RadioAstroLab s.r.l.
60019 Senigallia (AN) - Italy
T +39 071 6608166
F +39 071 6612768
www.radioastrolab.it

Esperimenti a 11.2 GHz con SPIDER230: Il transito di Taurus A

Flavio Falcinelli

Doc. Vers. 1.3 del 26.03.2014
@ 2014 RadioAstroLab

RadioAstroLab s.r.l., Via Corvi, 96 – 60019 Senigallia (AN)
Tel. +39 071 6608166 Fax: +39 071 6612768
Web: www.radioastrolab.it Email: info@radioastrolab.it

Copyright: diritti riservati. Il contenuto di questo documento è proprietà del costruttore. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo senza il permesso scritto di *RadioAstroLab s.r.l.*.

RadioAstroLab s.r.l.
60019 Senigallia (AN) - Italy
T +39 071 6608166
F +39 071 6612768
www.radioastrolab.it

Questo articolo descrive un esperimento eseguito con il radiotelescopio *SPIDER230*: la registrazione del transito della radiosorgente *Taurus A (M1)*. I risultati ottenuti sottolineano le prestazioni dello strumento e si prestano ad alcune interessanti osservazioni sulle tecniche radioastronomiche.

La sperimentazione è stata condotta dal Dr. Filippo Bradaschia, CEO di *PrimaLuce Lab*, azienda partner di *RadioAstroLab* nella realizzazione del radiotelescopio *SPIDER230* che ringraziamo per la collaborazione. La stazione ricevente, installata presso il Polo Tecnologico di Pordenone (Fig. 1) comprende il ricevitore *11,2 GHz Total-Power RAL10PL* realizzato da *RadioAstroLab* per *SPIDER230* e il sistema di antenna (riflettore parabolico circolare di 2,3 metri di diametro) con montatura equatoriale, motorizzazione e cupola di protezione realizzati da *PrimaLuce Lab*. Lo strumento è completamente controllabile, attraverso una linea Ethernet, dal software *RadioUniverse.*

Fig. 1: Il radiotelescopio *SPIDER230* utilizzato per la registrazione del transito di *Taurus A* (nebulosa M1).

I criteri utilizzati per la progettazione del ricevitore *RAL10PL*, per l'antenna e per il sistema di puntamento, per il software di acquisizione e di elaborazione dei dati *RadioUniverse* garantiscono a *SPIDER230* l'elevata sensibilità e stabilità richieste per le osservazioni radioastronomiche. Abbiamo più volte sottolineato come l'osservazione del cielo nella banda di frequenze prossima a 10 GHz offra numerosi vantaggi:

- Ridotta sensibilità alle radio-interferenze di natura artificiale;
- Possibilità di utilizzare antenne di dimensioni accettabili;
- Maggiore capacità risolutiva legata alle frequenze radio più elevate.

RadioAstroLab s.r.l.
60019 Senigallia (AN) - Italy
T +39 071 6608166
F +39 071 6612768
www.radioastrolab.it

Questi vantaggi consentono di installare un radiotelescopio anche nel "giardino di casa", comunque in un ambiente urbano senza troppe penalizzazioni legate alle interferenze. In ogni caso, è sempre consigliabile verificare l'idoneità del sito all'installazione. I principali svantaggi sono legati al ridotto numero di radiosorgenti osservabili con radiotelescopi amatoriali o semi-professionali.

Gli oggetti osservabili da *SPIDER230* (alla frequenza di 11.2 GHz) sono:

- **SOLE:** flusso dell'ordine 3 milioni di Jansky [1 Jy = 10^{-26} W/(m^2·Hz)]
- **LUNA:** flusso dell'ordine di 30000 Jansky
- **CASSIOPEA A:** flusso dell'ordine di 423 Jansky
- **M17:** flusso dell'ordine di 550 Jansky
- **TAURUS A (M1):** flusso dell'ordine di 506 Jansky
- **ORION A (M42):** flusso dell'ordine di 480 Jansky

