

El projecte Hipparcos*

J. Torra
A. E. Gómez

1 Introducció

La missió Hipparcos de l'Agència Espacial Europea, el nom de la qual és un acrònim de High Precision PARallax Collecting Satellite, és la primera dedicada per complet a l'Astrometria global. El principi en el qual es basa el satèl·lit (la superposició de dos camps estel·lars per mitjà d'un mirall complex) va ésser desenvolupat per P. Lacroute el 1966. A partir d'aleshores, diverses reunions i enquestes (per exemple les desenvolupades a Frascati, 1974, Eds. Nguyen i Battrick; i a Pàdua, 1979, Eds. Barbieri i Bernacca) han demostrat el seu interès no únicament per a l'Astrometria sinó també per a d'altres aspectes de l'Astronomia i l'Astrofísica. El 1980, el projecte Hipparcos va rebre l'aprovació definitiva per part de l'Agència, i la fase de definició de la missió fou completada el 1983. Actualment la missió es troba en fase de disseny i desenvolupament. El llançament del satèl·lit astromètric Hipparcos és previst per al 1989 i el seu temps nominal de vida serà de dos anys i mig.

El propòsit de la missió Hipparcos és obtenir posicions, moviments propis i paral·laxis d'un conjunt de 100.000 estrelles fins a la magnitud $B = 13$, distribuïdes uniformement per cel, essent la major part d'elles més brillants que $B = 10$. Els errors mitjans esperats en els paràmetres astromètrics varien des de menys de 0.0015 arcsec fins a 0.005 arcsec, depenent tant de la magnitud aparent de les estrelles com de llurs coordenades eclíptiques. Per terme mitjà, s'esperen precisions de 0.002 arcsec en les posicions i les paral·laxis i de 0.002 arcsec per any en les components del moviment propi (vegeu la taula 1). Per tal de procedir al compliment de la missió ha estat necessari establir prèviament una llista de 100.000 estrelles, l' "Input Catalogue" o catàleg d'entrada.

*Conferència organitzada per la Societat, pronunciada el 5-5-1987.

A més de la missió Hipparcos, l'explotació dels anomenats "star mappers" del satèl·lit, originàriament usats per a determinar l'orientació del satèl·lit, donarà lloc a l'experiment Tycho (Hog, 1986). Tycho fornirà posicions i dades fotomètriques d'aproximadament 400.000 estrelles, amb precisions esperades de 0.03 arcsec en les posicions i de 0.05 magnituds en els colors B i V.

En els propers paràgrafs donarem una breu descripció de:

- a) l'instrument i el procés d'observació,
- b) el treball desenvolupat pel Consorci INCA,
- c) el contingut de la versió actual del catàleg d'entrada , i
- d) la nostra participació en el Consorci INCA.

2 El satèl·lit Hipparcos

Les particularitats tècniques del satèl·lit Hipparcos han estat amplament divulgades (vegeu, per exemple, E.S.A., 1979; Kovalevsky, 1980, 1986; Perryman & Schuyer, 1985). Per tant, descriurem únicament alguns aspectes bàsics de la missió per tal de demostrar la necessitat d'un catàleg d'entrada.

B	NOMBRE D' ESTRELLES	COMPLETITUD	ERRORS MITJANS		
			λ, β	μ_λ, μ_β	π
		%	(10^{-3} Arcsec)		
<6	3 000	100	1.2	1.7	1.6
6-7	5 400	100	1.2	1.7	1.7
7-8	14 800	100	1.2	1.8	1.7
8-9	40 800	100	1.3	1.8	1.8
9-10	16 000	15	1.4	2.0	2.0
10-11	12 000	4	1.7	2.3	2.3
11-12	6 000	0.8	2.4	3.4	3.3
12-13	2 000	0.1	3.4	4.9	4.8
TOTAL	100 000				
MITJANES			1.5	2.0	2.0

Taula 1. Grau de precisió exigít a la missió principal.

(Font: Perryman and Schuyer, 1985).

El principi bàsic d'observació és l'escombratge continu i sistemàtic del cel amb un telescopi capaç de mesurar amb precisió l'angle entre estrelles separades considerablement entre elles. Els angles es mesuren (vegeu la fig. 1) superposant, per mitjà d'un mirall complex, en el pla focal d'un únic telescopi, dos camps de visió separats per un angle bàsic, cada un dels quals conté una de les estrelles. La grandària de cada un dels camps és de 0.9×0.9 graus.

