



Correnti Stellari

(Star Stream)

(di Leonardo Malentacchi)



Indice

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Correnti | 4 |
| 1.1 | Apice Stellare..... | 4 |
| 2 | Storia | 4 |
| 2.1 | Canopo al centro del sistema Locale..... | 4 |
| 3 | Evoluzione..... | 5 |
| 3.1 | Origine | 5 |
| 3.1.1 | Ammassi | 5 |
| 3.1.2 | Cannibalismo Galattico | 5 |
| 3.1.3 | Onde di densità | 5 |
| 3.2 | Disgregazione | 6 |
| 4 | Materia Oscura | 7 |
| 5 | Ammassi Globulari | 7 |
| 6 | Modelli di evoluzione delle Galassie | 7 |
| 7 | Analisi | 8 |
| 7.1 | Velocità | 8 |
| 7.1.1 | Moto Proprio..... | 8 |
| 7.1.2 | Velocità radiale..... | 9 |
| 7.1.3 | Filtro Adattato..... | 9 |
| 7.1.4 | Spazio delle fasi..... | 9 |
| 7.2 | Fingerprinting | 9 |
| 8 | Progetti di ricerca | 10 |
| 8.1 | Hipparcos | 10 |
| 8.2 | Rave | 10 |
| 8.3 | Segue..... | 11 |
| 8.4 | Gaia..... | 11 |
| 8.5 | Sim..... | 11 |
| 9 | Elenco..... | 12 |
| 9.1 | Via Lattea..... | 12 |
| 9.1.1 | Anello del Rinoceronte..... | 12 |
| 9.1.2 | Corrente Anticentrale..... | 12 |
| 9.1.3 | Corrente del Sagittario..... | 12 |
| 9.1.4 | Correnti Locali..... | 12 |
| 9.1.5 | Corrente di Arturo..... | 13 |
| 9.1.6 | Corrente di Helmi | 13 |
| 9.1.7 | Corrente della Iadi | 13 |
| 9.1.8 | Corrente di Magellano | 14 |
| 9.1.9 | Corrente NGC5466..... | 14 |
| 9.1.10 | Corrente Orfana | 14 |
| 9.1.11 | Corrente Palomar 5 | 15 |
| 9.2 | Altre galassie..... | 15 |
| 9.2.1 | Corrente di Andromeda M31 | 15 |
| 9.2.2 | Corrente del Centauro A..... | 15 |
| 9.2.3 | Corrente NGC 5907..... | 15 |
| 10 | Glossario..... | 15 |
| 11 | Bibliografia e info. documento | 17 |



Indice Figure

| | | |
|-----------|--|----|
| Figure 1 | Moto Corpi Celesti | 8 |
| Figure 2 | Sonda Hipparcos..... | 10 |
| Figure 3 | Osservatorio Anglo Australiano | 10 |
| Figure 4 | Telescopio Apache Point Observatory, Mexico..... | 11 |
| Figure 5 | Telescopio Gaia | 11 |
| Figure 6 | Telescopio SIM..... | 11 |
| Figure 7 | Galassia Nana del Sagittario..... | 12 |
| Figure 8 | Nube di Magellano | 14 |
| Figure 9 | Corrente Orfana | 14 |
| Figure 10 | Corrente Palomar 5 | 15 |



1 Correnti

Le correnti, sono un insieme di stelle organizzate caratterizzate da un moto simile ad una flusso di corrente d'acqua. Non sono abbastanza vicine per essere considerate un ammasso, ma hanno tutte in comune la stessa direzione di moto. Dall'analisi dei dati di Hipparcos e con misure doppler ottenute all'Osservatorio francese dell'Haute Provence è emerso che in prossimità del Sole vi è un autentico crocevia di stelle provenienti dalle zone più interne della nostra Galassia.

1.1 Apice Stellare

Si dice "Apice Stellare" il punto verso il quale una corrente stellare si muove. I moti delle stelle in una data area, facente parte di una stessa corrente, convergono nello stesso apice. L'analisi è eseguita per mezzo della statistica.

2 Storia

All'inizio la tecnologia non misurava esattamente tutti i parametri orbitali di velocità delle stelle ma era in grado di ricavare solo il moto proprio sulla volta celeste. Con questa premessa nel 1869, Richard. A. Proctor notò che, eccetto che per Dubhe e Alkaid, le stelle della corrente del Gran Carro hanno tutte lo stesso moto proprio, che le porta verso un punto comune del Sagittario. Ma un moto sulla volta celeste è a due dimensioni, mentre per avere la certezza di aver individuato una corrente stellare, (che effettivamente non sia stato commesso un errore di prospettiva), occorre il terzo parametro di velocità: la velocità radiale dall'osservatore. Questo valore venne aggiunto dopo il 1904, quando l'astronomo e cosmologo olandese Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922) identificò i parametri completi delle stelle locali e vide che non erano distribuiti casualmente ma che seguivano due direzioni preferenziali. Da quel momento si cominciò a parlare di correnti stellari. Intorno agli anni 1920 si scoprì come la nostra galassia ruotasse attorno ad un centro. Harlow Shapley aveva identificato, attraverso le stelle variabili RR-Lyrae, presenti in ammassi globulari della Galassia, che le stelle erano distribuite attorno ad un centro. Bertil Lindblad, nel 1925 partendo dalle correnti di Kapteyn, arrivò alle stesse conclusioni. Successivamente per avere novità importanti sulle correnti stellari si dovrà aspettare la fine del XX° secolo. Il problema è di natura tecnologico: occorre la costruzione di satelliti come Hipparcos per poter catalogare le stelle in grande quantità nella loro esatta posizione e misurarne il moto proprio. Il gruppo di Famaey, associando il valore del moto proprio, allo spostamento doppler, con misurazioni effettuate con un telescopio svizzero presso l'Osservatorio francese dell'Haute Provence, ha potuto aggiungere la terza dimensione mancante e ricostruire i vari flussi delle stelle locali più prossime a noi. Nonostante i passi avanti le conoscenze dei parametri orbitali delle stelle della Via Lattea sono tuttavia limitate sempre ad una ristretta zona vicino al sistema solare. La ricerca in questo settore è legata allo sviluppo di tecnologie, ed è per questo che siamo in attesa della nuova generazioni di satelliti come GAIA e SIM che allargheranno la zona di conoscenza per ottenere nuovi dati su cui studiare.

