



# 2° Corso di Didattica della Radioastronomia

## Mappa della radiazione lunare

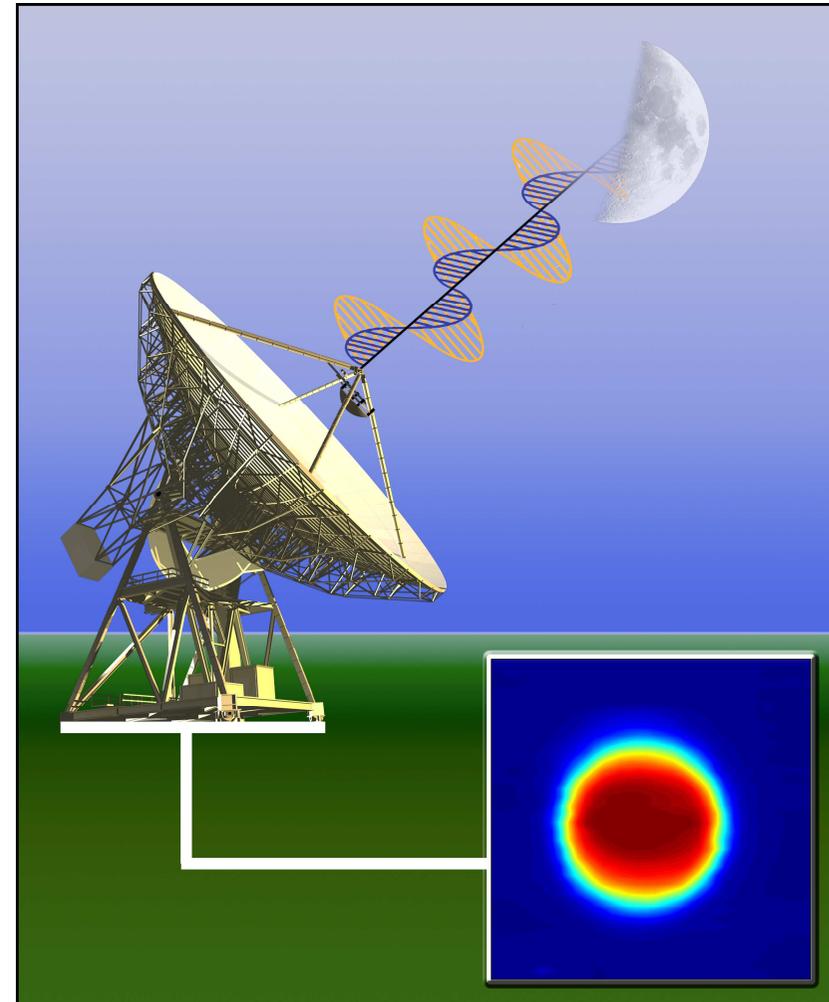
Sergio Poppi

Osservatorio Astronomico di  
Cagliari



# Panoramica

- **Scopo**: Misura della distribuzione della radiazione lunare a 8.3GHz
- **Metodo**: Mappa utilizzando l'antenna "single-dish" da 32m

