



Università della Terza Età "Cardinale Giovanni Colombo" – Milano

A.A. 2023 - 2024

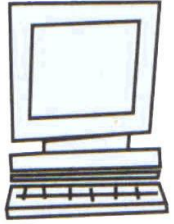
Corso di Astrofisica

Docente : **Adriano Gaspani**

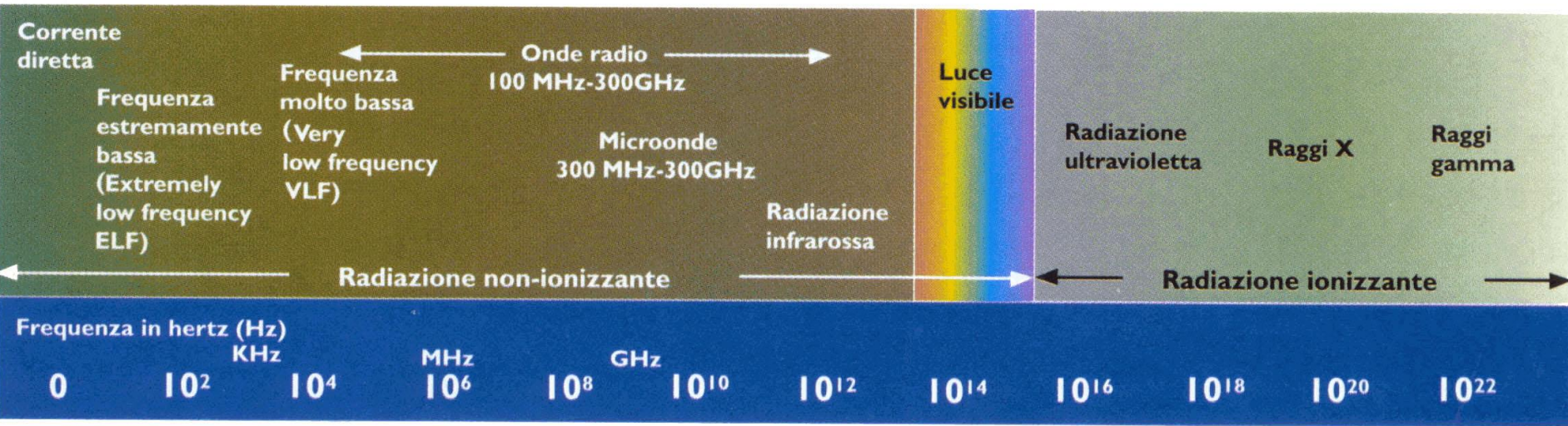
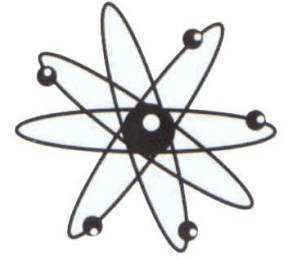
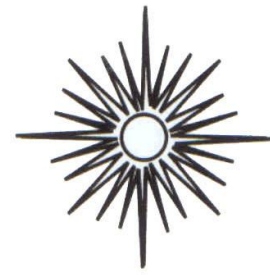
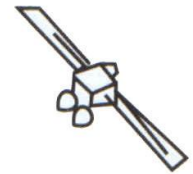
Lezione 22

I progetti S.E.T.I. (*search for extraterrestrial intelligence*)

