



# Attività didattica sperimentale presso l'Università dell'Aquila

**IZ 6 BAJ**

Piero Tognolatti, IØKPT

Dip. Ingegneria Elettrica e dell'Informazione, Università dell'Aquila





IZ6BAJ

# Outline

- Collegamenti per riflessione lunare (1.3 e 10 GHz)
- Progettazione antenne & LNA
- Partecipazione a missione ESA/ESMO
- Tesi di Laurea in ambito spaziale
- Attività future



IZ6BAJ

# Outline

- Collegamenti per riflessione lunare (1.3 e 10 GHz)
- Progettazione antenne & LNA
- Partecipazione a missione ESA/ESMO
- Tesi di Laurea in ambito spaziale
- Attività future



IZ6BAJ

## Collegamenti per riflessione lunare

- **Il 12 dicembre 2001 ricorreva il 1° centenario del primo collegamento transatlantico ad opera di Guglielmo Marconi: il CNR e la Fondazione Guglielmo Marconi celebravano l'evento anche con un singolare esperimento....**
- **Il Corso di Antenne è ormai alle ultime lezioni: si decide di partecipare all'evento progettando ed allestendo una stazione radio ricevente (EME –RO).**
  - ✓ Il progetto del collegamento Bologna - Luna - L'Aquila
  - ✓ La realizzazione
  - ✓ La caratterizzazione dell'impianto ricevente (mediante misura G/T)
  - ✓ L'allestimento di un canale ausiliario bidirezionale con Bologna, in HF
  - ✓ La ricezione dei segnali e la loro analisi



IZ6BAJ

## Caratteristiche del collegamento a 1.3 GHz

**Frequenza 1.2961 GHz**

**Antenna 32m (G=50 dBi) del Radiosservatorio Astronomico di Medicina -BO**

**Polarizzazione circolare**

**Potenza 150 W (CW)**

- Analisi del *link-budget* (per individuare le caratteristiche della antenna ricevente)
- Segnali audio (BW=2.4 kHz) e telegrafici (BW=500 Hz)
- Equazione del radar monostatico, dove la sezione di backscattering della Luna è calcolata mediante l'approssimazione della GO.  
(entrambe le antenne vedono la Luna all'interno del lobo principale)

Con un LNA allo stato dell'arte la ricezione di segnali audio richiede un'antenna ad apertura da 3m di diametro.

Per i segnali telegrafici è sufficiente un array di antenne a filo.

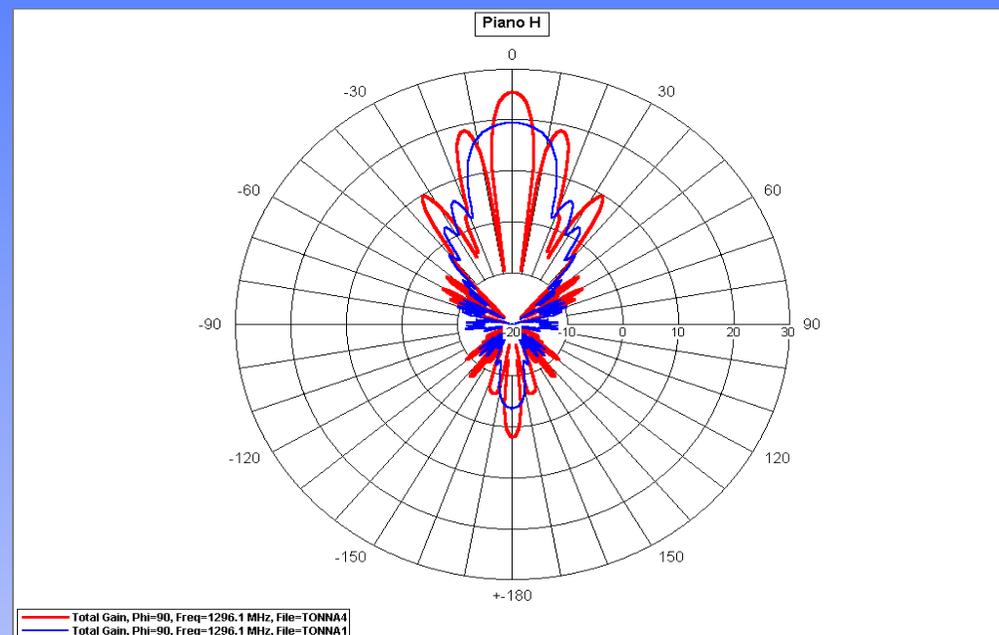
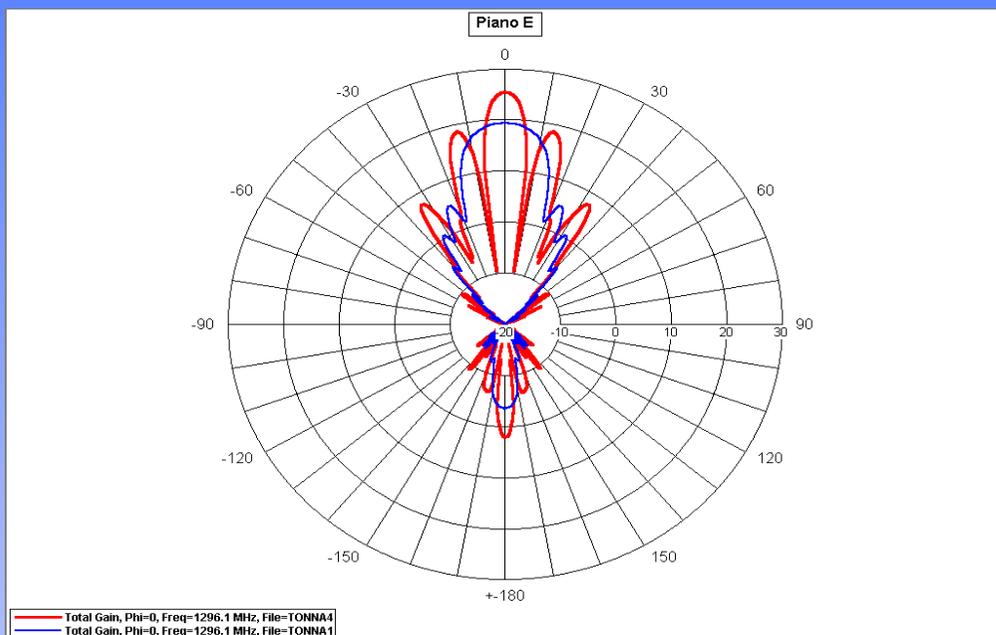
- Array di eliche
- Array di Yagi-Uda



IZ6BAJ

## L'antenna ricevente

Array broadside 2 x 2 di Yagi-Uda da 35 elementi con spaziatura  $3.55 \lambda$  (0.82m) \* su entrambi i piani.  
Polarizzazione lineare H. Guadagno stimato: 26 dBi



In blu il diagramma di radiazione della singola antenna Yagi-Uda; in rosso quello dell'intero array. Analisi mediante NEC-2D; 9 segmenti per elemento

\* Valori così grandi di spaziatura sono necessari per evitare che un eccessivo accoppiamento tra le antenne produca una riduzione del guadagno. Questo specifico valore di spaziatura produce un fattore d'array che cancella un lobo secondario dell'antenna particolarmente fastidioso per il contenimento della temperatura d'antenna.



IZ6BAJ

## Stima della temperatura d'antenna e di sistema

**Temperatura d'antenna  $T_a$ .** Una stima veloce, ma approssimata, di  $T_a$  è stata effettuata nel seguente modo:

• Si è supposto che:

- elevazione antenna:  $25^\circ$
- terreno con emissività unitaria e a 280 K
- temperatura di brillantezza del cielo: 10 K
- si trascura la presenza di stelle e della stessa luna

• Mediante NEC si è mediato il guadagno sulle due semisfere corrispondenti al cielo e alla terra, ottenendo i due pesi  $G_{\text{terra}} = 6.4E-2$  e  $G_{\text{cielo}} = 1.93$ . Mediante una media pesata si è quindi ottenuto  $T_a = 19$  K

**Temperatura equivalente ricevitore  $T_r$ .** E' stata calcolata conoscendo la cifra di rumore del primo amplificatore (LNA), che è  $NF = 0.5$  dB. Si ha  $T_r = 36$  K.

**Temperatura di sistema  $T_{\text{sys}}$ .** Dipende da  $T_a$ , da  $T_r$  e dall'attenuazione tra antenna e LNA. Tale attenuazione, dovuta alle perdite nelle antenne e nella rete di alimentazione dell'array, è stimata in 0.6 dB. Si ottiene  $T_{\text{sys}} = 100$  K e  $G/T = 6$  dB  $K^{-1}$

**Potenza di rumore  $P_n$ .** Si ha che  $P_n = KT_{\text{sys}}NB$ . Nel caso in cui  $B = 500$  Hz  $P_n$  assume il valore -181.6 dBW. Nel caso in cui  $B = 2.4$  kHz  $P_n$  aumenta di 6.8 dB.



IZ6BAJ

## Il link-budget definitivo

$P_{t_{dB}} = 21.8 \text{ dBW}$	$P_t = 150 \text{ W}$	<i>potenza trasmessa</i>
$G_t = 50 \text{ dB}$		<i>guadagno antenna TX</i>
$PL = -259 \text{ dB}$		<i>attenuazione RADAR</i>
$ML = -12 \text{ dB}$		<i>riflettività luna (tipica)</i>
$G_r = 26 \text{ dB}$		<i>guadagno antenna RX</i>
$MP = -3 \text{ dB}$		<i>mismatch polarizzazione</i>
$P_n = -181.6 \text{ dBW}$		<i>potenza rumore (B = 500 Hz)</i>
$S / N = P_{t_{dB}} + G_t + PL + ML + G_r + MP - P_n = +5.4 \text{ dB}$		

per la distanza al  
12/12/2001

Valore idoneo all'ascolto di un segnale  
telegrafico



IZ6BAJ

# La realizzazione dell'impianto



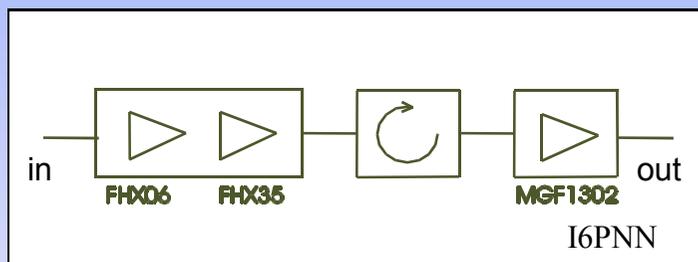
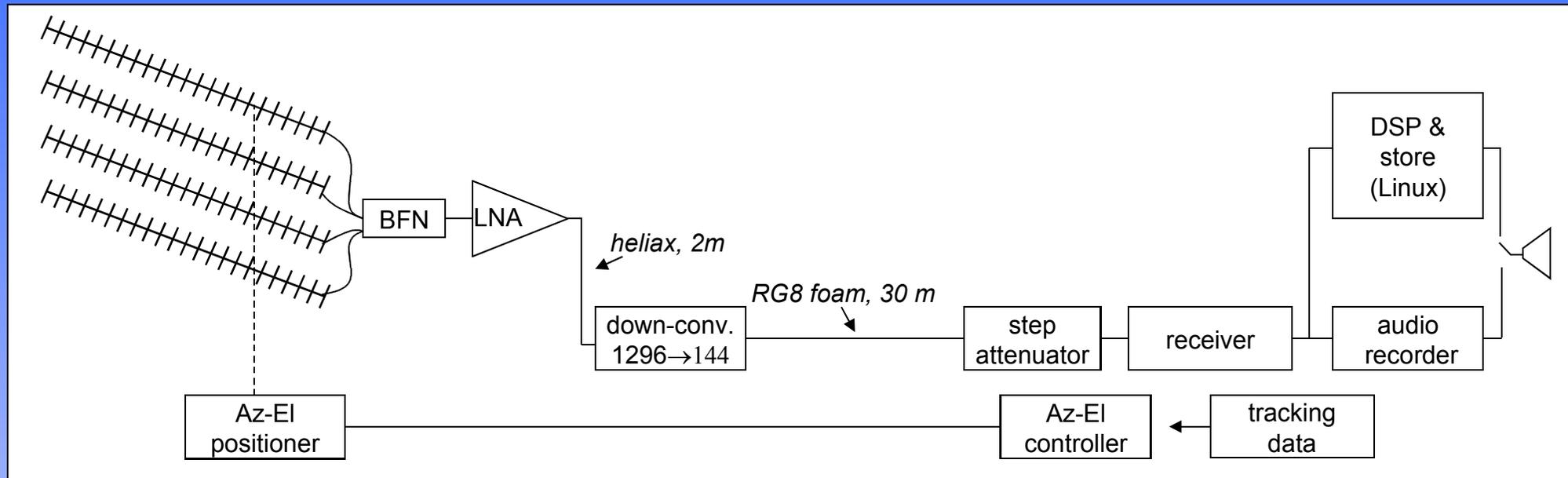
IZ6BMP, IW6NYW, I0KPT



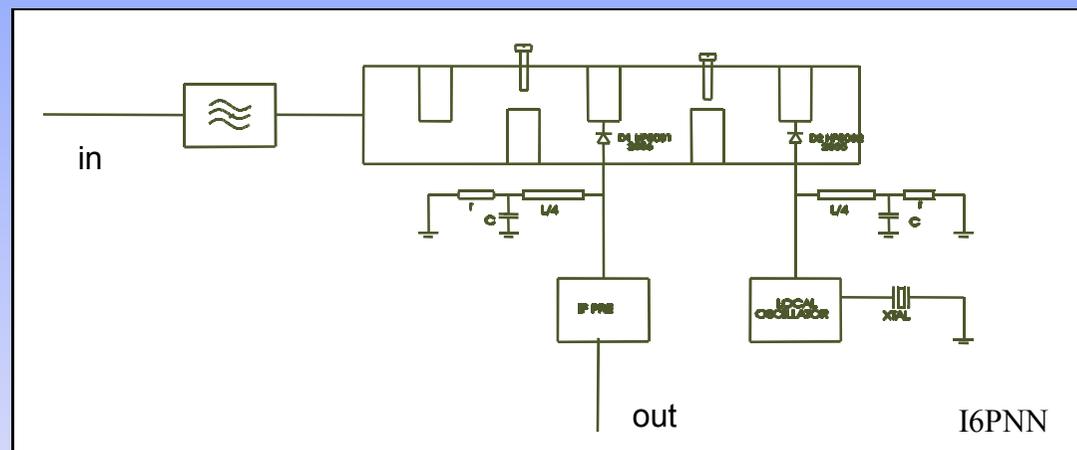


IZ6BAJ

# La realizzazione dell'impianto



LNA NF=0.5 dB



down-converter (1.296 GHz → 144 MHz)

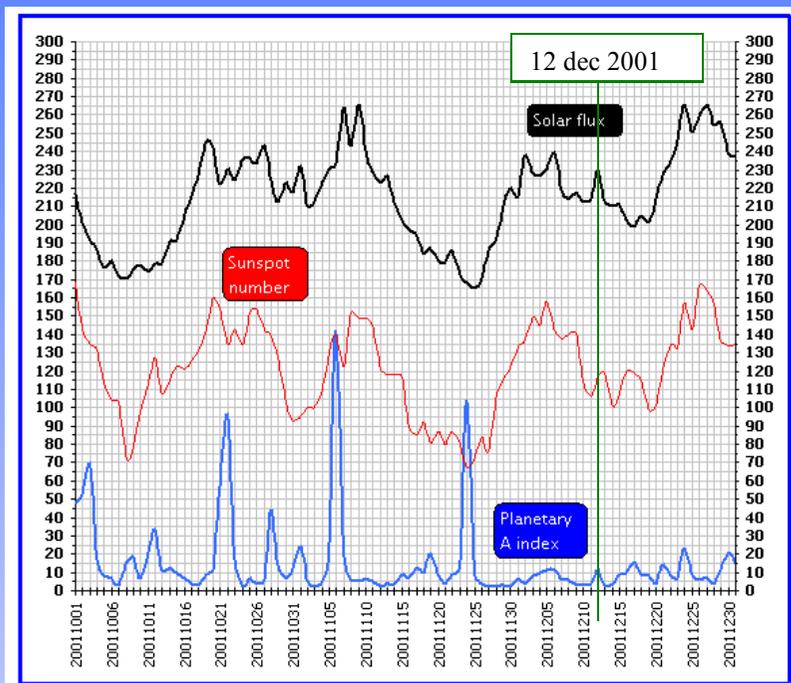


IZ6BAJ

# La caratterizzazione

Nel poco tempo a disposizione si è potuto effettuare solo una misura di G/T

Puntando l'antenna verso il Sole si è osservato un incremento  $\Delta T_{\text{sys}} \cong 8\text{dB}$



Punto per la calibrazione Az-EI

Si è misurato un  $G/T = 2.43 \text{ K}^{-1} = 3.9 \text{ dB K}^{-1}$

- 2.1 dB rispetto al valore stimato nel progetto.

