

" PRECESSING BEAM " :
PROGRAMMA PER LA SIMULAZIONE
DI JET ASTROFISICI

M.G. GATTI C. FANTI

IRA 100/87

INDICE

| | |
|---------------------------|---------|
| INTRODUZIONE | pag. 2 |
| GENERALITA' DEL PROGRAMMA | pag. 3 |
| USO DEL PROGRAMMA | pag. 5 |
| BIBLIOGRAFIA | pag. 12 |

INTRODUZIONE

Scopo del programma e' di simulare la proiezione in due dimensioni della traiettoria descritta da un jet astrofisico di tipo balistico, il cui nucleo centrale sia soggetto ad un moto di precessione.

Il modello presuppone l'emissione continua e indipendente di plasmoidi uguali, di velocita' costante, lungo due direzioni medie opposte che formano un angolo i con la linea di vista. Se all'istante $\Delta T = T_e - T_o$ (con T_e = tempo di emissione e T_o = tempo di osservazione) il vettore velocita' di ogni plasmoido forma un angolo ψ rispetto a tale direzione media e ha una velocita' angolare Ω , allora i jet descrivono nello spazio una traiettoria su una superficie conica.

Le forme geometriche, che si osservano risultano dall'effetto della proiezione e orientazione nel piano del cielo di tale traiettoria.

[Abel and Morgan (1979)]

Considerando un sistema di coordinate cartesiane destrorso la cui origine coincida con l'origine dei jet, Z sia l'asse attorno a cui avviene il moto e l'asse Y sia nel piano del cielo (vedi figura 1), la posizione dei plasmoidi all'istante ΔT e' descritta da:

$$\Delta \vec{R} = \vec{V} * \Delta T$$

dove \vec{V} e' la velocita' in un sistema di coordinate polari sferiche tale che:

$$\vec{V} = \vec{V}(\beta, \psi, \theta, \Omega(\Delta T), i, PA) \text{ essendo}$$

β = modulo della velocita' espresso in unita' di c ($\beta = v/c$)

ψ = angolo polare

θ = angolo azimutale iniziale di emissione

$\Omega(\Delta T)$ = angolo azimutale istantaneo, con $\Omega = 2\pi/\text{periodo}$

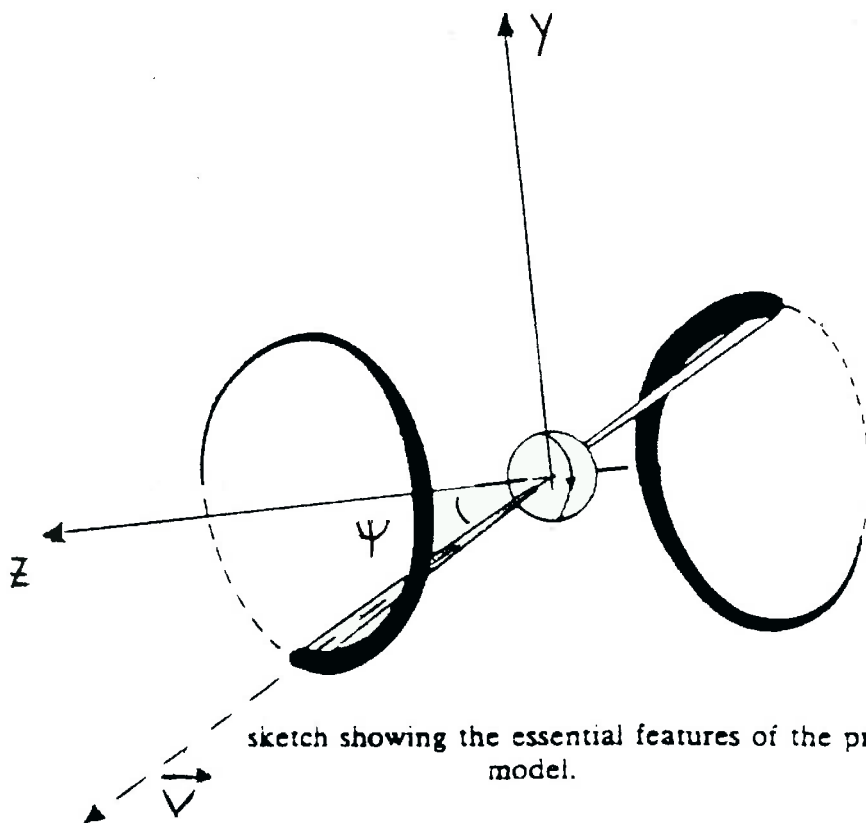
i = inclinazione dell'asse di precessione rispetto alla linea di vista