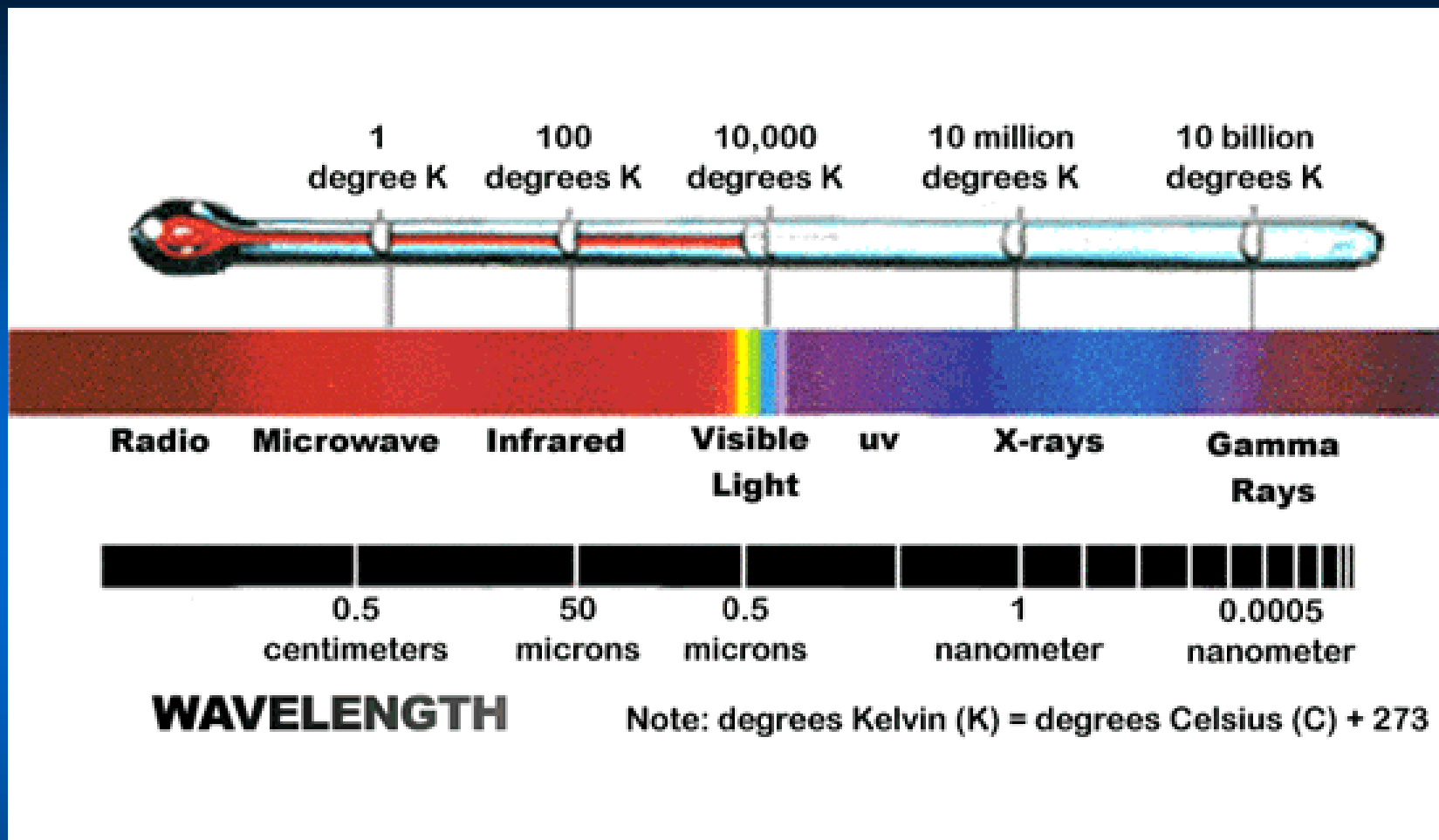
... Lo Spettro Elettromagnetico



450-2200 MHz

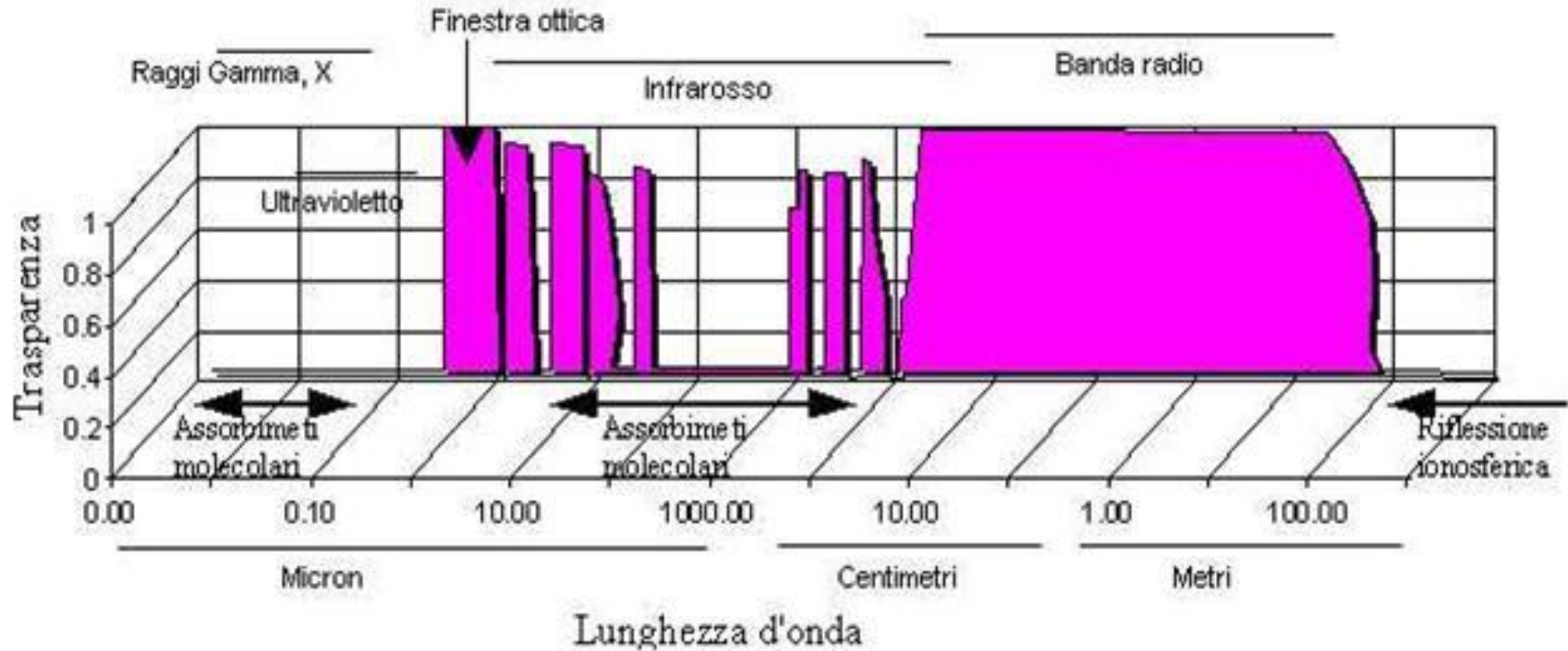


Radiazione termica

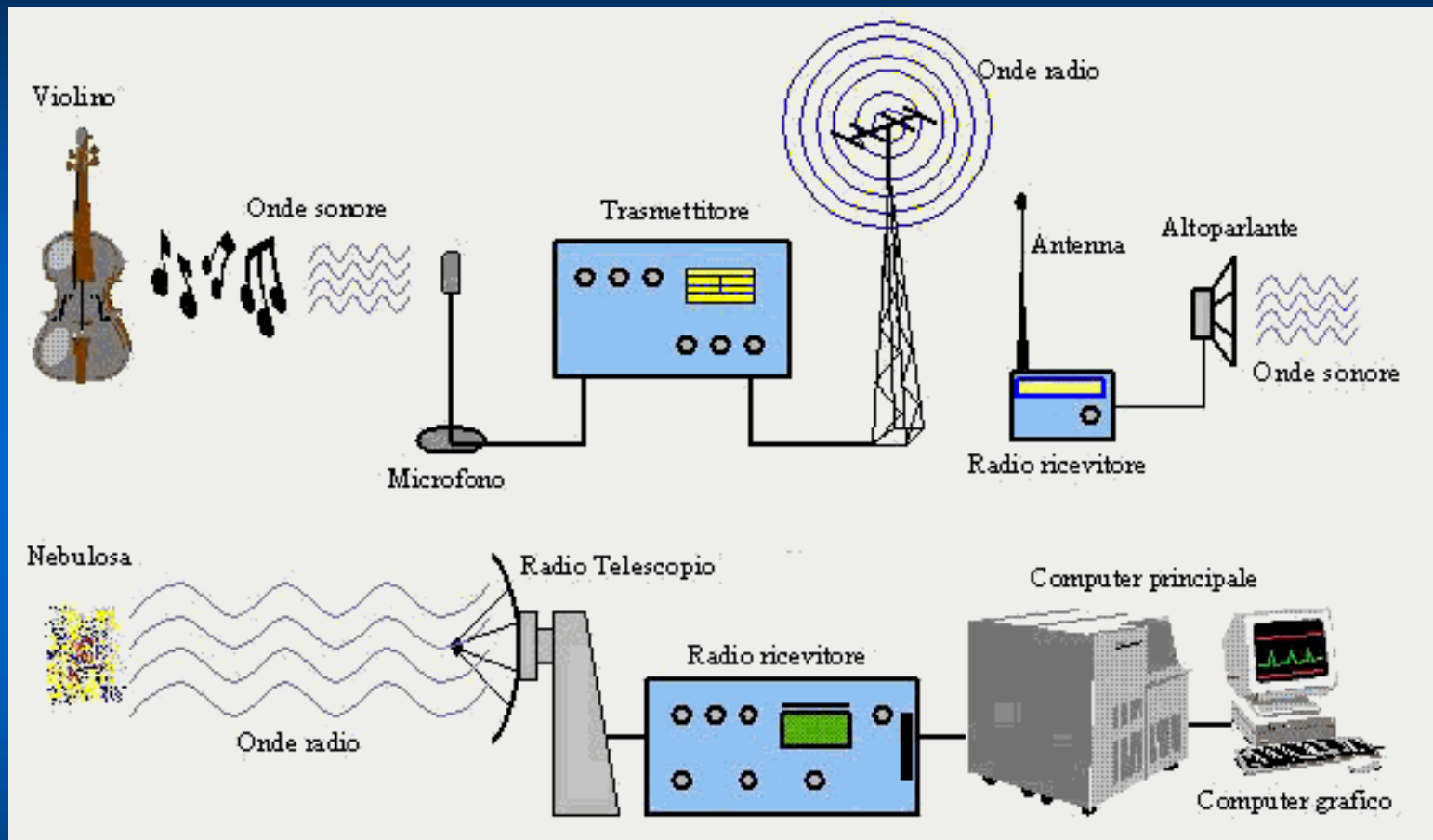


Ogni oggetto, a temperatura maggiore di 0 K (zero kelvin), "irradia", per varie cause fisiche, onde elettromagnetiche (luminose o di altro genere).

Trasparenza atmosferica alle onde elettromagnetiche



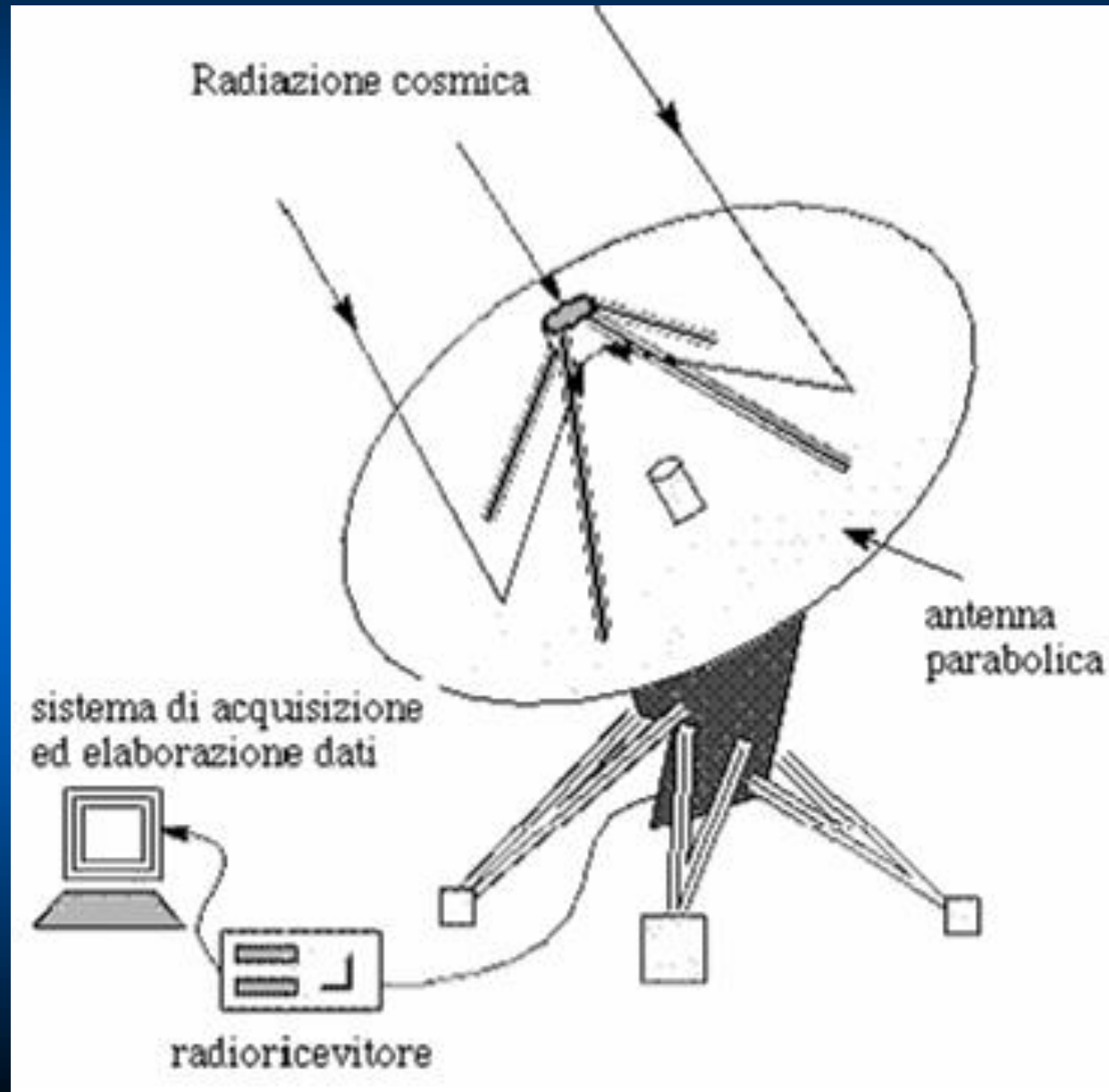
La Radioastronomia studia gli oggetti del cosmo rilevando la radiazione da essi emessa nel campo delle onde radio



Ciò permette di osservare l'Universo con "occhi" diversi, permettendo spesso di rilevare fenomeni "invisibili" all'osservazione ottica.

Il radiotelescopio

L' "occhio" è ora il radiotelescopio, strumento costituito da un ricevitore radio (radiometro) che attraverso un'antenna, capta le radiazioni provenienti dallo spazio.



Caratteristiche di un radiotelescopio

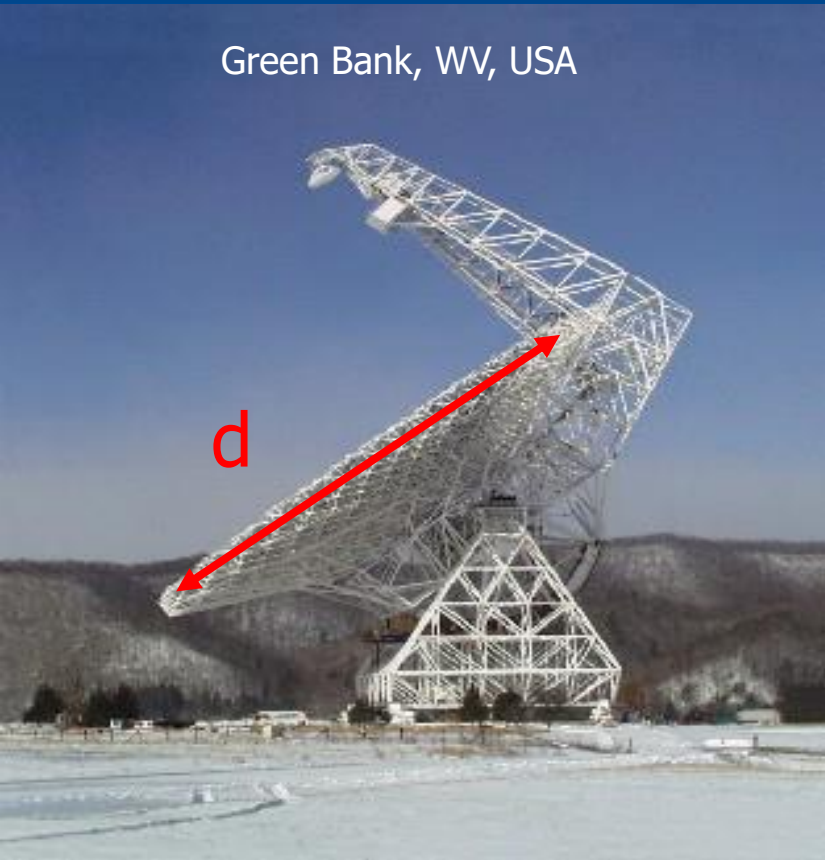
Sensibilità = capacità di rivelare segnali deboli;
aumenta con la superficie di raccolta, cioè
proporzionalmente a D^2 ($D = \text{Diametro}$).

