



## Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Number</b>                      | 293  |
| <b>Publication Year</b>            | 2024   |
| <b>Acceptance in OA@INAF</b>       | 2024-03-05T15:33:08Z   |
| <b>Title</b>                       | Implementazione di un software di supporto per le osservazioni pÿ con lo strumento TANDEM all Osservatorio   |
| <b>Authors</b>                     | BRUNI, IVAN  |
| <b>Affiliation of first author</b> | OAS Bologna  |
| <b>Handle</b>                      | <a href="http://hdl.handle.net/20.500.12386/34881">http://hdl.handle.net/20.500.12386/34881</a> ;<br><a href="https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/293">https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/293</a> |

# Implementazione di un software di supporto per le osservazioni con lo strumento TANDEM all'Osservatorio di Loiano

Bruni Ivan\*

\* INAF – OAS, Bologna

ivan.bruni@inaf.it

**Abstract-** Nel 2023, presso l'Osservatorio Cassini di Loiano, e' stato installato lo strumento TANDEM (*Telescope Array eNabling DEbries Monitoring*, <https://www.oas.inaf.it/it/progetti/tandem-it/>), realizzato da ADS (<https://www.ads-int.com/astronomy>) e pensato principalmente per eseguire osservazioni di supporto nell'ambito delle attivita' europee di sorveglianza spaziale (<https://www.eusst.eu/>). Questo strumento condivide la montatura equatoriale inglese e sfrutta il movimento in angolo orario del telescopio Cassini, mentre utilizza dei propri attuatori per gli spostamenti in declinazione. Avendo sistemi di controllo diversi tra loro, i due strumenti sono per il momento indipendenti. In questo rapporto tecnico descrivo brevemente l'implementazione ed i principali comandi di funzionamento di una nuova interfaccia utente, utile per ottimizzare le osservazioni notturne, con cui il TANDEM ed il Cassini possono operare in concerto.

## I. INTRODUZIONE

Allo stato attuale, per ragioni costruttive, il TANDEM ed il telescopio Cassini non sono in grado di condividere informazioni quali ad esempio le telemetrie e gli stati dei PLC di controllo (in sostanza, il TANDEM non è a conoscenza di cosa sta facendo il Cassini e viceversa) e dunque non possono essere gestiti da un unico programma di controllo. Tuttavia, a completamento delle informazioni salvate nelle headers delle immagini fits dei quattro telescopi TANDEM, esiste un collegamento RS232 unidirezionale (dal computer di puntamento del Cassini al TANDEM) che trasmette solo il valore corrente di ascensione retta (AR) del Cassini. Il software qui descritto ha lo scopo di migliorare la gestione del nuovo strumento attraverso un' unica interfaccia che sia in grado di comunicare con il software di puntamento del telescopio Cassini, posizionare correttamente l'apertura della cupola in base alla posizione corrente del TANDEM e automatizzare le attivita' osservative mediante l'utilizzo di opportuni scripts.

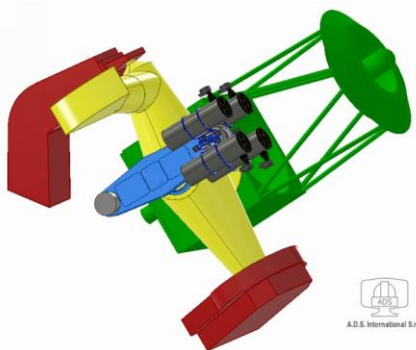


figura 1  
(il TANDEM montato sulla montatura del Cassini)

## II. DESCRIZIONE DEL SOFTWARE

Un protocollo di comunicazione basato su socket TCP era già stato implementato (<https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/166>) per il nuovo software di puntamento realizzato per il telescopio Cassini. Questo lavoro è basato sullo stesso protocollo di comunicazione; la nuova interfaccia sfrutta un socket client TCP che richiede i dati di telemetria del Cassini (A.R., DEC., Angolo orario, Tempo siderale locale, UT generato dall'orologio del sistema di puntamento ed il valore del codice che identifica la posizione corrente della cupola) ed invia i comandi di puntamento (A.R. e DEC. precessati alla data) e di rotazione della cupola alla posizione desiderata.