2.1 Canopo al centro del sistema Locale

Nei primi decenni del 1900, per un periodo, si credette che la stella Canopo fosse un centro di riferimento stellare a cui anche il Sole era soggetto. Gli astronomi arrivarono perfino a calcolare un'orbita iperbolica del Sole attorno a questa stella. Le due correnti stellari di Kapteyn, furono inserite ai lati di Canopo con i centri allineati con la stella su quello che fu considerato il piano dell'equatore galattico vero, a distanze angolari inversamente proporzionali alle loro velocità relative e press'a poco alla stessa latitudine galattica apparente di Canopo. Successivamente ci si accorse che le valutazioni erano tutte errate a causa di un errore sulla distanza e della massa della stella.



3 Evoluzione

3.1 Origine

3.1.1 Ammassi

L'ultimo atto della dispersione di ammassi porta alla formazione delle correnti di stelle. La dispersione iniziata con la nascita dell'ammasso continua anche dopo che l'insieme è diventato una corrente, fintanto che, dopo circa 1 Miliardo di anni dalla sua formazione, neanche in questa forma il gruppo è più riconoscibile e le stelle si sono disperse a tal punto da essere distribuite su tutta la galassia. Ad esempio l'ammasso da cui ebbe origine il Sole, formatosi ben 5 miliardi di anni fa, si è completamente distribuito su tutta la galassia a tal punto che non possiamo più distinguerlo dal resto della popolazione galattica nemmeno come corrente residua di stelle.

3.1.2 Cannibalismo Galattico

Le correnti stellari possono formarsi da quel che resta di piccole galassie divorate dalla Via Lattea nel corso del tempo. Dopo la scoperta della galassia nana del sagittario, colta nell'atto della distruzione per effetto mareale, sono stati rilevati diversi detriti stellari che circondano l'alone della galassia denunciandone la stessa storia evolutiva. La nostra Galassia si sarebbe accresciuta a spese di altre più piccole, con un processo di accumulo che ancora oggi è in corso. Quando una galassia più piccola si avvicina troppo ad una più grande, questa viene catturata e disintegrata dalla forza mareale gravitazionale. Durante la fusione, le forze di marea agiscono sia sulle stelle che sulla materia oscura. La completa distruzione della vittima è un processo comune e progressivo e le stelle in dispersione, seguono la stessa orbita del corpo madre tendendo a distribuirsi su una larga distanza nell'alone della galassia. Le stelle della galassia più piccola vengono strappate un poco alla volta formando una corrente che viene lentamente assimilata dalla galassia più grande tanto che, una volta inglobate, con il tempo si confondono con quelle autoctone. Oggi, nella Via Lattea, possiamo ancora osservare galassie in corso di disgregazione e di molte rimane solo una debole corrente stellare. La galassia più grande, in questo caso la Via Lattea, esercita una forza gravitazionale maggiore su di un lato rispetto a quello opposto e la piccola galassia si deforma allungandosi allo stesso modo come accade agli oceani terrestri sotto l'influenza della Luna. Dato che la fenomenologia è identica in analogia a quella lunare si parla di interazioni mareali gravitazionali. Grazie a questo meccanismo la nostra Galassia può strappare al sistema più piccolo della materia (stelle e gas) per formare una scia composta dagli elementi di disgregazione del corpo più piccolo simile a delle briciole lasciate lungo il percorso della sua orbita. Si ritiene che in questo modo la Via Lattea abbia nel corso del tempo assimilato centinaia di piccoli sistemi stellari, di cui molti sono mescolati a tal punto da non essere più riconducibili alla loro origine. Da una simulazione al computer si vede che all'interno di una galassia nana catturata, dopo 1 miliardo di anni e 4 rivoluzioni attorno alla Via Lattea, alcune stelle risentono di una inferiore attrazione gravitazionale del corpo di origine e si allontanano dalla nana stessa. Queste stelle si distribuiscono lungo l'orbita della nana, alcune rallentano il loro moto attorno alla galassia altre accelerano, pertanto si distendono a formare un arco di stelle. Dopo 2 miliardi di anni le stelle costituiscono una corrente stellare che si estende per decine di migliaia di anni luce. Dopo 3 miliardi di anni la galassia nana si può considerare disintegrata, la corrente di stelle a cui ha dato origine si espande e si mescola con le stelle originarie della Via Lattea.

3.1.3 Onde di densità

Un team di astronomi europei, grazie ai dati dell'osservatorio spaziale ESA Hipparcos, ha mostrato che i dintorni del Sole sono un punto di incontro di diverse correnti composte di stelle con diverse origini e differente composizione chimica. Ritiene che circa il 20% delle stelle, poste entro circa 1.000 a.l. dal Sole, che si trova a 25.000 a.l. dal centro galattico, sarebbero state trasportate in zona dalla potente azione dei bracci a spirale. Secondo il dottor Benoit Famaey, dell'Università Libera di Bruxelles: "Somigliano a dei compagni di viaggio casuali piuttosto che a dei parenti". Moltissime stelle sarebbero state costrette a emigrare, a lasciare il loro luogo di origine, per essere con la forza deviate dalla loro orbita. Incanalate in vere e proprie correnti stellari, si troverebbero stelle con composizioni chimiche differenti e età differenti che non possono essersi formati nello stesso luogo di origine. Per un gran numero di esse, questa deportazione avverrebbe mentre ancora si stanno formando. Queste osservazioni stanno modificando i vari



modelli del moto delle stelle all'interno di una galassia. Il tranquillo moto circolare che si pensava caratterizzasse la rotazione delle stelle intorno al centro galattico dovrà ora essere integrato con il moto delle correnti stellari causato dalle potenti spallate dei bracci a spirale. Diversi gruppi di "stelle ribelli" si muoverebbero in direzioni peculiari, per la maggior parte verso il centro galattico o in direzione opposta, come se si muovessero lungo la direzione dei raggi di una ruota. Famaey e colleghi ritengono che a porre le stelle su una traiettoria comune sia stato un "calcio" gravitazionale ricevuto da uno dei bracci della via Lattea. I bracci della spirale sono regioni di alta densità di gas e stelle, conseguenza di vere e proprie "onde di densità" che possono favorire la nascita di nuove stelle che comprimendo i gas via via incontrati potrebbero aver anche modificato le orbite delle stelle già presenti. Dopo il passaggio dell'onda, quindi, numerose stelle si muoveranno in una direzione comune, nonostante le loro traiettorie originarie fossero differenti.