Potere di risoluzione = capacità di distinguere oggetti vicini;
aumenta con D / λ
(rapporto fra dimensione e
lunghezza d'onda ricevuta)

*per un paraboloide (**single dish**) ... D è il diametro,
per più paraboloidi (**array**) ... D è la massima distanza tra i
radiotelescopi che lo compongono*

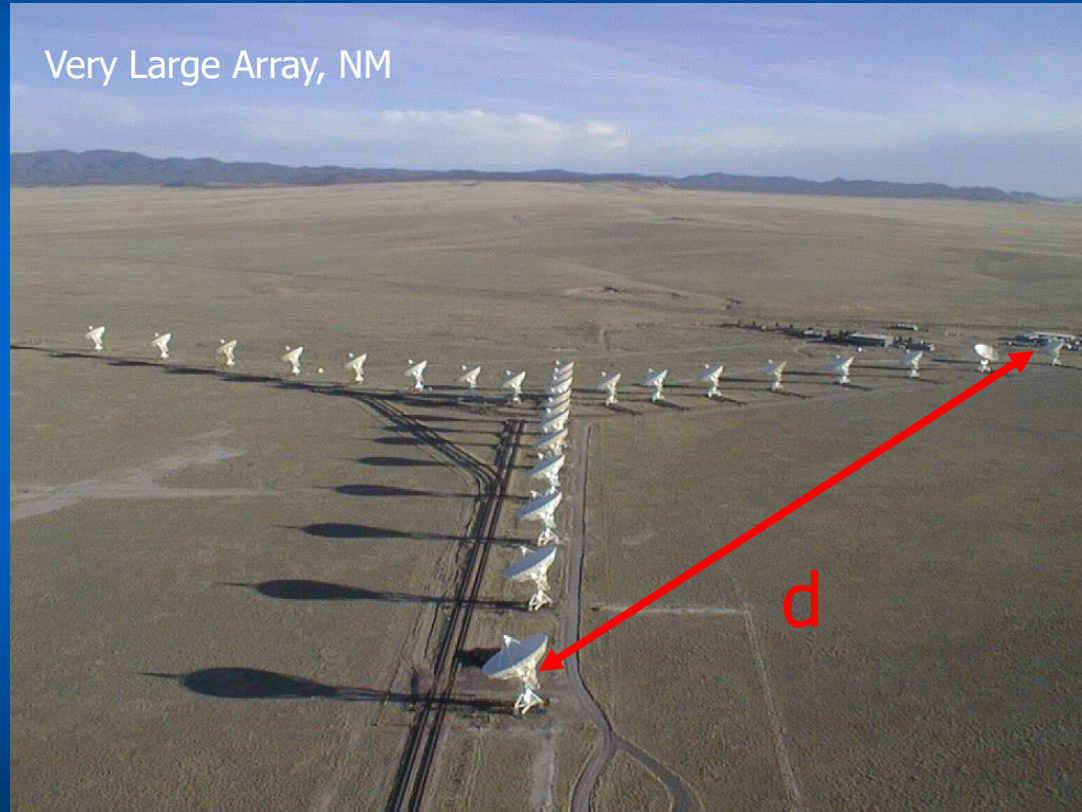
Potere di risoluzione dei radiotelescopi

Green Bank, WV, USA



Single Dish

Very Large Array, NM



Arrays

Un po' di storia...

1895: Guglielmo Marconi - Invenzione della Radio



Un po' di storia...

1931: Karl Jansky scopre le radioemissioni cosmiche



La "Giostra" di Jansky (20.5 MHz)

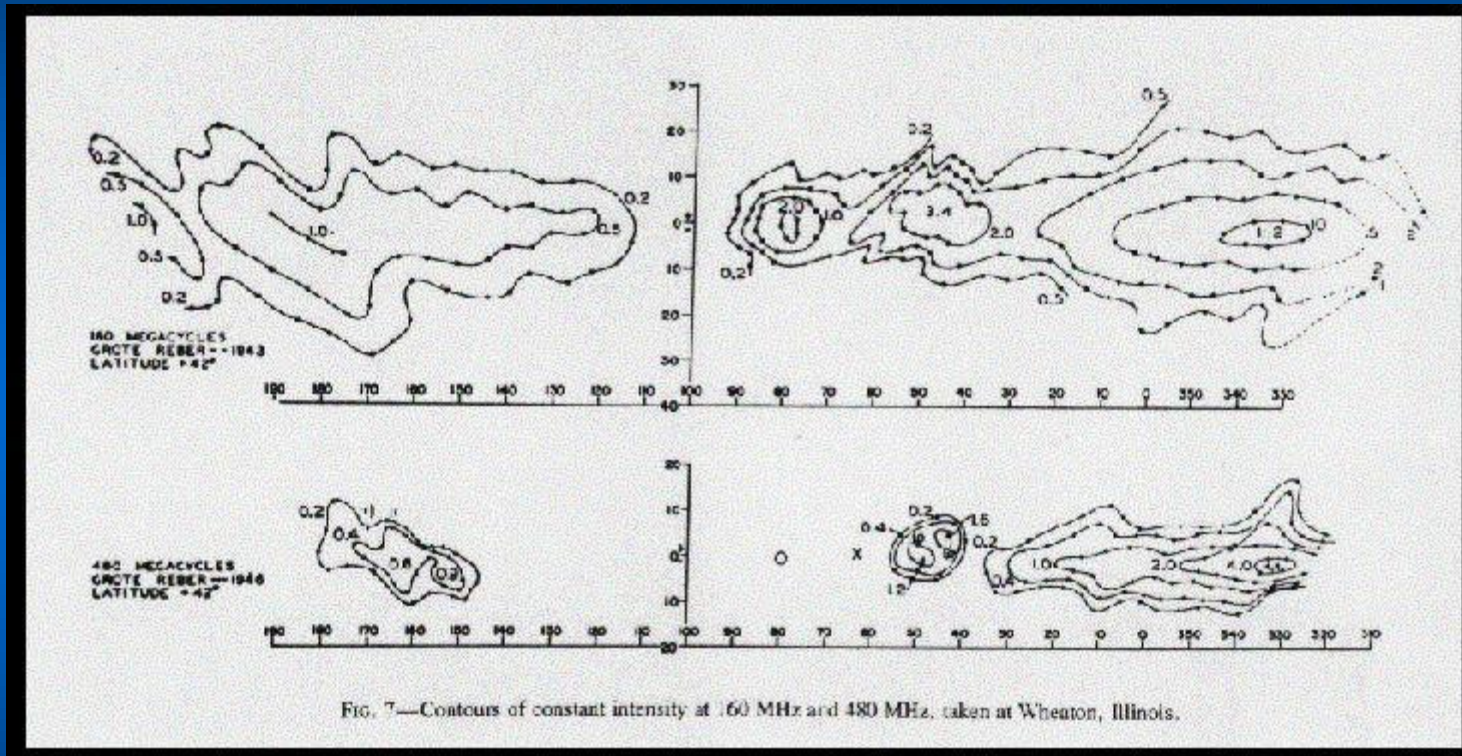
Un po' di storia...

1944: Grote Reber compila la prima radio-mappa della nostra galassia



Il riflettore parabolico di Reber (1940): \varnothing 9.5 m, $f = 160$ MHz

Un po' di storia...



La prima radiomappa di Reber ("Sky and Telescope", 1949)

Un po' di storia...

1965: R. Wilson e A. Penzias scoprono la radiazione cosmica di fondo, spiegabile secondo la teoria del "Big Bang"



Un po' di storia...

1967: A. Hewish e J. Bell all'Osservatorio di Cambridge scoprono le Stelle di Neutroni (Pulsar)



Il Radiotelescopio di Cambridge negli anni '60

I Radiotelescopi moderni...

... sono più sofisticati ed efficienti di quelli del passato. Questo grazie a:

- **Miglioramento della sensibilità dei ricevitori, e nuove tecniche di elaborazione del segnale (uso del computer):** ciò permette di rilevare radiosorgenti sempre più deboli
- **Miglioramento delle caratteristiche dell'antenna (direttività):** permette di migliorare il "potere risolutivo", cioè la definizione dei dettagli degli oggetti che si vanno ad osservare

Ciò si realizza anche grazie a nuove filosofie di progetto del radiotelescopio.

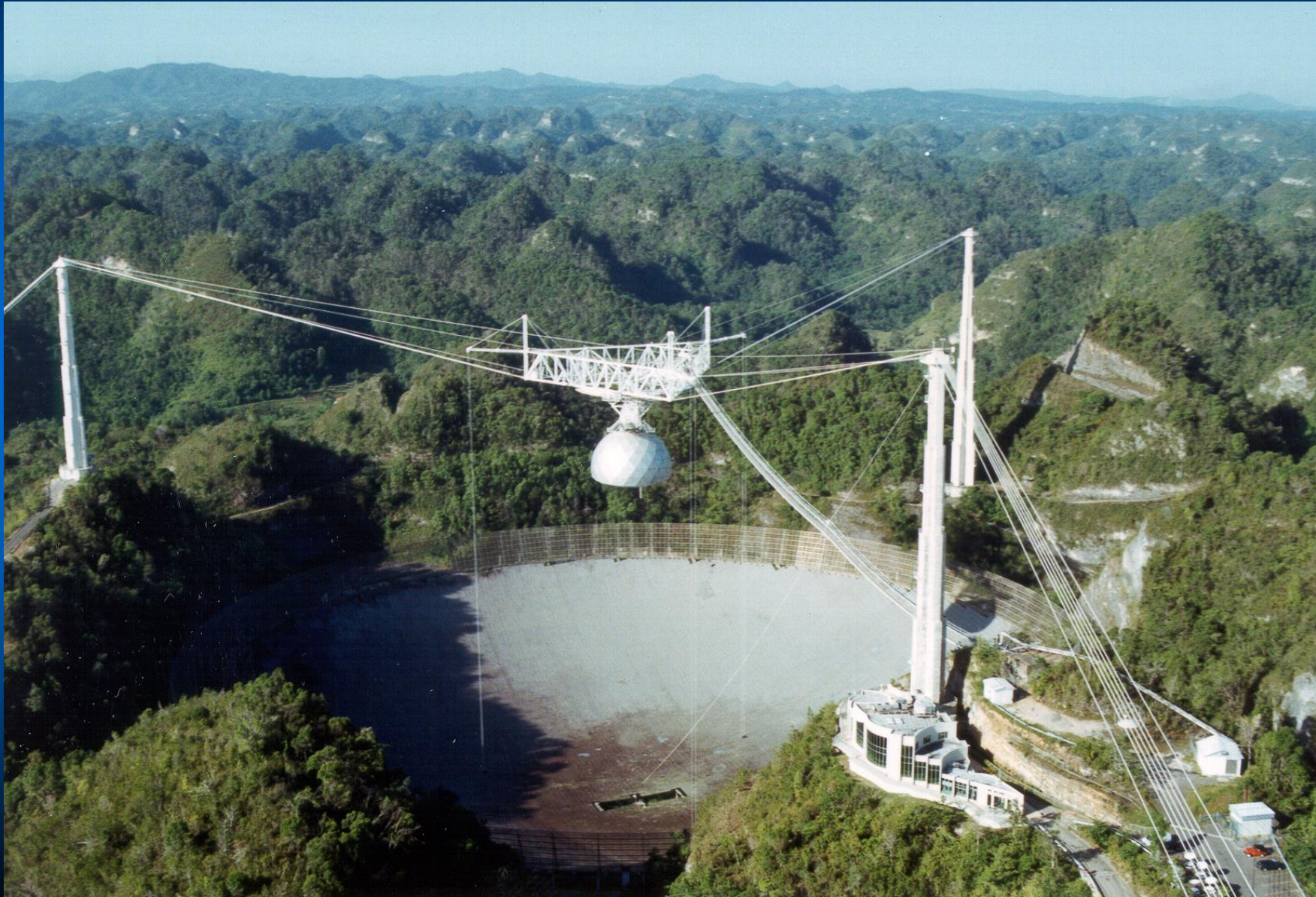


Green Bank, WV, USA





Arecibo, Portorico



Arecibo: il "fuoco" sospeso



Arecibo: attraverso il paraboloide



Radiotelescopio di Arecibo, Portorico

Prima...



Il Segnale di Arecibo

Il 16 Novembre 1974, dal radio-telescopio di Arecibo in Portorico fu trasmesso un segnale di 1679 impulsi alla frequenza di 2380 MHz.

