

**MANUALE D'USO PER L'INSEGUIMENTO  
DOPPLER DI SONDE INTERPLANETARIE  
CON LA PARABOLA VLBI DI MEDICINA**

*R. Ambrosini<sup>1</sup>, G. Comoretto<sup>2</sup>, G. Giampieri<sup>3</sup>,  
L. Iess<sup>4</sup>, A. Messeri<sup>4</sup>, G. Maccaferri<sup>1</sup>, A. Vecchio<sup>3</sup>*

IRA 156/92

RAPPORTO INTERNO

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

**ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA**

c/o ISTITUTO DI FISICA «A. RIGHI»

Via Irnerio, 46 - 40126 BOLOGNA (Italy)

## INDICE

1.0	Introduzione	1
2.0	Il calcolatore HP1000	2
2.1	Editor	3
3.0	Il Field System per il controllo del MarkIII	4
4.0	Puntamento dell'antenna	5
4.1	Stato dell'antenna ed aggiornamento manuale del puntamento	6
4.2	Schedula di puntamento automatico	7
4.3	Interpolazione delle coordinate di puntamento	7
4.4	Posizionamento a riposo dell'antenna	7
5.0	Il programma di inseguimento TRACK	8
6.0	Appendici	
6.2 A	Checklist for the Doppler tracking at the Medicina antenna	10
6.1 B	Trasferimento di Files da Vax ad HP1000 e viceversa	17
6.2 C	Setup alternativo per il controllo in tempo reale del segnale di Ulysses	18

## 1.0 INTRODUZIONE

Scopo di queste note è quello di rendere "ragionevoli" le modalità dei comandi da eseguire per effettuare una campagna di inseguimento Doppler di una sonda interplanetaria, ovvero di *Ulysses* nel caso attuale.

Gli osservabili primari dell'esperimento sono le frequenze ricevute a Medicina dei segnali (downlink) trasmessi verso terra dalla navicella spaziale in banda X (circa 8408 MHz) ed in banda S (circa 2293 MHz). Questi due segnali sono coerenti rispetto al segnale di uplink ricevuto dalla sonda e trasmesso da uno dei tre complessi della Deep Space Network (DSN), situati in California, Australia e Spagna, ed utilizzati da NASA/JPL per garantire un controllo continuo della sonda, indipendentemente dal moto di rotazione terrestre.

Il segnale del campione atomico di frequenza, tipo Maser-H, trasmesso da una delle stazioni DSN viene confrontato con quello del Maser-H di Medicina, dopo il tempo di volo (Round Trip Light Time, RTLT) impiegato dal segnale per attraversare lo spazio interposto fra la Terra e la sonda interplanetaria.

Qualora un'onda gravitazionale di ampiezza sufficiente investisse il sistema Terra-sonda si produrrebbe un'oscillazione rispetto alla frequenza Doppler prevista dovuta al loro moto relativo, con una precisa "firma" nella sequenza temporale delle frequenze osservate fornendo una prova sperimentale diretta della loro esistenza. La registrazione di un tale evento non solo dalla stessa stazione trasmittente e ricevente DSN, ma anche da Medicina, confermerebbe la significatività fisica dell'evento. D'altra parte la partecipazione di altri radiotelescopi ad un esperimento di ricerca di onde gravitazionali permette di isolare i singoli contributi di diversi meccanismi di rumore che compongono l'osservabile Doppler.

In pratica i segnali ricevuti a Medicina sono convertiti una prima volta nel ricevitore posto nel fuoco primario dello specchio parabolico, poi una seconda volta nel terminale di acquisizione dati Mark III ed infine misurati in ampiezza e fase dal Digital Tone Extractor (DTE). Mentre le prime due conversioni di frequenza sono fisse, il DTE è in grado di inseguire in tempo reale il segnale ricevuto nel suo spostamento di deriva di frequenza, che ammonta fino ad 1.5 Hz/s ed è essenzialmente dovuto al moto di rotazione terrestre. Poiché lo spostamento Doppler è massimo quando la sonda sorge all'orizzonte (Medicina si avvicina alla sonda con velocità prossima a quella tangenziale terrestre) e minimo al suo tramonto (Medicina si allontana dalla sonda) il risultato netto durante un passaggio sotto il controllo di una singola stazione DSN, Madrid nel nostro caso, è quello di osservare una diminuzione monotona (e sinusoidale) della frequenza osservata di circa 40 KHz in banda X.

Al "turn over" fra una stazione trasmittente e la successiva si osserva un brusco salto di frequenza che riporta la frequenza osservata al valore di inizio passaggio.

La capacità del DTE, di inseguire la deriva di frequenza del segnale ricevuto, risulta sostanzialmente in conflitto con l'esigenza di ridurre al minimo la banda di rumore in cui viene effettuata la misura, per migliorare il rapporto segnale rumore ricevuto. Il DTE può inseguire il segnale di una sonda interplanetaria con una banda di 2.5 Hz quando la sua frequenza centrale di misura viene programmata in base ad accurate predizioni che dal JPL i nostri colleghi ci forniscono per ciascuna delle stazioni DSN.

Questo file di predizioni di frequenze osservate deve essere convertito per le coordinate geografiche di Medicina ed interpolato con un polinomio di funzioni trigonometriche a sei parametri. Il passaggio di solo alcuni parametri rispetto ad una tabella completa, permette un più semplice e rapido aggiornamento delle predizioni necessario ad ogni passaggio da una stazione DSN all'altra.

Il fit a sei parametri viene in generale calcolato da chi di noi si trova al JPL durante le osservazioni ed inviato a Medicina sotto forma di file di testo tramite reti di calcolatori (E-Mail). Purtroppo attualmente non esiste un collegamento affidabile fra la rete Decnet ed il calcolatore di stazione HP-1000, a causa di limiti hard/software di quest'ultimo. Procedure di trasferimento sono descritte nell'appendice (B).



**DL** equivalente al DIR del DOS. Lista i nomi dei files contenuti nella directory corrente. Per visualizzare un gruppo di file si possono usare i caratteri - per la sostituzione di un solo carattere o @ per la sostituzione di un numero qualsiasi di caratteri (rispettivamente ? e \* del DOS).

**/** riscrive sullo schermo la lista degli ultimi comandi eseguiti, solo dai terminali 173. Posizionando il cursore con le frecce, alto, basso, all'inizio di una linea, viene eseguito di nuovo quel comando. E' anche possibile modificare in parte la lista ribattendo le opportune modifiche sul testo che si intende cambiare.

**free** visualizza lo spazio disponibile su disco. Per i programmi DTE viene utilizzato LU=27, che prima di ogni sessione di osservazione deve avere almeno 24000 blocchi liberi.

