

**ANALISI PRELIMINARE DELLA STABILITA'
DEL SISTEMA DI CALIBRAZIONE
"CABLE" A NOTO**

V. TORNATORE G. TUCCARI G. NICOTRA S. BUTTACCIO

Rapporto tecnico IRA n. 223/96

INDICE

- 1 Introduzione
- 2 Descrizione del sistema di calibrazione del cavo
- 3 Analisi delle misure di calibrazione del cavo a Noto
- 4 Misure di calibrazione del cavo durante gli esperimenti geodinamici
- 5 Conclusioni
- 6 Bibliografia

1 INTRODUZIONE

La determinazione della lunghezza delle baselines con precisione centimetrica richiede il rilevamento di ritardi di segnali con larghezze di banda dell'ordine di 100 Mhz, queste si possono ottenere utilizzando la tecnica della sintesi di banda (BWS) (Rogers 1970) che ha consentito lo sviluppo della geodesia e astrometria VLBI di altissima precisione. Proprio come gli interferometri possono imitare la piena apertura di un' antenna campionando solo in parte l'apertura così è possibile campionare molti canali di banda limitata a frequenze largamente spaziate per ottenere le accuratezze sul ritardo di un sistema a banda larga. Questa combinazione di molti canali richiede però che i canali siano propriamente in fase per fornire il massimo della sensibilità.

Generalmente a causa di variazioni nell'elettronica e di percorsi diversi attraverso il sistema, i canali hanno offsets di fase differenti e lentamente variabili. Per misurare le variazioni di fase nei diversi canali viene utilizzato un sistema di "calibrazione di fase" che consiste nell' inviare al ricevitore un 'pettine' di segnali distanziati di 1 MHz e in fase tra loro. Questi miscelati con frequenze appropriate di oscillatori locali nei BBC (Base Band Converter) appaiono in ciascuno dei canali come segnali di 10 kHz e vengono registrati sul nastro insieme ai segnali ricevuti dalle radiosorgenti. Il correlatore determina gli offsets di fase per ciascun canale e corregge corrispondentemente le fasi del segnale delle radiosorgenti.

Questo pettine viene generato a partire da un riferimento a 5 Mhz proveniente dal H-Maser.

Se si verificano cambiamenti nella lunghezza elettrica del cavo che porta tale riferimento di fase dal DAT (Data Acquisition Terminal) al ricevitore i ritardi di fase avranno un errore corrispondente determinato da tale effetto.

Il ritardo attraverso un cavo cambia con la temperatura e la flessione meccanica. La misura della lunghezza del cavo nei sistemi di acquisizione dati VLBI MKIII e VLBA viene effettuata attraverso un sistema di calibrazione chiamato "cable-cal" . Il monitoraggio è fatto misurando le variazioni nella lunghezza elettrica del cavo con un'accuratezza di pochi millimetri.

Questo rapporto descrive le prestazioni del sistema di calibrazione "cable-cal" utilizzato a Noto.

2 Descrizione del sistema di calibrazione del cavo

Il sistema di calibrazione "cable-cal" consiste di due unità principali, la prima è posizionata a terra nel DAT ad un estremo del cavo detta GROUND UNIT o modulo DELAY CAL, più un contatore, la seconda all'altro estremo del cavo chiamata ANTENNA UNIT nel ricevitore. La calibrazione del cavo (CABLE) è effettuata misurando il tempo necessario ad un impulso per andare e tornare lungo il cavo che va dalla Ground unit alla Antenna unit. La misura della lunghezza elettrica del cavo è dunque fornita in unità di tempo.

Essa è effettuata trasmettendo dalla Ground unit sullo stesso cavo un segnale a 5 MHz di riferimento, un segnale a 5 KHz modulante e un livello di tensione continua di controllo. Sull'Antenna unit la 5 MHz viene modulata dalla 5 KHz e riflessa verso la Ground unit. Il segnale riflesso così trattato avrà subito una variazione di fase in funzione della lunghezza elettrica del cavo all'istante della misura. Nella Ground unit il segnale a 5 MHz di riferimento e il segnale a 5 MHz modulato riflesso subiscono una conversione di frequenza a 25 Hz per consentire di espandere i tempi reali di transito dei segnali a tempi più facilmente misurabili. Questi due segnali in frequenza così convertiti costituiscono i segnali di comando di start e di stop per il counter.

I ricevitori sui quali è stata installata l'antenna unit a Noto sono quelli che operano nelle bande radioastronomiche S/X (2.3 / 8.4 GHz) e C (5 GHz).

