

# Misura della luminosità radio delle galassie

*Capatti Elena, Delle Donne Gianmarco,  
Festi Lorenzo, Mangano Daniela,  
Rimondini Dario, Stignani Massimiliano*

## Indice

1. Progetto e scopo
2. Aspetti teorici
3. Radiotelescopio
4. Source visibility
5. Schedule
6. Osservazione e utilizzo del radiotelescopio
7. Analisi dati
8. Conclusioni
9. Galassie "Ghost1" e "Ghost2"

## Progetto e scopo

Il progetto di SperimEstate “studio della luminosità radio di galassie attive” si propone l’obiettivo di realizzare osservazioni radioastronomiche, analizzare i dati ottenuti e calcolare la luminosità assoluta delle sorgenti studiate.

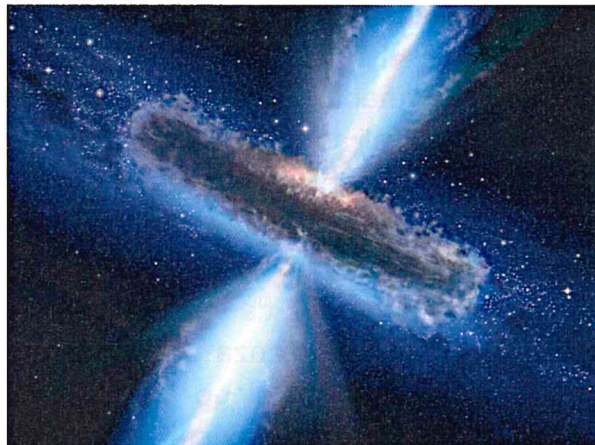
L’esperienza si è svolta negli edifici dell’area di ricerca CNR-INAF e presso la stazione radioastronomica di Medicina (BO).

Una prima introduzione sulla radioastronomia e sulle sorgenti delle onde radio ha chiarito i concetti di base relativi agli oggetti celesti di interesse, illustrando anche il funzionamento della parabola e del software atto a controllarla. Si è poi utilizzata l’antenna applicando le conoscenze acquisite. Dai dati rilevati tramite le osservazioni si è proceduto con l’analisi e la rielaborazione, al fine di stimare la luminosità assoluta delle sorgenti.

## Aspetti teorici

Le galassie sono enormi insiemi di sistemi stellari e planetari, gas e polveri che presentano un buco nero supermassiccio nella loro regione centrale.

Si parla di nuclei galattici attivi (AGN, dall’inglese *Active Galactic Nuclei*) quando il buco nero, per effetto della forte attrazione gravitazionale, attira a sé grandi quantità di materia, formando il cosiddetto disco di accrescimento, roteante attorno al centro. Parte della massa, si teorizza a causa della conservazione del momento angolare, riesce a sfuggire alla forza gravitazionale, perciò viene accelerata sino a velocità paragonabili a quelle della luce ed espulsa come getti di particelle cariche. Quando gli ioni rallentano, si raffreddano ed espandono, causando la formazione dei cosiddetti “lobi”.

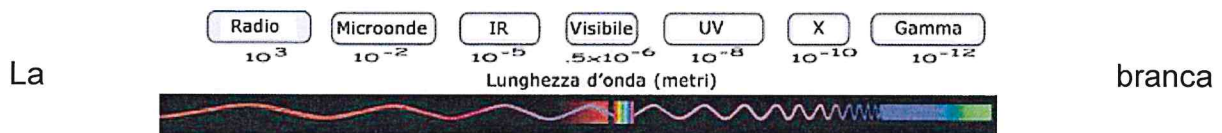


Gli AGN si suddividono in diverse categorie, di seguito le più famose:

- Quasar (QUASI STELLAR radio source)  
Talmente luminosi e lontani da essere scambiati per stelle, sono in realtà il tipo di AGN più energetico. Emettono prevalentemente raggi  $\gamma$ , X, UV, O, IR e onde radio.
- Galassie di Seyfert  
Sono galassie tipicamente a spirale, deboli sorgenti radio.

- BL Lac  
Galassie ellittiche che emettono in modo variabile righe di emissione nello spettro, specialmente onde radio, raggi X e  $\gamma$ .
- Radiogalassie  
Sono galassie molto estese e intense in radio.

Tra tutte le radiazioni dello spettro elettromagnetico emesse dai nuclei attivi, vengono studiate in particolar modo le onde radio. Esse sono le onde con lunghezza d'onda maggiore ( $10^{-1} \text{ m} < \lambda < 10^4 \text{ m}$ ) e a frequenza minore ( $f < 300 \text{ GHz}$ ). Inoltre, con poche eccezioni, non sono riflesse o assorbite dall'atmosfera, pertanto giungono fino alla superficie terrestre.



dell'astronomia che si occupa di studiare corpi celesti a frequenze radio è la radioastronomia. Essa permette di osservare l'universo a grandi distanze per comprenderne l'evoluzione e di testare la relatività generale di Einstein in ambienti estremi, come nei pressi di un buco nero supermassiccio.

Una delle proprietà che è possibile misurare tramite l'osservazione radioastronomica è la luminosità radio assoluta degli AGN.

La stima della luminosità assoluta monocromatica, che descrive la potenza irradiata per unità di frequenza, passa attraverso la misura della densità di flusso, ossia della potenza per unità di frequenza e di superficie (per necessità, l'unità di misura  $\text{W Hz}^{-1} \text{m}^{-2}$  è ridotta all'ordine di grandezza di  $10^{-26}$  e rinominata Jansky) che giunge allo strumento dell'osservatore.

Per fare ciò si prendono come riferimento sorgenti le cui densità di flusso, sono note e, su tempi scala congrui, costanti. Tali sorgenti si definiscono calibratori.

