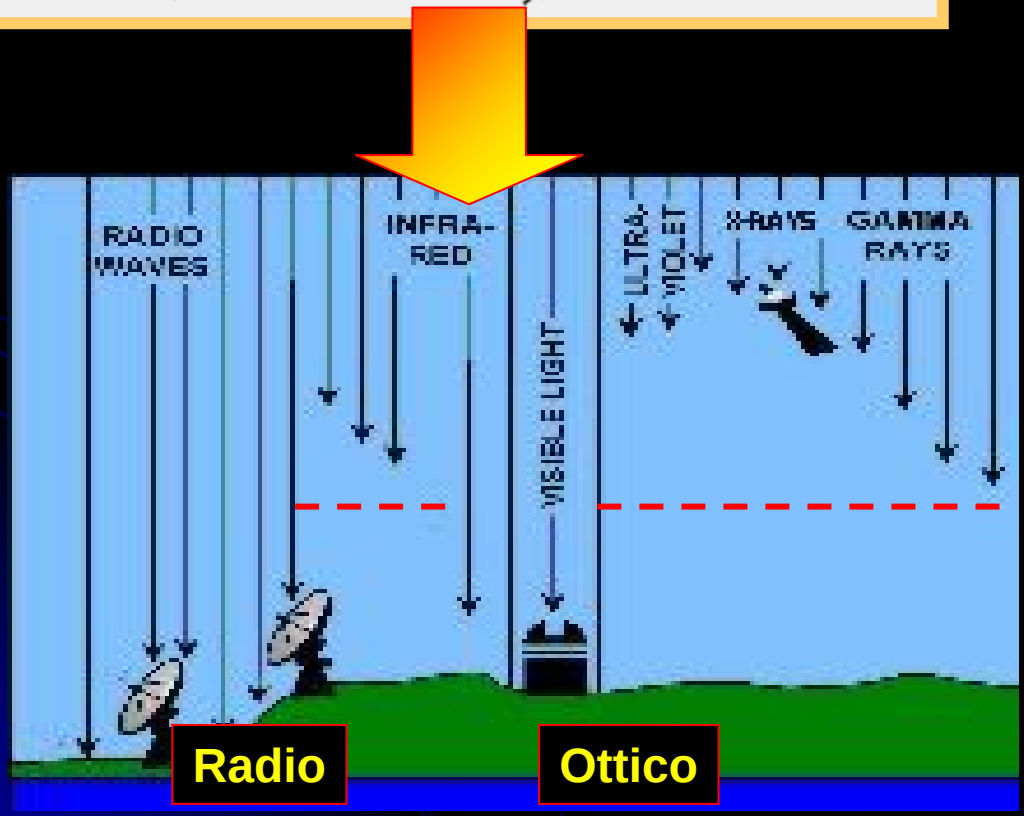


Molti oggetti celesti ci inviano radiazioni elettromagnetiche distribuite su un ampio spettro di frequenze: dalle onde radio ai raggi gamma.



Le radiazioni che giungono dallo spazio sono distribuite su tutto lo spettro elettromagnetico.

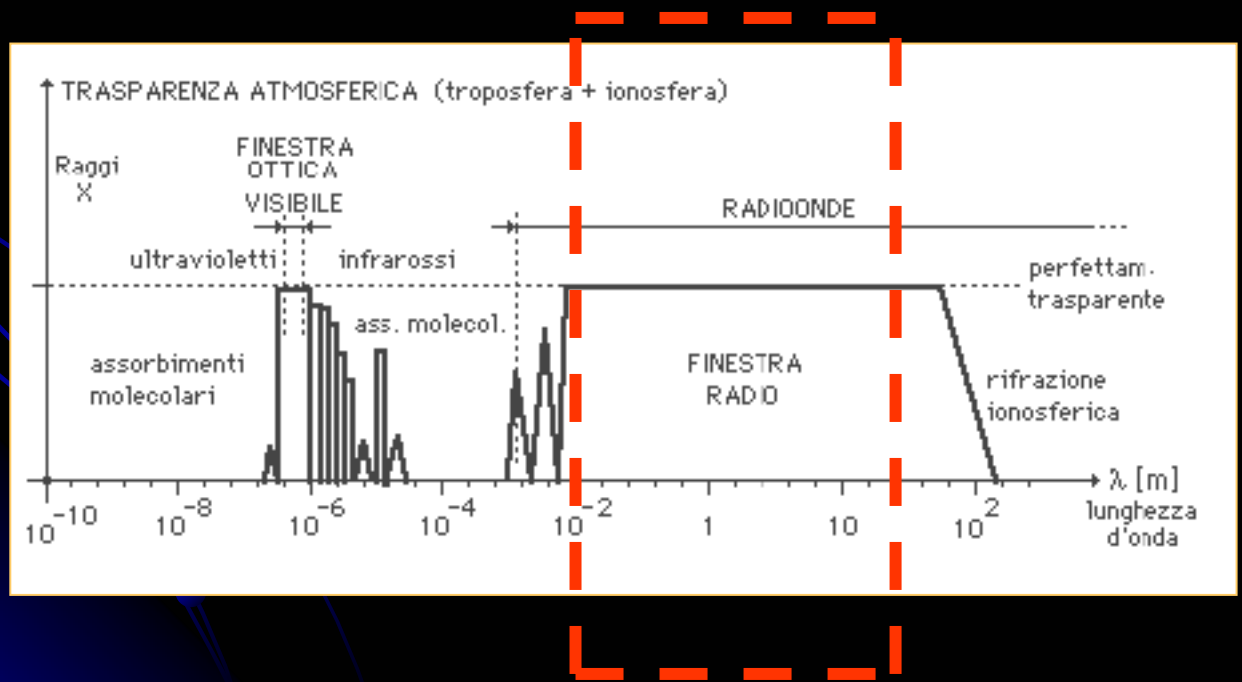
Non tutta la radiazione che giunge dallo spazio arriva sulla terra.



Fatta eccezione per la banda radio e ottica, la rimanente radiazione elettromagnetica viene assorbita dall’atmosfera.

La “finestra operativa” è quella delle radioonde, limitata inferiormente dagli effetti schermanti della ionosfera terrestre, superiormente dai fenomeni di assorbimento molecolare delle onde radio dovuti principalmente al vapore acqueo e all’ossigeno.

Radioastronomia

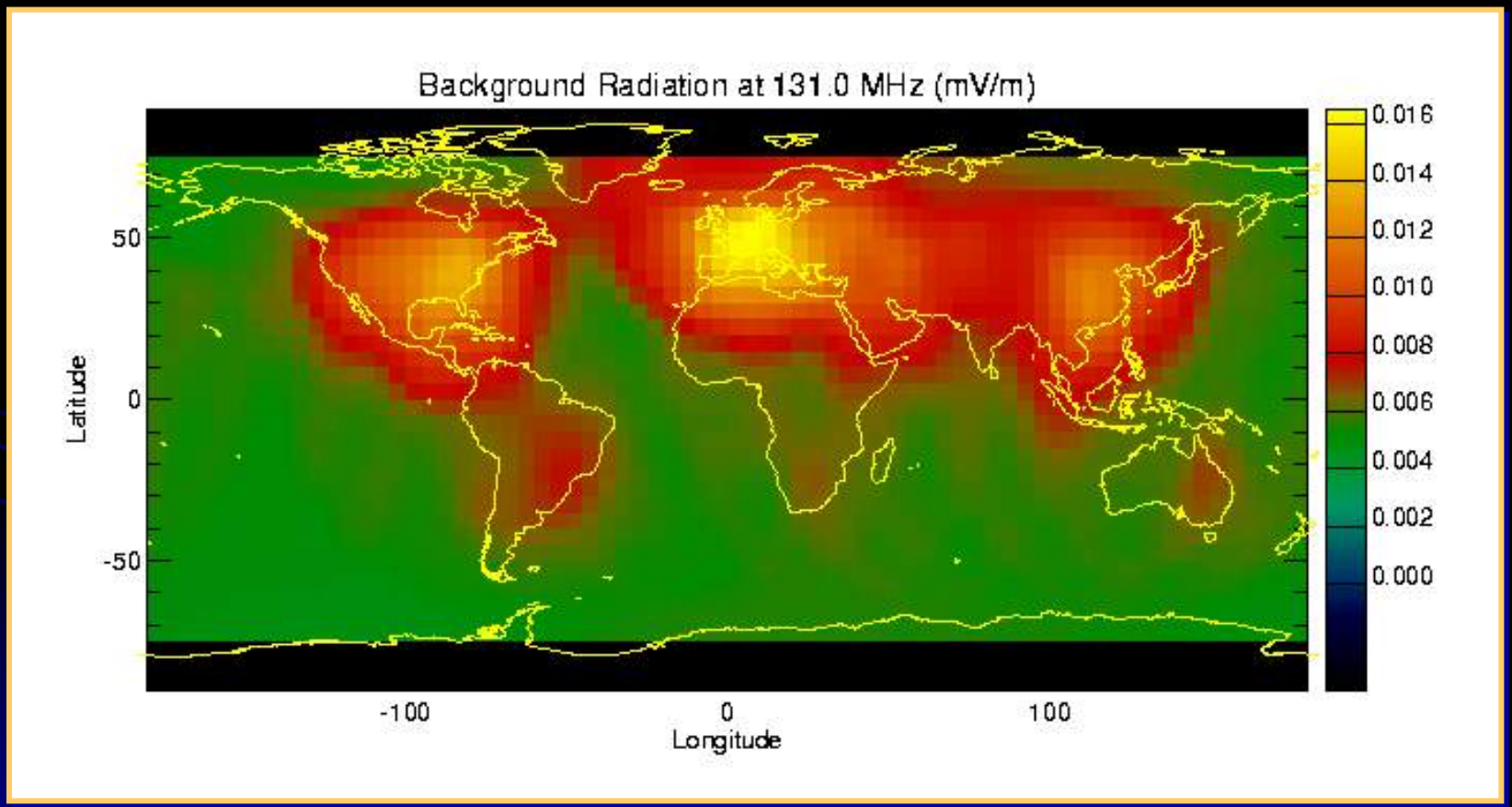


Classificazione delle bande di frequenza radio

Lunghezza d'onda		Frequenza			Denominazione
1000 - 100	Km	0.3 - 3	KHz	**ELF**:	Extremely Low Frequency
100 - 10	Km	3 - 30	KHz	**VLF**:	Very Low Frequency
10 - 1	Km	30 - 300	KHz	**LF**:	Low Frequency
1000 - 100	m	0.3 - 3	MHz	**MF**:	Medium Frequency
100 - 10	m	3 - 30	MHz	**HF**:	High Frequency
10 - 1	m	30 - 300	MHz	**VHF**:	Very High Frequency
1000 - 100	mm	0.3 - 3	GHz	**UHF**:	Ultra High Frequency
100 - 10	mm	3 - 30	GHz	**SHF**:	Super High Frequency
10 - 1	mm	30 - 300	GHz	**EHF**:	Extremely High Frequency

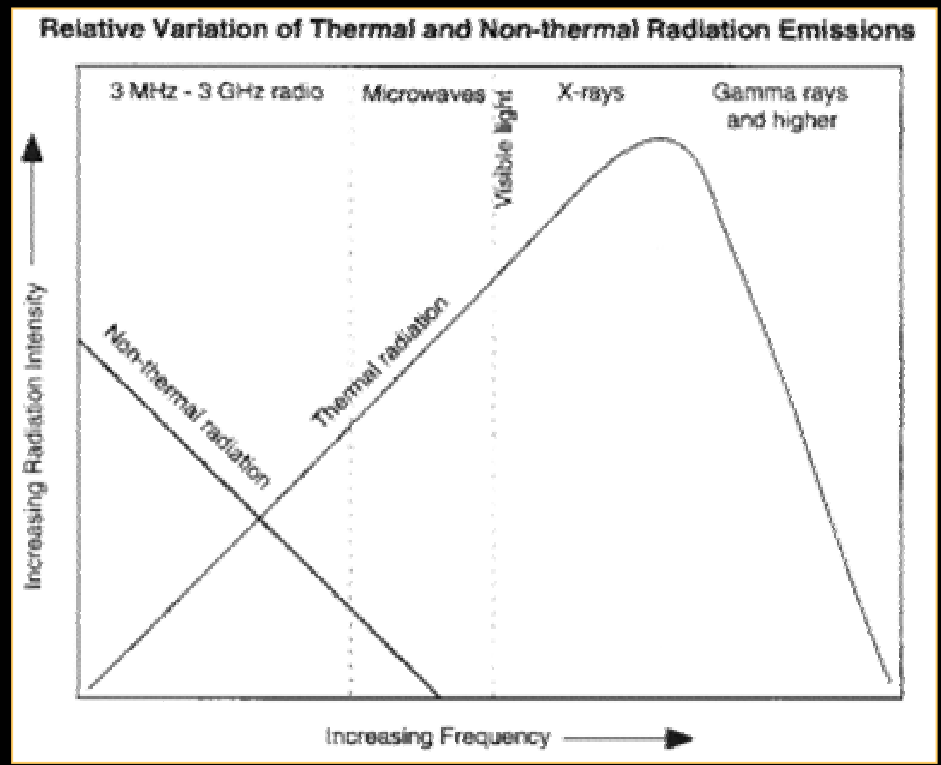
Come nel campo ottico l'inquinamento luminoso limita la possibilità di osservare il cielo, anche in radioastronomia l'inquinamento elettromagnetico è un nemico della ricerca.

