

**MANUALE D'USO PER OSSERVAZIONI
POLARIMETRICHE CON L'ANTENNA
PARABOLICA DI MEDICINA**

A.Orfei, T. Dal Pozzo

Rapporto IRA 238/97

Versione 1

File: polman1.doc

Novembre '97

Indice

Introduzione	2
Capitolo 1	3
Piattaforme hardware e software da utilizzare	
Capitolo 2	6
Utilizzo del software per la gestione delle osservazioni	
2.1 Premessa	6
2.2 Polarimeter manager	6
2.3 Schedule executer	12
2.4 Descrizione di alcuni file utilizzati dal software	15
2.5 Riepilogo delle operazioni necessarie per effettuare le osservazioni	20
Capitolo 3	21
Post processing dei dati	
3.1 Generalità	21
3.1.1 Estrazione del segnale	22
3.1.2 Determinazione dei parametri di Stokes e degli indici relativi alla polarizzazione strumentale	23
3.2 Software per il post processing	25

Introduzione

Questo manuale descrive come utilizzare il software per la gestione delle osservazioni polarimetriche e quello relativo alla parte di post processing dei dati. Nel primo capitolo sono presentati una breve panoramica sulle piattaforme hardware e software da utilizzare e i requisiti necessari all'esecuzione dei programmi. Nel secondo, viene illustrato l'utilizzo del software per effettuare le osservazioni e nel terzo quello per il post processing. Alla fine del secondo capitolo, inoltre, sono riassunte schematicamente le istruzioni per partire con una osservazione polarimetrica.

Capitolo 1

Piattaforme hardware e software da utilizzare

La piattaforma hardware impegnata è articolata secondo lo schema riportato qualitativamente nella figura 1.1.

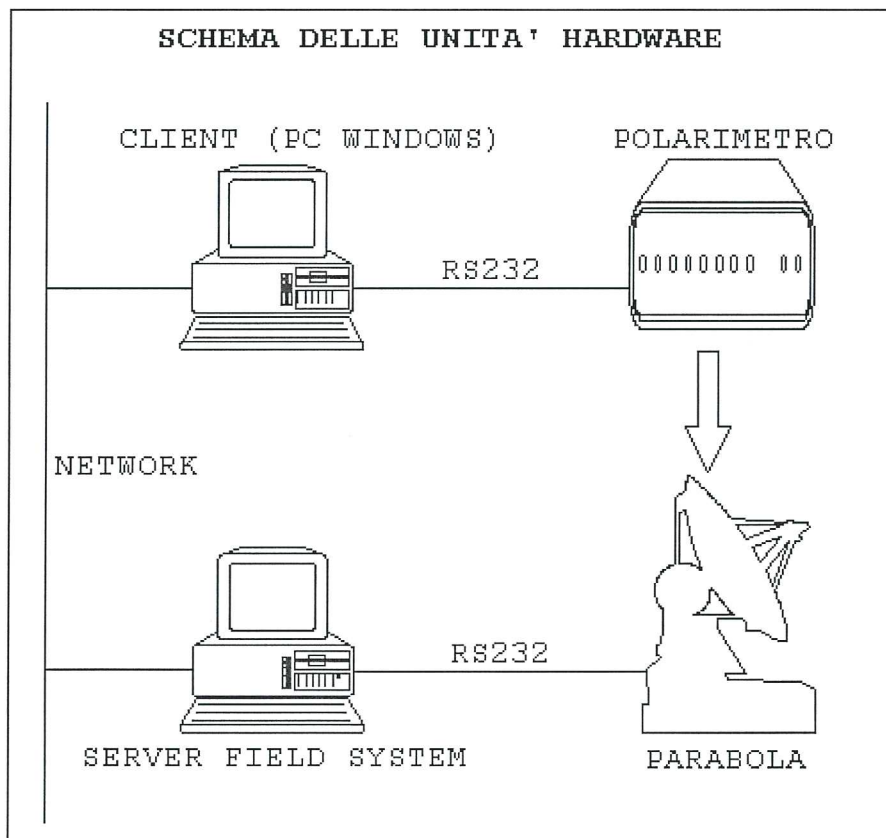


Figura 1.1: schema della piattaforma hardware

E' necessario innanzitutto predisporre il polarimetro nella vertex room dell'antenna e collegarlo via porta seriale al PC dal quale si desidera effettuare la gestione delle osservazioni. Questo PC deve essere inoltre collegato via rete al Field System.

Il polarimetro

Il polarimetro è posizionato nella vertex room dell'antenna; esso rivela la parte polarizzata dell'energia del segnale radio ricevuto e, dopo un'opportuna elaborazione analogica, converte i risultati in forma digitale per inviarli infine su RS232. Prima di iniziare le osservazioni è necessario assicurarsi che il polarimetro e la scheda A/D presente al suo interno siano entrambi accesi. Per fare questo occorre controllare i due interruttori posti dietro il polarimetro stesso. L'operazione non è agevole, ma normalmente non c'è bisogno di andare in vertex per fare il reset del convertitore.

Il Field System

Il server field system (FS) ha lo scopo di pilotare la parabola. E' possibile ad esempio inviare ad esso comandi per puntare una sorgente nel cielo e per inseguirla automaticamente durante il suo percorso. Il programma che gira sul PC client effettua infatti queste operazioni automaticamente. Il FS è installato su sistema operativo Linux e comunica via rete tramite TCP/IP. Per effettuare le osservazioni deve essere attivo sul FS il processo `fsTCPs`, avviato tramite il comando (da impartire dalla shell Linux, cioè aprendo una finestra xterm):

```
fsTCPs nomecomputer
```

dove `nomecomputer` è il nome con il quale il PC client è registrato in rete; al momento della stesura di questo manuale il `nomecomputer` è `medvlbi` (nome completo: `medvlbi.bo.cnr.it`, indirizzo: `192.167.189.40`).

Il PC client per la gestione delle osservazioni

Il PC client è la macchina su cui deve essere installato il software per la gestione delle osservazioni ed eventualmente quello per il post processing. Quest'ultimo non

seguito, installandolo sullo stesso computer si può accedere in modo più semplice ai file contenenti i dati acquisiti da elaborare.

Sul PC client deve essere in esecuzione Windows NT oppure Windows 95 (o versione superiore).

Nel disco rigido (C:) devono essere presenti le directory:

c:\polar\ (la directory principale),

c:\polar\data\ (nella quale vengono registrati per default i file di output),

c:\polar\polint\hlp\ (contenente il file di help on line).

I file necessari per l'esecuzione delle osservazioni sono i seguenti:

c:\polar\polman.exe (interfaccia utente, programma principale),

c:\polar\exes.exe (esecutore delle schedule),

c:\polar\pol sval.dat (file contenente alcuni parametri di sistema),

c:\polar\schfile.sch (file contenente la lista delle schedule da eseguire),

c:\polar\polint\hlp\polint.hlp (file di help on line).

Per l'elaborazione dei dati, deve essere installato il pacchetto software IDL e deve essere presente il file polproc.pro (contenente il codice IDL per l'elaborazione dei dati).

Nella directory c:\polar\rel (non indispensabile per il funzionamento del software) sono presenti i file polman1.doc (questo manuale) e poltesi.doc (tesi di T. Dal Pozzo relativa al software) unitamente ad alcuni file .BMP necessari per la lettura dei file .DOC.