La rilevazione grezza operata dal radiotelescopio viene prima espressa in conteggi, una quantità arbitraria e provvisoria direttamente proporzionale all'intensità del segnale ricevuto. Successivamente, sfruttando i dati noti dei calibratori, si ricava il fattore di conversione da conteggi a Jansky, da applicare ai target (soggetti variabili). Essendo note la densità di flusso e la distanza da noi delle sorgenti (quest'ultima tabulata in letteratura, in particolare nel catalogo *NED - NASA/IPAC Extragalactic Database*), si può finalmente calcolare la luminosità monocromatica assoluta  $L_\nu$ . Per fare ciò, è necessario moltiplicare la densità di flusso  $S_\nu$  della sorgente con la superficie della sfera che ha come raggio la distanza.

$$L_\nu = S_\nu \times 4\pi d^2$$

Per comprendere questa operazione, si ricorre ad una analogia. Una lampadina emette nel tempo sempre la stessa quantità di energia, ma la sua luce si vede più fioca all'aumentare della distanza, perché la superficie della sfera coperta dalla luce è proporzionale al raggio della sfera stessa. Questo è esattamente ciò che accade



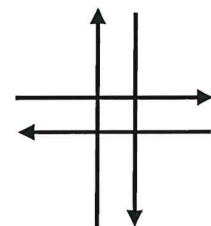
con una galassia distante milioni di anni luce. E' interessante notare come la luminosità assoluta, indipendente dalla distanza, possa essere calcolata per via indiretta grazie a un radiotelescopio.

## Radiotelescopio

La prima struttura costruita in Italia con lo scopo di captare le onde elettromagnetiche, al di fuori della banda ottica, provenienti dallo spazio è stata la Croce del Nord, inaugurata nel 1964 a Medicina. Venti anni dopo, venne eretta anche la struttura parabolica attualmente chiamata "antenna VLBI" (Very-long-baseline interferometry), il radiotelescopio di Medicina. Quest'ultimo è costituito da una parabola di 32 metri di diametro, ha un'altezza di 25 metri e un peso di 300 tonnellate. In Italia ci sono altri due radiotelescopi gestiti dall'Istituto Nazionale di Astrofisica: a Noto, in Sicilia (diametro di 32 metri) e il SRT (Sardinia Radio Telescope), vicino a Cagliari, di 64 metri di diametro. I siti di costruzione dei radiotelescopi sono stati scelti con severi criteri: essi dovevano essere abbastanza vicini ai centri abitati da mantenere una adeguata raggiungibilità, ma sufficientemente lontani da non essere influenzati dalle onde radio emesse in dose massiccia nei centri abitati.



Il radiotelescopio di Medicina ha quattro motori, due che gli permettono di ruotare in senso azimutale e due in senso zenitale. Per l'esperimento proposto nel contesto dello stage, l'antenna osserva ogni sorgente puntiforme mediante ripetizioni di scan, ognuna formata da 4 subscan ortogonali tra loro. I dati vengono acquisiti ogni 40 ms e ogni subscan è lungo circa 7 volte la grandezza del beamsize  $\theta$  (il "pixel" osservato dalla parabola), che diminuisce all'aumentare della frequenza in cui si osserva. La velocità e la lunghezza del subscan sono direttamente proporzionali tra loro, perchè la loro durata è costante. Di conseguenza a seconda della banda considerata si impostano i valori riportati in tabella.



	C	X	K
$\theta$ (arcmin)	7,7	4,8	1,5
L (°)	0,9	0,6	0,2
$v$ (°/min)	3,6	2,4	0,8

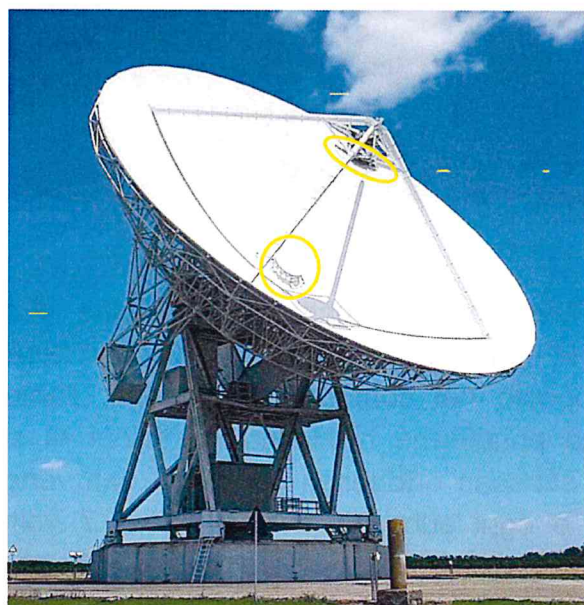
Il radiotelescopio, per le leggi dell'ottica che caratterizzano uno specchio parabolico, convoglia le onde radio in un punto, detto fuoco, dove sono presenti dei ricevitori che trasmutano le onde radio in impulsi elettrici.

Sul radiotelescopio è presente uno specchio mobile subriflettore, che a comando si sposta per concentrare le onde radio in un altro fuoco, detto secondario, dove si trova un altro insieme di ricevitori. Il movimento dello specchio dipende dalla banda, ossia l'intervallo di frequenza che si sceglie di osservare.

Le bande impiegate per l'esperimento sono tre:

- banda C, bassa frequenza ( $f = 5$  GHz)
- banda X, media frequenza ( $f = 8.4$  GHz)
- banda K, alta frequenza ( $18 \text{ GHz} < f < 26.5$  GHz).

Nel fuoco secondario c'è il ricevitore delle bande C e K, mentre nel fuoco primario quello della banda X. Essi trasformano le onde in impulsi elettrici inviandoli a un rilevatore chiamato Back End che effettua la misura di alcune caratteristiche del segnale, in primis la sua intensità, e produce i file di output contenenti i dati.



Il Radiotelescopio ha due attività principali: osservazioni single dish, ossia osservazioni solitarie (spettrografiche, osservazioni nel continuo - cioè total power -



e osservazioni polarimetriche), oppure osservazioni interferometriche, ossia in concomitanza con altri radiotelescopi.

A seguire verrà spiegata la procedura mediante la quale è stato possibile effettuare la misurazione della luminosità. L'antenna VLBI è stata utilizzata come Single-Dish nel continuo, quindi a bande larghe.

## Source visibility

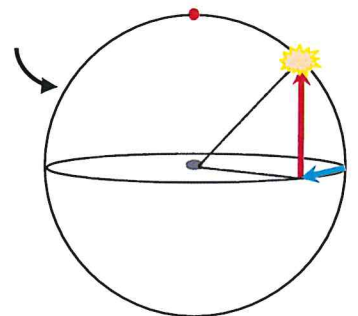
Per eseguire l'osservazione è necessario selezionare una serie di sorgenti, che possano essere visibili nell'intervallo di tempo assegnato alle osservazioni.

