

Introduzione alla Cosmologia

Fisica

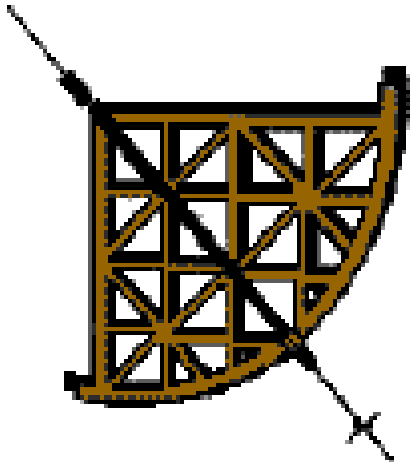
Lezione 11

La radioastronomia

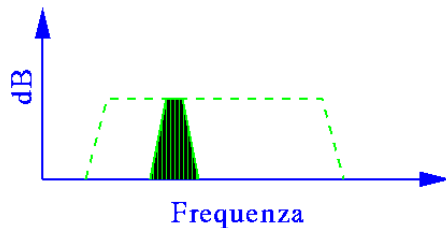
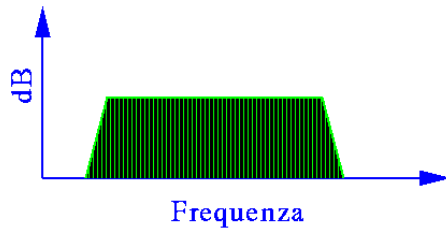
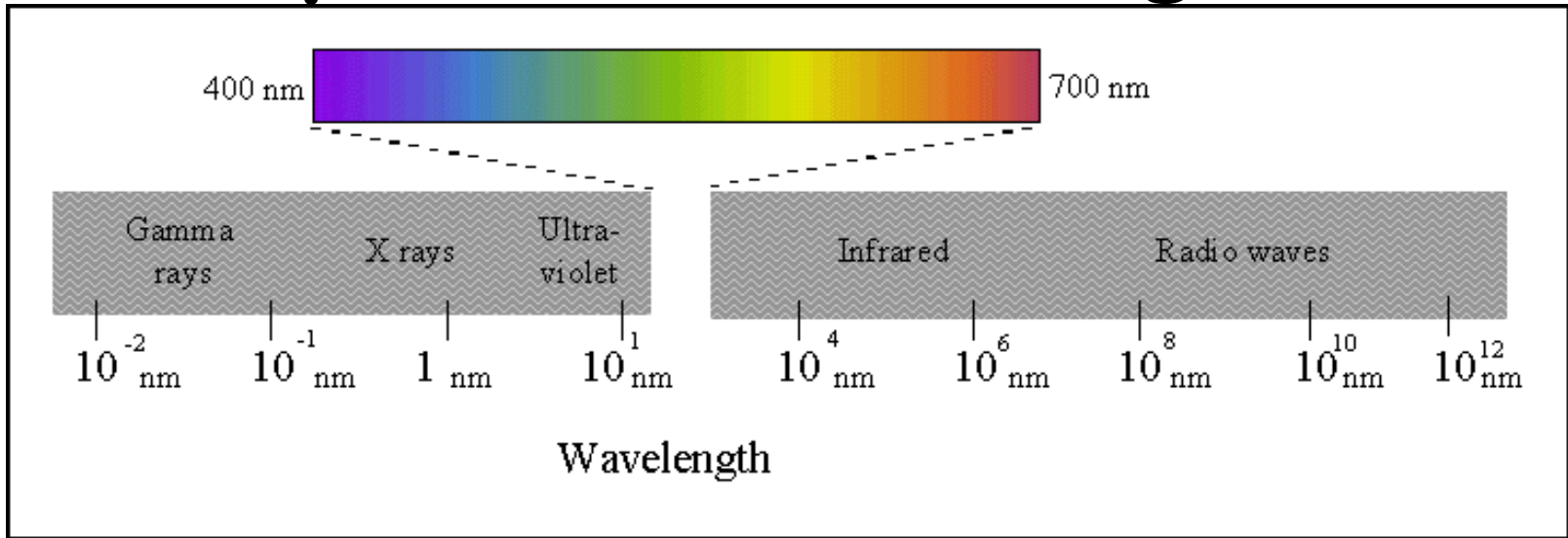
Giorgio G.C. Palumbo

Università degli Studi di Bologna

Dipartimento di Astronomia



Lo spettro elettromagnetico



Osservare il cielo solo nella banda ottica, e' come ascoltare un brano musicale filtrato

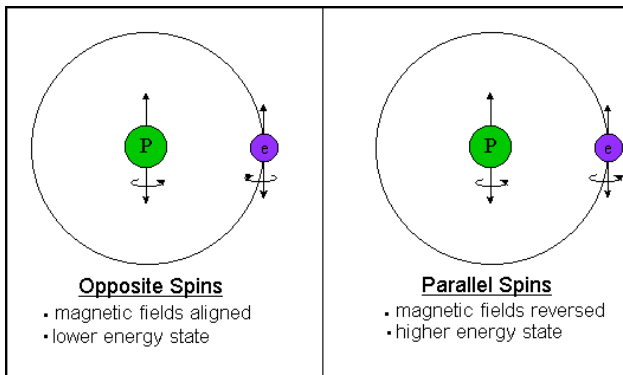
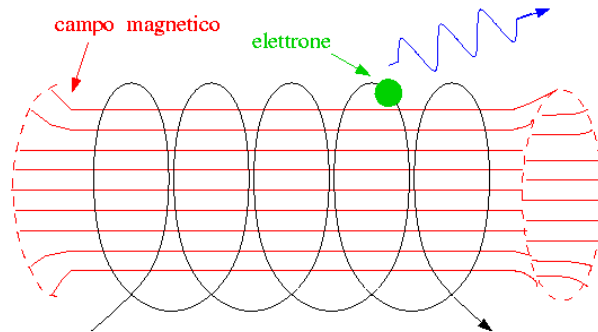
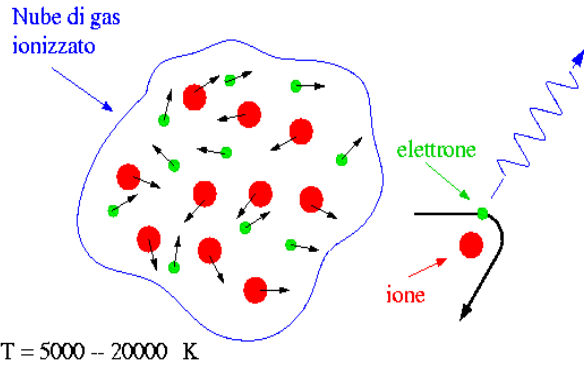
Ma chi o che cosa produce onde Radio nel cosmo?



Stazioni radio extra-terrestri ? **No**

Processi fisici nella materia ? **Sì**

Processi di emissione di onde radio



Processi termici

Particelle cariche

Processi non termici

Particelle cariche + campi magnetici

Righe di emissione

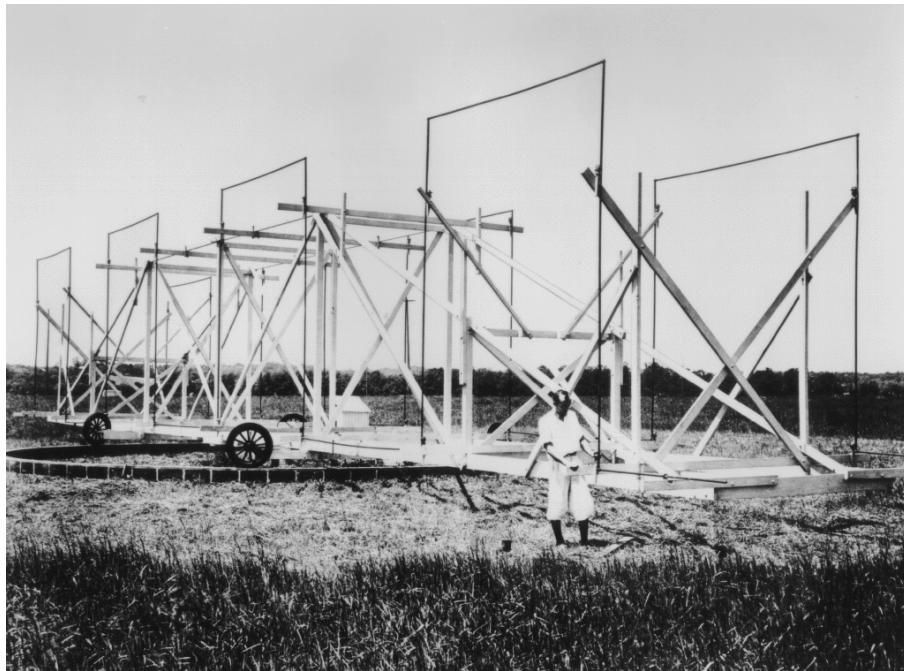
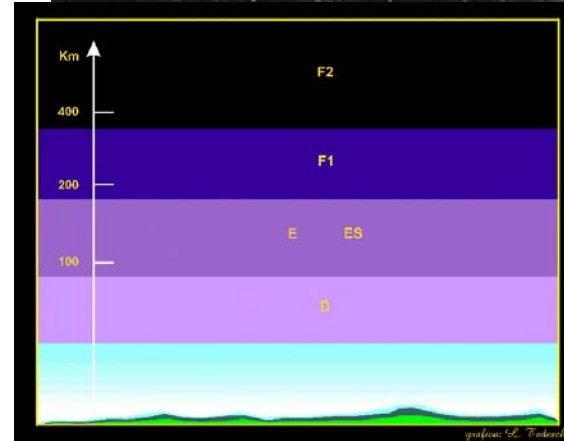
Idrogeno [21 cm , 1400 MHz]

La nascita della radioastronomia

Fine '800: prime trasmissioni radio(G.Marconi)
Trasmissioni radio a media distanza con onde lunghe. Uso delle onde corte (Marconi, radioamatori)



Riflessione negli strati alti della ionosfera



L'interesse della AT&T Bell.

Misure di rumore a onde corte.

1932: Karl Jansky:

Segnali di origine cosmica !

La scoperta pubblicata sul N.Y. Times il 5 maggio 1933

Poco interesse da parte degli astronomi professionisti:

come mai ?

Molto interesse da parte dei radioamatori:

come mai ?

Grote Reber... ..nel suo giardino... ..la prima radio survey...

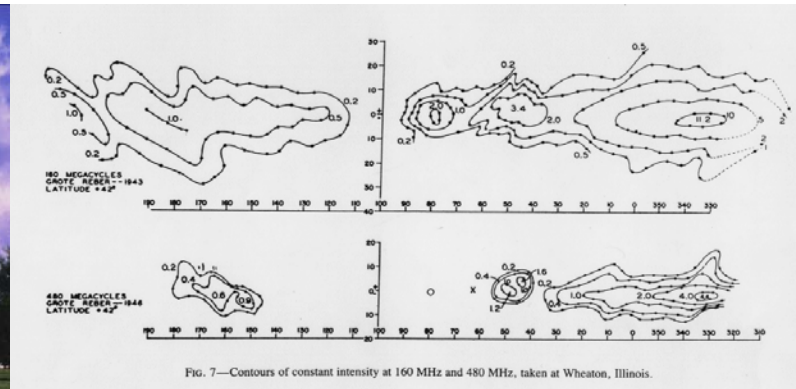


FIG. 7.—Contours of constant intensity at 160 MHz and 480 MHz, taken at Wheaton, Illinois.

Alcuni numeri

frequenza (MHz)	lunghezza d'onda (cm)
400	70
1400	21
5000	6
6600	4.5
12000	2.5

Le sorgenti cosmiche sono debolissime:

Alcune bande

radioastronomia

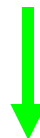
$$1 \text{ Jansky} = 10^{-26} \text{ W/m}^2/\text{Hz}$$

Esempio: $\Delta f = 10 \text{ MHz}$

$$A = 10000 \text{ m}^2$$

$$\longrightarrow 1 \text{ Jansky} = 10^{-15} \text{ W}$$

Sorgente da **1 Jansky** + Ricevitore con **100 MHz** di banda



1 Watt su un area grande come l'orbita della Luna

Le sorgenti cosmiche sono debolissime



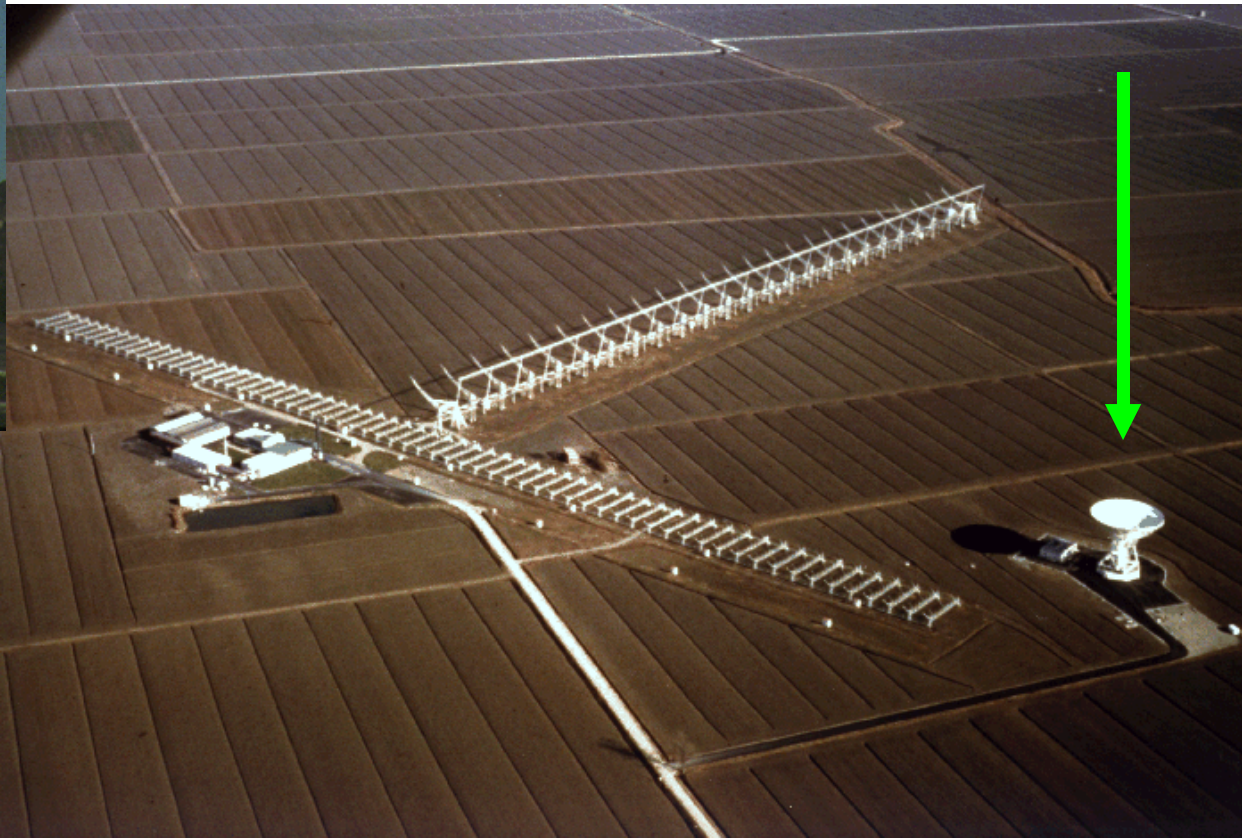
Servono quindi grandi aree di
raccolta dei segnali !