El satèl·lit escombra la totalitat del cel per mitjà de la combinació de dos moviments: un de rotació al voltant d'un eix perpendicular al pla que conté les dues direccions de visió, a raó d' 11 revolucions per dia, i una lleugera revolució

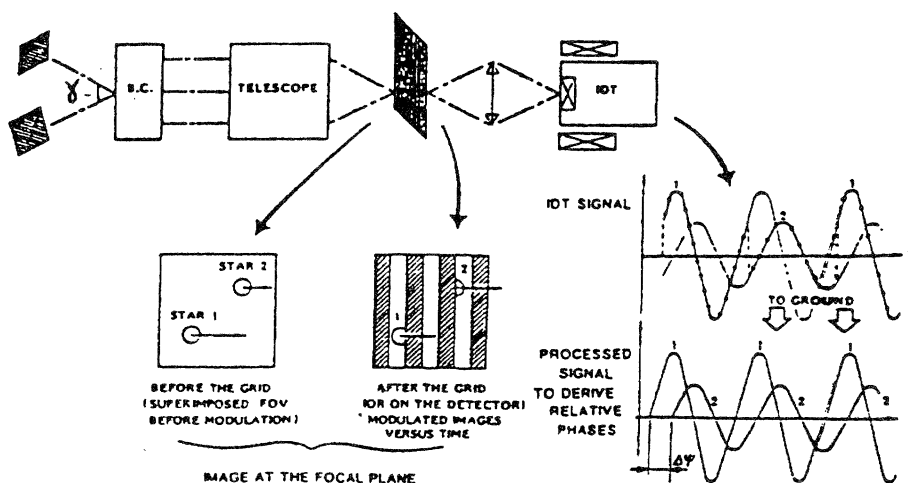


Fig. 1: Principi del mesurament. $\gamma = 58^\circ$ (angle bàsic)

B. C.: combinador de raigs (mirall complex).

Telescopi: Reflector total tipus Schmidt, $\emptyset = 29$ cm.

(Pres de Matra Espace: Hipparcos Critical Design Review, 1986).

de l'eix de rotació al voltant de la direcció Sol - satèl·lit, de 6.4 revolucions per any de mitjana. L'angle entre l'eix de rotació i el Sol és de 43° .

Alhora que el satèl·lit escombra el cel, la llum d'una estrella és modulada per una graella formada per un gran nombre (al voltant de 3.000) de ranures opaques i transparents, situades en la direcció normal a la d'escombratge, essent la llum modulada mostrejada per un detector "Image Dissector Tube" (IDT). A cada moment, quatre o cinc estrelles de programa són visibles pel telescopi, però només una d'elles ho és pel petit camp de visió instantània del detector (IFOV) d'aproximadament 30 arcsec de diàmetre. El IFOV és desplaçat ràpidament d'una de les estrelles de programa a una altra conforme passen pel camp d'observació, durant 20 segons aproximadament. El temps d'observació es distribueix entre les diferents estrelles d'acord amb llurs magnituds i prioritats. A partir de la diferència de fase entre la llum modulada de les dues estrelles (vegeu la fig. 1), i del valor de l'angle bàsic, es pot determinar l'angle efectiu

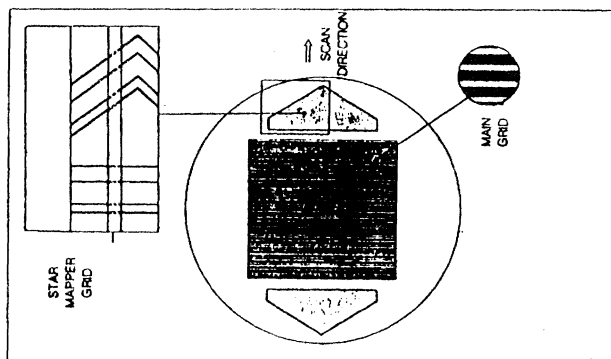


Fig. 2: Graelles de modulació principal i del "star mapper" (pres de Perryman, 1985)

entre les dues estrelles. Com que el cel és escombrat d'una forma contínua i sistemàtica, cada estrella de programa està lligada a moltes altres segons diferents direccions, podent-se establir una xarxa densa de distàncies angulars entre estrelles que ocupen tot el cel. Després d'un adequada reducció d'aquestes dades es poden definitivament obtenir els paràmetres astromètrics de les 100.000 estrelles de programa.