La situazione attuale delle interferenze radio è la seguente:



L’origine dell’emissione radio

1. la radiazione termica di corpo nero,
2. l'emissione termica da parte di atomi di idrogeno ionizzati,
3. la radiazione non termica di sincrotrone

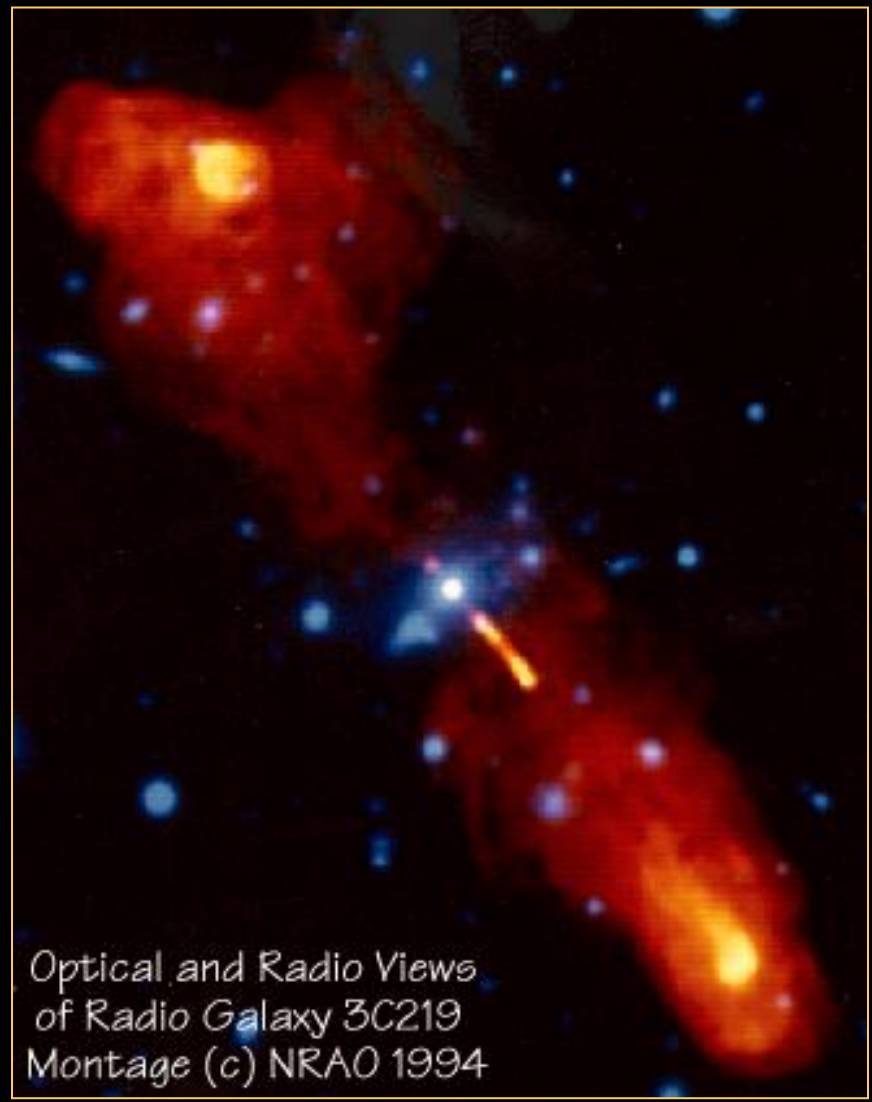


Radioastronomia e astronomia ottica, quali differenze?

Manifestazione diversa dello stesso fenomeno energetico

Diversi strumenti per rilevare le due radiazioni

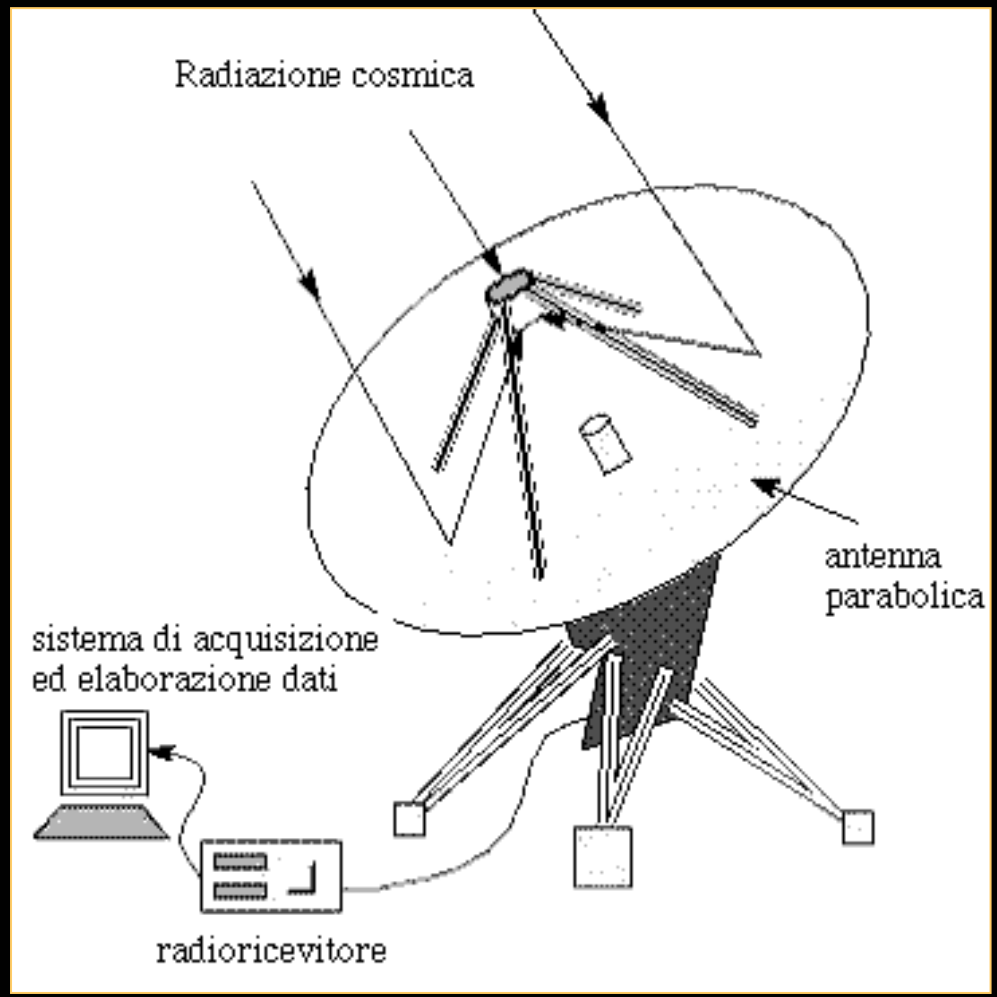
Diverse tecniche di analisi



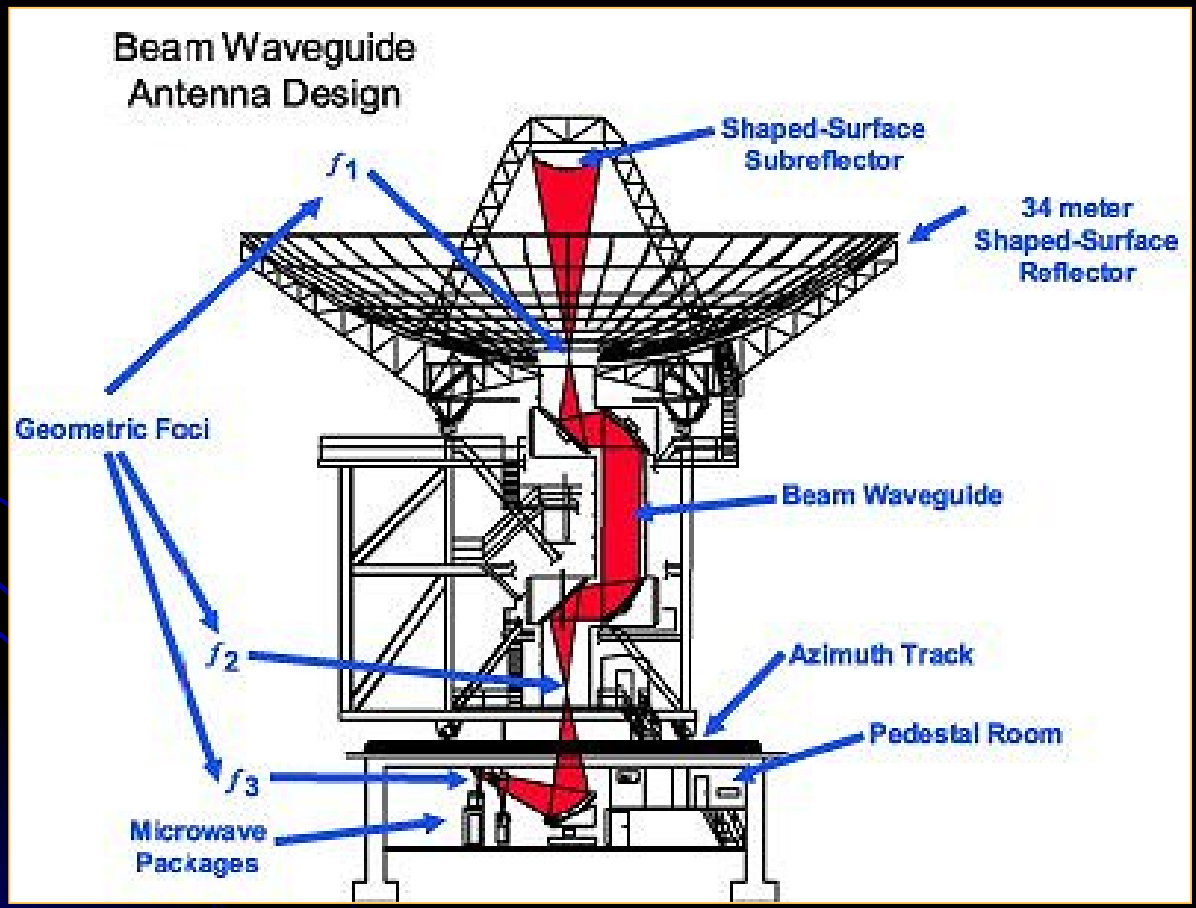
3C219
Immagine radio-ottica della galassia 3C219, distante circa3 miliardi di anni luce. La galassia nell' ottica e' visibile al centro, in bianco/azzurro. L'emissione radio, rivelata con il Very Large Array (VLA), consiste di due lobi estesi situati ben al di fuori della galassia ottica, ed alimentati da due getti opposti.