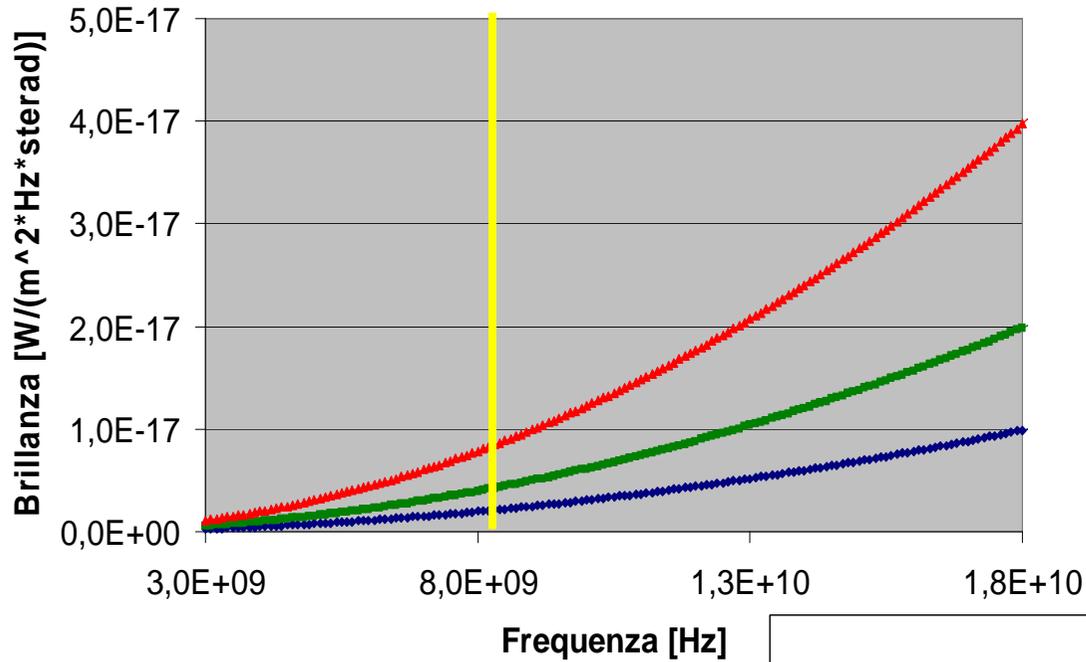


## La radiazione lunare

- L'emissione radio della luna **non** è emissione riflessa. La radiazione solare riscalda il suolo lunare, il quale emette radiazione termica descritta dalla legge di **corpo nero**.

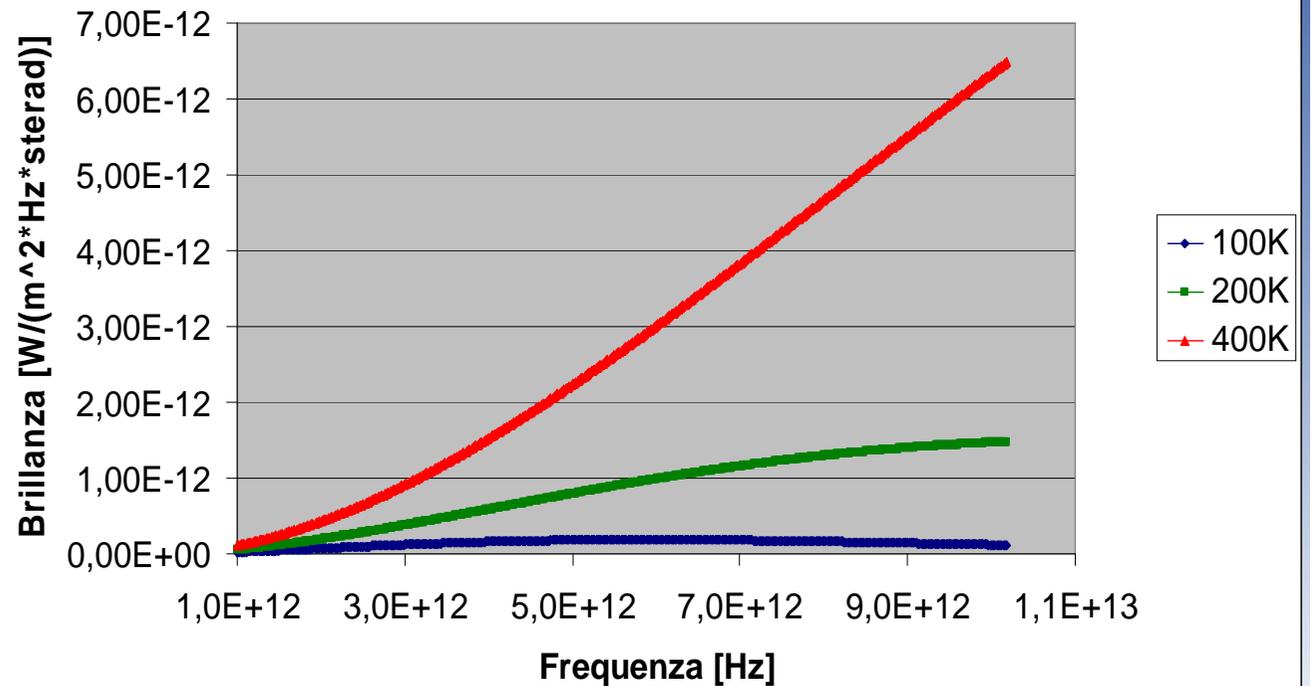
$$B = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