3.1.3.1 Dinamica delle Onde di Densità

Le onde di densità, scoperte da Lin e Shu, sono un fenomeno molto complesso. In una galassia si propagherebbero delle onde di materia che sarebbero responsabili della forma delle spirali. Le spirali se dovessero autosostenersi, dopo alcune rotazioni, data la velocità differenziale angolare a diverse distanze, si dovrebbero arrotolare su se stesse. Ma dato che oggi noi osserviamo una discreta percentuale di galassie di questa forma, questo significa che il meccanismo deve essere diverso. Le onde di densità sarebbero il risultato di onde di instabilità gravitazionale che partendo dal centro si propagherebbero radialmente all'interno della galassia, come un'onda di marea, a velocità inferiore di quelle delle stelle. Le onde di densità, aumentando la densità della materia al loro passaggio, innescano la formazione di nuove stelle. Le stelle e le nubi interstellari, che vengono investite dall'onda di densità, rallentano a causa del più alto campo gravitazionale e si addensano temporaneamente, poi essendo più veloci passano oltre e procedono per la loro orbita fintanto che non incontrano un altro braccio. Il risultato di questi moti sarebbero dei bracci a spirale a maggior densità, che si spostano ruotando con una velocità diversa, più lenta di quella delle stelle e delle nubi di gas. Le stelle sarebbero ovunque presenti, ma nelle spirali essendovi indotte stelle in formazione, sarebbero più luminose e per contrasto, le altre zone stellari apparirebbero più scure. Il sistema solare sarebbe nato circa 5 miliardi di anni fa nel braccio a spirale del Sagittario, attualmente si troverebbe in prossimità di uno dei bracci della galassia, quello detto di Orione, e raggiungerà il braccio di Perseo tra 3 Miliardi e 300 milioni di anni.

3.1.3.2 Esopianeti

Nei dintorni del sistema solare, alcune delle stelle in possesso di sistemi planetari non si sarebbero formate in zona ma potrebbero in realtà provenire da regioni più centrali della Galassia. A denunciarlo è una nuova analisi scaturita dall'osservazione di correnti stellari che procedono verso e contro il centro della galassia seguendo particolari percorsi come dei raggi di una ruota. Tali correnti potrebbero aver condotto sino a noi molte delle stelle dotate di sistemi planetari recentemente individuate. La probabilità che si formino dei pianeti di tipo roccioso dipende dalla percentuale di metalli presenti nella nebulosa di origine che ha collassato. Dato che la percentuale di metalli decresce all'aumentare della distanza dal centro della Via Lattea, la probabilità di formazione di pianeti è maggiore al centro rispetto alla periferia. Pertanto simili sistemi potrebbero essersi formati in una zona interna alla galassia e poi grazie ad un calcio fornito da un braccio a spirale, provocato dal propagarsi di una onda di densità, avrebbe spinto fuori dal luogo di nascita molte di queste stelle per migliaia di a.l. verso la zona del sistema solare, alzando statisticamente in loco la percentuale di presenza di stelle con sistemi planetari. A suffragare tale ipotesi è l'osservazione eseguita dai ricercatori del gruppo Dr.Benoit Famaey i quali hanno trovato che nella zona locale del sole è presente un incrocio di molte correnti stellari costruite su diverse stelle di differenti origini e composizione chimica.

3.2 Disgregazione

Con il tempo, il moto differenziale all'interno dei bracci a spirale determina la disgregazione della corrente. Dopo varie rivoluzioni attorno al centro della galassia, le singole componenti si sono sparpagliate a tal punto da perdere l'identità collettiva del moto di partenza.



4 Materia Oscura

Nel 1997 è stato scoperto un nuovo strumento di indagine per sondare la struttura dell'alone della galassia: dalla geometria e velocità della corrente di stelle, si può determinare la massa e la distribuzione della materia oscura. La qualità della configurazione delle correnti sarebbe influenzata sensibilmente dalla quantità e dalla distribuzione della materia oscura presente nella Via Lattea. La materia oscura piloterebbe il moto delle correnti stellari a tal punto che gli effetti gravitazionali si farebbero sentire lungo il percorso delle orbite, modificandole. Di conseguenza sarebbe sufficiente seguire il percorso di un'orbita completa di una stella qualsiasi per individuare la geometria della distribuzione della materia oscura presente nella Via Lattea. La stella rallenterebbe e accelererebbe a seconda del campo gravitazionale incontrato: in particolare la sua orbita si avvicinerebbe al centro galattico dove la materia, sia visibile che oscura, è maggiore e si allontanerebbe da dove questa risulta inferiore. Una qualsiasi stella si trova a percorrere una sorta di montagne russe, il cui percorso seguirebbe l'esatta distribuzione di massa della Galassia. Il problema è che una stella alla distanza del Sole dal centro galattico, impiega più di 200 milioni di anni per percorrere un'orbita completa. Per effettuare questa indagine, occorrerebbero tempi di osservazione enormi e ciò porterebbe a scartare questo metodo se non entrassero in gioco le correnti stellari. Che si tratti di un ammasso o di una galassia nana in via di disgregazione, si ha la formazione di una corrente di stelle distribuita lungo l'orbita del corpo di partenza. Le stelle si vengono a disporre quasi in fila indiana seguendo orbite simili. Osservando una corrente stellare abbiamo l'opportunità di disegnare l'orbita che percorrerebbe o ha percorso, il corpo principale, dalle migliaia a milioni di anni luce. Applicando tale analisi alla corrente del Sagittario, si identifica una distribuzione sferica della materia oscura, in contrasto con gli attuali modelli simulati che la vorrebbero ellittica. La corrente del Sagittario permette però di risalire alla distribuzione solo di una piccola parte della materia oscura. Il progetto "Sloan Digital Sky Survey" avrebbe trovato altre correnti di stelle che sono state strappate dalla forza di marea della materia oscura a piccole galassie, e se questa fosse stata distribuita in forma ellissoidale, le correnti avrebbero dovuto percorrere una traiettoria a cavatappo. Le osservazioni però, al momento, rilevano che la corrente stellare giace su di un piano confermando la forma sferica. Volendo sapere qualche cosa di più sulle proprietà della materia oscura sarebbe interessante capire se fosse distribuita uniformemente o in aggregati irregolari. Questo ci aiuterebbe a scoprire con quali interazioni fondamentali la materia oscura interagisce. Se solo attraverso la gravità si formerebbero degli aggregati, se invece vi fosse il contributo di altre forze, come quella nucleare, le particelle si distribuirebbero uniformemente. La precisione dei dati al momento non è sufficiente per poter capire tale aspetto e pertanto dovremo attendere misurazioni da parte del satellite Gaia, il quale cartografando con maggior precisione la posizione e velocità delle stelle, sarà in grado di confermare o escludere l'esistenza di aggregati di materia oscura con diametro superiore a 100 a.l. Un giorno correnti più grandi di un'intera galassia potrebbero arrivare a rivelare le proprietà di particelle di dimensioni subatomiche. Grazie a queste indagini possiamo avere indizi di come le galassie e la materia oscura si sono formate nei primi momenti dell'universo e al momento il comportamento della corrente corrisponde a quanto ipotizzato da teorie non standard della gravità come la dinamica Newtoniana modificata. Tale risultato è stato confermato da Michael Fellhauer dell'Università di Cambridge.