Grandi DISCHI !

I radiotelescopi italiani

Medicina (Bologna) 32 metri

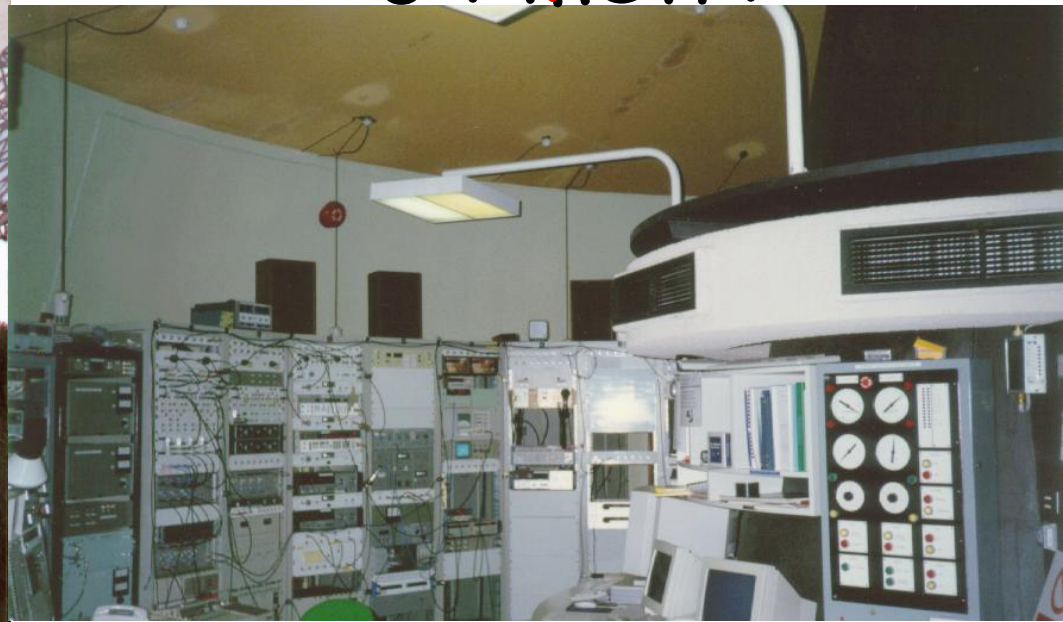


Noto (Siracusa)
32 metri

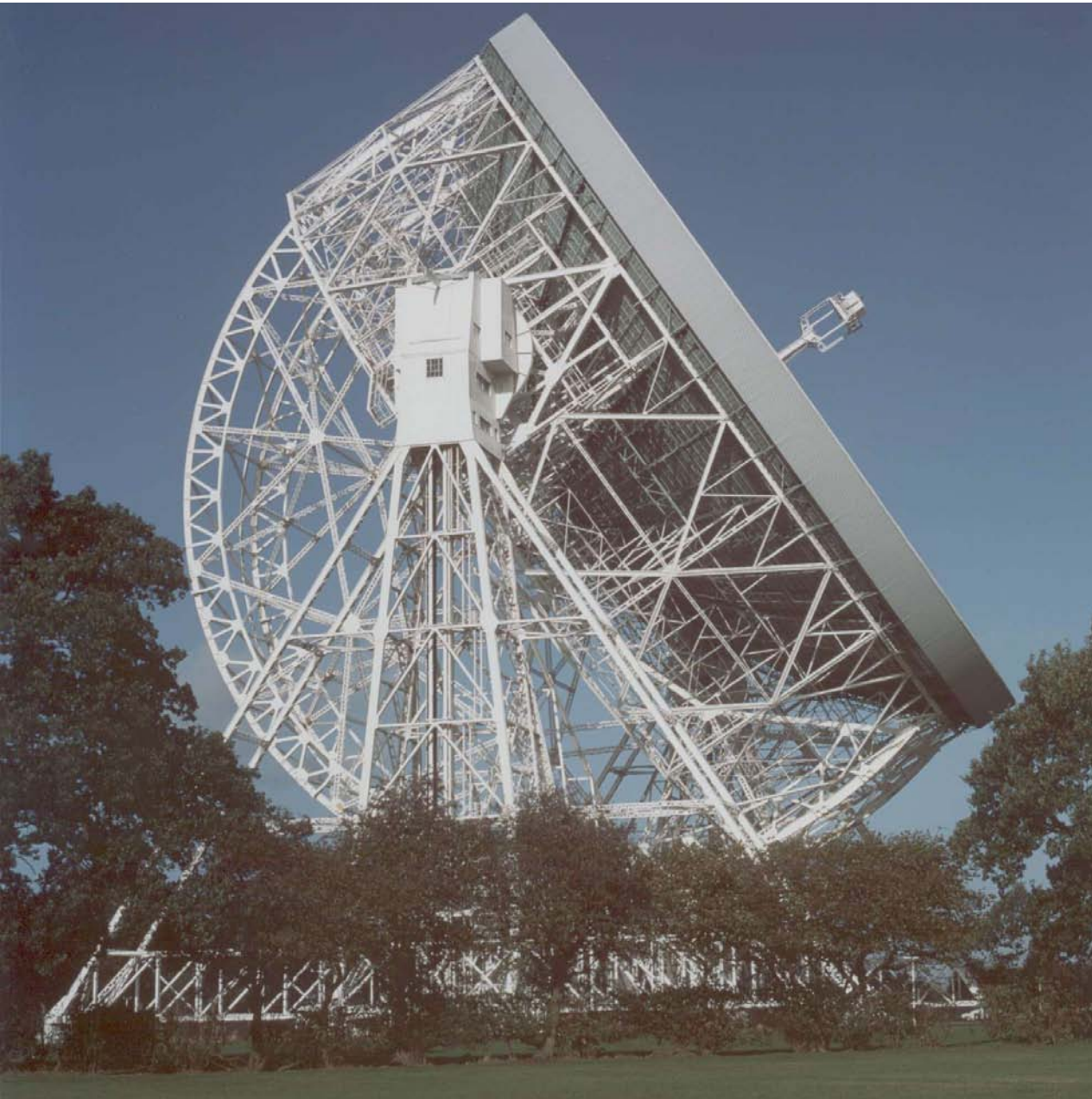
Parques, NSW (Australia)



64 metri



Jodrell Bank, Manchester (UK)



72 metri

Effelsberg, Bonn (Germania)



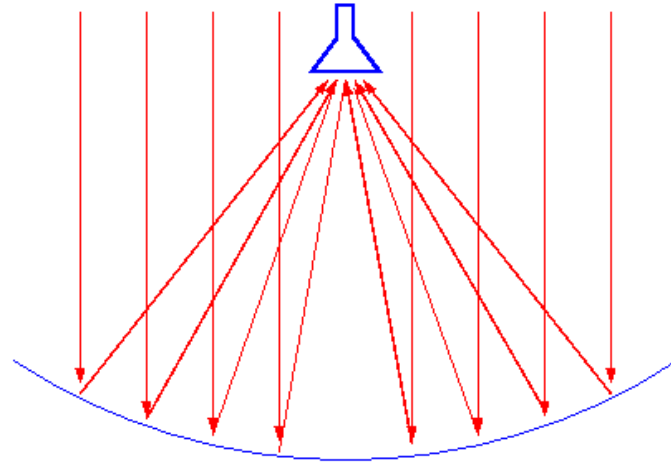
100 metri

Arecibo, Porto Rico (USA)



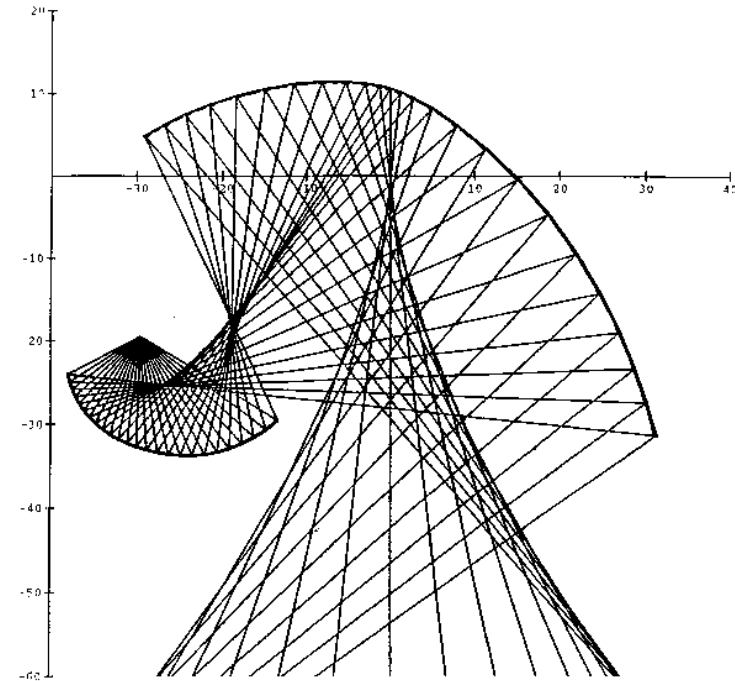
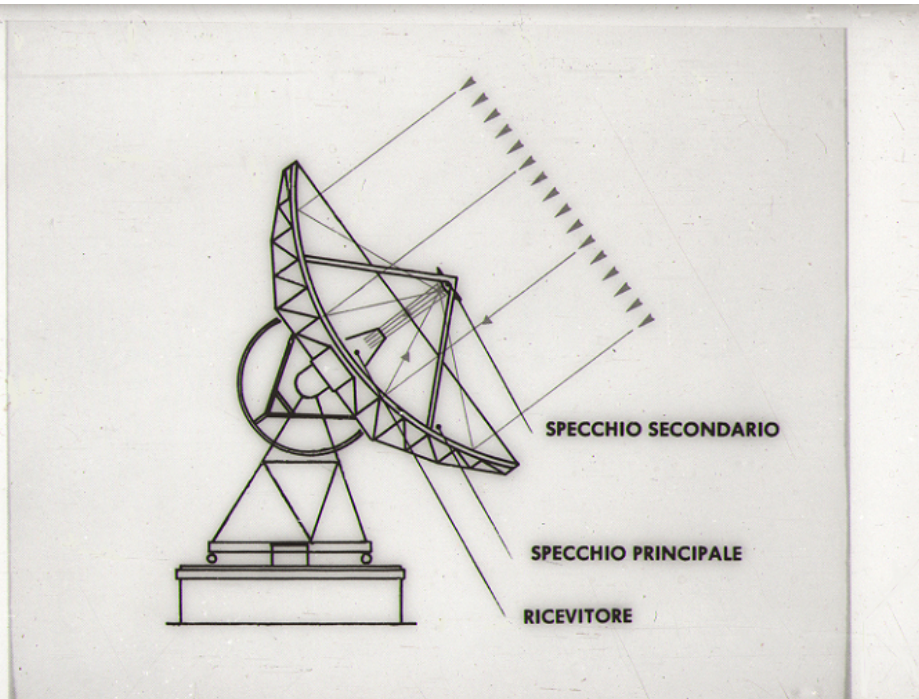
300
metri