Bisogna allora cercare su *SIMBAD Astronomical Database* e su *NASA/IPAC Extragalactic Database-NED* le coordinate delle sorgenti inserendo il loro nome. Si crea poi un file di testo con l'elenco delle sorgenti.

3C20	00 43 09.6000	+52 03 35.000
3C48	01 37 41.2971	+33 09 35.118
nrao150	03 59 29.7473	+50 57 50.162
3C123	04 37 04.3753	+29 40 13.819
0716+714	07 21 53.4484	+71 20 36.363
0735+178	07 38 07.3937	+17 42 18.998
0J287	08 54 48.8749	+20 06 30.641
Ghost1	10 29 06.6900	+55 56 25.290
Ghost2	15 09 16.1700	+61 37 16.800
3C286	13 31 08.2879	+30 30 32.958
3c345	16 42 58.8100	+39 48 36.993
NGC7027	21 07 01.5310	+42 14 11.510
2230+114	22 32 36.4089	+11 43 50.904

La seconda colonna si riferisce all'ascensione retta, che rappresenta la coordinata longitudinale della sorgente sulla sfera celeste e si misura in ore (hh mm ss). A destra invece è indicata la declinazione cioè la coordinata equatoriale che indica la "latitudine celeste", che si misura in gradi (° ' ")

Esiste inoltre un altro sistema di riferimento, riferito all'osservatore, le cui coordinate in gradi sono azimuth ed elevazione. L'azimut è l'angolo misurato sull'orizzonte che separa la proiezione della sorgente dal punto cardinale Nord, mentre l'elevazione è l'angolo tra il piano dell'orizzonte e la sorgente.

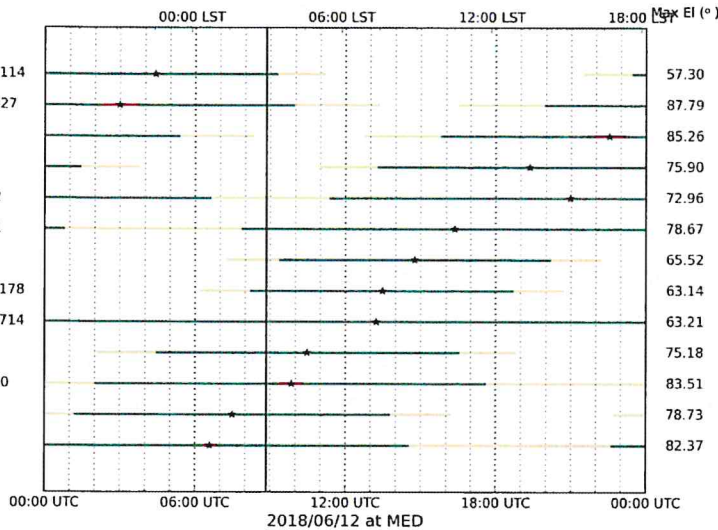


Si procede poi producendo un grafico che permetta di capire quando sorgono le sorgenti e quando sono visibili dal radiotelescopio.

Si cerca allora il sito del radiotelescopio, in particolare [www.ira.inaf.it/Observing/](http://www.ira.inaf.it/Observing/).

Bisogna scegliere l'opzione *Planning* e poi *CASTIA*. Si inserisce il file.txt e si sceglie il giorno in cui verrà effettuata l'osservazione. Viene così generato un grafico di elevazione che mostra l'osservabilità in cielo delle sorgenti, poiché esse sorgono e tramontano e non sono sempre visibili. Tuttavia ci sono sorgenti che non tramontano mai, come 0716+714, che si definiscono sorgenti circumpolari.

A sinistra ci sono i nomi delle sorgenti, a destra i gradi della massima elevazione, in alto il tempo siderale locale (LST), cioè il tempo che la Terra impiega per compiere un giro completo rispetto alle stelle e in basso il tempo universale (UTC), attualmente due ore indietro rispetto al nostro orario. Le stelline nere indicano l'apice delle sorgenti e le linee si riferiscono alla visibilità delle sorgenti. In verde sono rappresentate le fasce temporali in cui la sorgente si trova ad una



elevazione compresa tra 20° e 80° (l'intervallo in cui è preferibile osservare). In giallo e in rosso sono gli intervalli (rispettivamente <20° o >80°) in cui è impossibile o sconsigliabile effettuare misurazioni.

Grazie a questo plot si ordinano le sorgenti in modo da osservarne il maggior numero possibile, quando la loro elevazione è ottimale.

Si è compilata una tabella con i valori del flusso a diverse frequenze previsti dalla letteratura, che verranno confrontati con i valori da noi calcolati. In base a questi valori si è deciso quanti subscan eseguire per ogni sorgente: quelle meno luminose

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	SORGENTE		BANDA C		BANDA X		BANDA K	
2	NOME	TIPO	F_C (GHz)	DENSITA' DI FLUSSO (Jy)	F_X (GHz)	DENSITA' DI FLUSSO (Jy)	F_K (GHz)	DENSITA' DI FLUSSO (Jy)
3	3C48	Quasar	5.00	5.332 ± 0.070	8.35	3.243 ± 0.065	/	/
4	3C20	Seyfert 2 Galaxy	5.00	4.151 ± 0.159	/	/	23.00	0.888 ± 0.166
5	nrao150	Quasar	5.00	1.51	8.40	2.404	22.50	7.20 ± 0.72
6	3C123	Active galaxy nucleus	5.00	16.206 ± 0.189	8.00	10.6 ± 0.53	23.00	3.516 ± 0.239
7	0735+178	Quasar	5.00	1.45 ± 0.18	8.40	3.74	24.00	6.10
8	0716+714	Quasar	5.00	1.34	8.40	5.81	23.10	1.93
9	OJ287	Bl Lac	5.00	2.14 ± 0.12	8.00	2.57 ± 0.08	24.00	2.44
10	Ghost1	Seyfert 1 Galaxy	?	?	?	?	?	?
11	Ghost2	Seyfert 1 Galaxy	?	?	?	?	?	?
12	2230+114	Quasar	5.00	3.65 ± 0.06	8.40	2.77	23.00	3.40
13	NGC7027	Planetary Nebula	4.85	4.94 ± 0.596	8.30	7.50	/	/
14	3C286	Seyfert 1 Galaxy	5.00	7.428 ± 0.089	8.35	5.179 ± 0.104	23.00	2.3 ± 0.05
15								
16								
17	Legenda							
18	CALIBRATORI							

necessitano di maggiore integrazione, ossia di “tempi di posa” più lunghi.