**pu filename** CANCELLA dal disco il file "filename". Utilizzando i caratteri @ e - si possono cancellare più files allo stesso tempo, attenzione però, l'operazione può portare a risultati catastrofici! Solo in alcuni casi il comando UNPU permette di recuperarli.

## 2.1 EDITOR dell'HP1000

Per aggiornare i vari files di parametri utilizzati dai DTE risulta di fatto indispensabile utilizzare l'editor dell'HP1000 che, ai giorni nostri, appare alquanto farraginoso soprattutto per il fatto di essere sostanzialmente legato ad un editing linea per linea piuttosto che messa in evidenza del testo da modificare. Esiste anche un modo schermo che permette visione più completa del file.

**EDIT filename** per attivare l'editing del file 'filename'  
Compare il prompt / dell'editor di linea.

Comandi dell'editor di linea da utilizzare dopo il prompt /

<b>l</b>	edita la linea 1, analogamente per altri numeri di linea
<b>n</b>	risponde con il numero della linea corrente
<b>&lt;CR&gt;</b>	va alla linea successiva
<b>n1 n2 co</b>	ricopia le linee da n1 ad n2
<b>s</b>	attiva il modo editor di schermo
<b>a</b>	ABORTISCE scartando tutte le modifiche
<b>er</b>	ESCE e SALVA su disco nuova versione

Comandi dell'editor di schermo, attivato con **s** dopo il prompt /

I tasti cursore (frecce) permettono di ribattere sul testo obsoleto le nuove modifiche. Il tasto INSERT commuta fra il modo Sostituzione ed Inserimento per sostituire aggiungendo ai vecchi caratteri quelli nuovi.

<b>CTL-F &lt;CR&gt;</b>	va alla pagina successiva (salvando le modifiche fatte su buffer, non su disco)
<b>CTL-P &lt;CR&gt;</b>	va alla pagina precedente (salvando le modifiche fatte su buffer, non su disco)
<b>CTL-Q</b>	esce su editor di linea senza salvare su buffer
<b>CTL-Q &lt;CR&gt;</b>	ESCE su editor di linea, salvando tutte le modifiche solo su buffer. Per salvare su disco la nuova versione dare il comando di esci e salva dal prompt di linea ( <b>/er</b> )

### 3.0 Il Field System per il controllo del MarkIII

Come accennato in precedenza il terminale di acquisizione dati MarkIII, posto nella stanza di controllo, elabora i segnali a frequenza intermedia provenienti dal ricevitore.

Le sue principali funzioni sono:

i) fissa il livello di AMPLIFICAZIONE dei segnali, per compensare variazioni del rumore totale di sistema (soprattutto dovute all'atmosfera ed a radiosorgenti di fondo). I segnali in banda-X ed S sono applicati a due ingressi indipendenti del sistema, ciascuno con un proprio attenuatore programmabile. Il valore per la banda-X va scelto, in dB, in modo che il visualizzatore del videoconverter 8, quando il pomello nero è nella posizione USBPOWER, indichi un numero compreso fra 0.2 e 2.0 (tipico=1.0); analogamente per la banda-S sul videoconverter 12;

ii) effettua la SECONDA CONVERSIONE dei segnali ricevuti in banda X ed S ad un valore prossimo allo zero tramite 14 Videoconverters (per banda Video si suole intendere quella compresa fra 0 e 5 MHz) indipendenti, ciascuno con un proprio oscillatore locale di conversione ed un filtro passa basso selezionabile, pari a 2 MHz nel nostro caso. Di questi i primi otto sono dedicati alla banda-X ed i rimanenti sei alla banda S, secondo lo schema seguente:

IF1 (Banda-X) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8  
IF2 (Banda-S) 9, 10, 11, 12, 13, 14

Nel nostro caso, per semplicità, utilizziamo sempre i canali USB (banda convertita superiore) in modo che la frequenza di cielo sia uguale alla somma del primo e del secondo oscillatore locale, più il residuo misurato dal DTE. Questa scelta è fissa per il DTE, mentre per il canale di monitoraggio si deve utilizzare l'uscita USB del relativo videoconverter.

iii) elabora le bande video prodotte dai videoconverters, convertendole in forma digitale (campionamento con 1 bit di risoluzione alla frequenza pari al doppio della banda applicata) e formattandole in pacchetti, a cui aggiunge precise marche di tempo derivate dal Maser-H di stazione. In questo modo vengono generati 28 flussi di dati che, durante le osservazioni VLBI, vengono registrati in varie configurazioni chiamate A, B, C, D nelle 28 tracce dello speciale registratore a nastro Honeywell.

Il DTE invece utilizza di solito solo le uscite USB dei videoconverter 8 per l'acquisizione della banda X ed il 12 per quella S. Perché la corrispondenza tracce/canali sia quella prevista nel deformatter del DTE è necessario selezionare il modo C, a 4 MHz.

Il terminale MarkIII viene gestito e controllato continuamente da un sistema integrato di controllo chiamato Field System. Per quanto concerne il nostro esperimento è sufficiente sapere che esso va lanciato esclusivamente dal terminale, LU=64. La sessione non viene mai chiusa, ma nel caso lo fosse, aprirla con FIELD.OPER/MARKIII.

E' fondamentale ricordare che tutti i comandi del Field System vanno dati DOPO aver attivato il processore di comandi (Oprin) con la sequenza ESC O (il tasto ESC seguito dal tasto lettera O) quando il cursore è sulla prima colonna della linea corrente. Se compare invece la scritta S=64 COMMAND ? dare un RETURN a vuoto. Dopo questa sequenza compare il prompt > a cui si fa seguire il comando voluto.

I comandi servono sia per leggere l'attuale stato delle grandezze in esame che per introdurre dei nuovi valori. Ad esempio il comando IFD <CR> risponde con una serie di numeri. Per impostarne dei nuovi digitare IFD=val1,val2,...

E' abbastanza frequente che in seguito alla modifica della frequenza di un videoconverter si generi un messaggio di allarme, indicato da una luce rossa sullo stesso. La procedura VALRM azzera tale messaggio per tutti i videoconverter.

In conclusione vengono qui di seguito elencati i comandi rilevanti per il tracking di sonde interplanetarie.

Dopo ESC O, di seguito al prompt >

**FORM=C,4** seleziona il modo C del formatter, a 4 MHz di campionamento

**VC08=mmm.kk** imposta la frequenza dell'oscillatore locale del videoconverter 8 a mmm (MHz) e kk (KHz). In modo analogo per il videoconverter 12 con VC12=mmm.kk. La frequenza corrente è riportata sul visualizzatore a cristalli liquidi, quando il pomello nero è in posizione L.O.Freq, o da calcolatore come si è detto.