Capitolo 2

Utilizzo del software per la gestione delle osservazioni

2.1 Premessa

Il programma che permette all'utente di editare e lanciare in esecuzione le schedule è chiamato `POLARIMETER MANAGER`; tramite esso, è possibile compilare le schedule di osservazione e registrarle in una lista. Al momento opportuno, il programma esegue automaticamente la prima schedula in ordine di tempo, avviando in esecuzione il processo cosiddetto `SCHEDULE EXECUTER` contenuto nel file `c:\polar\exes.exe`. Una volta finita l'osservazione, questo processo viene terminato, la schedula viene cancellata dalla lista ed è possibile eseguirne un'altra (sempre in modo automatico) al momento opportuno. In questo capitolo si vedrà come l'utente possa utilizzare concretamente questi programmi.

2.2 Polarimeter manager

Per avviare il programma, occorre mandare in esecuzione (tramite Windows) il file

```
c:\polar\polint.exe
```

Eseguendo questa operazione, compare subito la finestra principale illustrata nella figura 2.1.

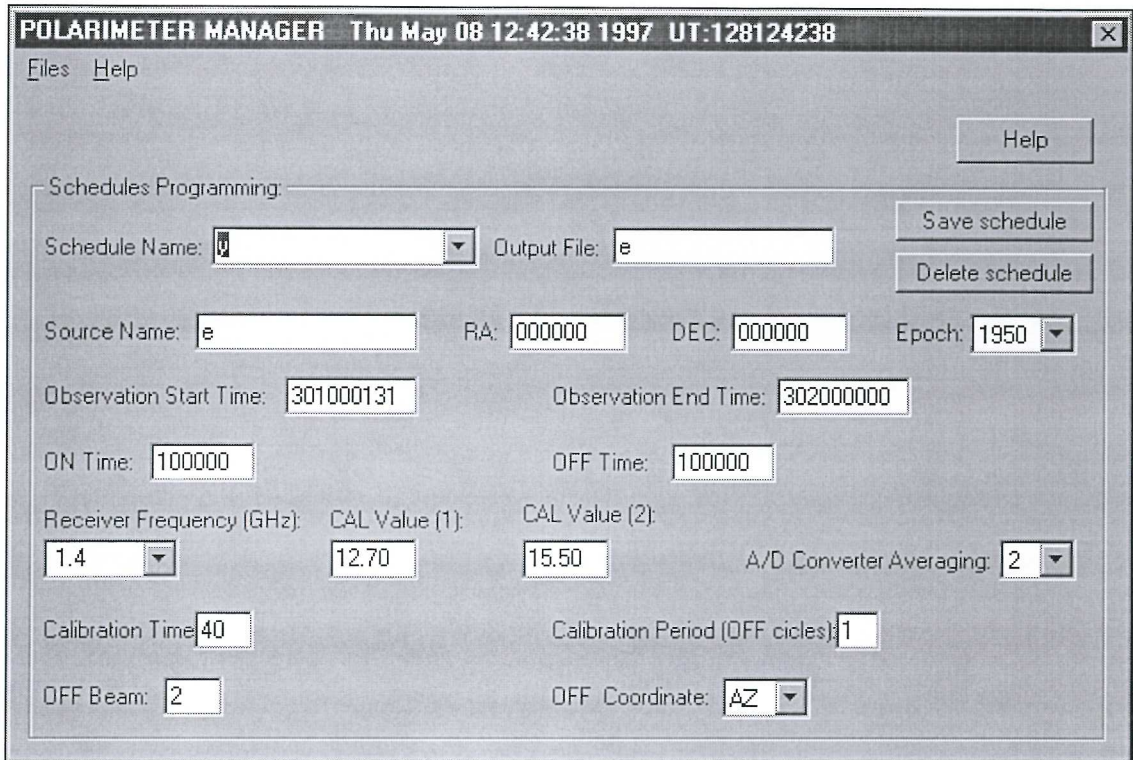


Figura 2.1: polarimeter manger: interfaccia utente

Nell'interfaccia compare, oltre alla data e al tempo corrente in formato standard, anche il tempo UT in formato DDDHHMMSS. E' buona regola mantenere esatto questo tempo, settando l'orologio del computer in base al tempo indicato dall'orologio di stazione. La mancata sincronizzazione può portare ad eseguire osservazioni in momenti sbagliati e ad errori di calcolo in fase di post-processing (vedere oltre). L'utente seleziona la schedula da compilare specificando lo

Schedule Name:

le schedule, ordinate in base al tempo iniziale di osservazione, sono mantenute in un elenco visibile premendo la freccia rivolta in basso. Se viene specificato un nome di schedula inesistente si intende che si tratta di una nuova schedula da inserire; in caso contrario si modifica quella già esistente. I parametri della schedula possono essere impostati tramite le relative finestre di visualizzazione; il loro significato è il seguente:

Schedule name:

Identifica in modo univoco la schedula all'interno della lista.

Output file:

Nome del file nel quale verranno registrati i dati dell'osservazione. Per default viene proposta la directory `c:\polar\data\`.

Source name:

Nome della sorgente da osservare; due schedule possono essere relative alla medesima sorgente ma non viceversa.

RA:

Ascensione retta della sorgente.

DEC:

Declinazione della sorgente.

Epoch:

Anno a cui si riferiscono le coordinate RA e DEC; la scelta è tra 1950 e 2000.

Observation start time:

Istante di tempo UT (universal time) al quale si desidera puntare la sorgente e cominciare l'acquisizione.

Observation stop time:

Istante di tempo UT al quale si desidera interrompere l'osservazione.

ON time:

Periodo di tempo durante il quale l'antenna rimane puntata sulla sorgente (ON source) nell'ambito di un ciclo.

OFF time:

Periodo di tempo durante il quale l'antenna rimane puntata fuori dalla sorgente (OFF source) con la marca di calibrazione disattivata.

Receiver frequency:

Frequenza (in GHz) del segnale che si desidera ricevere; varia a seconda del tipo di ricevitore installato sull'antenna, da 1.4GHz a 22GHz. La banda utilizzabile dipende dal ricevitore, in generale va da 100MHz a 500MHz.

Calibration Value (1):

Valore (in °K) della marca di calibrazione del primo canale di ricezione.

Calibration Value (2):

Valore (in °K) della marca di calibrazione del secondo canale di ricezione.

Calibration time:

Periodo di tempo (in secondi) durante il quale la marca di calibrazione rimane attiva all'interno del ciclo (calibrazione in stato ON).

Calibration period:

Specifica la distanza (in cicli) tra un ciclo con calibrazione attivata e l'altro.

OFF beam:

Questo parametro specifica di quanti beam si desidera fare uscire l'antenna dalla sorgente.

OFF coordinate:

Tipo di coordinata mediante la quale si desidera uscire dalla sorgente; può essere AZ (azimuth), DEC (declinazione), EL (elevazione), o RA (ascensione retta).

A/D converter averaging:

Il convertitore A/D presente all'interno del polarimetro fornisce in uscita un valore che rappresenta la media di più acquisizioni successive; il numero di queste acquisizioni è specificato da questo parametro che può valere 1,2,4,8,16 o 32.