La tabella riporta le diverse densità di flusso in Jy delle varie sorgenti osservate nelle frequenze indicate

L'osservabilità delle sorgenti è influenzata anche dalle condizioni meteorologiche. Infatti se l'atmosfera è ricca di nubi, il vapore acqueo presente interferisce con le misurazioni, specialmente in banda K. E' dunque necessario effettuare la misurazione dell'opacità del cielo mediante lo Skydip, la scansione del cielo ad azimut fisso dallo zenit all'orizzonte.



# Schedule

Le schedule permettono di controllare il radiotelescopio.

Per generare una schedula è necessario partire da due file di estensione “.txt” : i file Configuration ed i file Target.

*Esempio di file Target nel quale sono contenute le coordinate delle sorgenti bersaglio del radiotelescopio e le ripetizioni con le quali si intende osservarle.*

```
2230+114 EqCrossC TPC EQ 22:32:36.4089h +11:43:50.904 repetitions=
NGC7027 EqCrossC TPC EQ 21:07:01.5310h +42:14:11.510 repetitions=3
3C20 EqCrossC TPC EQ 00:43:09.6000h +52:03:35.000 repetitions=6
3C48 EqCrossC TPC EQ 01:37:41.2971h +33:09:35.118 repetitions=3
nrao150 EqCrossC TPC EQ 03:59:29.7473h +50:57:50.162 repetitions=4
0716+714 EqCrossC TPC EQ 07:21:53.4484h +71:20:36.363 repetitions=
0735+178 EqCrossC TPC EQ 07:38:07.3937h +17:42:18.998 repetitions=
3C123 EqCrossC TPC EQ 04:37:04.3753h +29:40:13.819 repetitions=3
OJ287 EqCrossC TPC EQ 08:54:48.8749h +20:06:30.641 repetitions=4
Ghost1 EqCrossC TPC EQ 10:29:06.6900h +55:56:25.290 repetitions=8
Ghost2 EqCrossC TPC EQ 15:09:16.1700h +61:37:16.800 repetitions=8
3C286 EqCrossC TPC EQ 13:31:08.2879h +30:30:32.958 repetitions=3
```

```
projectID = ASL
observer = RDC
scheduleLabel = 15062018_C
# MED or SRT
radiotelescope = MED
receiver = C
# fits or mbfits
outputFormat = fits
# default repetitions value for each scan
repetitions = 1
# default tsys value for each scan
tsys = 0

# File name of the target specs in this same directory targetsFile = Targets1_C.txt

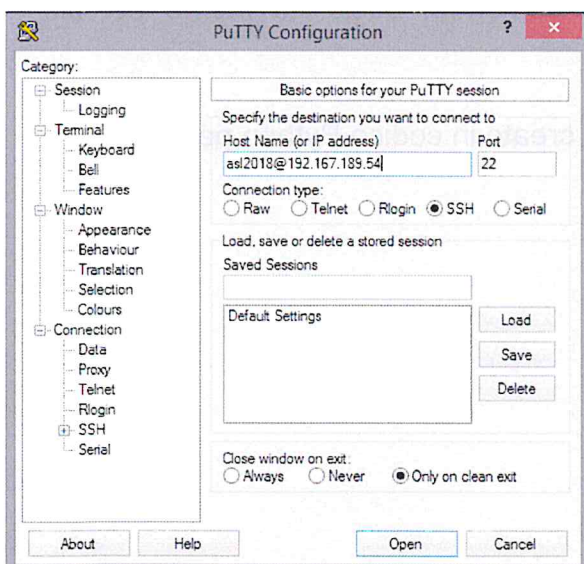
[backends][[TPC]]
type = TOTALPOWER
# integration period in ms
integration = 40
# sampling interval in ms
samplingInterval = 40.0
# bandwidth in MHz, possible values are:
# 300, 730, 1250, 2000
bandwidth = 300

[scantypes]

#CROSSSCANNAME = CROSS FRAME LENGTH SPEED   EqCrossC = CROSS EQ 0.9d 3.6
```

*Esempio di file Configuration il quale dà istruzioni ed informazioni al radiotelescopio .*

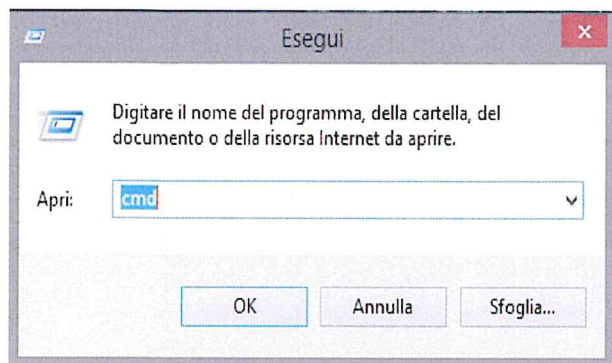
Una volta scritti i file Configuration e Target, nel caso specifico del radiotelescopio di Medicina, bisogna connettersi al computer “primario”(il quale da questo momento verrà chiamato Terminale 1) che ha il controllo del radiotelescopio. Questa Operazione avviene grazie al programma “Putty”.



*Interfaccia del programma “Putty” che permette la connessione tra il Terminale 2 (dispositivo ausiliario usato dall’utente) ed il Terminale 1 (computer “primario”) tramite indirizzo IP.*

Sul Terminale 2, successivamente, è necessario avviare l'interfaccia DOS del sistema. Per accedere alla schermata DOS, bisogna cliccare con il tasto destro sul simbolo windows e aprire "Esegui".

Sulla finestra aperta occorre digitare la stringa "cmd".



Una volta digitata la seguente stringa, premere "OK".

Aperta l'interfaccia DOS del Terminale 2, si possono copiare i file di nostro interesse (Configuration.txt, Target.txt) sul Terminale 1.