L'orientació del satèl·lit es determina per mitjà de dos "star-mappers" redundants, formats per un petit nombre de ranures separades no regularment, algunes de les quals són paral·leles a la graella principal mentre que altres són obliqües (vegeu la fig. 2).

A partir d'aquestes consideracions és clar que les 100.000 estrelles de programa hauran d'estar distribuïdes uniformement per tot el cel i que llur distribució de magnituds haurà d'ésser compatible amb les possibilitats d'observació del satèl·lit. Per tal de col·locar correctament l'IFOV i de dividir el temps d'observació de manera òptima entre les estrelles de programa, se n'han de conèixer les posicions i les magnituds amb una precisió d'1.5 arcsec i de 0.5 magnituds respectivament, i se n'han de definir les prioritats. Encara més, per tal de determinar l'orientació del satèl·lit cal conèixer la posició d'aproximadament 60.000 estrelles amb precisió d'1 arcsec.

Conseqüentment, s'ha de construir un catàleg d'entrada que satisfaci els requeriments anteriorment exposats, havent d'ésser comprovat abans de l'inici de la missió. Aquest treball és dut a terme pel Consorci INCA (INput Catalogue), format per 26 instituts europeus.

Les dades inicials produïdes pel satèl·lit, constituïdes essencialment per comptatges de fotons de l'IDT i de les "star-mappers", seran reduïdes per dos consorcis independentment (FAST i NDAC). El treball de reducció de dades ha estat descrit a bastament (vegeu Kovalevsky, 1985; Lindegren, 1986). El seu ob-

jectiu és proporcionar els paràmetres astromètrics de les estrelles de programa. El Catàleg Hipparcos serà el resultat final de les anàlisis dels resultats obtinguts tant pel Consorci FAST com pel Consorci NDAC.

Finalment, un quart consorci, el TDAC, està dedicat a preparar el catàleg d'entrada i a processar les dades de l'experiment Tycho.

3 Les tasques del consorci INCA

El catàleg d'entrada proporcionarà la totalitat de les dades astronòmiques sobre les 100.000 estrelles de programa necessàries per permetre de manera òptima l'operació del satèl·lit, complir els requeriments per la reducció de les dades i abastar els objectius de la missió. L'estructura del Consorci INCA, dedicat, com s'ha dit abans, a la preparació del catàleg d'entrada, es pot veure a la figura 3 (vegeu Turon, 1983).

Al començament del 1983, l'Agència va enviar al Consorci les estrelles proposades per la comunitat astronòmica seguint la invitació feta per la mateixa Agència (E.S.A., 1981). Com a resultat d'aquesta invitació, es van rebre més de 200 propostes, que contien al voltant de 700.000 estrelles, moltes de les quals eren redundants. A més, s'hi va afegir una llista bàsica de 58.000 estrelles brillants, anomenada "Survey" (Crifo et al., 1985).

Totes les propostes han estat examinades pel Comitè Científic de Selecció de l'Agència Espacial Europea, dirigit pel Prof. A. Blaauw, per tal d'avaluar-ne l'interès científic. Segons les recomanacions efectuades per aquest comitè, s'ha atorgat a cada estrella una marca de prioritat.

Una de les tasques principals ha estat processar totes les estrelles proposades i incloure-les en una única llista sense repeticions (Gómez & Crifo, 1985). Amb aquest propòsit s'ha emprat un llarg i tediós procés d'identificacions encreuades per mitjà de l'ús intensiu de la base de dades Simbad del Centre de Dades Estel·lars d'Estrasburg (Jaschek, 1985; Wenger, 1985). Només 10.000 estrelles no eren incloses en aquesta base de dades i han hagut d'ésser processades a mà. La llista final, que inclou les estrelles proposades i les del "Survey", en conté 210.000. Totes aquestes estrelles són ara incloses a la base de dades Inca, creada especialment per facilitar el treball en el si del Consorci. La base de dades Inca és un subconjunt de la base de dades Simbad, i inclou al mateix temps dades específiques necessàries per a la preparació del catàleg d'entrada (Morin & Arenou, 1985), així com les estrelles que no figuraven en la Simbad, unes 5.000 aproximadament.

Per tal d'optimitzar la llista d'estrelles que hauran d'ésser observades, s'estan desenvolupant una sèrie de simulacions per ordinador per part del Consorci (Crézé, 1985; Nicolet, 1985), i hom millora el catàleg segons el resultat de cada una d'elles. Les successives versions del catàleg d'entrada es construeixen, doncs, per mitjà d'un procés iteratiu. La llista de treball actual conté aproximadament 120.000 estrelles i la versió final en serà un subconjunt.