Gli impulsi erano una successione di 0 e di 1.

I diversi valori venivano ottenuti con semplici variazioni della frequenza di trasmissione.



Il segnale è stato indirizzato verso l'ammasso globulare di Ercole **M13**, a 25.000 anni luce

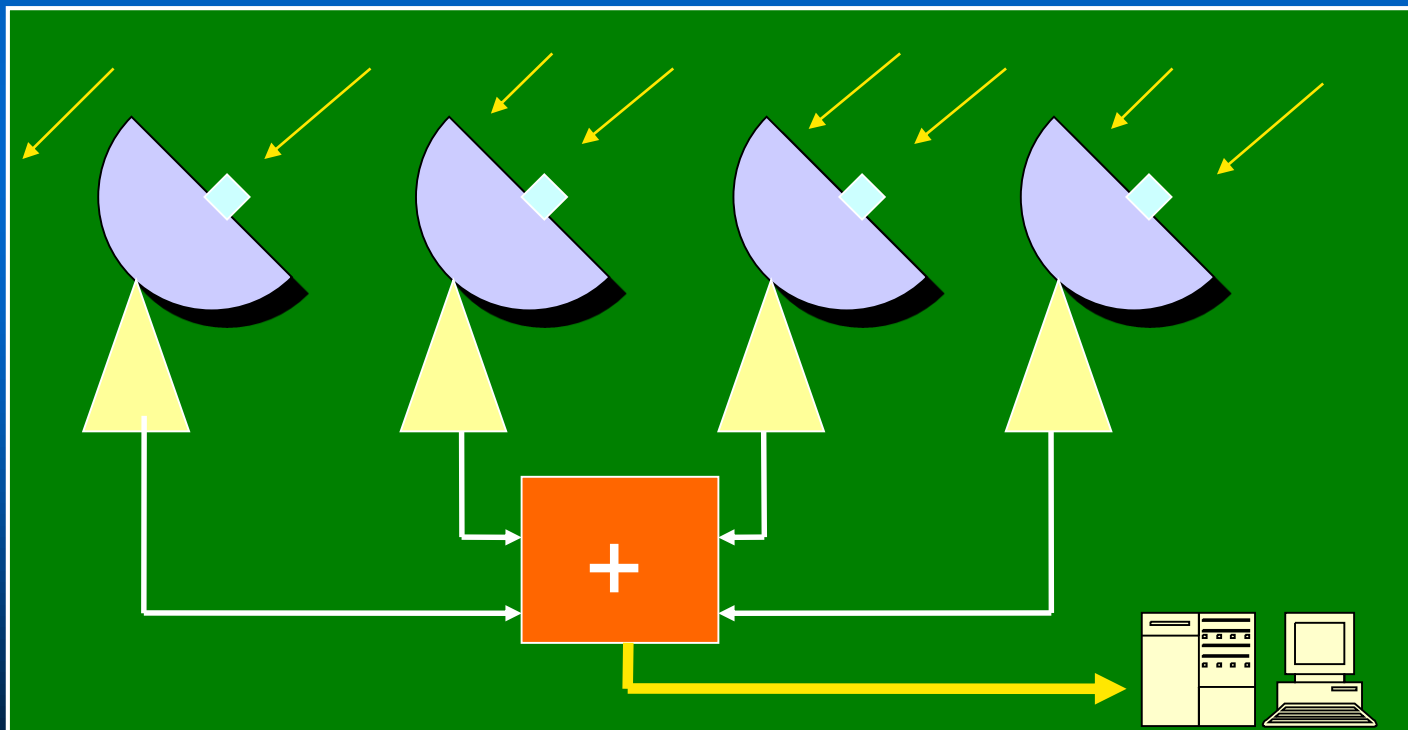
È più una dimostrazione delle conquiste tecnologiche del genere umano che un reale tentativo di conversare con una razza aliena.

Adesso...



Interferometria

Per migliorare la direttività del sistema di antenna, è possibile disporre varie antenne secondo una schiera, e "sommare" i segnali ricevuti.



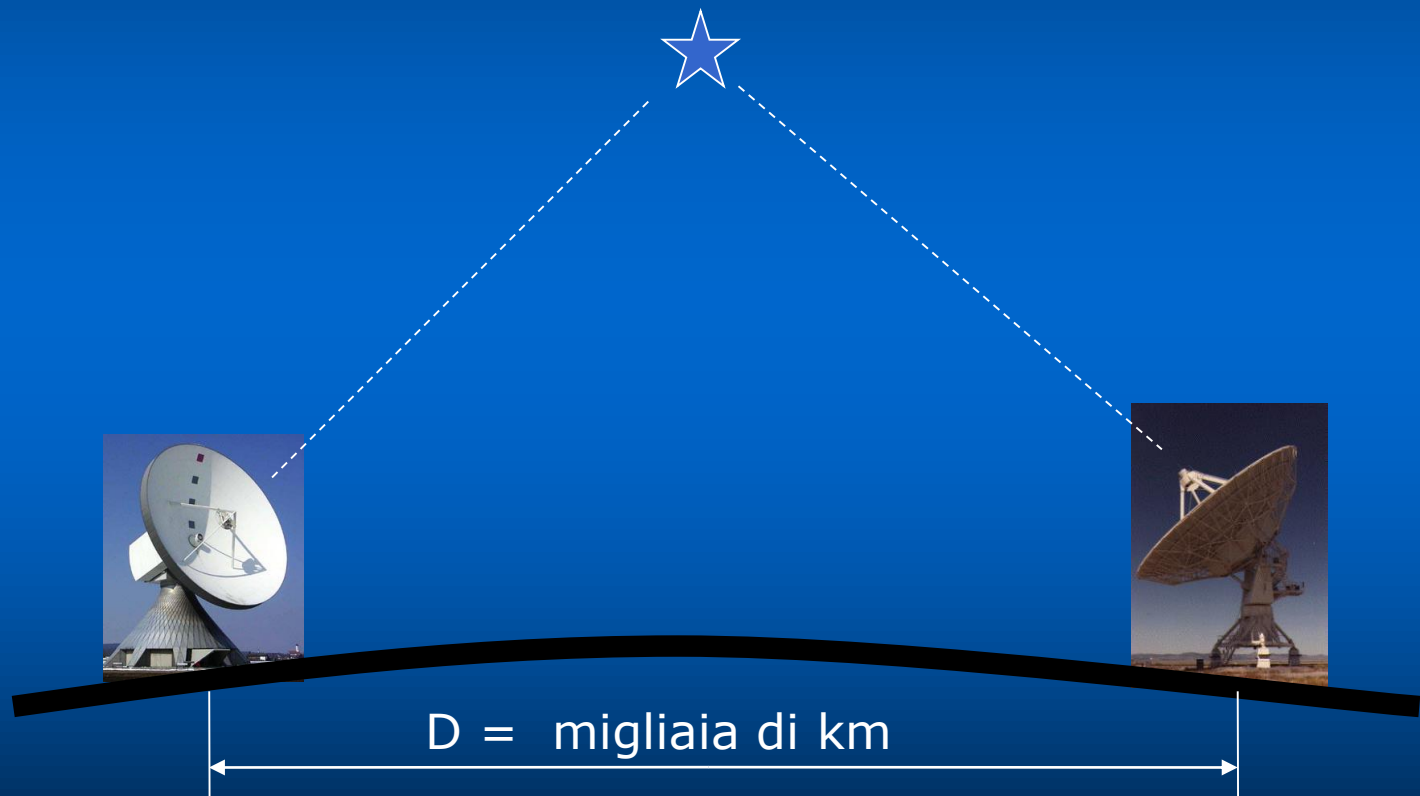


The Very Large Array (VLA)

Socorro, New Mexico

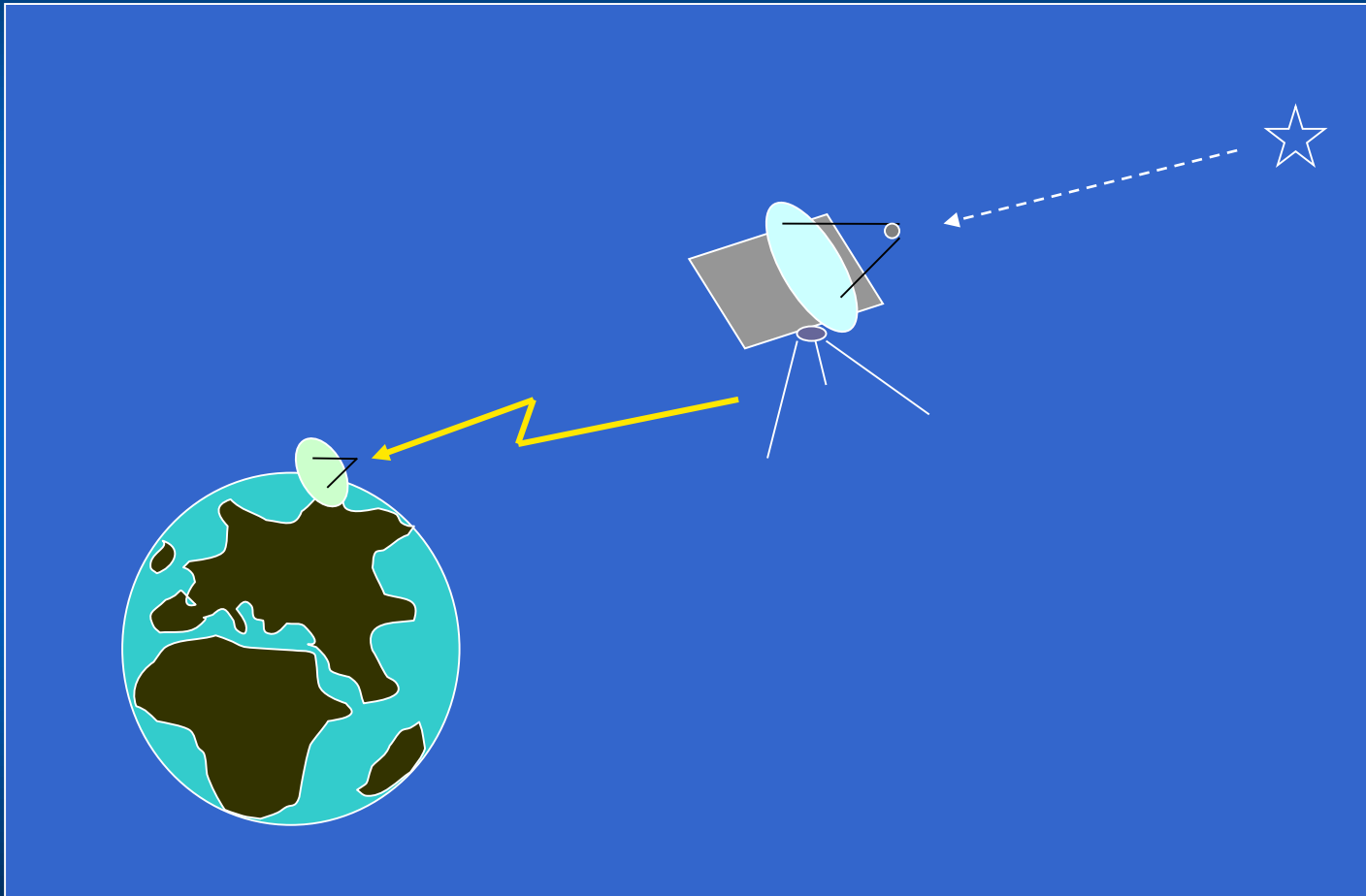


Very Large Baseline Interferometry (VLBI)