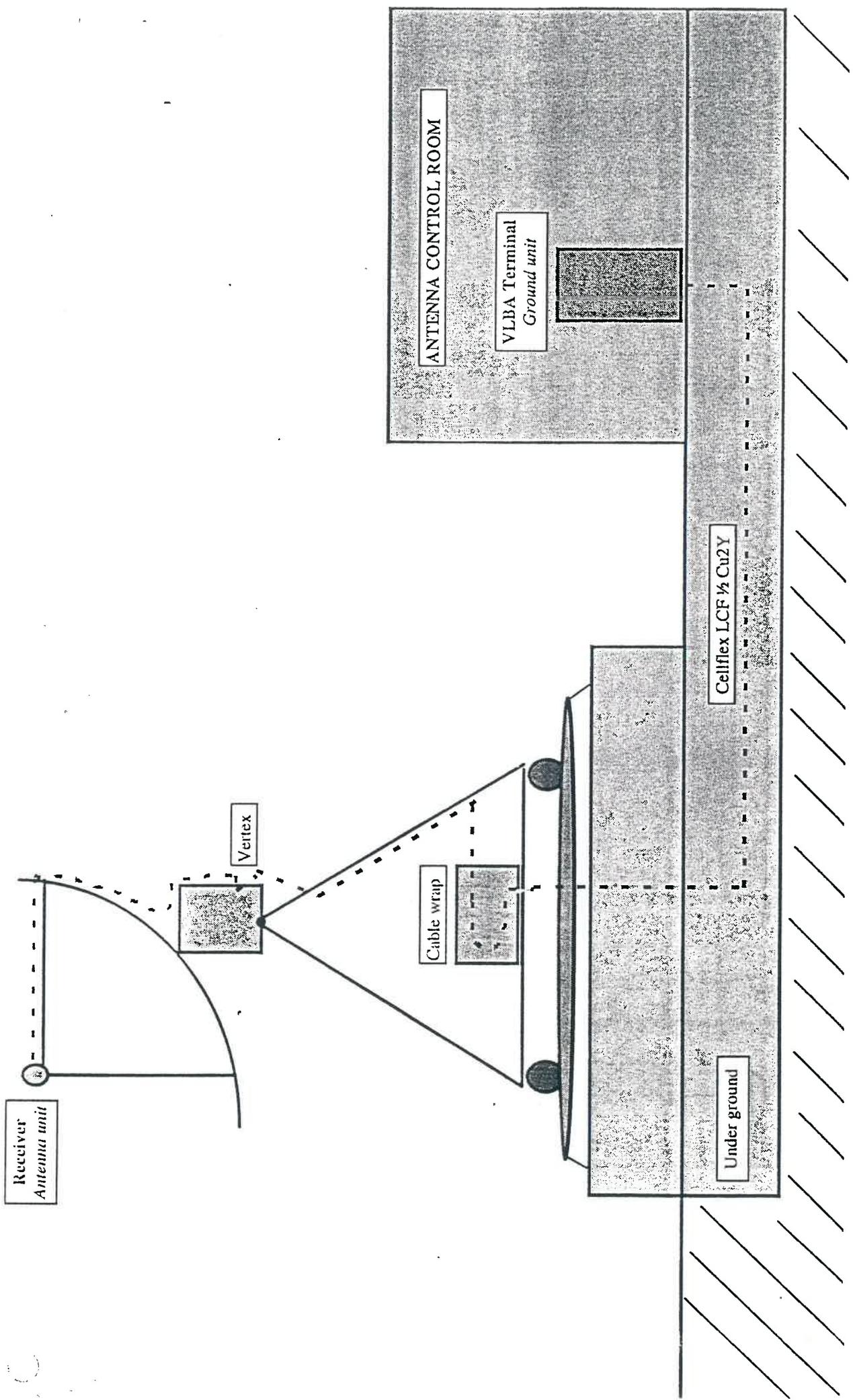
Il modulo Delay Cal del DAT presente a Noto dal Giugno 1995 è stato fornito in prestito dall'Osservatorio di Haystack (USA).

La figura 1 mostra il percorso del cavo coassiale dall'Antenna unit alla Ground unit, tale percorso è in parte esterno e in parte interno. È visibile inoltre il cable wrap dove il cavo viene arrotolato durante il movimento dell'antenna in azimuth.

La lunghezza complessiva è di circa 100 m.

Il cavo coassiale utilizzato per il collegamento è del tipo CELLFLEX LCF + Cu2Y, i valori tipici forniti dal costruttore per la variazione della lunghezza elettrica con la temperatura sono compresi fra: -8 e -12 PPM/K per cavi a temperatura ambiente. La lunghezza elettrica quindi diminuisce con l'aumento della temperatura.

Fig. 1..... Schema di cablaggio del cavo coassiale



3 Analisi delle misure di calibrazione del cavo a Noto

Le variazioni della lunghezza elettrica dei cavi associate a cambiamenti di temperatura sono causate da espansione, contrazione e variazioni nell'indice di rifrazione dei cavi. La flessione meccanica dei cavi varia con la posizione dell'antenna in quanto i cavi in corrispondenza del cable wrap e della vertex room vengono piegati in maniera diversa a seconda dell'angolo di puntamento rispettivamente in azimuth e in elevazione. L'incidenza della flessione meccanica in elevazione rispetto a quella in azimuth è molto bassa perché l'angolo di movimento in elevazione è al massimo di 120 gradi e il tratto di cavo interessato di circa 2 m, mentre il movimento in azimuth arriva fino a circa 520 gradi e il cavo che subisce tale movimento è circa 10 m.