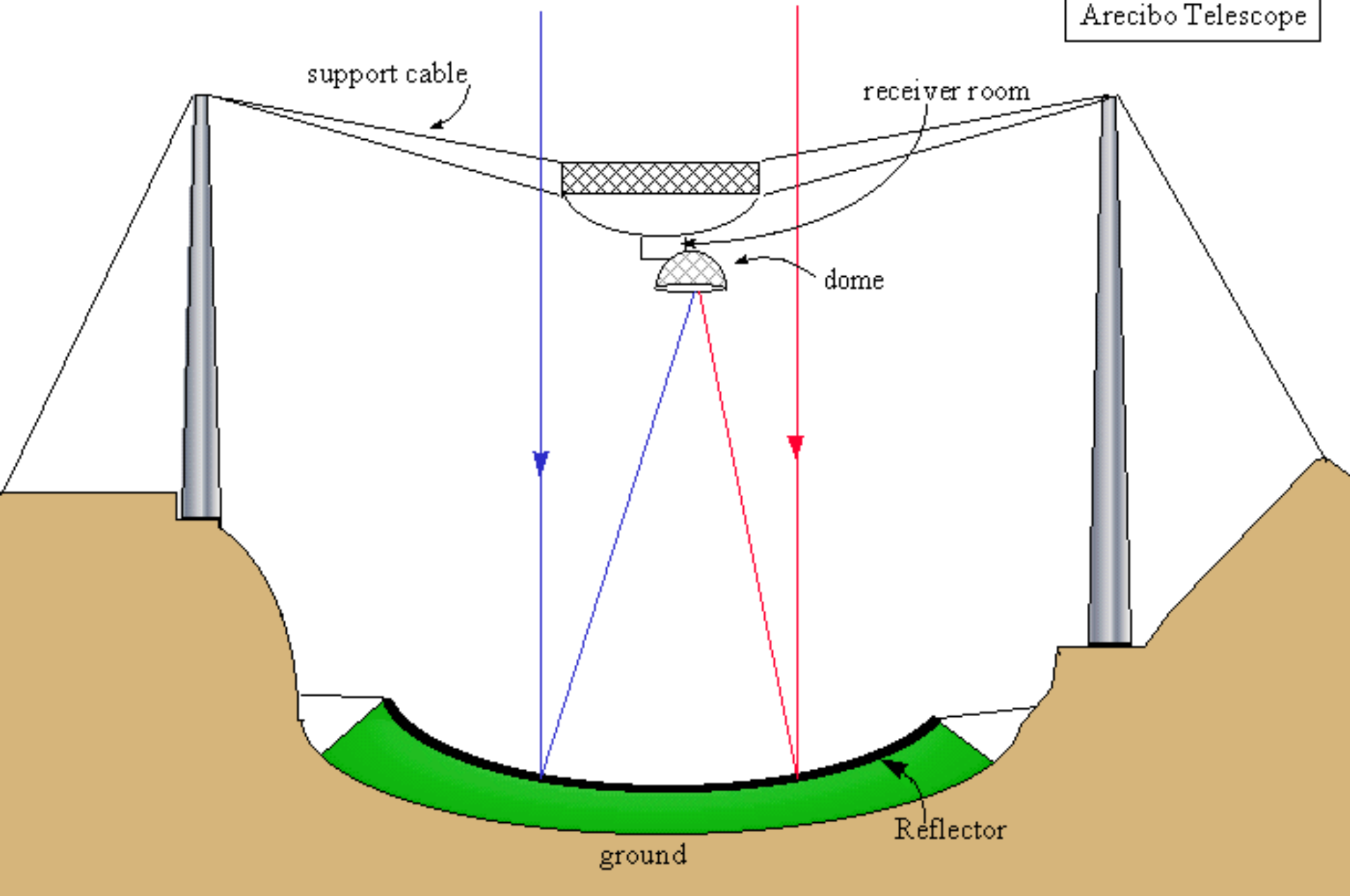
Feed in fuoco primario



... in fuoco secondario

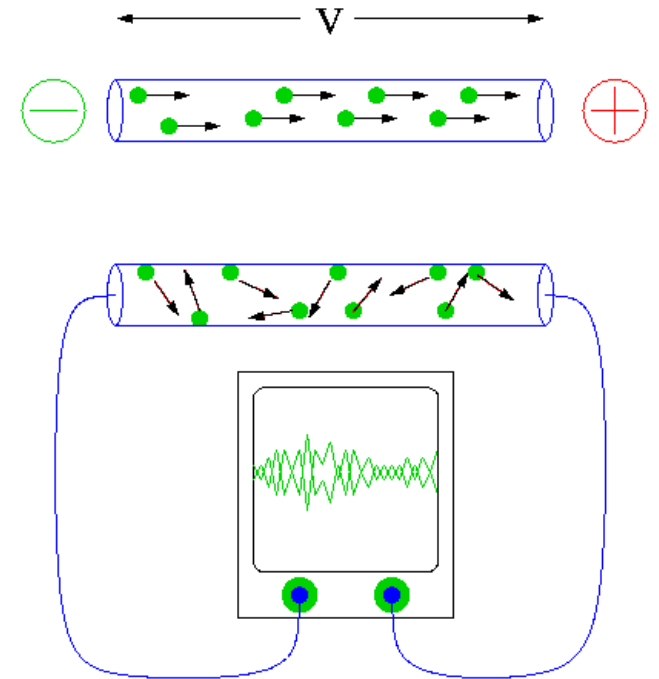
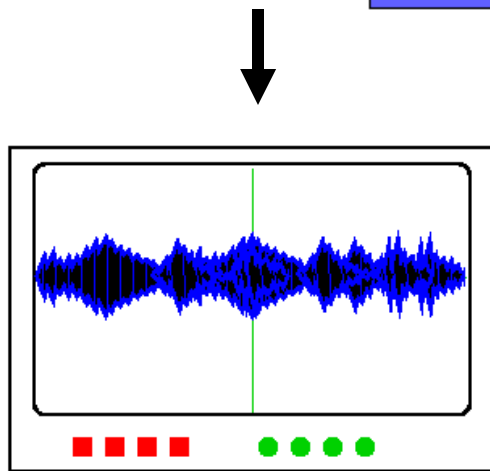
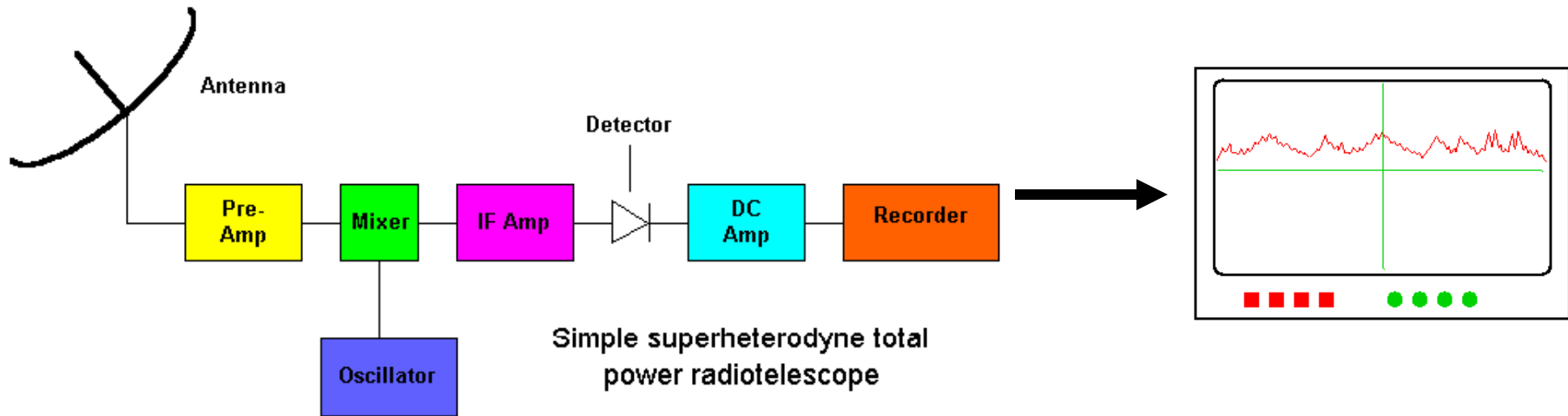
Schema Gregoriano





Come funzionano i dischi ...

Il Ricevitore



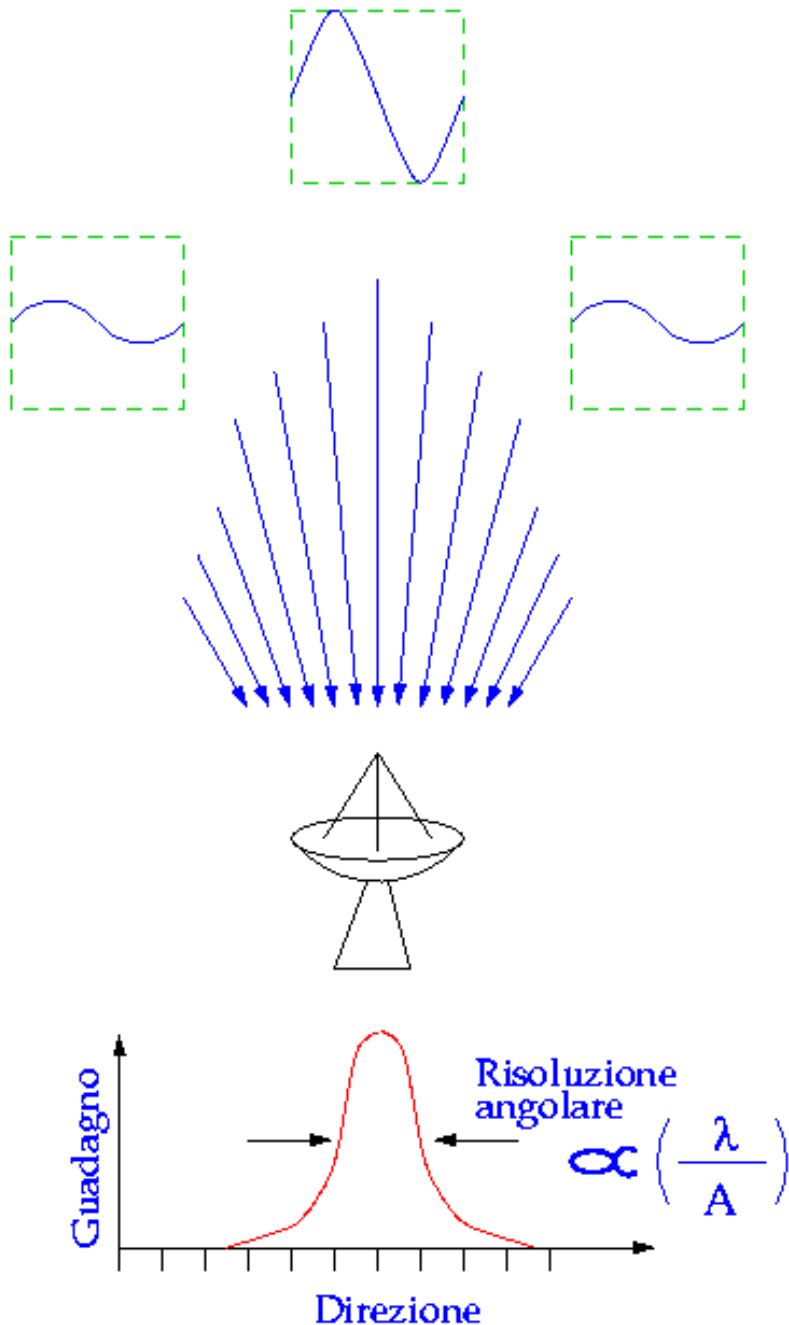
Sensibilità del ricevitore:
rumore "termico" del ricevitore
(ricevitori raffreddati)

Potenza di rumore = kT

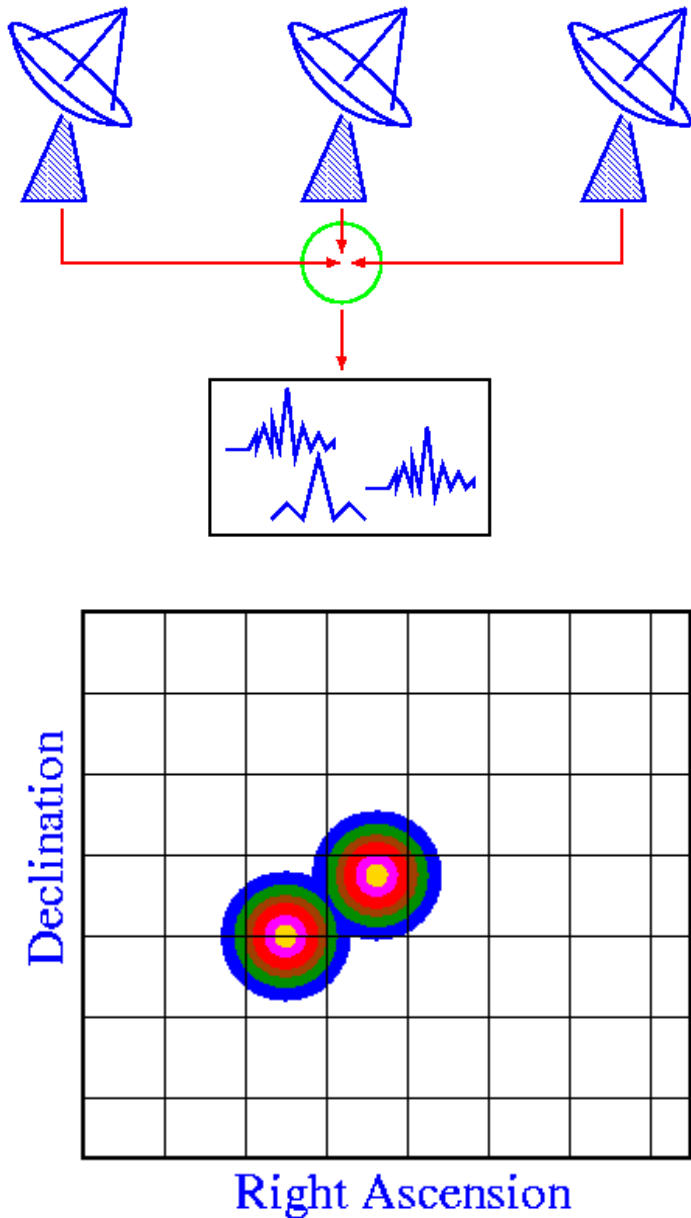
I radiotelescopi singoli possono fare **mappe** del cielo **solo a bassa risoluzione**



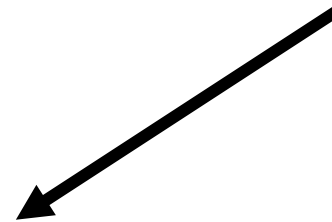
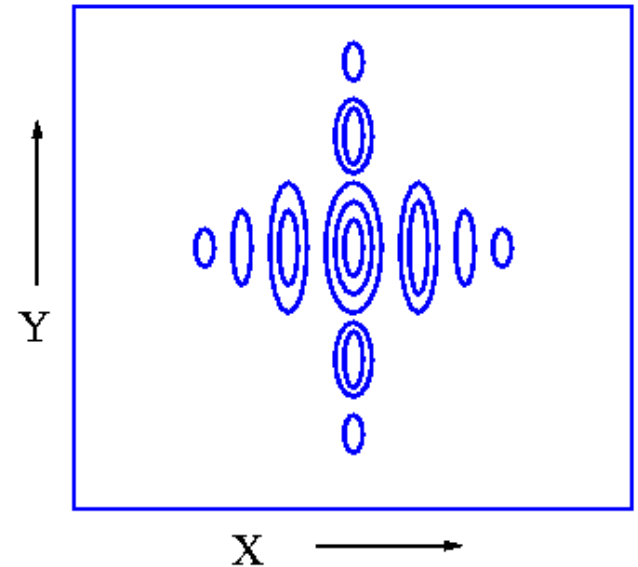
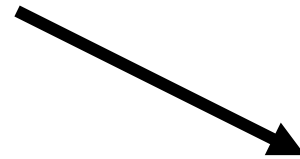
Arecibo a 400 MHz non distingue aree celesti più piccole di circa 1/3 della Luna



... ed allora per fare mappe dettagliate si usano ...