interferometro a larghissima base

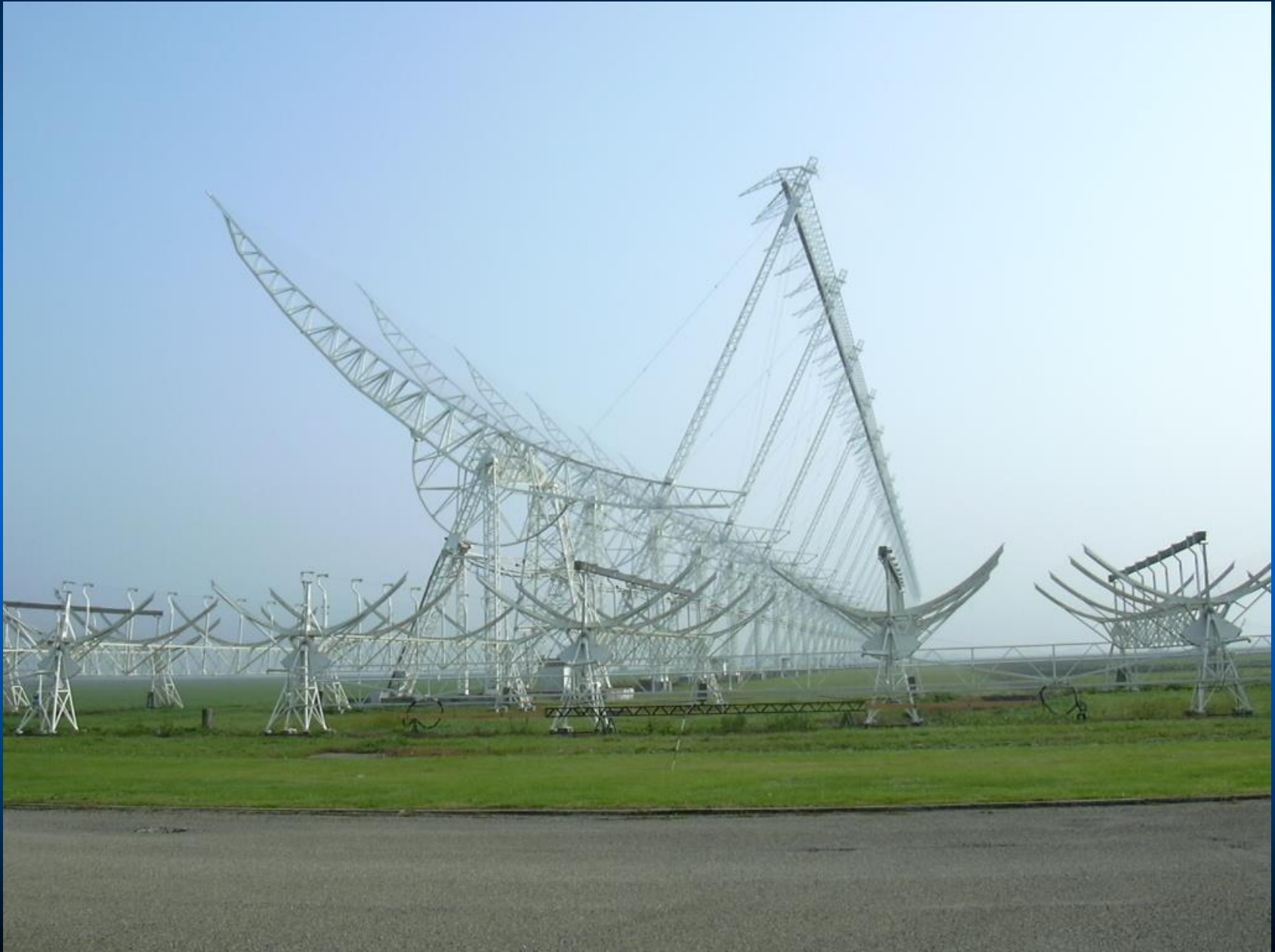
Radiotelescopi oltre l'atmosfera terrestre



Impiego dei Satelliti Artificiali per la Radioastronomia

...e in Italia?

IRA - INAF Ist. di Radioastronomia - Medicina (BO) La Croce del Nord



IRA – INAF Ist. di Radioastronomia - Medicina (BO)
Croce del Nord



IRA – INAF
Medicina
(BO)

Croce del Nord
e
paraboloide
VLBI
(32 m)



Image © 2008 DigitalGlobe

Google

44°31'24.07" N 11°38'56.31" E

9 Set 2003

1.03 km Alt



SETI

Search for ExtraTerrestrial Intelligence

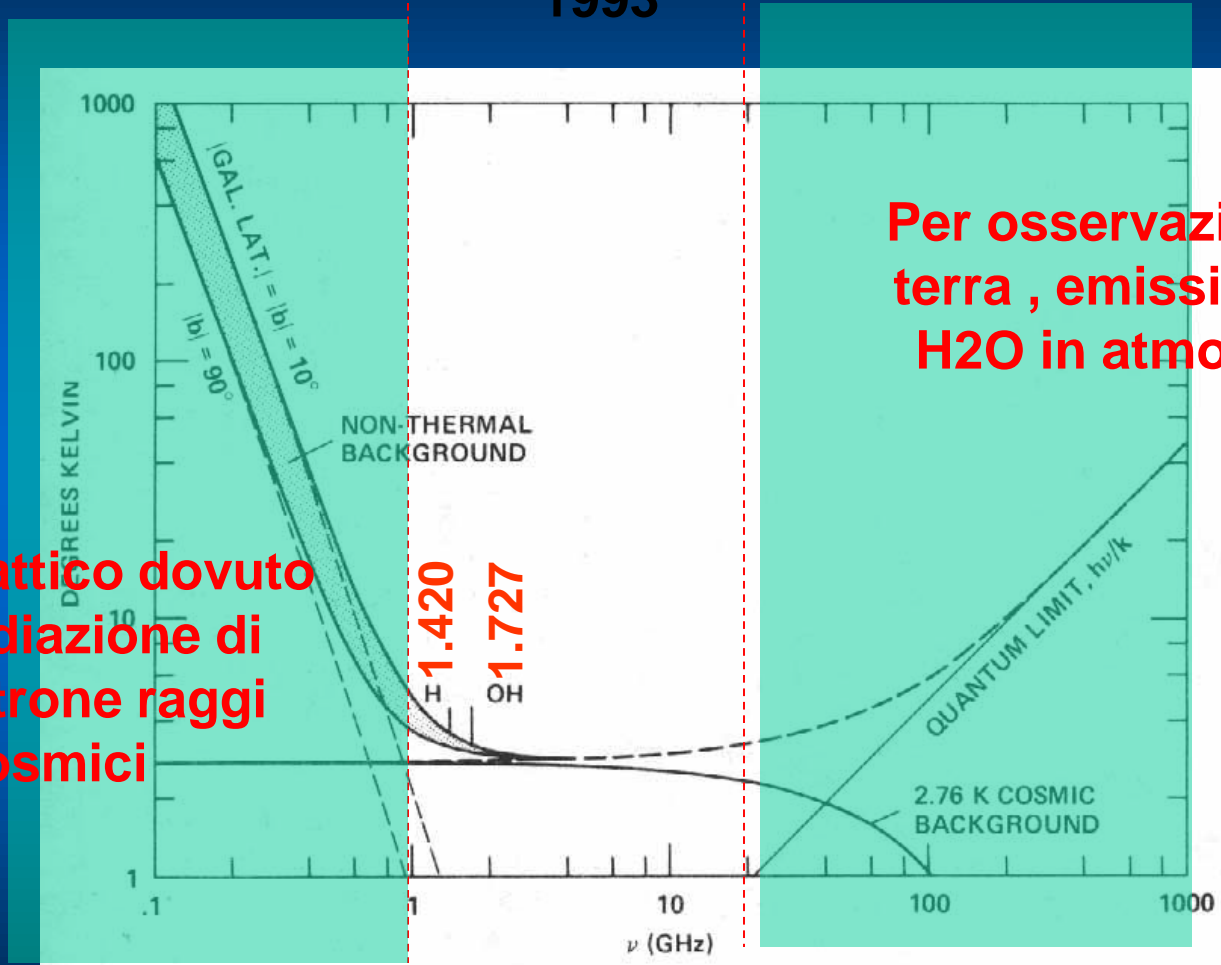


Are we alone
in the universe?



Ricerca di civiltà intelligenti: SETI

Proposto da Drake 1960, non finanziato dal congresso americano
1993



Bkg Galattico dovuto
alla radiazione di
sincrotrone raggi
cosmici

Per osservazioni da
terra, emissione di
H₂O in atmosfera

WATER HOLE (frequenze da 1 GHz a 20 GHz)

Gli inizi del SETI

La data d'inizio dell'avventura SETI è sicuramente legata ad un nome: **Frank Drake**.

Aveva letto, su Nature, un articolo di **Philip Morrison e Giuseppe Cocconi** che proponevano l'utilizzo delle onde radio come mezzo per "comunicare" con eventuali civiltà intelligenti extraterrestri.

Suggerì subito al direttore del radiotelescopio Green Bank, ove lavorava, di utilizzare le nuove attrezzature per questa ricerca, beneficiando delle ultime novità tecnologiche in fatto di telecomunicazione.



Equazione di Drake

$$N = R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

N = numero di civiltà in grado di comunicare

R = numero di stelle che nascono ogni anno nella galassia

f_p = frazione di stelle che possiedono sistemi planetari

n_e = numero medio di pianeti adatti alla vita (in ciascun sistema planetario)

f_l = frazione di tali pianeti in cui la vita effettivamente si sviluppa

f_i = frazione dei pianeti abitati sui quali (durante il ciclo di vita del sole locale) evolvono forme di vita intelligenti

f_c = frazione di pianeti popolati da esseri intelligenti capaci di sviluppare una civiltà tecnica progredita

L = durata di vita media di questa civiltà.

Ha senso chiedersi "siamo soli nell'universo" ?

...oggi sì perché...



1) È stata confermata la presenza di nuovi pianeti esterni al nostro sistema solare .



2) Sono stati rivelati, in nubi interstellari, molti elementi chimici e molecole complesse tra quelle necessarie alla chimica della nostra vita.



SETI Searches Today

3) L' attuale tecnologia ci permette di effettuare i primi tentativi di ricerca.

Per ricevere un eventuale segnale...

... ho molte variabili da tenere in considerazione:

- 1) Frequenza? (su quale frequenza sintonizzo il radiotelescopio?)
- 2) Direzione? (In quale direzione puntiamo l'antenna?)
- 3) Tipo di Polarizzazione (circolare Dx, Circolare Sx, Orizz., Vert.)
- 4) Segnale modulato o monocromatico?
- 5) Se modulato, che tipo di modulazione? (CW, AM, FM, etc..)
- 6) Di quale sensibilità ho bisogno?
- 7) Quando ascoltare?