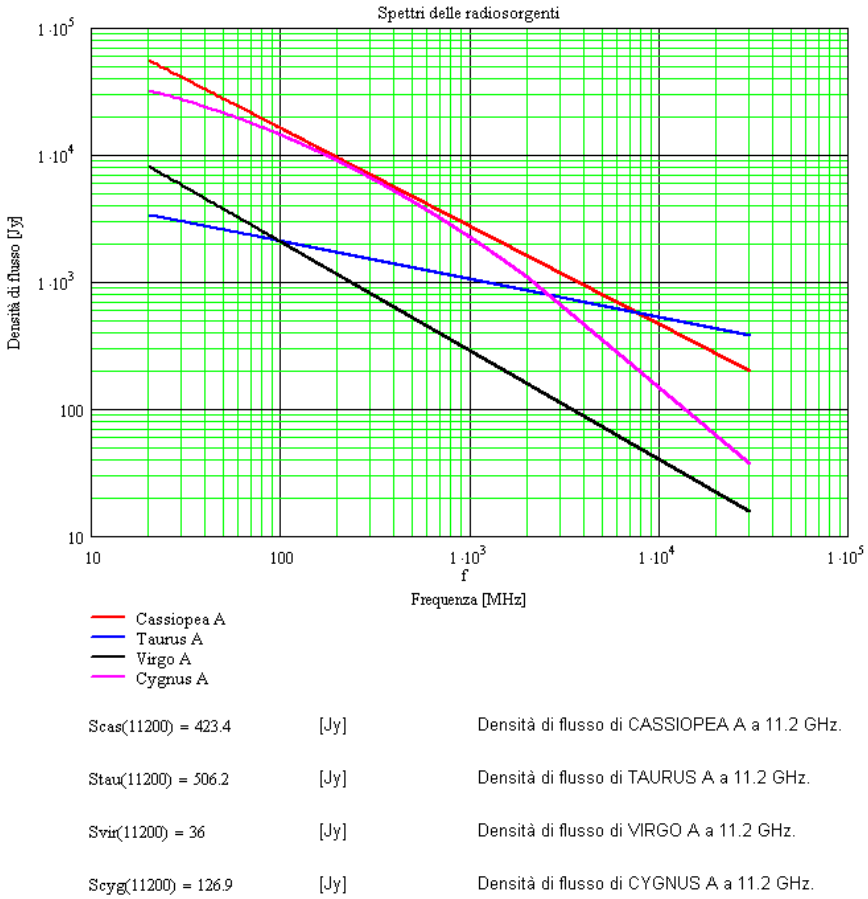

Fig. 2: Spettri in banda radio delle principali radiosorgenti accessibili con *SPIDER230*.

Si nota come la *Luna* sia 100 volte più debole del *Sole* e *Cassiopea A* sia 50 volte più debole della *Luna*. A causa dell'elevata intensità dell'emissione solare, l'osservazione della nostra stella con *SPIDER230* richiede l'impostazione del minimo fattore di amplificazione per il ricevitore e l'inserimento di un attenuatore da 22 dB lungo la linea coassiale. I transiti della *Luna* sono facilmente registrabili impostando fattori di amplificazione medio-bassi (senza attenuatore), mentre gli altri oggetti sono più

difficili da registrare. La necessità di verificare le prestazioni limite dello strumento, incoraggiati dalle eccellenti misure di sensibilità e stabilità riscontrate sulla *Luna*, hanno spinto il Dr. Filippo Bradaschia a pianificare la registrazione dei dati utilizzando la tecnica dei transiti con un software di controllo *RadioUniverse*.

Durante la progettazione del ricevitore *RAL10PL* sono state eseguite alcune simulazioni teoriche per verificare l'idoneità del sistema come radiotelescopio. Ricordiamo che lo strumento è un radiometro *Total-Power* funzionante alla frequenza di 11.2 GHz molto sensibile e stabile. L'ultima caratteristica è particolarmente importante per un ricevitore radioastronomico: le variazioni della temperatura ambiente causano piccole variazioni nel fattore di amplificazione della catena ricevente che rendono molto difficoltosa la misura, causando derive e fluttuazioni nella registrazione dei dati. Il problema è più evidente quando la radiosorgente da osservare è debole e maggiore è l'amplificazione impostata. La questione si risolve adottando opportuni criteri progettuali e termo-stabilizzando i circuiti elettronici del ricevitore. Per quanto riguarda le escursioni termiche giornaliere che interessano l'unità esterna *RAL10_LNB* (Fig. 1), installata sul fuoco dell'antenna, è abbastanza agevole caratterizzarne il comportamento dal punto di vista termico e adottare adeguate procedure di compensazione.