Per alcuni parametri occorre attenersi ad un formato specifico, come illustrato nella tabella 2.1. Sono state utilizzate le seguenti abbreviazioni:

DDD : giorno dall'inizio dell'anno corrente (3 cifre);
HH : ore (2 cifre), con intervallo [00,23];
MM : minuti (2 cifre), con intervallo [00,59];
SS : secondi (2 cifre), con intervallo [00,59];
dd : gradi (2 cifre), con intervallo [-90,+90];
mm : arcominuti (2 cifre) , con intervallo [00,59];
ss : arcosecondi (2 cifre) , con intervallo [00,59];
X : cifra decimale.

Oltre ai formati suddetti, i parametri impostati sono soggetti ad altri vincoli tra cui:

- il numero massimo di schedule memorizzabili è 50 (per cambiare questo valore occorre ricompilare il programma);
- il nome della schedula deve avere da 1 a 20 caratteri;
- deve essere possibile creare il file di output (il programma verifica che questa operazione sia possibile);
- il nome della sorgente deve avere da 1 a 20 caratteri;
- il tempo di fine osservazione deve superare quello di inizio di almeno il numero di secondi impostato nel file POLSVAL.DAT;
- il tempo di ON, quello di OFF e quello di calibrazione devono essere lunghi almeno 1 secondo ciascuno;
- tra le schedule nell'elenco deve essere presente un gap temporale di almeno il numero di secondi specificato nel parametro [Minimum time between a schedule and another one (sec.)] del file POLSVAL.DAT.

RA	HHMMSS.XXX
DEC	[+, -] ddmms.XXX
Observation Start Time	DDHMMSS
Observation End Time	DDHMMSS
ON Time	HHMMSS
OFF Time	HHMMSS
Receiver Frequency (GHz)	XX.X
CAL Value (1) (°K)	XX.XX
CAL Value (2) (°K)	XX.XX
Calibration Time (sec.)	XX
Calibration Period (sec.)	XX
OFF Beam	XX.X

Tabella 2.1: formati per i parametri osservativi

Premendo il tasto

`Save Schedule`

il programma controlla i parametri inseriti; se sono corretti la schedula viene registrata nell'elenco e al momento opportuno viene avviata. Tramite il pulsante

`Delete Schedule`

si elimina dall'elenco la schedula visualizzata. Si rende noto che il programma impedisce la modifica e l'eliminazione dell'eventuale schedula in esecuzione, il cui nome viene visualizzato durante questa fase. Una volta che lo `schedule executer` ha comunicato al `polarimeter manager` l'avvenuta terminazione dell'acquisizione, la schedula corrente viene eliminata dall'elenco e, se necessario, può essere avviata quella successiva.

Esiste un artificio per mantenere permanentemente memorizzate schedule che andranno utilizzate più volte durante l'anno. Esso consiste nel inserirle con un nome che non verrà mai usato, ad esempio `Backup3c286`, e con un `Observation start time` e `Observation stop time` che ha un `day > 365`. In tal modo non verranno mai eseguite e rimarranno in memoria, all'atto della esecuzione basterà copiare questa schedula con un altro nome e cambiare i tempi di inizio e fine.

Lo schedule executer necessita di un certo tempo (una decina di secondi circa) per inizializzare il polarimetro e per effettuare la connessione via rete con il FS, pertanto viene mandato in esecuzione un certo tempo (specificato nel file POLSVAl.DAT) prima dell'inizio della schedula. Il controllo che l'acquisizione cominci al momento corretto viene effettuato dallo schedule executer in seguito. Potrebbe accadere che, per problemi dovuti alla rete, al FS o al polarimetro, una schedula non termini entro il tempo prestabilito; nel caso ve ne sia un'altra da lanciare immediatamente, il polarimeter manager informa l'utente di questo problema invitandolo a terminare manualmente lo schedule executer.

L'applicazione è stata provvista di un help che illustra l'uso e le caratteristiche generali di tutto il software di acquisizione.

Per uscire dal programma è sufficiente premere l'apposito tasto in alto a destra o scegliere

Exit dal menu File

Al momento dell'uscita viene controllato che non sia in esecuzione lo schedule executer, nel qual caso viene informato l'utente che non è possibile terminare il programma. Per fare questo è indispensabile chiudere prima lo schedule executer manualmente.

2.3 Schedule executer

Quando il polarimeter manager riconosce che è il momento di iniziare una nuova schedula, ne registra i parametri nel file `c:\polar\exesch.dat` e avvia lo schedule executer il quale legge lo stesso file per eseguire la schedula in esso descritta. La finestra che compare all'avviamento dello schedule executer è mostrata in figura 2.2.

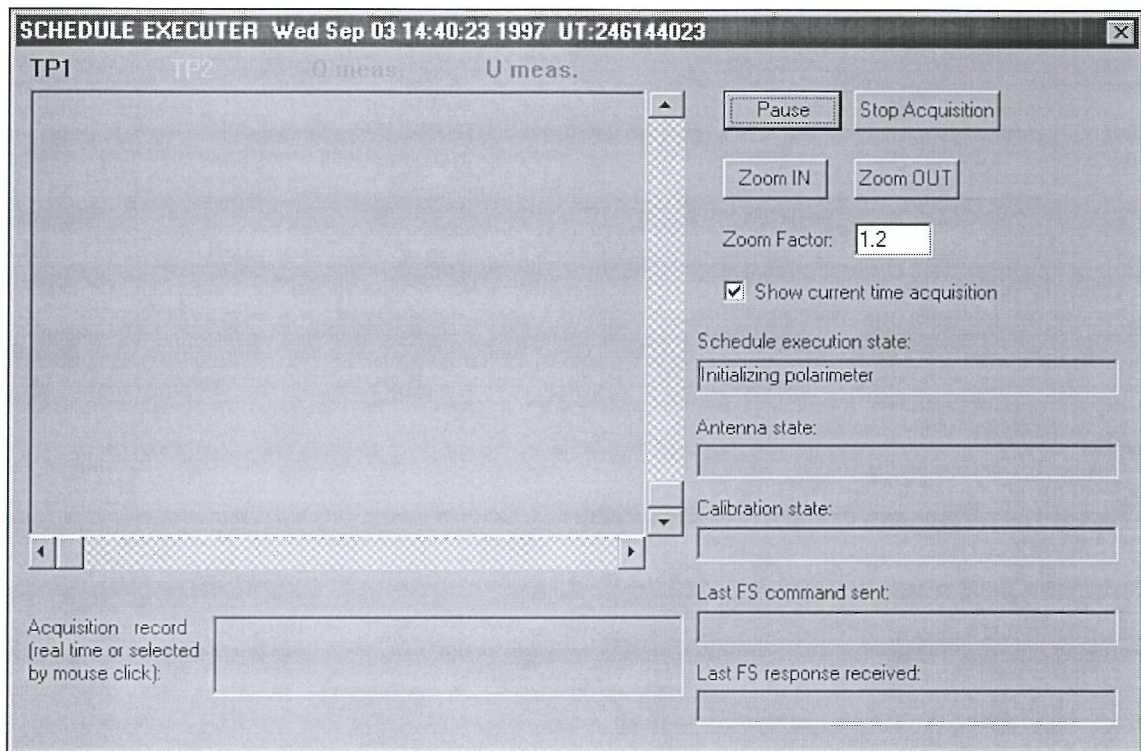


Figura 2.2: schedule executer: interfaccia utente

In questa finestra vengono visualizzati durante l'esecuzione:

- l'orario corrente in formato standard e UT;
- il grafico (in alto a sinistra) dell'andamento dei dati letti dal polarimetro;
- un riquadro (in basso al centro) in cui sono mostrati i valori numerici dei dati;
- lo stato dell'esecuzione della schedula;
- lo stato dell'antenna;
- lo stato della marca di calibrazione;
- l'ultimo comando inviato via rete al FS;
- l'ultima risposta ricevuta dal FS.