SETI oggi, in Italia: il progetto Serendip

Non sapendo esattamente su **che frequenza** sintonizzare, **dove puntare** l'antenna, **come, quando** ed **in quale modo osservare**, tanto vale procedere a caso...

ovvero far lavorare il SERENDIP in parallelo alle osservazioni in corso!

I "falsi allarmi"

- Pulsar (1967)
- Il segnale "Wow" (1977)
- Recenti segnali "candidati"?

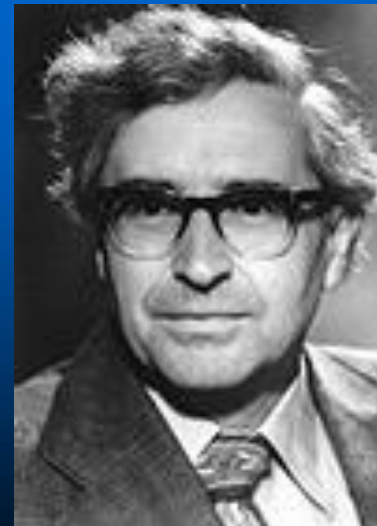
Pulsar



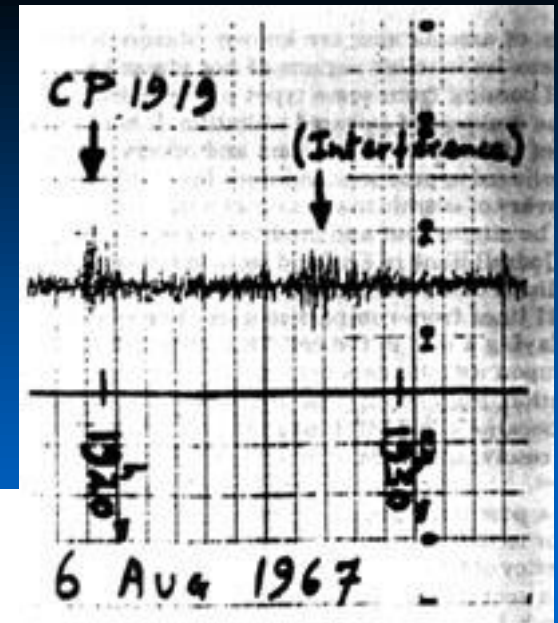
Jocelyn Bell Burnell
a Cambridge (England)
tra i 2046 dipoli
costituenti l'antenna
progettata da Hewish



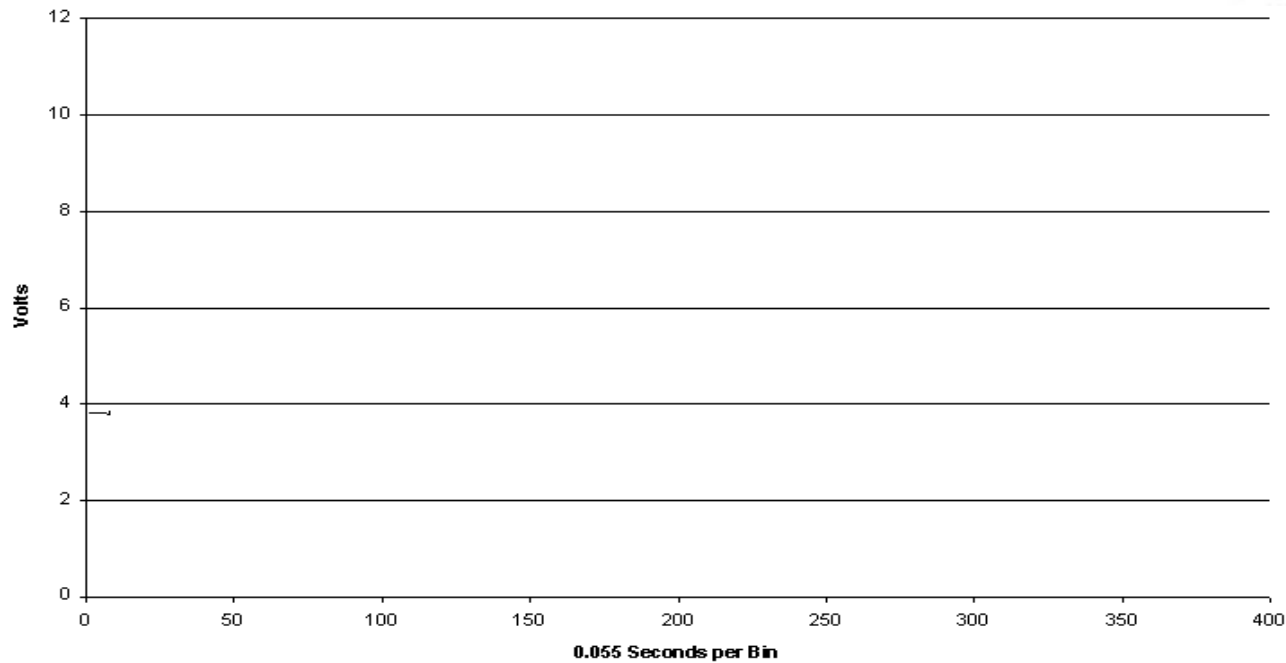
Antony Hewish (Nobel nel 1974)



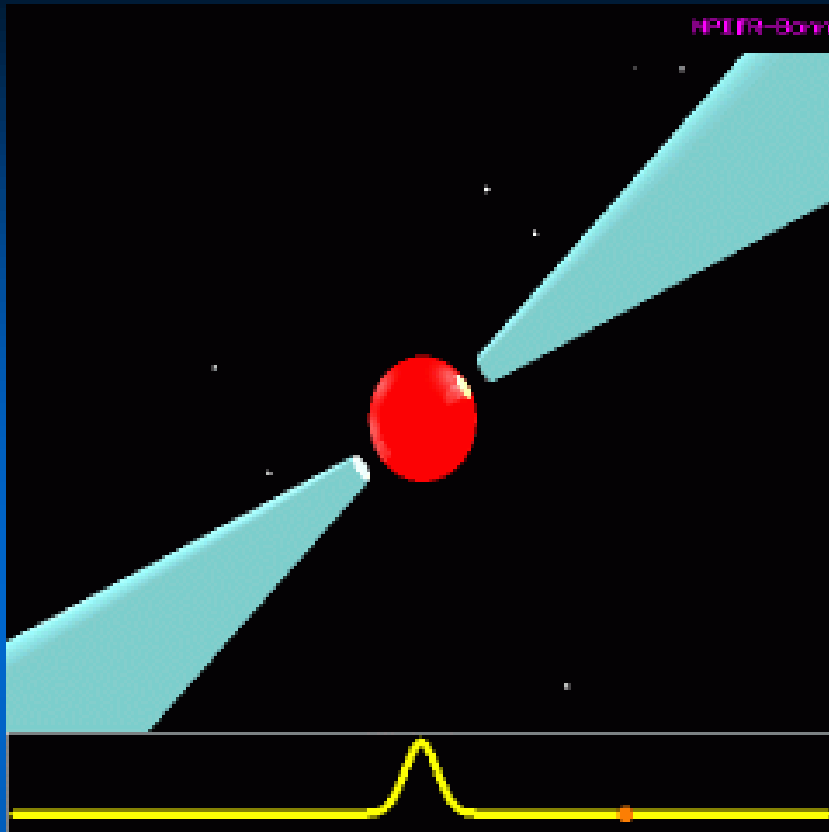
Pulsar



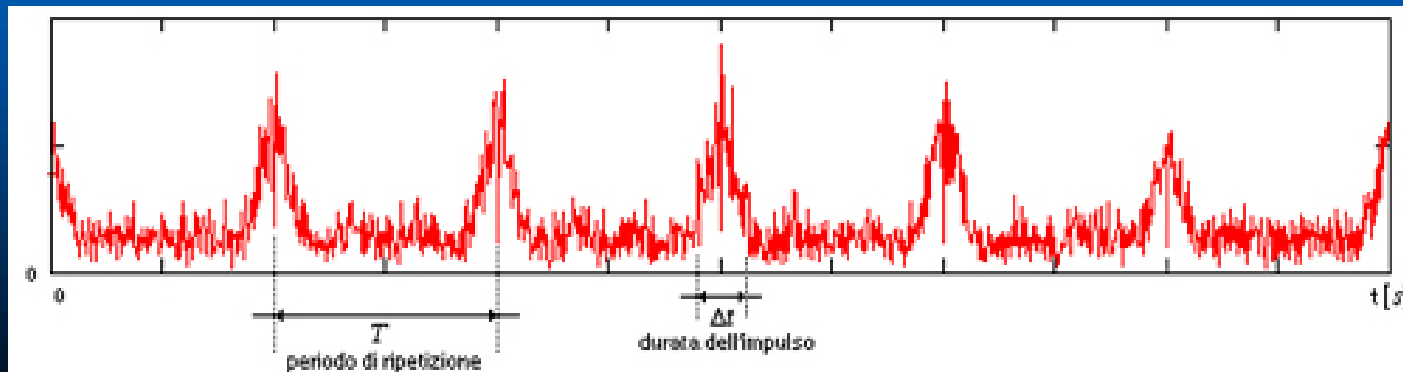
Pulsar B1919+21/21 Sept 2004



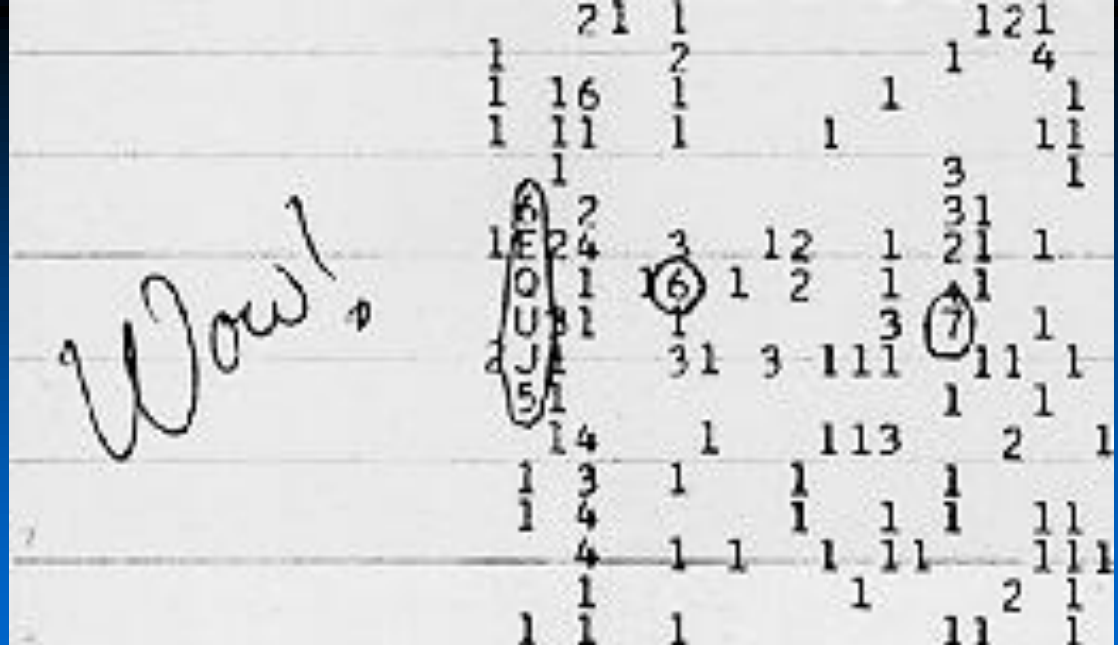
Pulsar



Esempio di registrazione “sonora”:
“Pulsar Vela”, ovvero PSR 0833-45,
resto di una supernova, con periodo di
rotazione di 89.3 millisecondi o 11
rotazioni al secondo

