

60

PROGRAMMI CHE FORNISCONO I DATI
DI WESTERBORK MEDIATI SU INTERVALLI
DI TEMPO VARIABILI

Fanti C., Feretti L., Ficarra A.

LRA 37/80

RAPPORTO INTERNO

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
ISTITUTO DI RADIOASTRONOMIA

c/o ISTITUTO DI FISICA «A. RIGHI»

Via Irnerio, 46 - 40126 BOLOGNA (Italy)

1) INTRODUZIONE

Il presente rapporto interno descrive i programmi per leggere i nastri contenenti i dati di Westerbork e produrre un d.s. di schede, che serva come input ai successivi programmi di riduzione.

Questi programmi si applicano ai dati ottenuti con il radiotelescopio di Westerbork nella nuova configurazione fino a 40 interferometri.

I nastri sono così organizzati :
ogni osservazione è contenuta in un dataset che occupa una intera label. Ogni dataset contiene le informazioni generali relative all'osservazione in esame e i dati.

I dati sono raggruppati in "sets", ciascuno dei quali corrisponde a un determinato canale di polarizzazione e punto di frequenza.

Per le osservazioni nel continuo non esiste la suddivisione in punti di frequenza, per cui si hanno tanti sets quanti sono i canali di polarizzazione, cioè 4 se si richiedono i dipoli incrociati (XX, XY, YX, YY).

All'interno di ogni set, i dati corrispondenti ai vari interferometri sono registrati in ordine di baseline decrescente.

Gli interferometri sono numerati come segue :

0 → OA	40 → OB	80 → OC	120 → OD
4 → 1A	44 → 1B	84 → 1C	124 → 1D
8 → 2A	48 → 2B	88 → 2C	128 → 2D
.
.
.
36 → 9A	76 → 9B	116 → 9C	156 → 9D

I numeri degli interferometri corrispondono ciascuno al canale di polarizzazione XX.

I numeri dei canali XY, YX, YY di ciascun interferometro si ottengono aggiungendo rispettivamente 1, 2, 3 ai numeri che rappresentano il canale XX.

I nuovi programmi, NASTRI e SPEZZA, prevedono rispettivamente

a) la produzione di un d.s. contenente i dati mediati su un'intera osservazione

ne ,

- b) la produzione di un d.s. contenente i dati mediati su intervalli di tempo inferiori, ottenuti spezzando in un certo numero di parti le osservazioni di ogni interferometro. Questo procedimento di spezzatura e la sua utilità viene dettagliatamente descritto in seguito.

2) NASTRI

I dati di Westerbork consistono in coppie (coseno, seno) registrate a intervalli fissi di tempo (generalmente 20 o 30 sec) per ciascun canale di ogni interferometro.

Il programma NASTRI legge, canale per canale, i dati del nastro, li media su un'intera osservazione, calcola le componenti U e V delle corrispondente baseline proiettata e scrive questi valori in un data set secondo il formato richiesto dai programmi che eseguono le strip e le mappe.

I dati input sono i seguenti :

1° scheda

NFILES : n° dei files che si vogliono leggere

SIGLA : sigla di Westerbork dell'osservazione, cioè WT, WC, WS a seconda della frequenza, che va scritta nella master.

MANT : n° antenne mobili usate nelle osservazioni (2 o 4).

FREQC : frequenza a cui sono fatte le osservazioni; serve per il confronto con il valore scritto su nastro.

POLC : codice di polarizzazione: blank se si sono usati i dipoli incrociati, T se i dipoli erano paralleli; anche questo valore serve da controllo con quanto è scritto nel nastro.

NCOR (1), NCOR (2) : rispettivamente n° totale di canali fra lo 0 e il 79 e n° totale di canali fra l'80 e il 159, in cui si devono portare delle correzioni in ampiezza e /o in fase. (Se MANT = 4, NCOR (2) è sempre 0)

Formato : I3, 1X, A2, I2, F7.1, 1X, A1, 2I3.

Schede di correzioni

Contengono le correzioni, se ci sono, cioè se NCOR (1) e NCOR(2), o uno dei due, sono diversi da 0. Ogni scheda contiene al massimo 5 correzioni; vanno date su schede separate le correzioni relative ai primi 80 canali e ai secondi 80. Le schede contengono :

NN : n° d'ordine del canale da correggere,
 NCORA : correzione moltiplicativa in ampiezza,
 CORFI : correzione additiva di fase in gradi.