Il radiotelescopio

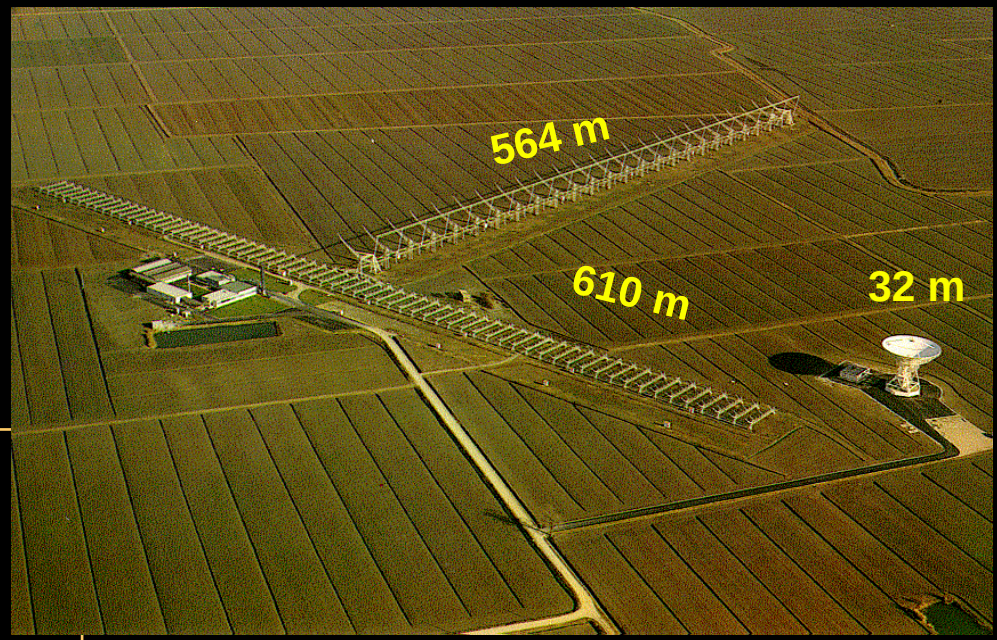
Un radiotelescopio è essenzialmente un radioricevitore progettato per misurare l'intensità delle onde radio su determinate bande di frequenze; in linea di principio differisce molto poco da una comunissima radioricevente. La vera differenza è però la grande particolarità e debolezza dei segnali captati.

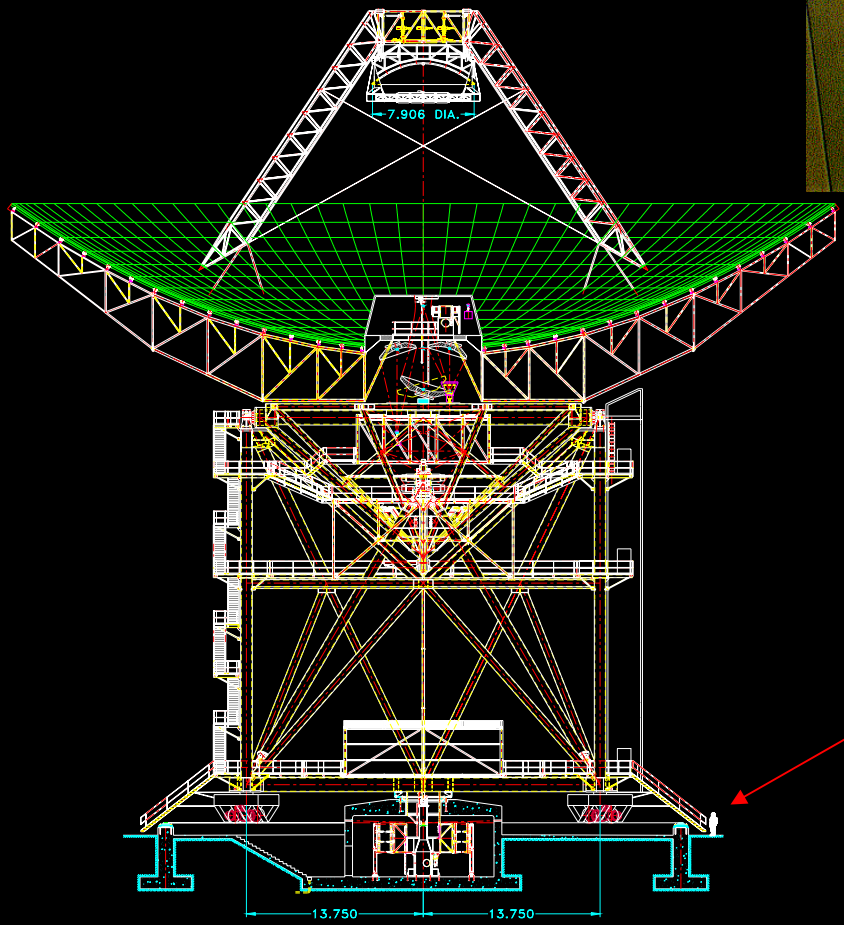


Un’antenna ricevente è un sistema che ha lo scopo di convertire l’energia elettromagnetica captata dallo spazio in segnali elettrici misurabili.



Nuovo SRT (Cagliari)
64 m di diametro
di prossima costruzione.





La stazione radioastronomica di Medicina (BO), dove è facilmente individuabile la Croce del Nord

Dimensioni di un uomo

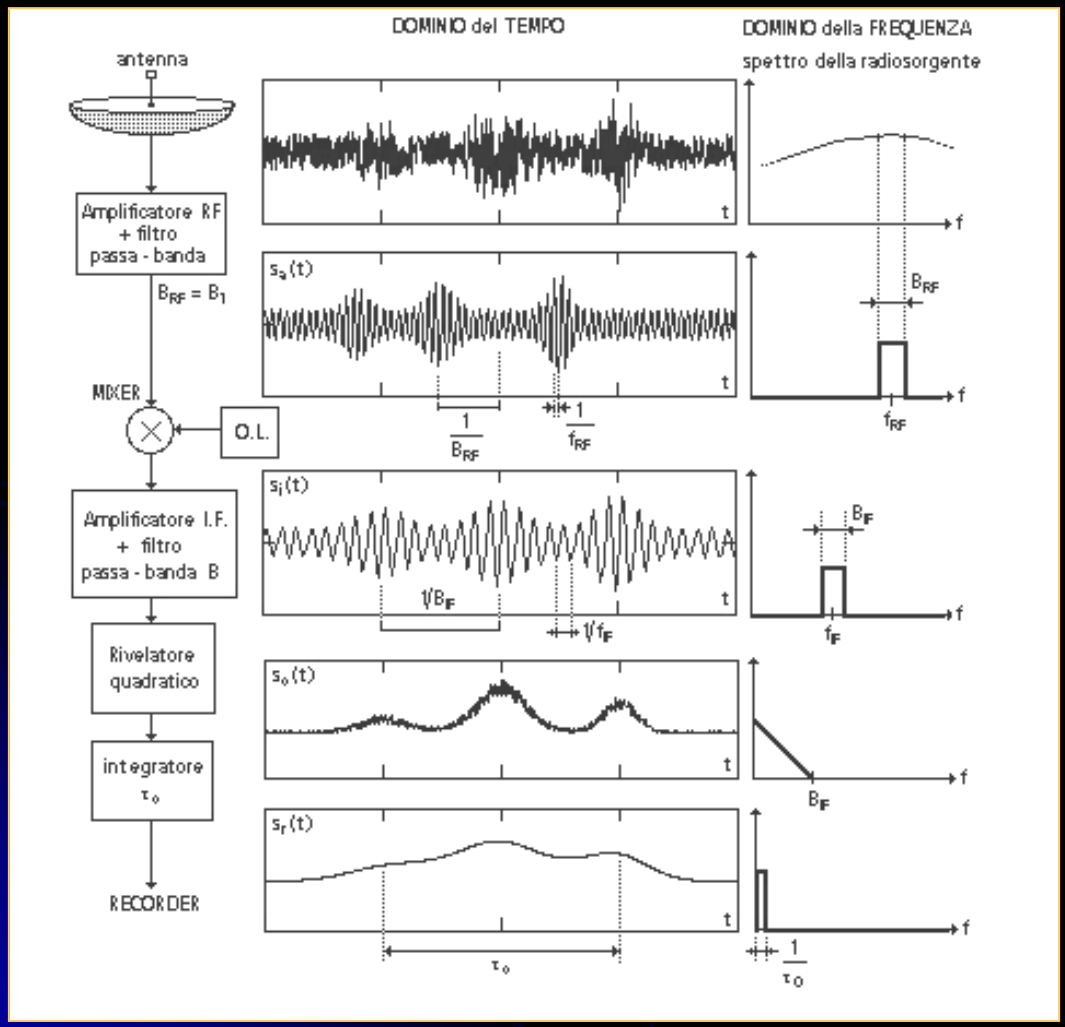
Interferometri

Per migliorare le prestazioni di un’antenna, come nel caso del campo ottico, si fanno lavorare contemporaneamente più antenne.

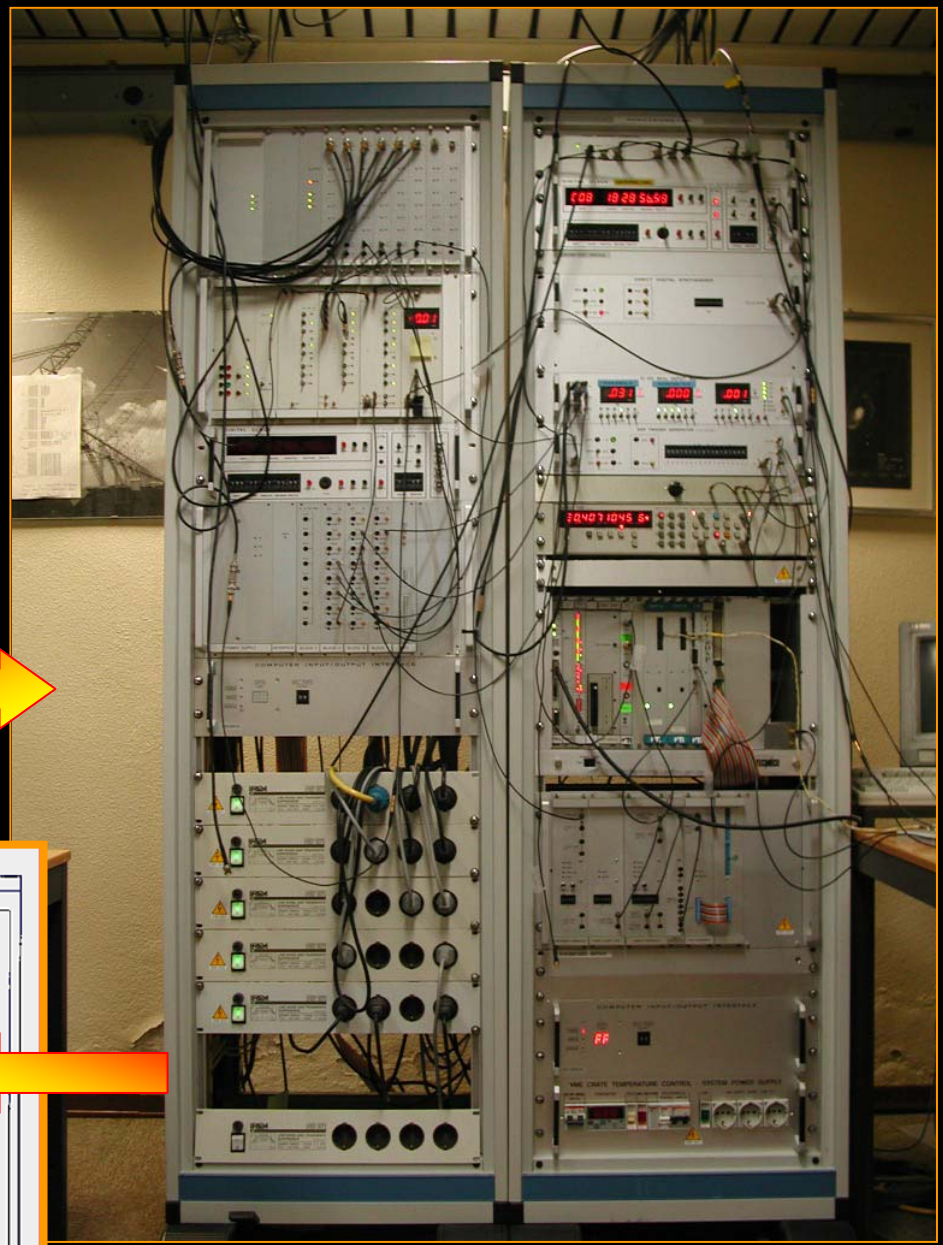
Questo è ciò che si chiama interferometria. Ma mentre nell’ottico tale procedura è limitata, in radio si possono avere interferometri grandi quanto la Terra.