PA = angolo di posizione dell'asse di precessione nel piano del cielo (da Nord verso Est)

ΔT = intervallo di tempo misurato dall'osservatore

[Hjellming and Johnston (1981), Gower et Al. (1982)]

Fig. 1



ψ Angolo tra la direzione media di propagazione del jet e la direzione di emissione

GENERALITA' DEL PROGRAMMA

Il programma permette di sviluppare il modello su terminale di tipo VT125 secondo due modi operativi, considerando o due jet emessi simmetricamente (cioe' aventi gli stessi parametri descrittivi) o emessi indipendentemente l'uno dall'altro (e quindi con parametri differenti). Quest'ultimo caso e' stato inserito per permettere in prima approssimazione la simulazione di sorgenti piegate, di emissione di tipo Flip-Flop o di eventuali diversita' nelle strutture dovute a fattori indipendenti dal modello stesso.

I jet ottenuti sono visualizzati in due step successivi:

i) tramite il profilo lineare in relazione ai parametri geometrici e cinematici [Tesi pag.22];

ii) tramite una rappresentazione bidimensionale di intensita' del profilo stesso facendo uso di un beam di convoluzione [Tesi pag.46].

Questo modo puo' anche tener conto della variazione di brillanza dovuta all'effetto Doppler in presenza di jet relativistici e/o di un'eventuale attenuazione dell'intensita' nel tempo che segua una legge esponenziale del tipo:

$$S(\Delta T) \propto \Delta T^{-\delta}$$

Il flusso osservato in diverse zone del jet e' dato da:

$$S_{oss}(\nu_{oss}, \Delta T_{oss}) = S(\nu, \Delta T) * D^{3+\delta} \Delta T^{-\delta} \quad [\text{Tesi pag.29}]$$

essendo δ l'indice spettrale e $D = (\gamma(1-Vx))^{-1}$ il termine Doppler con Vx componente lungo la linea di vista della velocita'.

Per la parte grafica del profilo sono state utilizzate le routine della BGL [Ficarra, Federici, Nanni (1985)], mentre la parte pittorica fa uso delle routine della BMAP [Merighi, Nanni].