Dec., 12 2001

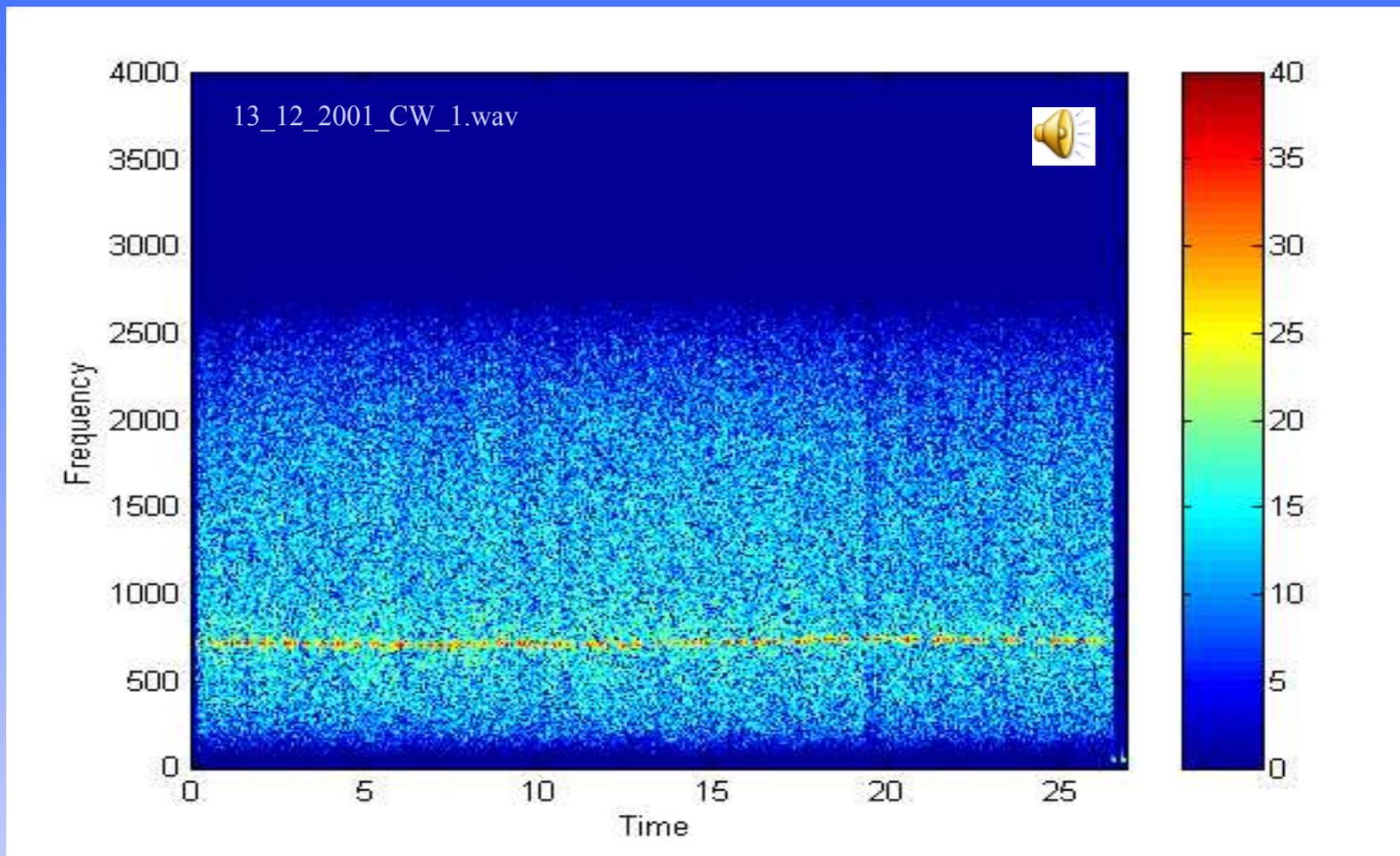
Frequency	245	410	606	1415	2695	4995	8800	15400	MHz
011211 SVTO	75	52		144	206	261	378	567	(San Vito, Italy)
011212 SVTO	19	40		151	209	261	369	569	
011213 SVTO	19	45		137	189	259	446	538	

Solar Flux is given in solar flux units (an sfu =  $10^{-22} \text{ W.m}^{-2}.\text{Hz}^{-1}$ ).



IZ6BAJ

## Analisi del segnale ricevuto a 1.3 GHz (1)

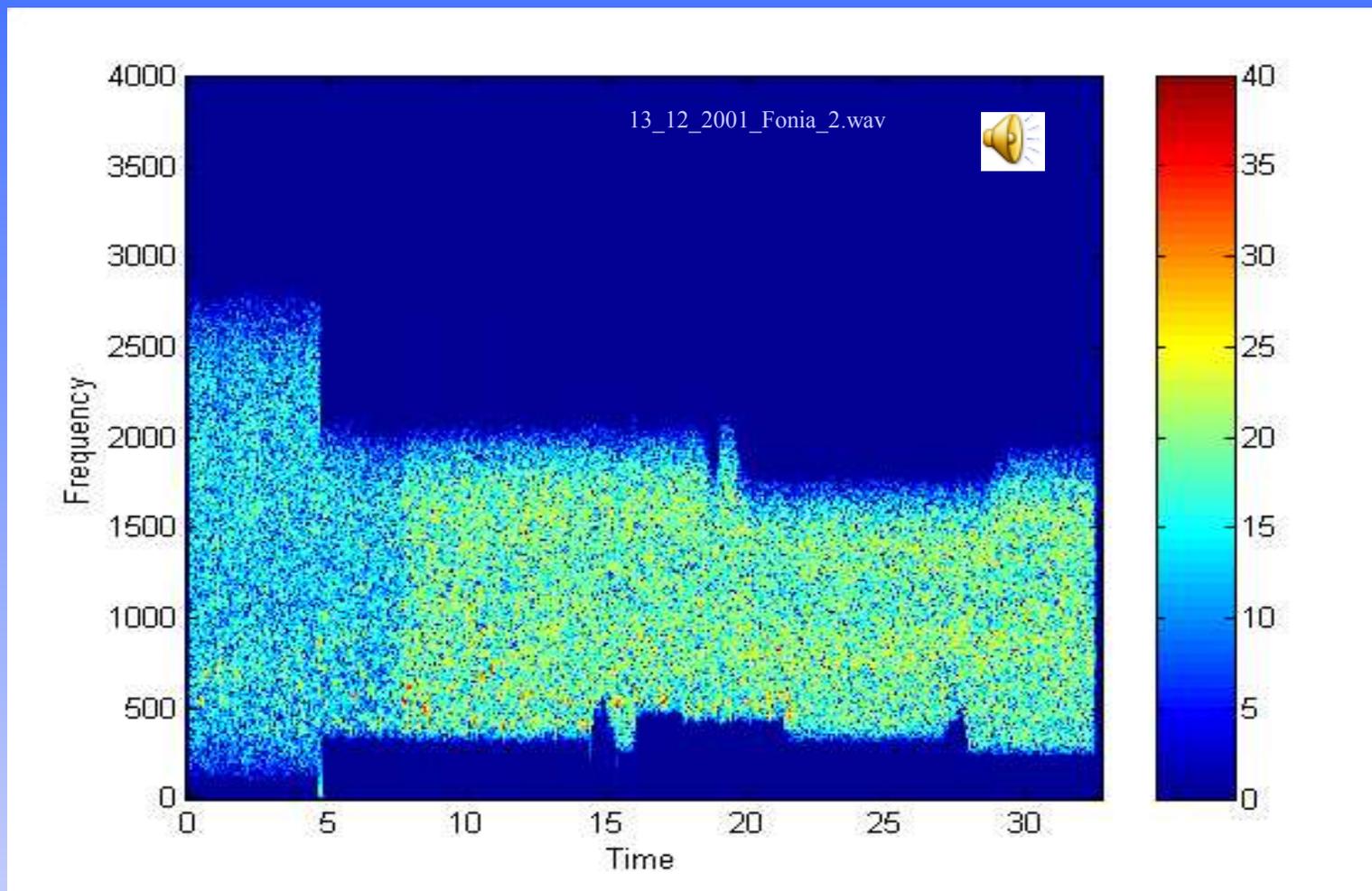


Spettrogramma di un frammento temporale del segnale **telegrafico** ricevuto il 13 dicembre 2001, presso la Facoltà di Ingegneria dell'Aquila, alla frequenza di 1.296 GHz. Segnale campionato a 8 kHz, 16 bit; FFT su 1024 campioni, finestra di Hanning.



IZ6BAJ

## Analisi del segnale ricevuto a 1.3 GHz (2)

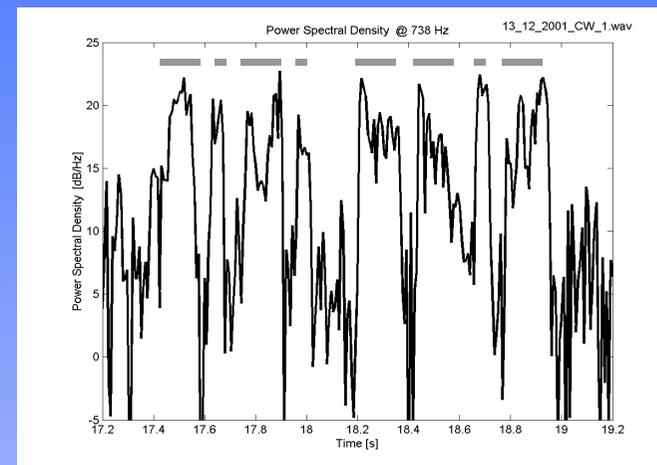
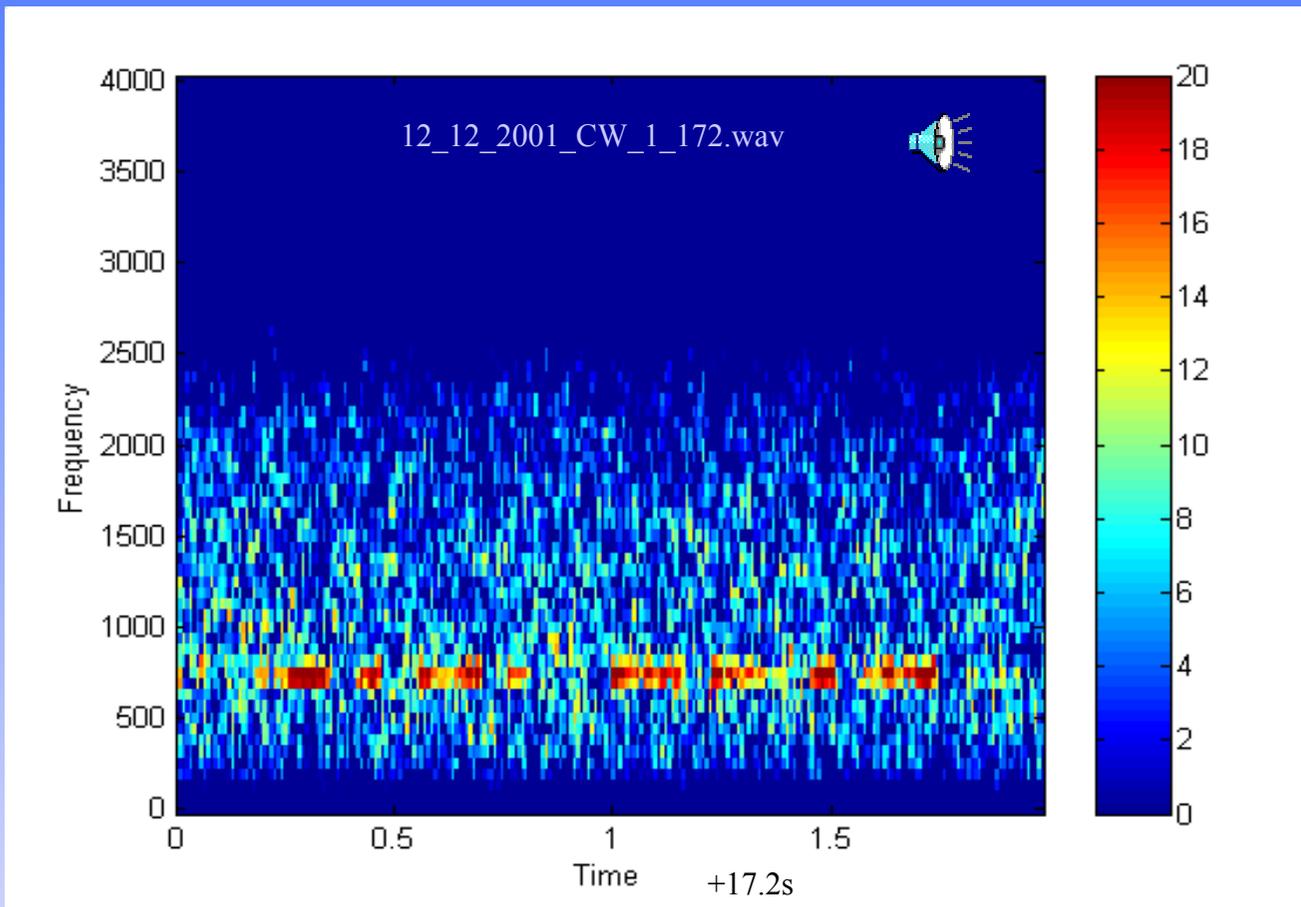


Spettrogramma di un frammento temporale del segnale **vocale** ricevuto il 13 dicembre 2001. Segnale campionato a 8 kHz, 16 bit; FFT su 1024 campioni, finestra di Hanning.