**IFD=dB1, dB2** imposta per la banda X un'attenuazione di dB1 (dB) e per la banda S di dB2 (dB). USBPOWER compreso fra 0.2 e 2.0 (tipico=1.0) rispettivamente per VC08 e VC12.

**VALRM** disabilita gli allarmi di tutti i videoconverter. Nota che non è VALARM

**VC08=ALARM** disabilita l'allarme di VC08 (analogamente FM=ALARM per il formatter)

**RX@t,15M** attiva la lettura dei parametri di funzionamento del ricevitore ogni 15 minuti

**RX@** disattiva la lettura dei parametri di funzionamento del ricevitore

**WX@t,30M** attiva la lettura dei parametri atmosferici ogni 30 minuti

**WX@** disattiva la lettura dei parametri atmosferici

**CABLE@t,30M** attiva la lettura della lunghezza del cavo per l'Antenna Unit ogni 30 minuti

**CABLE@** disattiva la procedura

#### 4. CONTROLLO DEL PUNTAMENTO DELL'ANTENNA

Il movimento di 200 tonnellate di ferro con una superficie alla spinta del vento di 800 metri quadrati è l'unica operazione che può comportare qualche pericolo. Esistono sistemi automatici di sicurezza che finora hanno evitato ogni incidente, tuttavia questo non toglie che il suo utilizzo debba essere sempre effettuato con buon senso.

Si raccomanda soprattutto che in caso di forte vento è comunque **OBBLIGATORIO** riportare l'antenna alla sua posizione di riposo per ragioni di sicurezza. In questa posizione l'antenna punta allo Zenit (El circa 90 gradi) ed a Sud (Az circa 180 gradi). Dei due movimenti ovviamente quello che può comportare maggiori rischi è ovviamente quello in Elevazione, per la forte spinta del vento che viene applicata alla struttura quando la superficie parabolica è quasi verticale (El=5-10 gradi).

Per bloccare meccanicamente la struttura in questa posizione esistono dei perni di acciaio, che quando l'antenna raggiunge l'esatta posizione di riposo (indicata dall'accendersi delle relative spie bianche AZ Stow Position e EL Stow Position, nell'ultima fila in basso) vanno inseriti nelle apposite sedi. Il comando manuale di questa operazione avviene tramite gli interruttori/visualizzatori posti all'estremità sinistra e destra dell'ultima fila, che lampeggiano durante il loro movimento ed infine indicano il loro stato di inseriti (Stow) o disinseriti (Unstow).

Queste operazioni sono effettuate in generale in modo automatico da apposite programmi che girano sull'HP1000, ma appunto per ragioni di sicurezza, si è voluto illustrarle per far comprendere eventuali condizioni di pericolo, costituite, come si è detto,

dal lasciare l'antenna fuori dalla posizione di riposo (essenzialmente in Elevazione) senza i fermi meccanici inseriti.

Per procedere al movimento del radiotelescopio, nella stanza di controllo, di fronte alla porta di ingresso, vi sono due console: la cosiddetta ACU a sinistra e la SCU a destra. La prima permette il controllo manuale della direzione di puntamento del radiotelescopio, in Azimut ed Elevazione, e l'abilitazione al suo controllo da parte del calcolatore di stazione.

La SCU invece visualizza la posizione corrente dell'antenna e controlla il posizionamento del subriflettore, quando è montato, ovvero del foceggiamento (lungo l'asse di simmetria della paraola) del ricevitore S/X durante le osservazioni geodinamiche o di inseguimento Doppler.

In quest'ultimo caso per evitare che il controllo attivo di posizione possa introdurre delle fluttuazioni nella fase del segnale ricevuto si preferisce mantenere fissa la sua posizione indicata dal numero Z2=42.0 sulla SCU.

La ACU comprende, dall'alto in basso, una prima fila di visualizzatori che, nel nostro caso, non vengono utilizzati, quindi una seconda fila di segnalazioni di allarme, normalmente accese e di colore rosso quando l'antenna è ferma in posizione di riposo. La parte di sinistra è dedicata al movimento in Azimut, quella a destra a quello in Elevazione. I movimenti sono indipendenti, per cui una condizione di allarme su di un asse non pregiudica il movimento sull'altro. Durante il funzionamento normale tutte queste caselle devono risultare SPENTE.

Nella parte inferiore della ACU, infine, si trovano una serie di interruttori illuminabili che indicano i modi operativi dell'antenna.

Si esamina qui di seguito una tipica operazione di messa in funzione dell'antenna a partire dalla posizione di sicurezza (stow position) e ritorno alla stessa condizione. Gli interruttori eventualmente da azionare a mano sono nella parte centrale in basso della ACU, il lancio delle procedure automatiche può avvenire da un qualsiasi terminale che visualizzi il prompt `CL.xx>`.

- **DRIVE POWER** questo interruttore deve essere acceso per muovere l'antenna. Verificare il suo stato, in caso di dubbio, premendolo. **NON** effettuare questa prova durante il movimento dell'antenna!

- **COMPUTER ENABLE** anche questo interruttore deve essere acceso per permettere il controllo dell'antenna in automatico. Se l'antenna deve essere mossa manualmente questo interruttore deve essere spento.

- **RU, SETUP** inserire questo comando dalla tastiera di un terminale, in generale da LU=79. I fermi meccanici (stow pins) vengono estratti, vengono abilitati i motori (si spengono gli allarmi Major e Minor Fault), viene abilitato il modo operativo Commanded Position Mode (spia CMD verde al centro) ed infine l'antenna si muove verso l'ultima sorgente osservata nella sessione precedente. Se una od entrambe le luci rosse **SELECTED** (freni inseriti) sono accese il corrispondente movimento sarà inibito; per sbloccarli sollevare la protezione e premerli.

#### 4.1 Controllo dello stato dell'antenna ed aggiornamento manuale del puntamento

Il programma ANTM3 provvede a calcolare in tempo reale l'Azimut e l'Elevazione necessarie per inseguire un punto sulla volta celeste, di date coordinate celesti, indipendentemente dal moto di rotazione terrestre. Per far questo è necessario conoscere le coordinate geografiche di Medicina, sincronizzare l'orologio del calcolatore rispetto alla scala di tempo universale UT entro 1 secondo ed aver ricavato da campagne di puntamento un modello accurato delle costanti geometriche del telescopio. Tali dati sono noti ad ANTM3, mentre la sincronizzazione temporale deve essere controllata all'inizio di ogni passaggio con il programma GTIME (dopo ESC F dal terminale 64 compare il prompt : di FMGR. Dopo il comando GTIME chiudere FMGR con EX). Ripetere il comando varie volte.

ANTM3 prevede anche la possibilità di effettuare rispetto al normale inseguimento, delle scansioni in Az-El o RA-DEC, per la ricerca del massimo del segnale ricevuto. Questo è possibile quando, come nel caso di Ulysses, l'intensità del segnale ricevuto è sufficiente ad essere misurato direttamente.