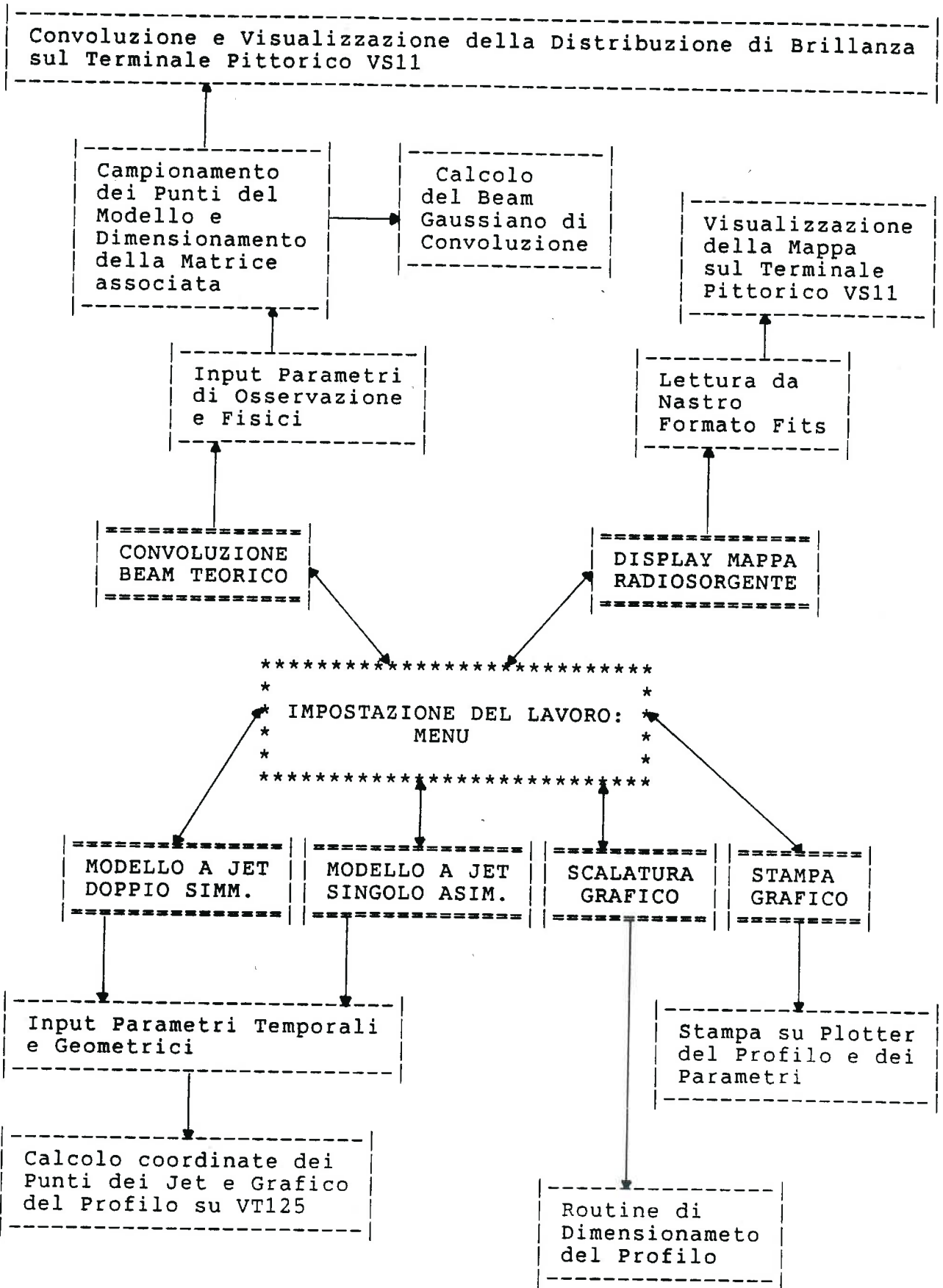
Il programma e' strutturato in modo tale da accedere in maniera dinamica alla memoria virtuale del VAX 11/780 per quelle variabili che richiedono un dimensionamento non costante o un dimensionamento tale da allocare permanentemente troppa memoria.

L'utente lavora partendo da un blocco di istruzioni principali che definiscono, con il richiamo di relative subroutine, l'impostazione del lavoro (vedi figura 2). La determinazione dei parametri dei jet (e la loro eventuale modifica) avviene in maniera interattiva con la possibilita' nel caso di jet asimmetrici di scegliere su quale dei due operare.

Tramite una procedura DCL di ingresso, poi, e' possibile montare

un nastro in formato Fits e da programma visualizzare sul terminale pittorico VS11 l'immagine della radiosorgente da studiare. Questa operazione, essendo il terminale VS11 accoppiato al terminale grafico VT125, permette di sovrapporre continuamente il profilo del modello all'immagine stessa.

fig.2



USO DEL PROGRAMMA

Le richieste del programma all'utente sono prevalentemente autoesplicative. Si ritiene tuttavia utile illustrare le opzioni principali, seguendo lo schema di fig.2 e avvalendosi anche di un esempio. Le domande poste dal programma sono indicate in maiuscolo e le risposte dell'utente stesso in <.....>.

Tramite il comando <JETMODEL> si manda in esecuzione una procedura DCL di ingresso che richiede l'eventuale montaggio di un nastro in formato Fits per la visualizzazione della radiosorgente da studiare.

```
-- >> MOUNT FITS_TAPE
```

Indipendentemente dalla risposta, il passo successivo e' l'esecuzione del programma vero e proprio con l'entrata in un Menu (ENTER JOB) per l'impostazione del lavoro:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1) ASYMMETRIC JET | 2) SYMMETRIC JET |
| 3) GRAPHIC SIZE | 4) PLOTTING |
| 5) BEAM CONVOLUTION | 6) RADIOSOURCE MAP |
| 0) STOP | |

ASYMMETRIC JET: <1><RET>

SYMMETRIC JET: <2><RET>

Lo svolgimento del lavoro e' identico nei due casi, salvo che in <1> il programma permette di aggiornare i parametri di un o dell'altro jet separatamente tramite un ENTER JET.

```
-- >> 1) NEW GRAPHIC MODEL      0) OLD GRAPHIC MODEL
```

La BGL permette di creare un file su cui memorizzare il grafico che si esegue.