Il ciclo di acquisizione comincia automaticamente al momento dovuto senza bisogno di un esplicito comando da parte dell'utente. Nel grafico vengono rappresentati gli andamenti in funzione del tempo di $TP1_m$, $TP2_m$, Q_m ed U_m ($m = \text{measured}$) dello stato dell'antenna (on source o off source) e di quello della marca di calibrazione (attivata o disattivata).

Nel caso di lunghe acquisizioni può essere visualizzata solo una porzione di grafico per volta; per questo motivo si può utilizzare l'opportuno **scroll bar orizzontale** per

selezionare la parte di grafico che si intende osservare. E' possibile effettuare lo zoom verticale dell'immagine mediante gli appositi pulsanti; tramite la finestra di input

Zoom Factor

si può impostare il fattore di ingrandimento utilizzato. Effettuando uno zoom sull'immagine può succedere che alcune parti del grafico non rientrino più all'interno della finestra di visualizzazione; anche in questo caso è presente uno **scroll bar verticale** per risolvere questo problema. Tramite il controllo

Show current time acquisition

L'utente può scegliere di visualizzare i dati acquisiti in tempo reale oppure quelli letti in precedenza; in quest'ultimo caso occorre posizionare lo scroll bar orizzontale in corrispondenza dell'istante di tempo che si desidera osservare. L'utente può porre l'acquisizione in pausa o terminarla mediante i corrispondenti pulsanti. Si rende noto che fermare l'acquisizione non implica la terminazione del programma; quest'ultima operazione può infatti avvenire solamente in due casi:

- automaticamente quando l'orario di sistema raggiunge il tempo di fine osservazione impostato nella schedula;
- manualmente se l'utente preme l'apposito pulsante situato nel vertice in alto a destra della finestra principale.

Una volta terminato il programma, il controllo torna al polarimeter manager.

E' possibile eseguire una schedula avviando direttamente lo schedule executer senza ricorrere al polarimeter manager. Questo può essere utile se si desidera ad esempio fermare un'acquisizione per poi ricominciarla (magari modificandone solo qualche parametro). In questo caso, la terminazione dello schedule executer porterebbe il polarimeter manager a cancellare dalla sua lista la schedula e sarebbe necessario impostarne una nuova. Si può invece operare nel modo seguente:

- editare manualmente il file `c:\polar\exesch.dat` (per il suo formato, vedere oltre) nel quale sono contenuti i parametri della schedula precedentemente

salvata dal polarimeter manager (se non si desidera modificare i parametri non occorre editare questo file);

- eseguire il file `c:\polar\exes.exe` direttamente da Windows.

In questo modo si avvia lo schedule executer il quale esegue la schedula eventualmente modificata. Si noti che così facendo il polarimeter manager non si rende conto che vi è una schedula in esecuzione e, per evitare che esso sovrascriva il file `c:\polar\exesch.dat` e tenti di avviare lo schedule executer per cominciare una nuova schedula, occorre accertarsi che nell'elenco delle schedule da eseguire (all'interno della finestra del polarimeter manager) non ve ne sia nessuna con periodo di esecuzione incompatibile con quella lanciata manualmente (si ricordi che tra le schedule nell'elenco deve essere presente un gap temporale di almeno il numero di secondi specificato nel file `POLSVAL.DAT`).

2.4 Descrizione di alcuni file utilizzati dal software

File polsval.dat

In questo file sono presenti alcuni parametri di lavoro utili sia al polarimeter manager, sia allo schedule executer. Entrambi questi programmi leggono il file ogni volta che vengono avviati. Un esempio di questo file è riportato di seguito.

```
[number of structures of type Freq,Vcal1,Vcal2 in the file]  
9
```

```
[list of the structures Freq,Vcal1,Vcal2]  
1.4,12.7,15.5  
1.6,21.7,24.4  
2.3,13.5,18.9  
5.0,6.8,6.8  
6.0,28.4,34.9  
6.6,33.3,29.8  
8.3,11.3,8.8  
12.0,9.2,9.2  
22.0,31.7,30.2
```

```
[Time to set cal on (sec.)]
```


2

[Time to set cal off (sec.)]

2

[Serial communication setting string]

COM2:9600,n,8,1

[Timeout for serial writing (msec.)]

3000

[Timeout for serial reading (msec.)]

3000

[IP address of Field System]

192.167.189.16

[TCP port of Field System]

5001

[Latitude (degrees)]

44.523

[Minimum observation time (sec.)]

120

[Minimum time between a schedule and another one (sec.)]

60

[Time between observation start and schedule executer start (sec.)]

30

[Timeout waiting for FS connection (sec.)]

20

[Time between subsequent onsource commands after source= command has been sent (sec.)]

10

[Timeout for the antenna is in TRACKING after source= command has been sent (sec.)]

600

[Time between subsequent onsource commands after azeloff or radecoff command has been sent (sec.)]

3

```
[Timeout for the antenna is in TRACKING state when  
azeloff or radecoff command has been sent (sec.)]  
600
```

```
[Timeout waiting for the track command response]  
30
```

```
[Timeout waiting for the beam1 command response]  
30
```

```
[Timeout waiting for the FS closes the connection]  
20
```

L'utente può editare manualmente il contenuto di questo file per modificarne i valori dei parametri.

File exesch.dat

Questo file contiene i parametri che descrivono ogni schedula da eseguire. Ogni parametro è seguito da un ritorno a capo. I formati dei parametri sono gli stessi di quelli da utilizzare usando l'interfaccia del polarimeter manager, fatta eccezione per il tipo di coordinata di Off, per il quale occorre sostituire AZ, DEC, EL e RA rispettivamente con 0,1,2,3. Nell'ordine, i parametri sono i seguenti:

```
Schedule name,  
Output file,  
Source name,  
RA,  
DEC,  
Epoch,  
Observation start time,  
Observation stop time,  
ON time,  
OFF time,  
Receiver frequency,
```

Calibration Value (1),
Calibration Value (2),
A/D converter averaging,
Calibration time,
Calibration period,
OFF beam,
OFF coordinate.