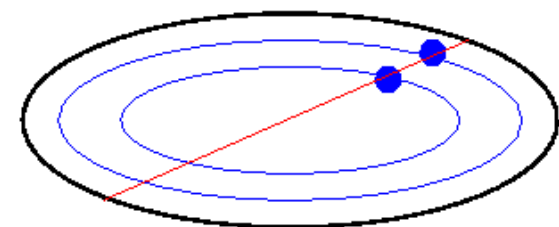
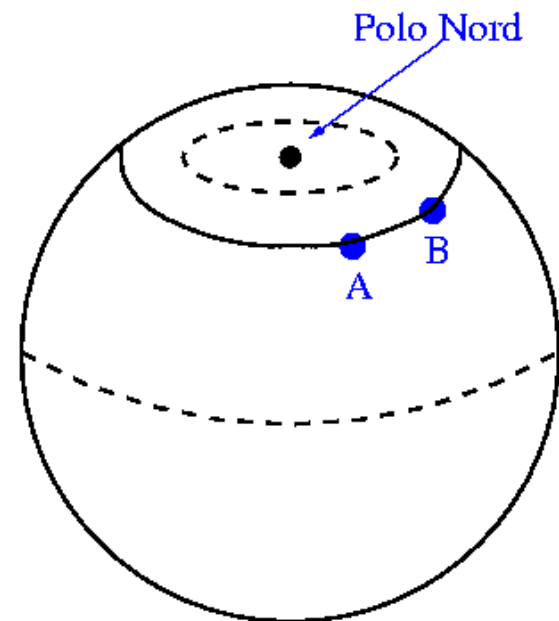
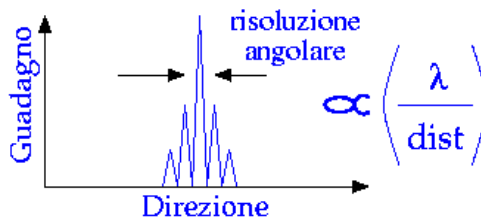
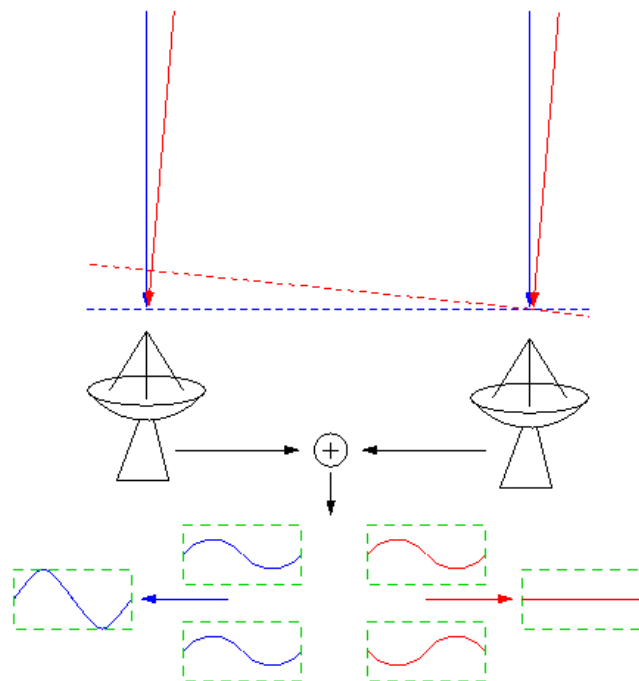
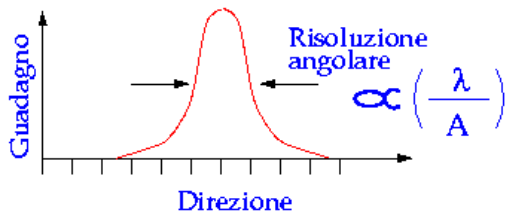
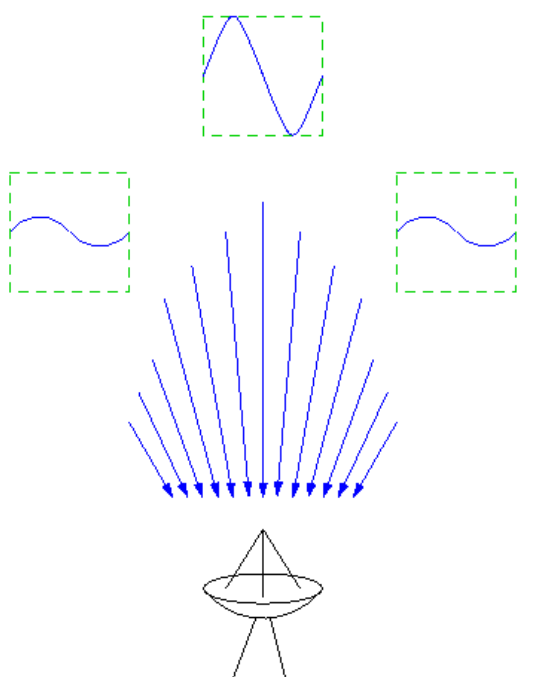


Schiere di dischi ed elaborazione elettronica dei segnali sommati

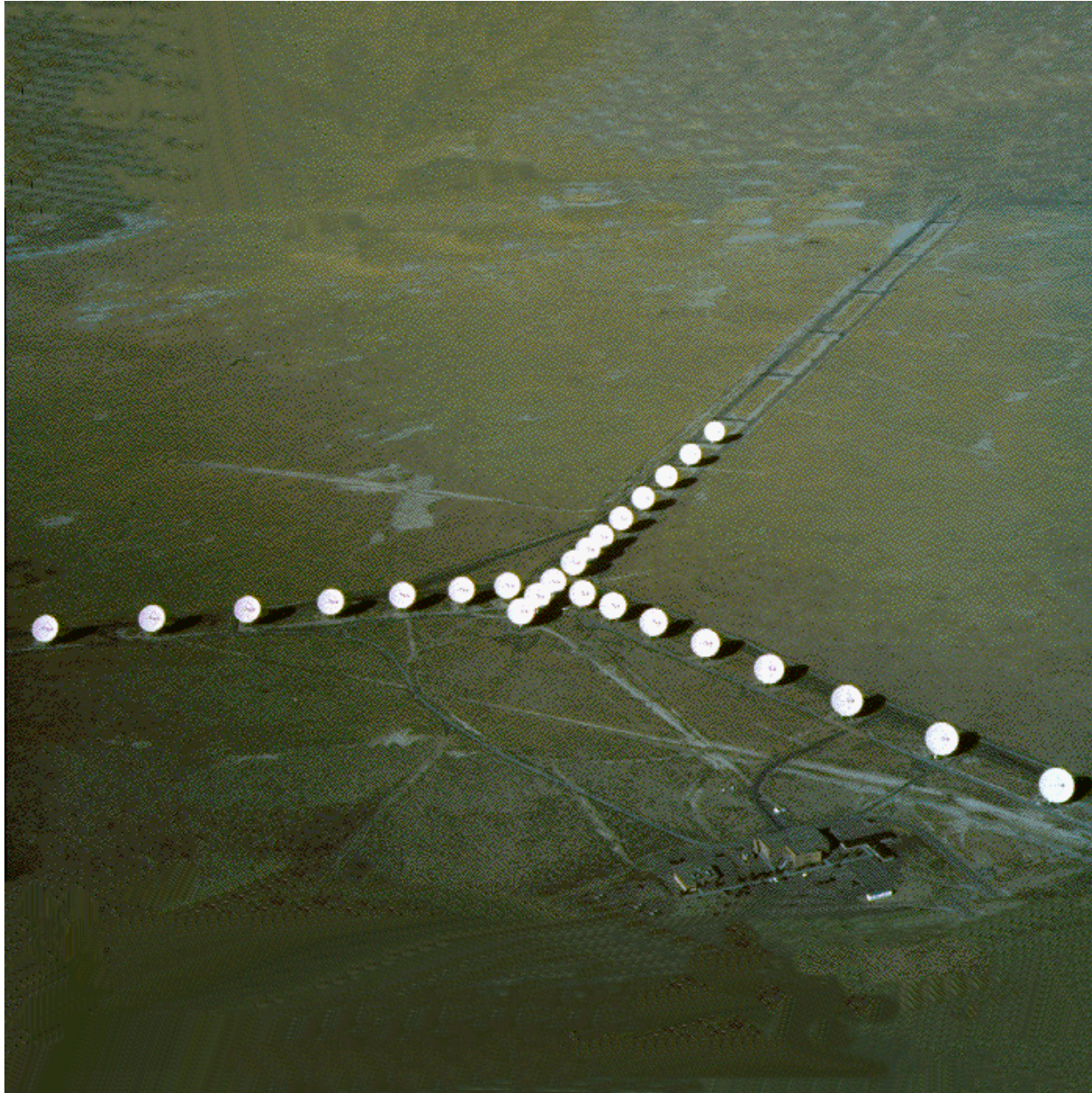


E' la
RADIO-INTERFEROMETRIA

Dal radiotelescopio singolo alle reti di radiotelescopi



VLA (Very Large Array) (New Mexico, USA)

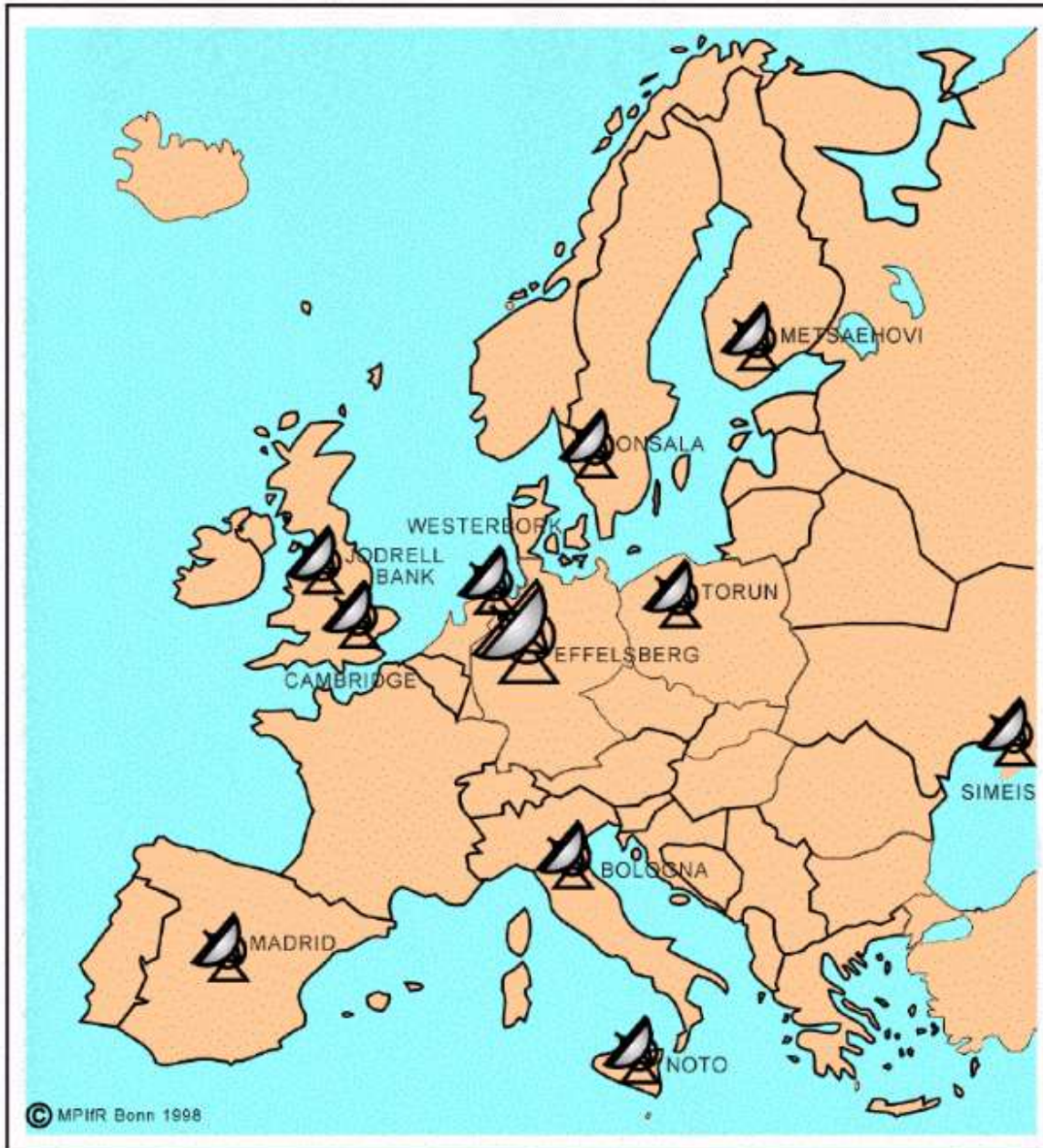




Radiotélescope Very Large Array

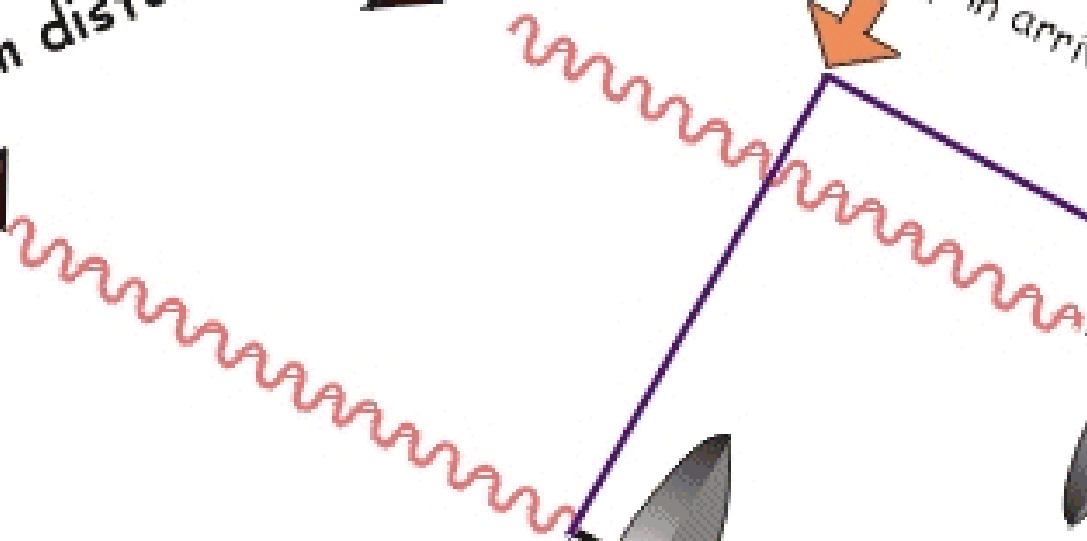
Une difficulté supplémentaire apparaît lors de la construction de radiotélescopes. Les longueurs d'onde radioélectriques étant plus élevées que celle du domaine visible, il est plus difficile d'obtenir la direction de l'objet avec une grande précision. La solution adoptée par le radiotélescope Very Large Array utilise le principe de l'interférométrie grâce à plusieurs antennes espacées pointant dans la même direction.