Il programma va lanciato, nel nostro caso, dalla console del Field System con il comando **ESC N** (il tasto **CAPS LOCK** deve essere abbassato).

Questo programma permette di controllare in tempo reale se la posizione comandata risulta uguale a quella corrente sia in coordinate celesti (RA e DEC) che locali (AZ ed EL). In particolare all'inizio di un inseguimento, se la sonda interplanetaria non è ancora visibile sopra l'orizzonte di Medicina, si noterà una discrepanza fra le due righe, mentre l'antenna alla minima elevazione di 5 gradi insegue solo in Azimut.

Questo programma permette tra l'altro di inserire manualmente una nuova posizione. Si ricorda che questo programma è a tempo per cui la tastiera è attiva solo quando la scritta Keyboard è seguita da ON. Per introdurre una nuova posizione battere il tasto funzione F8. Alla prima domanda rispondere con un nome per la sorgente, Ulysses nel nostro caso. Inserire poi Ascensione Retta e Declinazione nell'ordine, precessate per la data odierna, con il seguente formato:

**hh mm ss[.dd] dd pp ss[.dd]** dove [.dd] indica gli eventuali decimali.

Nel caso di Ulysses, è sufficiente aggiornare la posizione ogni due ore in base alle posizioni fornite dal JPL. Per uscire dal programma premere F1.

#### 4.2 Puntamento automatico

Per rendere il compito osservativo meno gravoso e più affidabile possibile, si è pensato di eseguire le procedure di puntamento mediante la compilazione di un file di schedula nel formato riconosciuto dal Field System. Questo file, aggiornato per i dati del prossimo inseguimento secondo le modalità di cui si dirà tra poco, viene messo in esecuzione unicamente dal terminale Field System, dopo i due tasti **ESC O**, con il comando:

**SCHEDULE = xx,#1** dove xx è il giorno dell'anno cui essa si riferisce.

In questo modo vengono eseguite tutte le operazioni elencate nel file [SKEDxx a partire dalla prima riga, in rapida successione fino ad aspettare la prima marca di tempo non ancora trascorsa, per effettuare il nuovo puntamento previsto per quell'ora.

#### 4.3 Interpolazione delle coordinate di puntamento

Dal JPL i nostri colleghi ci inviano un file di testo con le posizioni attese di Ulysses alle 0 UT di ogni giorno. Un fit quadratico in funzione delle ore del giorno può essere ottenuto con il programma **COORD** che si trova nella directory /DTE.

Questo programma chiede il nome del file da cui leggere le coordinate alle 0 UT, nel nostro caso **ULYSSES.POS**, ed il giorno per cui si vuole l'interpolazione, quindi stampa sulla stampante di sistema le coordinate RA e DEC ad ogni ora intera. Si rammenta che le coordinate fornite dal JPL sono in ordine inverso rispetto allo standard astronomico, per cui vanno invertite prima di essere copiate in **ULYSSES.POS**. Le coordinate così ottenute vanno poi inserite a loro volta nel file di schedula per il giorno considerato.

#### 4.4 Movimento dell'antenna verso la posizione di riposo.

Non risulta conveniente inserire nella schedula automatica di puntamento anche la chiusura della sessione di osservazione. D'altra parte la procedura si limita, in funzionamento automatico, a lanciare da un terminale il comando:

**RU,STOW,A** dopo il prompt **CI.xx>**. Sulla console ACU si accende la luce bianca **AUTOSTOW**

Nel caso vi fossero difficoltà con il calcolatore si può procedere al controllo manuale. Dopo aver disabilitato il tracking con F4 dal programma ANTM3, premere l'interruttore **AUTOSTOW** al centro in basso della ACU, dopo aver sollevato il coperchio trasparente che lo protegge. Si ricorda che anche il comando manuale non può portare in posizione di riposo l'antenna in Azimut se azionato **DOPO** che il fermo meccanico in elevazione si trova già inserito (spia gialla **El stow** accesa). Il motivo dipende dalla logica di controllo dell'antenna che interroga solo lo stato del fermo in elevazione per considerarla già in posizione di riposo. In questo caso, prima di dare il comando **AUTOSTOW**, premere **UNSTOW EL**, per estrarre il fermo di elevazione.

## 5.0 Il programma TRACK

Questo è il programma principale da usare per l'inseguimento di una sonda interplanetaria come *Ulysses*. Esso può essere lanciato in modo interattivo o batch. Nel primo modo, comando **TRACK**, vengono chiesti tutti i parametri necessari, nel secondo essi vengono desunti da un file di parametri dichiarato nel comando:

**TRACK <file.parm> <outfile>**

dove **outfile** è il file di uscita. In realtà i file sono cinque con la radice comune **outfile** ed estensioni **.DTE1**, **.DTE2**, **.LOG**, **.TON1**, **TON2**, corrispondenti rispettivamente alle misure del segnale in banda-X, in banda-S, ai rispettivi toni di calibrazione ed ad un file contenente tutte le informazioni sulla configurazione di misura.

Un esempio di file di parametri, che nel nostro caso abbiamo convenuto di chiamare **PM\_ddd\_tx.PARM**, dove **ddd** è il giorno in cui avviene il tracking e **tx** è la stazione trasmittente, è riportato a pag. 11 dell'appendice A.

Le sette grandezze richieste sono:

- **larghezza di banda**, in KHz, su cui effettuare la ricerca iniziale. Attualmente le predizioni di frequenza sono accurate entro qualche Hz, pertanto un valore di 200 Hz è ampiamente conservativo;
- **larghezza di banda**, in KHz, da utilizzare nella ricerca del segnale, qualora ne venga perso l'aggancio. In generale questo valore viene scelto inferiore al precedente, assumendo che in precedenza il DTE era già sintonizzato sul segnale;
- **tempo di integrazione**, in millisecondi, del segnale in banda-X ed in banda-S. A seconda del reale rapporto segnale-disturbo (S/N) ricevuto, si sceglie il tempo più lungo compatibile con la deriva di frequenza della sonda (la frequenza di inseguimento del DTE viene aggiornata solo dopo un ciclo di integrazione). Attualmente usiamo 400 ms;
- **costante di tempo**, in secondi, del filtro con cui viene mediata (nel tempo) la differenza fra i residui di frequenza misurati in tempo reale e le predizioni calcolate in base al fit a sei parametri, prima di essere applicata come correzione di frequenza per l'integrazione successiva. Se si sceglie 0 non si ha alcuna immunità da false misure (spikes) dovute a scarso rapporto S/N, ovvero si pesano in modo eguale predizioni e misure in tempo reale dei residui. Per valori compresi fra 5-20 s, il DTE è forzato a seguire sempre più rigorosamente le predizioni. Noi usiamo attualmente 10s;

- **soglia** di inizio di nuova ricerca del segnale. Se abilitata (y), questa opzione interrompe l'inseguimento per effettuare una nuova ricerca del segnale quando esso scende sotto una soglia più bassa di ampiezza. Da usarsi solo in caso di basso S/N. Nel nostro caso non è assolutamente necessaria, pertanto preferiamo disabilitarla (n);

- **nome del file**, completo di PATH, dei sei parametri utilizzati per calcolare in tempo reale la frequenza di ricezione (sky frequency) prevista. Due esempi di questo file sono riportati a pag. 10 dell'appendice A. Il primo numero indica il *giorno dell'anno* in cui si effettua l'inseguimento; il secondo il *numero della sonda*; il terzo la *banda*, 1 per S, 2 per X; il quarto il modo, 1 per *one way*, 0 per *two or three way*; seguono poi i sei parametri del fit.