Per valutare la variazione diurna della lunghezza del cavo e la correlazione con la temperatura ambiente, sono state registrate per 24 ore ogni 10 minuti misure di temperatura e di lunghezza di cavo. L'antenna è rimasta per tutte le 24 ore nella posizione di STOW (AZ = 206.151 e EL = 90.605). In tale posizione la parte di cavi che passa all'esterno è esposta a SUD; essendo state le condizioni di cielo coperte l'insolazione non ha influito sulle misure. Le figure 2 e 3 mostrano gli andamenti nelle 24 ore della temperatura in superficie e delle misure di "CABLE". Il coefficiente di correlazione tra le due quantità è - 0.838524.

Dal grafico delle misure di "CABLE" in funzione della temperatura, figura 4, per valori di temperatura intermedi si intravedono due diversi comportamenti che riflettono una diversa risposta del cavo nel caso di raffreddamento o riscaldamento. Mediamente si ha una variazione di circa 1.3 microsecondi per grado centigrado.

Un controllo della variazione delle misure di "CABLE" con la posizione dell' antenna è stato fatto registrando i valori misurati ogni 30 secondi durante il movimento in azimuth da 290 CCW a 90 CW (vedi figura 5). Il tempo impiegato è stato di circa 2 ore. I valori di "CABLE" riportati nella figura 6 mostrano una variazione complessiva di circa 1 microsecondo. Le variazioni di cable corrispondenti alle diverse posizioni dell'antenna in azimuth risultano essere inferiori alle variazioni di cable prodotte dalla variazione di temperatura che in quell'arco di tempo è stata di circa 1 C intorno a un valore mediamente di 25 C.

4 Misure di calibrazione del cavo durante gli esperimenti geodinamici

Un tipico esperimento geodinamico utilizza 30, 40 radiosorgenti scelte in modo da essere ben distribuite nel cielo. Il numero di osservazioni per ogni sorgente è dell'ordine della decina di volte in un esperimento di 24 ore.

La misura "CABLE" è registrata per ciascuna osservazione durante la procedura MIDOB. Inoltre all'inizio dell'esperimento occorre anche determinare il 'senso' della misura di cable per conoscere il segno della correzione da usare nell'analisi dati. A tale scopo alcune misure di "CABLE" vengono effettuate inserendo un cavo di lunghezza nota nella linea che va dal retro della ground unit all'antenna unit (tipicamente 1cm di cavo comporta una variazione di 20 microsecondi nelle letture del contatore). Letture di "CABLE" di confronto vengono fatte prima di inserire il cavo campione e dopo averlo rimosso. Questa operazione consente anche di verificare il corretto funzionamento del sistema.

Le figure 7a e 7b mostrano le misure di temperatura e di "CABLE" durante l'esperimento GLOBAL TRF3 del 24 Luglio '95.

5 Conclusioni

Dalle misure effettuate per il controllo delle variazioni della lunghezza elettrica del cavo che collega il DAT al ricevitore, risulta che queste sono legate alle variazioni della temperatura ambiente mentre sono insensibili alla flessione meccanica causata dal movimento dell'antenna. Le entità delle variazioni misurate confermano i valori forniti dal costruttore. Sono previste ulteriori misure per una più esatta valutazione della dipendenza della lunghezza elettrica del cavo dalla temperatura.

6 Bibliografia

Carlsson T. R. 1996. Site Dependent Error Sources in Geodetic Very-Long- Baseline Interferometry, Technical Reprt No 224L., Dept. of radio and Space Science with Onsala Space Observatory, Schhol of Electrical and Computer Engineering Chalmers University of Technology, Goeteborg, Sweden - ISBN 91-7197-254-4

Herring, T. A. 1982. Precision and Accuracy of Intercontinental Distance Determinations Using Radio Interferometry, PhD thesis, Dept. of Earth and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.

Rogers, A. E. E. 1970. "Very long baseline interferometry with phase-delay measurements". Radio Sci. 5, 1239

Rogers, A. E. E. 1982. "Manual for MKIII Phase and Group Delay Calibrator, in MARK III Documantation, NASA Goddard Space Flight Center.

Thompson, A. R., J. M. Moran, and G. W. Swenson, Jr., 1986. Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy, John Wiley and Sons, New York.