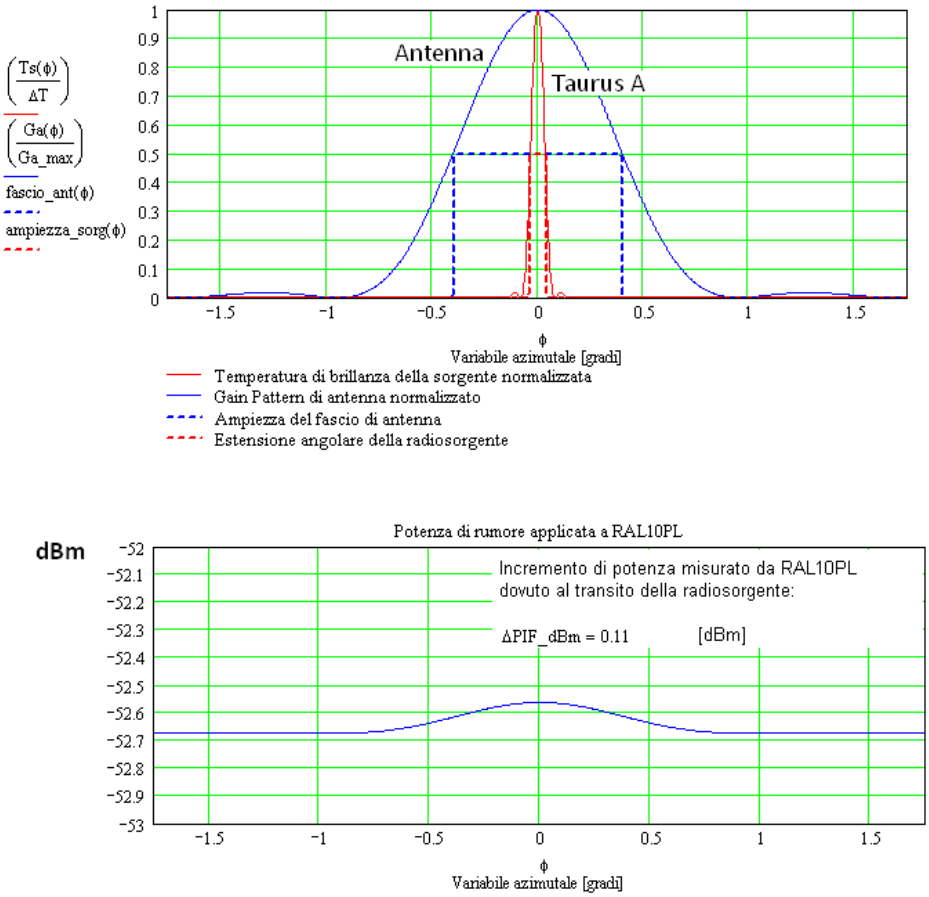

Fig. 3: Il profilo dell'emissione di *Taurus A* appare molto "diluito" per la notevole differenza fra l'ampiezza del fascio di ricezione dell'antenna e l'estensione angolare della sorgente (grafico in alto). Il grafico in basso riporta la stima dell'incremento di potenza del segnale osservabile all'ingresso del ricevitore *RAL10PL* dovuto al transito della radiosorgente.

RadioAstroLab s.r.l.
60019 Senigallia (AN) - Italy
T +39 071 6608166
F +39 071 6612768
www.radioastrolab.it

Le figure 3 e 4 mostrano i risultati della registrazione simulata del transito di *Taurus A* con *SPIDER230*. Le stime sono teoriche e considerano un comportamento ideale del sistema ricevente, stabilizzato in temperatura. La risposta del radiotelescopio è stata calcolata impostando i parametri del ricevitore che saranno successivamente utilizzati nell'esperimento "sul campo". Il diagramma di ricezione dell'antenna e quello emissivo della radiosorgente sono stati approssimati come aperture circolari uniformemente illuminate, in modo da visualizzare facilmente gli effetti di "filtraggio" spaziale imposti dall'antenna sul profilo vero della radiosorgente. Queste simulazioni, pur essendo molto semplificate, hanno il vantaggio di evidenziare le prestazioni del radiotelescopio. Il flusso di *Taurus A* alla frequenza di 11.2 GHz è dell'ordine di 506 Jy (Fig. 2).