One way significa che i segnali downlink sono generati a partire da un oscillatore a quarzo a bordo del satellite. Questo è un modo operativo inutilizzabile per la ricerca di onde gravitazionali. In two way la stessa stazione DSN agisce come trasmittente e ricevente, mentre in three way le stazioni DSN sono due, una tx ed una rx. Noi ovviamente registriamo durante questi due modi operativi, essendo comunque in three way.

- **numeri** dei videoconverters *primario* e *secondario*. Il programma TRACK insegue il segnale applicato al canale primario in base alle predizioni ed alle misure in tempo reale. Il canale secondario invece registra passivamente intorno ad una frequenza, scalata da quella primaria del rapporto utilizzato a bordo della sonda per generare i due segnali di downlinks. Se si collegano i cavi della banda-X (VC08) al DTE primario, quelli della banda-S (VC12) al secondario e si danno i parametri per la banda X, questa è la banda che comanda. Poiché il budget di potenza a bordo di Ulysses favorisce la banda X per più di 10 dB rispetto a quella S, impostiamo in questa riga del file di parametri 8 12, colleghiamo la banda-X al primario, la banda-S al secondario ed usiamo i parametri per la banda X. Qualora vi siano problemi di puntamento dell'antenna di bordo, per cui il rapporto S/N in S possa superare quello in X, si può invertire le bande fra loro, invertendo i cavi fra loro, scegliendo 12 8 in questa linea del file.parm ed i parametri per la banda S nella riga precedente.

Esaminiamo ora la sequenza di operazioni eseguita dal programma TRACK. La prima consiste nella ricerca del segnale attraverso la banda di ricerca iniziale e centrata sul valore previsto dal fit a sei parametri. Il terminale cicalina ogni 10 canali esplorati, visualizzando i caratteri `_ |` a seconda che l'ampiezza del segnale trovato sia sotto 3 sigma, sopra 3 sigma o sopra 10 sigma. Se viene trovato un segnale viene stampata una T, quindi alla fine della scansione, la sua frequenza approssimata. A questo punto inizia una ricerca più accurata su di una banda di  $10/(Tempo\ di\ integrazione)$  attorno al valore trovato in precedenza e, sulla linea successiva del terminale, viene visualizzato il carattere `>`. Infine se l'ultima ricerca sulla banda  $\pm 1/T_{int}$  ha successo, viene stampato il carattere `|`. Da questo momento in poi non viene più stampato nulla sullo schermo, a meno che non intervenga qualcosa che determini la perdita del segnale. In questo caso la ricerca riparte attraverso la finestra di ricerca iniziale, centrata intorno al valore corrente.

Per usare correttamente il programma si raccomanda di utilizzare le **directories** suggerite nella Appendice A e di aggiornare il **numero di versione** finale del file di uscita per evitare la distruzione dei dati registrati nella sessione precedente.

Per interrompere il programma premere più volte il tasto **BREAK**, quindi **BR <CR>**. Questa sequenza va ripetuta se non compare entro qualche secondo il messaggio *Break flag detected*.

### Ringraziamenti

Si ringrazia tutta la staff operativa della stazione di Medicina e l'ing. Alessandro Orfei per aver rivisto il testo, prima della stampa finale.

## Checklist for Doppler Tracking at the Medicina antenna

This is a list of operations to perform prior, during and after a Doppler tracking at the Medicina VLBI station.

### 1. Before Begin Of Passage (BOP)

The main experiment is the spacecraft (three way) tracking when the DSN complex in Madrid is the ground transmitting station. Nevertheless it is worthwhile to anticipate the tracking start as soon as the spacecraft rises over the local horizon. At this time the DSN complex in Canberra, Australia is still controlling the uplink to the spacecraft. A full passage is then made of two tracking session. Time to time also happens that within the same tracking session from a DSN complex, a different antenna is used to generate the uplink signal. The spacecraft **rising over the horizon** has then to be considered the BOP time. Before BOP the following operations must be completed. The times given are relative to the BOP, and represent the last time at which these operations can be started.

#### 1.1 -2:30 hours: Preparation of PM\_ddd\_tx\_b\_m file

If the HP-1000 computer is not on, bootstrap it and log the following sessions: **FIELD.OPER** on the MARKIII Field System terminal (LU 64), **DTE.OPER** on other two terminals typically LU=79 and LU=1. The first will be used to run the program TRACK and to edit files, the other to run the monitor program PRINTNOW. Only the Field System needs commands in uppercase, so keep only on LU=64 the Caps Lock key down. In all others don't worry about the case.

The prediction data for the Madrid complex (DSS 6x) and the Canberra complex (DSS 4x), received via E-Mail, have to be transferred to the /DTE/DAT directory of the HP1000 with filenames like **PREDddd.MAD** and **PREDddd.CAN**. From the same directory /DTE/DAT make two copies of each file with the four following commands:

```
co PREDddd.MAD PM_ddd_6x_X_m
co PREDddd.MAD PM_ddd_6x_S_m
co PREDddd.CAN PM_ddd_4x_X_m
co PREDddd.CAN PM_ddd_4x_S_m
```

where ddd is the day-of-year number for the passage (3 digits), 6x or 4x are the DSN transmitting station numbers of Madrid or Canberra (2 digits), b is the band (S or X), and m is the mode (1 for one-way, 0 for 2- or 3-way). The files for the S band are not needed for the tracking, but during the data analysis.

Edit each file keeping only the two lines relative to the X-band (2) or S-band (1), mode 0, for both Canberra and Madrid.