5 Ammassi Globulari

La coda di stelle di Palomar 5, distribuita lungo il percorso dell'orbita dell'ammasso, ci dà l'opportunità di determinare il suo moto attorno alla via lattea. Grazie all'osservazione della corrente di Palomar 5 si è dimostrato che anche gli ammassi globulari sono sottoposti ad una dissipazione da parte degli effetti mareali della galassia e possono disgregarsi, tramite le correnti stellari. Simulazioni al computer suggeriscono che gli ammassi globulari erano molto più numerosi in passato e che molti di loro sono stati già sbriciolati dalla Galassia. Per confermare questa teoria il gruppo di ricerca del SDSS è alla ricerca di altre correnti di stelle attorno ad altri ammassi globulari. La conferma di questi dati permetterebbe di mettere sotto test i modelli di formazione della Via Lattea. Il moto di tali oggetti nell'alone galattico è oggi ancora poco conosciuto e pertanto le correnti stellari sono un'opportunità per la sua analisi per una verifica delle orbite galattiche indipendentemente dai modelli conosciuti.

6 Modelli di evoluzione delle Galassie

Grazie alla scoperta di correnti stellari, che hanno avuto origine da galassie nane, si è avuto una rivisitazione dei modelli di formazione della galassia. Prima di queste novità si riteneva che le galassie si fossero sviluppate direttamente da addensamenti quasi impercettibili nell'uniformità dell'universo primordiale, attraversando un periodo iniziale di crescita molto rapida e assestandosi in tempi brevi nella loro forma attuale. Ora le correnti stellari dimostrerebbero che solo le galassie nane (fino a 1 miliardo di masse solari) hanno seguito un'evoluzione veloce. Le grandi galassie come la



Via Lattea (circa 1000 miliardi di masse solari) invece si sarebbero formate in tempi molto più lunghi, con un processo di accumulo continuo attraverso l'accrescimento di nuovo materiale inglobato a scapito di galassie nane dopo un passaggio troppo ravvicinato. Un processo con ritmi più lenti che in passato ma che continua ancora oggi. Il prossimo obiettivo degli astronomi è quello di capire la composizione chimica di questi antichi mattoni, il rapporto fra le stelle immigrate e stelle indigene, e in che modo le interazioni hanno modificato le prime fasi della storia dell'evoluzione della Via Lattea.

7 Analisi

Terminato il processo di assimilazione di una galassia nana satellite, le stelle estranee al sistema della Galassia centrale sono difficili da individuare. Da una semplice osservazione del cielo non è facile distinguere se una stella appartiene ad una corrente stellare o semplicemente a stelle locali. Per poter capire qualcosa occorre approfondire l'analisi in termini di velocità e composizione, tanto che per poterle individuare è necessario realizzare un censimento stellare completo in grado di fornire con precisione la posizione all'interno della Galassia di parametri come il moto proprio, il moto radiale da noi e la composizione chimica. Ad evidenziarne i percorsi comuni sono i parametri orbitali trattati statisticamente. A denunciare un'origine comune delle stelle è, la chimica stellare. Gli astronomi sperano in questo modo di individuare gli astri estranei alla galassia di appartenenza e di ricostruire il processo con cui la Via Lattea è cresciuta fino a raggiungere le dimensioni attuali.

7.1 Velocità

Delle stelle si possono osservare 2 tipi di moto:

- 1) Moto proprio
- 2) Moto radiale

Combinando questi dati, possiamo avere una comprensione tridimensionale della direzione delle stelle vicine e poter, attraverso analisi statistiche, individuare stati organizzati delle stelle come le correnti stellari.

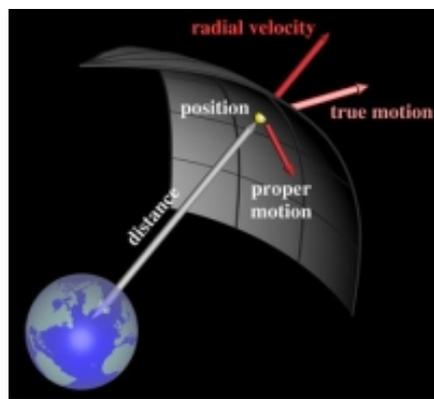


Figure 1 Moto Corpi Celesti

7.1.1 Moto Proprio

Il moto proprio delle stelle, individua il moto degli astri da un punto di vista geocentrico. Ovvero è lo spostamento tangenziale che si osserva sulla volta celeste. Dato che la volta celeste si sposta continuamente si deve individuare uno spostamento degli astri rispetto al fondo del cielo. A parità di velocità assoluta, una stella si vedrà muoversi più velocemente sulla volta celeste se la sua distanza è inferiore dall'osservatore. Via a via che la stella si trova ad essere più lontana lo spostamento di posizione nel cielo è sempre più basso, fintanto che ad una determinata distanza, in relazione allo strumento di osservazione utilizzato, non siamo più in grado di apprezzare alcuno spostamento. Queste stelle molto distanti costituiscono la base di riferimento del cielo, sono le stelle fisse. Mentre tutte le stelle fisse si muovono all'unisono nel cielo a causa dei moti riflessi della Terra, le stelle vicine si vedono slittare anno dopo anno rispetto a tale fondo del cielo. Questo spostamento non è apprezzabile ovviamente ad occhio nudo, tanto che per essere osservato occorrono migliaia di anni, ma con le strumentazioni ottiche di oggi tali spostamenti sono alla portata della



sensibilità dei telescopi moderni. Il moto proprio, per essere osservato con precisione ha bisogno di molti anni di osservazione, infatti maggiore è il tempo di osservazione e migliore risulta essere la precisione ottenuta. Ad oggi il moto proprio delle stelle vicino al Sole è stato misurato attraverso il satellite Hipparcos. La misura è stata possibile in quanto il satellite tramite la tecnica della misura delle distanze per parallasse ha potuto individuare esattamente la posizione delle stelle vicine. Ripetendo la misura per diversi anni, attraverso la differenza di linea di vista sulla volta celeste è stato possibile individuare con precisione il moto proprio di alcune stelle.