I calcoli mostrano che la variazione nella temperatura di rumore di antenna dovuta al transito della radiosorgente è dell'ordine di 0.81 K e che la variazione nella potenza di segnale misurata dal ricevitore è dell'ordine di 0.11 dB (Fig. 3).

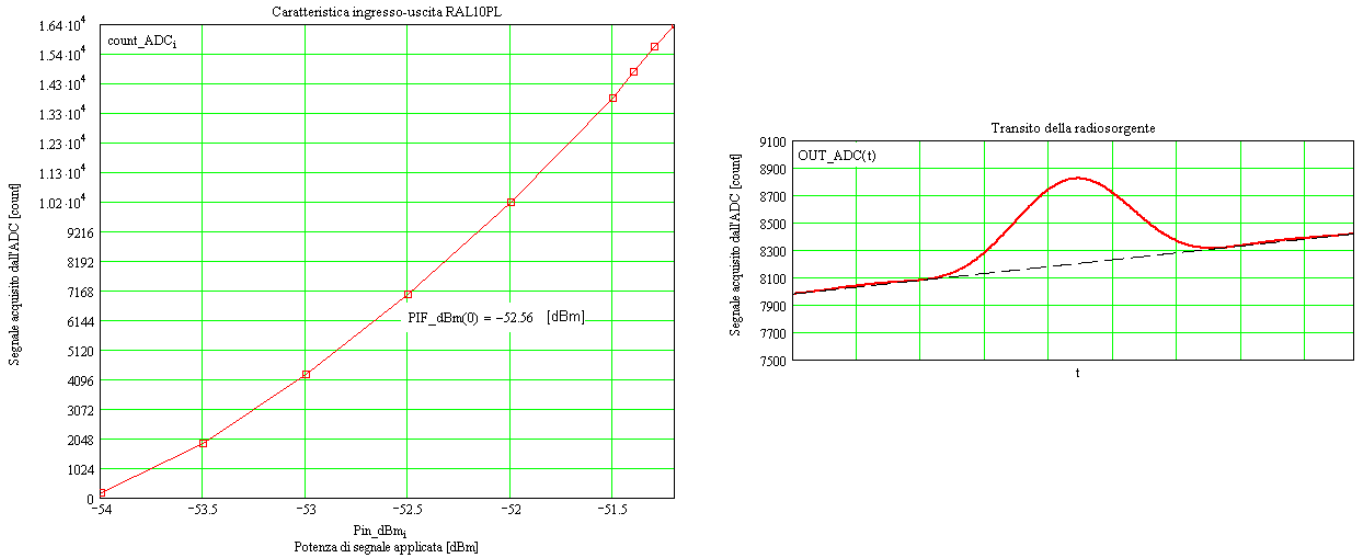

Fig. 4: Caratteristica ingresso-uscita (determinata in laboratorio) del ricevitore *RAL10PL* utilizzata per la simulazione e risposta teorica di *SPIDER230* al transito della radiosorgente *Taurus A*.

La simulazione del transito di *Taurus A* è riportata nella Fig. 4: è rappresentata anche la deriva della linea di base radiometrica che si riscontrerà nella misura "sul campo".

Verifichiamo la corrispondenza della simulazione teorica con i dati sperimentali.

La tecnica del transito utilizzata nella misura consiste nell'identificare l'oggetto di cui si vuole registrare l'emissione radio, puntare il radiotelescopio nella zona di cielo interessata dal transito dell'oggetto nel prossimo futuro (ad esempio 30 minuti dopo) e fermare il radiotelescopio in quella posizione. A causa della rotazione apparente del cielo (prodotta dalla rotazione terrestre), l'oggetto si sposterà verso l'area di cielo puntata dall'antenna, sarà intercettato dal fascio di ricezione e passerà oltre.

