

Gaia: La mappa della Galassia

Introduzione

Gaia è una missione astronomica dell'ESA progettata per rivoluzionare le nostre conoscenze della Galassia mediante una precisa e dettagliata survey stereoscopica del miliardo di oggetti più brillanti del cielo. L'astrometria ad alta precisione permetterà a Gaia di localizzare la posizione delle stelle nelle tre dimensioni e di misurarne il loro movimento sulla sfera celeste. Gaia raccoglierà anche dati di tipo spettroscopico, dai quali verranno determinate le velocità radiali, e di tipo fotometrico, che permetteranno di misurare la luminosità delle stelle in alcune dozzine di colori. Questo insieme di dati produrrà una mappa tridimensionale e dinamica della Via Lattea di ampiezza e precisione mai raggiunte prima e svelerà inoltre le proprietà fisiche di ciascuna stella, quali la luminosità, la gravità superficiale, la temperatura e la composizione chimica.

Potendo esaminare tutti i corpi celesti fino alla magnitudine 20, Gaia osserverà una frazione significativa della popolazione della Via Lattea, fornendo agli scienziati i dati per affrontare problemi tuttora irrisolti riguardanti la nostra galassia e dando la possibilità di rivelare la storia della sua formazione, il suo stato attuale e l'evoluzione futura, contribuendo in generale all'avanzamento generale degli studi sulle galassie. Inoltre, una survey di questo tipo, nella quale l'unico requisito osservativo è quello sulla

Un'avanzata analisi dati tradurrà i dati grezzi di Gaia nel prodotto finale della missione: il Catalogo Gaia, un vasto censimento della Galassia ricco di contenuti scientifici. Oltre che per gli studi sulla Via Lattea, l'accuratezza senza precedenti e la mancanza di una selezione a priori degli oggetti di questa survey dell'intera sfera celeste risulterà preziosa, e persino rivoluzionaria, per un'enorme gamma di discipline scientifiche; la gran quantità di dati di Gaia favorirà l'avanzamento della conoscenza in ambiti scientifici differenti come l'evoluzione stellare, la distribuzione di materia oscura e la Relatività Generale. Infine, l'essere una survey di tutto il cielo, senza preselezione degli oggetti, rende potenzialmente elevata la possibilità di imbattersi in nuove scoperte.

Credito: ESA - C. Carreau

Sviluppo temporale e raggiungimenti



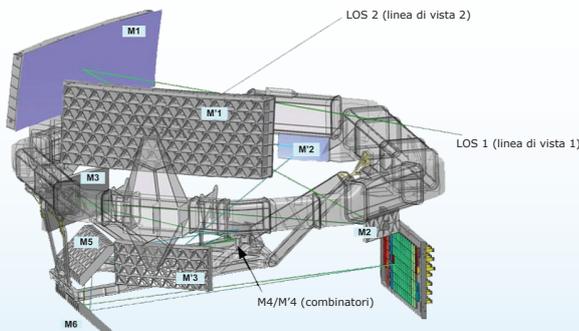
magnitudine, per come è concepita includerà stelle esotiche, o che si trovano in momenti di breve durata della loro storia evolutiva, come anche molte migliaia di nane brune e di pianeti extrasolari. Gaia mapperà molto dettagliatamente i nostri dintorni, scoprendo centinaia di migliaia di corpi minori del Sistema Solare. Al di fuori della Via Lattea, Gaia osserverà anche oggetti extragalattici luminosi come quasar e supernovae, e risolverà molte galassie distanti.

Selezionata dall'ESA come missione di tipo Cornerstone nel 2000, attualmente il suo lancio è previsto per il 2013. Gaia, sfruttando l'esperienza generata da Hipparcos, la prima missione di astrometria dallo spazio, continua la tradizione pionieristica dell'Europa in questo campo. Gaia supererà il suo predecessore di diversi ordini di grandezza in termini di accuratezza, di magnitudine limite e di numero di oggetti osservati. Inoltre, il campione di oggetti osservati da Gaia sarà completo e senza selezioni a priori, diversamente da Hipparcos per il quale era stata preparata una lista di oggetti preselezionati (predeterminati).