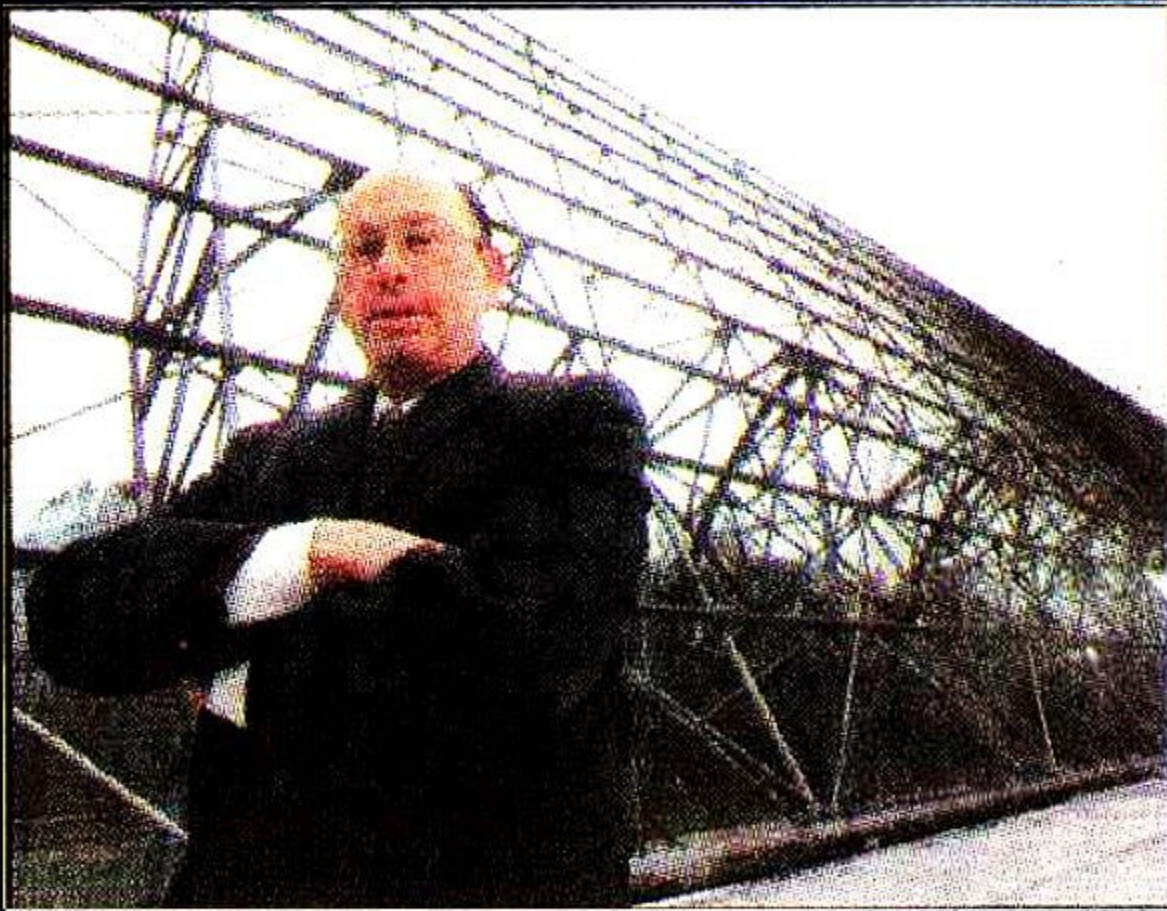


Il segnale "Wow"

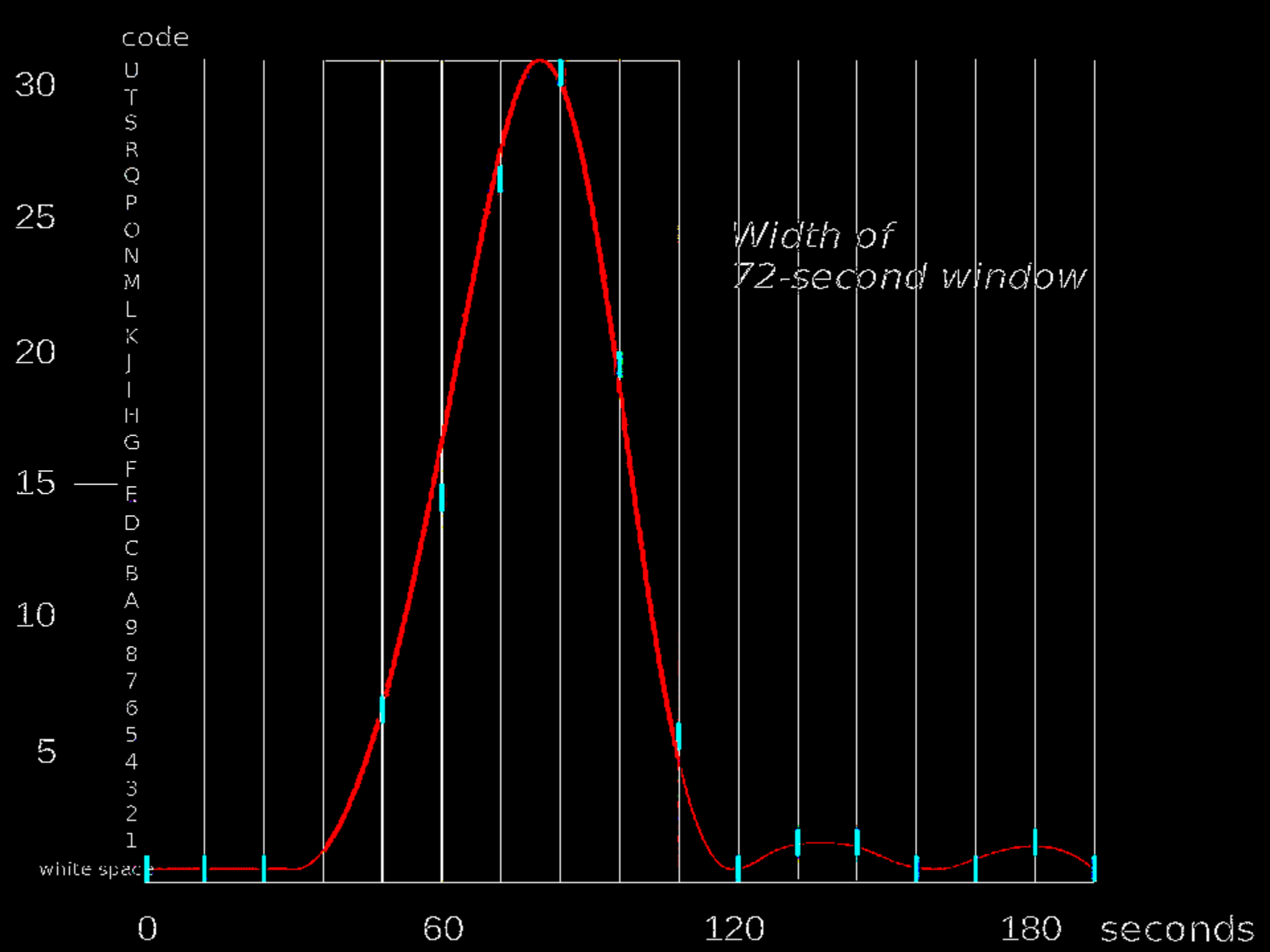


La sera del 15 agosto 1977 un segnale radio a banda molto stretta e di particolare potenza raggiunse il nostro pianeta e venne registrato dal radiotelescopio Big Ear (Ohio, USA) nell'ambito del programma SETI. Lo strumento operava in modo automatico e non c'era l'operatore. Alcuni giorni dopo Jerry R. Ehman, uno dei ricercatori che aveva realizzato parte del software dell'impianto, passò a raccogliere i dati per analizzarli.

Su un canale, anziché la colonna dei soliti numerini "1 o 2" lesse stupefatto la sequenza "6EQUJ5"; era un tipo di sequenza che si sarebbe aspettato di trovare se, un giorno, un segnale molto potente e di banda strettissima avesse raggiunto la terra.



Jerry Ehman, photographed in front of the Big Ear radio telescope in 1995, detected a 70-second burst that came to be known as the “Wow!” signal. Big Ear was demolished in 1998. Project Argus is its successor.



Caratteristiche del "Wow signal"

Questa sequenza, apparentemente incomprensibile, stava ad indicare la presenza per una durata di circa 2-3 minuti, di un segnale con frequenza tipica dell'idrogeno neutro interstellare a 1420 MHz e con una banda non più larga di 10 kHz la cui intensità, al massimo, raggiungeva e superava di oltre 30 volte il rumore di fondo cosmico.

In quel momento il radiotelescopio puntava verso una zona in piena costellazione del Sagittario.

Si dibatte ancora oggi il caso; purtroppo il *WOW signal* non si è più ripresentato e non ci sono ulteriori dati che permettano di far luce su questo che qualcuno ancora oggi definisce un segnale misterioso.

Chi-1 Sgr



Signal



266P

335P

M55

Sagittarius

| | B1950 equinox | J2000 equinox |
|--------------------|---|---|
| RA (positive horn) | $19^{\text{h}}22^{\text{m}}24.64^{\text{s}} \pm 5^{\text{s}}$ | $19^{\text{h}}25^{\text{m}}31^{\text{s}} \pm 10^{\text{s}}$ |
| RA (negative horn) | $19^{\text{h}}25^{\text{m}}17.01^{\text{s}} \pm 5^{\text{s}}$ | $19^{\text{h}}28^{\text{m}}22^{\text{s}} \pm 10^{\text{s}}$ |

In contrast, the declination was unambiguously determined to be as follows:

| | B1950 equinox | J2000 equinox |
|-------------|--------------------------|--------------------------|
| Declination | $-27^{\circ}03' \pm 20'$ | $-26^{\circ}57' \pm 20'$ |

Un segnale "candidato"