### Brillanza del corpo nero



← Curve di Planck  
(da 3 GHz a 18 GHz)

### Brillanza del corpo nero



Curve di Planck →  
(da 1 THz a 11 THz)

## La radiazione lunare

- Il Sole illumina periodicamente ogni punto della superficie, con periodo di 29,5 giorni.
- Si creano così **onde di temperatura**, ciascuna con diversa ampiezza e fase.

$$T = T_0 + T_1 \cos(\omega\tau + \varphi_1) + T_2 \cos(2\omega\tau + \varphi_2) + \dots + T_n \cos(n\omega\tau + \varphi_n)$$

# La Luna che osserveremo

## Coordinate celesti

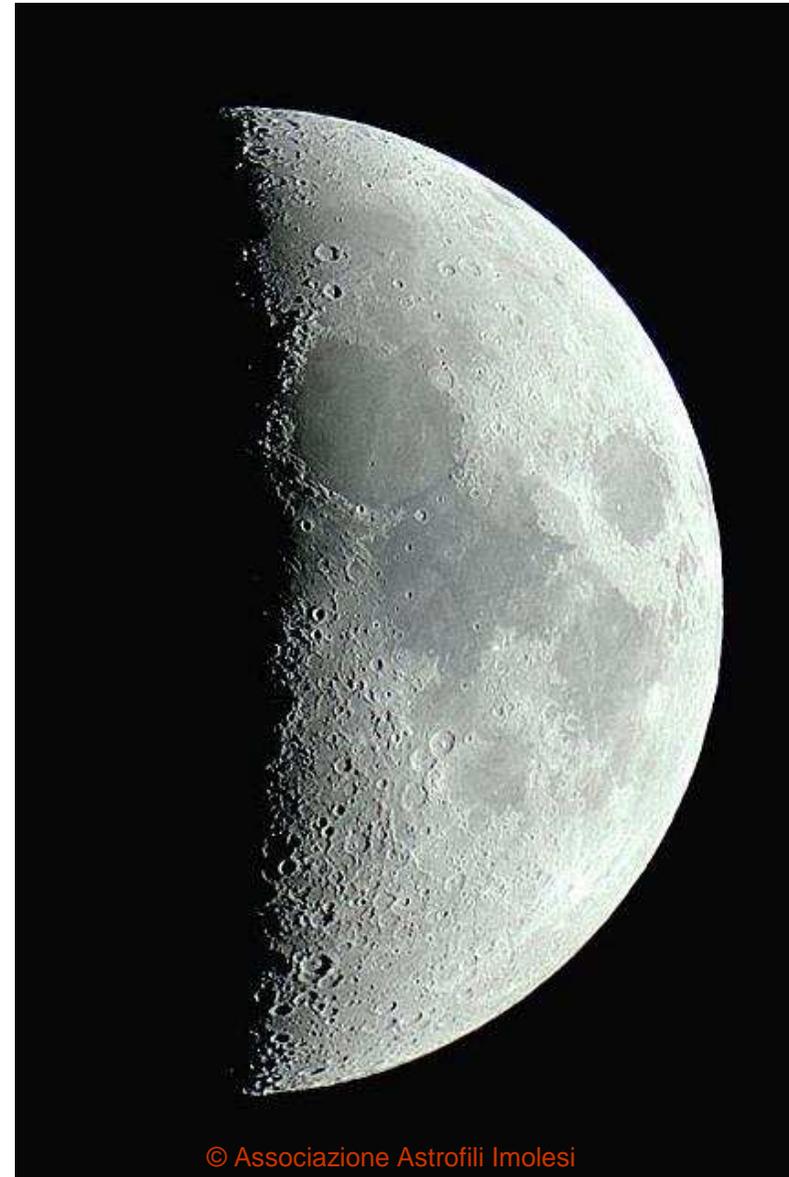
(ore 12:30 UT, 13/04/2008)