Formato : ((8X,5(I3,F5.2,F6.1)))

Schede skip

il numero di queste schede è obbligatoriamente 1 o 2 secondo che MANT sia 2 o 4. La prima scheda contiene il numero 1 perforato nelle colonne corrispondenti al numero d'ordine + 1 dei canali da togliere (es. per togliere i canali n° 4,12 perforare 1 nelle colonne 5,13). Analogamente la seconda scheda contiene il numero 1 perforato nelle colonne corrispondenti al numero d'ordine - 79 dei canali da togliere (es. per togliere il canale 89 si deve perforare 1 nella colonna 10).

Formato : 80 I1.

Sia le schede contenenti le correzioni, che quelle contenenti gli skip, non vengono usate dal programma presente, ma vengono trascritte tali e quali nel dataset di output e sono usate dai programmi successivi.

La prima scheda, le schede di correzioni e le schede skip sono generali e valgono pertanto per tutti i files da leggere. Ci vogliono inoltre tante schede FT09 quanti sono i files da leggere, con le informazioni relative al nome del nastro e al numero della label.

Per ogni file di input si ha un output su disco o nastro e un output di stampa.

Il d.s. su disco o nastro è costituito da 1 o 2 pacchetti di schede (secondo che le antenne mobili siano 2 o 4) così ordinati :master, scheda skip, schede dati, 2 schede bianche.

La stampa contiene informazioni generali relative ad ogni osservazione e cioè: volume, label, data di riduzione e di osservazione, nome della sorgente,

n° osservazione, coordinate del centro campo, frequenza, posizione dei dipoli, n° dei punti e tempo corrispondente ad ognuno di essi, n° degli interferometri registrati a Westerbork, n° degli interferometri veri di cui si ha il dato, hour angle e rotation angle, n° medio "nominale" dei punti. Quest'ultima grandezza rappresenta il numero di punti, calcolato mediando su tutti i canali solo i punti effettivamente registrati e normalizzando ogni punto a un tempo di integrazione di 30 sec. Questo è il numero di punti che viene scritto nella master del d.s.

Vengono inoltre segnalate, se ci sono le seguenti anomalie:

- a) obs. code sbagliato; significa che l'osservazione è cattiva;
- b) disaccordo tra la frequenza data in input e quella scritta su nastro;
- c) disaccordo tra la posizione dei dipoli data in input e quella scritta su nastro;
- d) n° dei punti e integration time, tutte le volte che questi due valori cambiano all'interno della stessa osservazione (viene anche scritto il canale in cui essi cambiano);
- e) canali skipati (secondo l'istruzione data in input);
- f) n° dei punti non registrati (deleted points) in un determinato canale;
- g) correzioni in ampiezza e/o del livello di zero applicate a un determinato canale;
- h) canale eventualmente vuoto.

In macchina virtuale esiste il NASTRI JOB, che manda in esecuzione il programma NASTRI.

3) PROBLEMI CONNESSI CON LE OSSERVAZIONI A "SHORT CUTS"

Nelle osservazioni ottenute con la tecnica dei "short cuts", si usano produrre i dati effettuando la media lungo tutto l'arco di tempo dell'osservazione, al fine di risparmiare tempo di calcolo. Questo procedimento non è accurato; esso porta infatti sia a una distorsione della struttura radio che a un'attenuazione dell'ampiezza delle sorgenti fuori dal centro campo.

Si prenda in esame l'osservazione, di durata $T = 2t_0$, in angolo di posizione PA e angolo orario HA, di una sorgente di coordinate (α, δ) .

La relazione esistente fra angolo di posizione e angolo orario è la seguente :

$$\operatorname{tg} PA = \frac{1}{\operatorname{tg} HA} \cdot \frac{1}{\operatorname{Sin} \delta} \quad (1)$$

Durante l'osservazione la baseline di ogni interferometro ruota nel cielo, descrivendo un'ellisse sul piano dove è proiettato il cielo, per cui la sua lunghezza non è costante. Ad ogni istante $-t_0 < t < t_0$ le componenti della baseline proiettata nel piano u, v sono

$$\begin{aligned} U(t) &= b \cos HA \\ V(t) &= b \sin HA \sin \delta \end{aligned}$$

dove b è la baseline dell'interferometro in lunghezze d'onda.