<1>

Viene richiesta l'introduzione di tutti i parametri del modello e si crea una nuova versione dei file Graf1 e Graf2 del profilo dei due jet. (Se questi due file non esistono nel direttorio, la risposta <1> e' obbligatoria).

<0>

Vengono mostrati i parametri relativi al modello considerato con la possibilita' di cambiarli singolarmente; i file grafici adoperati sono quelli vecchi. Cio' comporta la cancellazione del profilo memorizzato precedentemente.

E' da notare che durante l'aggiornamento dei parametri, viene automaticamente usata la stessa versione dei file.

-- >> ENTER TIME PARAMETERS (IN 10**3 YEARS)

vengono richiesti in successione i parametri temporali espressi in migliaia di anni

- | | |
|---------------------------------|-----------|
| 1) PERIOD | <20><RET> |
| 2) NUMBER OF PERIODS | <2><RET> |
| 3) TIME INTERVAL BETWEEN POINTS | <5><RET> |

Quest'ultima chiamata definisce il campionamento del profilo grafico.

-- >> ENTER ANGULAR AND RELATIVISTIC PARAMETERS

- | | |
|--|-----------|
| 4) v/c | <.3><RET> |
| 5) i (Angolo rispetto alla linea di vista) | <30><RET> |
| 6) Ψ (Angolo di precessione) | <20><RET> |
| 7) θ (Azimut iniziale di emissione) | <0><RET> |
| 8) PA (Position Angle) | <90><RET> |

Finito l'inserimento, i parametri sono mostrati nella parte alta del video, mentre in basso a sinistra compare:

-- >> OK PARAMETERS

<N>

-- >> ENTER PARAMETERS INDEX: viene richiesto il parametro da cambiare (da 1 a 8; lo 0 indica la fine della modifica dei parametri)

-- >> PARAMETERS VALUE: viene richiesto il nuovo valore da introdurre

-- >> SET POSITION CURSOR

<Y>

permette di posizionare il cursore grafico in un qualsiasi punto dello schermo che viene assunto come origine dei jet. Nei device grafici VT125 o VT240 cio' e' ottenibile tramite i caratteri del tastierino numerico, permettendo cosi' otto direzioni di movimento diverse (il numero 5 posiziona il cursore in basso a sinistra). Tramite le funzioni PFn e' poi possibile regolare la velocita' di movimento in ordine crescente da PF1 a PF4. Una volta eseguita l'operazione e' sufficiente battere un qualsiasi tasto alfanumerico per memorizzare la posizione.

Il posizionamento e' necessario se si vuol fare coincidere il punto di partenza dei jet del modello con il nucleo della radiosorgente visualizzata sul VS11.

<N>

il cursore ritorna alla posizione memorizzata l'ultima volta.

Notare che nel caso in cui si modificano i parametri (restando in Symmetric o Asymmetric jet) il cursore viene posto automaticamente nella posizione memorizzata inizialmente.

A questo punto il programma grafica il profilo ottenuto e mostra i parametri usati chiedendo un'eventuale modifica degli stessi.

-- >> CHANGE PARAMETERS

<Y>

si introducono singolarmente i nuovi parametri tramite la procedura sopra indicata. (<3><RET>,<.5><RET>,<0><RET>)

<N>

il programma ritorna nel Menu principale.

GRAPHIC SIZE:

<3><RET>

Con questa routine e' possibile variare le dimensioni del grafico, lasciando invariata l'origine, senza ricalcolare i punti del jet. In questo modo si puo' adattare il profilo all'immagine stessa facilitandone il confronto. Cio' grazie al fatto che la BGL lavora su tre piani distinti: uno di lavoro, uno virtuale, uno di device e il passaggio da uno all'altro e' ottenuto tramite una trasformazione lineare: $Y=aX+b$. Agendo sulle costanti a e b della trasformazione dal piano virtuale a quello di terminale, il programma varia le dimensioni

del grafico lasciando inalterato il profilo salvato sul file grafico.