Ascensione Retta: 08h26m01s.8

Declinazione:  $20^{\circ}47' 29''.78$

Epoca: J2000

Dimensioni apparenti:  $31' 37''$



© Associazione Astrofili Imolesi

# Map making

---

- Un radiotelescopio single-dish misura l'intensità della radiazione proveniente da un'unica, determinata posizione.
- In analogia con i sensori ottici (CCD o CMOS), si può affermare che il beam di un radiotelescopio equivale ad 1 pixel, di diametro angolare pari al FWHM.
- Per realizzare mappe di oggetti estesi o ampie aree di cielo è quindi necessario eseguire puntamenti in direzioni distinte, in modo da coprire la superficie desiderata.

## Tecniche di mappatura

- **Raster Scan**: Vengono eseguiti puntamenti discreti, lasciando l'antenna ferma in acquisizione per il tempo di integrazione richiesto.



- **On The Fly (OTF)**: All'antenna viene dato un modo di inseguimento aggiuntivo a quello siderale. L'acquisizione avviene durante il movimento.

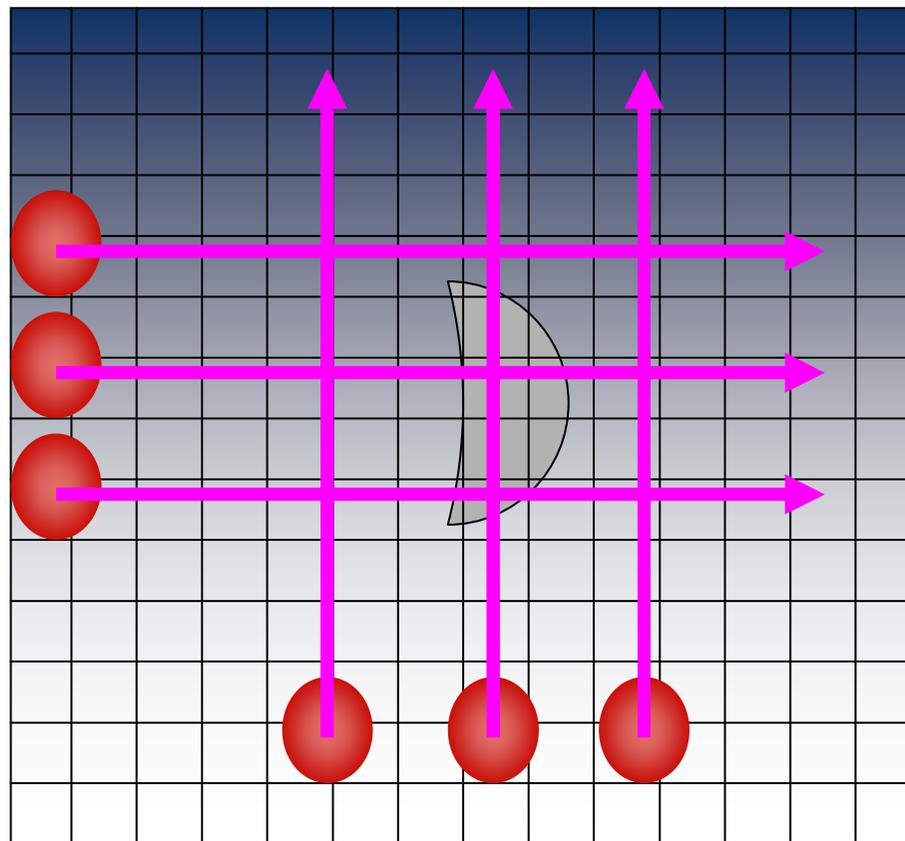


## Tecniche di mappatura

---

- Per il nostro esperimento adotteremo la mappatura **OTF**
- Selezioneremo un'area di cielo di dimensioni  $1^\circ \times 1^\circ$ , centrata sulla Luna
- L'area verrà mappata effettuando delle "scansioni" in due direzioni ortogonali (lungo le coordinate celesti AR e Dec)

# Tecniche di mappatura



## Tecniche di mappatura

Requisito fondamentale per le mappe:  
data la larghezza del beam a metà altezza  
(HPBW), la distanza tra due pixel ( $\Delta x$ )  
deve soddisfare la seguente relazione

$$\Delta x < \frac{1}{2HPBW}$$

Teorema del campionamento critico.  
Criterio di Nyquist

## Tecniche di mappatura

---

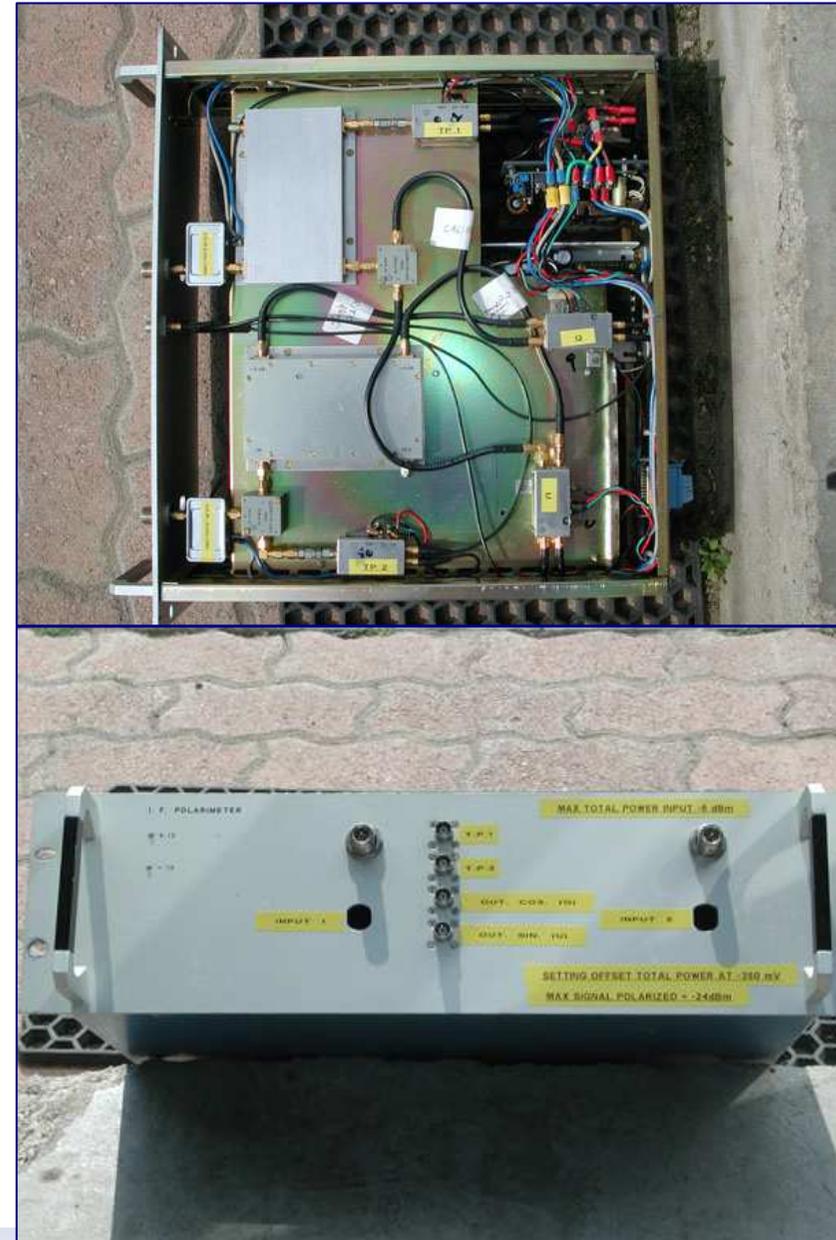
- A 8.3 GHz la *HPBW* è 4',8
- Per il criterio di Nyquist la separazione tra due scan adiacenti dovrà essere