IZ6BAJ

## Analisi del segnale ricevuto a 1.3 GHz (3)



Riga spettrale a 738 Hz al variare del tempo.



C

Q

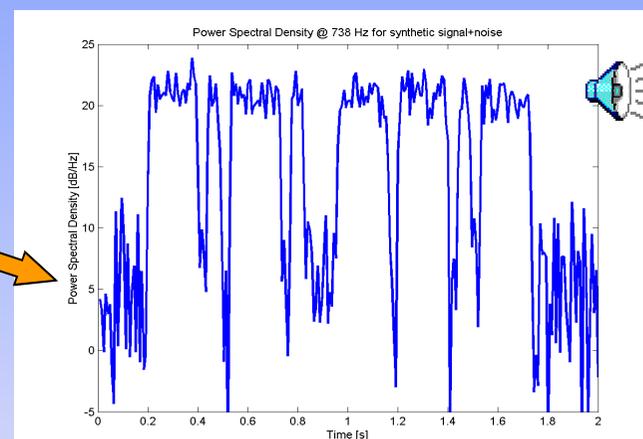
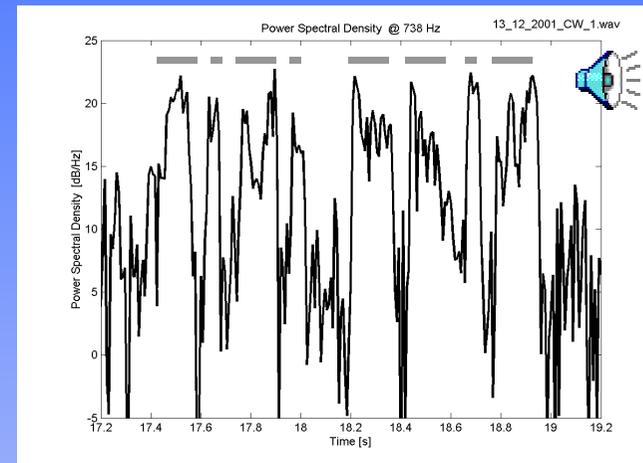
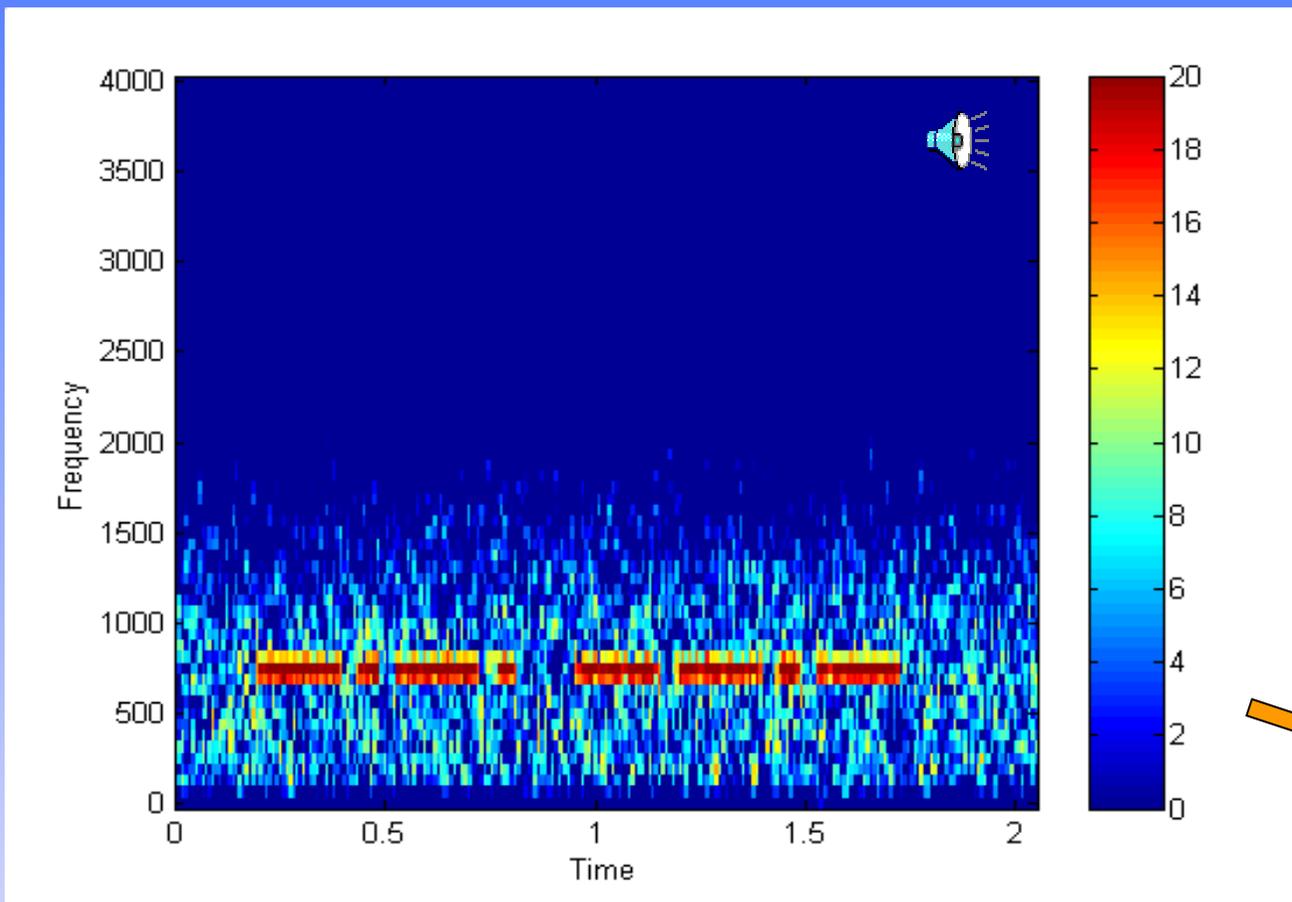
FFT su 128 campioni con finestra di Hanning.



IZ6BAJ

## Analisi del segnale ricevuto a 1.3 GHz (4)

Segnale “sintetico”, caratterizzato da un rumore che, nella banda d’interesse, ha caratteristiche simili a quello precedente.



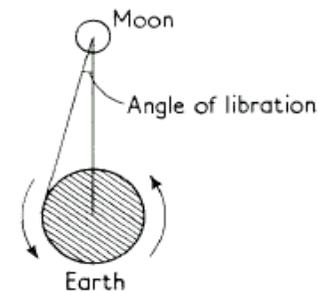
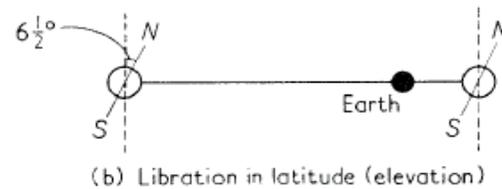
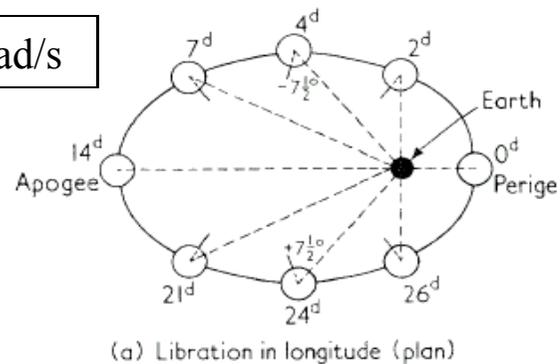
Nel segnale riflesso dalla Luna si osserva un fading profondo e con una scala temporale dell'ordine delle frazioni di secondo.



IZ6BAJ

## Il fading da librazione

$$\max \pm 4 \cdot 10^{-7} \text{ rad/s}$$



(c) Diurnal libration

$$\max \quad 12 \cos(\phi) \cdot 10^{-7} \text{ rad/s}$$

$\phi$  latitudine terrestre osservatore

- (a) librazione in longitudine, dovuta all'ellitticit  dell'orbita lunare che impedisce alla luna di mostrare esattamente la stessa faccia verso la terra;
- (b) librazione in latitudine, causata dall'inclinazione dell'asse di rotazione rispetto alla normale al piano orbitale;
- (c) librazione giornaliera, causata dal moto dell'osservatore terrestre.



IZ6BAJ

## Il fading da librazione (2)

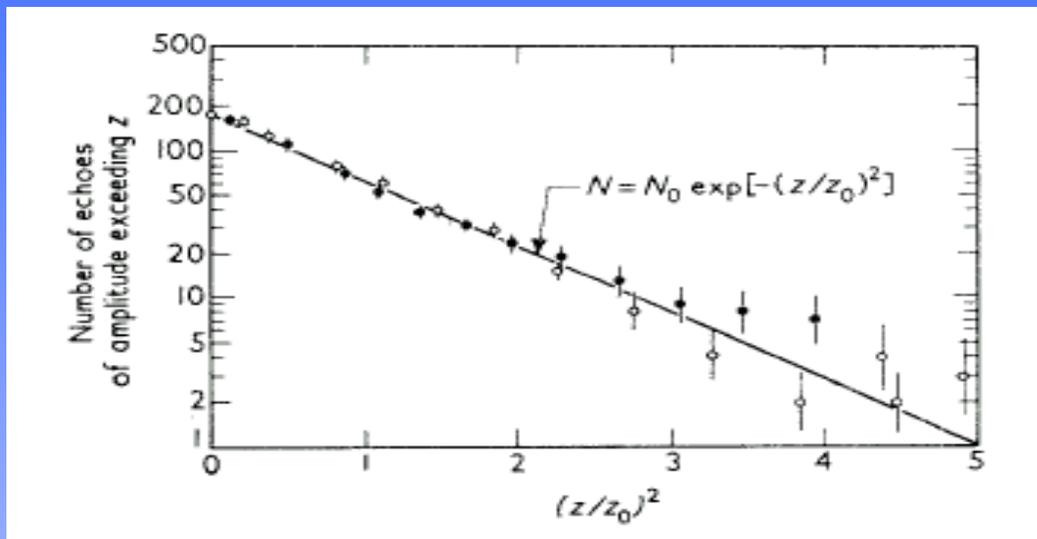
Date: 2005 Sep 1 02:23:28 UT





IZ6BAJ

## Il fading da librazione (3)



Numero delle eco la cui ampiezza supera il valore medio  $Z_0$ . Buono è il fitting con una distribuzione di Rayleigh. [\*]

Le velocità angolari sono dell'ordine di  $10^{-7}$  rad/s. Poichè il raggio della luna è  $\cong 1700$  km, le velocità tangenziali sono dell'ordine di 0.2 m/s ( $\cong 1 \lambda/s$  nel nostro caso).

L'effetto Faraday dovuto alla ionosfera produce variazioni molto più lente e, alle frequenze dell'esperimento, di ampiezza notevolmente inferiore.

[\*] J.V. Evans, "Radio Communications via the Moon", 100 Years of Radio, 5-7 September 1995, Conference Publication 411, IEE, pp. 207-212, 1995.



IZ6BAJ

L'eco... dei media



**L'AQUILA** La facoltà si è attrezzata per captare segnali Morse dalla Luna

## Ingegneria «cattura» l'eco di Marconi

di **ANTONELLA CALCAGNI**

L'AQUILA — Un tuffo nel passato, a cento anni fa quando, come per incanto, Guglielmo Marconi riuscì a percepire il primo segnale Morse dal suo rudimentale apparecchio. La stessa emozione hanno provato ieri e l'altro ieri gli studenti del corso di Antenne della facoltà di Ingegneria del capoluogo quando anche loro sono riusciti, nell'aula attrezzata, a captare il debole segnale Morse proveniente dalla luna emesso dalla parabola del-

l'Osservatorio Radioastronomico di Medicina di Bologna. Ingegneria è stata l'unica facoltà italiana a partecipare, con questo esperimento, alle celebrazioni per il centenario del primo collegamento transoceanico effettuato dal premio Nobel per la Fisica. Ieri l'altro lo scienziato è stato celebrato anche nella capitale presso il Ministero delle Telecomunicazioni alla presenza del presidente della Repubblica Ciampi, del presidente del Consiglio Berlusconi e del ministro delle Telecomunicazio-

ni Gasparri. Il mondo scientifico del terzo millennio ha voluto così sfidare i confini delle comunicazioni con un singolare esperimento: trasmettere segnali radio verso la Luna che, comportandosi come uno specchio, li avrebbe riflessi verso la terra. E così, come si diceva, presso la facoltà di Ingegneria è stata allestita, sotto la guida del professor Piero Tognolatti, docente di Antenne, una stazione ricevente, progettata ed installata durante una esercitazione del corso. La ricezione è avvenuta con

successo ed ha riscosso interesse anche da parte degli altri studenti della facoltà. Per effettuare l'esperimento sono state installate quattro antenne motorizzate per seguire i moti lunari. Gli studenti hanno anche effettuato collegamenti radio con Villa Griffone, a Pontecchio Marconi, casa di Guglielmo Marconi e sede dell'omonima fondazione e con il Ministero delle Telecomunicazioni. La stazione radio della facoltà, che opera sulle frequenze assegnate ai radioamatori, è individuata dall'identificativo IZ6BAJ.