Questa procedura è resa possibile dalla seguente linea di comando:

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versione 6.3.9600]
(c) 2013 Microsoft Corporation. Tutti i diritti riservati.
C:\Users\Gianmarco>pscp C:\Users\Downloads\Dario_Elena_Gianmarco\c\*.* as1201801
92.167.189.54:schedules
```

Questa stringa comprende la directory dei file interessati, l'indirizzo IP e la cartella del dispositivo ricevente, in cui si vogliono trasferire i file..

Terminata la procedura di trasferimento file, è necessario accedere al Terminale 1 con *Putty*.

Una volta completato l'accesso, si inizia il processo di generazione delle schedule.

Ciò avviene attraverso la seguente linea di comando: *basie -c [nome del file Configuration]*

Questo comando si basa su *basie*, programma creato in codice Python per facilitare lo sviluppo di schedule.



```
asl2018@escsConsole:~/schedules
[asl2018@escsConsole schedules]$ basic -c Configuration1_C.txt .
INFO: generating schedule from user input file: Configuration1_C.txt
INFO: Scheduling MED radiotelescope using receiver C
INFO: writing EqCrossC on 2230+114
INFO: writing EqCrossC on NGC7027
INFO: writing EqCrossC on 3C20
INFO: writing EqCrossC on 3C48
INFO: writing EqCrossC on nrao150
INFO: writing EqCrossC on 0716+714
INFO: writing EqCrossC on 0735+178
INFO: writing EqCrossC on 3C123
INFO: writing EqCrossC on OJ287
INFO: writing EqCrossC on Ghost1
INFO: writing EqCrossC on Ghost2
INFO: writing EqCrossC on 3C286
INFO: closing gently
[asl2018@escsConsole schedules]$
```

Dopo aver generato le schedule, si ottengono 4 file di estensione e formato diversi:

- .scd contiene la sequenza delle osservazioni (SCAN);
- .lis ha al suo interno le posizioni;
- .cfg contiene le procedure e le configurazioni del ricevitore;
- .bck è composto dalle procedure configurative del back-end.

```
15062018_C.bck
15062018_C.cfg
15062018_C.lis
15062018_C.scd
```

Terminata la produzione delle schedule, possiamo accertarci della loro qualità digitando la seguente stringa: `scheduleChecker [nome del file.scd]`

```
asl2018@escsConsole:~/schedules
[asl2018@escsConsole schedules]$ scheduleChecker 15062018_C.scd
220 subscans were succesfully parsed!
Schedule is correct
[asl2018@escsConsole schedules]$
```



## Osservazione e utilizzo radiotelescopio

Il programma VNC permette il controllo del radiotelescopio tramite il collegamento tra computer locali e macchina remota. Per portare a termine la procedura si inseriscono i comandi riportati in tabella nel terminale *OperatorInput*.

	Banda C	Banda X	Banda K
SETUP	CCCL	XXP	KKC
FREQUENCY TUNING	setLO=4900 setSection=0,* ,300,* ,* ,* ,* setSection=1,* ,300,* ,* ,* ,*		setLO=23000 setSection=0,* ,1250 * ,* ,* ,* setSection=1,* ,1250 * ,* ,* ,*
Attenuazioni (1000 conteggi)	goTo= * ,45d getTpi, setAttenuation = 0,[n] e 1,[n]	IDEM	IDEM