7.1.2 Velocità radiale

La velocità radiale, misurata attraverso l'effetto doppler, è la velocità degli astri da un punto di vista geocentrico. Si osserva uno spostamento delle frequenze della luce nel rosso se l'astro è in allontanamento da noi o nel blu se in avvicinamento. Il moto radiale è stato individuato dal gruppo di Famey attraverso lo spostamento doppler ottenuto con il telescopio svizzero de Haute-Provence francese. Sommando tale informazione con il moto proprio ottenuto con il satellite Hipparcos abbiamo tutti i parametri di velocità delle stelle del vicinato.

7.1.3 Filtro Adattato

Nel processo di sfaldamento di un sistema, che sia ammasso o galassia nana, l'ultimo atto di disgregazione è la corrente stellare, le stelle si allineano in lunghe correnti disponendosi in fila a disegnare l'orbita del corpo di provenienza. Ma questi allineamenti non sono facili da evidenziare, perché per prospettiva tendono a confondersi con le altre stelle. Una delle tecniche utilizzate da diversi gruppi di ricerca è quella chiamata "filtro adattato", una tecnica di elaborazione del segnale inventata durante la seconda guerra mondiale per ottenere immagini radar più nitide degli aerei in avvicinamento. Conoscendo approssimativamente le configurazioni delle stelle, sia locali che quelle estranee, il filtro elimina dall'immagine le stelle indigene.

7.1.4 Spazio delle fasi

Questa tecnica è molto complicata da capire per chi non è addetto ai lavori, in termini matematici si possono trattare molti dati e trovare delle correlazioni che possono essere osservate tramite grafici. Il moto di un corpo celeste può essere caratterizzato non solo in termini di velocità e posizione, ma anche in termini di energia e momento angolare. Combinando matematicamente questi dati si può osservare geometricamente uno spazio astratto a 6 dimensioni, chiamato "spazio delle fasi". Mentre si possono perdere le correlazioni delle stelle nello spazio delle posizioni (normale 3D) nello spazio delle fasi una linea di vista può apparire più conservativa. Nello spazio delle fasi, si viene a mantenere una coerenza per un principio chiave della meccanica statistica, espresso dal cosiddetto "Teorema di Liouville". In pratica se osserviamo una zona dove sono presenti stelle disposte nello spazio come una corrente isolata risulta facile dedurre lo stato organizzato delle stesse, ma se inseriamo tutt'intorno e mescolate fra loro, stelle che presentano altri tipi di moto, la corrente stellare non è più rilevabile. Invece se misuriamo l'energia, e il momento angolare, troviamo una linea di vista, nello spazio delle fasi a 6 dimensioni matematiche, che individuano dei raggruppamenti stellari che prima sarebbe stato impossibile osservare direttamente. Evidenze nello "spazio delle fasi" sono state individuate nelle stelle dell'alone nelle vicinanze del sole, dove circa il 10% delle stelle possono essere ricollegate allo stesso antico evento di accrescimento. Potrebbero essere i fantasmi di galassie satellite distrutte da molto tempo. Alcuni gruppi di ricerca, tra cui quelli diretti da Amina Helmi del Kapteyn Institut di Groningen, e da Chris B. Brook dell'Università di Washington, usando questa tecnica, hanno scoperto numerosi fossili che testimoniano l'avvenuta assimilazione di galassie.

7.2 Fingerprinting

Il Fingerprinting è una tecnica ancora in fase di sperimentazione, per individuare stelle aventi un'origine comune. Consiste nel registrare le "impronte digitali chimiche" di gruppi stellari estranei alla galassia. Il concetto dell'analisi si basa sul fatto che le stelle non nascono isolate ma si formano da una contrazione della stessa nube di gas di origine, in gruppi da migliaia a decine di migliaia di stelle. Ogni nube sarebbe composta di un insieme di elementi chimici e di isotopi abbastanza omogenei che sarebbero trasferiti alle stelle. Dopo che l'ammasso di nascita si è dissipato e le sue stelle si sono disperse per tutta la galassia, gli astri manterrebbero la loro particolare composizione chimica di partenza, lasciando pertanto una traccia per poter ricollegare l'insieme. Ma dato che si è dimostrato che l'evoluzione della Via



Lattea può essere stata soggetta ad assorbimento di più galassie nane che oggi non mantengono più la loro forma perché assimilate e dato, come dimostrato dall'equipe di Kim A.Venn dell'università di Victoria nella British Columbia, ciascuna di tali galassie nane avrebbe una composizione chimica molto diversa, il fingerprinting chimico può essere uno strumento adatto per individuare stelle aventi un'origine comune. In questo modo è possibile rilevare quali stelle presentano una distribuzione praticamente identica di elementi chimici dovuta alla galassia nana di partenza.

8 Progetti di ricerca

Nell'analisi delle correnti stellari troviamo coinvolte molte missioni spaziali. Le prossime tappe importanti coinvolgono i progetti GAIA e SIM, le quali si compensano a vicenda, infatti la prima presenta un'analisi con sensibilità minore ma ampia, e la seconda con un'alta sensibilità ma con ristretto campo di ricerca.

8.1 Hipparcos

Hipparcos è un progetto di ricerca dell'ESA (Agenzia Spaziale Europea) che ha concluso la sua attività nel corso di 4 anni dal 1989 al 1993 misurando la distanza e i parametri orbitali di oltre 100.000 stelle nel raggio di 1.000 a.l. dal Sole. I dati forniti dal satellite mostrano solo la direzione apparente delle stelle rispetto alla volta celeste, e in questo modo non è possibile dedurre se le stelle si stiano muovendo verso di noi o in direzione opposta. Per poter identificare le correnti stellari, i ricercatori europei hanno pertanto trovato il dato mancante, combinando i risultati di Hipparcos con misure doppler effettuate con un telescopio svizzero presso l'Osservatorio francese dell'Haute Provence. Il gruppo di Famaey, in tal modo, ha potuto aggiungere la terza dimensione e ricostruire i vari flussi delle stelle locali più prossime a noi, scoprendo che i nostri dintorni spaziali sono teatro di incroci di correnti stellari provenienti da diverse direzioni. Grazie all'analisi dei dati del satellite Hipparcos, si è potuto intuire che varie stelle sono state trasportate dalle onde di densità dei bracci della galassia, in modo radiale, durante il suo moto lungo l'orbita attorno alla Via Lattea.