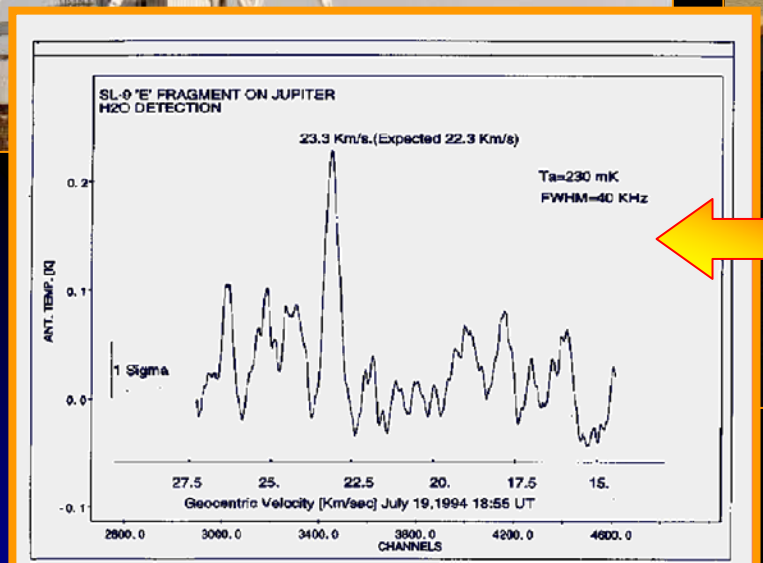
Il VLA, il più grande radiotelescopio al mondo

Cosa ascoltano i radioastronomi?



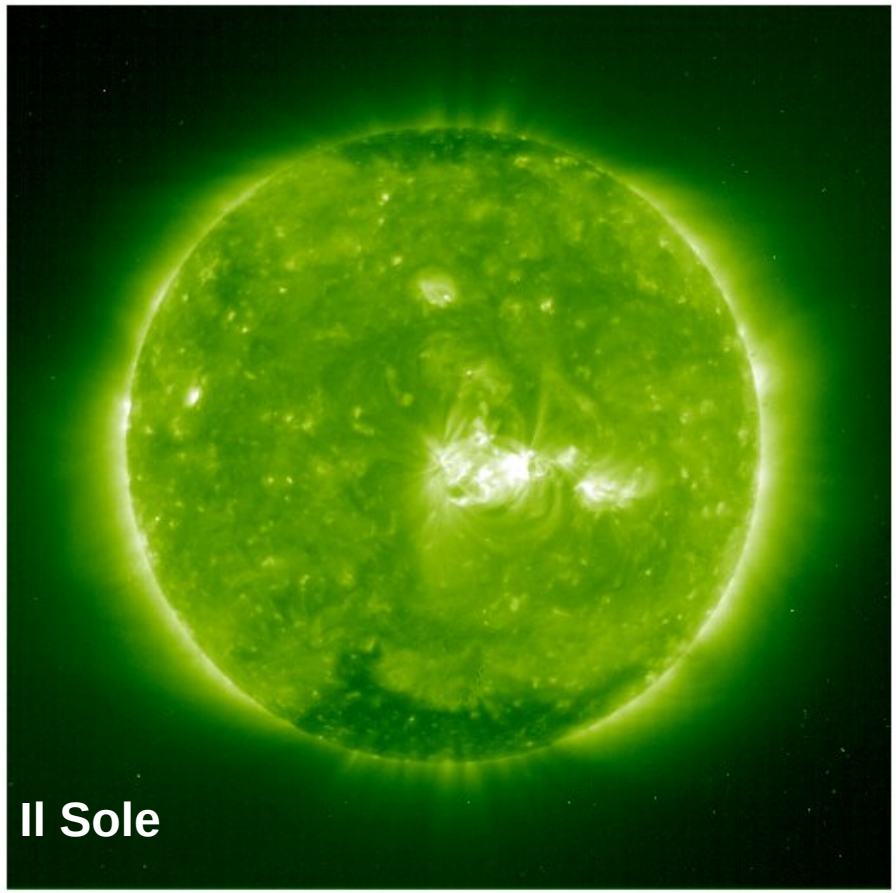
Il segnale captato non viene ascoltato direttamente ma trasformato o in una serie di numeri o in un segnale audio ed il rumore che ne deriva è simile a ciò che si sente quando ci si posiziona in un canale libero della televisione



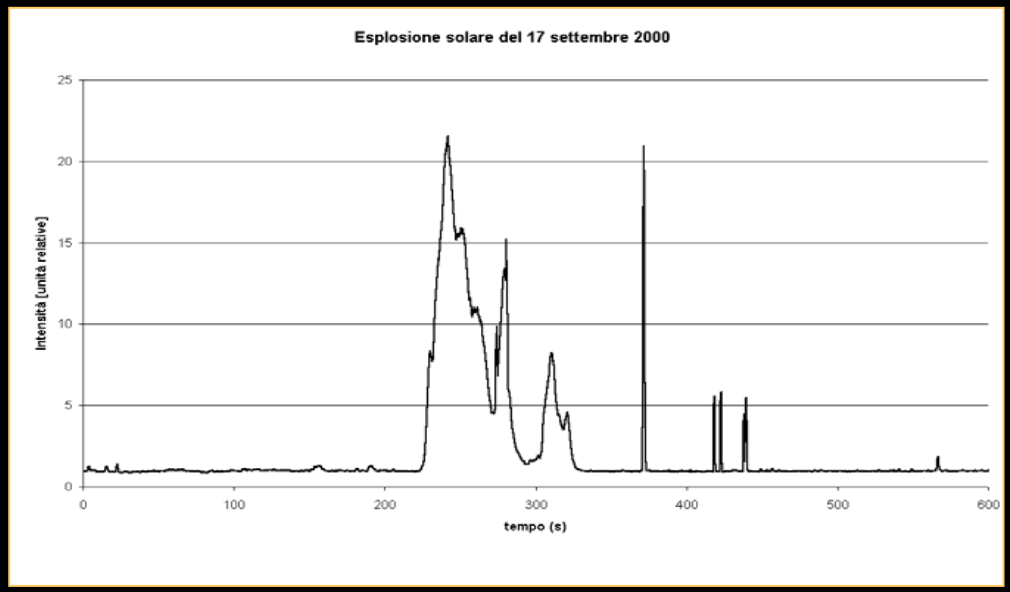

SL-9 'E' FRAGMENT ON JUPITER
H2O DETECTION
23.3 Km/s.(Expected 22.3 Km/s)
Ta=230 mK
FWHM=40 KHz
ANT. TEMP. [K]
0.2
0.1
0.0
-0.1
1 Sigma
27.5
25.
22.5
20.
17.5
15.
Geocentric Velocity [Km/sec] July 19,1994 18:55 UT
2800.0
3000.0
3400.0
3800.0
4200.0
4600.0
CHANNELS

Cosa si osserva

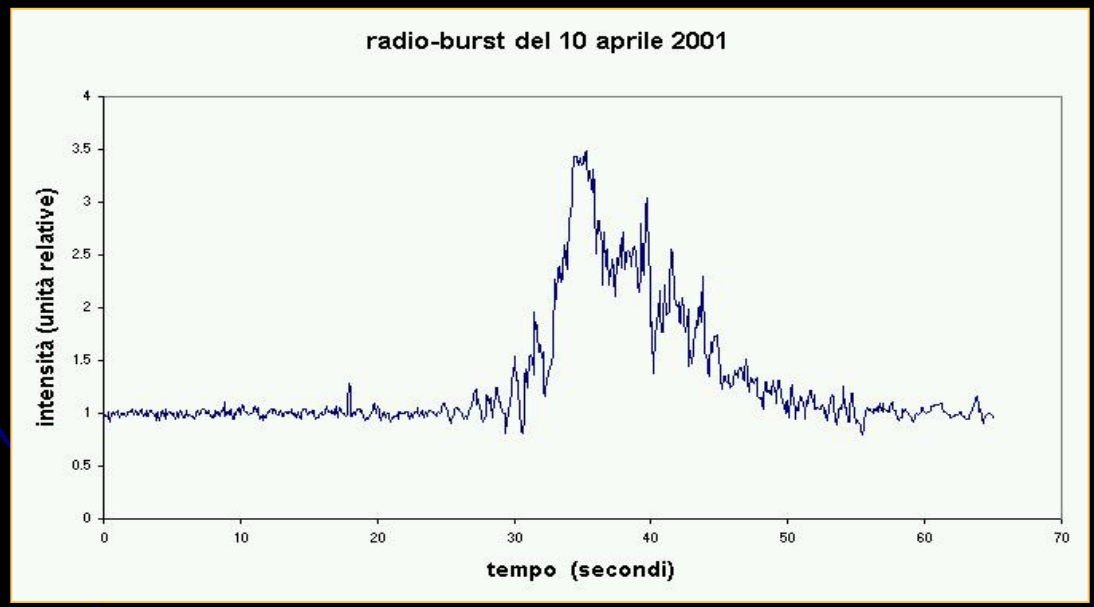
Il Sole è stato ed è tuttora uno dei corpi celesti più studiati: l'andamento della densità del suo flusso alle frequenze radio si discosta da quello osservabile otticamente.



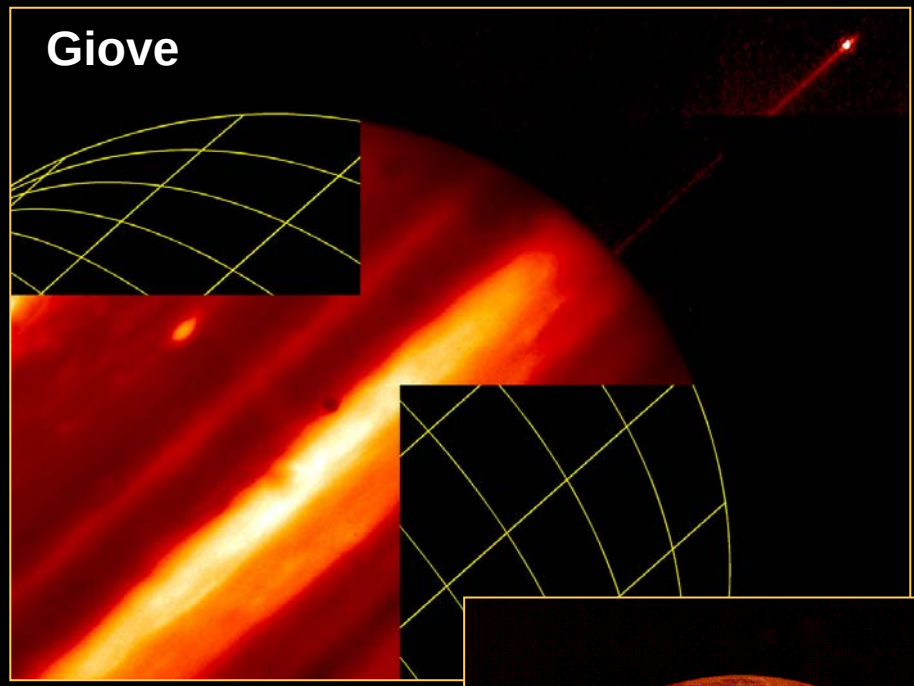
Il Sole



Esempi di tempeste solari registrate durante il 2001



La Luna e i pianeti presentano emissione ottica dovuta esclusivamente alla luce riflessa del Sole; nel campo radio, invece, la radiazione riflessa diventa trascurabile rispetto a quella termica di corpo nero a qualche centinaio di gradi Kelvin. Giove si discosta dagli altri pianeti per emissioni sporadiche, polarizzate e molto intense, che fanno pensare alla presenza di meccanismi non termici.