VLBI Europeo



Very Long Baseline Interferometry

from distant quasar



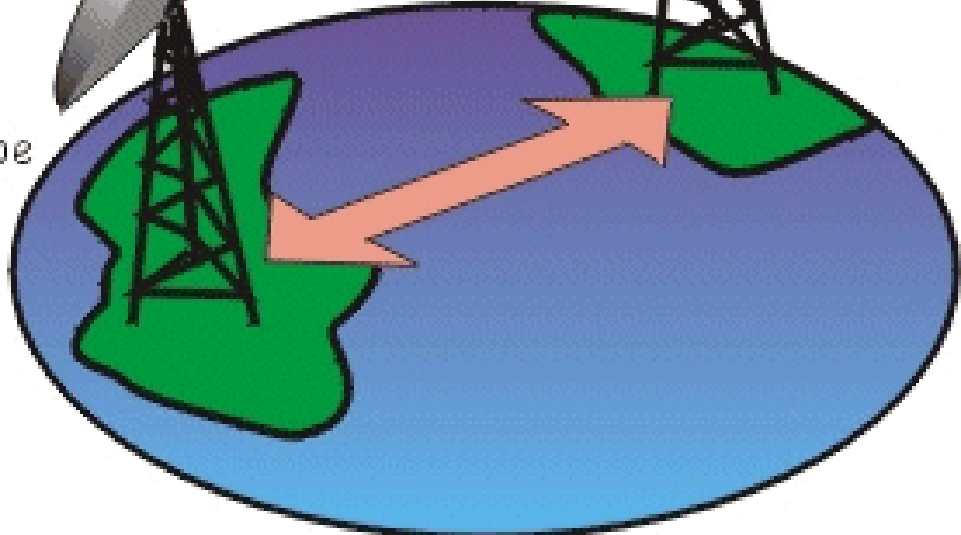
delay in arrival of signal



radio-telescope 1

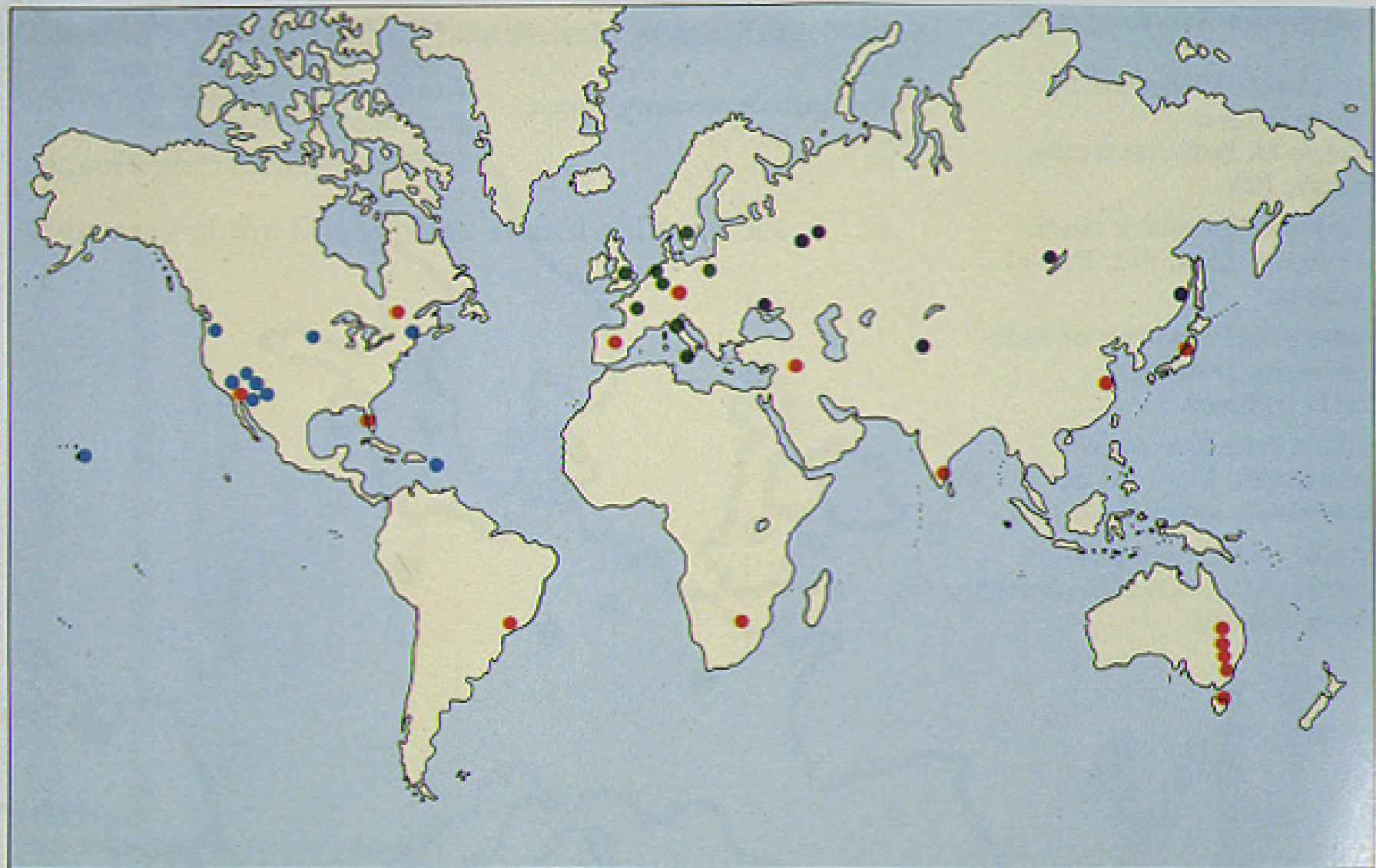
radio-telescope 2

repeated for several different quasars



separation (accurate to 2 cm)

VLBI intercontinentale



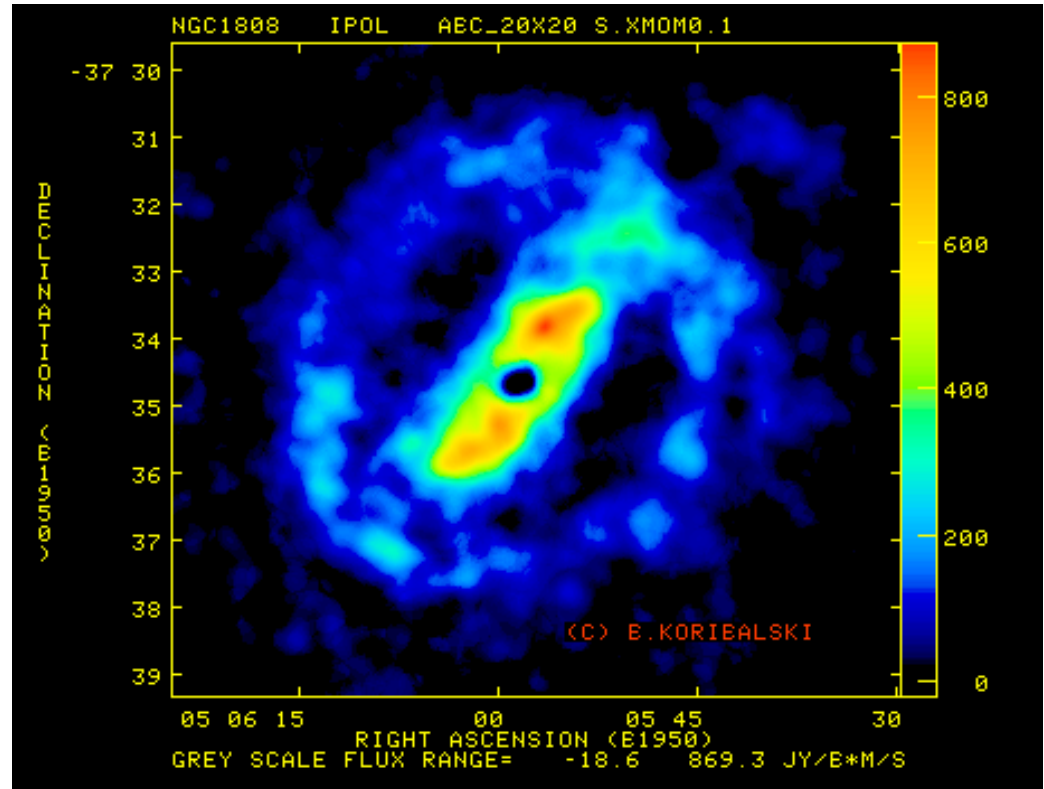
● EVN ● US VLBA ● USSR Network ● Non-network telescopes

...si raggiunge una "risoluzione" pari alle immagini ottiche...

NGC1808

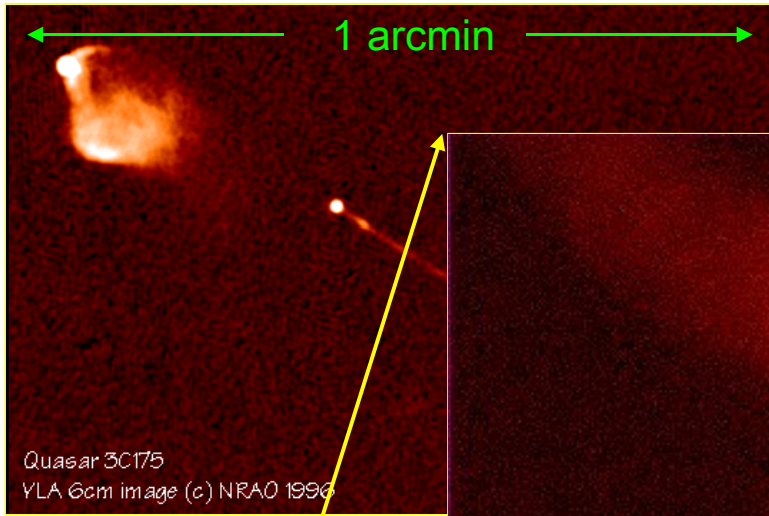


Ottico

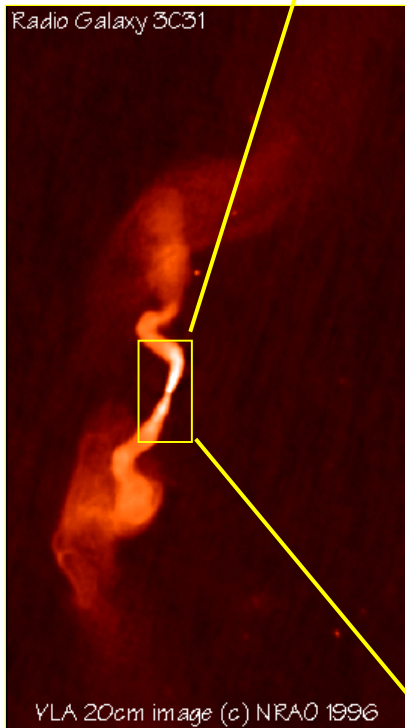


Radio (21 cm)

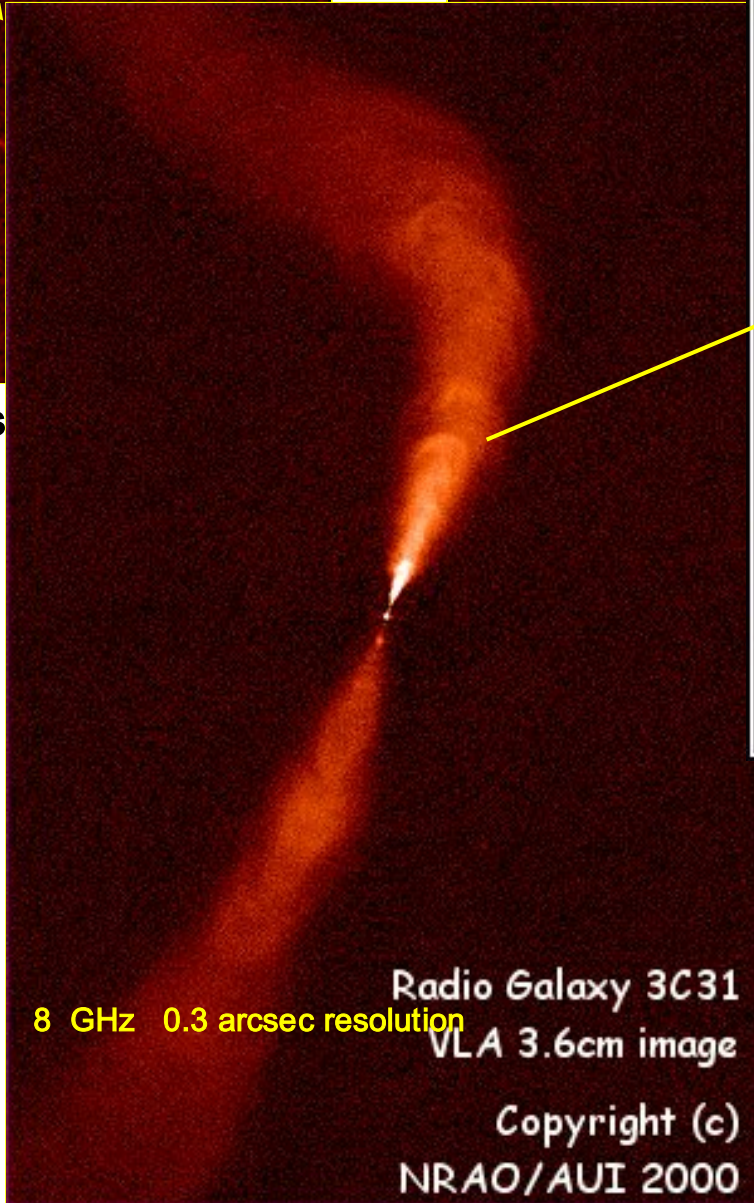
... o spesso molto migliore delle immagini ottiche ...