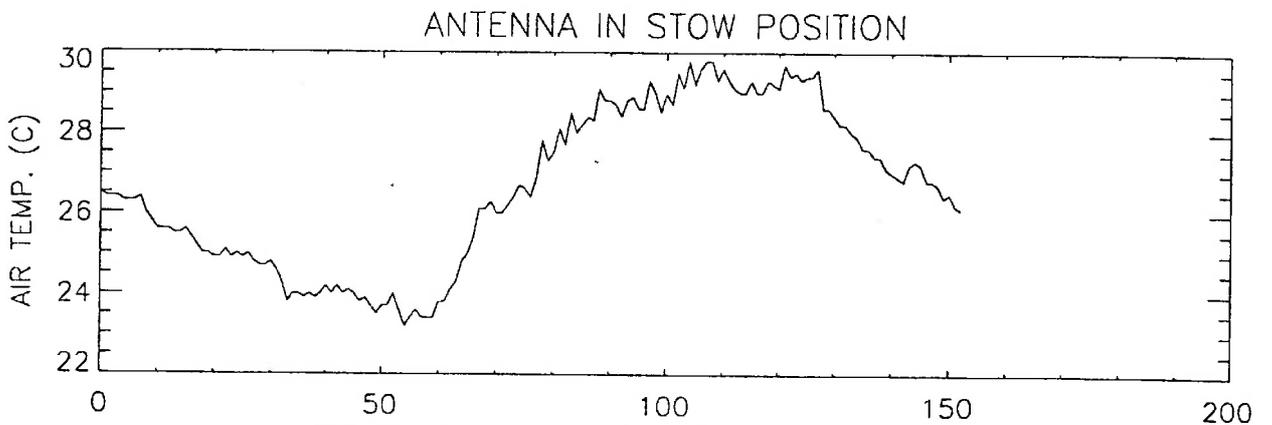


FIG. 2 : Andamento giornaliero della temperatura

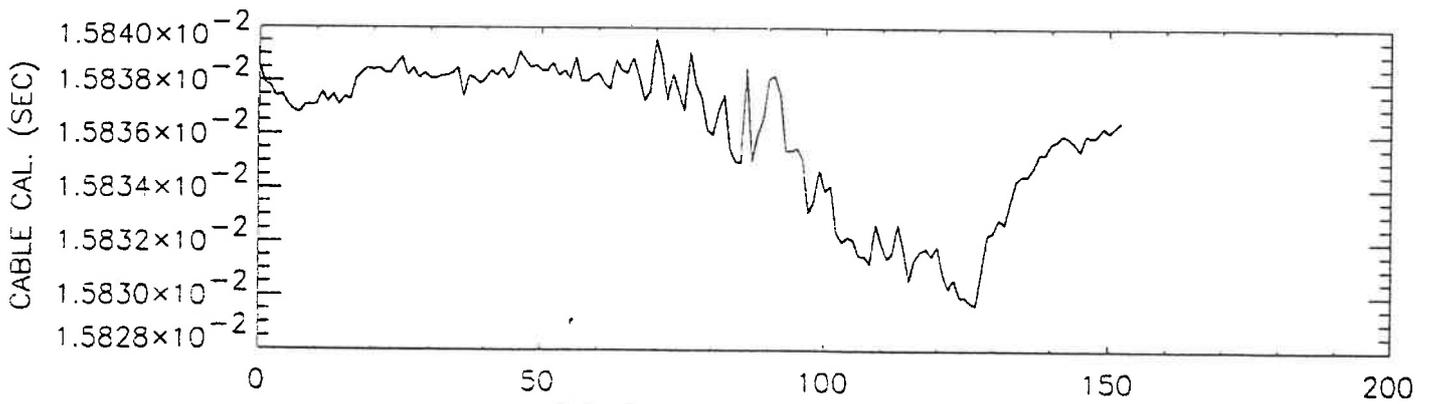