L'ESTRUCTURA DEL CONSORCI INCA

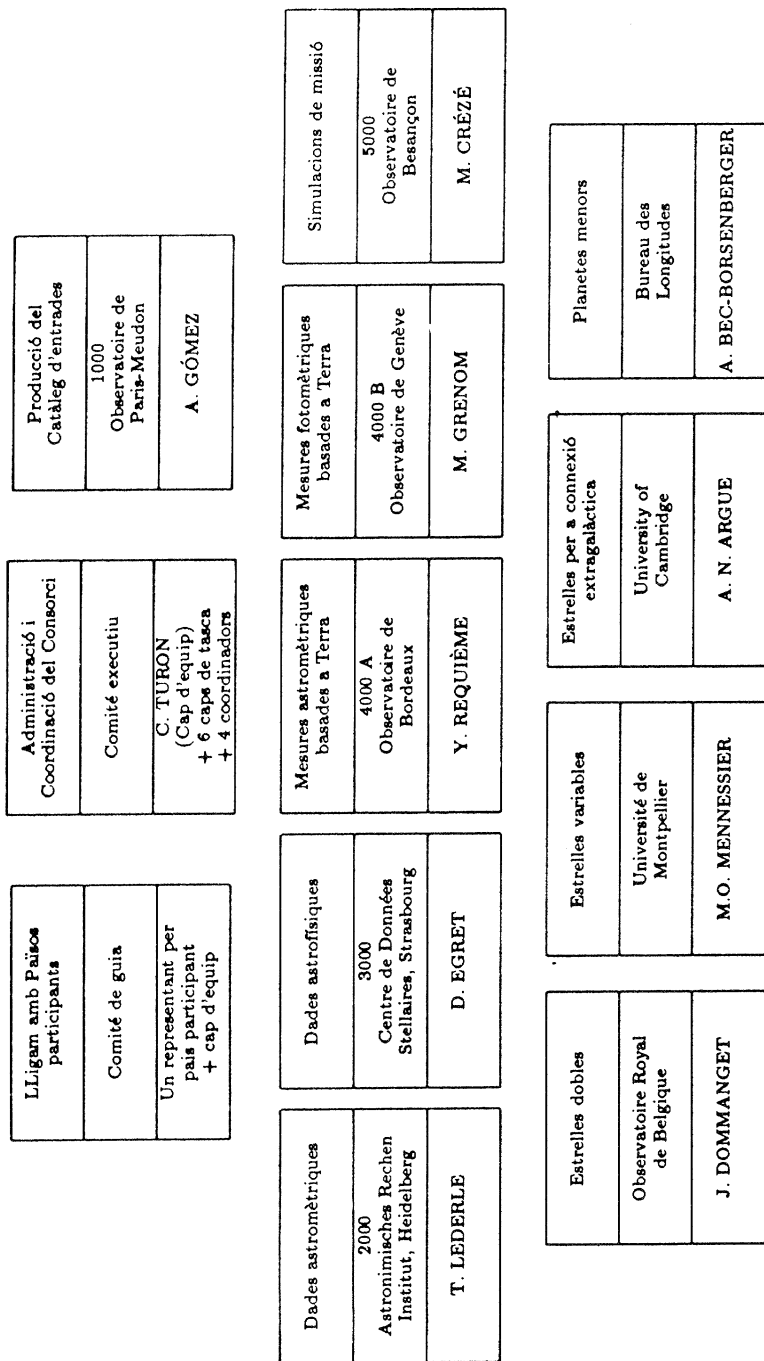


Fig. 3: L'estructura del Consorci del Catàleg d'Entrades (INCA). (De Guyenne i Hunt, 1985).

Per tal de construir les parts astromètrica i fotomètrica del catàleg d'entrada, s'ha necessitat efectuar una compilació de les dades astromètriques i fotomètriques disponibles i la seva anàlisi crítica. Les dades astromètriques han estat reduïdes al sistema FK5 (Bastian & Lederle, 1985) i els colors fotomètrics adequadament homogeneïtzats (Egret, 1985). A més, s'estan efectuant nous mesuraments i observacions astromètriques i fotomètriques, des de terra, d'aquelles estrelles que no satisfan els requeriments per a l'execució amb èxit de la missió (Requière, 1985; Grenon, 1985).