-- >> ENTER SIZE FACTOR <1.6><RET>

Automaticamente verra' visualizzato il grafico scalato. Scalature successive agiscono sempre sul profilo originale.

PLOTTING: <4><RET>

Con questa sezione del programma e' possibile stampare il profilo ottenuto selezionando il tipo di stampa (<1>:Hard Copy del video su LA100) o il tipo di terminale su cui si vuole l'uscita del grafico (<2>:LA100, <3>:VERSATEC).

Il profilo stampato e' sempre quello salvato su file grafico ed eventualmente scalato con il Size Factor usato.

BEAM CONVOLUTION: <5><RET>

-- >> ENTER CONVOLUTION PARAMETERS

<Y>

>> HPBW (ARC.SEC X ARC.SEC) <.1> <.1><RET>

>> MATRIX SAMPLING (ARC.SEC X ARC.SEC) <.03> <.03><RET>

campionamento della matrice di convoluzione

<N>

Quando non si ha necessita' di cambiare tali parametri. In casi particolari, pero', esistono dei controlli per cui l'introduzione e' richiesta ugualmente.

-- >> ENTER Z

<Y>

>> Z <.1><RET>

Redshift cosmologico necessario per passare dalle coordinate arbitrarie lineari del profilo a coordinate angolari (secondi d'arco).

<N>

Come nel caso dei parametri di convoluzione.

Poiche' le dimensioni angolari del modello dipendono sia dalla velocità di emissione che dal periodo, per determinare quest'ultimo in modo univoco e' necessario confrontare le dimensioni del modello ottenute con quelle reali della sorgente. [Tesi pag.38]

-- >> POINTS TO SCALE IN ARC.SEC

<Y>

viene richiesto di posizionare il cursore in un punto del profilo di cui si conosce la distanza dal nucleo in arc.sec. Il programma automaticamente visualizza la distanza che ha calcolato (POINT IN NOMINAL ARC.SEC) e richiede l'input della distanza vera.
(ENTER DISTANCE (IN ARC.SEC) FROM THE CORE (SEE MAP)).

Questa operazione e' eseguibile con piu' punti (NEW POINT), anche se praticamente uno o due risultano in generale sufficienti. Dal rapporto delle due distanze viene calcolato il fattore correttivo da applicare direttamente al periodo "nominale" usato per la costruzione del profilo grafico, ottenendo cosi' il periodo vero e l'eta' del jet.

<N>

Tale procedura non viene eseguita.

Il programma costruisce quindi una matrice di valori rappresentante il beam gaussiano bidimensionale e ricampiona opportunamente il jet (agendo sul valore di ΔT) in modo che la convoluzione finale risulti continua. A fine processo l'utente ha un controllo diretto dell'esecuzione tramite l'output di alcuni parametri. Quest'ultimi rimangono inalterati fino a quando non si cambiano HPBW e/o Z

Prima di eseguire la convoluzione vera e propria vengono richiesti i parametri per variare la brillantezza del jet nel tempo e nello spazio.

-- >> ENTER

SPECTRAL INDEX (δ)

EVOLUTION INDEX (δ)

GIVE THE TIME DURING WHICH WE DON'T SEE A DECREMENT OF FLUX

Quest'ultima chiamata serve affinche' l'eventuale attenuazione nel tempo non inizi se non dopo un certo periodo di vita del jet.

Il valore di $\delta = -3$ annulla l'effetto Doppler, mentre per $\delta = 0$ e' annullato l'effetto di evoluzione temporale (cfr.introduzione).

Giocando su questi parametri e' quindi possibile avere un'indicazione sugli effetti che dominano la distribuzione di brillanza.

Finiti i calcoli necessari, il programma produce una matrice normalizzata a 10000 le cui dimensioni (ROW. COL.) vengono mostrate all'utente.