FIG. 3 : Andamento giornaliero CABLE

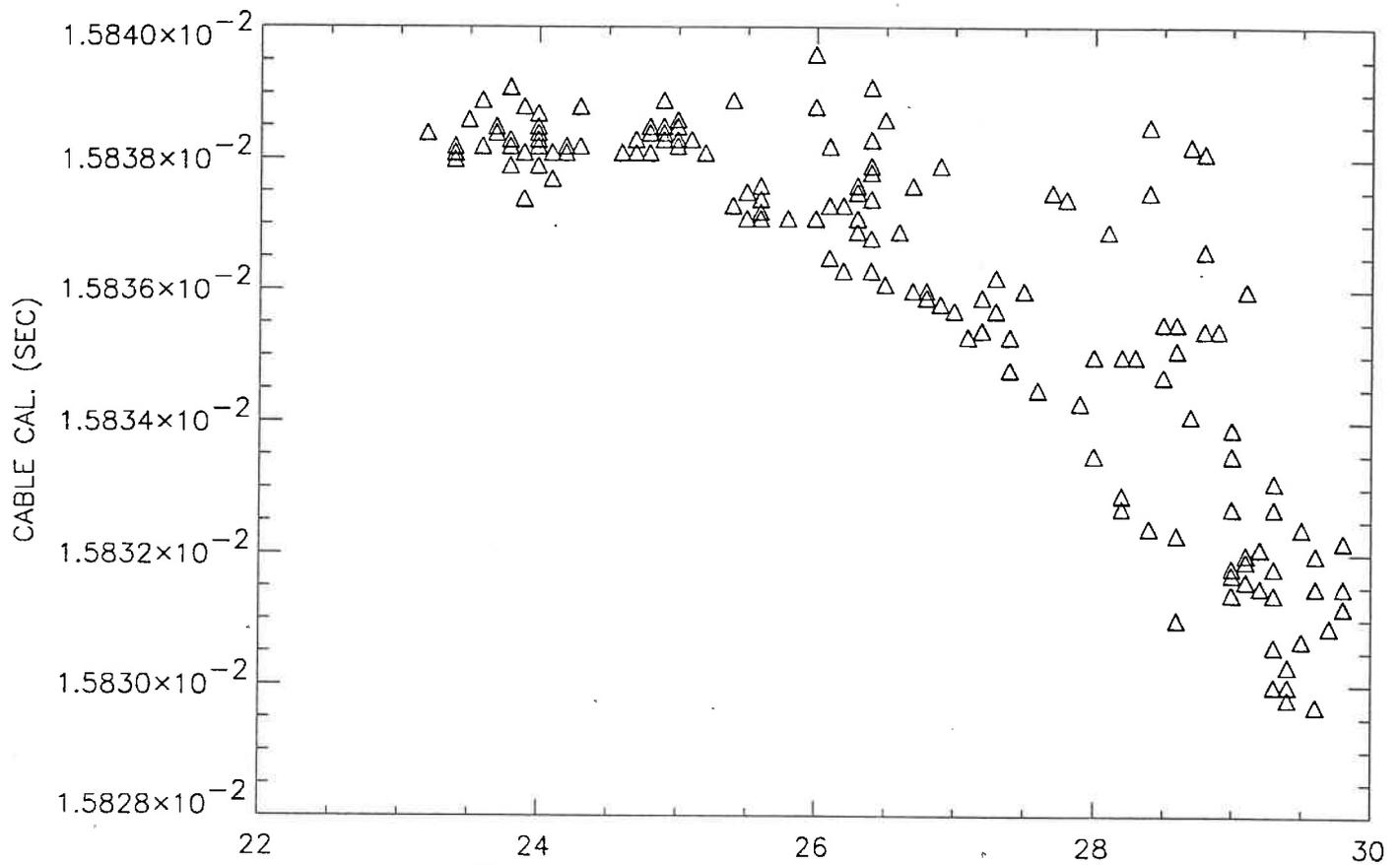


Fig 4 : CABLE CAL in funzione della temperatura

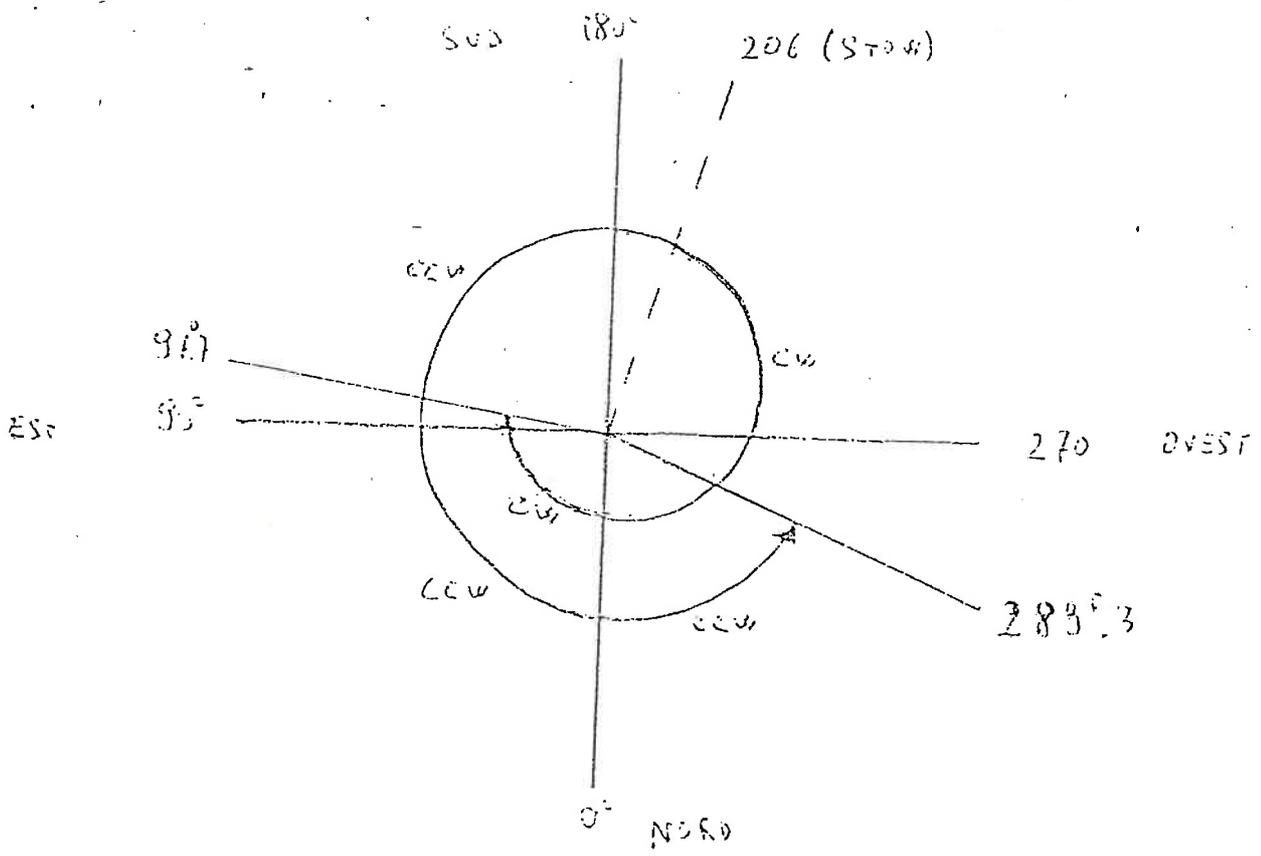