Les estrelles pertanyents a sistemes dobles i múltiples (Dommanget, 1985), variables (Mennessier, 1985), situades a regions molt denses com són els cúmuls o els núvols de Magallanes (Mermilliod, 1985; Prévot, 1985), han estat objecte d'un tractament especial.

Com que el sistema de referència Hipparcos està afectat d'una rotació, ha estat necessari incloure a la llista d'estrelles a observar objectes apropiats per tal de lligar les estrelles i els moviments propis de les estrelles d'Hipparcos a un sistema quasi-inercial basat en objectes extragalàctics (Argue, 1985).

Finalment, Hipparcos observarà una llista d'aproximadament 60 petits planetes. La seva inclusió en el catàleg d'entrada fa necessari conèixer les efemèrides i la magnitud de cada un d'ells per a l'època d'observació (Bec-Borsenberger, 1985).

La versió final del catàleg d'entrada contindrà aproximadament 60.000 estrelles brillants (de magnitud límit $V = 7.7$ al pla galàctic i aproximadament $V = 8.7$ als pols) i 40.000 estrelles més dèbils, seleccionades a partir de les propostes, d'acord amb les recomanacions del Comitè Científic de Selecció de l'Agència.

4 Contingut de la versió actual del catàleg d'entrada

L'impacte científic de la missió Hipparcos en els camps de l'Astrometria, l'Astronomia i l'Astrofísica ha estat donat a conèixer en diferents publicacions (vegeu, per exemple, el Col·loqui de Pàdua, 1979, Eds. Barbieri & Bernacca, i el Col·loqui d'Estrasburg, 1982, Eds. Perryman & Guyenne). Descrivim ara el contingut del catàleg d'entrada tot tenint en compte les seves implicacions pels problemes de caràcter astrofísic.

El catàleg d'entrada contindrà diferents tipus d'estrelles:

- estrelles de camp de diferents tipus espectrals (O a M), classes de lluminositat i edats (poblacions del disc i de l'halo),
- estrelles binàries,
- estrelles variables: RR Lyrae, Cefeïdes, Mires, etc.,
- estrelles de tipus especials, com estrelles Wolf-Rayet, estrelles centrals de nebuloses planetàries, nanes blanques, etc.,
- estrelles pertanyents a aproximadament 200 cúmuls oberts,
- estrelles dels núvols de Magallanes, etc.

	r(pc)	≤ 100	100-250	250-500	500-1000	> 1000	TOTAL
m_v							
≤6		132	520	203	137	40	1032
6-8		54	1277	1635	721	602	4289
8-10		7	138	1371	1673	960	4149
>10		1	3	4	52	161	221
TOTAL		194	1938	3213	2583	1763	9691

Taula 2. Magnitud V versus distribució de distàncies per a estrelles O-B.

	r(pc)	≤ 100	100-250	250-500	500-1000	> 1000	TOTAL
m_v							
≤6		693	75	4	5	20	797
6-8		163	5090	1401	16	54	6724
8-10		0	574	6166	612	42	7394
>10		0	0	15	244	45	304
TOTAL		856	5739	7586	877	161	15219

Taula 3. Magnitud V versus distribució de distàncies per a estrelles AO-A5.

	r(pc)	≤ 100	100-250	250-500	500-1000	> 1000	TOTAL
m_v							
≤6		240	1	4	2	2	249
6-8		1105	882	5	18	22	2032
8-10		1	2313	363	1	21	2699
>10		0	1	137	15	1	154
TOTAL		1346	3197	509	36	46	5134

Taula 4. Magnitud V versus distribució de distàncies per a estrelles A6-FO.

	r(pc)	≤ 100	100-250	250-500	500-1000	> 1000	TOTAL
m_v							
≤6		434	7	16	5	26	488
6-8		5229	56	2	55	77	5419
8-10		5644	6376	15	0	59	12094
>10		0	861	181	0	3	1045
TOTAL		11307	7300	214	60	165	19046

Taula 5. Magnitud V versus distribució de distàncies per a estrelles F1-F8.

m_v	≤ 8	8-9	9-10	10-11	> 11	TOTAL
N	768	208	278	219	93	1566

Taula 6. Estrelles del catàleg de Gliese.

Nombre d'estrelles per gamma de magnituds.

m_v	≤ 8	8-9	9-10	10-11	> 11	TOTAL
N	195	387	724	327	113	1746

Taula 7. Nanes roges.