IZ6BAJ

## Caratteristiche del collegamento a 10 GHz

**Frequenza 10.368 GHz**

**TX presso Gruppo Radioamatori Bagnara di Romagna & E.S.SAT <sup>(1)</sup>:**

**Antenna: Cassegrain da 7m ( $G_{TX}=56$  dBi,  $\eta=0.70$ ) Pol. Lineare**

**HPBW=0.29°,**

**Potenza 150 W (21.7 dBW), Feeder Loss=0.2dB**

**RX presso UNIVAQ:**

**Antenna: Paraboloide simmetrico, diametro 1.8 m**

**( $G_{RX}=43$  dBi,  $\eta=0.55$ ,  $F/D=0.41$ , HPBW=1.1°)**

**$T_{ant}=50$  K**

**$T_{rec}=84$  K (NF=1.1 dB)**

**$\Delta T_{Moon}=45$  K (nell'ipotesi di Luna con brillantezza uniforme <sup>(2)</sup>)**

- Analisi del *link-budget* (per individuare le caratteristiche della antenna ricevente)
- Segnali audio (BW=2.4 kHz) e telegrafici (BW= 100 Hz)
- Equazione del radar monostatico, dove la sezione di backscattering della Luna è calcolata mediante l'approssimazione della GO. (Validità dell'equazione del radar)



IZ6BAJ

## Stazione trasmittente

Bagnara di Romagna, Italy



IQ4DF

Thanks to Vico, I4ZAU



IQ4DF



IZ6BAJ

## Il link-budget a 10 GHz

$$P_{TX} = 21.6 \text{ dBW}$$

Potenza TX

$$G_{TX} = 56.1 \text{ dBi}$$

Guadagno antenna TX

$$EIRP_{TX} = 77.5 \text{ dBW}$$

EIRP TX

$$PL_{RADAR} = -277.6 \text{ dB}$$

Path loss &  $\sigma_{Moon}$

$$M = -12.0 \text{ dB}$$

Riflettività lunare

$$G_{RX} = 43.2 \text{ dB}$$

Guadagno antenna RX

per la distanza al  
16/06/2005

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + PL_{RADAR} + M + G_{RX} = -168.7 \text{ dBW} \quad (-138.7 \text{ dBm} = 0.01387 \text{ fW})$$

$$P_{noise} = -172.3 \text{ dBW} \quad (B = 2400 \text{ Hz})$$

$$S / N = 3.6 \text{ dB}$$

$$P_{noise} = -179.1 \text{ dBW} \quad (B = 500 \text{ Hz})$$

$$S / N = 10.4 \text{ dB}$$



IZ6BAJ

## L'inseguimento della Luna.....



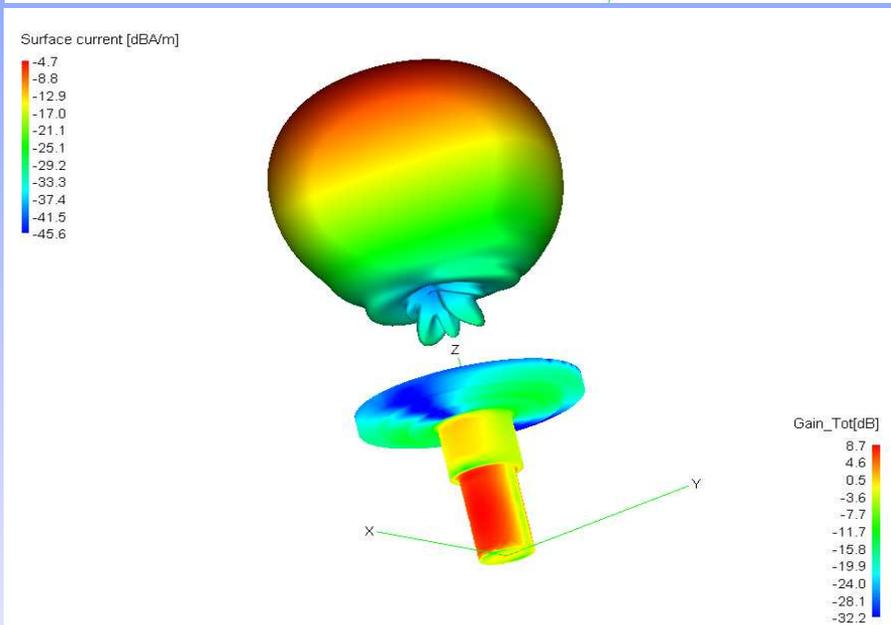
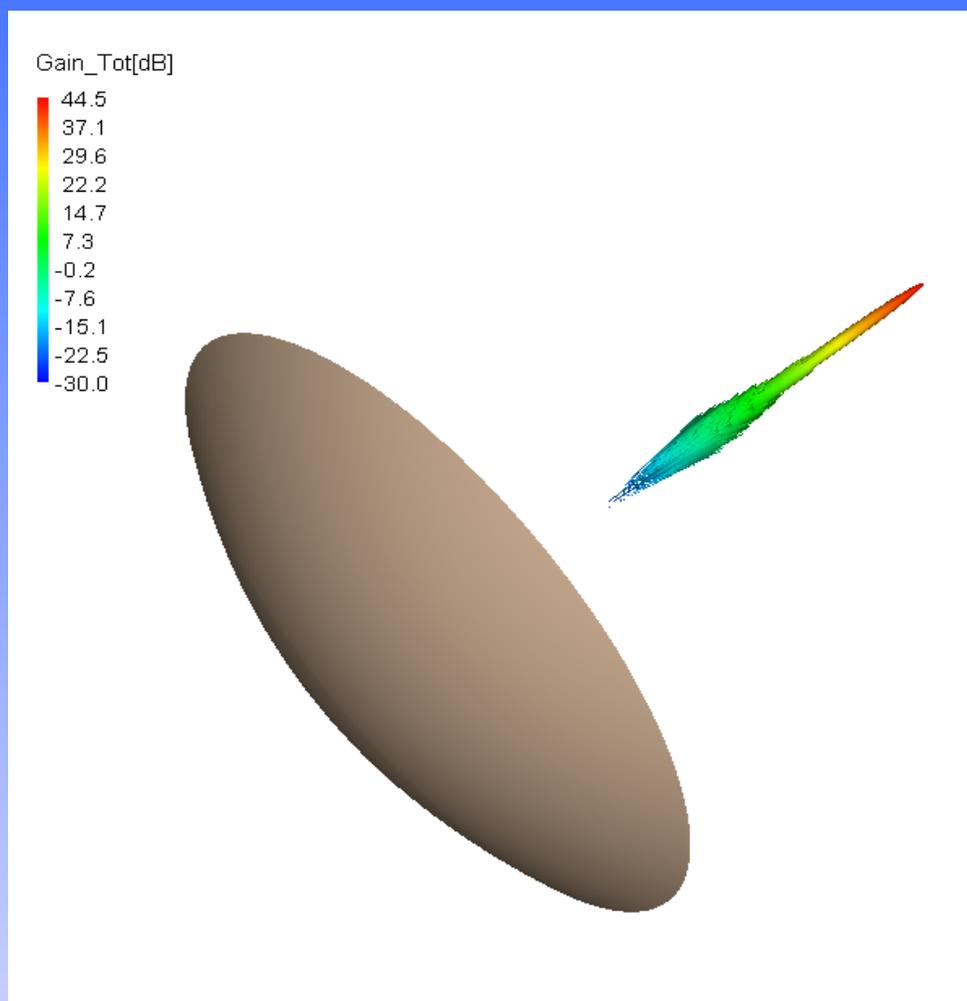
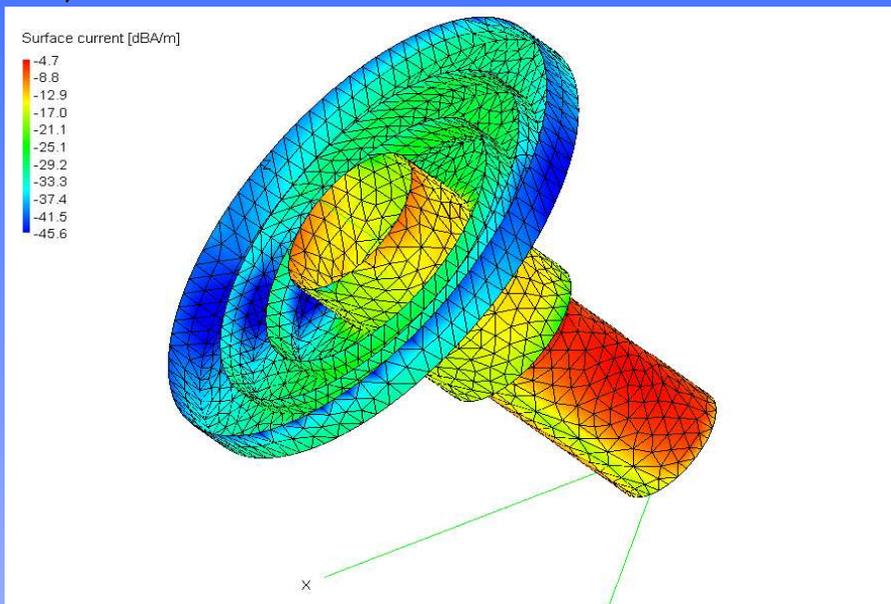
*Il rudimentale, ma efficace, cannocchiale utilizzato per il puntamento.*

*La correzione "ad occhio" del puntamento.*



IZ6BAJ

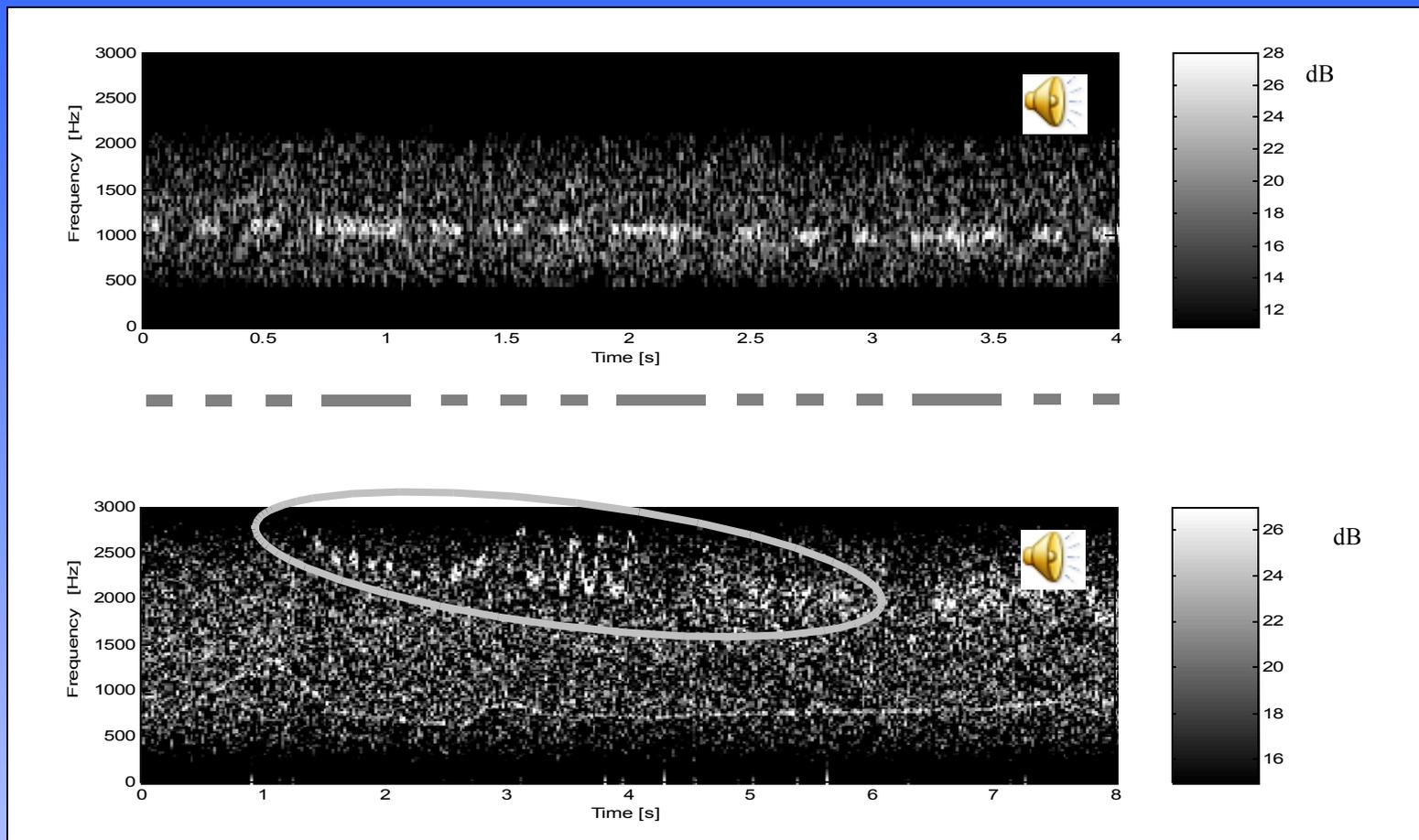
## Alcuni dettagli ...



*Analisi elettromagnetica mediante MoM  
(feed) e PO (riflettore)*



IZ6BAJ



*Analisi spettrale di due frammenti di quanto ricevuto a 10 GHz. In alto segnale telegrafico costituito da una successione di V, così come richiamato dai tratti grigi. In basso, all'interno della regione delimitata dall'ellisse, il segnale audio costituito da un "fischio" di Vico I4ZAU, che appare come una traccia a zig-zag. L'altra traccia continua (tra 500 e 1000 Hz) è dovuta presumibilmente ad un'interferenza presso la stazione ricevente. Per entrambi i segnali, che sono facilmente individuabili dall'orecchio umano, il rapporto segnale/rumore è piuttosto basso.*