Come scritto in precedenza, il TANDEM è uno strumento che condivide con il Cassini la montatura equatoriale. Per evitare possibili ostruzioni ottiche sul grande campo di vista di TANDEM e per avere la massima escursione di puntamento in angolo orario, il Cassini viene tenuto ad una declinazione fissa e pari a  $+45^\circ$ . Quindi il puntamento di un oggetto in cielo è diviso in due fasi: si invia la coordinata AR al software di puntamento del Cassini mentre la coordinata di declinazione DEC va trasmessa agli attuatori del TANDEM. Il valore di declinazione corrente del TANDEM è molto importante per il calcolo della posizione dell'apertura della cupola, ora riferita ad esso e non più al Cassini. Infatti essendo installato ad ovest del Cassini rispetto all'asse polare della montatura equatoriale (*figura 1*), la routine di posizionamento della cupola per il Cassini è inutilizzabile.

E' stato dunque necessario eseguire una nuova mappatura della posizione della cupola solo per lo strumento TANDEM, tenendo conto dell'angolo orario del Cassini e della declinazione del TANDEM, necessaria per creare le curve analitiche che definiscono la posizione corretta della cupola. Le declinazioni prese in esame per generare le curve vanno da un valore di  $-30^\circ$  fino a  $+75^\circ$  e sono state suddivise in 23 settori in modo tale che all'interno di ognuno (che copre un intervallo di  $5^\circ$ ) si può definire un'unica curva che descrive in modo soddisfacente la posizione corretta della cupola. In *figura 2* sono mostrati due esempi, per declinazioni di  $+35^\circ$  e  $+60^\circ$ , di curve che prevedono la posizione della cupola (parametro *Dome Code*) per il TANDEM in funzione dell'angolo orario HA del Cassini.

Il nuovo software include anche un generatore di scripts molto utili per automatizzare le sequenze di puntamento e di acquisizione di immagini. Gli scripts che vengono creati sono due: uno comanda il puntamento del Cassini ed uno comanda i quattro telescopi con l'acquisizione delle camere CMOS. Questi due scripts operano tra loro in parallelo sfruttando come sincronizzatore degli eventi il tempo generato da un ricevitore GPS e distribuito da un server NTP locale. In questo modo si possono rendere autonome le osservazioni senza sincronismi hardware tra i due strumenti chiaramente con tutti i limiti che portano l'assenza di segnali di handshaking. Quando gli scripts sono attivi, ad ogni pianificato tempo UT vengono inviati comandi sia al Cassini sia al TANDEM.