Nombre d'estrelles per gamma de magnituds.

m_v	6-8	8-10	10-12	TOTAL
Cepheids	82	91	16	189
RR Lyrae	6	33	70	109

Taula 8. Estrelles variables per a la calibració de l'escala de distàncies.

Nombre d'estrelles per gamma de magnituds.

Un dels resultats principals de la missió Hipparcos serà obtenir paral·laxis significatives (amb error relatiu inferior a 0.2) per a les estrelles més pròximes de 100 pc, conjuntament amb moviments propis de gran precisió i paral·laxis estadístiques per a les més llunyanes.

Les taules 2 fins a la 9 mostren algunes estadístiques per a estrelles de diferents tipus contingudes a la versió més recent del catàleg d'entrada.

Les taules 2 fins a la 5 donen estadístiques de les estrelles de tipus espectrals O fins a F, d'acord amb llurs distàncies heliocèntriques (en parsecs) i amb llurs magnituds V aparents. Les distàncies han estat estimades a partir del tipus HD (o el MK si se'n disposava) i la magnitud aparent, havent-se aplicat una correcció d'enrogiment per a les estrelles de tipus O i B (Guarinos, 1986). Com era d'esperar, molt poques estrelles de tipus O i B (2%) són més a prop de 100 pc i només el 50% són més a prop de 500 pc (la major part d'elles, estrelles de tipus B8 i B9). D'altra banda, el 80% de les estrelles O i B estan molt concentrades en el pla galàctic (distància $z < 200$ pc). Si considerem ara les estrelles dels tipus A i F, el 6% de les AO - A5, el 26% de les A6 - F0 i el 59% de les F1 - F8 són més a prop de 100 pc, mentre que menys del 10% són més enllà de 500 pc.

A les taules 6 i 7 es donen algunes estadístiques sobre les magnituds V per a les estrelles pròximes. La taula 6 conté les estrelles del catàleg de Gliese (1969) i el seu suplement (Gliese & Jahreiss, 1979), mentre que la taula 7 conté les de diferents propostes relacionades amb nanes roges (tipus espectrals KO fins a MB) (Guarinos, 1986). Òbviament, aquestes dues mostres tenen estrelles en comú. La comparació de les dues taules demostra que el nombre de estrelles roges dèbils (magnitud $V > 9$) es veurà considerablement augmentat.

La taula 8 dona l'estadística de la magnitud V per a les estrelles variables,

m_v	≤ 6	6-8	8-10	> 10	TOTAL
N	167	329	221	16	733

Taula 9. Estrelles binàries amb òrbita coneguda.

Nombre d'estrelles per gamma de magnituds.

d'utilitat per a la calibració de l'escala de distàncies de l'Univers (RR Lyrae i Cefeides), i la taula 9 la corresponent a les estrelles binàries d'òrbites conegudes, d'interès per a calibrar la massa de les estrelles.

Encara que les estadístiques que hem presentat són molt grol·leres, podem veure que el nombre d'estrelles que tindran dades molt precises de la paral·laxi i/o el moviment propi es veurà augmentat d'una forma radical. Aquesta quantitat de dades noves i molt precises serà la que permetrà estudiar una gran varietat de problemes astrofísics.

5 La nostra participació en el consorci INCA

El Departament de Física de l'Atmosfera, Astronomia i Astrofísica de la Universitat de Barcelona es va incorporar als treballs propis del Consorci INCA l'any 1980, dos anys abans de la seva constitució formal, en la qual va tenir una participació força activa. La seva activitat en el si del Consorci cobreix els camps següents:

a) Fotometria estel·lar.

S'han realitzat observacions fotomètriques d'estrelles incloses al catàleg d'entrada per mitjà dels telescopis del Centre Astronòmic Hispano-Alemany i de l'Observatori Astronòmic Nacional a Calar Alto i del Royal Greenwich Observatory a l'Observatori Internacional del Roque de los Muchachos a La Palma.

Després d'haver fet un estudi de les estrelles del catàleg de Gliese, del qual ja hem parlat anteriorment, i del seu suplement, que ja ha estat publicat (Rosselló et al., 1985, 1987), en l'actualitat el programa d'observació està enfocat a les estrelles fredes amb moviment propi elevat. Aquestes estrelles, per llurs característiques, poden ser estrelles pròximes, representatives, per tant, de l'entorn solar, o bé d'objectes més distants i de contingut metàl·lic baix, pertanyents a l'halo o a la població vella del disc de la Galàxia. Aquesta tasca està relacionada amb l'estudi tant de l'estructura com de la cinemàtica de la Galàxia. D'altra banda, si les determinacions obtingudes tenen errors inferiors a l'1%, podran ésser utilitzades com a estàndards per a la calibració en òrbita de la resposta del satèl·lit.

b) Observació de radioestels.