IZ6BAJ

# Outline

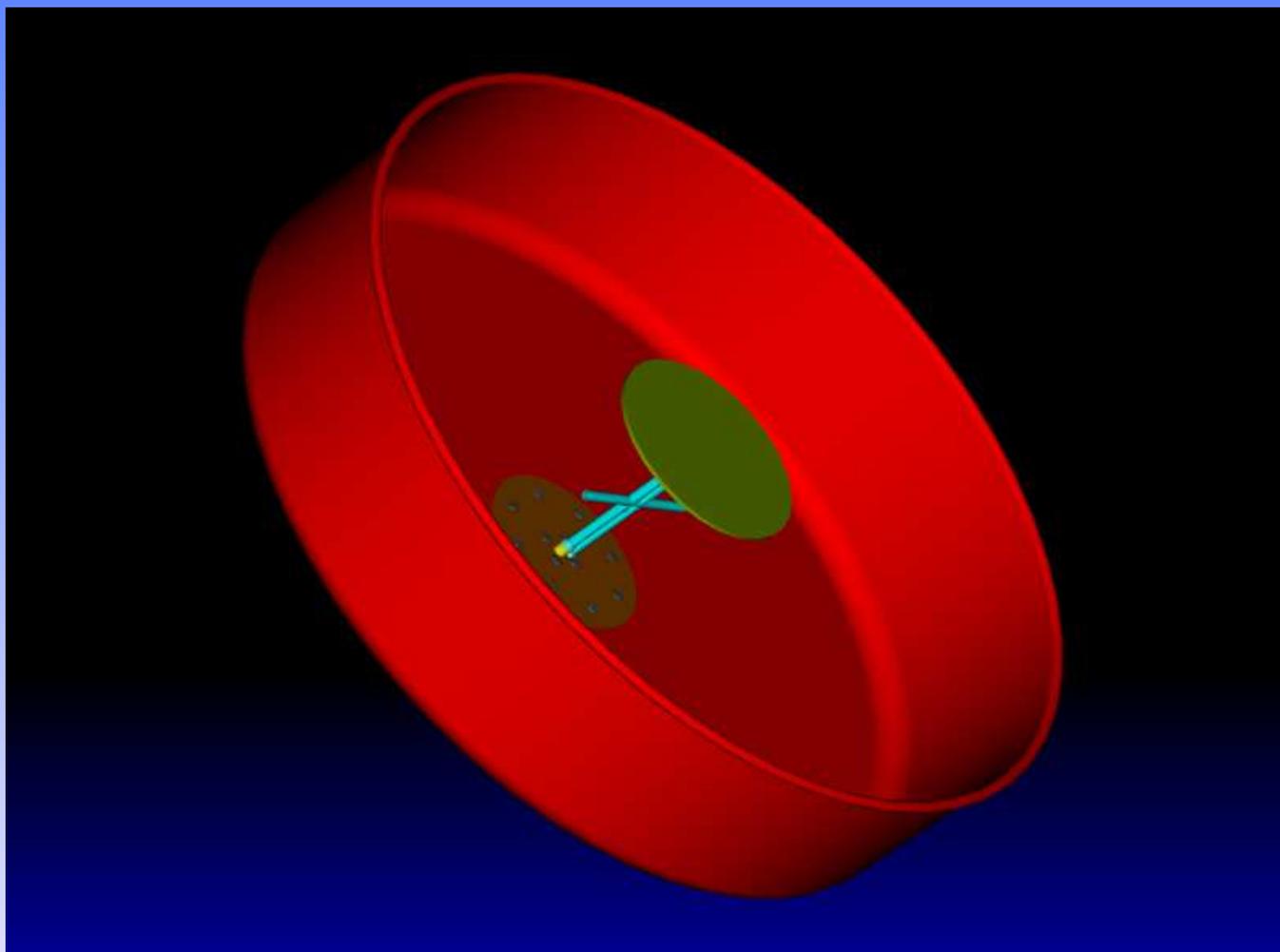
- Collegamenti per riflessione lunare (1.3 e 10 GHz)
- Progettazione antenne & LNA
- Partecipazione a missione ESA/ESMO
- Tesi di Laurea in ambito spaziale
- Attività future



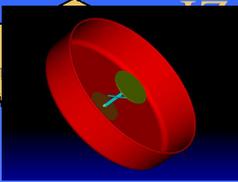
IZ6BAJ

## PROGETTO E REALIZZAZIONE DI UN ANTENNA SHORT BACK FIRE PER LA BANDA 2.4 GHz

Sergio Cicerone, Tesi di Laurea in Ingegneria Elettronica

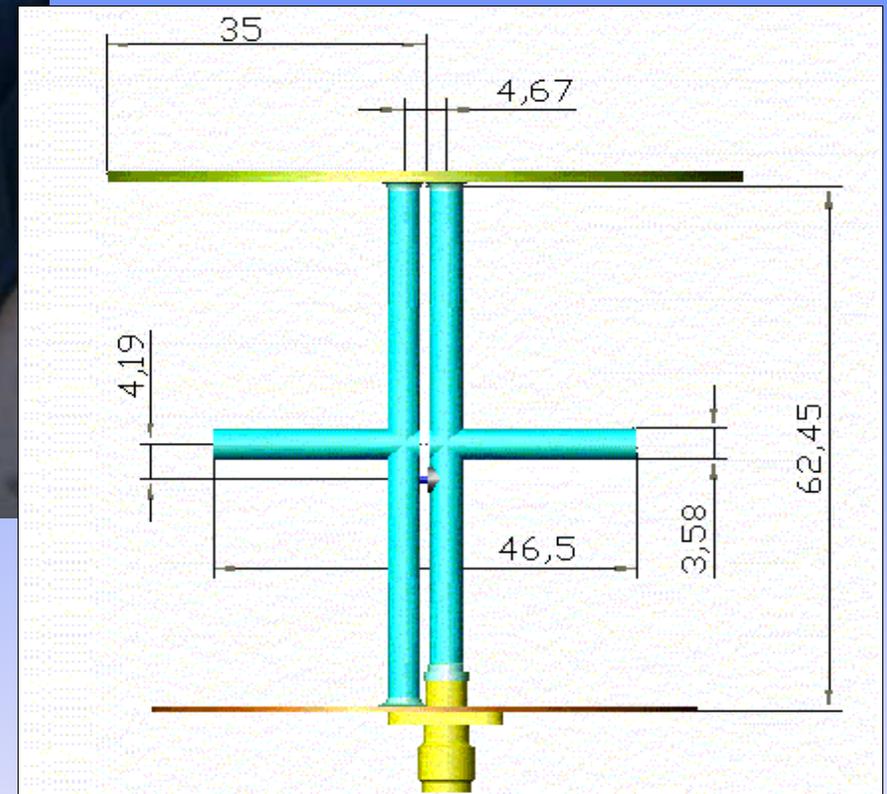


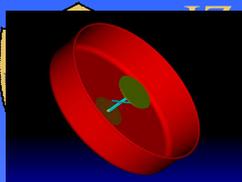
## SBFA in polarizzazione lineare (1)



Diametro 28 cm  
Altezza bordo 8 cm

Dipolo, riflettore secondario, balun  
struttura e dimensioni





176BAJ

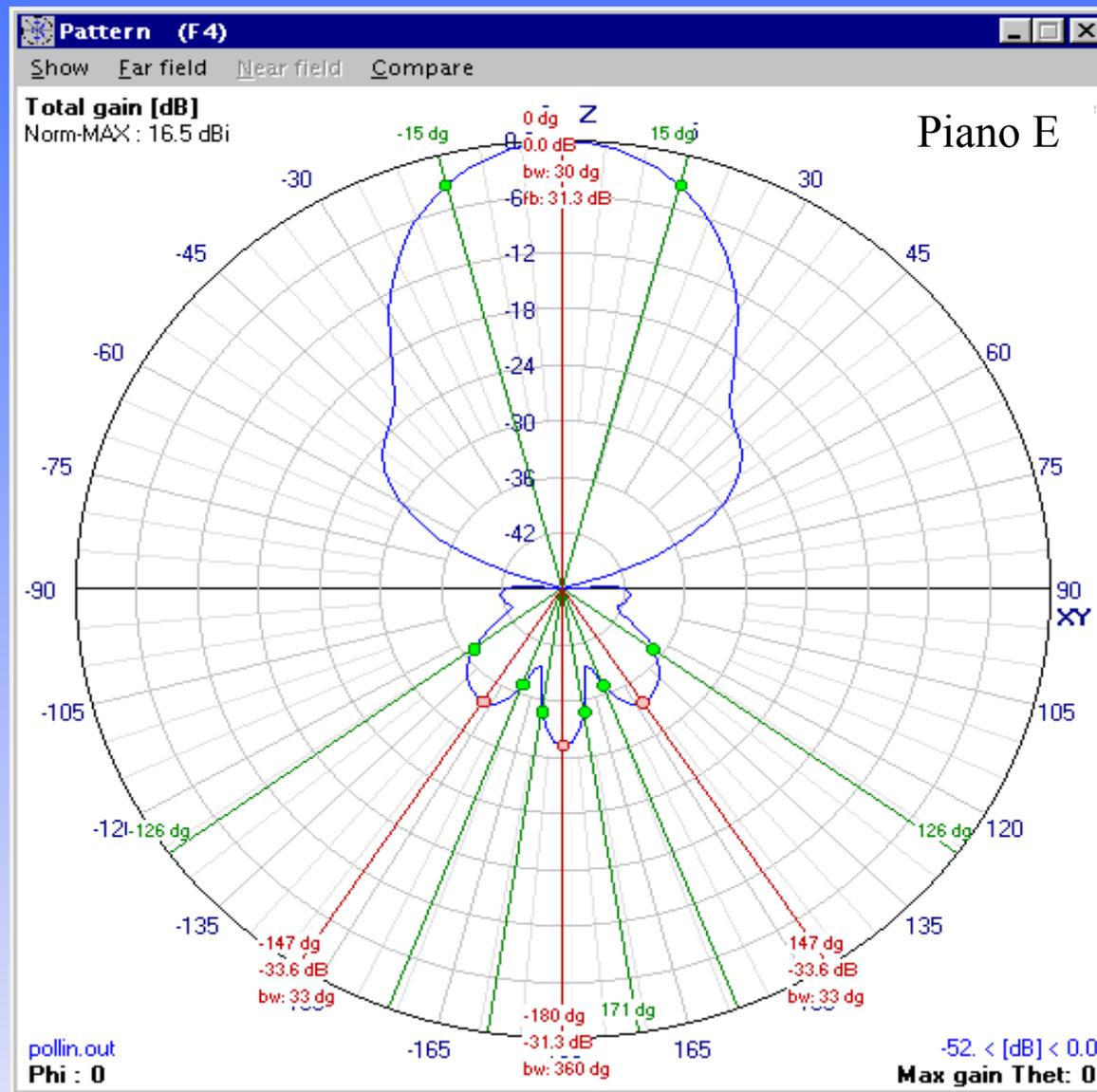
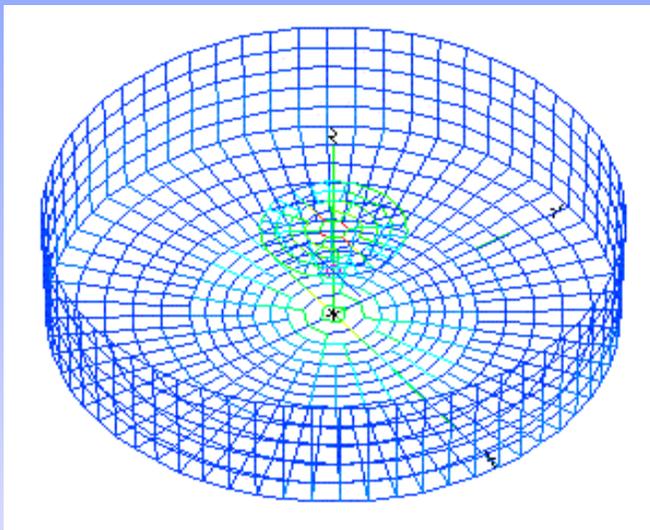
## SBFA in polarizzazione lineare (2)

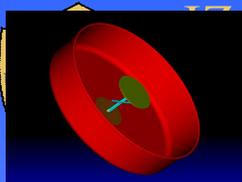
Stima del diagramma di radiazione  $G=16.5$  dBi



- Modello a fili basato sul Metodo dei Momenti

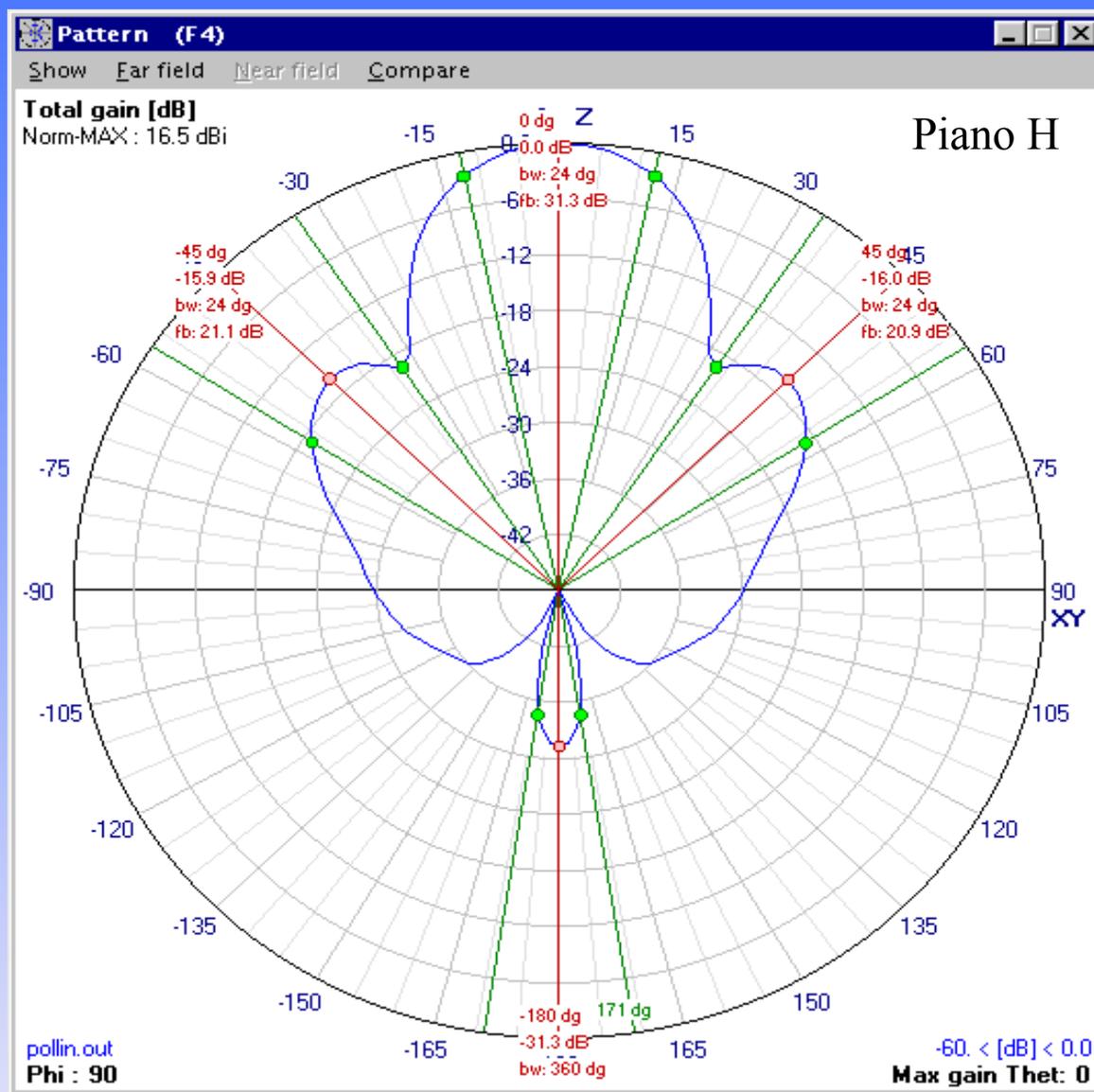
- NEC2D con interfaccia 4NEC2

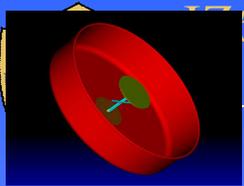




176BAJ

## SBFA in polarizzazione lineare (3)

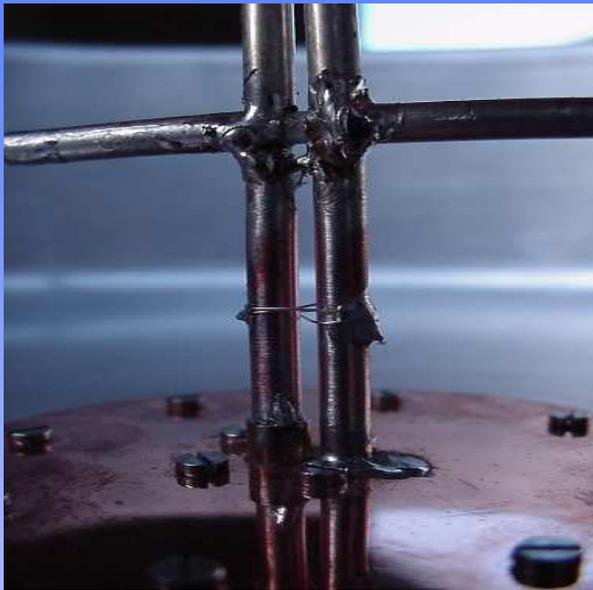




176BAJ

## SBFA in polarizzazione lineare (4)

Adattamento d'impedenza



Misura dell'impedenza d'ingresso  
mediante Analizzatore Vettoriale



Frequencies:

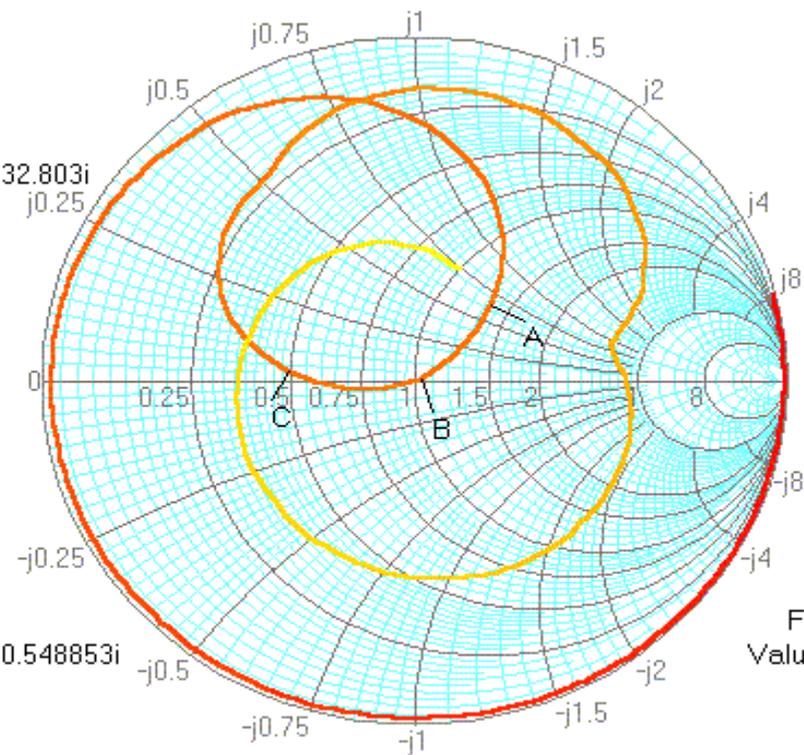
Lower: 1

Higher: 4

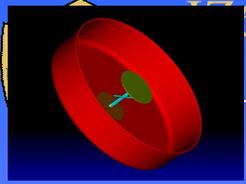
Marker A:

Freq.=2.4025

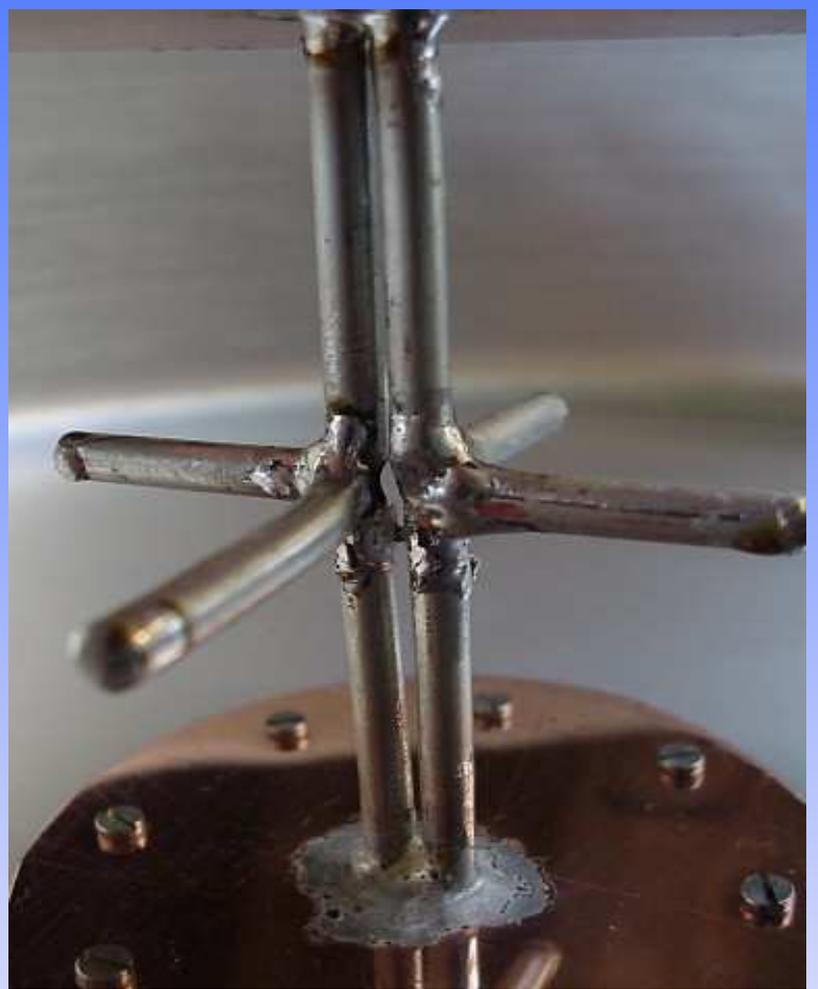
Value =  $67.005+32.803i$



176BAJ



# SBFA in polarizzazione circolare RHCP

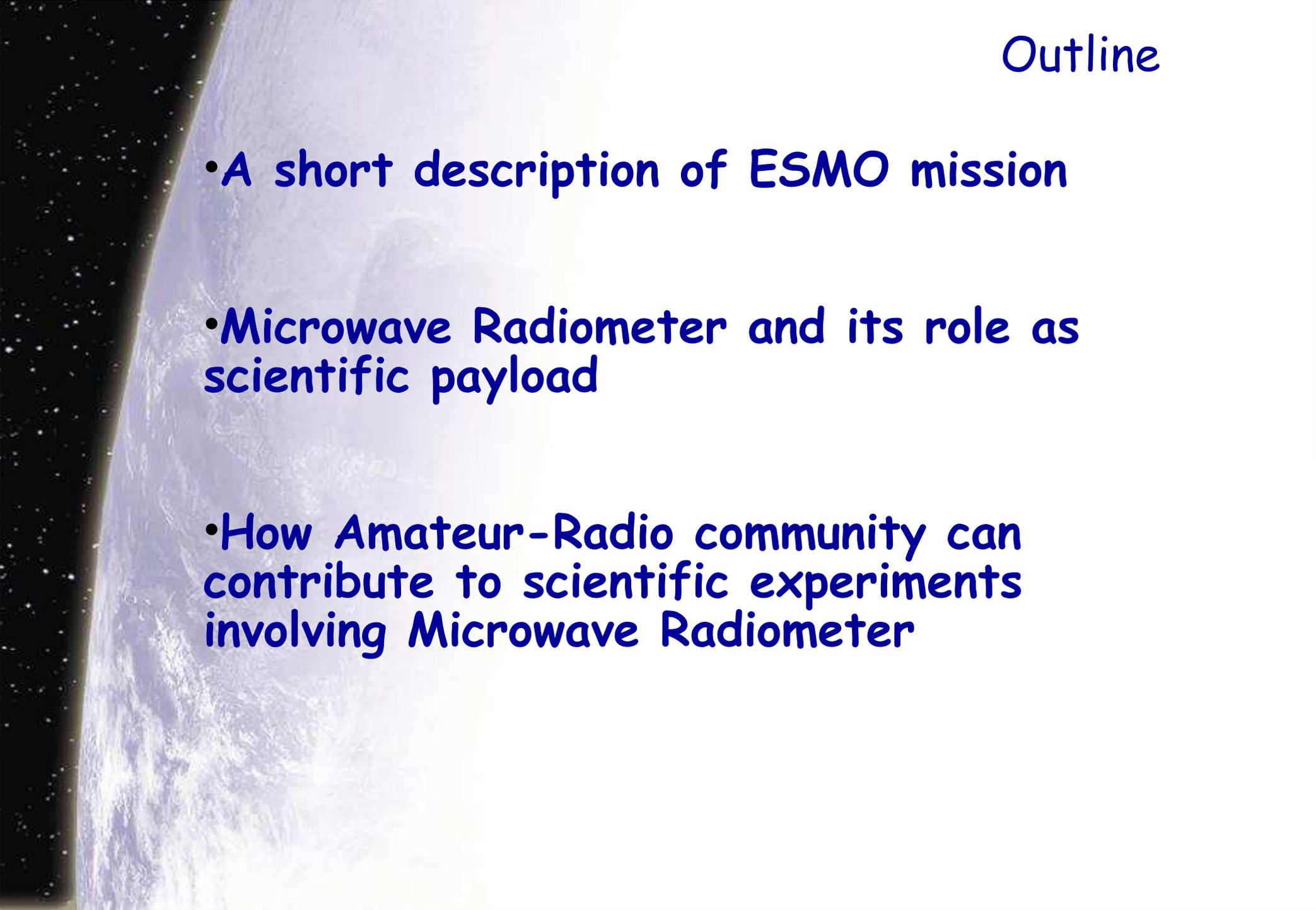




IZ6BAJ

# Outline

- Collegamenti per riflessione lunare (1.3 e 10 GHz)
- Progettazione antenne & LNA
- Partecipazione a missione ESA/ESMO
- Tesi di Laurea in ambito spaziale
- Attività future



## Outline

- **A short description of ESMO mission**
- **Microwave Radiometer and its role as scientific payload**
- **How Amateur-Radio community can contribute to scientific experiments involving Microwave Radiometer**



## ESMO Mission

In March 2006, the Education Department of the European Space Agency approved the **European Student Moon Orbiter (ESMO)** mission proposed by the Student Space Exploration & Technology Initiative (SSETI) association for a "Phase A" Feasibility Study.

ESMO will be the third mission to be designed, built and operated by European students and would join many other contemporary missions to the Moon such as ESA's SMART-1, the Chinese Chang'e-1, the Indian Chandrayaan, JAXA's SELENE and Lunar-A, and NASA's Lunar Reconnaissance Orbiter. "Phase B" is now going to start.

Italy has taken part in the project with:

- Università di Roma "La Sapienza"
- Università di L'Aquila
- Politecnico di Milano
- Università di Napoli "Federico II"



# ESMO objectives

The **ESMO** mission objectives are summarised as follows:

- **Education:** prepare students for careers in future projects of the European space exploration and space science programmes by providing valuable hands-on experience on a relevant & demanding project
- **Outreach:** acquire images of the Moon and transmit them back to Earth for public relations and education outreach purposes
- **Science:** perform new scientific measurements relevant to lunar science & the future human exploration of the Moon, in complement with past, present and future lunar missions
- **Engineering:** provide flight demonstration of innovative space technologies developed under university research activities



## ESMO facts

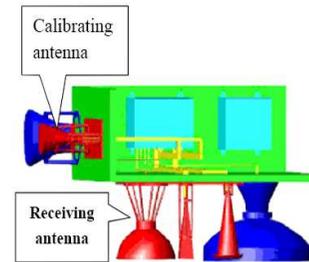
The ESMO spacecraft would be launched in 2011 as an auxiliary payload into a highly elliptical, low inclination Geostationary Transfer Orbit (GTO) on the new Arianespace Support for Auxiliary Payloads (ASAP) by either Ariane 5 or Soyuz from Kourou. From GTO, the 200 kg spacecraft would use its on-board propulsion system for lunar transfer, lunar orbit insertion and orbit transfer to its final low altitude polar orbit around the Moon.

A 10 kg miniaturised suite of scientific instruments (also to be provided by student teams) would perform measurements during the lunar transfer and lunar orbit phases over the period of a few months. The core payload is a high-resolution narrow angle CCD camera for optical imaging of lunar surface characteristics Optional payload items being considered include a Microwave Radiometer, proposed by Universities of Rome "La Sapienza" and L'Aquila, Italy

# Why a Microwave Radiometer?

- Global mapping of the **surface** and **sub-surface** temperature.
- Global mapping of the lunar microwave **emissivity**.
- Estimate of the lunar soil **thickness** and properties.
- Estimate of the lunar **sub-surface thermal properties**.