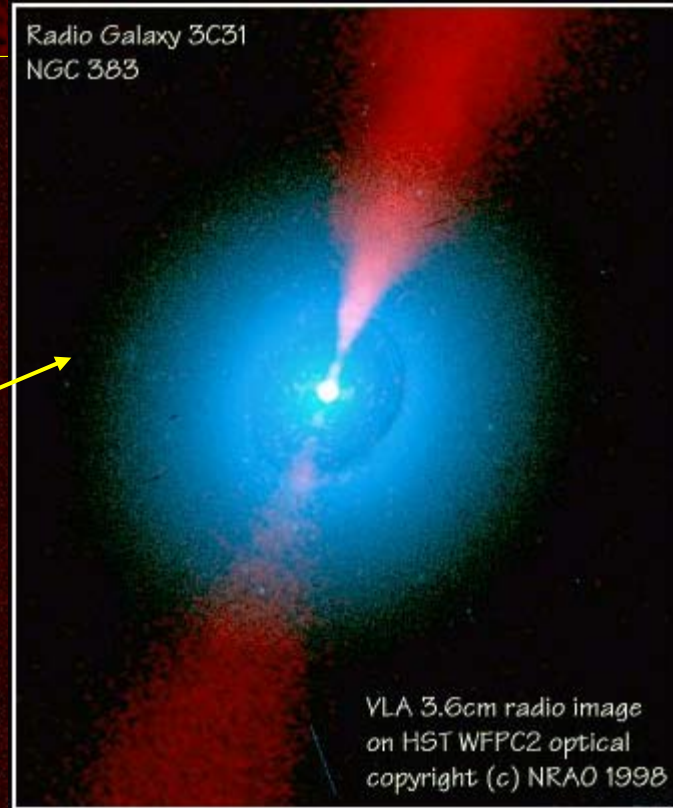
4.9 GHz 0.4 arcs



1.4 GHz 5 arcsec resolution



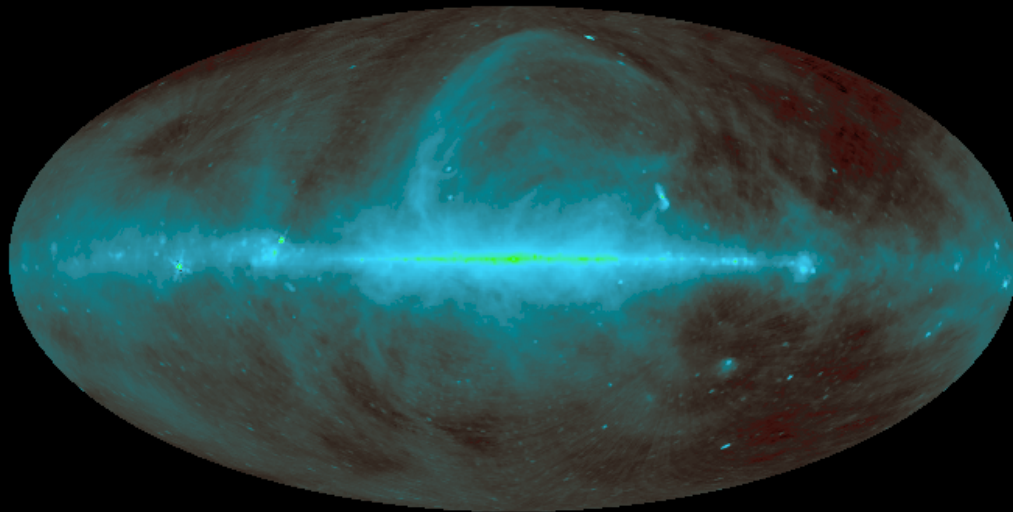
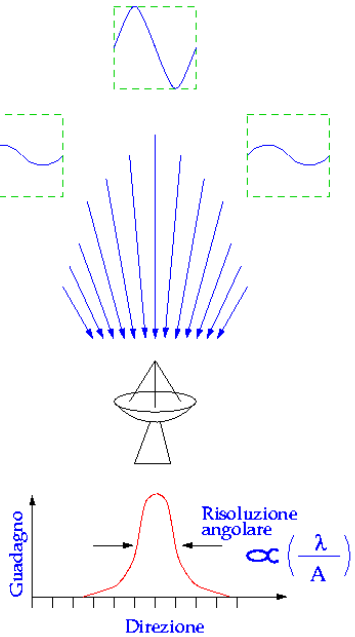
8 GHz 0.3 arcsec resolution



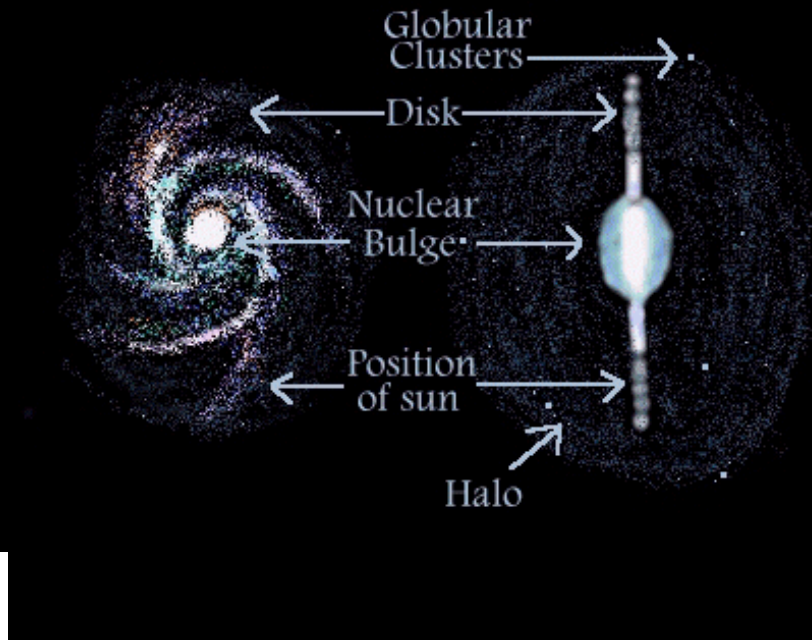
1.4 GHz 1.4 arcsec resolution

Osservazioni con radiotelescopi singoli

- Variabilità temporale
- Pulsar
- Righe
- Mappe su larga scala



La Via Lattea a 408 MHz





I dischi singoli
rimangono
lo strumento migliore
per investigare
una classe peculiare di
radiosorgenti
le

PULSAR

La Radioastronomia e le Pulsar

OROLOGI COSMICI
NEL CIELO INVISIBILE

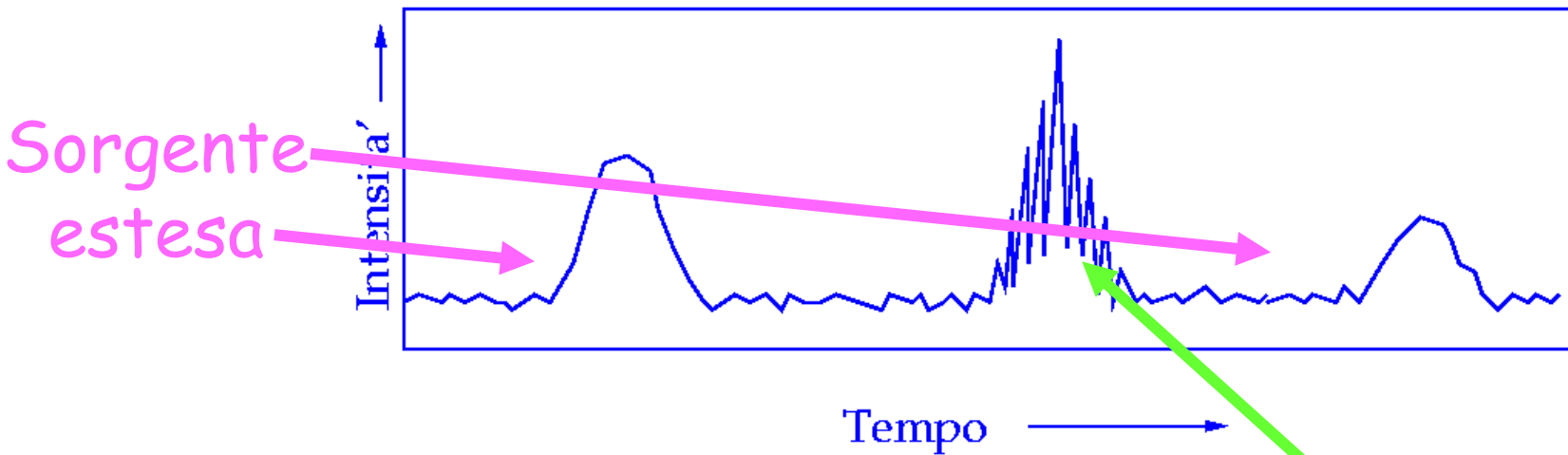
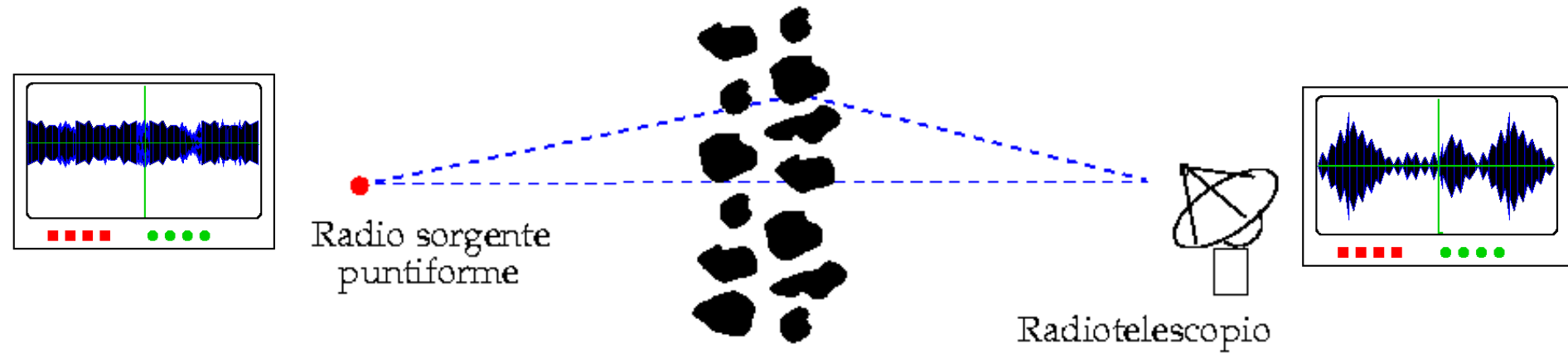
La scoperta delle pulsar

Cap. 1 : l'antefatto

- * Nel 1965 la radio interferometria non era ancora disponibile
- * Si investigava la possibilità di distinguere radio sorgenti "puntiformi" (ad esempio le QUASARs, da poco scoperte) con un esperimento di "scintillazione"

La scoperta delle pulsar

Cap. 2 : l'esperimento di Cambridge



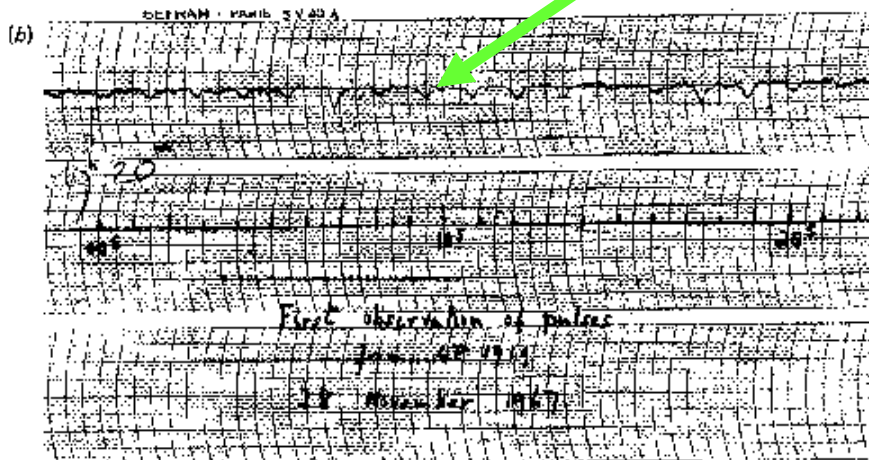
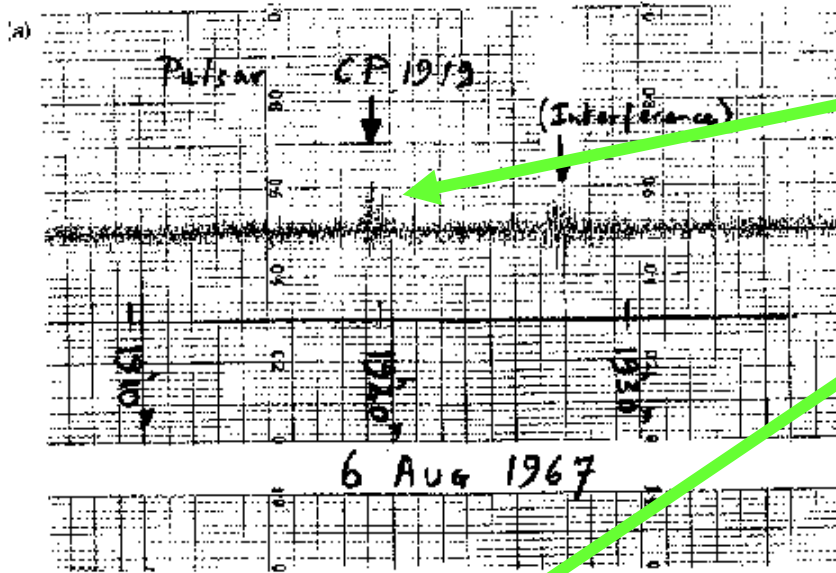
Scintillazione di una radiosorgente puntiforme