S'han realitzat observacions radiomètriques de radioestels de la llista proposada per a servir d'enllaç entre el catàleg Hipparcos i el sistema de referència extragalàctic, fent servir l'antena de 70 m de l'Estació Espacial de Madrid. L'objectiu del programa ha estat el seguiment de les variacions del flux ràdio d'aquestes estrelles. L'esforç més considerable ha estat dedicat a les estrelles del tipus RS CVn (Estalella et al., 1985), per tal com llur elevada probabilitat d'emissió i llur petit diàmetre angular les fan especialment adequades per a l'observació per mitjà d'interferometria de molt llarga base (VLBI).

Les mesures de flux de les estrelles RS CVn s'han interpretat en el marc del mecanisme sincrotró d'electrons mitjanament relativistes, essent necessària una millor comprensió dels mecanismes de radiació (Paredes, 1987) d'aquestes radioestels per tal de saber si llur emissió de ràdio coincideix o no amb l'òptica. D'altra banda, les mesures de polarització constitueixen un paràmetre important a l'hora de contrastar la compatibilitat dels models teòrics amb les observacions.

c) Observacions astromètriques.

Entre els objectes observables pel satèl·lit, s'hi troben alguns asteroides i satèl·lits dels planetes majors. Un dels procediments clàssics per a determinar els plans fonamentals (equador i equinocci), imprescindibles per a l'estudi cinemàtic de la Galàxia és l'observació de petits planetes, raó per la qual han estat inclosos a la missió. El necessari bon coneixement previ de la posició dels objectes inclosos al catàleg d'entrada és encara més crític en aquest cas, pel fet que, per tractar-se d'objectes mòbils, s'hi fa necessària una observació continuada, així com la consegüent determinació de llurs efemèrides.

En aquest sentit, la nostra tasca cobreix tant els aspectes purament observacionals, com ho són les observacions astro-fotogràfiques que es realitzen des de l'Observatori Fabra de Barcelona (Núñez, 1985), com el càlcul de les noves efemèrides i la producció d'elements orbitals més precisos (Calaf, 1987), per tal d'anar obtenint efemèrides prou precises per a fer possible l'observació dels petits planetes pel satèl·lit.

D'altra banda, al marge de les activitats del Consorci i dins la línia d'investigació dedicada a l'estudi de la cinemàtica i la dinàmica de la nostra Galàxia, que és un dels camps en els quals els resultats de la missió resultaran decisius, s'han succeït les realitzacions durant aquests darrers anys.

S'ha estudiat el camp galàctic de velocitats, havent-se determinat els moments d'ordre superior de la distribució de velocitats estel·lars, els seus gradients i alguns dels paràmetres cinemàtics i dinàmics de la Galàxia (Núñez, 1981; Torra, 1984; Figueras, 1986). Aquest estudi, realitzat per separat per a les diverses poblacions estel·lars, permet descriure el diferent comportament de les diverses components de la Galàxia, i requereix la determinació prèvia de les característiques diferencials cinemàtiques i de composició (Núñez & Torra, 1982) que en permetin el reconeixement.

Un cop realitzat aquest procés, és possible tenir dades, d'una banda, del disc galàctic, per mitjà d'una mostra estel·lar prou ampla per a permetre-hi el reconeixement de l'estructura espiral, i de l'altra, dels components esferoïdals de la Galàxia. Les dades obtingudes, en principi d'abast local, són extrapolades per mitjà de l'ús de models cinemàtics i dinàmics de la Galàxia (Sala, 1986) a una descripció del seu comportament global.

Referències

- [1] Argue, N., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [2] Barbieri, C., Bernacca, P.L., Eds., 1979, *Colloquium on European Satellite Astrometry*. Colloquium held in Padova (Italy).
- [3] Bastian, V., Lederle, T., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [4] Bec-Borsenberger, A., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [5] Calaf, J., 1987, *Cálculo de efemérides y corrección de elementos orbitales de pequeños planetas. Aplicación a la corrección de catálogos estelares*. Universitat de Barcelona.
- [6] Crézé, M., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [7] Crifo, F., Turon, C., Grenon, M., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [8] Egret, D., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [9] E.S.A. 1979, *Hipparcos Space Astrometry*. Report on phase A studi. ESA SCI (79) 10.
- [10] E.S.A. 1981, *Hipparcos Space Astrometry Mission*. Invitation for proposals contributing to the observing list. ESA HIP 81/03.
- [11] Estalella, R., Paredes, J.M., Rius, A., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [12] Figueras, F., 1986, *Aproximació fins el segon ordre del camp galàctic de velocitats*. Universitat de Barcelona.
- [13] Gliese, W., 1969, *Catalogue of Nearby Stars*. Veröffentlichungen des Astronomischen Rechen-Institut. Heidelberg núm. 22.
- [14] Gliese, W., Jahreiss, H., 1979, *Astron & Astrophys*. Suppl. Ser. 38,423.