DEVICE	device=0	device=0	device=1
Scheda: startSchedule = [nome.scd], [n] stopSchedule			

### Legenda:

**Setup:** permette di scegliere la banda di osservazione

Banda C: CCCL (fuoco secondario)

Banda X: XXP (fuoco primario)

Banda K: KKC (fuoco secondario)

**Set LO:** si imposta una frequenza a partire da una banda di 100 MHz al di sotto di quella desiderata.

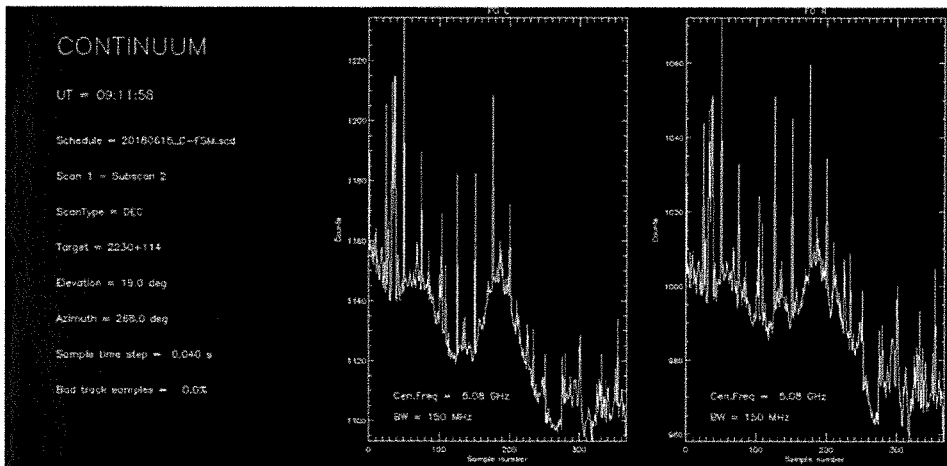
**Set section:** si riferisce alla sezione di banda che si vuole utilizzare. In banda C sono 300 MHz (scegliamo una banda stretta per limitare le molteplici interferenze), in banda K sono 1250 MHz. La section per la banda X è fissa, e ha una larghezza di banda pari a 680 MHz.

**Attenuazione:** il segnale in ingresso viene attenuato e portato a circa 1000 conteggi.

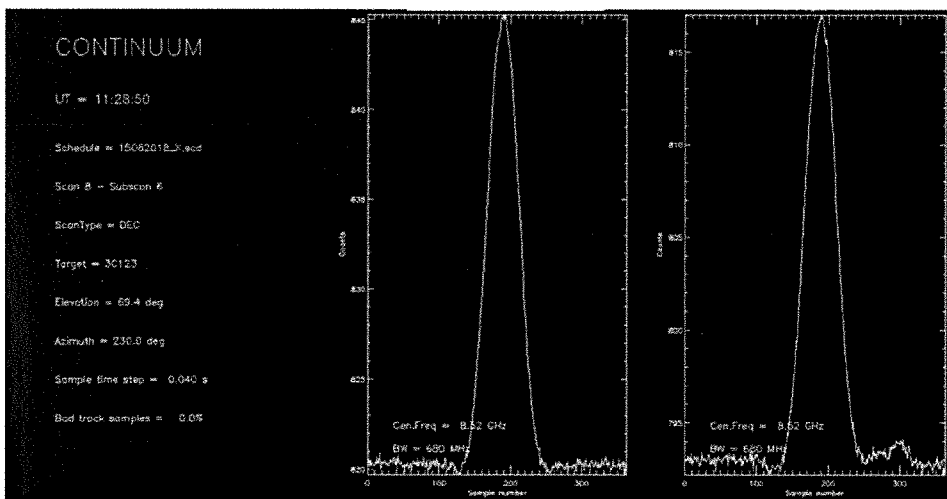
**Device:** Ci sono due canali di ricezione, 0(left) e 1(right). A seconda della banda si imposta il canale ottimale, che il sistema impiegherà come riferimento per suo uso interno (entrambi saranno in ogni caso presenti nel file di output)

I dati di ogni subscan sono organizzati in un grafico tempo-intensità. Il programma di quick-look presente sul Terminale1 permette di visualizzare in tempo reale il contenuto dell'acquisizione in corso, per stimare la presenza e la bontà del segnale ricevuto dalla sorgente, che in questo caso è dato da una curva gaussiana.

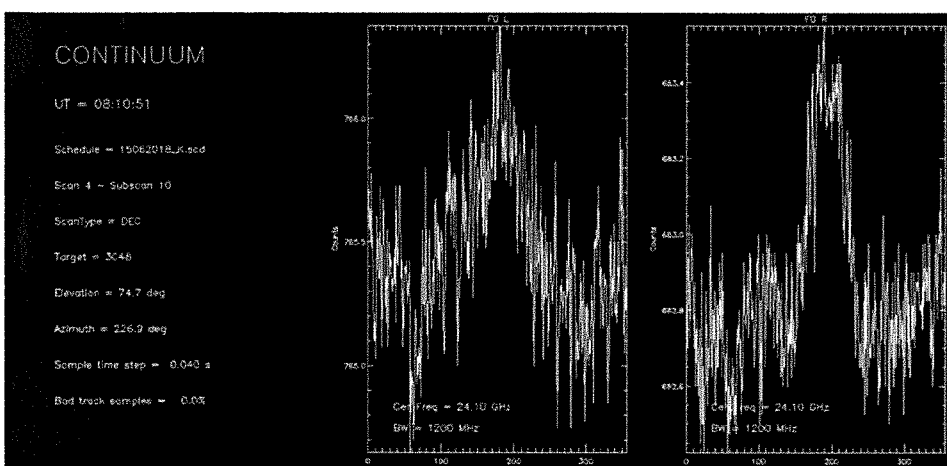
Oltre al noise strumentale sono presenti numerose barre verticali lungo la gaussiana e la baseline: si tratta di onde radio artificiali che interferiscono con l'osservazione. Le principali fonti di disturbo in banda C sono la trasmissione di dati banda larga via internet. L'aeroporto Marconi interferisce invece con le osservazioni in banda X, mentre in banda K, dove i disturbi sono rari, si è particolarmente sensibili al meteo.



*Grafico della sorgente 2230+114 vista in banda C. Il grafico mostra pesanti interferenze,*



*Grafico della sorgente 3C123 vista in banda X. Il grafico risulta essere molto pulito, il noise è minimo e l'andamento perfettamente modellabile.*



*Grafico della sorgente 3C48 vista in banda K. Il grafico mostra un noise elevato dovuto alle condizioni meteo, il quale appare importante anche per via della debole intensità della sorgente.*

## Analisi dati

L'analisi dati avviene in due fasi. La prima, detta **flagging** (selezione dei subscan migliori) avviene manualmente, la seconda, detta **fitting** (generazione della una retta e della una curva gaussiana che meglio rappresentano il segnale ottenuto nell'integrazione di tutti i subscan selezionati nel flagging) avviene automaticamente.

Dopo aver eseguito l'accesso al Terminale 1 con *Putty*, si inseriscono le linee di comando sottolineate:

Questi comandi permettono di accedere ad un set di procedure, denominato CAP