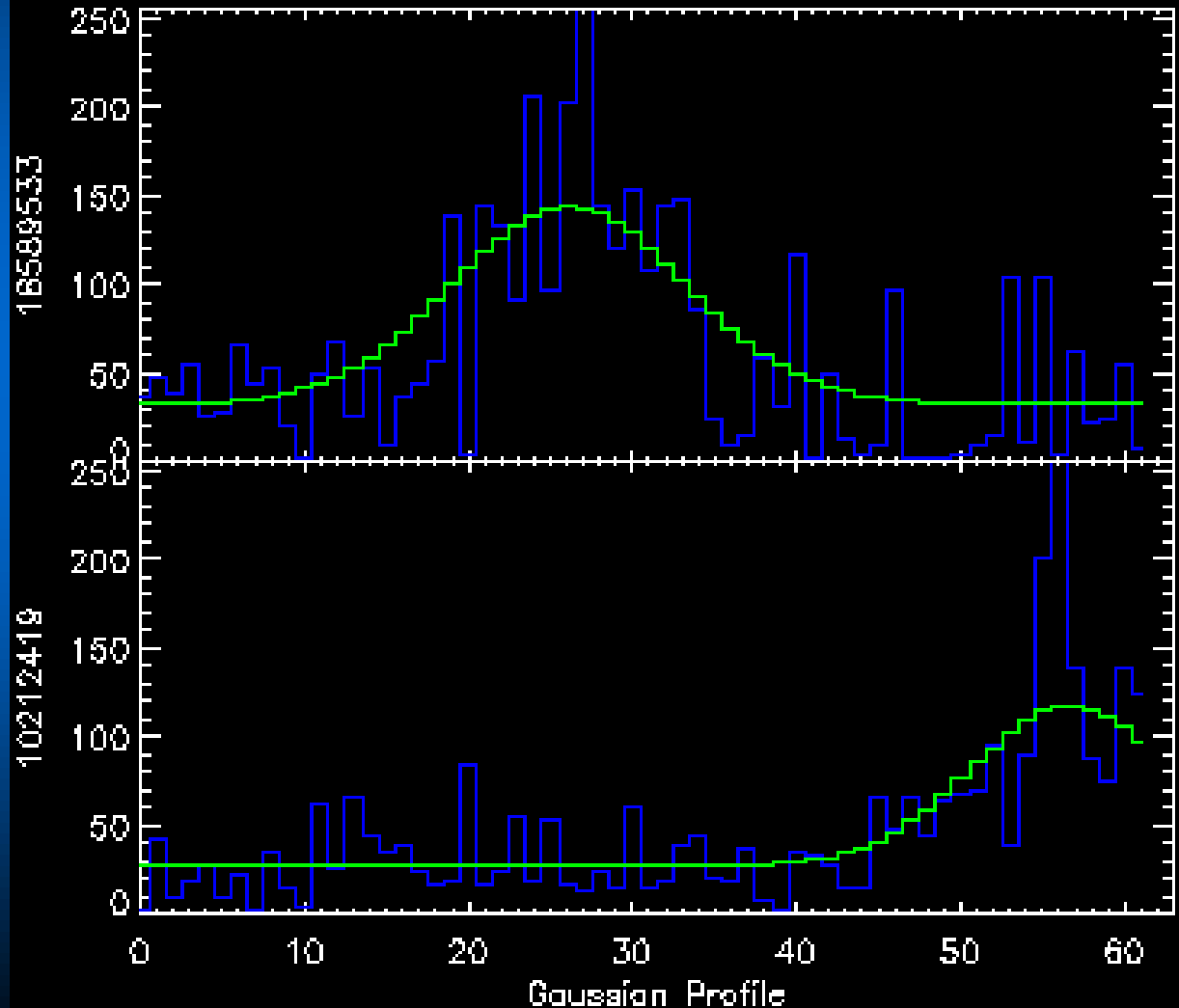
(ricevuto nel marzo 2003)

SHGb02+14a

non sembra prodotto da fenomeni astronomici conosciuti ,

non sembra un'interferenza naturale.

Restano ancora, ovviamente, molti dubbi, ma gli scienziati del Seti dichiarano che il segnale è il miglior "candidato" da quando la loro ricerca ha avuto inizio.



seti@home è il primo esempio di *calcolo distribuito*



SETI@home è un esperimento scientifico che usa i computer connessi ad internet, di noi utenti "normali", per la ricerca di intelligenza extraterrestre.

Puoi partecipare installando sul tuo computer un programma gratuito che scarica ed analizza dati provenienti dai radio telescopi.

<http://setiweb.ssl.berkeley.edu/>

Il Progetto SETI@home nasce in seno al Progetto S.E.T.I., ed è attualmente gestito dalla Berkeley University. Nel 1997 si svilupparono i prototipi dei client e i software per i server

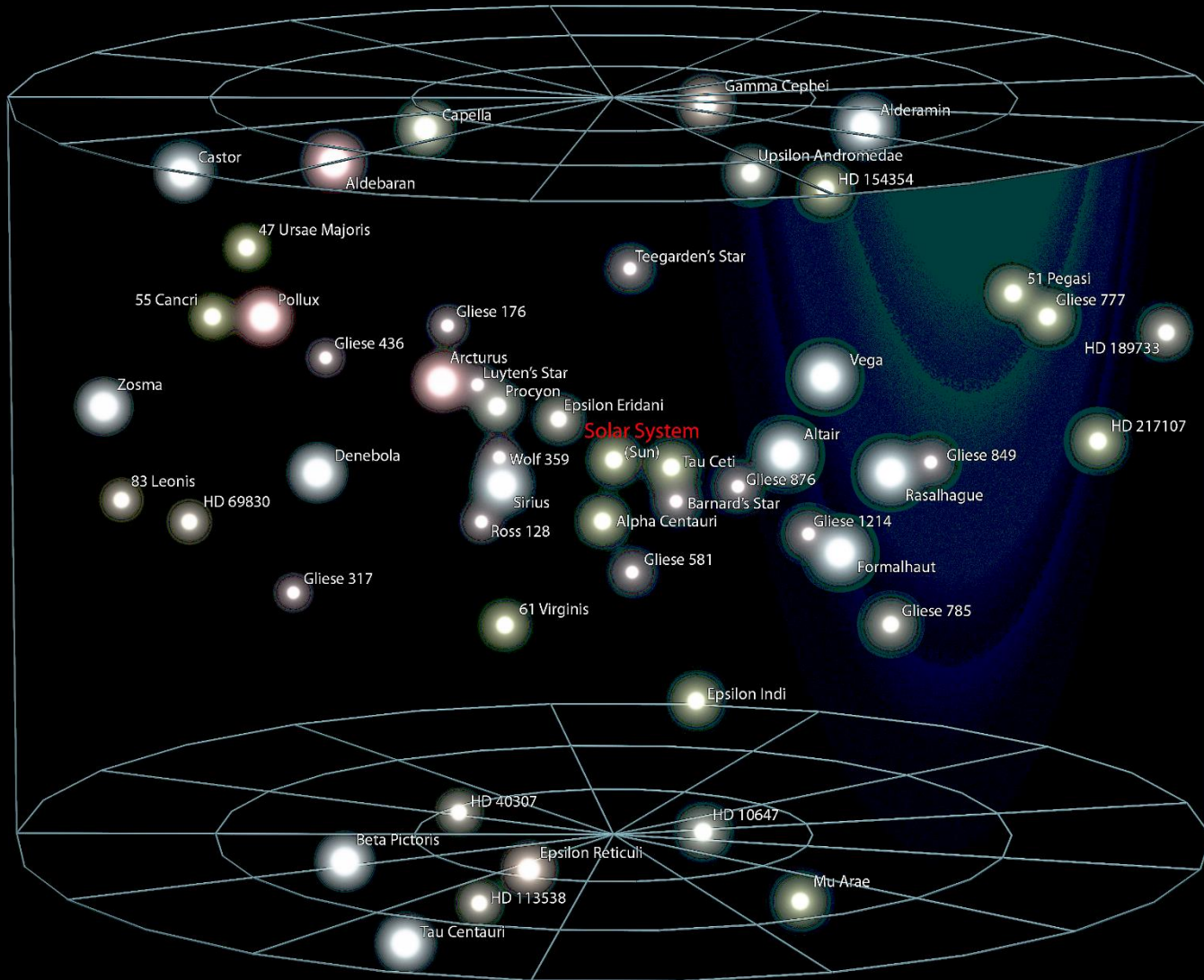


Allen Telescope Array

Il progetto M.E.T.I. (Messaging to ExtraTerrestrial Intelligence)

...Visto che non si riceve
nulla, proviamo a trasmettere
noi...

INTERSTELLAR NEIGHBORHOOD



| Star | Designation | Constellation | Date sent | Arrival date | Message | |
|---------------|-------------|---------------|---|----------------|---------------------|----------------------|
| Messier 13 | NGC 6205 | Hercules | November 16, 1974 | approx. 25974 | Arecibo message | |
| 16 Cyg A | HD 186408 | Cygnus | May 24, 1999 | November 2069 | Cosmic Call 1 | |
| 15 Sge | HD 190406 | Sagitta | June 30, 1999 | February 2057 | | |
| ? | HD 178428 | Sagitta | June 30, 1999 | October 2067 | | |
| GI 777 | HD 190360 | Cygnus | July 1, 1999 | April 2051 | | |
| ? | HD 197076 | Delphinus | August 29, 2001 | February 2070 | Teen Age Message | |
| 47 UMa | HD 95128 | Ursa Major | September 3, 2001 | July 2047 | | |
| 37 Gem | HD 50692 | Gemini | September 3, 2001 | December 2057 | | |
| ? | HD 126053 | Virgo | September 3, 2001 | January 2059 | | |
| ? | HD 76151 | Hydra | September 4, 2001 | May 2057 | | |
| ? | HD 193664 | Draco | September 4, 2001 | January 2059 | Cosmic Call 2 | |
| ? | HIP 4872 | Cassiopeia | July 6, 2003 | April 2036 | | |
| ? | HD 245409 | Orion | July 6, 2003 | August 2040 | | |
| 55 Cnc | HD 75732 | Cancer | July 6, 2003 | May 2044 | | |
| ? | HD 10307 | Andromeda | July 6, 2003 | September 2044 | | |
| 47 UMa | HD 95128 | Ursa Major | July 6, 2003 | May 2049 | Across the Universe | |
| Polaris | HIP 11767 | Ursa Minor | February 4, 2008 | 2439 | | |
| Gliese 581 | HIP 74995 | Libra | October 9, 2008 | 2029 | | |
| Gliese 581 | HIP 74995 | Libra | August 28, 2009 | 2030 | | |
| Polaris | HIP 11767 | Ursa Minor | October 10, 2016 | 2450 | | |
| Luyten's Star | HIP 36208 | Canis Minor | October 16-18, 2017; May 14-16, 2018 | March 2030 | | |
| | | | | | | Sónar Calling GJ273b |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

ma... i risultati?

La ricerca SETI è una delle più complesse sfide tecnologiche che l'uomo abbia mai colto. Fino ad ora non si sono ottenuti risultati però la nostra convinzione ci spinge a cercare in tutti gli angoli della nostra galassia in cui l'attuale tecnologia ci permette di arrivare.

Se, ad es., tra 20 anni non avessimo ancora ricevuto nulla, potrebbe volere dire solo che abbiamo cercato nel modo, nel momento e nel punto sbagliato...per cui si continuerà perché...

... LA MANCANZA DELL'EVIDENZA NON
SIGNIFICA L'EVIDENZA DELLA MANCANZA
(Martin Rees)

Riferimenti utili

Radiotelescopi principali

M.I.T. <http://www.haystack.mit.edu/>

Arecibo <http://www.naic.edu/>

Green Bank <http://www.gb.nrao.edu>

Socorro <http://www.aoc.nrao.edu/>

Parkes <http://www.parkes.atnf.csiro.au/>

Medicina www.ira.cnr.it

Seti

<http://seti1.setileague.org/>

<http://setiweb.ssl.berkeley.edu/>

http://www.mconsult.it/seti/faq_seti.htm