File di output

I dati acquisiti vengono registrati in un file avente come nome quello specificato dal parametro

Output file

della schedula. Questo file è costituito da un header (in cui vengono scritti i parametri della schedula) e da un certo numero di record, ognuno relativo alle quattro letture dei valori dei canali ($TP1_m$, $TP2_m$, Q_m ed U_m) di cui il polarimetro dispone. In ogni record compaiono, oltre ai valori citati, il tempo UT relativo alla fine delle letture, un flag che indica lo stato di puntamento dell'antenna al momento delle letture ("ON" se l'antenna si trovava sulla sorgente oppure "OFF" in caso contrario) e uno relativo allo stato della marca di calibrazione ("CAL" se accesa oppure "___" se spenta). Di seguito è illustrata una parte di un file di output.

```
Schedule Name =3c286120  
Output File Name =c:\polar\3c286120.obs  
Source Name =3c286  
Source RA =132849.66  
Source DEC =304558.7  
Epoch =1950  
Observation Year = 1997  
Observation Start Time =120164000  
Observation End Time =121020000  
Observation ON Time =000020  
Observation OFF Time =000020
```

Receiver Frequency (GHz)=5.0
 Calibration Value (1) (°K)=6.80
 Calibration Value (2) (°K)=6.80
 ADC Averaging =2
 Calibration Time (sec.)=5
 Calibration Period (OFF Cycles) =99
 HPBW =0.125000
 OFF Beam (multiple of HPBW) =5
 OFF Coordinate =AZ

[END OF FILE HEADER]

120170120	+5702	+5993	+92	+58	ON_____
120170123	+5695	+5992	+93	+56	ON_____
120170126	+5687	+5992	+94	+56	ON_____
120170129	+5695	+5992	+91	+57	ON_____
120170132	+5688	+5997	+90	+54	ON_____
120170135	+5685	+5996	+89	+57	ON_____
120170138	+5684	+5991	+92	+58	ON_____
120170155	+5566	+5884	+84	+66	OFF_____
120170158	+5556	+5886	+87	+69	OFF_____
120170201	+5856	+6292	+386	-266	OFF_CAL
120170204	+5853	+6290	+385	-266	OFF_CAL
120170207	+5849	+6289	+385	-268	OFF_CAL
120170210	+5549	+5889	+86	+67	OFF_____
120170213	+5545	+5892	+87	+70	OFF_____
120170227	+5634	+5992	+89	+57	ON_____
120170230	+5645	+5993	+90	+54	ON_____
120170233	+5634	+5991	+89	+56	ON_____
120170236	+5637	+5989	+88	+57	ON_____
120170239	+5626	+5988	+90	+55	ON_____
120170241	+5624	+5985	+88	+59	ON_____
120170244	+5622	+5986	+89	+58	ON_____
120170302	+5500	+5881	+85	+68	OFF_____
120170304	+5495	+5878	+85	+69	OFF_____
120170307	+5488	+5874	+87	+70	OFF_____
120170310	+5489	+5877	+85	+69	OFF_____
120170313	+5484	+5877	+84	+68	OFF_____
120170316	+5482	+5873	+84	+72	OFF_____
120170319	+5482	+5884	+84	+69	OFF_____

I record presenti in questa porzione di file sono relativi ai primi due cicli di un'acquisizione; nel primo viene anche attivata (flag "CAL") la marca di calibrazione.

2.5 Riepilogo delle operazioni necessarie per effettuare le osservazioni

1. Impostare il ricevitore da usare e fare il setup dell'antenna.
2. Dalla directory `C:\POLAR\` lanciare il file `POLMAN.EXE` o, meglio, lanciare dalla icona POLMAN.
3. Compilare la o le schedule.
4. Aprire sul terminale FS una finestra xterm e lanciare il comando `fstCPS nomecomputer`.

Capitolo 3

Post processing dei dati

3.1 Generalità

L'obiettivo di questa parte è quello di ottenere dai dati misurati i quattro parametri di Stokes e la polarizzazione strumentale; quest'ultima è l'effetto indesiderato dell'introduzione, da parte del sistema ricevente, di polarizzazione spuria. Si può dimostrare che sussistono le seguenti relazioni:

$$I(X) = I + P\sigma \cos(2X + \varphi_1) \quad [3.1]$$

$$V(X) = V + P\delta \cos(2X + \varphi_2) \quad [3.2]$$

$$Q(X) = P \cos(2X + \varphi_3) + Q_0 \quad [3.3]$$

$$U(X) = P \sin(2X + \varphi_3) + U_0 \quad [3.4]$$

dove:

X è l'*angolo parallattico* della sorgente (si veda nel seguito), $I(X)$, $Q(X)$, $U(X)$ e $V(X)$ sono combinazioni dei dati letti dal polarimetro e opportunamente ripuliti dal rumore atmosferico, I e V sono due parametri di Stokes, P è la componente di polarizzazione lineare della sorgente, σ , δ , Q_0 e U_0 sono fattori relativi alla polarizzazione strumentale (idealmente dovrebbero essere nulli); $P \cos(2X + \varphi_3)$ e $P \sin(2X + \varphi_3)$ sono i parametri di Stokes Q e U .

In definitiva il compito del post processing è quello di elaborare i dati letti dal polarimetro per ottenere $I(X)$, $Q(X)$, $U(X)$ e $V(X)$ e fare su di essi un best fit con funzioni del tipo $A + B \cos(2X + \varphi)$ al fine di ottenere i restanti parametri. Nel seguito si analizzeranno i passi algoritmici che consentono di raggiungere questo risultato.

3.1.1 Estrazione del segnale

La prima operazione da compiere sui dati misurati consiste nel ripulirli dal rumore introdotto dall'atmosfera e dal sistema ricevente. Siano $TP1_m$, $TP2_m$, Q_m ed U_m i vettori che rappresentano i quattro valori letti dal convertitore A/D durante il tempo di osservazione; essi rappresentano delle tensioni elettriche che hanno una certa relazione con i parametri di Stokes; il significato di quei valori dipende anche dall'istante del ciclo di acquisizione a cui si riferiscono. Le considerazioni qui esposte sono valide per ognuno dei quattro parametri letti dal polarimetro durante l'osservazione. Si consideri per il momento una osservazione formata solo da cicli ON OFF senza marca di calibrazione attivata. Durante la fase ON l'antenna è puntata direttamente sulla sorgente, quindi il segnale ricevuto è somma di quello emesso da quest'ultima e il rumore generato dal ricevitore stesso e dall'atmosfera. Nella fase OFF si riceve quasi esclusivamente quello dovuto al rumore introdotto dall'atmosfera e dal ricevitore. La tecnica utilizzata per attenuare il rumore consiste nel calcolare, per ogni ciclo, la media dei valori nella fase ON, quella nella fase OFF e sottrarre la seconda dalla prima. In questo modo si ottiene un insieme di valori che descrivono abbastanza bene l'andamento del segnale ricevuto. Il problema principale di questo metodo risiede nel fatto che la fase ON e quella OFF corrispondono a intervalli di tempo diversi, mentre l'ideale sarebbe sottrarre da un segnale comprensivo di rumore il rumore stesso, cioè prelevato nel medesimo istante. Non è tuttavia possibile realizzare questo nella pratica a causa dei ritardi meccanici dovuti agli spostamenti da ON a OFF e viceversa. Un secondo aspetto della tecnica adottata è che le medie eseguite si comportano in un certo senso come filtro passa basso nei confronti del segnale, eliminando così eventuali picchi di rumore.

Nel caso di cicli con marca di calibrazione attivata, prima di eseguire le medie si sostituiscono i valori letti in corrispondenza della marca con quelli ottenuti da un'interpolazione lineare rappresentata da un segmento congiungente i valori immediatamente prima (v_1) e dopo (v_2) l'attivazione della marca. In pratica, eseguendo la sommatoria per il calcolo della media, si tiene conto semplicemente del contributo di questo segmento, dato da $n * (v_1 + v_2) / 2$, dove n è il numero di letture eseguite con marca attivata. Tramite questa tecnica si ottengono quattro

nuovi vettori ($TP1'$, $TP2'$, Q' e U') in cui ogni elemento è relativo ad un ciclo di acquisizione ON OFF.