L’analisi della densità di idrogeno neutro della Galassia da un’indicazione della struttura a spirale del nostro sistema galattico. Si osserva la riga dell'idrogeno a 21,2 cm associata con le transizioni fra due livelli della struttura iperfina dell'atomo di idrogeno.

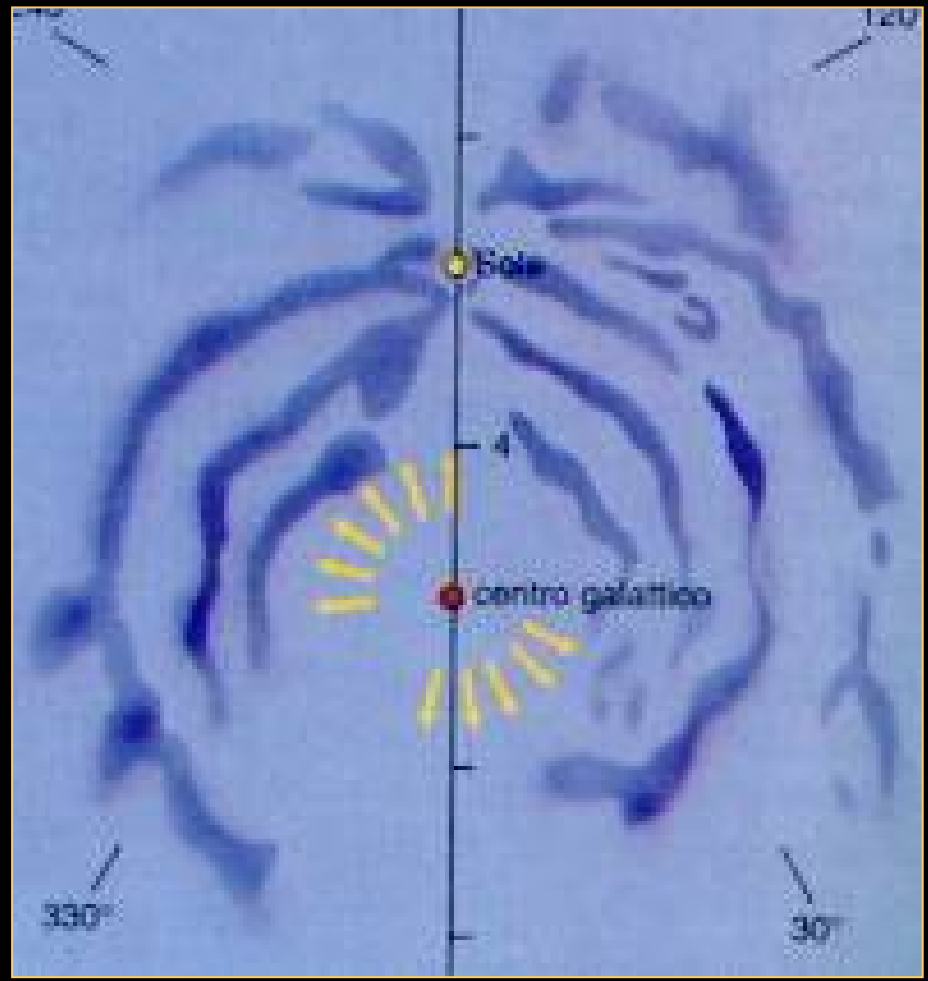
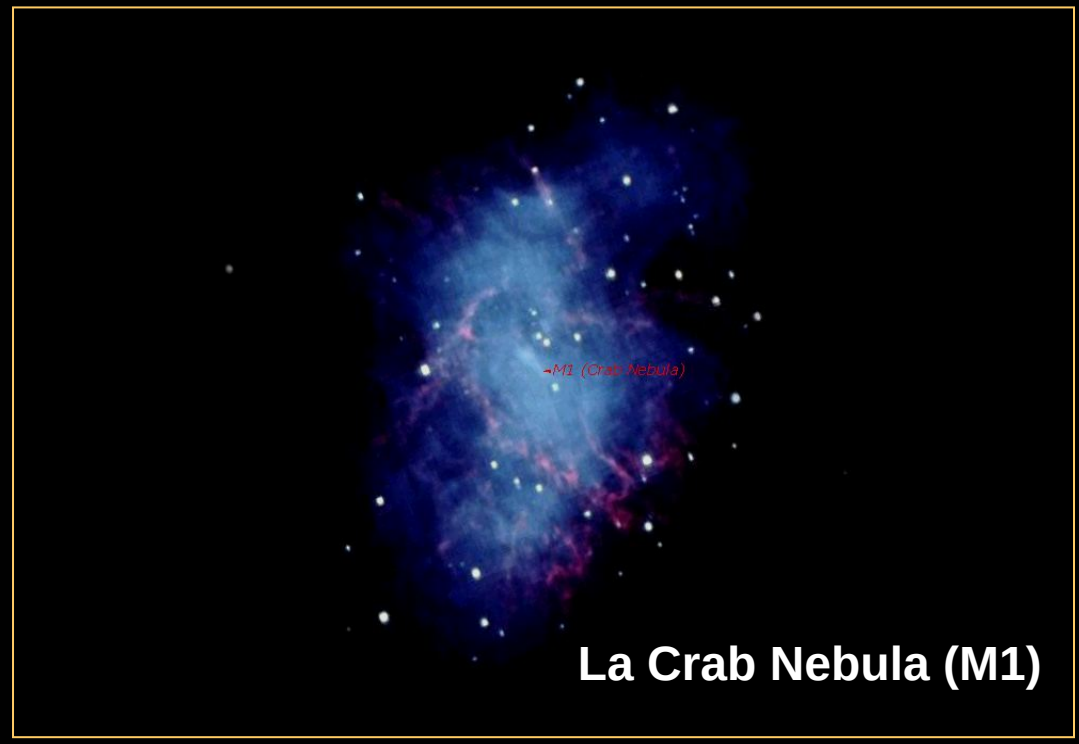


Immagine della distribuzione dell’idrogeno neutro nella Galassia

Le nubi di idrogeno ionizzato, come ad esempio la nebulosa di Orione, che presentano spettro termico prominente alle corte lunghezze d'onda.

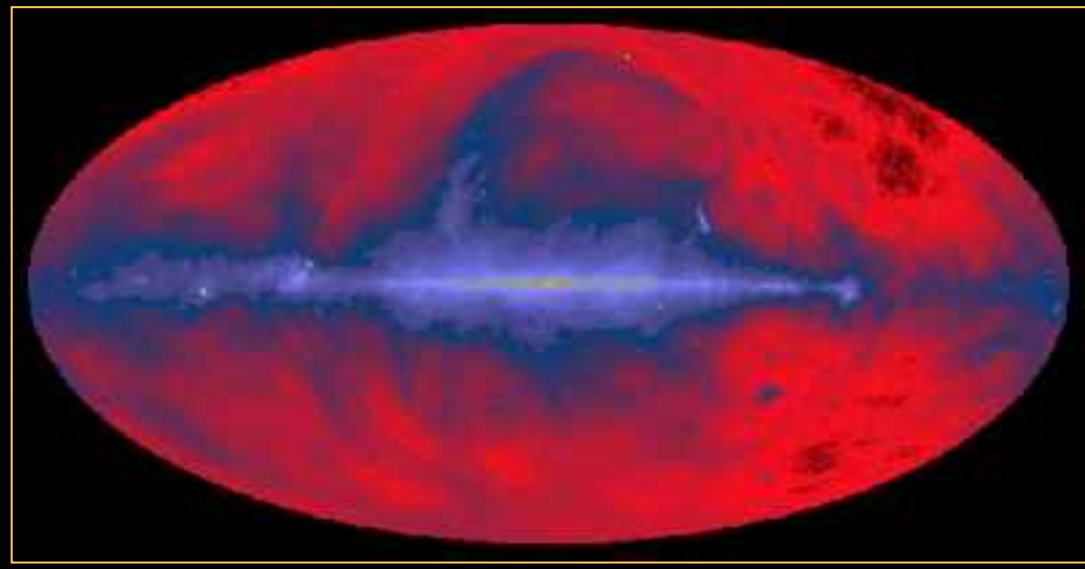
La nebulosa di Orione (M45)

I resti di esplosioni di supernovae, come la nebulosa del Granchio che è stata la prima sorgente radio fuori dal Sistema Solare a essere identificata otticamente. Anche Cassiopea A che ha il più forte flusso radio dopo il Sole è un resto di supernova. Per entrambe il meccanismo di emissione è del tipo radiazione di sincrotrone.



La Crab Nebula (M1)

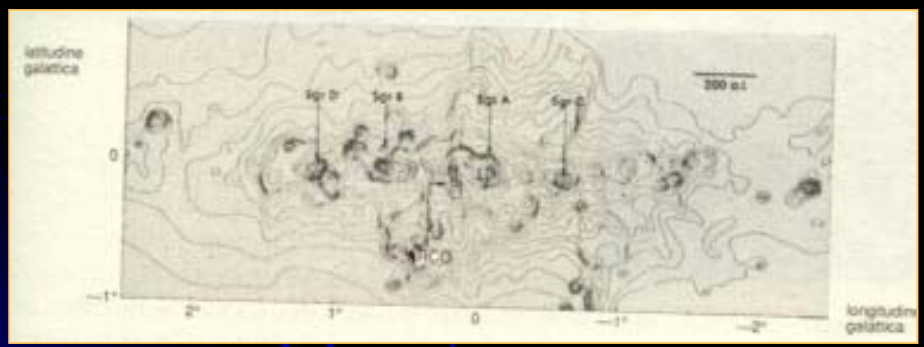
Nella Galassia vi è inoltre una radiazione di fondo originata in prevalenza su tutto il piano galattico ma presente anche nell'alone: tale radiazione è dovuta alla materia interstellare diffusa e a elettroni che si muovono nel campo magnetico della Galassia secondo le leggi della relatività.