Il giorno 24 febbraio 2014 i tecnici di *PrimaLuce Lab* hanno hanno orientato l'antenna di *SPIDER230* verso la radiosorgente *Taurus A* (nebulosa *M1* nella costellazione del Toro, che emette radiazione di sincrotrone causata da elettroni in veloci moti a spirale attorno alle linee di campo magnetico generate dalla pulsar al suo interno) registrando il picco di un primo transito, ampio 15 gradi. Riportando i dati di intensità appena misurati sulla mappa del cielo si è verificato che tale incremento avveniva proprio in corrispondenza della posizione teorica di *Taurus A* (Fig. 5).

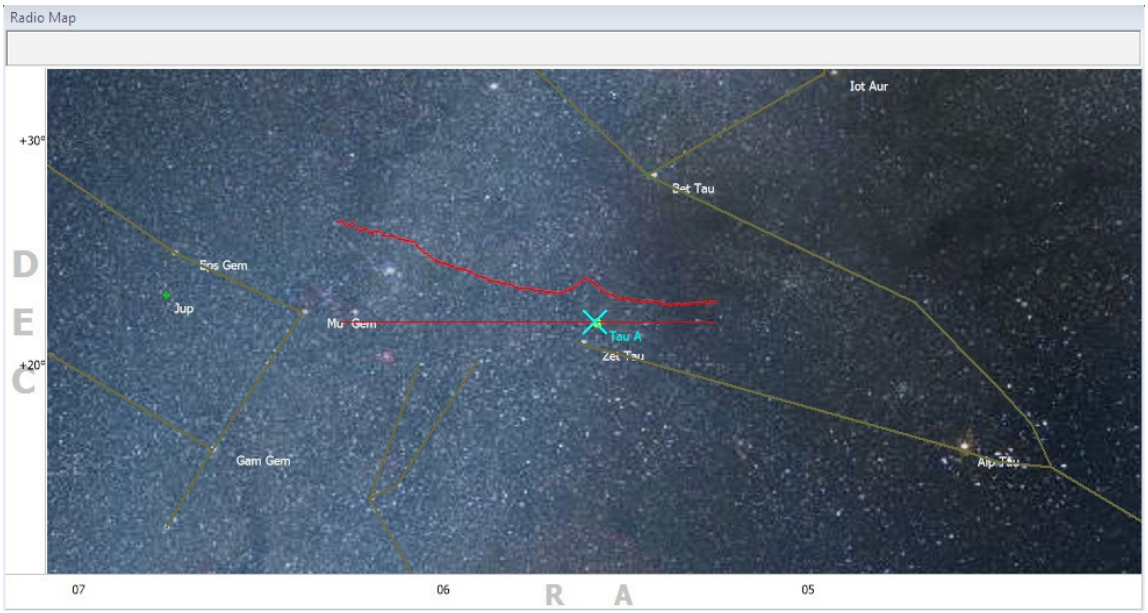

Fig. 5: Verifica del primo transito di *Taurus A* con il software *RadioUniverse*.