U e V sono funzioni di t , essendo HA dipendente da t .

La baseline proiettata ℓ si ricava, istante per istante, dalla formula

$$\ell^2 = b^2 (\cos^2 HA + \sin^2 HA \sin^2 \delta) \quad (2)$$

Per variazioni apprezzabili di HA , ovvero per osservazioni di lunga durata, la baseline proiettata iniziale e quella finale differiscono sensibilmente. Mediare i dati sull'intera osservazione equivale a mediare dei dati corrispondenti a valori diversi di U e V . L'effetto di una media di questo tipo influenza le sorgenti al di fuori del centro campo.

Sia $P(\alpha_0, \delta_0)$ un punto del cielo a una certa distanza dalla posizione di puntamento (α, δ) . Se A è l'ampiezza del segnale in P , la risposta di ogni interferometro nell'istante $-t_0 < t < t_0$ sarà :

$$f(t) = A e^{-2\pi i (U(t)\alpha_0 - V(t)\delta_0)}$$

La media, sul tempo totale T, di tale risposta vale :

$$\bar{f} = \frac{1}{T} \int_{-t_0}^{t_0} f(t) dt = \frac{A}{T} \int_{-t_0}^{t_0} e^{-2\pi i (U(t)\alpha_0 - V(t)\delta_0)} dt \quad (3)$$

Per valutare l'integrale si consideri la variazione della baseline proiettata nel piano u,v nell'intervallo di tempo T (figura 1). l sia la baseline proiettata nel piano u,v nell'istante centrale dell'intervallo di tempo T, definita dalla formula (2). Il vettore $l_f - l_i$, che rappresenta la differenza tra la baseline finale e quella iniziale, si può scomporre nelle due componenti l_{\perp} e l_{\parallel} , lungo le direzioni rispettivamente parallela e perpendicolare a l .

Riferendosi alle nuove coordinate individuate da queste direzioni, la relazione

$$U(t)\alpha_0 - V(t)\delta_0$$

si può scrivere

$$l_{\perp} y_{\perp} - l_{\parallel} y_{\parallel} \quad (4)$$

in cui y_{\perp} e y_{\parallel} sono le distanze di P dai nuovi assi. Occorre calcolare l_{\perp} e l_{\parallel} . Si ha :

$$l_{\perp} = l \cdot \Delta PA$$

$$l_{\parallel} = l_{\perp} \cdot \Delta PA = l \cdot (\Delta PA)^2$$

Per ΔPA molto piccolo, l_{\parallel} si può trascurare. Da (1) si ricava

$$\Delta PA = - \left(\left(1 + \frac{1}{\text{tg}^2 HA} \right) / \left(\sin \delta + \frac{1}{\text{tg}^2 HA \sin \delta} \right) \right) \Delta HA$$

Segue :

$$l_{\perp} = - \frac{b \sqrt{\cos^2 HA + \sin^2 HA \sin^2 \delta} \cdot \sin \delta \left(1 + \frac{1}{\text{tg}^2 HA} \right) \Delta HA}{\sin^2 \delta + \frac{1}{\text{tg}^2 HA}} = - \frac{b \cos HA \sin \delta (1 + \text{tg}^2 HA)}{\sqrt{1 + \sin^2 \delta \text{tg}^2 HA}} \cdot \Delta HA$$

Sostituendo nell'integrale (3) tenendo conto della (4), viene

$$\bar{f} = \frac{A}{T} \int_{-t_0}^{t_0} e^{-2\pi i L^* b K t y_1} dt$$

dove si è posto

$$e_1 = b L^* \Delta HA$$

$$\Delta HA = K t$$

con K = costante che dipende dalle unità di misura scelte (uguale a 1 se l'angolo orario e il tempo si misurano con la stessa unità di misura). Il calcolo dell'integrale dà

$$\bar{f} = A \frac{\sin 2\pi y_1 L^* b K t_0}{2\pi y_1 L^* b K t_0}$$

Da questo risultato si vede che per effetto della mediatura di f su tutto l'intervallo di tempo $T = 2t_0$, l'ampiezza del segnale A , presente in un punto $P(\alpha_0, \delta_0)$ fuori dal centro campo, viene ridotta di un fattore F pari a

$$F = \frac{\sin 2\pi y_1 L^* b K t_0}{2\pi y_1 L^* b K t_0} \quad (5)$$

con :

$$L^* = \frac{\cos HA \cdot \sin \delta (1 + \operatorname{tg}^2 HA)}{\sqrt{1 + \sin^2 \delta \operatorname{tg}^2 HA}}$$

In figura 2 è mostrata la variazione di L^* con l'angolo orario, per diversi valori della declinazione.