Proposed F=3 GHz & 10 GHz

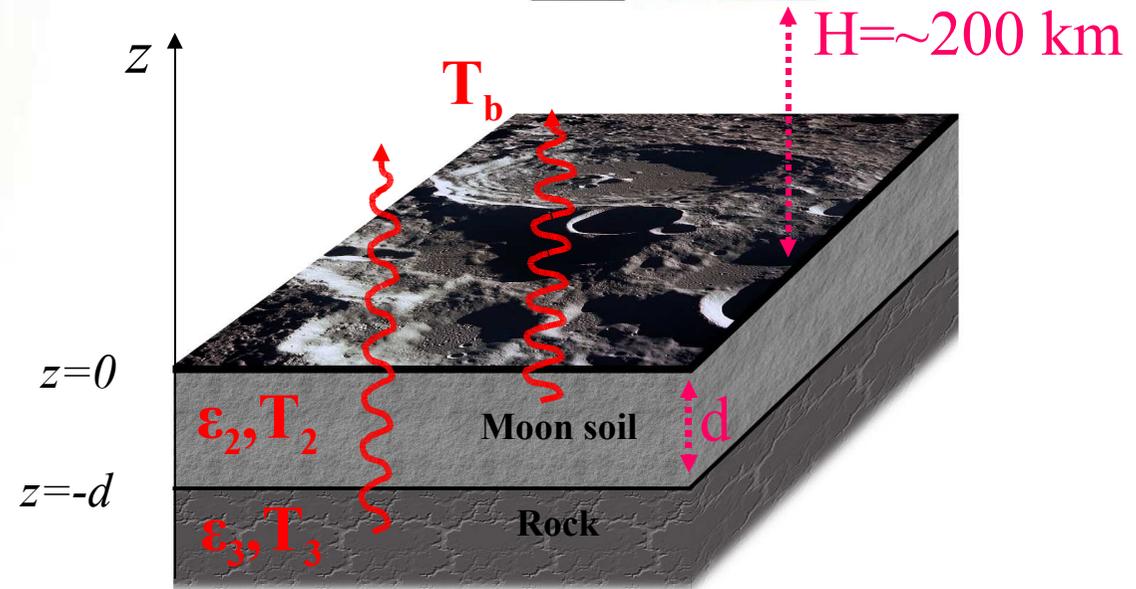


Sh

Microwave brightness temperature  
Optical image from the earth

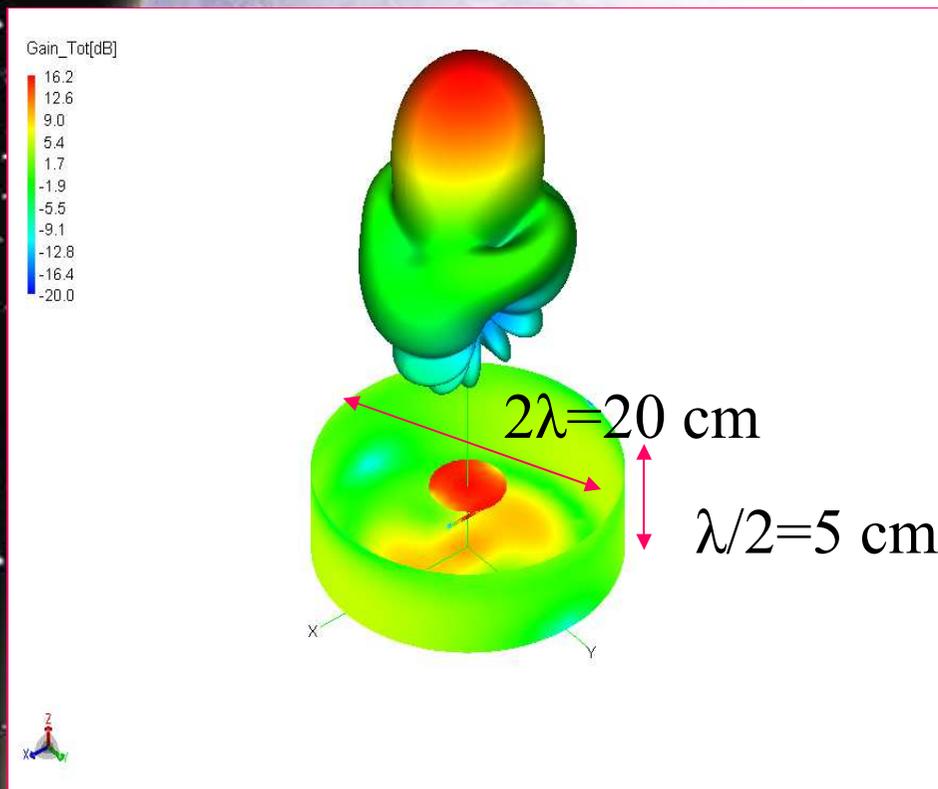


Wu Ji (Earth Syst. Sci. Dec. 2004)

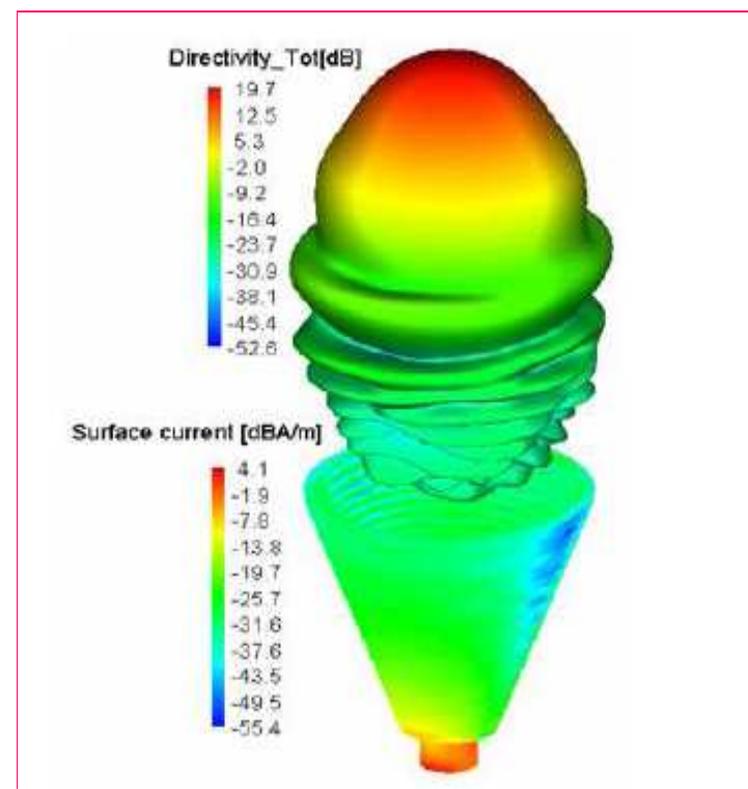


# Performances of proposed antennas

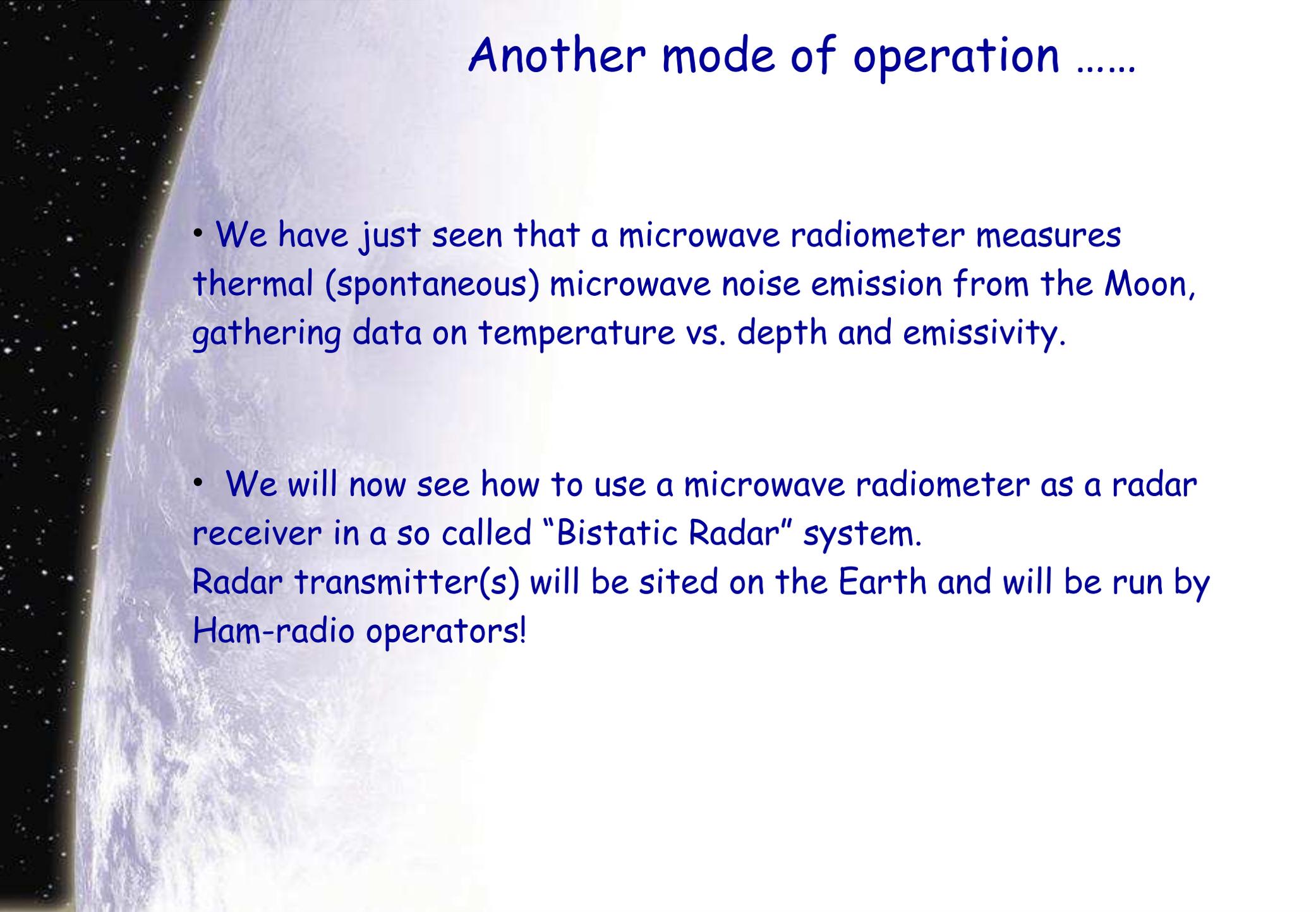
## Short Back-Fire @ 3 GHz



## Corrugated horn @ 10 GHz



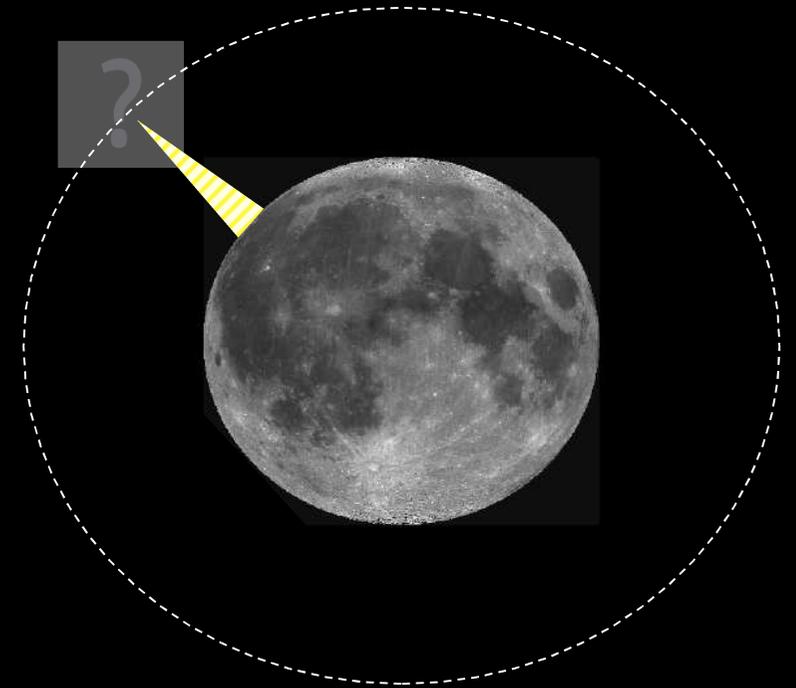
Computed by Method of Moments (FEKO suite)



## Another mode of operation .....

- We have just seen that a microwave radiometer measures thermal (spontaneous) microwave noise emission from the Moon, gathering data on temperature vs. depth and emissivity.
- We will now see how to use a microwave radiometer as a radar receiver in a so called "Bistatic Radar" system. Radar transmitter(s) will be sited on the Earth and will be run by Ham-radio operators!

## RADIOMETER Mode



This is the usual mode of operation of a spaceborne radiometer!

Brightness temperature  $T_b$  is measured at each orbit position

# BISTATIC RADAR Mode (a)

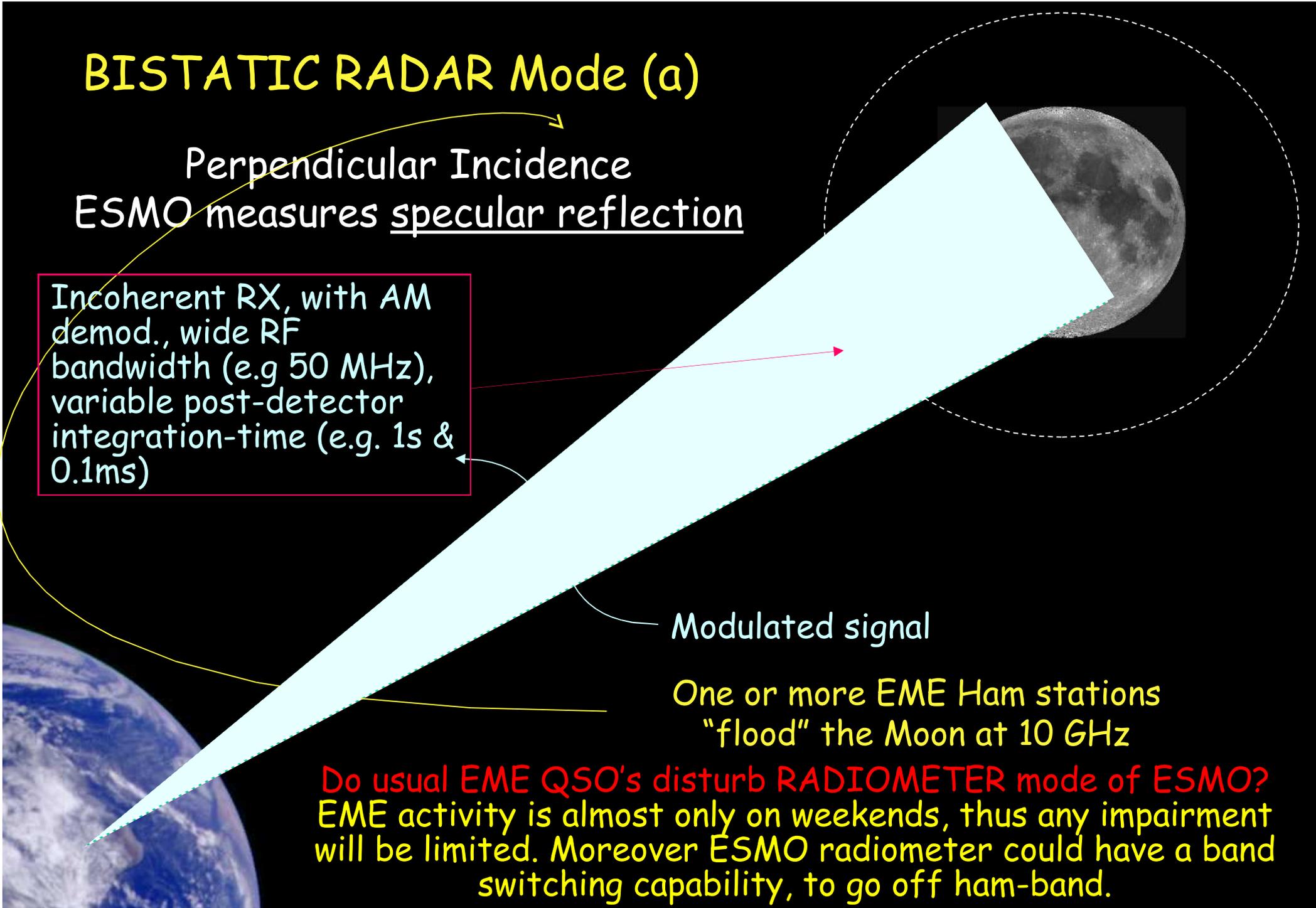
Perpendicular Incidence  
ESMO measures specular reflection