Mappa radio del cielo a 408 MHz

Immagine in ottico della Via Lattea

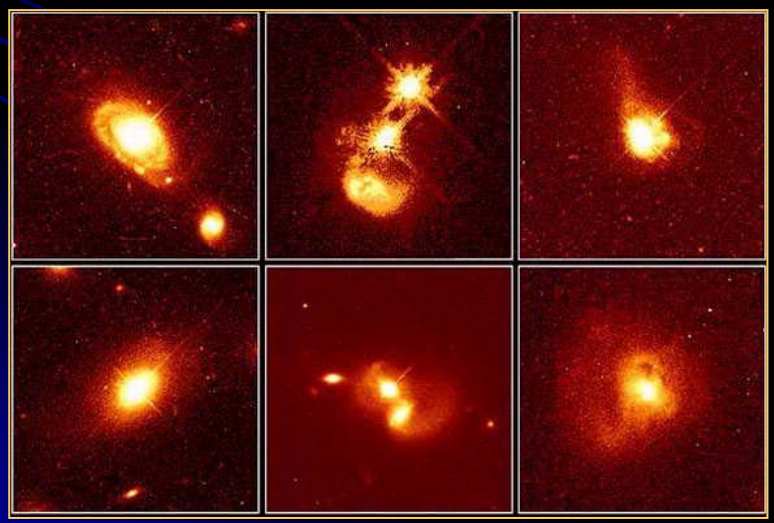
Il centro della nostra Galassia può essere studiato unicamente attraverso l'utilizzo di tecniche radioastronomiche in quanto la polvere interstellare impedisce otticamente di osservare il cuore della Via Lattea

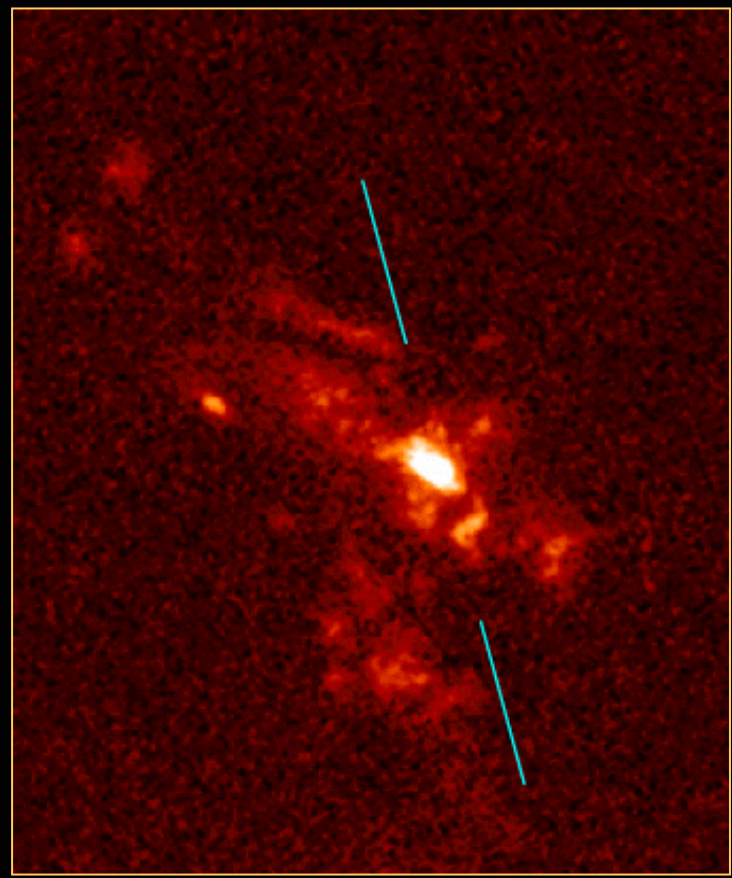


Mappa radio della zona intorno al centro galattico

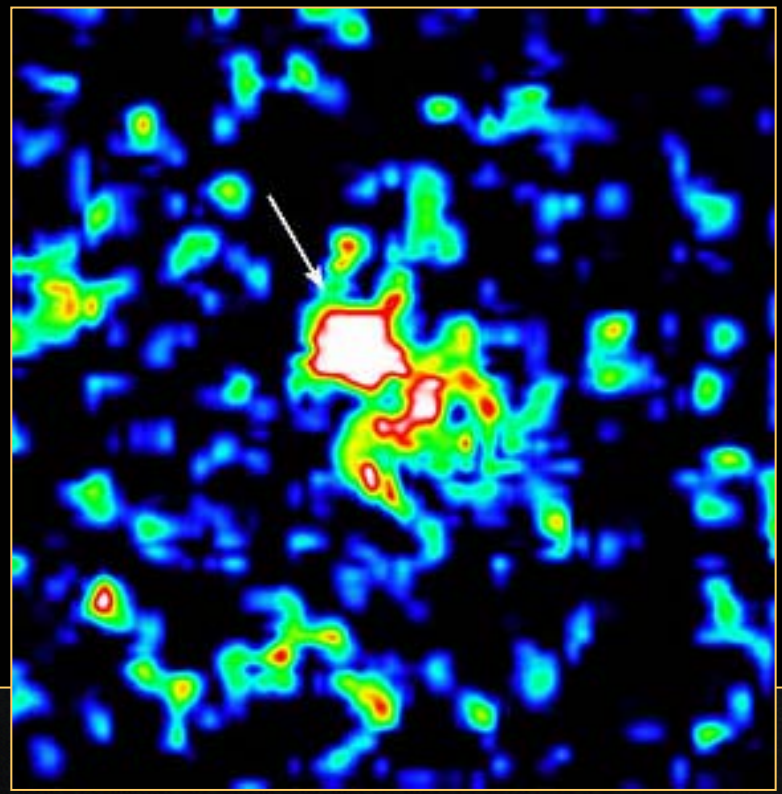
Il centro della Galassia, Sgr A

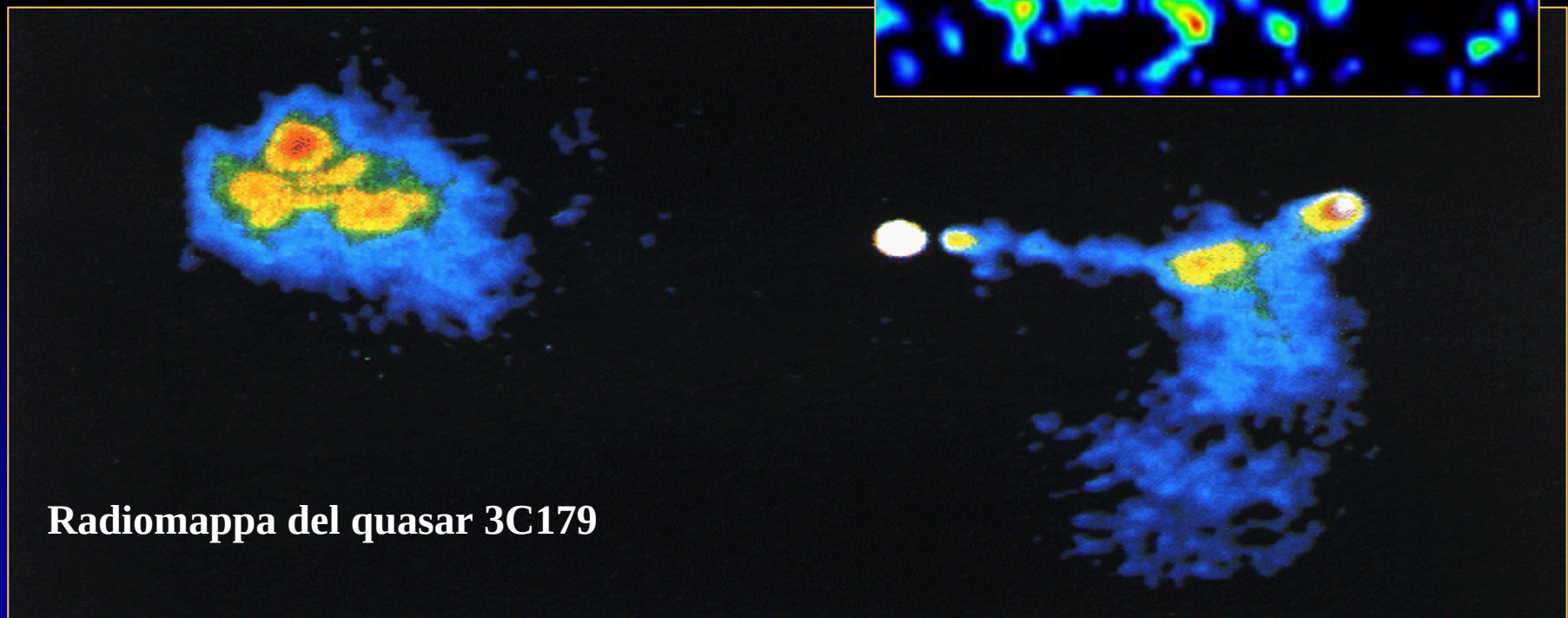
Le galassie normali sono sorgenti deboli; le spirali, come Andromeda, presentano emissione concentrata nel disco e più debole nella zona dell'alone; le irregolari non hanno componenti di alone; le ellittiche sono raramente radiosorgenti.
Le radiogalassie sono molto più potenti: dalle loro distanze si può calcolare che l'emissione è spesso più di un milione di volte maggiore di quella di Andromeda. Sono prevalentemente a struttura doppia o multipla con radioemissione da due o più componenti separate e non coincidenti con l'oggetto ottico.



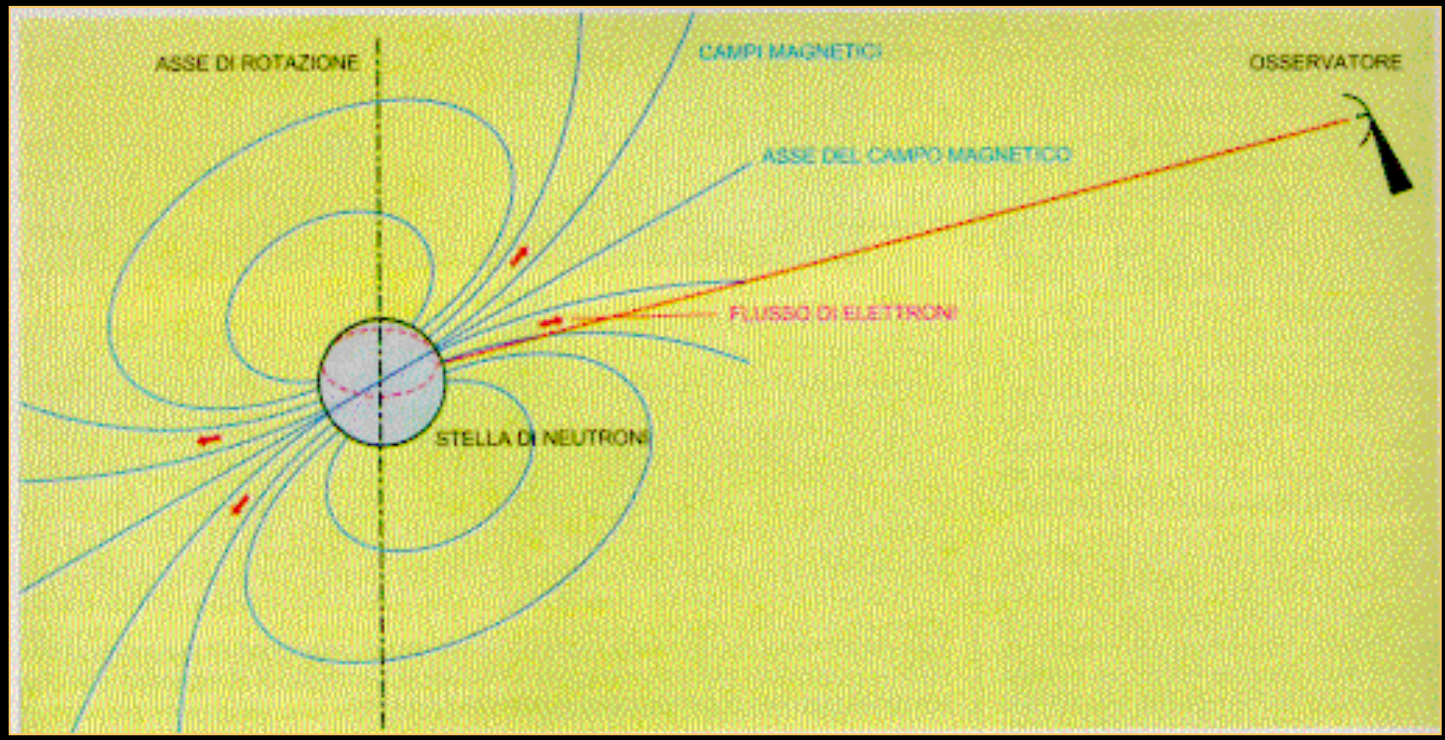


I quasar, che otticamente sono oggetti di apparenza stellare, sono radiosorgenti molto compatte e potenti.





Radiomappa del quasar 3C179



Le pulsar o stelle di neutroni sono stati tra i primi oggetti ad essere scoperti attraverso tecniche radioastronomiche.

Importante è anche il contributo dato alla cosmologia: lo studio della radiazione fossile a 3 K ha rafforzato notevolmente il modello dell'universo in espansione nei confronti di quello stazionario. Tale radiazione infatti, caratteristica per l'isotropia e la temperatura, può aver avuto origine soltanto con una esplosione iniziale dell'universo.