$$\Delta x < 2',4$$

- La separazione tra scan successivi sarà di 1',6
- La velocità di scansione sarà di 60 arcsec/s

# Acquisizione dati

- Il sistema di acquisizione dati che utilizzeremo è un **polarimetro**
- In ingresso vi sono i due segnali a frequenza intermedia (IF) che vengono forniti dal ricevitore
- Il polarimetro fornisce 4 uscite: due di esse rappresentano la potenza di ciascun ingresso, le altre due la potenza del segnale polarizzato linearmente proveniente dalla sorgente



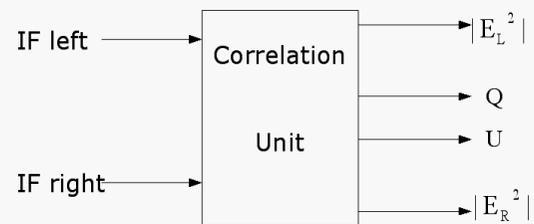
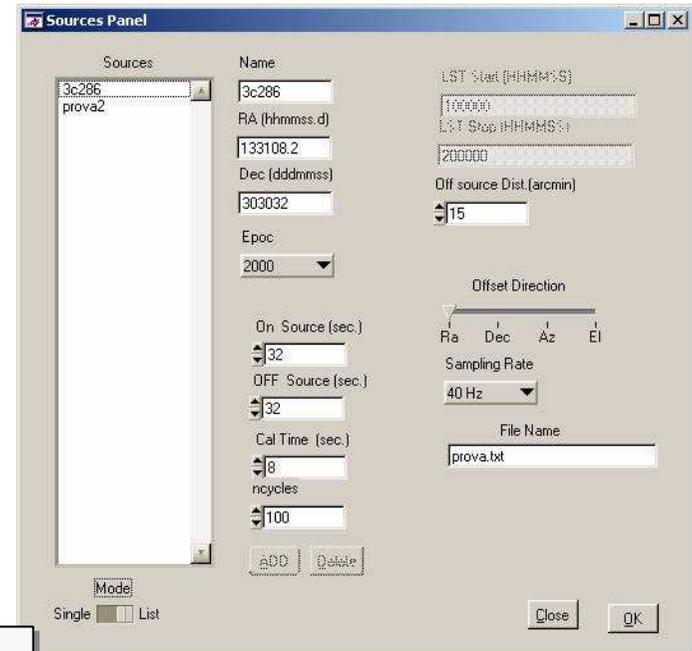
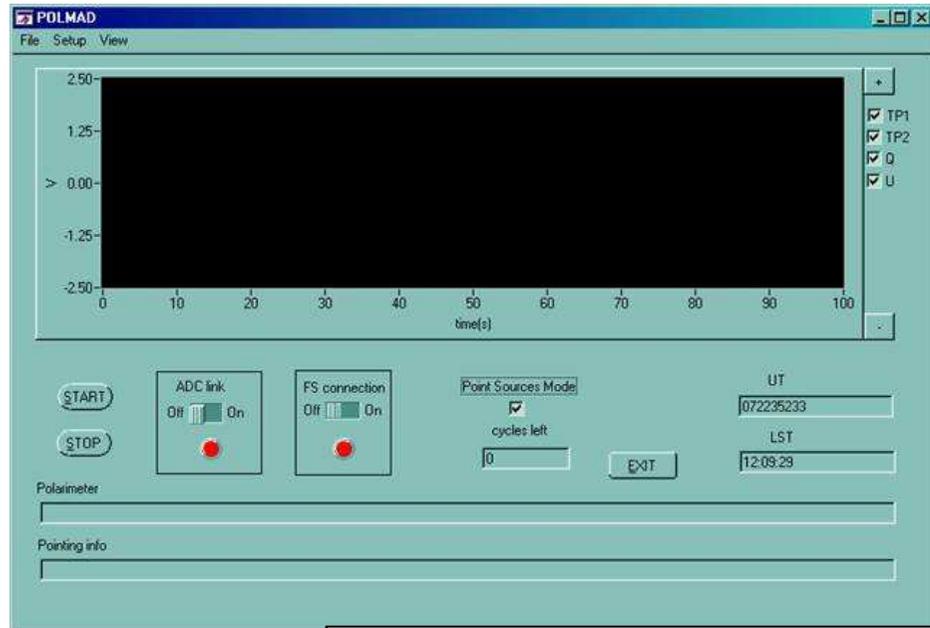
# Polarizzazione