```
[asl2018@escsConsole analisi]$ idl
IDL Version 8.2 (linux x86_64 m64). (c) 2012, Exelis Visual Information Solutions, Inc.
Trial version expires on 31-mar-2019.
Licensed for use by: INAF - Licenza test server centrale

IDL> !PATH=!PATH+':'+Expand_Path('~/.IDLWorkspace82/')
IDL> .r dataflagging
% Compiled module: WID_BASE_0.
% Compiled module: WID_BASE_0_EVENT.
% Compiled module: DATAFLAGGING.
% Compiled module: SHOW_MESSAGE.
% Compiled module: PLOT_CH.
% Compiled module: START.
% Compiled module: FLAGGA.
IDL> dataflagging
```

(Cross-scan Analysis Pipeline) prodotto dai ricercatori in IDL (un linguaggio di programmazione molto usato nell'analisi dati) per i progetti osservativi single-dish eseguiti con i radiotelescopi italiani. Sul Terminale 2, con l'ausilio del programma *X ming* che permette di visualizzare interfacce grafiche generate sulla macchina remota, gli utenti possono "flaggare" i subscan ottenuti dalle osservazioni, visualizzandoli uno alla volta ed esprimendo un giudizio sulla loro qualità

I subscan vengono selezionati in base alla chiarezza del grafico, ossia dall'altezza del noise, dalla regolarità della baseline, dalla presenza di interferenza che possano impedire la modellizzazione dei dati.

L'integrazione dei subscan e il fitting avvengono prima per i calibratori, allo scopo di calcolare i fattori di conversione  $k$  che permettono di trasformare i valori della densità di flusso da conteggi a  $J_y$

$k = S_{cal}/A'_{cal}$  in cui  $S_{cal}$  è la densità di flusso nota e costante e  $A'_{cal}$  è l'ampiezza della gaussiana a metà altezza

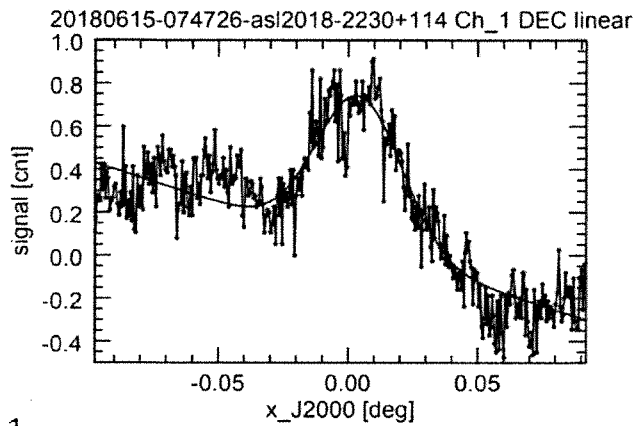
Si passa poi ai target, che vengono integrati e "fittati". Le ampiezze  $A'_{tar}$  delle gaussiane vengono moltiplicate per il corrispettivo fattore di conversione, così da ricavare la loro densità di flusso  $S_{tar}$ .

$$S_{tar} = k \times A'_{tar}$$

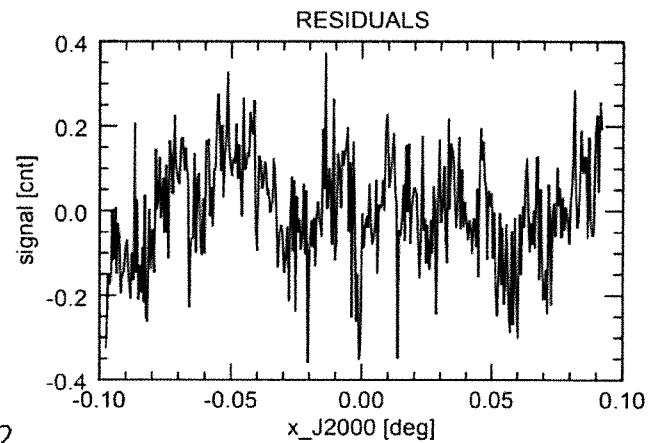


Questo procedimento avviene in banda X e K. La pessima qualità dei subscan in banda C non ha permesso il fitting.

Per ottenere misure accurate, ripulite dagli effetti strumentali, si deve considerare il guadagno d'antenna  $G(EI)$ , fattore che varia in elevazione per via della deformazione gravitazionale della parabola. La migliore resa si ha intorno ai  $45^\circ$ . Inoltre bisogna correggere i dati raccolti in banda K tenendo conto dell'opacità  $\tau$ , calcolata tramite gli Skydip, per poter ricostruire quale ampiezza avrebbe avuto il segnale in assenza dei contributi introdotti dall'atmosfera.



1



2

Nel grafico 1, esempio di fitting. E' visibile la linea e la curva gaussiana modellizzate. Nel grafico 2 sono riportati i residui, ossia cosa resta quando si sottraggono le linee prodotte dal fitting dalla distribuzione originaria dei dati. Residui = (dati osservati) - (curva ottenuta dalla procedura di fitting)

Ricavata la densità di flusso dei target si ottiene la luminosità assoluta delle sorgenti, utilizzando la formula :

$$Lf = Sf \times 4\pi d^2$$

Nelle seguenti tabelle sono riportati i valori medi delle densità di flusso di ogni sorgente, nel caso si sia osservata più volte, la distanza degli AGN ricavata da *NED* e la luminosità assoluta monocromatica calcolata per ogni banda.

SORGENTE		BANDA K				
NOME	TIPO	DENSITA' DI FLUSSO (Jy)	DENSITA' DI FLUSSO ( $W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$ )	ERRORE +/-	DISTANZA (m)	LUMINOSITA' ASSOLUTA MONOCROMATICA (W/Hz)
2230+114	Quasar	/	/	/	$2,07 \cdot 10^{26}$	/
3C20	Seyfert 2 Galaxy	/	/	/	$2,48 \cdot 10^{19}$	/
nrao150	Quasar	8,25	$8,25 \cdot 10^{-26}$	0,63	$3,36 \cdot 10^{20}$	$1,17 \cdot 10^{17}$
0716+714	Quasar	3,55	$3,55 \cdot 10^{-26}$	0,43	$4,63 \cdot 10^{19}$	$9,54 \cdot 10^{14}$
0735+178	Quasar	/	/	/	$6,96 \cdot 10^{19}$	/
OJ287	BL Lac	4,85	$4,85 \cdot 10^{-26}$	0,64	$4,47 \cdot 10^{19}$	$1,37 \cdot 10^{15}$
Ghost1	Seyfert 1 Galaxy	/	/	/	/	/
Ghost2	Seyfert 1 Galaxy	/	/	/	/	/

SORGENTE		BANDA X				
NOME	TIPO	DENSITA' DI FLUSSO (Jy)	DENSITA' DI FLUSSO ( $W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$ )	ERRORE +/- (Jy)	DISTANZA (m)	LUMINOSITA' ASSOLUTA MONOCROMATICA (W/Hz)
2230+114	Quasar	3,33	$3,33 \cdot 10^{-26}$	0,04	$2,07 \cdot 10^{26}$	$1,79 \cdot 10^{28}$
3C20	Seyfert 2 Galaxy	2,07	$2,07 \cdot 10^{-26}$	0,26	$2,48 \cdot 10^{19}$	$1,60 \cdot 10^{14}$