La scoperta delle pulsar

Cap. 3 : la prima "strana" osservazione



Jocelyn Bell



**28 Novembre
1967**

Impulsi di 20 msec che si ripetevano equispaziati di 1.33 sec

La scoperta delle pulsar

Cap. 4 : i mesi dei dubbi

Riosservazione del fenomeno sempre nella stessa posizione in cielo, entro pochi minuti d'arco

Disturbo prodotto da trasmettitori locali? **NO**

Riflessione di segnali terrestri sulla Luna o su qualche pianeta? **NO**

Una civiltà extraterrestre? **NO**

La scoperta delle pulsar

Cap. 5 : l'annuncio

1968 : sulla rivista *Nature*



Antony Hewish



Jocelyn Bell

Scoperti segnali radio periodici dal cosmo

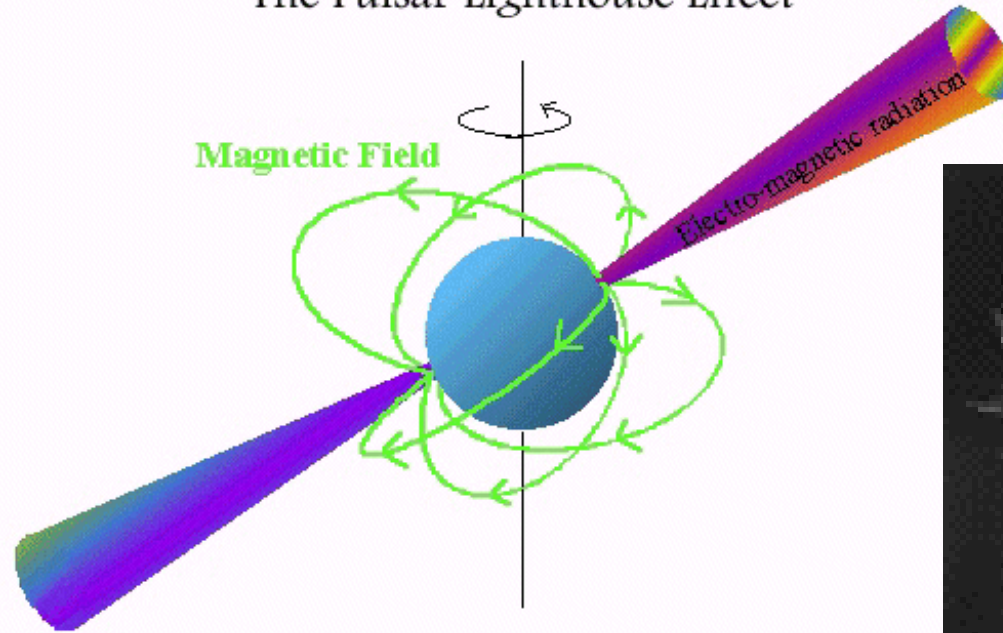
PULSAting Radio source: PULSAR

La scoperta delle pulsar

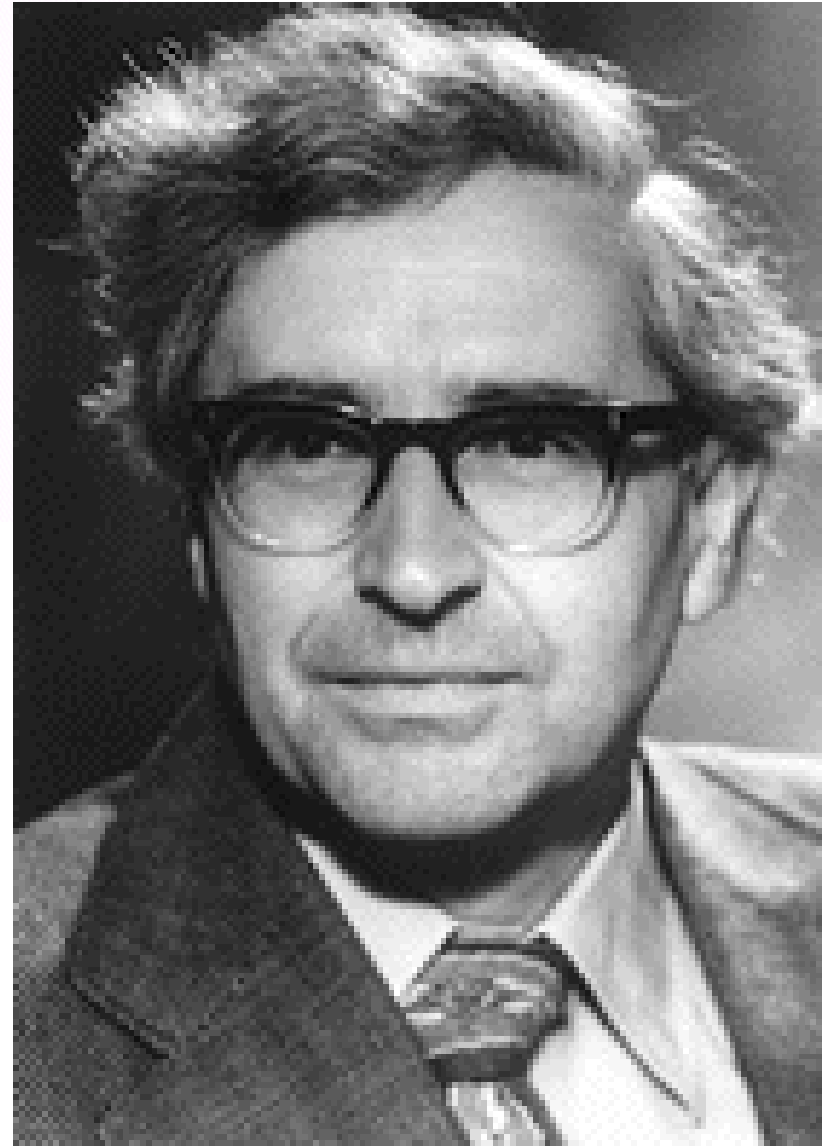
Cap. 6 : la conferma e l'interpretazione

- * La scoperta in breve tempo di altre 3 "sorgenti pulsanti" simili **conferma la loro natura cosmica**
- * La brevità degli impulsi, solo pochi millisecondi, suggerisce che la **sorgente deve essere di piccolissime dimensioni**, dell'ordine di 10-100 km !
 - * Anche sulla scorta di alcune predizioni teoriche - fra cui quelle dell'italiano Pacini - si impone il modello di **PULSAR** quale **stella estremamente compatta** e rapidamente ruotante **che emette** un segnale pulsato a seguito di un **effetto-faro**

The Pulsar Lighthouse Effect

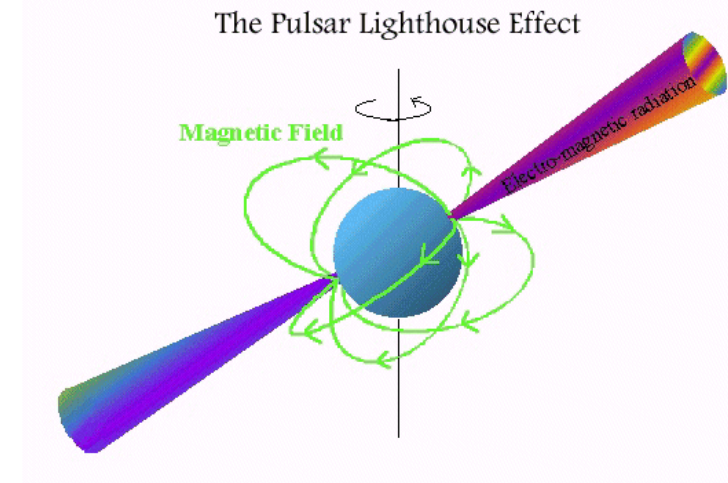
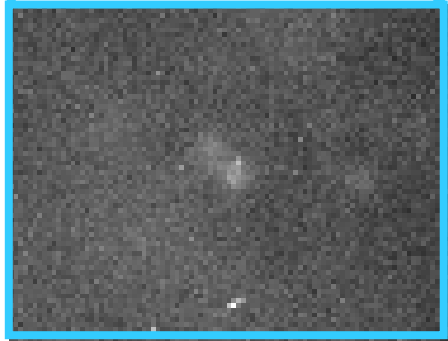
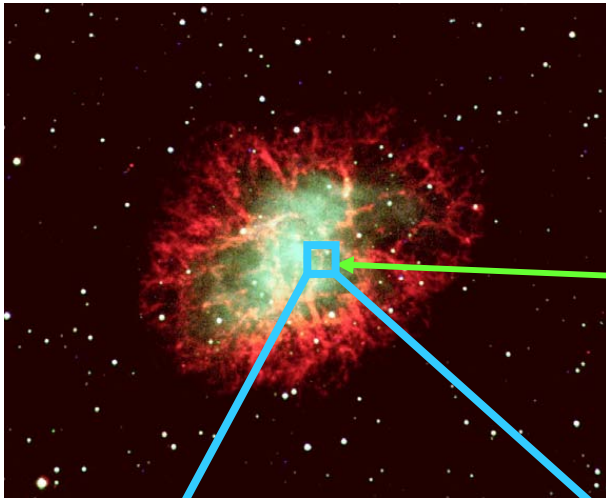


Premio Nobel

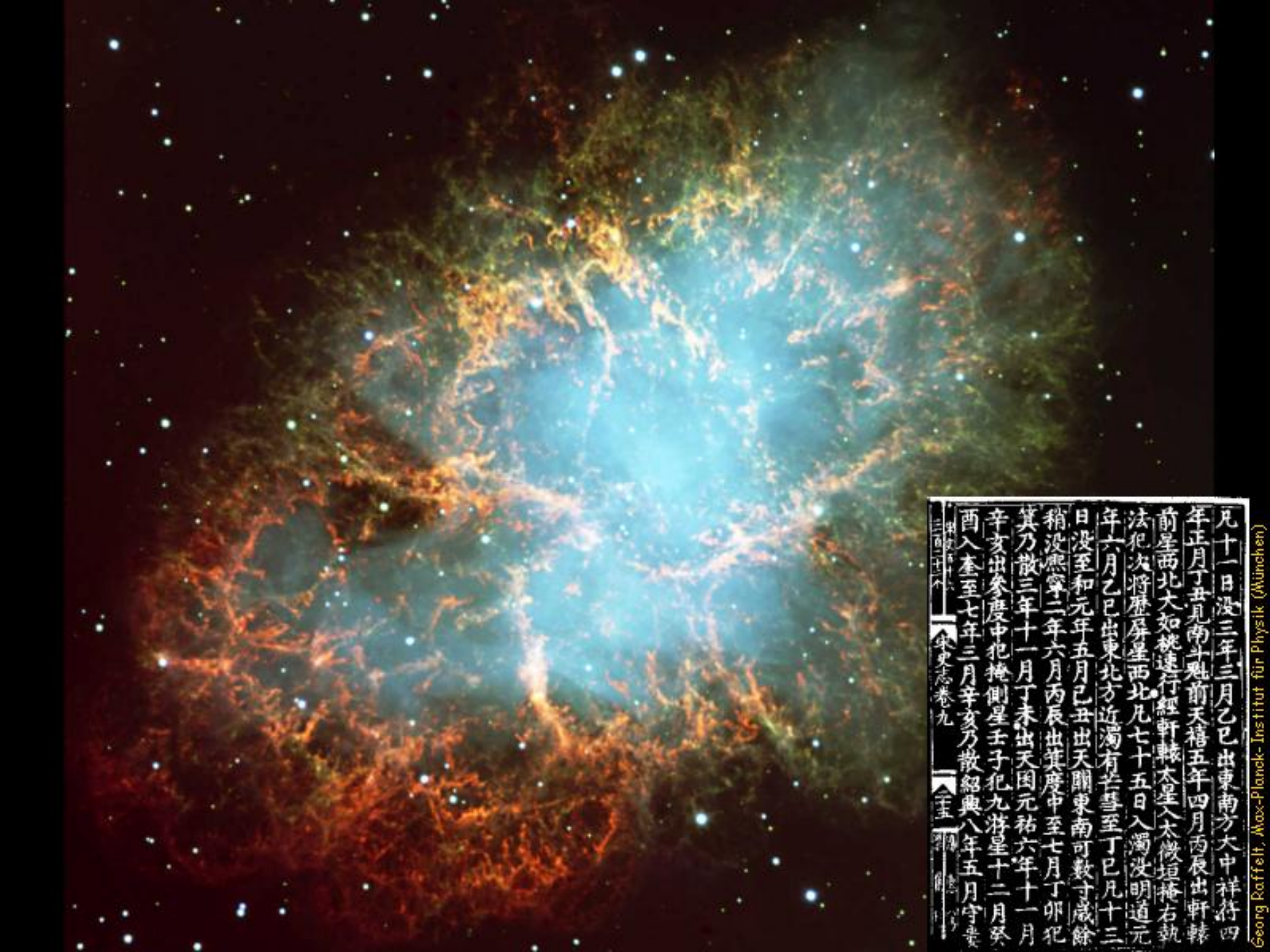


Una conferma fondamentale

Anno 1968: Scoperta una Pulsar al centro della Crab Nebula, resto di una Supernova esplosa nel 1054 d.C.