A typical format of the 6 parameter file for DOY 57, spacecraft 55, X-band (2), three way (0) is:

```
57 55 2 0 8408328998.7903 -17845.564726509 3558.2955094250
-0.40515332625097 -2.3206038710971D-04 -1.1524294868338D-03
```

A typical format of the 6 parameter file for DOY 57, spacecraft 55, S-band (1), three way (0) is:

```
57 55 1 0 2293180636.0337 -4866.9721981387 970.44422984317
-0.11049636170481 -6.3289196484465D-05 -3.1429895095468D-04
```

**1.2 -2:00 hours: Preparation of PM\_ddd\_tx.PARM file**

From directory /DTE/DTEDATA, make a copy of the files used the day before (ooo), for both Madrid and Canberra:

```
co PM_ooo_6x.PARM PM_ddd_6x.PARM
co PM_ooo_4x.PARM PM_ddd_4x.PARM
```

where ddd is the current day. Edit the new files updating the **day numbers** in the calls to PM\_ddd\_tx\_b\_m files. The transmitting station ID (tx) has to be changed only if it is different from the one of the day before.

Here follows a typical example of this file:

```
0.20      initial searching bandwidth in KHz
0.10      searching bandwidth after loosing lock in KHz
400       integration time in milliseconds
10        time averaging in s of real time residuals
n         low threshold option not selected
/dte/dat/pm_057_63_x_0 prediction filename, update here ddd and [tx]
8 12     VC08 (X-band) is the primary channel,
         VC12 (S-band) will blindly follow.
```

**1.3 -1:30 hours: Preparation of SCHEDULE file**

From directory /DTE edit the file ULYSSES.POS with new satellite positions given by JPL at 0 UT for each day (check the order: first ddd then RA and DEC). This editing is generally done just one time at the beginning of the tracking campaign, for all days. Daily it remains to run the program COORD. This asks for a position filename, ULYSSES.POS in our case, and for the BOT day (ddd). Get the hardcopy output from the system printer, keeping in mind to leave it *on line*.

If oo are the last two figures of yesterday, make a new skedule file for today with the command:

```
CO [SKDoo::90 [SKDdd::90
```

with dd equal to the last two figures of current day. Update the new file with the new day number ddd for each new hourly RA and DEC, as computed by the COORD program. The pointing times are chosen half an hour before the hour to keep errors at minimum.

Activate the schedule from the Field System terminal, after the usual ESC O sequence, with command:

```
SCHEDULE=dd,#1
```

where dd are the last two figures of current day. The simbol #1, forces to start execution from the first line. Don't worry about an error message. Find a typical schedule at the end of this report.

**1.4 -1:00 hours: Perform the following checklist:**

- 1.4.1 Check connections of the DATA and CLOCK cables to the two DTE crates. If these are correct, all four DATA VALID leds must be on. Be sure also that the IEEE488 cables are properly fixed.

- 1.4.2 Check HP-1000 synchronization against the maser clock, with the command **GTIME**. Use the Field System terminal, scheduling the file manager with the sequence **ESC F**. Time offset should be less one second. Close FMGR with command **EX**.
- 1.4.3 Check that on the SCU that the **DRIVE ON** switch is lit and that **Z2=42.0 +/- 0.1**.
- 1.4.4 Check disk space available on the HP-1000, with command **frees**. A dual frequency track requires at least 6Mbytes of disk space (24000 blocks) on LU=27.
- 1.4.5 Check that both the small printer (LU 32) and the large one (LU 6) are powered and **on-line**
- 1.4.6 Check on the MarkIII formatter that the **C Mode** has been selected and sampling rate is **4 MHz**.
- 1.4.7 Check **total power** levels on VC08 and VC12. The LCD displays, when the black rotary switch is in the USBPOWER position, should read between **0.5~1.5**, in a linear power scale. If not, adjust them with the command **IFD=xx,yy** where **xx** is the attenuator setting in dB for the X-band (VC08) and **yy** the one for the S-band (VC12). The command for the Field System terminal has to be preceded by **ESC O**. If these levels exit from the specified range, they can be modified also during the experiment.

**1.5 -50 minutes:** Set videoconverter frequencies according to predictions.

- 1.5.1 From directory **/DTE** run the **PRINTPREDICT** program. Answer to its questions with the current parameter filename **/DTE/DAT/PM\_ddd\_tx\_X\_m**, the two **frequencies** of VC08 and VC12, the approximate **BOT** time (Beginning Of Tracking with station tx), the **EOT** time, a time step of **300 s**, and **6** as the output device. If you are going to use the FFT spectrum analyzer to monitor in real time the downlink signal, check that the printed Video Frequency will be positive and **lower than 50 KHz**. If not, compute the offset needed on the VC07 frequency to get it. Run **PRINTPREDICT** again with the right value.

**Set the frequency of VC08 = VC07 frequency + 1 MHz.**

Remind that the first LO is 8080 MHz at X-Band, and 2020 MHz at S-band. The sky frequency is equal to the sum of first LO + VC frequency + DTE readout or frequency measured on the FFT. These settings will make easier to compare the PRINTNOW results with the frequency measurements of the FFT spectrum analyzer and finally with the PRINTPREDICT data. From this instrument only comes the upper frequency limit of 50 KHz (DTE bandwidth matches the 2 MHz wide lowpass filter of VC).

To change the VC frequency setting, use the Field System command (after the **ESC O** sequence) **VCnn=MMM.KK**, where **nn** is the VC number, **MMM** are MHz and **KK** are KHz). The actual value can be read on the LCD display, if the black rotary switch is in the LO Freq. position, or on the Field System terminal.

Please keep in mind **NOT TO MOVE** for any reason the VC08 and VC12 frequencies during the experiment or the tracking program has to restarted. In any case, for Ulysses, their integer values will be 327 MHz and 272 MHz respectively.

- 1.5.2 Check connections of the FFT analyzer. Connect channel A to the USB output on VC07 and channel B to VC14 (use AC coupling, grounded). If just one channel has to be monitored, select the single channel mode of operation to get a faster update of the the spectrum.
- 1.5.3 Check whether are visible on the FFT the 10 KHz tones, after having modified to decimals .99 the frequency settings of only VC07 and VC14.

## 2.0 At begin of passage

- 2.1 -30 min: Perform a test integration on phase CAL tones.

Perform this test only if you are in doubt about the functionality of the DTEs. Run on terminal LU=79, from directory /DTE, the main tracking program with the command TRACK PARM.PARM OUT. The parameter file should contain only the first parameter equal to VC08 frequency + 8080.01 MHz and 0 for all the other parameters. The printing program run on terminal LU=1 with command PRINTNOW would display tracking frequencies of 10000 in the second, fifth and eleventh columns; amplitudes will be around 171 units.

- 2.2 -20 min: Move Antenna to the expected position.

After checking that the switches **DRIVE POWER** and **COMPUTER ENABLE** on the ACU are lit, activate the antenna servo control with command **RU, SETUP**, from terminal LU=79.