3.1.2 Determinazione dei parametri di Stokes e degli indici relativi alla polarizzazione strumentale

Una volta attenuato il rumore, si può applicare il metodo che consente di ottenere i parametri di Stokes e gli indici che descrivono la polarizzazione strumentale. Il procedimento è costituito dalla sequenza di passi descritta nel seguito.

Passo 1: calibrazione di $TP1'$ e $TP2'$ in °K

I valori di $TP1'$ e $TP2'$ espressi in “count” rappresentano le tensioni all’uscita dei corrispondenti canali del polarimetro. Non è possibile associare, mediante una legge matematica fissa, questi valori alle rispettive potenze dei segnali poiché i guadagni del ricevitore e del polarimetro non sono stabili nel tempo a causa di diversi fattori (termici ecc.). Nella soluzione di questo problema entra in gioco la marca di calibrazione: quando attivata, inietta nel ricevitore due segnali (left e right) di potenza nota provocando un considerevole balzo dei valori letti dal convertitore A/D.

Sia V_C la loro media relativa ad una fase di acquisizione con marca attivata nell’ambito di un ciclo e siano v_1 e v_2 i valori letti immediatamente prima e dopo l’attivazione della marca; si definiscono i seguenti fattori di conversione:

$$f_{TP1} = P_{C1} / (V_C - (v_1+v_2)/2),$$
$$f_{TP2} = P_{C2} / (V_C - (v_1+v_2)/2),$$

dove P_{C1} e P_{C2} sono le potenze (in °K) dei segnali di calibrazione.

I parametri f rappresentano con buona approssimazione le corrispondenze tra tensioni e potenze dei segnali; di conseguenza in base a questi è possibile esprimere in °K $TP1'$ e $TP2'$ ottenendo i total power espressi in kelvin:

$$TP1_k = TP1' * f_{TP1}$$

$$TP2_k = TP2' * f_{TP2}$$

Passo 2: calcolo dei vettori I' e V'.

Una volta ottenuti i dati ripuliti dalla parte di rumore rappresentabile come un'offset (introdotto dall'atmosfera, dal ricevitore e dal polarimetro) e avendo espresso in °K TP1' e TP2' è necessario calcolare i due nuovi vettori :

$$I' = (TP1_k + TP2_k) / 2$$

$$V' = (TP1_k - TP2_k) / 2$$

dai quali sarà possibile ottenere i parametri di Stokes I e V.

Passo 3: calcolo dei vettori I_p, V_p, Q_p e U_p.

Occorre esprimere I' V' Q' e U' non più in funzione del tempo ma del cosiddetto *angolo parallattico* coperto dalla sorgente durante l'osservazione. L'angolo parallattico di una sorgente è una funzione $X = X(t)$ del tempo rappresentativa dell'angolo sotto cui l'antenna ricevente vede la sorgente; questa funzione si calcola mediante opportune formule note in radioastronomia. Per ogni osservazione si considera il massimo intervallo I_{max} in cui $X(t)$ è strettamente monotona. In questo intervallo $X(t)$ è ovviamente invertibile e di conseguenza è possibile esprimere i corrispondenti sottoinsiemi dei vettori I' V' Q' e U' in funzione di X ottenendo quattro vettori I_p, V_p, Q_p e U_p .

Passo 4: best fit sinusoidale dei vettori I_p , V_p , Q_p e U_p ed estrazione dei parametri di interesse.

I vettori I_p , V_p , Q_p e U_p rappresentano la discretizzazione dei corrispondenti $I(X)$, $Q(X)$, $U(X)$ e $V(X)$; eseguendo quindi un best fit su I_p , V_p , Q_p e U_p con funzioni del tipo $A+B\cos(2X+\varphi)$ ed estraendo i valori di A , B e φ si ottengono tutti i parametri presenti nelle relazioni [3.1] - [3.4].

3.2 Software per il post processing

Il software creato in questo ambito ha lo scopo di effettuare le elaborazioni descritte e visualizzarne graficamente i risultati. Il programma è stato sviluppato in ambiente IDL.

Per eseguirlo occorre avviare da IDL

```
IDL> .r polproc.pro
```

La finestra di avvio relativa al programma di post processing è illustrata in figura 3.1. L'utente, una volta specificato il nome del file di input da elaborare (la directory non è c:\polar\data bensì c:\idl\idl40\), può scegliere una delle tre operazioni descritte di seguito.

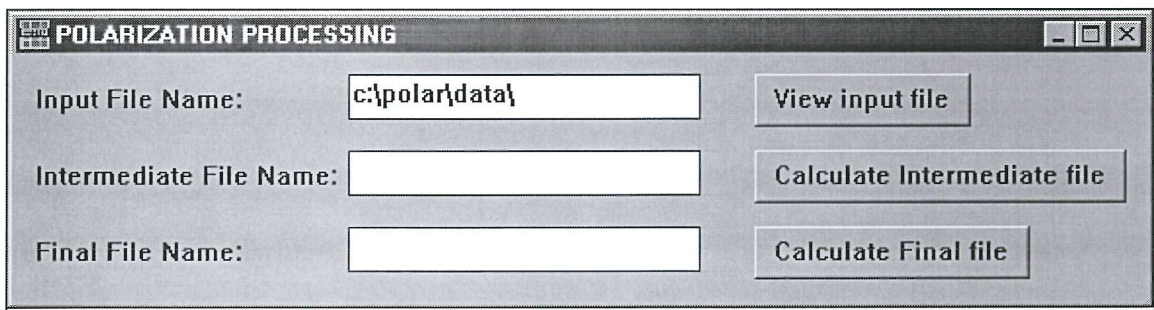


Figura 3.1: finestra di avvio del programma di post processing

Visualizzazione del file di input

Vengono visualizzati in funzione del tempo gli andamenti di $TP1_m$, $TP2_m$, Q_m ed U_m espressi in count (figura 3.2).

Tramite i relativi pulsanti è possibile aprire una finestra di zoom su ogni canale (figura 3.3) e da essa scegliere di visualizzare una qualunque porzione dell'immagine specificandone le coordinate e premendo il tasto Apply.