Per una certa declinazione e un certo angolo orario, F dipende dalla baseline b dell'interferometro considerato, dalla semiampiezza dell'intervallo di tempo t_0 e dalla distanza y_{\perp} del punto P dalla retta che individua il p.a. In particolare quanto più grandi sono le grandezze menzionate, tanto maggiore è F .

Nota l'espressione analitica di F , si può ricavare il suo valore, ogni volta la cosa si renda necessaria.

4) SPEZZA

Questo programma legge i dati dai nastri di Westerbork e, dopo aver spezzato in più parti l'intervallo di tempo in cui è avvenuta l'osservazione, esegue la media dei dati su questi brevi intervalli di tempo. Calcola inoltre le componenti U e V delle baselines relative a ciascun interferometro e le scrive, insieme ai dati mediati, in un data set, secondo il formato richiesto dai successivi programmi di riduzione.

Il numero di parti in cui suddividere ogni osservazione viene calcolato mediante la formula (5) che esprime il fattore di modulazione dell'ampiezza del segnale, ad una distanza y_{\perp} dalla retta individuata dal p.a.

Imponendo la condizione che per $y_{\perp} = y_{\max}$ sia $F=80\%$, il programma ricava per ogni osservazione (quindi con un determinato angolo orario e una certa δ di puntamento) il valore di t_0 ; questo calcolo viene effettuato per ogni valore della baseline dell'interferometro, in quanto il tempo t_0 dipende dalla baseline (a parità degli altri parametri è più lungo per le baselines corte). Il t_0 così ottenuto rappresenta metà del massimo intervallo di tempo su cui si può effettuare la media dei dati, se si vuole che l'attenuazione sia $\sim 20\%$ alla distanza massima di y_{\max} dalla direzione del p.a. Nei punti a distanza inferiore a y_{\max} l'attenuazione risulta ovviamente inferiore.

Dividendo il tempo di durata dell'osservazione per il tempo $T=2t_0$, si ottiene il numero di intervalli in cui occorre spezzare l'osservazione per avere la certezza di produrre mappe in cui l'attenuazione dell'ampiezza sia inferiore al 20% almeno fino alla distanza y_{\max} dal centro campo.

Per le osservazioni a 21 cm, per cui il programma è stato scritto, y_{\max} è stato preso = 20'. Il programma verrà generalizzato appena possibile, per le osservazioni a 6 cm.

Il programma SPEZZA esegue, nell'osservazione in esame, il numero di spezzature calcolato interferometro per interferometro (è previsto dal programma che il numero di spezzature non sia lo stesso per tutti gli interferometri), e scrive nel d.s. i dati mediati su osservazioni della durata 2t.

I dati input sono i seguenti:

1° scheda

contiene :

NFILES, SIGLA, MANT, FREQC, POLC, NCOR(1), NCOR(2), con gli stessi significati e lo stesso formato della scheda input del programma NASTRI;

Schede di correzioni:

contengono le correzioni, se NCOR(1) e/o NCOR(2) sono diversi da 0 (vedi programma NASTRI);

Schede skip :

contengono gli skip. Il n° di queste schede è obbligatoriamente 1 o 2, secondo che MANT è 2 o 4. Il contenuto e il formato sono identici a quelli descritti per il programma NASTRI.

Mentre la prima scheda e le schede di correzioni sono generali e valgono per ogni file da leggere, le schede skip vanno date individualmente per ogni file (questo diversamente dal programma NASTRI). Ci vogliono inoltre tante schede FT09 quanti sono i files da leggere, con le informazioni relative al nome del nastro e al numero della label.