---

- Rappresenta lo stato di un'onda elettromagnetica, dove il vettore del campo elettrico oscilla su un piano
- Si indica con i **parametri di Stokes**: I, Q, U
- I è la potenza totale del segnale
- Q e U descrivono la polarizzazione lineare del segnale

[Applet Onda Elettromagnetica](#)

# Polarimetro



# Polarimetro

---

- Il polarimetro fornisce i dati in uscita ad un "ritmo" di 10Hz (cioè un dato ogni 0,1 secondi)
- Data una velocità di scansione di 100 arcsec/s, tra un dato e il successivo l'antenna si è spostata di 10 arcsec: il criterio di Nyquist è pienamente soddisfatto.
- Formato del file in uscita: file ASCII, dopo un header iniziale vi sono i dati disposti in colonne.

# Polarimetro

## Formato dati in uscita

1. Giorno ed ora (UT) di acquisizione dato nel formato DDDHHMMSS, dove DDD è il giorno dell'anno (da 1 a 365/366), HH, MM, SS indicano rispettivamente ore minuti e secondi
2. Total Power 1 (Volt, scala arbitraria)
3. Total Power 2 (Volt, scala arbitraria)
4. Q (polarizzazione lineare)
5. U (polarizzazione lineare)
6. Flag dato e stato Marca (ON \_\_\_\_, on-source ; OFF\_\_\_\_, off-source; OFFCAL, off-source e marca di calibrazione attivata)
7. Flag stato antenna (1 = tracking, 0 = slewing).
8. RA (J2000) in radianti (solo modalità mappe)
9. DEC (J2000) in radianti (solo modalità mappe)

# Calibrazione del segnale

---

- Calibrare il segnale significa operare una conversione dei segnali misurati in grandezze fisiche. Questo avviene confrontando il segnale misurato (di intensità incognita) con segnali di intensità nota
  1. **Calibrazione interna:** attraverso una marca di calibrazione viene iniettato un segnale di intensità nota
  2. **Calibratore astronomico:** si osserva una radiosorgente di cui è noto il flusso

# Calibrazione

Per calibrare le nostre mappe utilizzeremo la seguente sorgente

- Radiosorgente:  
quasar 3C 286
- A.R: 13h 31m 08s.2881  
Dec: +30° 30' 32".960  
(J2000)
- Flusso alla frequenza di  
interesse: 5,02 Jy  
([Calibratori VLA](#))