Fig. 5

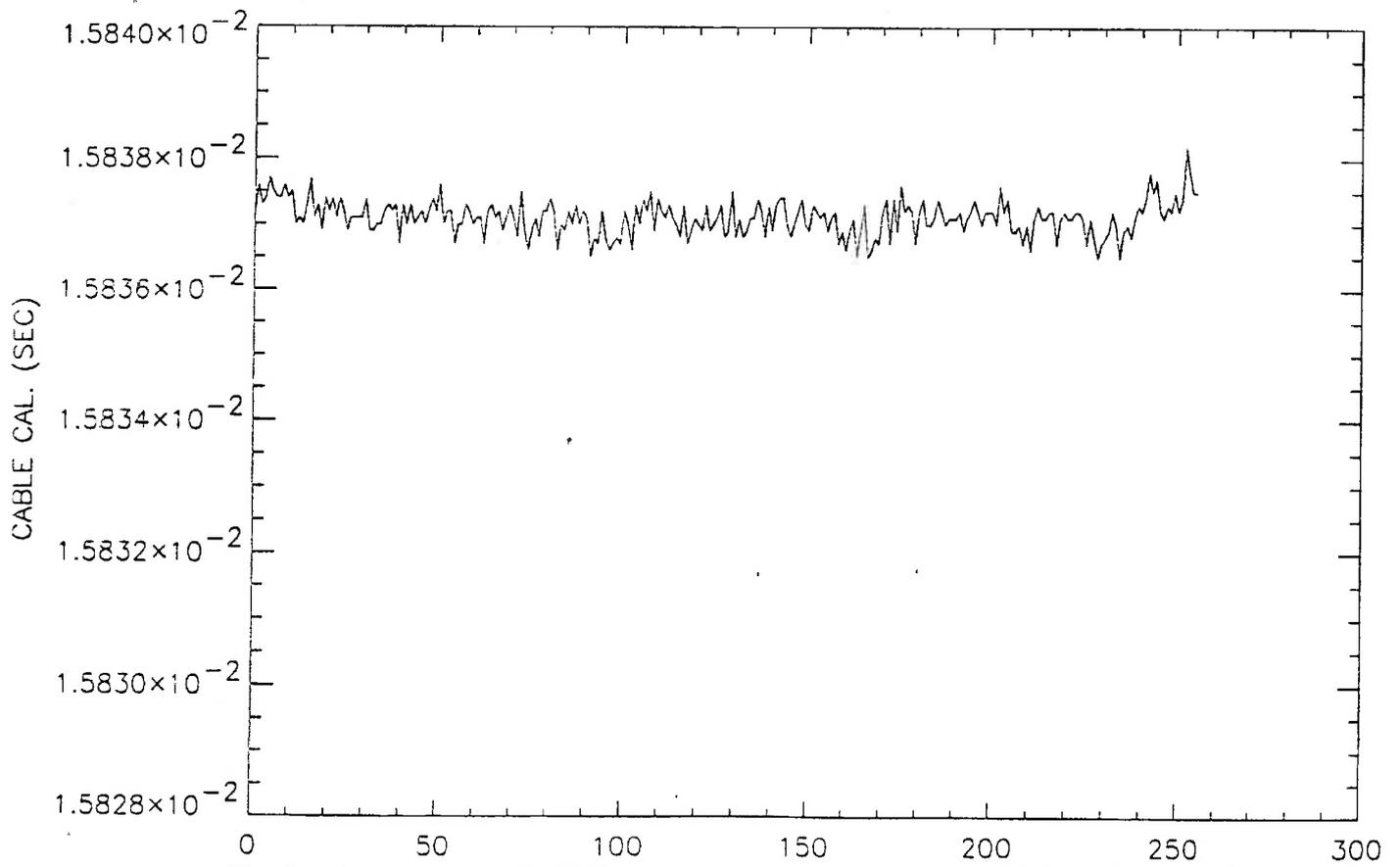


Fig 6 : Andamento di CABLE con antenna ad azimut variabili e Temperatura stabile