Per ogni file di input, si ha un output su disco o nastro e un output di stampa. Nel d.s. del disco o nastro i dati relativi agli interferometri che subiscono lo stesso numero di spezzature vengono scritti nello stesso pacchetto di schede (master+skip+dati+2 sk bianche) e si hanno tanti pacchetti di schede quante sono le spezzature effettuate. Una stessa osservazione dà quindi luogo a un pacchetto di schede per ogni spezzatura di ogni gruppo (per gruppo si intende il raggruppamento di interferometri aventi lo stesso numero di spezzature). Un pacchetto di schede può anche essere relativo ai due soli interferometri più lunghi.

La stampa contiene informazioni generali relative all'osservazione (vedi NASTRI) e inoltre informazioni relative alle spezzature che sono state effettuate nei diversi interferometri e cioè : gruppi di spezzature, angoli orari medi degli

intervalli di tempo ottenuti spezzando le osservazioni, numero medio dei punti in ogni intervallo di tempo, normalizzati a 30 sec di tempo di integrazione, numero totale di interferometri presenti nell'osservazione.

Vengono inoltre segnalate eventuali anomalie, riscontrate nella osservazione, come descritto per il programma NASTRI.

In macchina virtuale esiste la procedura SPEZZA che crea il job che manda in esecuzione il programma SPEZZA.

Appendice : Istruzioni per l'uso della procedura SPEZZA

La procedura crea il job che manda in esecuzione il programma SPEZZA. Essa è stata fatta per le osservazioni a 21 cm. del programma RADEX, per cui il Job che viene creato ha le seguenti particolarità :

- 1) il data set di output (scheda FT10) viene posto sul disco privato RADIO2,
- 2) la 1° scheda input contiene i seguenti parametri fissi :

```

SIGLA = WC
MANT  = 2
FREQC = 1415.
POLC  = blank
NCOR(1)= 0
NCOR(2)= 0

```

- 3) vengono automaticamente create dalla procedura, salvo istruzione (vedi se guito), tante schede skip quanti sono i files da leggere, contenenti gli skip dei canali 0,1,2,3,40,41,42,43.

Non è previsto dalla procedura l'input di schede di correzioni (di ampiezza e/o fase). Esse vanno introdotte quindi nel job entrandovi in TED, dopo averlo creato mediante procedura; occorre ricordare, in caso di correzioni, di cambiare anche NCOR(1) e/o NCOR(2).

Anche nel caso di osservazioni non comprese nel programma RADEX, per cui le condizioni 1), 2) e 3) non vanno bene, conviene sempre costruire il job tramite procedura e correggerlo poi in TED.

+ + +

chiamata :

```
SPEZZA NJOB DSNOUT RIS1 NL1 RIS2 NL2 RIS3 NL3
```

NJOB = nome da mettere nella scheda JOB (max 8 caratteri)

DSNOUT = dsn del d.s. di output (max 8 caratteri)

RIS1, RIS2, RIS3 = Ris. dei nastri su cui giacciono le osservazioni

NL1, NL2, NL3 = n° totale di label, contenenti le osservazioni da leggere, rispettivamente dei nastri RIS1, RIS2, RIS3.

Non è obbligatorio elencare sempre tre nastri, la procedura prevede anche che ci si fermi al primo o al secondo.

Richiesta terminale :

ELENCO LABELS E SKIP

Utente :

L 1 L 2 L 3 LN

questi sono i numeri di ciascuna label; vanno dati in ordine, nastro per nastro, e l'ordine dei nastri è quello dato in input con le chiamate (RIS1,RIS2,RIS3). Delle label corrispondenti a osservazioni con skip normali va dato il numero giusto ; invece le label corrispondenti a osservazioni con skip diversi dal normale vanno date col numero maggiorato di 1000.

(es. la label 90 va data come 1090 se ci sono skip diversi dal normale)

Se ci sono label maggiori di mille, la procedura richiede, per ognuna di esse:

SKIP DELLA LABEL LJ

utente :

Dare con un input la scheda degli skip corrispondente alla label richiesta (controllare che questa label sia veramente una di quelle con skip diversi dal normale) e restituire il controllo alla procedura con l'istruzione : FILE

es.:

SKIP DELLA LABEL 134	(terminale)
TED - EDIT etc..	(terminale)
INPUT	(utente)
scheda skip	(utente)
enter a vuoto	(utente)
FILE	(utente)

Alla fine

RICHIESTA TERMINALE :

SALVARE IL FILE

utente :

salvare il file col nome che si vuole, nel disco A.

es.