Run, from the Field System terminal, the ANTM3 program with command **ESC N**. Check if commanded positions are equal to the COORD output. The antenna, after a short time needed to remove the stow pins, will move to the expected position. If the spacecraft is still below the horizon, the current elevation of the antenna will stay at 5 degrees waiting for its raising.

- 2.3 -10 min: Start DTE programs

On terminal LU=79 select directory /DTE/DTEDATA then run the main tracking program with command:

**TRACK PM\_ddd\_tx.PARM DATAddd\_v**

where *ddd* is the day number, *tx* is the transmitting station number and *v* a progressive number starting from one. This figure has to be updated each time is needed to restart the tracking program. If the output printing program is not still running, activate it with command **PRINTNOW**, from LU=1.

The TRACK program will beep every few seconds and display underscore characters while searching for a signal over the bandwidth specified in the first line of the PM\_ddd\_tx.PARM file.

Under normal operation of the HP1000 and reasonably good S/N ratio at X-band (10 DTE units), the DTE never loses the lock. This instead happens all the times the antenna gets out of track (small printer beeps) or when an operating session is closed or opened from any terminal. The COORD or PRONTPREDICT programs can be run during tracking to prepare future tracking files and printouts.

#### 2.4 0 min: At BOT check for the following sequence of events

- 2.4.1 The spacecraft signal becomes visible on the spectrum analyzer, at the expected frequency.
- 2.4.2 During the initial searching routine, the signal is found when the **T** character is displayed on screen. When all the specified bandwidth has been explored, a first estimate of the signal frequency is printed and a narrow band search is started (the prompt **>** will appear on a new line). After a few seconds, the DTE will start the tracking routine. The terminal stops beeping, and the "INTEG" lights on the DTEs will lit and periodically blink.
- 2.4.3 After ~10s the program PRINTNOW will begin to print the amplitude and phase in the 4 DTE channels (X and S, plus the associate phase cal tones).

If the signal frequency occurs at an **unexpected** frequency, compute the frequency offset with respect to the output of program PRINTPREDICT. Then **add** it to the constant parameter (first large number) in file /DTE/DAT/PM\_ddd\_tx\_b\_m. We have to say that, untill now, JPL predictions have been found reasonably accurate. A wrong frequency is generally due to a single way operation, temporarily applied just to overcome some mistake at hand-over.

### 3. During passage

The following operations must be performed at regular intervals during the passage. If anything abnormal occurs, the sequence of operations in section 2 must also be repeated (if appropriate), in the order given above, but in the shorter time possible. Most error conditions cause an audible alarm. In such a case, perform the overall functionality check. Only seldom occurrence of the *Slip cycle* message is not relevant.

#### 3.1 Every 10 minutes: Check overall functionality

- 3.1.1 Check that program TRACK is active; check leds on DTE, and eventual error messages on the terminal. Note if track loss has occurred.
- 3.1.2 Check whether pointing track losses have occurred. They are reported on the small printer.
- 3.1.3 Check for error conditions on the antenna console. All red lights should be off. If any will lit, try to understand what's wrong, then ask for assistance.
- 3.1.4 Check for errors from the Field System console. If the Total Power (TP CHxxx) message occurs, adjust the USBPOWER levels of VC08 and VC14 to be within 0,5~1.5, according to 1.4.7.

### 4. At hand-over

Around the expected time of the end of the track from the Canberra complex, wait for the DTE beeping (signal lost), then push the **break** key and type **br <CR>** to stop the TRACK program, on terminal 79. In a couple of minutes the signal should appear on the FFT at the new frequency printed by the second run of the PRINTPREDICT program. If this is not the case, probably the one way operation has been started. Wait for the three operation, checking the downlink frequency only on the FFT analyzer.



**SCHEDULE EXAMPLE FOR DAY 056**

"SCHEDULE FOR ULYSSES TRACKING, DAY 56  
RX@!,15M  
WX@!,30M  
CABLE@!,30M  
CHECK=IF,FM,VC08,VC12,VC07,VC14  
FORM=C,4  
IFD=20,22  
VC08=327.33  
VC07=328.33  
VC12=272.16  
VC14=273.16  
VALRM  
SY=SS,CKACU  
SY=SS,CKSCU  
SY=GO,GUARD  
WAKEUP

"SET FOCUS: Z2 = 42.0 MM  
!056173000  
SOURCE=ULYSSES,104103.2,083534.8,1992.1  
!056183000  
SOURCE=ULYSSES,104101.1,083538.4,1992.1  
!056193000  
SOURCE=ULYSSES,104058.7,083542.0,1992.1  
!056203000  
SOURCE=ULYSSES,104056.5,083545.6,1992.1  
!056213000  
SOURCE=ULYSSES,104054.2,083549.2,1992.1  
!056223000  
SOURCE=ULYSSES,104051.9,083552.8,1992.1  
!056233000  
SOURCE=ULYSSES,104049.7,083556.4,1992.1  
!057003000  
SOURCE=ULYSSES,104047.4,083600.0,1992.1  
!057013000  
SOURCE=ULYSSES,104045.2,083603.6,1992.1  
!057023000  
SOURCE=ULYSSES,104042.9,083607.2,1992.1  
!057033000  
SOURCE=ULYSSES,104040.6,083610.8,1992.1  
!057043000  
SOURCE=ULYSSES,104038.4,083614.4,1992.1  
!057053000  
SOURCE=ULYSSES,104036.1,083618.0,1992.1  
!057063000  
SOURCE=ULYSSES,104033.9,083621.6,1992.1  
!057073000  
SOURCE=ULYSSES,104031.6,083625.2,1992.1

WAKEUP  
"TRACKING TERMINATED

## 6.1 Trasferimento di files da VAX ad HP1000

I nostri colleghi al JPL ci inviano verso mezzanotte i files con le predizioni per il giorno successivo. Essi devono essere prima trasferiti sullo HP1000 per poi essere editati come spiegato in precedenza. Per ragioni non ancora risolte, il collegamento diretto porta spesso il calcolatore di stazione a bloccarsi e per questo motivo si sconsiglia fortemente di usare questa procedura durante l'inseguimento di Ulysses. Le operazioni che qui di seguito si descrivono sono tuttavia ragionevoli e, data l'abbondanza di tempo notturno, non costituiscono un problema troppo gravoso.