ESPERIMENTO GLOBAL TRF3

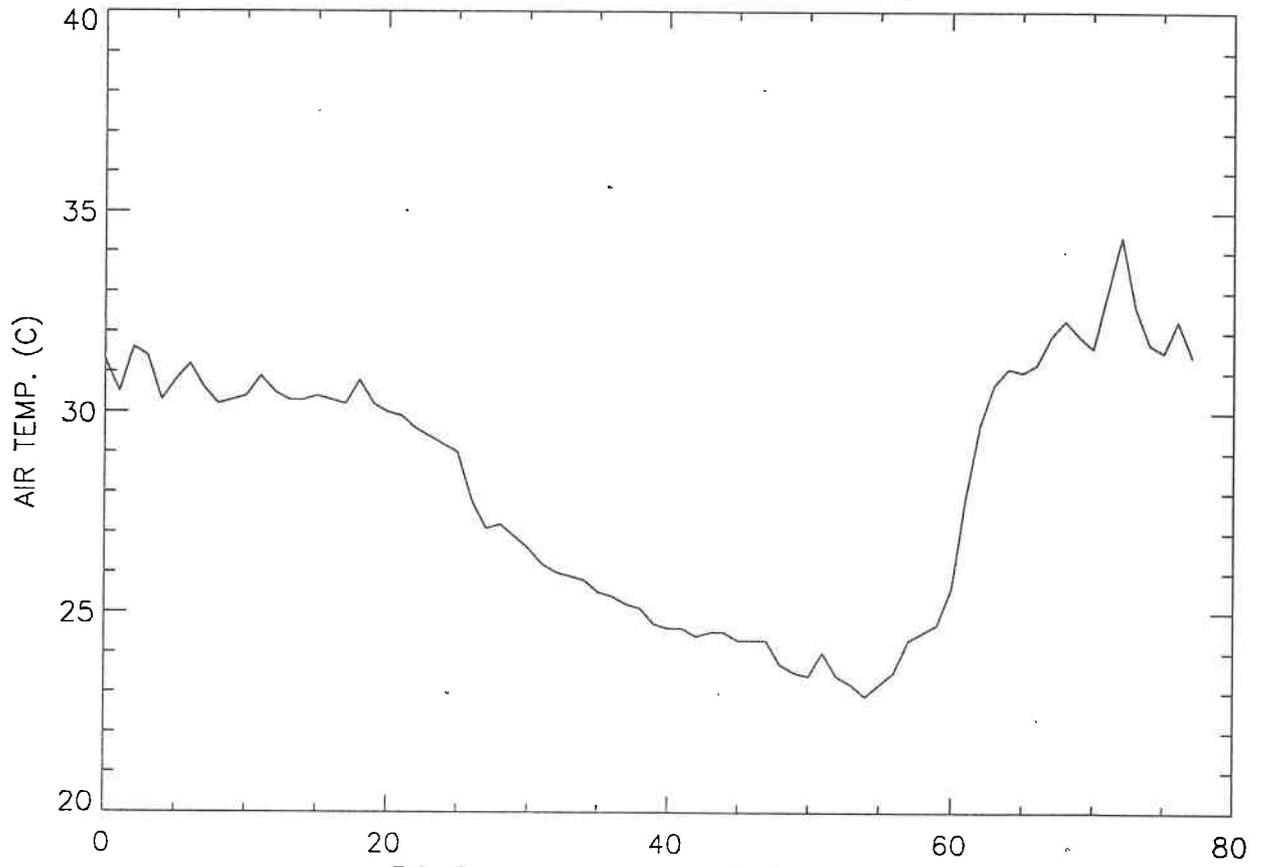


FIG. 7a : Andamento della temperatura

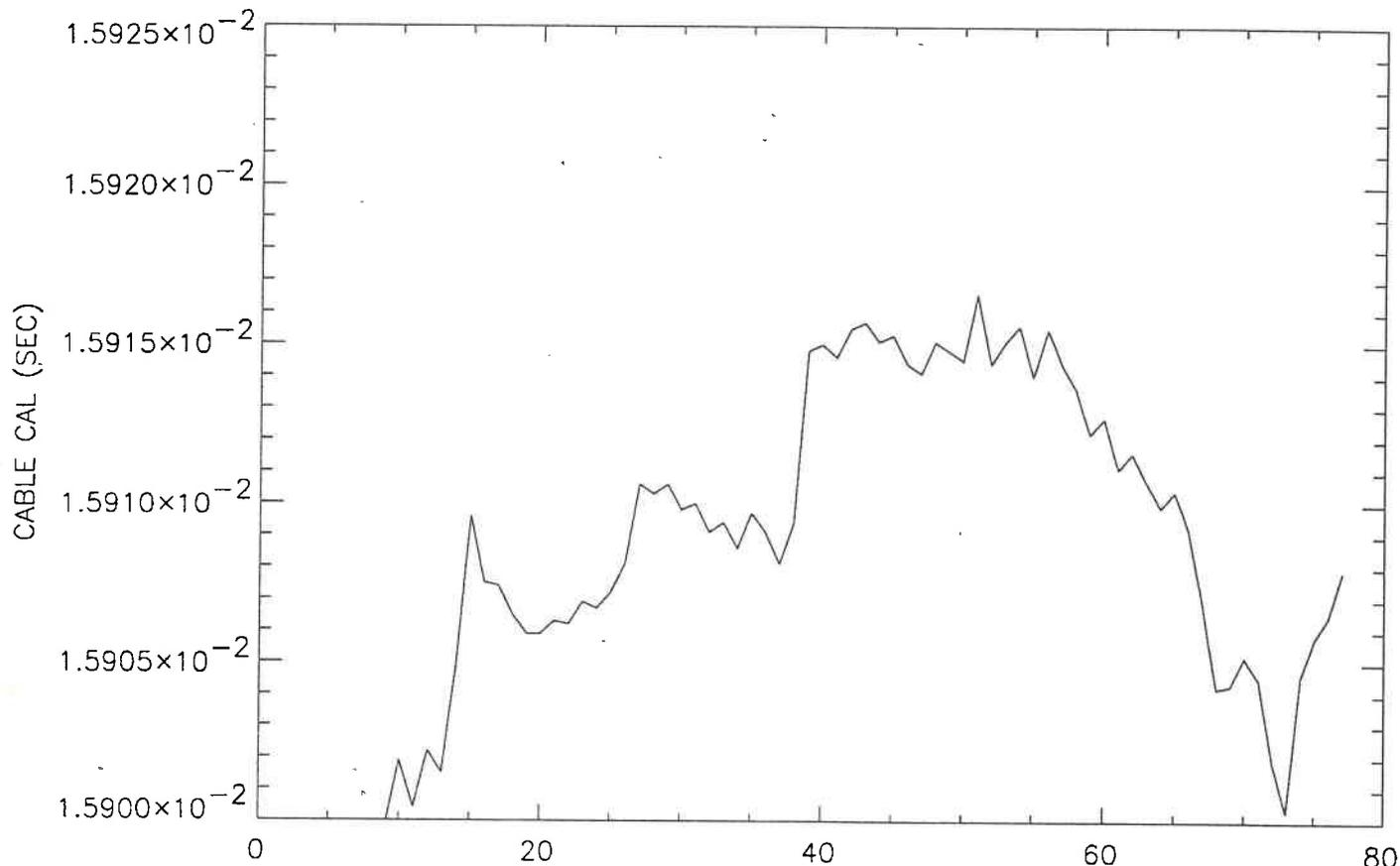