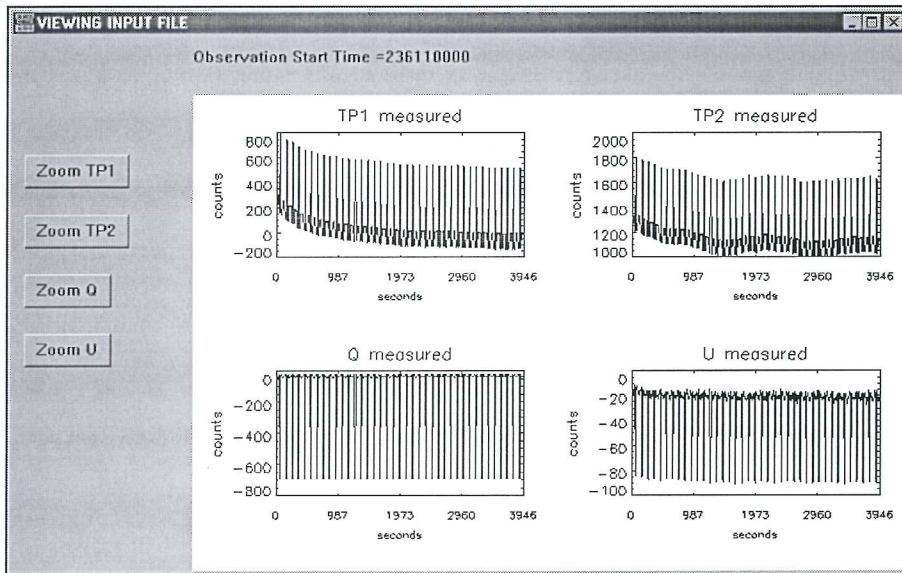


Figura 3.2: visualizzazione del file di input

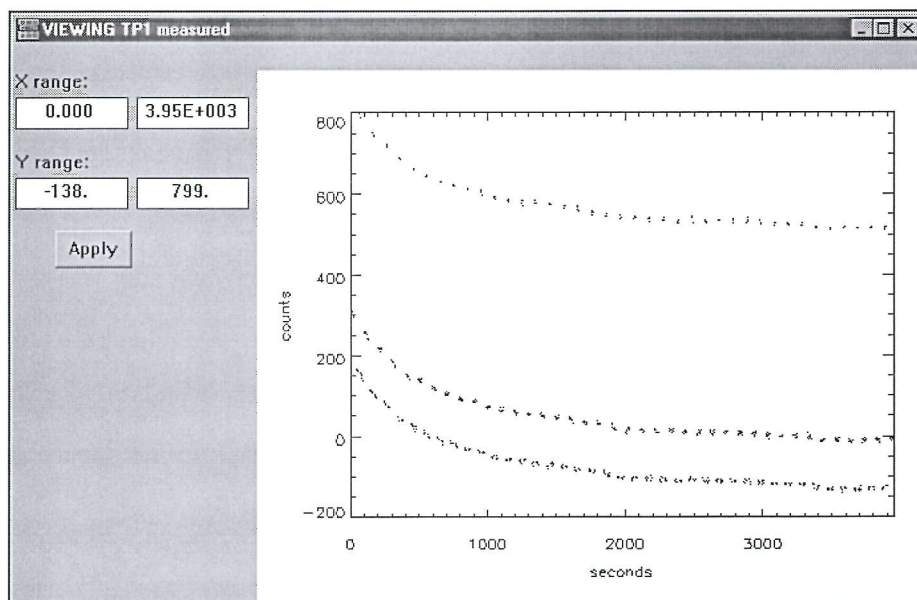


Figura 3.3: finestra di zoom sul dato TP1

Calcolo e visualizzazione del file intermedio

Il file intermedio contiene i dati ottenuti applicando l'algoritmo per la sottrazione del rumore atmosferico e eseguendo il primo passo per la determinazione dei parametri di Stokes. Scegliendo questa opzione vengono dunque calcolati i vettori $TP1_k$, $TP2_k$, Q' e U' e visualizzati in funzione del tempo (fig 3.4). L'utente può a questo punto trasformare il grafico in funzione dell'angolo parallattico (tasto `Plot in function of parallactic angle`) o visualizzare l'andamento di quest'ultimo in funzione del tempo (tasto `View paral. angle`).

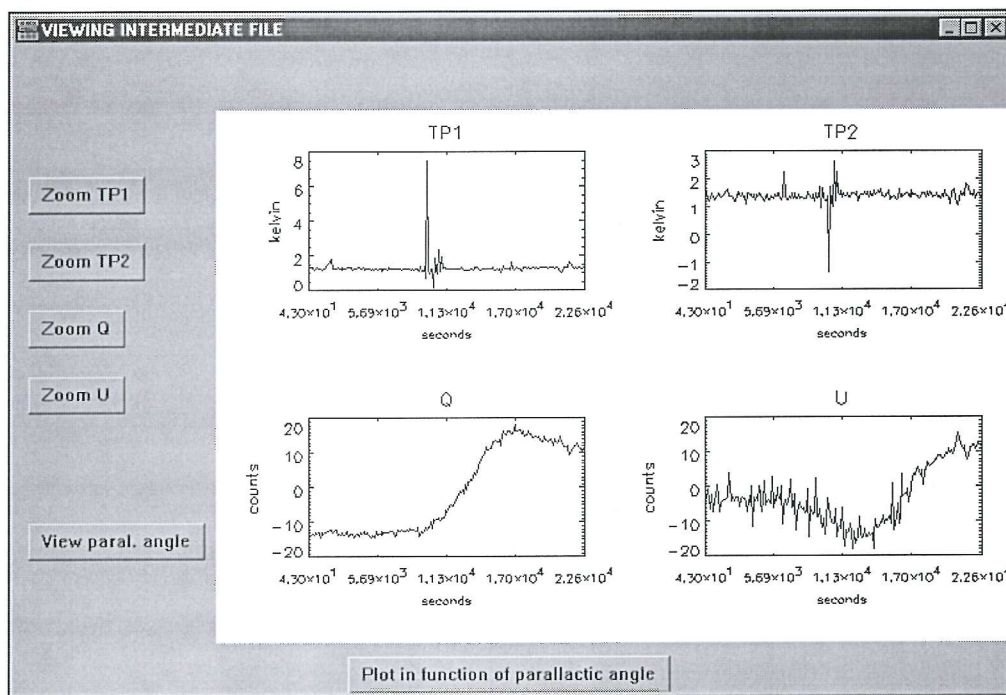


Figura 3.4: visualizzazione del file intermedio

Calcolo e visualizzazione del file finale

Il file finale contiene i vettori I_p , V_p , Q_p e U_p e quelli corrispondenti al loro best fit (ottenuto mediante un'opportuna funzione di libreria IDL che implementa un algoritmo di espansione del gradiente). La finestra di visualizzazione (figura 3.5) mostra gli andamenti di tutti questi vettori in funzione dell'angolo parallattico; è possibile visualizzare:

- i vettori I_p , V_p , Q_p e U_p sovrapposti a quelli corrispondenti al loro best fit (tasto View final par. with interpol.);
- i soli vettori I_p , V_p , Q_p e U_p (tasto View only final par.);
- i soli vettori di best fit (tasto View only interpol.).