SALVARE IL FILE (terminale)

TED-EDIT etc..... (terminale)

FILE PIPPO CICCIO A (utente)

nota : A è obbligatorio, altrimenti il file è salvato su disco B.

Se invece si vuole lasciare il file sul disco B, basta fare FILE (il file si chiama SPEZZA JOB B1). Non fare mai QUIT.

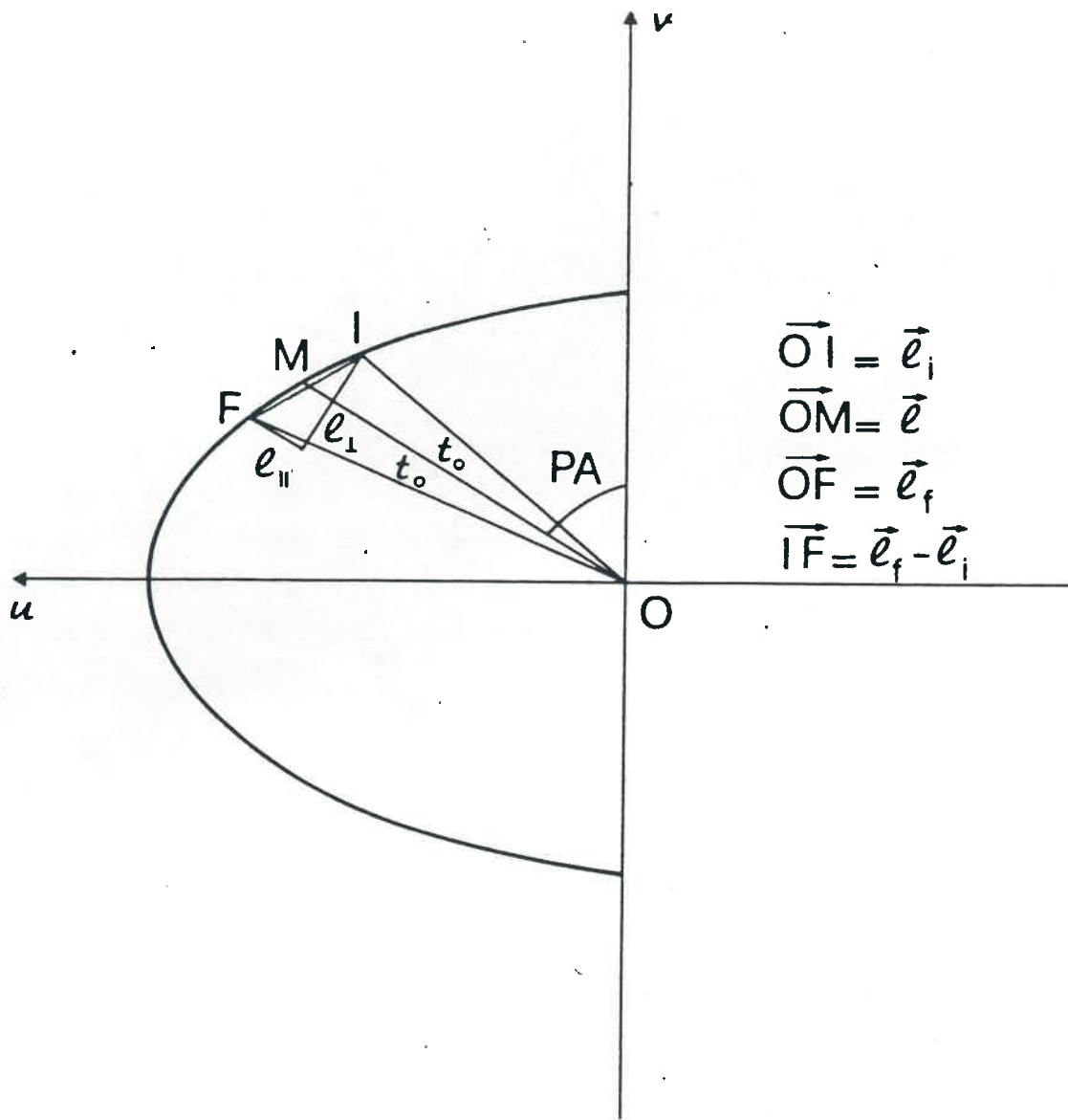


FIG. 1

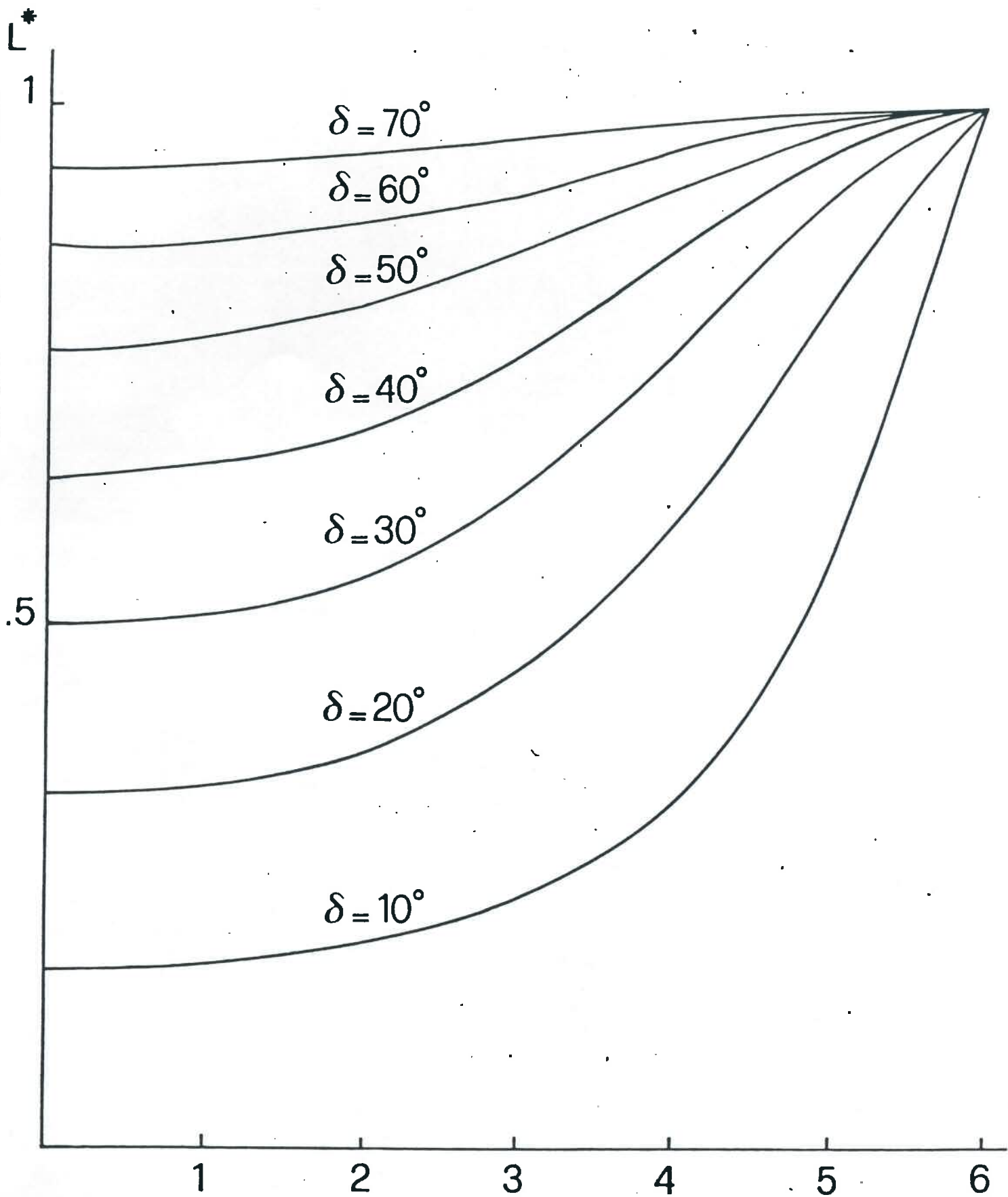


Fig 2

HA(h)