FIG. 7b : Andamento di CABLE

ESPERIMENTO GLOBAL TRF3

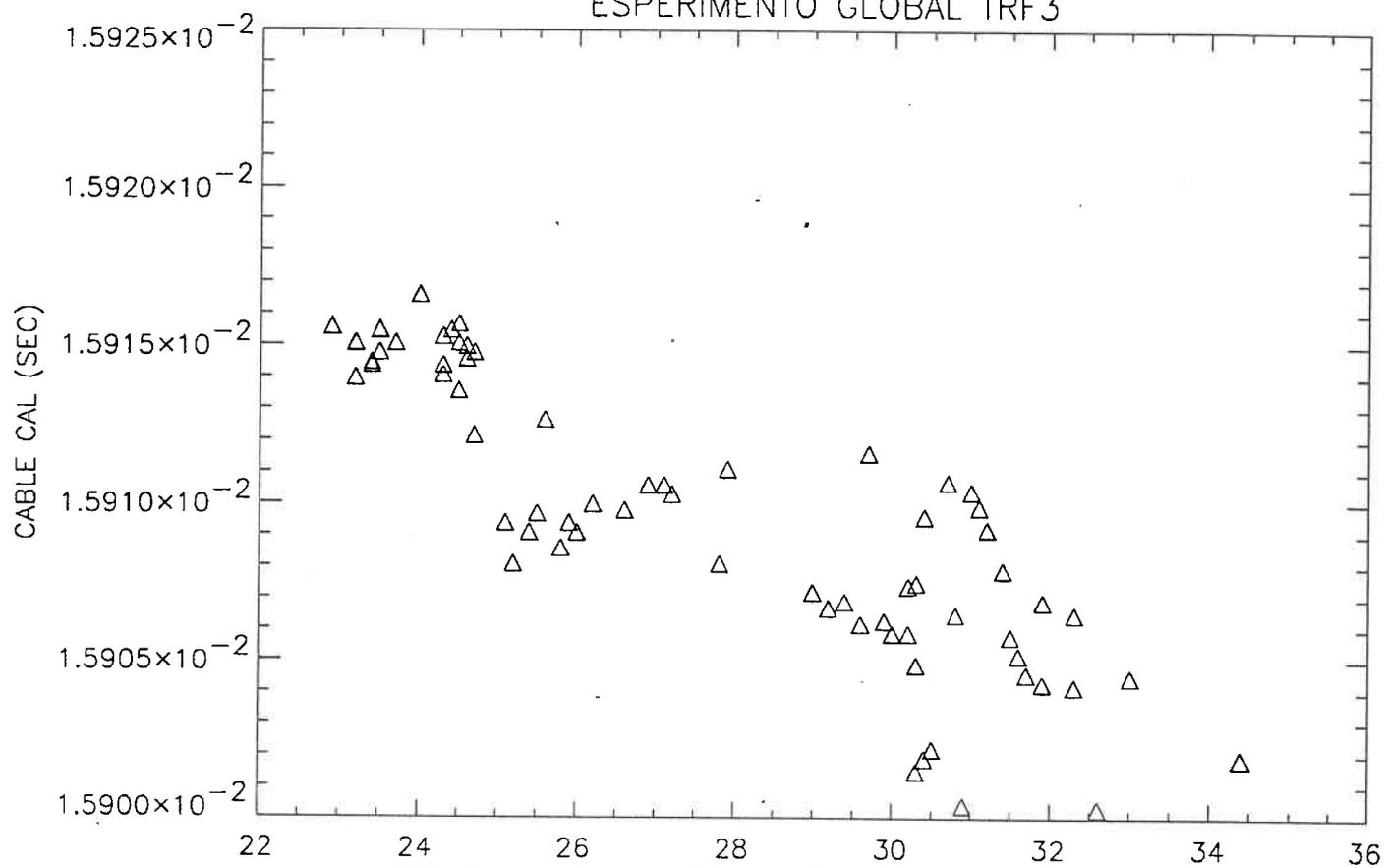


FIG. 8 : Andamento di CABLE in funzione della temperatura