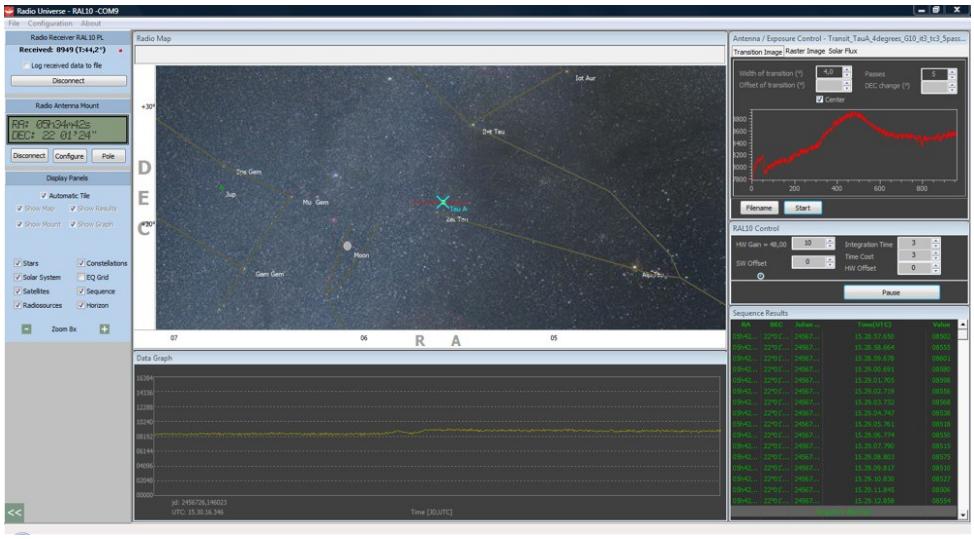

Fig. 6: Transiti di convalida del passaggio di *Taurus A* effettuati con il software *RadioUniverse*.

Per convalidare la registrazione, il 9 marzo 2014 sono stati programmati 5 transiti consecutivi della stessa zona di cielo, questa volta ampi 4 gradi ciascuno. *SPIDER230* consente di registrare automaticamente transiti consecutivi (Fig. 6). *RadioUniverse* registra, per ogni transito, un file in formato CSV con 4 colonne: ogni riga è una registrazione e contiene la data, l'ascensione retta, la declinazione e il valore radiometrico del punto registrato. E' quindi possibile elaborare i diversi risultati ottenuti, ad esempio calcolando la media dei valori per ridurre il rumore casuale e incrementare la visibilità della sorgente radio. Nella Fig. 7 è mostrato il risultato dell'elaborazione dei 5 transiti: la media delle elaborazioni è evidenziata dalla traccia rossa.

La curva "average" mostra chiaramente il transito di *Taurus A* che è stato confermato anche dalle analisi dell'Istituto di Radioastronomia di Bologna (IRA). I risultati sperimentali verificano, tenendo conto delle approssimazioni legate alla simulazione, la registrazione teorica di Fig. 4.

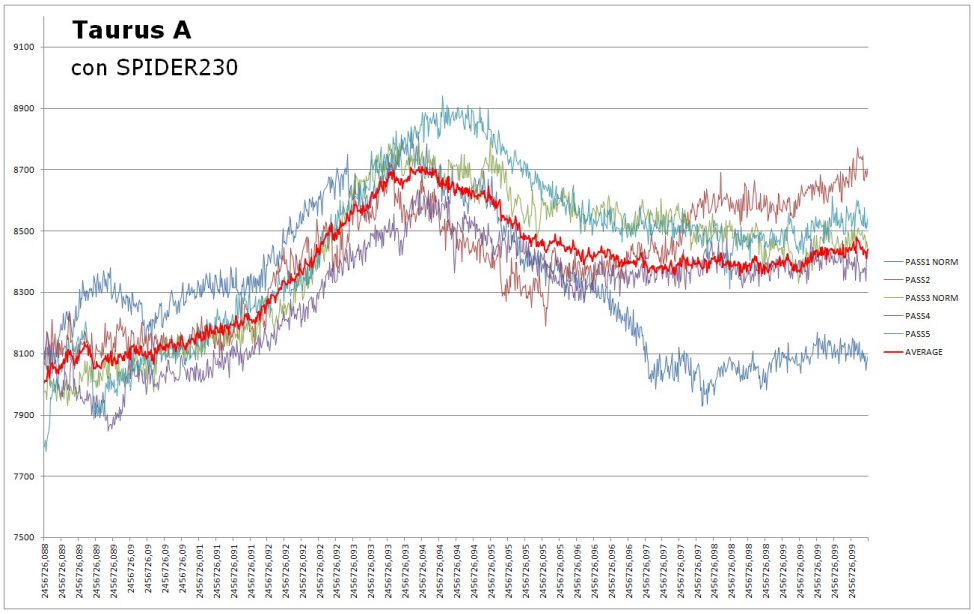

Fig. 7: Transiti della radiosorgente *Taurus A* (M1).

@ 2014 RadioAstroLab

RadioAstroLab s.r.l., Via Corvi, 96 – 60019 Senigallia (AN)
Tel. +39 071 6608166 Fax: +39 071 6612768
Web: www.radioastrolab.it Email: info@radioastrolab.it

Copyright: diritti riservati. Il contenuto di questo documento è proprietà del costruttore. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo senza il permesso scritto di *RadioAstroLab s.r.l.*.