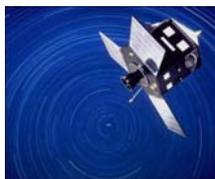


Figure 2 Sonda Hipparcos

8.2 Rave

La missione RAVE, acronimo di RAdial Velocity Experiment, svoltasi presso l'Anglo-Australian Observatory, ha misurato velocità e composizione chimica di quasi 100.000 stelle vicine.

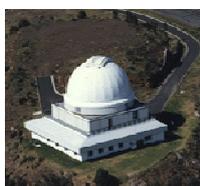


Figure 3 Osservatorio Anglo Australiano



8.3 Segue

La missione SEGUE, acronimo di Sloan Extension for Galactic Understanding and Exploration, ha misurato velocità e composizione chimica di quasi 100.000 stelle vicine. SEGUE è parte del progetto SDSS (Sloan Digital Sky Survey), un progetto internazionale che disegna una mappa del profondo cielo. L'SDSS è capace di osservare oggetti fino a 10 milioni di volte più deboli della più debole stella visibile ad occhio nudo. Le osservazioni vengono prese attraverso una speciale camera ad ampio campo montata sul telescopio da 2,5 metri dell'Apache Point Observatory, in New Mexico.



Figure 4 Telescopio Apache Point Observatory, Mexico

8.4 Gaia

L'esperimento GAIA è una missione organizzata dall'ESA (Agenzia Spaziale Europea). Da tale progetto, durante la sua ultima fase operativa prevista dal 2011 fino al 2020, ci aspettiamo di raggiungere un obiettivo di cartografare circa l'1% della struttura tridimensionale della Via Lattea. Misurando parametri di posizione e velocità con un grado di precisione elevata, potrà arrivare ad analizzare oltre 1 Miliardo di stelle. I suoi strumenti sono in grado di rilevare simultaneamente il moto in tutte e tre le dimensioni: tramite la parallasse di rilevare il moto proprio e grazie allo spettrografo di bordo di fornire lo spostamento Doppler indicando la velocità radiale rispetto a noi. Inoltre è previsto che il satellite possa misurare la composizione chimica di alcuni milioni di queste stelle.



Figure 5 Telescopio Gaia

8.5 Sim

La missione NASA SIM, acronimo di Space Interferometry Mission, sarà operativa per un periodo simile a quello di GAIA. Il telescopio fornirà informazioni sulla posizione di un sottoinsieme di stelle deboli, studiando le correnti stellari meno luminose.



Figure 6 Telescopio SIM



9 Elenco

9.1 Via Lattea

9.1.1 Anello del Rinoceronte

La corrente “Anello del Rinoceronte”, composta da stelle di età intermedia per una massa di circa 100 milioni di masse solari, è stata scoperta nel 2002 dal gruppo di ricerca di Strasburgo. Probabilmente ha origine dalla galassia nana del Cane Maggiore. Negli ultimi 2 miliardi di anni questa galassia è stata allungata per 200.000 a.l. in un anello a spirale di stelle attraverso il piano galattico.

9.1.2 Corrente Anticentrale

La “Corrente Anticentrale”, composta da stelle antiche, è stata scoperta nel 2006. Probabilmente ha origine da una galassia nana distrutta. Lunga 30.000 a.l. ad oggi non è conosciuta la stima della massa.

9.1.3 Corrente del Sagittario

La corrente “del Sagittario” è anche chiamata “Nana del Sagittario” ma impropriamente dato che, con una stima di circa 100 milioni di masse solari, probabilmente è la corrente stellare più imponente conosciuta. Scoperta nel 1994 da Ibata, del gruppo di ricerca di Strasburgo, la sua origine si pensa derivi dalla galassia Nana del Sagittario, la quale è da miliardi di anni che subisce un processo di assorbimento da parte della Via Lattea, un processo di cannibalismo che è ancora in corso. La corrente, composta da una grande varietà di stelle, circonda il disco centrale della nostra Galassia. La disgregazione della galassia originale è tale che negli ultimi miliardi di anni è stata stirata per circa 1 milione di a.l., oggi è un oggetto che si trova negli stadi finali di dissolvimento. Con il tempo le sue stelle si distribuiranno su tutta la Via Lattea, perdendo la identità come moto di gruppo difficilmente si potrà desumere l’esistenza della galassia originale Nana del Sagittario.

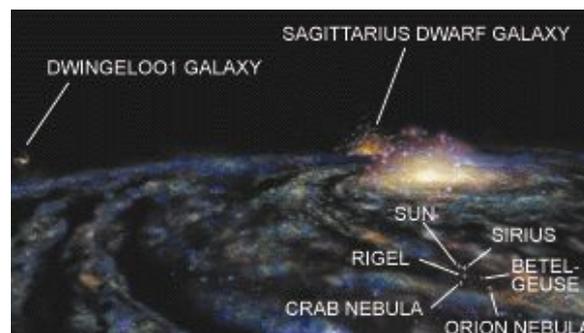


Figure 7 Galassia Nana del Sagittario

9.1.4 Correnti Locali

Il Sole appartiene alla corrente stellare che scorre alla velocità di 20 Km/s verso la costellazione di Ercole nella direzione di coordinate: 271° e $\delta = +30^\circ$. Combinando i dati di Hipparcos con le misure dello spostamento doppler ottenute con il telescopio svizzero de Haute-Provence francese, Famaey e i suoi colleghi, hanno aggiunto la 3° dimensione nella misura della velocità delle stelle che si muovono attorno a noi. In tal modo sono state individuate nel vicinato del sole 3 correnti che si muovono radialmente al centro galattico che hanno avuto origine dalle onde di densità della nostra Via Lattea.