**JPLGP::LIESS** invia allo username **AMBROSINI::IRAMD1** del microvax di Medicina i files di predizioni. Utilizzare come terminale il PS/2 IBM nella stanza antistante quella di controllo. Se il collegamento non è ancora aperto, all'accensione del PC, digitare **K <CR>**, per lanciare dalla directory *c:\kermi* il programma *hermit*. Battere **c** per collegarsi con il server e dopo un **<CR>**, al prompt *Local* rispondere **c** di nuovo ed introdurre il precedente username e password. Dal prompt **\$** digitare **MAIL <CR>** e selezionare il numero di messaggio che interessa. Estrarre il files di predizioni con il comando:

**EXTRACT PREDddd.MAD** per il file di predizioni di Madrid  
**EXTRACT PREDddd.CAN** per il file di predizioni di Canberra

Uscire da Mail con il comando **EX** e dal prompt **\$** lanciare sul microvax il protocollo di comunicazione **Kermit <CR>** e poi **server <CR>**.

A questo punto si esce verso il proprio PC con **ALT-X** e si trasferiscono i files precedentemente creati con la sequenza:

**get <CR>**

*Remote source file: PREDddd.\**

*Local destination file: a:*

In questo modo entrambi i files del giorno ddd vengono trasferiti uno di seguito all'altro. Per liberare il PS/2 da kermit e quindi ricevere messaggi in tempo reale, dare i comandi **FINISH <CR>** **c <CR>** **EX <CR>**.

In questo modo i files ora si trovano sul dischetto da 3' che va estratto dal PS/2 ed inserito nel drive A del PC486 al centro della stanza.

Lanciare su questo calcolatore il programma PROCOMM (directory *H:\PROCOMM*) o con gli opportuni comandi o tramite il batch file **P <CR>**. Si ricorda che con **ALT-F10** si ha il menu generale, con **ALT-F7** si genera un **BREAK** ed infine con **ALT-K** si attiva il protocollo Kermit.

Aprire una sessione sull'HP1000 da questo calcolatore con: **ALT-F7** per avere il prompt *HPusername:* a cui si risponde con **DTE.OPER/markiii <CR>**, se la sessione non fosse già aperta (prompt *CI74*). Spesso per entrare effettivamente risulta necessario ribattere **ALT-F7**.

Ricordarsi a questo punto obbligatoriamente di selezionare, come working directory, **/DTE/DAT**, quindi lanciare kermit sullo HP1000, come in precedenza si era fatto sul VAX, con i comandi **Kermit <CR>** **server <CR>**.

Il programma PROCOMM risulta più semplice da usare infatti con **ALT-K** viene visualizzato un menu con *1)Get 2)Send 3)Finish 4)Bye*. In questo caso si vuole trasferire verso lo HP1000 e quindi si usa la funzione send (digitare 2). Alla richiesta del nome file inserire:

**a:\PREDddd.\*** per trasferire entrambi i files con un'unico comando.

Chiudere il protocollo kermit sull'HP1000, con il comando **ALT-K** da PC486, quindi **FINISH** (tasto 3). Per liberare il PC486 per altri usi si può uscire da PROCOMM con **ALT-X Yes**. Proseguire ora con la checklist dell'appendice A.

## 6.2 Setup alternativo per il controllo in tempo reale di Ulysses

Nelle passate campagne di osservazione è stato utilizzato con successo l'analizzatore di spettro FFT per visualizzare in tempo reale il segnale downlink di Ulysses. Questo strumento permette di sintonizzare un segnale di frequenza massima 50 KHz, con una banda di misura di pochi Hz, come quella utilizzata dal DTE. In queste condizioni il segnale in banda-X è ricevibile a Medicina con un rapporto segnale disturbo (S/N) di circa 35 dB.

Sfortunatamente durante la seconda opposizione tale strumento si è guastato in modo irreparabile in tempi brevi. Di qui la necessità di organizzare una tecnica di misura alternativa. Il primo requisito è ovviamente quello di avere la minima banda di rumore possibile. Lo spectrum analyzer a microonde ha una banda minima di 100 Hz, quindi visualizzerà il segnale con un S/N di circa 15 dB. Per quanto sintetizzato, la risoluzione in frequenza di questo strumento non è adeguata ad esempio per il controllo delle predizioni (un Hz, almeno). A questo scopo si è pensato di realizzare un battimento udibile fra il segnale di Ulysses e quello prodotto dal sintetizzatore Racal 9087, agganciato come riferimento esterno al 5 MHz del Maser-H di stazione. Per rendere udibile il battimento si è utilizzato un classico ricevitore per onde corte 0.5-30 MHz, in modo USB (2.5 KHz di banda).

Lo schema di collegamento consiste nel prelevare dall'uscita USB del VC08 (2 MHz di banda di rumore) il segnale di Ulysses, attenuarlo di 20 dB, come precauzione di isolamento, quindi di collegare in parallelo, con una doppia giunzione a T, lo spectrum microonde, il sintetizzatore ed il ricevitore.

In pratica il risultato è notevole: il ricevitore permette di sintonizzare il segnale di Ulysses in modo estremamente rapido su una banda di qualche centinaio di KHz. L'orecchio umano funziona infatti come un efficiente filtro attivo di poche decine di Hz di banda. Effettuata la sintonia sul ricevitore con un KHz di risoluzione, la si imposta come frequenza centrale dello spectrum. Se lo spectrum è configurato a 10KHz di frequency span, 100 Hz di Resolution Bandwidth, 30 Hz di video bandwidth, amplitude reference level a -40 dBm e 5 dB/division....il segnale compare inevitabilmente al centro dello schermo.

Per effettuare una sintonia fine si abilita (RF on) l'uscita del sintetizzatore, a circa -65 dBm di livello e frequenza prossima a quella già impostata sullo spectrum. Con la manopola di sintonia in FINE, si ascolta nell'altoparlante del ricevitore il battimento fra questo ed Ulysses. Una sintonia accurata permette di raggiungere facilmente una accuratezza di misura di 1-2Hz, letta sul visualizzatore della frequenza prodotta dal sintetizzatore. Si ricorda che Ulysses deriva in frequenza di circa -1 Hz/s e questa tecnica lo evidenzia in modo inequivocabile.

Conclusione: il rapporto S/N ottenibile con il presente setup di emergenza è peggiore di 20 dB rispetto allo FFT, quindi in condizioni di scarso rapporto segnale/rumore sarebbe fortemente limitativo (vedi attualmente la banda-S, solo marginalmente osservabile con lo spectrum, essendo a -15 dB rispetto alla banda X). D'altra parte questo non è il caso attuale di Ulysses, mentre la rapidità di sintonia (al KHz) con il ricevitore ad onde corte è di gran lunga superiore e permette quindi di impostare a colpo sicuro la frequenza centrale dello spectrum, che a sua volta, non ha limiti di copertura di frequenza.

Il risultato netto è che non occorre più aggiustare finemente, prima di ogni passaggio, la frequenza dei videoconverters per rimanere entro la banda di 50 KHz dello FFT, alleviando quindi non poco la preparazione del tracking ed il controllo in tempo reale della presenza del segnale di Ulysses.