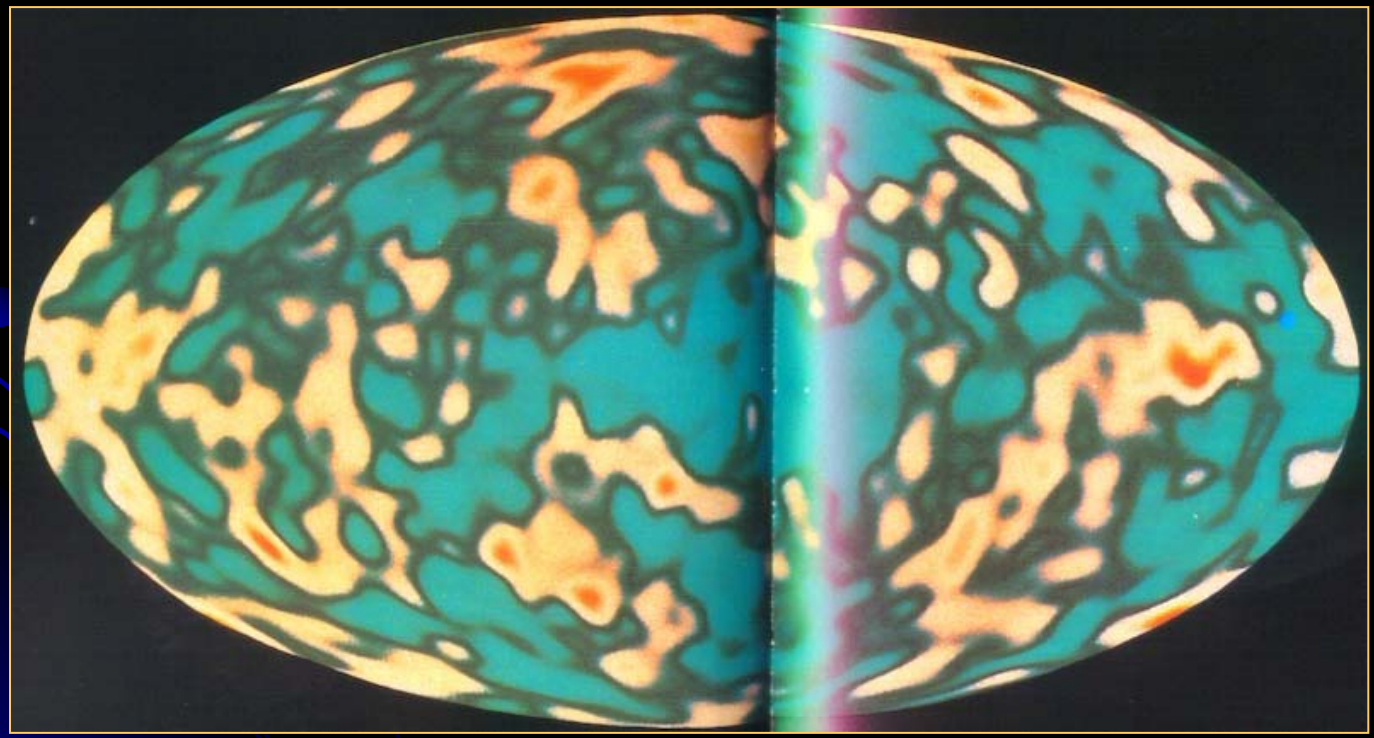
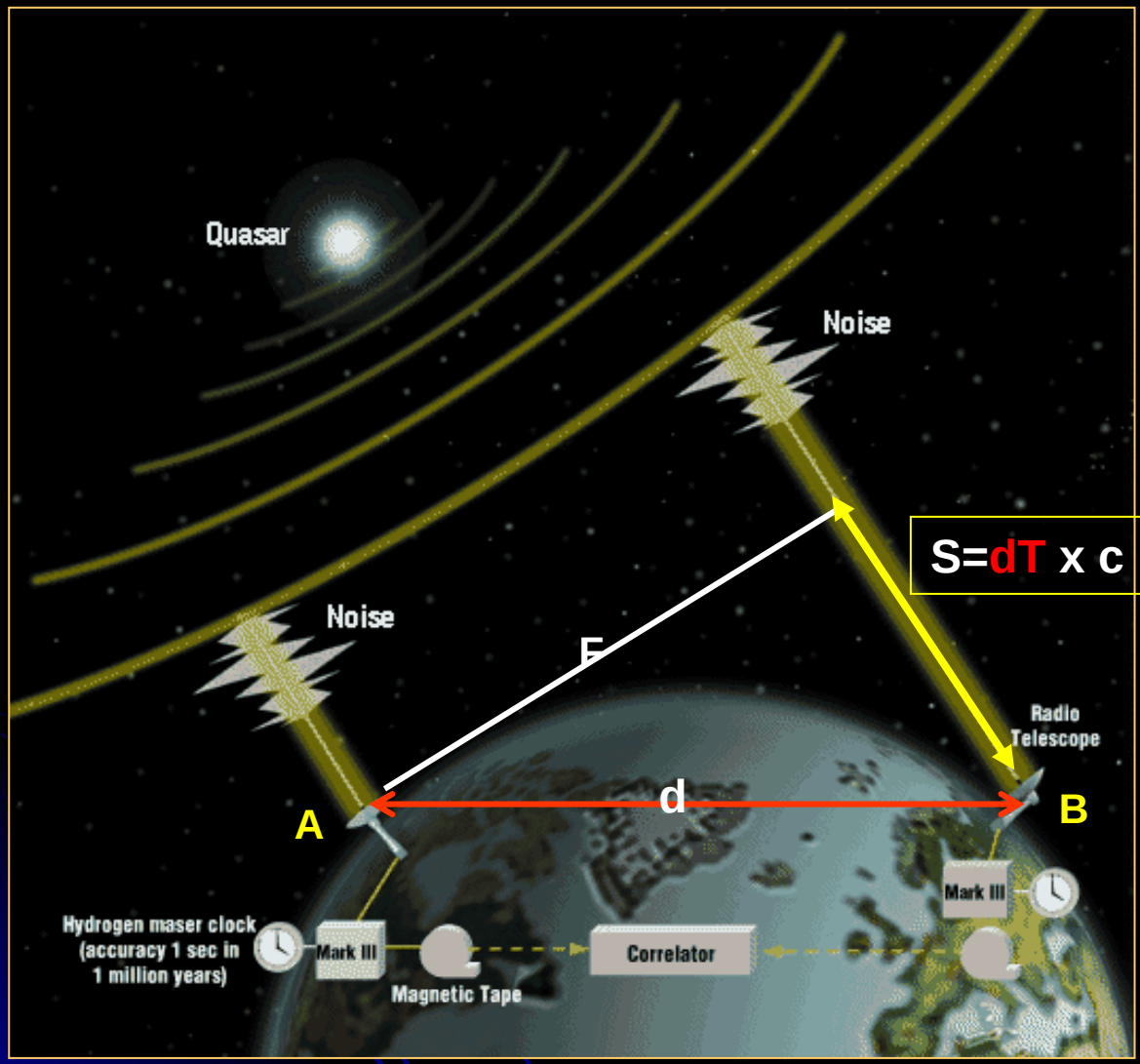


Immagine del cielo ottenuta col satellite COBE



Misurando il ritardo di segnale tra due antenne è possibile misurare la distanza tra le due con elevatissima precisione. Questo consente di affrontare studi sulla geodinamica, cioè la dinamica delle placche tettoniche

Baseline rate Matera-Wettzell (mm/yr)

VLBI/CGS93	SLR/CGS93
-5.9±1.1	-5±2

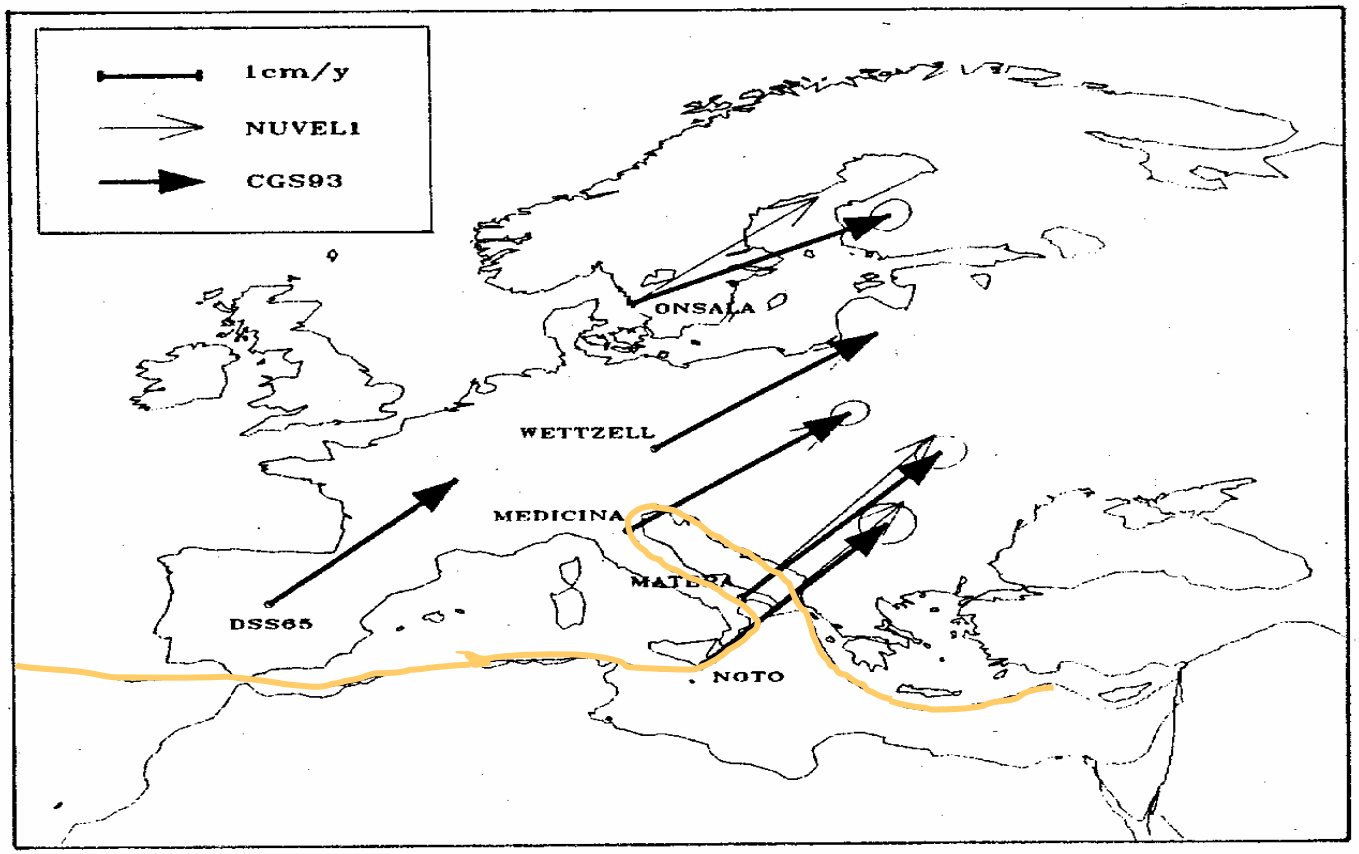
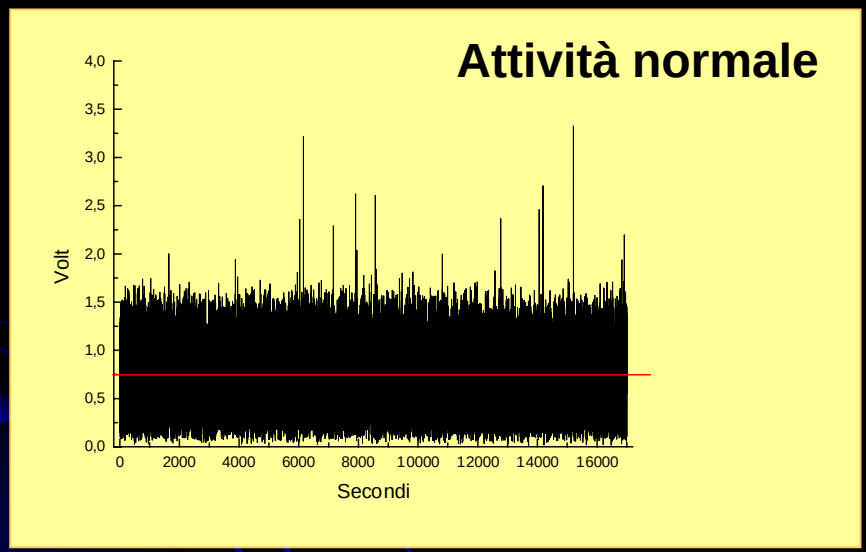
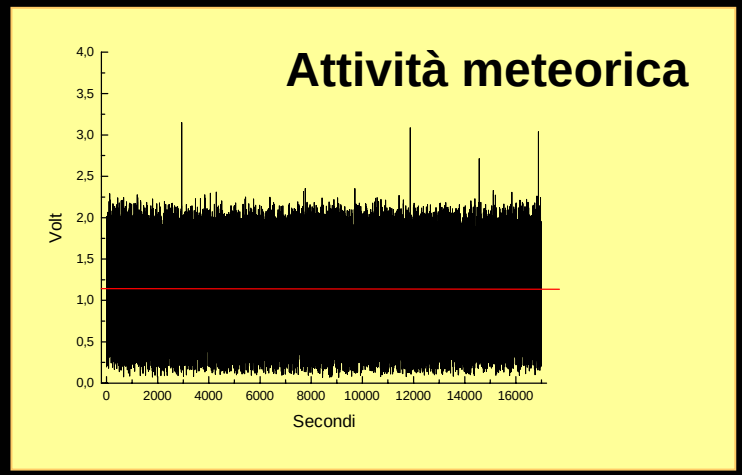
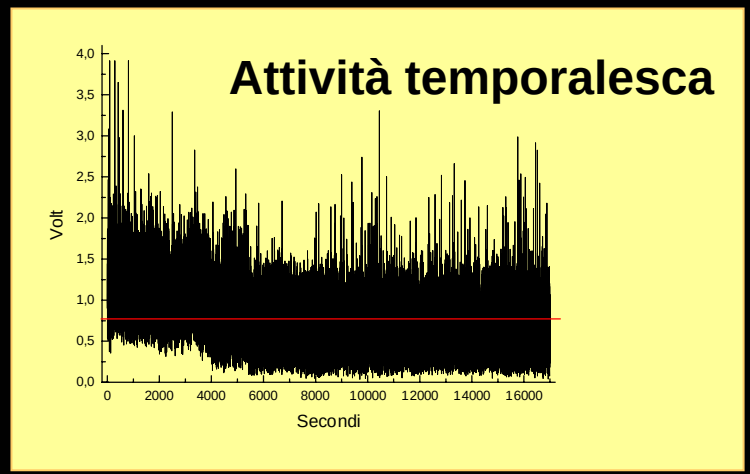