- [15] Gómez, A., Crifo. F., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [16] Grenon, M., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [17] Guarinos, J., 1986, *Rapport de stage*. Observatoire de Paris.
- [18] Guyenne, T.D., Hunt. J., *Eds.: 1985, Hipparcos. Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. Colloquium held at Aussois (France). ESA SP-234.
- [19] Hog, E., 1986, *Astrometric Techniques*. IAU Symposium núm. 109. Eds. Eichhorn, H.K. Leacock, R.J.
- [20] Jaschek, C., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [21] Kovalevsky, J., 1980, *Celestial Mechanics*. 22, 153.
- [22] Kovalevsky, J., 1985, *Second FAST Thinkshop Proceedings*. CERGA. Grasse (France). Ed. Kovalevsky, J.
- [23] Kovalevsky, J., 1986, *Astrometric Techniques*. IAU Symposium num. 109. Eds. Eichhorn, H.K., Leacock, R.J.
- [24] Lindegren, L., 1986, *Astrometric Techniques*. IAU Symposium núm. 109. Eds. Eichhorn, H.K., Leacock, R.J.
- [25] Matra Espace 1986, *Hipparcos Critical Design Review*.
- [26] Mennessier, M.O., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [27] Mermilliod, J.C., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [28] Morin, D., Arenou, F., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [29] Nguyen. T.D., Battrick, B.T., 1974, *Eds. Space Astrometry*. Symposium held at Frascati. ESRO SP-108.
- [30] Nicolet, B., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [31] Núñez, J., 1981, *Cinemática galáctica local y constante de precesión*. Universitat de Barcelona.

- [32] Núñez, J., Jordi, C., Calaf, J., Codina, J.M., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [33] Núñez, J., Torra, J., 1982, *Astron & Astrophys.* 110, 95.
- [34] Paredes, J.M., 1987, *Observació radiomètrica de radioestrelles*. Universitat de Barcelona.
- [35] Perryman, M.A.C., 1985, *The European Space Agency's Astrometry Mission*. ESA BR-24.
- [36] Perryman, M.A.C., Guyenne, T.D., Eds. 1982, *The Scientific Aspects of the Hipparcos Space Astrometry Mission*. ESA SP-177.
- [37] Perryman, M.A.C., Schuyer, M., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [38] Prévot, L., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [39] Requième, Y., 1985, *the European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.
- [40] Rosselló, G., Blanch, R., Figueras, F., Jordi, C., Núñez, J., Paredes, J.M., Sala, F., Torra, J., 1987, *Astron & Astrophys.* Suppl. Ser. 67, 157.
- [41] Rosselló, G., Calafat, R., Figueras, F., Jordi, C., Núñez, J., Paredes, J.M., Sala, F., Torra, J., 1985, *Astron & Astrophys.* Suppl. Ser. 59, 399.
- [42] Sala, F., 1986, *Estudi sobre la dinàmica dels sistemes estel·lars amb simetria cilíndrica*. Universitat de Barcelona.
- [43] Torra, J., 1984, *Cálculo de parámetros del campo de las velocidades estelares en el entorno del Sol*. Universitat de Barcelona.
- [44] Turon, C., 1983, *The Nearby Stars and the Stellar Luminosity Function*. IAU Colloquium núm. 76. Eds. Philip A.G.D., Upgren, A.R.
- [45] Wenger, M., 1985, *The European Astrometry Satellite HIPPARCOS- Scientific Aspects of the Input Catalogue Preparation*. ESA SP-234.

J. Torra : *Departament de Física de l'Atmosfera, Astronomia
i Astrofísica. Universitat de Barcelona.*

A. E. Gómez : *Departement d'Astrophysique Stellaire et Galactique.
Observatoire de Paris-Meudon.*