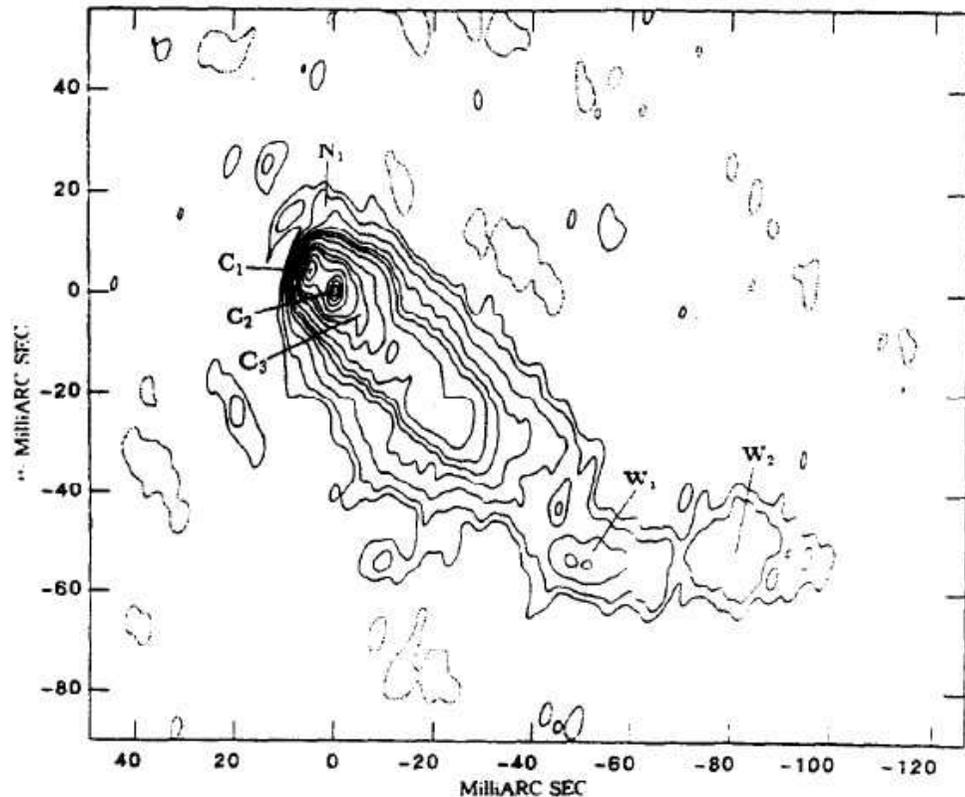


Fig. 2 A VLBI image of 3C 286 at  $\lambda 18$  cm

Zhang F., 1997

# Calibrazione del segnale

---

- Il calibratore verrà osservato mediante la tecnica ON-OFF
- La tecnica ON-OFF prevede di effettuare puntamenti alternati su una sorgente e su una posizione di riferimento (priva di sorgenti).

# Calibrazione

---

- La calibrazione rappresenta una delle fasi più cruciali delle osservazioni radioastronomiche in quanto :
  - permette la conversione delle misure in unità fisiche (e.g. da conteggi a K);
  - Consente di correggere le misure per l'assorbimento atmosferico e la variazione di guadagno

## Calibrazione del segnale

- Viene fatta una misura della differenza tra le posizioni on-source e off-source, in unità arbitrarie  
 $\Delta T = \text{ON-OFF}$
- Siccome il flusso del calibratore è noto, è possibile ottenere il coefficiente di conversione da unità arbitrarie a temperatura di brillantezza.

$$B = \frac{S}{\Omega_B} \quad \longrightarrow \quad C_{cal} = \frac{T_B}{\Delta T}$$
$$T_B = \frac{c^2 B}{2\nu^2 k} = \frac{c^2 S}{2k\nu^2 \Omega_B}$$