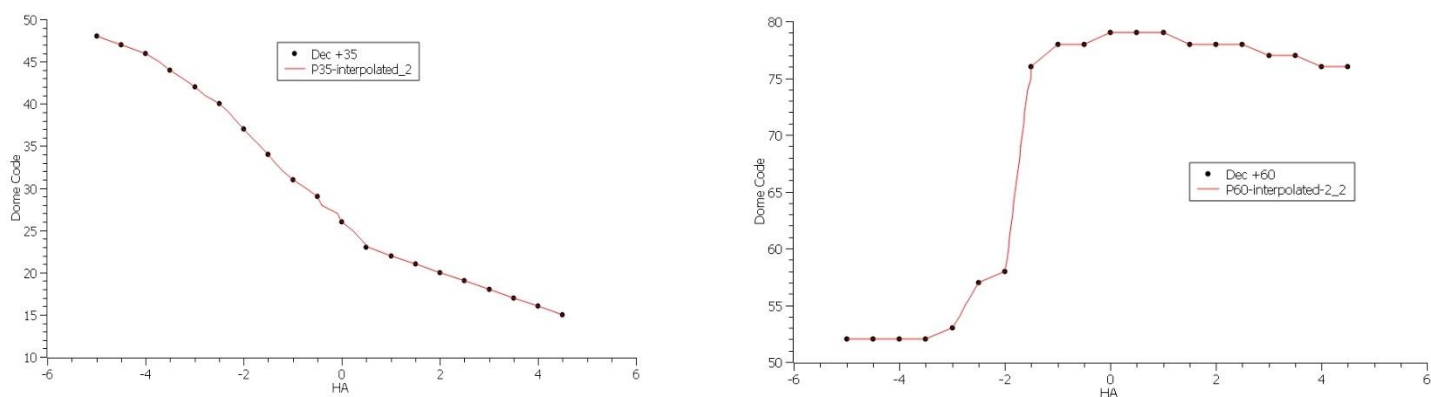


figura 2

## III. DESCRIZIONE DELL'INTERFACCIA UTENTE

La *figura 3* mostra la nuova interfaccia, realizzata in VB6 per ragioni di compatibilità con il software di puntamento del Cassini, che può essere descritta pensandola divisa in tre parti.

Nella prima (*figura 4*) è presente la gestione del traffico dati con il socket server TCP e vengono mostrati la telemetria corrente (AR, DEC, HA, TSL, UT) ed i principali "checking flags" del Cassini. I flags riportati sono per semplicità solo quattro, che a partire da sinistra indicano rispettivamente:

- Stato del telescopio (il colore rosso identifica il telescopio fermo, il giallo lo stato di puntamento e il verde lo stato di tracking siderale)
- Stato della cupola (il colore rosso indica che il controllo della cupola riferito al Cassini è manuale mentre il verde è automatico).
- Stato della sincronizzazione dell'orologio GPS (verde corrisponde alla corretta sincronizzazione)

- Stato generale dei sistemi e sottosistemi di controllo del Cassini (il colore rosso corrisponde alla presenza di errori o allarmi di sistema)

I pulsanti “Punta AR” e “STOP” avviano e fermano il puntamento del Cassini mentre le coordinate del target vanno inserite nelle input boxes “AR Tandem” e “DEC Tandem”. Ad ogni puntamento il Cassini verrà portato alla coordinata AR del target e la declinazione sarà fissa al valore di +45°. Il valore di “DEC Tandem” serve per calcolare (insieme all’angolo orario HA) la posizione di destinazione della cupola per il TANDEM.

The screenshot displays the 15xTANDEM software interface, which is divided into several functional areas:

- Top Bar:** Includes buttons for "Apri Connessione TCP", "Chiudi TCP", and a status indicator "connesso al server di puntamento".
- Telemetry Section:**
  - Displays coordinates: AR (0:47:12), DEC (45:11:32), HA (23:57:48), TSL (0:45:1), and UT (14:31:6).
  - Tel. Flags: TRACK STOP (red), AUTO DOME (red), SYNC CLOCK (green), FLAG ERROR (red), and a value of 0.
- Invio comandi Section:**
  - Input fields for AR Tandem (0 0 0) and DEC Tandem (N 0 0 0).
  - Buttons for "Punta AR" and "STOP".
  - A "Vai al Codice Cupola" button with a value of 1.
  - Options for "Cupola Automatica Tandem" and "Codice Cupola Corrente" (9).
- Limits and Data Section:**
  - Input for "Limiti Puntamento Tandem".
  - Check for "Dati da Stazione Meteo" with fields for Sample Local Time (15:20), INT. TEMP (11.1), EXT. TEMP (8.4), WIND Speed (0), INT. HUM (69), and EXT. HUM (60).
- Scripting Section (Script 152):**
  - Buttons for "Carica Script 152", "Avvia Script", and "Arresta".
  - Script content area showing a list of coordinates.
  - Status "Script non Attivo".
- Generator of Script Section:**
  - Buttons for "Crea nuovi Script", "Aggiungi Blocco", and "Chiudi Scrip".
  - Fields for "Start Time 152", "Declination Angle Tandem", "ID script", and "Description".
  - Configuration for two telescopes, A and B, including exposure time, delay, filter index, and coordinates.

figura 3

This screenshot shows a different state of the 15xTANDEM software interface, focusing on the Telemetry and Command sections:

- Top Bar:** Similar to the previous screenshot, with "Apri Connessione TCP", "Chiudi TCP", and "connesso al server di puntamento".
- Telemetry Section:**
  - Updated coordinates: AR (0:47:40), DEC (45:11:32), HA (23:57:48), TSL (0:45:28), and UT (14:31:33).
  - Tel. Flags: TRACK STOP (red), AUTO DOME (red), SYNC CLOCK (green), FLAG ERROR (red), and a value of 0.
- Invio comandi Section:**
  - Input fields for AR Tandem (0 0 0) and DEC Tandem (N 0 0 0).
  - Buttons for "Punta AR" and "STOP".
  - "Vai al Codice Cupola" button with a value of 1.
  - "Cupola Automatica Tandem" checkbox and "Codice Cupola Corrente" (9).
- Limits and Data Section:**
  - "Limiti Puntamento Tandem" input field.
  - "Dati da Stazione Meteo" section with the same values as in the previous screenshot.

figura 4

Sono visualizzati anche il codice corrente ed il codice calcolato di posizionamento della cupola relative al TANDEM. Il controllo automatico della cupola può essere attivato o disattivato spuntando il checkbox “*Cupola Automatica Tandem*”. E’ stata inoltre mantenuta la possibilità di comandare manualmente il movimento della cupola mediante il bottone “*Vai al Codice Cupola*”. Al termine di ogni puntamento viene visualizzato il limite in angolo orario entro cui il TANDEM può muoversi senza ostruzioni dovute ai bordi della cupola.

Nella seconda parte (*figura 5*) è possibile importare ed attivare lo script per automatizzare il puntamento del Cassini. Lo script consiste in un file di testo (*script\_152.txt*) così strutturato:

```
UTstarth UTstartm UTstarts ARh ARm ARs DECg DECp DECp
UTstarth UTstartm UTstarts ARh ARm ARs DECg DECp DECp
UTstarth UTstartm UTstarts ARh ARm ARs DECg DECp DECp
.....
!
```

- *UTstarth UTstartm UTstarts*: è il tempo UT in ore minuti e secondi in cui il Cassini inizia a muoversi per effettuare il puntamento
- *ARh ARm ARs*: è la coordinata di ascensione retta del target espressa in ore, minuti e secondi precessata alla data attuale
- *DECg DECp DECp*: è la coordinata di declinazione del target espressa in gradi, primi e secondi d’arco precessata alla data attuale
- *!* carattere di riconoscimento di fine script

I valori numerici sono separati da uno spazio e la fine dello script è identificato con la presenza di un punto esclamativo nell’ultima riga (*figura 4*). Una volta importato lo script con il pulsante “*Carica Script 152*”, si seleziona la riga opportuna del file in base al tempo UT di inizio delle operazioni e si spinge il bottone “*Attiva Script*”. Quando il tempo UT corrente coincide con il tempo UT presente nella riga selezionata, allora si avvia sia la procedura di puntamento del Cassini alle coordinate impostate sia il posizionamento della cupola calcolata in funzione della declinazione del TANDEM e angolo orario del Cassini. Al termine dell’operazione di puntamento (quando il Cassini raggiunge lo stato di tracking siderale) il software passa alla riga successiva del file in attesa del nuovo comando di puntamento al tempo UT corrispondente.

La terza parte (*figura 6*) dell’interfaccia permette all’utente di creare due diversi script: uno per generare la sequenza di puntamenti del Cassini ed uno per il controllo dei quattro telescopi di TANDEM e delle camere CMOS seguendo la sintassi fornita da ADS. Quest’ultimo andrà poi importato all’interno del software di controllo di TANDEM. I due script operano tra loro “in comune accordo” a condizione, come scritto in precedenza, che a sincronizzare le azioni sia il tempo UT distribuito dal server NTP locale. Più in dettaglio, con il pulsante “*Crea nuovi Script*” vengono aperti due files:

1. *script\_152.txt*
2. *script\_tandem.yml*

Il primo, come già detto, comanda il Cassini ed il secondo il TANDEM. I parametri di ingresso (*figura 6*) per generare gli scripts sono i seguenti:

- *Start Time 152 (hh:mm:ss)* – tempo UT di inizio puntamento del Cassini
- *AR 152 (hh:mm:ss)* – AR (precessata alla data) del Cassini
- *Declination Angle Tandem (gg:pp:ss)* – DEC (precessata alla data) del TANDEM
- *ID script* – identificativo dello script TANDEM (*script\_0*, *script\_1*, .. etc.)
- *Description* – object keyword nella fits header
- *Start Time Tandem (YYYYMMDDThhmmss)* – tempo UT di inizio movimentazione dei quattro telescopi e delle ruote porta filtri

Le impostazioni per ognuno dei quattro telescopi, definiti come A B C D, sono elencate come segue:

- *Exposure Time (sec.)* – tempo di esposizione in secondi della camera CMOS
- *Delay\_ms (ms)* – corrisponde al tempo espresso in millisecondi che aggiunto al tempo UT *Start Time Tandem* determina l’inizio dell’acquisizione
- *Filter Index (x)* – è l’identificativo del filtro nella ruota porta filtri (0=I, 1=R, 2=V, 3=B, 4=vuoto)

- *TelescopeRA* (hh:mm:ss) – ascensione retta del telescopio corrispondente
- *TelescopeDEC*(gg:pp:ss) – declinazione del telescopio corrispondente
- *Repeat* (x) – numero di acquisizioni

figura 5

figura 6

Dopo aver impostato tutti i parametri richiesti, con il pulsante “*Aggiungi Blocco*” si possono accodare ulteriori scripts ai files ancora aperti. Il pulsante “*Chiudi Script*” chiude e salva gli scripts generati. Questo che segue è un esempio di due scripts .yaml accodati (*script\_0* e *script\_1*) per il controllo di TANDEM:

```
---
script_0
Description: header1 text
StartTime: 20240101T170200
DeclinationAngle: 35:20:00
Telescope_A:
ExposureTime: 10
Delay_ms: 30000
FilterIndex: 1
TelescopeRA: 22:12:0
TelescopeDEC: 36:34:30
Repeat: 1
Telescope_B:
ExposureTime: 15
Delay_ms: 30000
FilterIndex: 2
TelescopeRA: 22:40:40
TelescopeDEC: 37:23:00
Repeat: 1
Telescope_C:
ExposureTime: 10
Delay_ms: 30000
FilterIndex: 4
```

```

TelescopeRA: 21:48:20
TelescopeDEC: 34:30:22
Repeat: 1
Telescope_D:
ExposureTime: 20
Delay_ms: 30000
FilterIndex: 2
TelescopeRA: 23:30:10
TelescopeDEC: 40:30:32
Repeat: 1
---
script_1
Description: header2 text
StartTime: 20240101T174010
DeclinationAngle: 45:50:00
Telescope_A:
ExposureTime: 30
Delay_ms: 30000
FilterIndex: 2
TelescopeRA: 19:24:43
TelescopeDEC: 46:30:0
Repeat: 1
Telescope_B:
ExposureTime: 30
Delay_ms: 30000
FilterIndex: 2
TelescopeRA: 19:24:43
TelescopeDEC: 46:30:0
Repeat: 1
Telescope_C:
ExposureTime: 30
Delay_ms: 30000
FilterIndex: 0
TelescopeRA: 19:24:43
TelescopeDEC: 46:30:0
Repeat: 1
Telescope_D:
ExposureTime: 30
Delay_ms: 30000
FilterIndex: 0
TelescopeRA: 19:24:43
TelescopeDEC: 46:30:0
Repeat: 1

```

Durante la creazione degli scripts *.txt* e *.yaml* è importante tenere a mente che il Cassini impiega un certo tempo per portare a termine il puntamento ed entrare nello stato di tracking siderale e che solo dopo questo tempo il TANDEM dovrà procedere con l'acquisizione delle immagini. Ciò significa che tra il tempo *Start Time 152* e quello di *Start Time Tandem* devono trascorrere almeno *240 secondi*, che è il valore stimato per compensare questo “tempo morto” di non interferenza.