$P = 33$ millisecondi
e **rallenta!**

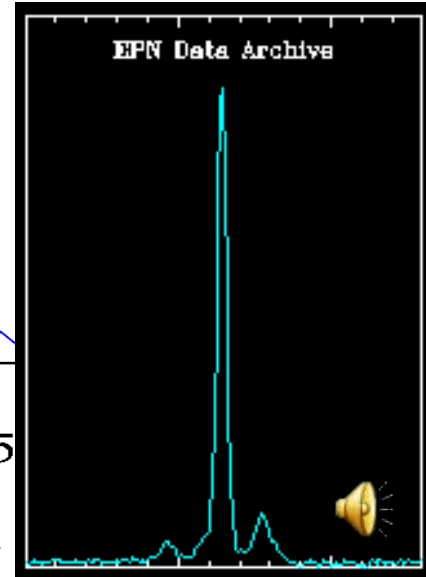
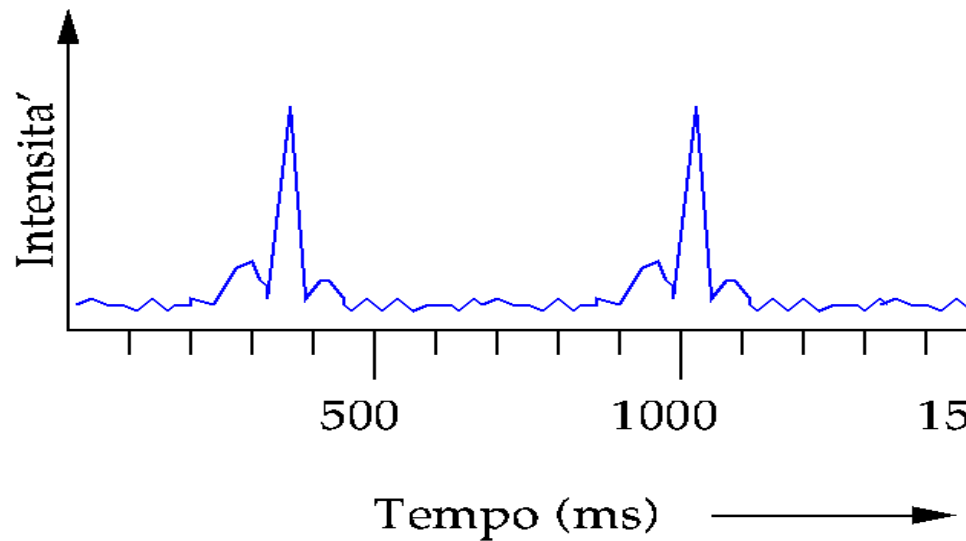


凡十一日没三年三月乙巳出東南方大中祥符四年正月丁丑見南斗魁前天禧五年四月丙辰出軒轅前星西北大如桃連行經軒轅太星入太微垣掩右執法犯次將歷屏星西北凡七十五日入濁没明道元年六月乙巳出東北方近濁有芒彗至丁巳凡十三日没至和元年五月己丑出天關東南可數寸歲餘稍没熙寧二年六月丙辰出箕度中至七月丁卯犯箕乃散三年十一月丁未出天囷元祐六年十一月辛亥出參度中犯掩側星壬子犯九游星十二月癸酉入奎至七年三月辛亥乃散紹興八年五月守婁

... dal 1967 al 17 Aprile 2004 ... 1613 PULSAR !

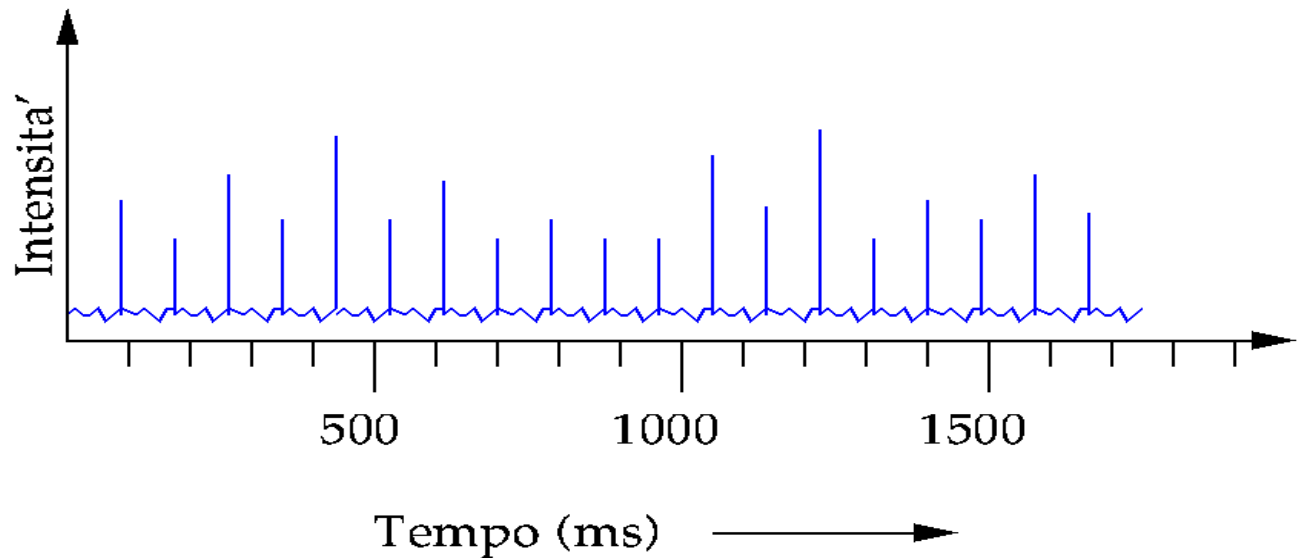
PSR 0329+54

$P = 714 \text{ ms}$



PSR 0833-45

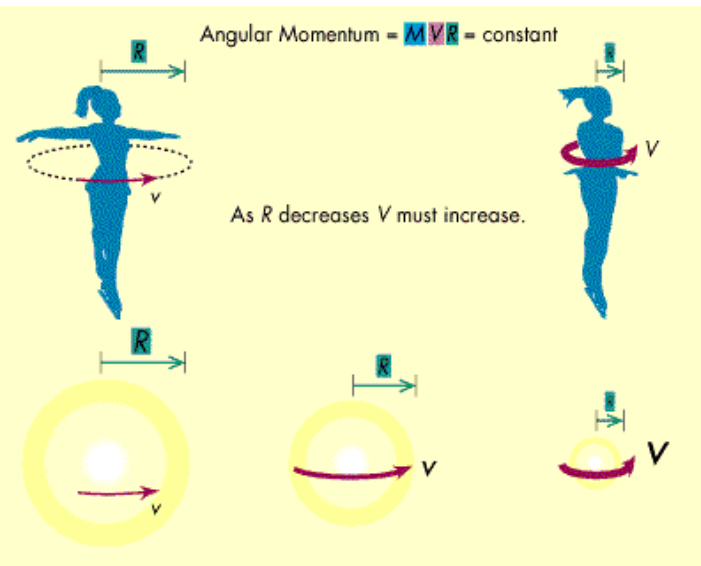
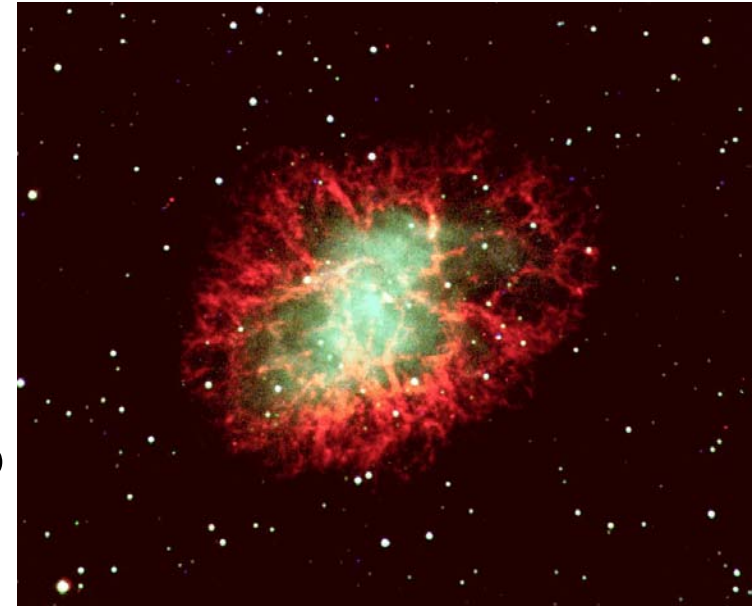
$P = 89 \text{ ms}$



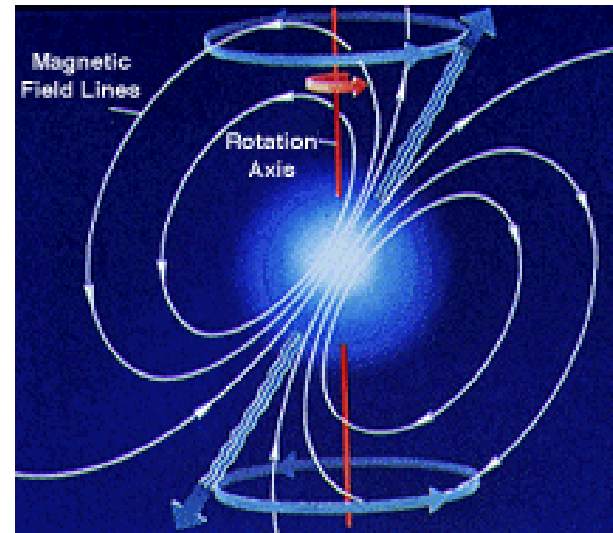
Formazione di una stella di neutroni



→
M=1.4 Mo
R =10 km



P= 0.01 s
B= 10^{13} G



Cosa è allora una Pulsar?

Una PULSAR è una stella di neutroni rapidamente ruotante ed altamente magnetizzata, che emette un segnale radio pulsato a seguito di un effetto-faro



Ma una Pulsar quanto dura ?

La più famosa applicazione...fino a oggi

* Nelle pulsar binarie si possono misurare effetti di Relatività Generale

PSR B1913+16

Pulsar

+

Stella di Neutroni

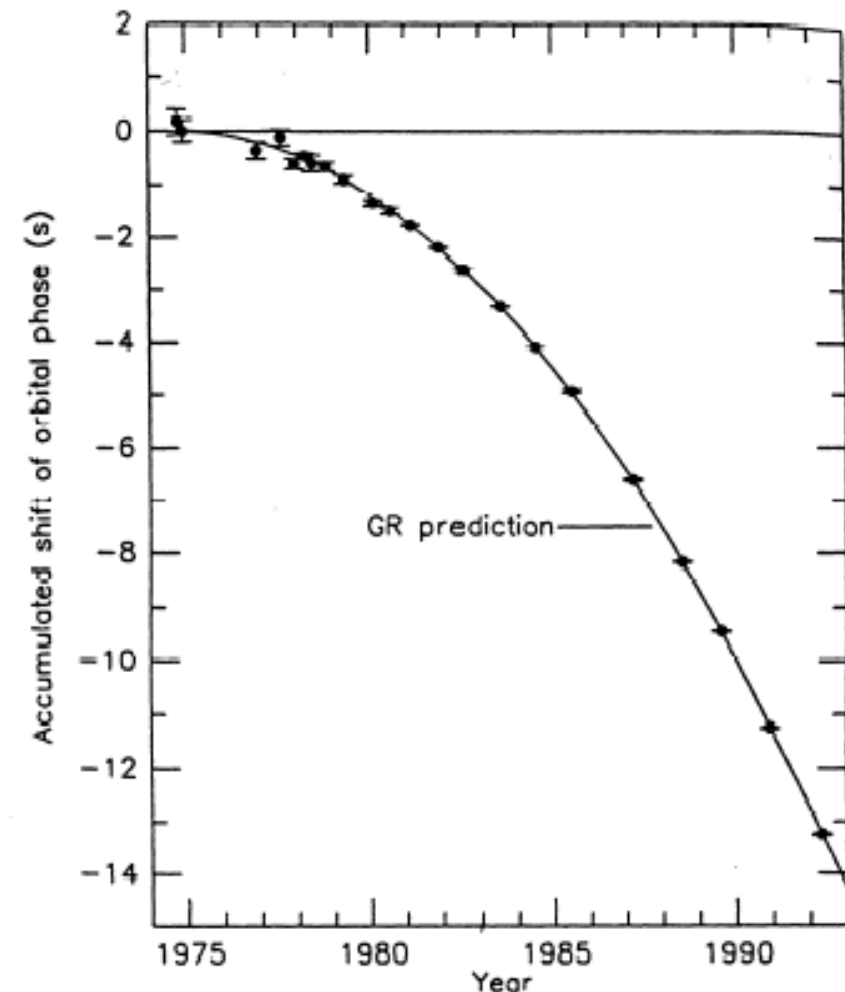


La Relatività Generale

di PREMIO NOBEL

1992

Taylor & Hulse



Applicazioni del *timing* delle pulsar

- * Le pulsar fra gli orologi più precisi a disposizione della Scienza
- * Il *timing* consente di misurare con precisione la posizione delle Pulsar negli ammassi globulari
- * Si possono fare misure dinamiche per rivelare la massa presente nelle regioni centrali degli ammassi globulari
- * Le millisecond pulsar potranno essere usate come rivelatori di onde gravitazionali.