L'esecuzione a questo punto e' temporaneamente sospesa. Un <RET> permette di visualizzare sul terminale pittorico VS11 la distribuzione di brillanza calcolata. In questa fase sono utilizzate le routine della BMAP. [cfr. Manuale di Utilizzo (Merighi, Nanni)]

Si noti che la mappa della radiosorgente presa in considerazione viene cancellata.

Per uscire dalle routine del device pittorico, si usa l'opzione <NEW> della BMAP rientrando cosi' nel programma.

```
-- >> 1) MENU          2) DISPLAY MAP AGAIN
```

1) Si ritorna al Menu dell'ENTER JOB

2) Viene ricaricata la matrice del modello sul VS11

Per modificare gli indici δ e δ si deve tornare nell'"ENTER JOB e risSelected l'opzione <5>. In questo caso non e' necessario reinserire i parametri di convoluzione e il redshift cosmologico in quanto rimangono memorizzati.

RADIOSOURCE MAP:

<6><RET>

Con questo comando e' possibile visualizzare la radiosorgente da studiare sul terminale pittorico VS11.

```
-- >> CONFIRM FITS_TAPE MOUNTED
```

Questa chiamata e' essenzialmente di controllo, nel caso in cui l'utente non abbia eseguito l'operazione di montaggio del nastro nella procedura. Se il nastro non e' montato la risposta obbligatoria e' <N>.

```
-- >> N. FILE TO SKIP ?
```

Viene richiesto il posizionamento del nastro all'inizio del file da leggere.

A questo punto il programma e' in grado di leggere il file

contenente l'immagine della radiosorgente mediante Sobroutine esterne al programma stesso.

I dati vengono utilizzati tramite un vettore Integer*4 dimensionato 512*512, per poi essere trasformati in una matrice Integer*2 di (512,512) atta a essere richiamata dalla BMAP per il display sul terminale pittorico. Eventuali immagini che richiederebbero un dimensionamento maggiore sono automaticamente tagliate.

Una volta ottenuta l'immagine, tramite il comando <NEW> della BMAP si rientra nel programma.

```
-- >> OK MAP

<N>
-- >> 1) NEW MAP          2) OLD MAP

1) Viene richiesto un nuovo file da leggere
2) Display dell'immagine gia' caricata

<Y>
-- >> DISMOUNT FITS_TAPE
```

Se la risposta e' negativa, allora il nastro rimane montato sia logicamente che fisicamente sul device. Questo permette, eventualmente, di studiare piu' radiosorgenti senza dover uscire dal programma. (opzione NEW MAP) Rispondendo positivamente, invece, si opera un "Dismount" del nastro dal device, dando cosi' la possibilita' ad un altro utente di utilizzare l'unita' nastro durante il processo di simulazione. In questo caso rientrando nell'opzione RADIOSOURCE MAP si puo' visualizzare di nuovo l'immagine della radiosorgente cancellata al momento del display della rappresentazione bidimensionale di intensita' del modello. (crf.BEAM CONVOLUTION)

STOP: <0><RET>

>>> SIMULATION END <<<

Il programma esce dall'esecuzione rientrando nella procedura DCL di ingresso

```
-- >> NEW RADIOSOURCE

<Y>
Ritorna all'inizio della procedura per un ulteriore modello.

<N>
Esce definitivamente anche dalla procedura DCL di ingresso
```

BIBLIOGRAFIA

G.O. ABELL, B. MORGAN

A Kinematic Model for SS 433,
1979, Nature, 279, pg.701

A.C. GOWER ET AL.

Relativistic Precessing Jets in Quasars and Radiogalaxies:
Models to fit High Resolution Data,
1982, Ap. J., 262:478-496

R.M. HJELLMING, K.J. JOHNSTON

An Analysis of Proper Motion of SS 433 Radiojets,
1981, Ap. J., 15-246:L141-L145

A. FICARRA, L. FEDERICI, M. NANNI

The Bologna Graphic Library Reference Information of BGL
Subroutine
Istituto di Radioastronomia, Dipartimento di Astronomia, CNR
Universita' di Bologna

R. MERIGHI, M. NANNI

Bmap: Package per l'Analisi di Immagini sul Sistema Pittorico
VS11
IRA, 84/1986

TESI DI LAUREA DI M.G. GATTI

Simulazione di Jet Astrofisici