Incoherent RX, with AM demod., wide RF bandwidth (e.g 50 MHz), variable post-detector integration-time (e.g. 1s & 0.1ms)

Modulated signal

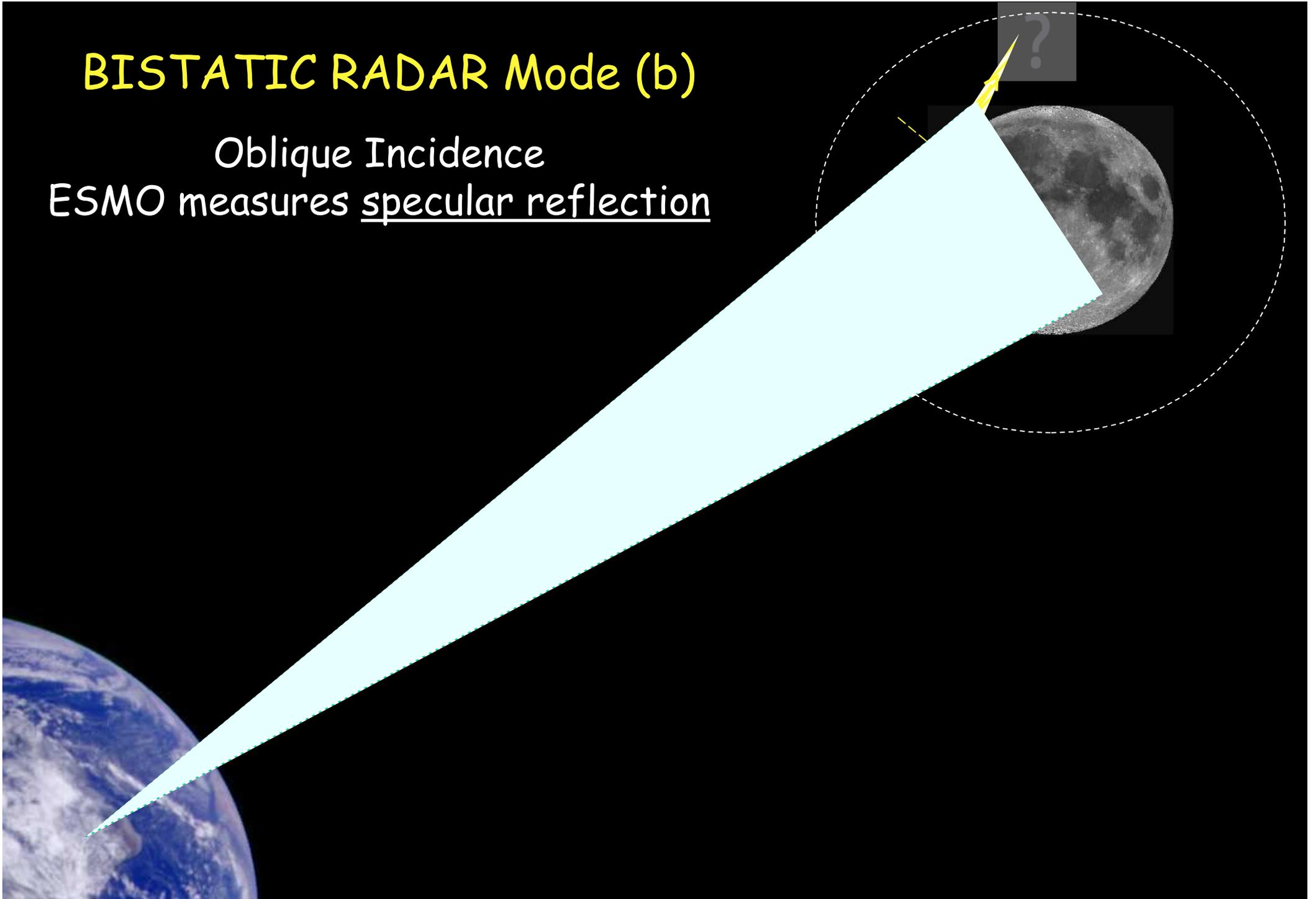
One or more EME Ham stations "flood" the Moon at 10 GHz

Do usual EME QSO's disturb RADIOMETER mode of ESMO?  
EME activity is almost only on weekends, thus any impairment will be limited. Moreover ESMO radiometer could have a band switching capability, to go off ham-band.



# BISTATIC RADAR Mode (b)

Oblique Incidence  
ESMO measures specular reflection







IZ6BAJ

## A quick view to Power Budget

Let's assume:

- "Total Power" radiometer
- $B = 50 \text{ MHz}$  (equivalent noise bandwidth)  $\tau = 1 \text{ s}$  (integration time)
- $T_{\text{sys}} = T_{\text{ant}} + T_{\text{rec}} = 300\text{K} + 50\text{K} = 350 \text{ K}$  (RX NF=0.7 dB)
- Radiometric resolution:  $\Delta T = 0.05 \text{ K}$
- Antenna gain: 16 dBi

RADIOMETER Mode (no Hams flooding of the Moon)

It can be easily seen that:

- Noise power input to radiometer is:  $k T_{\text{sys}} B = -126.2 \text{ dBW}$
- With proper calibration, the radiometer measures a brightness temperature:  
 $T_b = 300 \text{ K}$



IZ6BAJ

## PASSIVE RADAR Mode (with Ham flooding the Moon)

- specular reflection considered -

Noise power input to radiometer is now:

$$K T_{\text{sys}} B + \Delta P = (-126.2 \text{ dBW}) + (-142 \text{ dBW})$$

According to the calibration scale we have seen,  $\Delta P$  produces an increase of 9.1 K in radiometer output. This increase is well large with respect to radiometric resolution, which is 0.05 K

$\Delta P$  is estimated assuming a single EME station with:

- EIRP TX : 77 dBW (e.g. 7 meter dish, TX 150 W, as for IQ4DF in Bagnara, Italy )
- R= 370 000 km F=10 GHz
- Surface Moon reflectivity: -12 dB (typical value)

# BISTATIC RADAR Mode (c)

We try to measure diffusive scattering from the Moon.

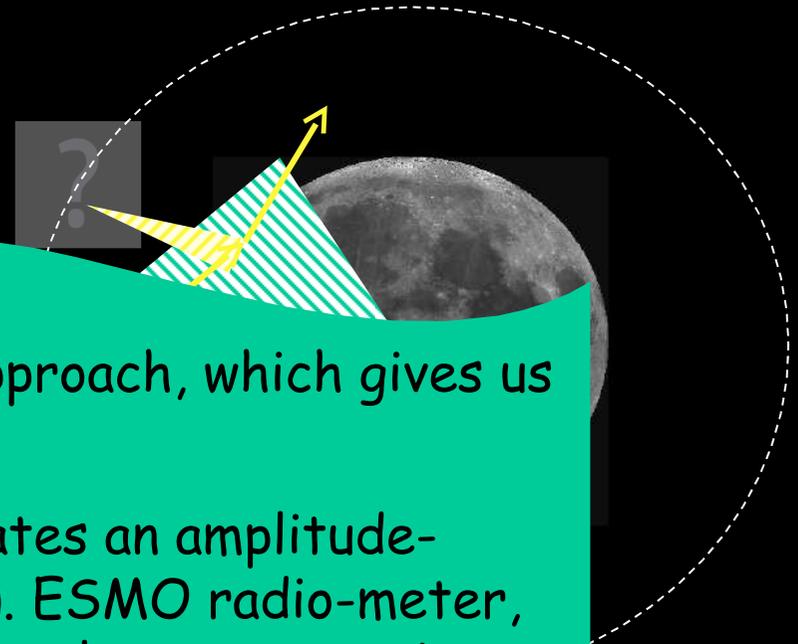
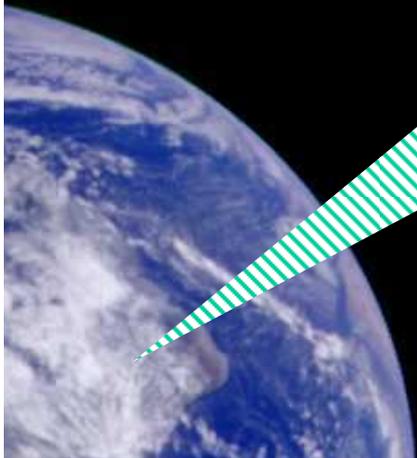
This measurement is complementary to specular reflection with respect to specular reflection.

We can exploit a coherent approach, which gives us some process gain.

As before, EME station radiates an amplitude-modulated signal (e.g. Morse). ESMO radio-meter, properly reconfigured, will sample at a convenient

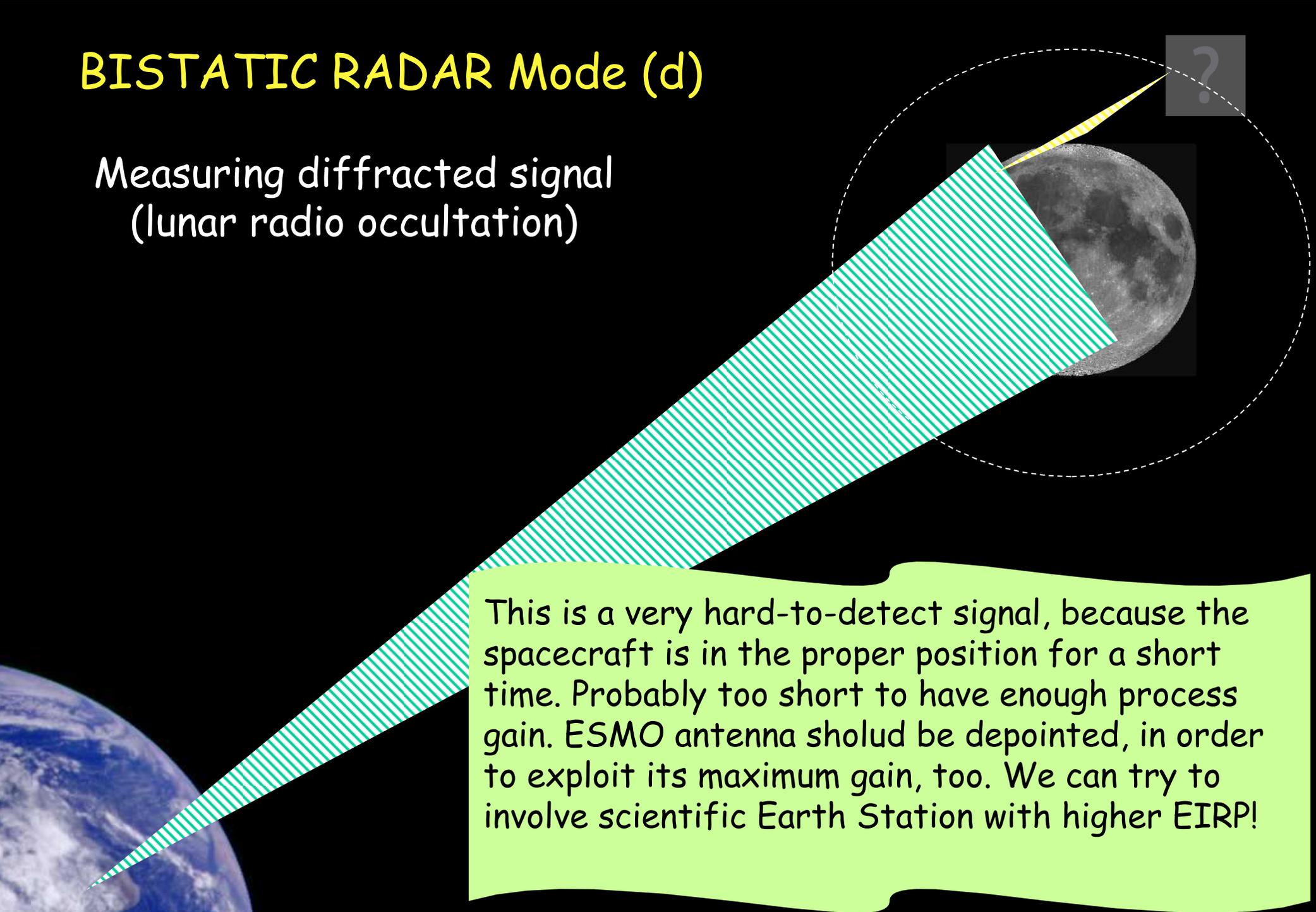
We can also increase the effective EIRP by involving more than a single high-power EME station. When a plurality of stations are involved, their messages must be identical (except for callsign!) and synchronized (e.g. using GPS time and their relative positions with respect to Moon).

In order to increase EIRP, we need to increase the number of stations or introduce some sort of gain...  
keying may be required.



## BISTATIC RADAR Mode (d)

Measuring diffracted signal  
(lunar radio occultation)



This is a very hard-to-detect signal, because the spacecraft is in the proper position for a short time. Probably too short to have enough process gain. ESMO antenna should be depointed, in order to exploit its maximum gain, too. We can try to involve scientific Earth Station with higher EIRP!



IZ6BAJ

## Future work on ESMO mission

Together with AMSAT-I we are also trying to embark on ESMO a mini-beacon at UHF amateur IARU band, in order to spread ESMO "voice" among thousands of people and to involve many students in Brewster-Angle measurement at UHF, as in Explorer 35.



IZ6BAJ

# Outline

- Collegamenti per riflessione lunare (1.3 e 10 GHz)
- Progettazione antenne & LNA
- Partecipazione a missione ESA/ESMO
- Tesi di Laurea in ambito spaziale
- Attività future



**Università degli Studi dell'Aquila**

**Facoltà di Ingegneria**

Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica, indirizzo Telecomunicazioni

**Tesi di Laurea**

***Progetto di un radiocollegamento "Deep Space"  
verso il rover della missione ESA-EXOMARS per  
l'esplorazione di Marte.***

*Relatore:*

**Prof. Piero Tognolatti**

*Correlatore:*

**Ing. Marco Lisi – Telespazio S.p.A.**

*Laureando:*

**Riccardo Carducci**

**Mat. 142226**





IZ6BAJ

# Outline

- Collegamenti per riflessione lunare (1.3 e 10 GHz)
- Progettazione antenne & LNA
- Partecipazione a missione ESA/ESMO
- Tesi di Laurea in ambito spaziale
- Attività future



- Realizzare una stazione Full EME (TX & RX) in VHF operante in WSJK
- Utilizzare questa stazione nell'ambito delle celebrazioni del 1° centenario del Premio Nobel per la Fisica a Guglielmo Marconi
- Invitare il Premio Nobel per la Fisica Joe Taylor (K1JT) (si cercano sponsor...)

*Fine della presentazione*