Fig. 1

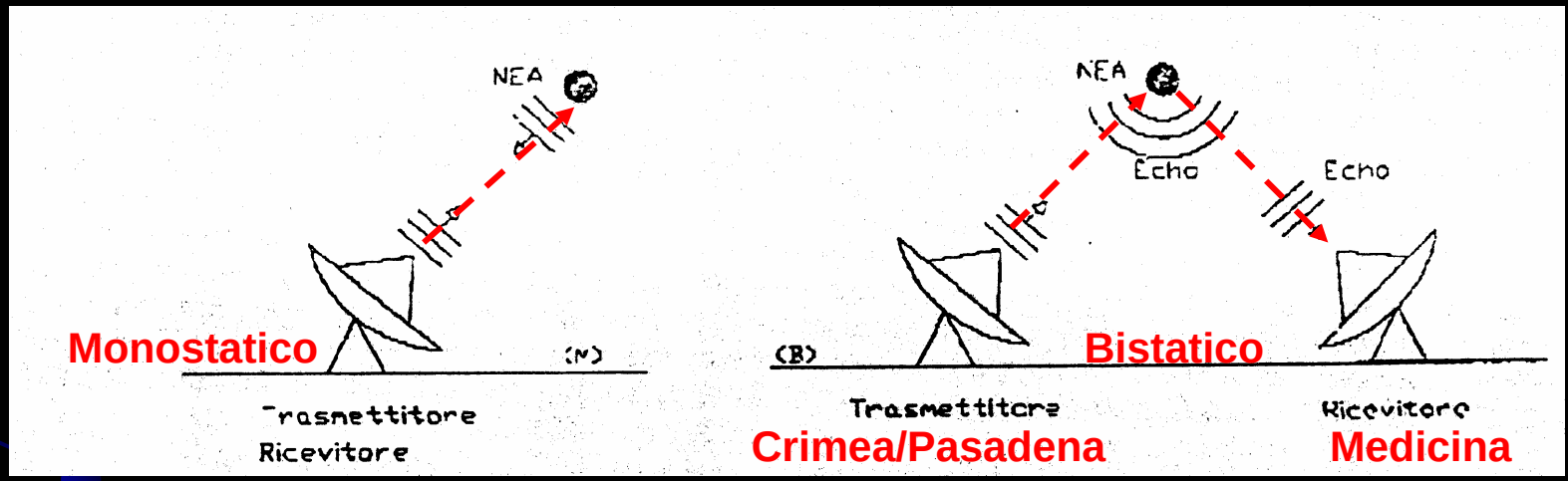
Fulmini o meteore?







Il radar



La tecnica si basa anch’essa sulle radioonde ed è utilizzata per osservare i corpi minori del Sistema Solare e i detriti spaziali, anche se trova un parziale uso nel campo dello studio dei pianeti.

Sono tutti gli oggetti derivati da esplosioni (per varie cause) di satelliti, collisioni varie, ultimi stadi di razzi vettori, frammenti di bulloni esplosivi, pezzi di vario genere ecc.

- **≈ 8500 pezzi > 10 cm**
- **≈ 100.000 pezzi > 1 cm**

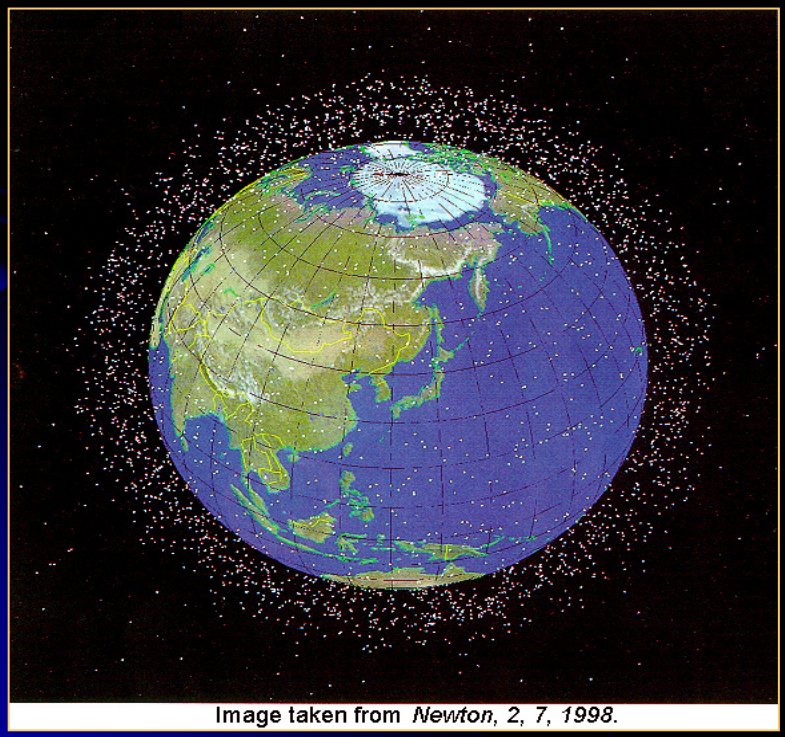
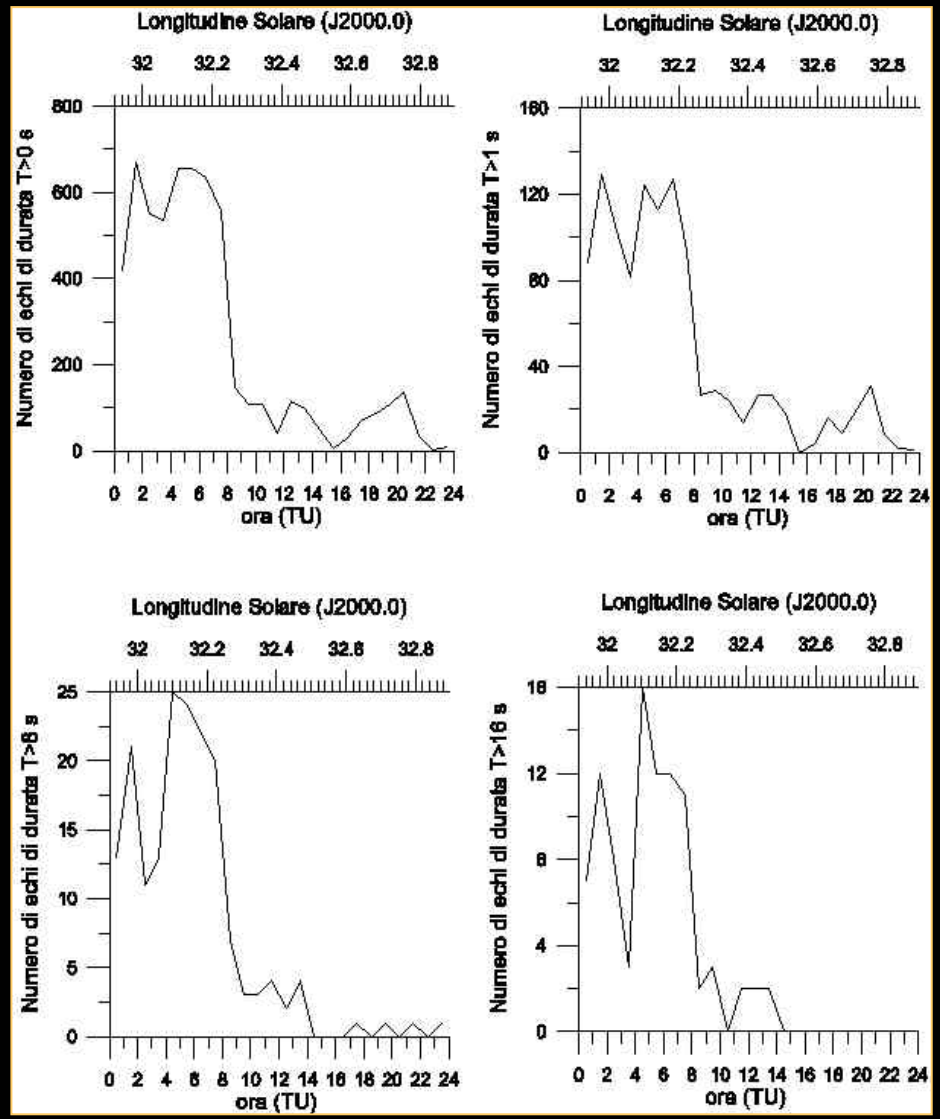


Image taken from *Newton, 2, 7, 1998.*



Attività meteorica dello sciame delle Lyridi il 22 aprile 2001

Lo spettacolo dell'universo
si trasfigura davanti alla nostra mente
colma di stupore.
Non sono più blocchi di materia,
inerti ed errabondi
nell'eterna notte silente,
che Urania ci addita nel fondo dei cieli:
è la vita, la vita immensa,
universale, eterna,
che si dispiega in flussi armoniosi
fino agli orizzonti inaccessibili
dell'infinito in perpetua fuga!
Quale meravigliosa fuga!
Quale meravigliosa impresa!
Quali splendori da contemplare!
Quali vastità da percorrere!
È una sterminata galleria di immagini,
frutto delle nobili e pacifiche conquiste
dell'ingegno umano; conquiste sublimi,
che non sono costate né sangue né lacrime,
che ci fanno vivere
nella conoscenza del Vero
e nella contemplazione del Bello!

Camille Flammarion, Astronomia popolare, 1925