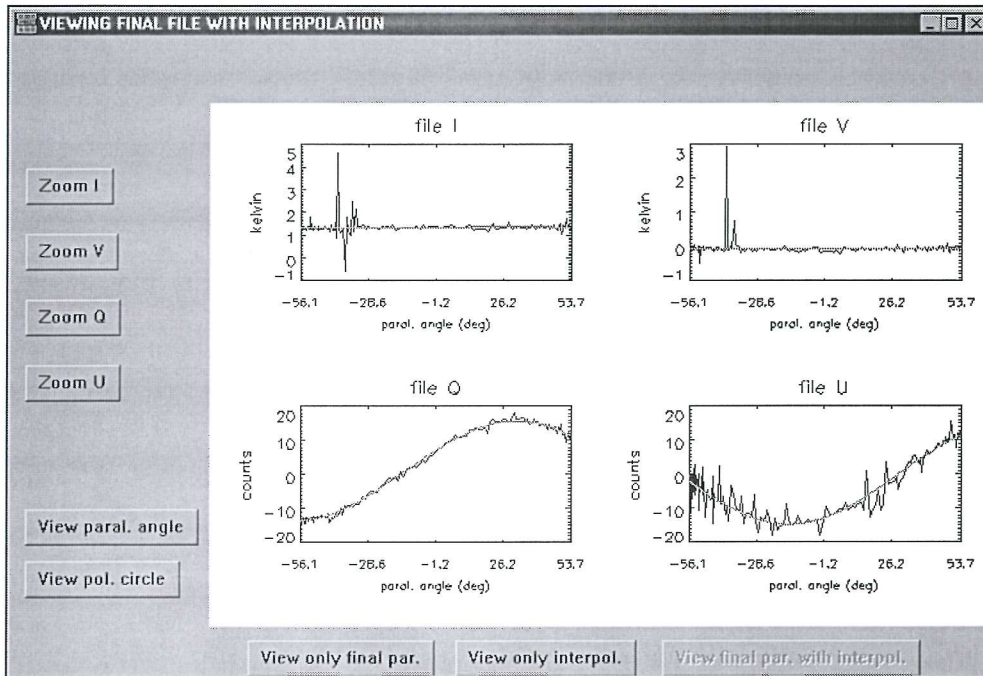


Figura 3.5: visualizzazione del file finale

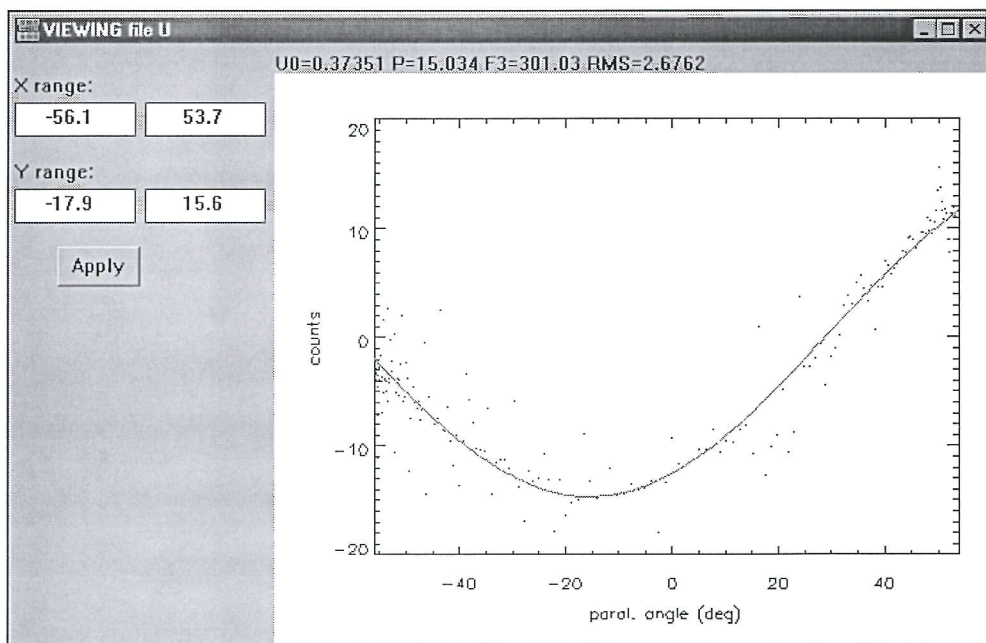


Figura 3.6: ingrandimento effettuato su U (file finale)

Mediante lo zoom su ogni parametro (figura 3.6) compaiono anche i parametri relativi ai risultati del best fit per quel particolare vettore, compreso anche l'RMS risultante.

E' possibile ottenere anche il grafico del cosiddetto cerchio di polarizzazione : quest'ultimo rappresenta le coppie (Q_p, U_p) (figura 3.7); la figura che idealmente si ottiene è un cerchio di raggio P e centro (Q_0, U_0) , come si può dedurre dalle relazioni [3.3] - [3.4].

In realtà il rumore residuo consente di ottenere solamente un'approssimazione del caso ideale.

Se nella finestra principale (figura 3.1) vengono specificati i nomi per i file intermedio e finale, il software provvede a registrarli su disco in un formato specifico per file IDL.

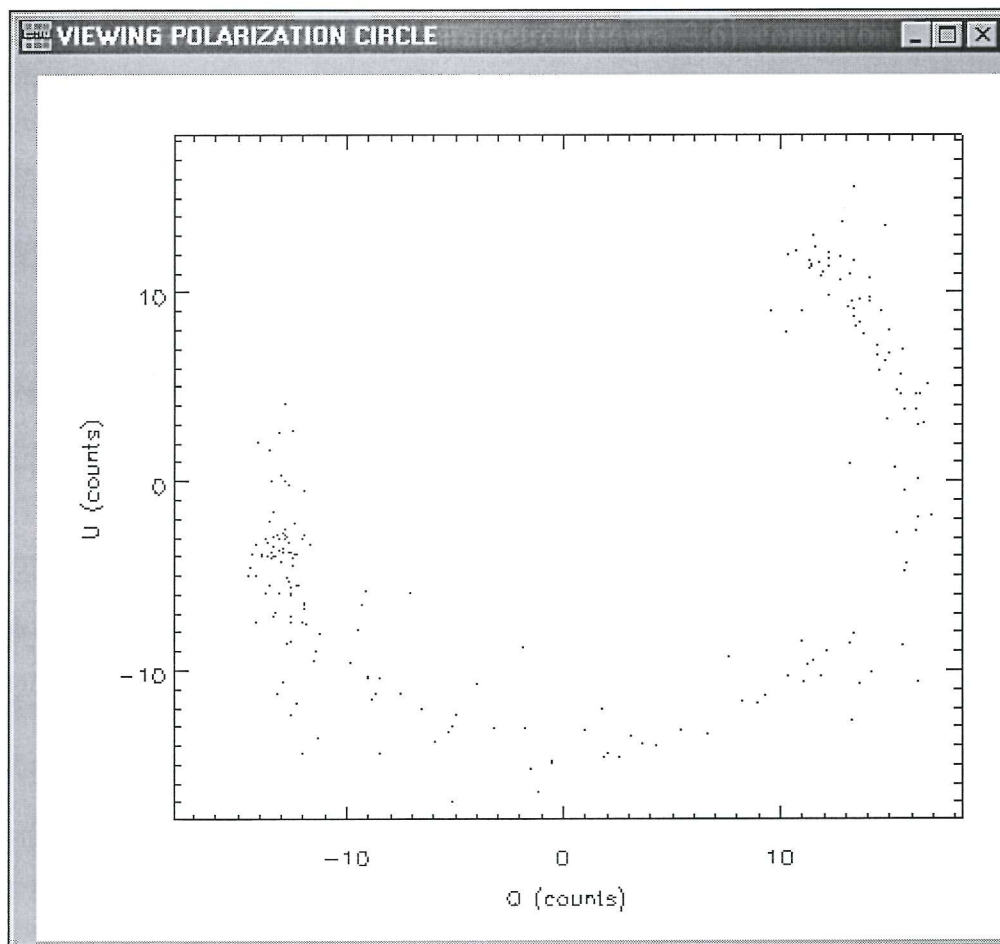


Figura 3.7: esempio di cerchio di polarizzazione