nrao150	Quasar	10,00	$1,001 \cdot 10^{-25}$	0,26	$3,36 \cdot 10^{20}$	$1,42 \cdot 10^{17}$
0716+714	Quasar	1,96	$1,96 \cdot 10^{-26}$	0,47	$4,63 \cdot 10^{19}$	$5,27 \cdot 10^{14}$
0735+178	Quasar	0,69	$6,9 \cdot 10^{-27}$	0,06	$6,96 \cdot 10^{19}$	$4,20 \cdot 10^{14}$
OJ287	BL Lac	5,87	$5,87 \cdot 10^{-26}$	0,11	$4,47 \cdot 10^{19}$	$1,66 \cdot 10^{15}$
Ghost1	Seyfert 1 Galaxy	/	/	/	/	/
Ghost2	Seyfert 1 Galaxy	/	/	/	/	/

In queste tabelle vengono riportati i target, osservati in banda K e X, con le rispettive densità di flusso in Jansky ( $Jy = 1 \cdot 10^{-26} W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$ ), distanza in metri (m) e la luminosità assoluta monocromatica in Watt per Hertz (W/Hz).

↑ VALORI  
POCO PLausIBILI -  
PROBABILI REFUSI  
O ERRORI NELLE  
FORMULE

## Conclusioni

In tabella abbiamo riassunto i valori delle densità di flusso in banda X e K secondo i dati della letteratura e secondo i nostri risultati. Notiamo che alcuni sono completamente diversi ma comunque compatibili, in quanto stiamo analizzando delle sorgenti con densità di flusso variabile.

SORGENTE		DENSITA' DI FLUSSO-BANDA X (Jy)		DENSITA' DI FLUSSO-BANDA K (Jy)	
NOME	TIPO	LETTERATURA	RISULTATI	LETTERATURA	RISULTATI
2230+114	Quasar	2,77	3,33	3,4	/
3C20	Seyfert 2 Galaxy	/	2,07	0,89	/
nrao150	Quasar	2,40	10,00	2,33	8,25
0716+714	Quasar	5,81	1,96	1,93	3,55
0735+178	Quasar	3,74	0,69	6,1	/
OJ287	BL Lac	2,57	5,87	2,44	4,85
Ghost1	Seyfert 1 Galaxy	/	/	/	/
Ghost2	Seyfert 1 Galaxy	/	/	/	/

Nella tabella vengono messi a confronto le densità di flusso della letteratura con quelle ottenute dalle osservazioni

Abbiamo provato ad effettuare qualche misurazione anche in banda C, ma le scansioni si sono rivelate di qualità scadente ed estremamente interferite, di conseguenza abbiamo deciso di non analizzare il materiale ottenuto a 5 GHz.

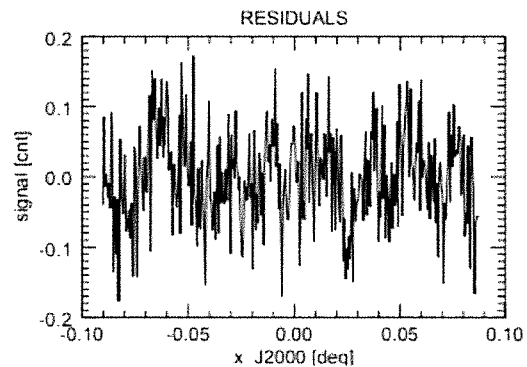
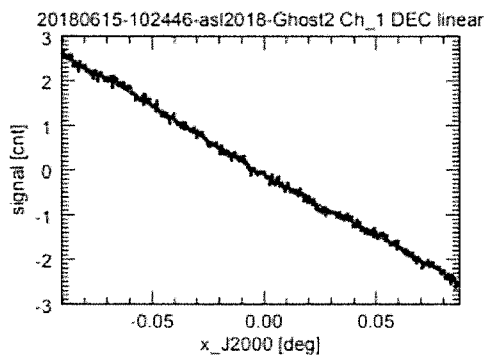
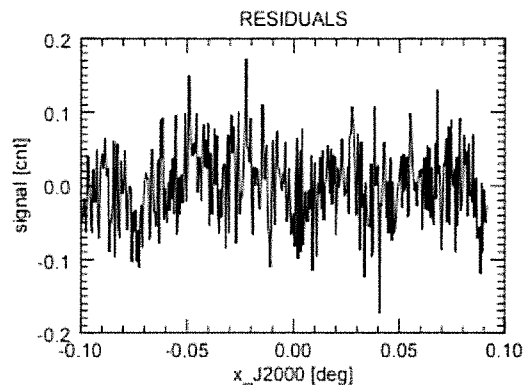
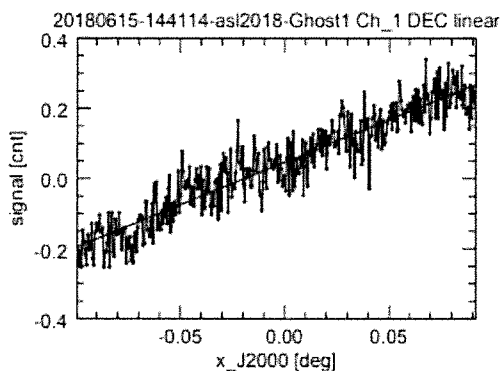
Possiamo dunque concludere che sebbene il cielo presentasse nubi disomogenee e non fosse quindi ottimale per una buona osservazione, le misure sono risultate soddisfacenti per i fini del nostro progetto.

## Galassie “Ghost1” e “Ghost2”

Il 6 giugno 2018 è stato pubblicato un articolo scritto da ricercatori finlandesi, in cui gli autori sostenevano di aver misurato la densità di flusso di alcune galassie di Seyfert. A differenza di precedenti osservazioni, che per tali target riportavano valori di densità di flusso di circa  $10^{-3}$ , i ricercatori hanno ottenuto risultati di un ordine di  $10^0$  Jy.

La maggior parte delle galassie cambia, nel corso del tempo, la propria intensità di flusso; ma due galassie che nello stesso arco di tempo moltiplicano la propria intensità di un fattore 1000 è un'eventualità estremamente improbabile, che fa sorgere molte perplessità.

Di conseguenza, si è pensato di effettuare delle misurazioni, insieme alle altre galassie già “programmate”, anche di queste due galassie incognite, da noi chiamate Ghost1 e Ghost2.



*Dai grafici non emergono tracce della presenza di sorgenti, data l'assenza di gaussiane.*

Il risultato delle misurazioni è stato positivo per noi, ovvero non siamo riusciti a vedere queste sorgenti in radio: fatto che conferma i dubbi già presenti.

L'integrazione degli scan non ha portato alla rilevazione di alcun segnale.

Di conseguenza, è necessario stabilire il limite superiore della densità di flusso delle due Ghost. Per fare ciò si ricava il valore del noise  $N_{Jy}$  in Jy (si ottiene dividendo il range picco-picco per 6 e moltiplicando per il fattore di conversione da conteggi a Jy) e lo si divide per tre; essa è la densità di flusso massima che le due ghost posso



avere. Con questo metodo si ottiene che il flusso delle due Ghost  $S_G$  deve essere minore o uguale a 0,427 Jy. **A QUALE FREQUENZA?**

$$\begin{aligned}N_{\text{count}} &= P/6 \\N_{\text{Jy}} &= N_{\text{count}} * k \\S_G &\leq N_{\text{Jy}}/3\end{aligned}$$

La misura non ha quindi potuto confermare i valori pubblicati nel suddetto articolo.

**RELAZIONE NON REVISIONATA  
PER MANCANZA DI TEMPO.  
AI RAGAZZI SONO COMUNQUE  
STATI SEGNALATI GLI ERRORI  
PRESENTI, SPIEGANDONE LE  
RAGIONI.**