9.1.4.1 La corrente dell'Orsa Maggiore

La “**Corrente dell'Orsa Maggiore**” o “**Flusso dell'Orsa Maggiore**”, è stata scoperta nel 1869 da Richard A. Proctor, il quale notò che le stelle della costellazione, escluse Dubhe e Alkaid, si dirigono verso un punto comune del Sagittario. Da studi effettuati sulle stelle più importanti in prossimità del Sole, risulta che molte posseggono un moto proprio verso la stessa direzione. La corrente, composta da molte stelle azzurre, si estende per più di 1.000 a.l. coinvolgendo la stella Sirio della costellazione del Cane Maggiore, attraversando la costellazione di Orione, il Toro e verso Nord sino al Perseo. Insieme ad altre 100 più deboli, nella stessa corrente troviamo Alfa Ophiuchi, Delta Leonis e Beta Aurigae. Si ritiene che queste stelle originariamente fossero raggruppate nello stesso ammasso aperto, il quale si sarebbe disperso per varie cause, tipo mutui incontri, forze mareali della Via Lattea, incontri con vaste nubi interstellari ed altri ammassi. A testimoniare la loro comune origine, oggi noi osserviamo solo un debole legame che si manifesta come una corrente. Il nostro Sole si troverebbe al confine esterno di questa corrente, ma non ne farebbe parte, si troverebbe in zona solo per una combinazione temporale lungo il suo peregrinare attorno alla galassia, infatti a evidenziare la sua estraneità contribuisce il confronto dell'età: il sole sarebbe ben 40 volte più vecchio delle altre stelle. L'ex ammasso è molto giovane e come di consueto per questi oggetti, quando innescano la formazione delle stelle, queste nascono tutte insieme come in un parto plurigemellare.

9.1.4.2 Correnti di Kapteyn

Nei primi decenni del 1900, Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922), considerando la rivoluzione della Terra, il moto del Sole verso la costellazione di Ercole e la rotazione della Galassia, individua 2 correnti stellari. Vide che queste si intersecano e sono dirette verso gli apici stellari dalle coordinate:

- 91° e $\delta = +13^\circ$. (Sopra la testa Di Orione tra il Toro e i Gemelli)
- 271° e $\delta = -13^\circ$. (A sinistra di Ofiuco)

Sempre negli stessi anni, a causa di un errore di calcolo da parte di alcuni astronomi, per un periodo si arrivò a pensare che tali correnti percorressero insieme al Sole un'orbita attorno alla stella Canopo. Rispetto al Sole le due correnti si sarebbero trovate ai lati della stella centrale.

9.1.5 Corrente di Arturo

La “**Corrente di Arturo**”, di cui al momento non è stata valutata la massa e la lunghezza della corrente, è stata scoperta nel 1971. Composta da stelle antiche carenti di metalli pesanti, ha una probabile origine da una Galassia Nana distrutta.

9.1.6 Corrente di Helmi

La “**Corrente di Helmi**”, scoperta nel 1999, avrebbe origine da una galassia nana dispersa. Composta da stelle antiche, la sua disgregazione avrebbe formato una lunghissima corrente, di massa di circa 10-100 milioni di masse solari, avvolta per più giri intorno al disco della Via Lattea. La corrente di Helmi si trova entro 1 Kpc dal Sole ed è stata individuata dopo aver collegato la velocità radiale con le misure con il satellite Hipparcos.

9.1.7 Corrente della Iadi

Le Iadi (stelle della pioggia) della costellazione del Toro, sono un ammasso aperto di 150 stelle, facente parte di una corrente stellare.



9.1.8 Corrente di Magellano

La “**Corrente di Magellano**”, scoperta nel 1972, non è solo composta da stelle ma anche da gas di idrogeno. La corrente avrebbe una probabile origine dalle galassie a noi vicine: la Piccola e la Grande Nube di Magellano. La Via Lattea, lentamente sta strappando un poco alla volta le sue componenti, determinando una formazione di un flusso di materia che ha raggiunto una lunghezza di circa 1 milione di anni luce di estensione.

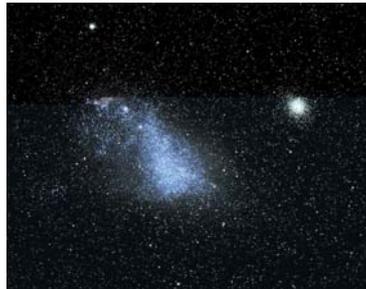


Figure 8 Nube di Magellano

9.1.9 Corrente NGC5466

La “**Corrente di NGC5466**”, scoperta nel 2006, ha una probabile origine dall’ammasso globulare NGC5466, lunga 60.000 anni luce è composta da stelle molto antiche per una massa di circa 10.000 masse solari.

9.1.10 Corrente Orfana

La “**Corrente Orfana**”, scoperta nel 2006, ha una probabile origine dalla galassia nana dell’Orsa Maggiore II, lunga 20.000 anni luce è composta da stelle antiche per una massa di circa 100.000 masse solari.

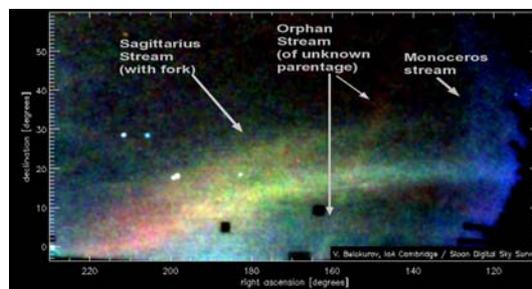


Figure 9 Corrente Orfana



9.1.11 Corrente Palomar 5

La “**Corrente Palomar 5**”, scoperta nel 2001, ha una probabile origine dall’ammasso globulare Palomar 5, uscente da entrambi i lati dell’oggetto, si estende per circa 10° sulla volta celeste per una lunghezza di 30.000 anni luce ed è composta da stelle antiche per una massa di circa 5.000 masse solari. L’ammasso si trova nella periferia della nostra galassia ad una distanza di circa 75.000 a.l. dal nostro sistema solare. La corrente è stata individuata dal gruppo di ricerca di Odenkirchen, ricercatore della MPIA (Max Plank Institute for Astronomy) di Heidelberg. Usando i dati dello SDSS attraverso una speciale tecnica di filtraggio ha evidenziato le due correnti separandole dalle stelle in primo piano e dello sfondo del cielo. Incredibile è il fatto che si trova più massa nella corrente di stelle che nel rimanente ammasso. La massa della corrente corrisponde a 1.3 volte la massa dell’ammasso. La coda di stelle di Palomar 5 distribuita lungo il percorso dell’orbita dell’ammasso ci dà l’opportunità di determinare il suo moto attorno alla via lattea.

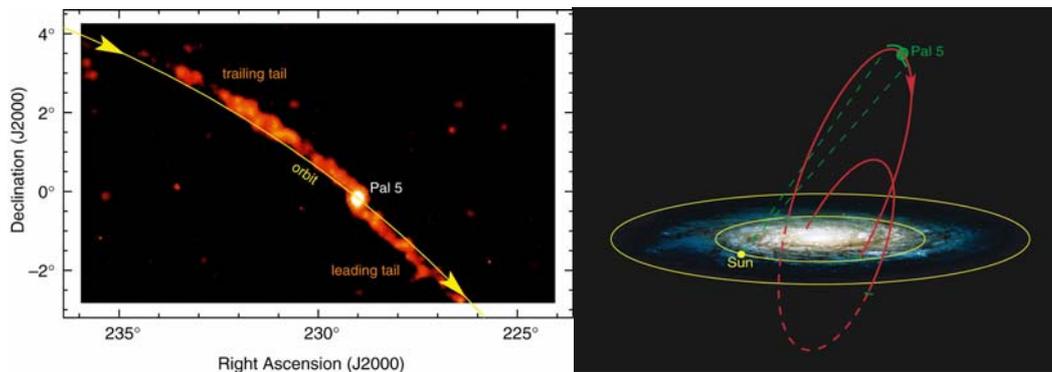


Figure 10 Corrente Palomar 5

9.2 Altre galassie

9.2.1 Corrente di Andromeda M31

Nella galassia di Andromeda è stata identificata, tramite la WFC (Wide Field Camera) montata sul telescopio INT (Isaac Newton Telescope) da 2,5 metri, una corrente di stelle che fluisce da alcune galassie satelliti: M32 e NGC205. Queste galassie nane hanno perso una sostanziale quantità di stelle gas e polvere per effetto di interazione mareale con la galassia ospitante. A dimostrazione che la corrente ha origine dalle due galassie, la metallicità delle stelle è compatibile con i due corpi satelliti di Andromeda.

9.2.2 Corrente del Centauro A

Vicino alla galassia ellittica gigante Centaurus A è stata identificata una corrente stellare di probabile origine da una piccola galassia nana. Composta da stelle blu di circa 200-400 milioni di anni, la corrente si estende per un arco di lunghezza di circa 2.000 a.l.

9.2.3 Corrente NGC 5907

Nella galassia NGC 5907 si osserva uno spettacolare anello ellittico a bassa superficie di luminosità, lungo 45 Kpc, si ritiene sia costituito da detriti causati dagli effetti mareali subiti da una ormai disintegrata galassia nana satellite.

10 Glossario

a.l. Anni Luce. Unità di misura delle distanze astronomiche



Società Astronomica Fiorentina



ESA Agenzia Spaziale Europea
MPIA Max Plank Institute for Astronomy
NASA National Aeronautics and Space Administration
Pc Parsec. Unità di misura delle distanze astronomiche.
RAVE RADial Velocity Experiment
SDSS Sloan Digital Sky Survey
SEGUE Sloan Extension for Galactic Understanding and Exploration
SIM Space Interferometry Mission



11 Bibliografia e info. documento

Revisione documento: **Rev. 01 del 11/06/2007**

Bibliografia:

- [1] Le scienze n°465 maggio 2007 "Fantasmi di antiche Galassie" di Rodrigo Ibatá e Brad Gibson.
- [2] http://it.wikipedia.org/wiki/Ammasso_aperto
- [3] L'Astronomia n°58 "Una stella alla volta: Canopo (II° Parte)" di Paolo Maffei
- [4] Su Web: L'Astronomia nella Storia - Associazione Marchigiana Astrofili – Ancona
- [5] Su Web: <http://xoomer.alice.it/lpassal/breveuni3.htm> "Breve Storia dell'Universo" di Pio Passalacqua
- [6] <http://www.vialattea.net/esperti/> cosa si intende per rotazione differenziale? Resp. Marco Castellani.
- [7] <http://www.astrosceenza.org/Astronomia/Correnti%20Stellari.htm> di Andrea Scardigli
- [8] [http://www.astrosceenza.org/Scienziati/Kapteyn%20\(Jacobus%20Cornelius%20-\).htm](http://www.astrosceenza.org/Scienziati/Kapteyn%20(Jacobus%20Cornelius%20-).htm) di Andrea Scardigli
- [9] <http://leaden.altervista.org/space/articoli/index.html> - Traduzione di articolo pubblicato il 20 febbraio 2005 © ESA, 10/2004 - traduzione by Leaden'sky – "Hipparcos scopre correnti stellari nella Galassia".
- [10] <http://www.castfvg.it/costell/costell.html> Canis Maior-CMA
- [11] <http://www.galassiere.it/costellazioni.htm#ancorax> Cane maggiore.
- [12] http://www.esa.int/esaSC/Pr_23_2004_s_en.html
- [13] <http://www.amicidiugo.com/space/home.htm> Il Cielo d'autunno
- [14] <http://192.106.166.8/mclink/astro/messier/Messier.html> L'ammasso in movimento dell'Orsa Maggiore.
- [15] http://it.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Wikimedia_Italia Orsa maggiore (Costellazione)
- [16] <http://www.sapere.it/gr> Apice
- [17] C.Barbieri Astron. I A.A. 2004-2005
- [18] "Fermilab Today", June 27, 2006. Sloan says cosmic leftovers point finger at dark matter. Jennifer Lauren Lee.
- [19] The World's No.1 Science & Technology News Service. Our galaxy's halo is round not squashed - 15:03 09 May 2006 - Maggie McKee
- [20] www.star.ucl.ac.uk/~apod/apod/ap021017.html Astronomy Picture of the Day 2002 October 17.
- [21] Sky Survey Unveils Star Cluster Shredded By The Milky Way - June 3, 2002 - Dr. Jakob Staude
- [22] <http://www.rave-survey.aip.de/rave/index.jsp>
- [23] <http://spacespin.org/> ESA's Hipparcos finds rebels with a cause Wednesday, October 20 2004
- [24] "The Ing Newsletter" No. 5, October 2001- The Andromeda Stream: A Giant Trail of Tidal Stellar Debris in the Halo of M31- Mike Irwin

Autore articolo:

Leonardo Malentacchi

Revisore Scientifico:

Leonardo Malentacchi