Il satellite e lo strumento astrometrico

All'interno del satellite, gli strumenti di Gaia sono montati su di una struttura esagonale. Il payload conterà due telescopi col piano focale in comune, ciascuno orientato verso una specifica apertura dell'involucro. Ciascuna delle due direzioni di vista, separate da un angolo di base di $106,5^\circ$ ha una dimensione angolare di $1,7^\circ$ per $0,6^\circ$.

La luce di un oggetto celeste entra nel dispositivo attraverso una delle due aperture, colpendo il grande specchio primario (M1 e M'1 nello schema del payload). Tramite una serie di riflessioni successive, a partire dallo specchio primario la luce percorre una lunghezza focale di 35 metri, alla fine della quale i due percorsi si incontrano nello specchio combinate M4/M'4 e raggiungono infine il piano focale comune. Su di esso si trova un grande mosaico di sofisticati CCD progettati specificamente per questo strumento, ma che essenzialmente sono dei rivelatori di luce simili a quelli che si possono trovare nelle macchine fotografiche digitali. Con 106 CCD, l'intero piano focale conta quasi un miliardo di singoli pixel (un 'gigapixel') rispetto ai milioni di una macchina fotografica normale.



Il Payload di Gaia

Mentre tutto il satellite, lentamente, ruota, la luce proveniente dall'oggetto celeste (ovvero l'immagine dell'oggetto) attraversa il piano focale. In questa maniera Gaia scansiona continuamente tutto il cielo sfruttando i moti di rotazione e di precessione del satellite. Ogni zona del cielo viene osservata circa 70 volte durante la vita operativa del satellite.

Le misure astrometriche di Gaia vengono fatte usando il concetto di astrometria globale dimostrato con successo da Hipparcos.

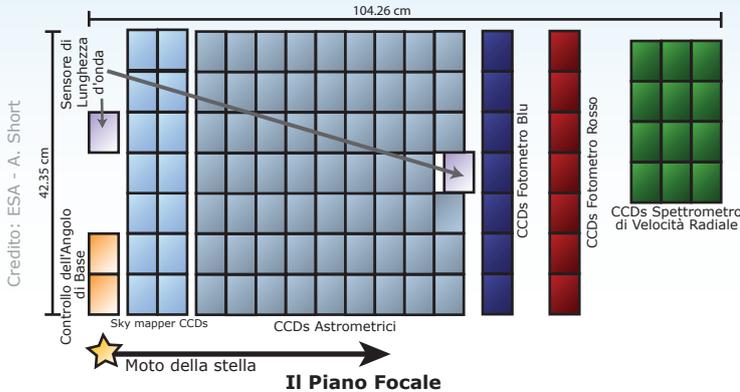
Credito: EADS Astrium

Credito: R. Hurt (SSC), JPL-Caltech, NASA



Gaia osserverà la Via Lattea con straordinaria precisione

A partire dalla misura di posizione delle immagini istantanee, Gaia stima la separazione relativa delle migliaia di stelle istantaneamente presenti nei campi di vista combinati. Tramite l'osservazione ininterrotta del cielo attraverso tali campi di vista, risultante dal moto di scansione continuo del satellite, queste misure angolari vengono accumulate nel tempo. L'elevata risoluzione angolare (e di conseguenza l'elevata precisione della posizione) nella direzione di scansione è ottenuta grazie allo specchio primario di ciascun telescopio, di dimensioni 1.45 x 0.5 m², e lunghezza focale di 35 m. La possibilità di misurare grandi angoli permette di ottenere un'ottima rigidità del sistema di riferimento risultante.



Il campo astrometrico del piano focale è costituito da una serie di 62 CCDs, ciascuno dei quali viene letto tramite una integrazione a tempo ritardato, sincrona con il moto di scansione del satellite. Non appena le stelle entrano nel campo di vista combinato, esse attraversano una prima serie di CCDs chiamati 'sky mapper'; questi hanno il compito di rilevare l'oggetto e di processare in tempo reale le informazioni di posizione e magnitudine in modo da definire una finestra di lettura per l'estrazione dei dati relativi a tale oggetto nei CCDs seguenti. Poiché la magnitudine limite di Gaia è circa 20 nella sua propria banda in luce bianca (V=20 per stelle blu, V=22 per stelle rosse), tutti gli oggetti più brillanti di questo limite, all'istante di osservazione, verranno misurati da Gaia.

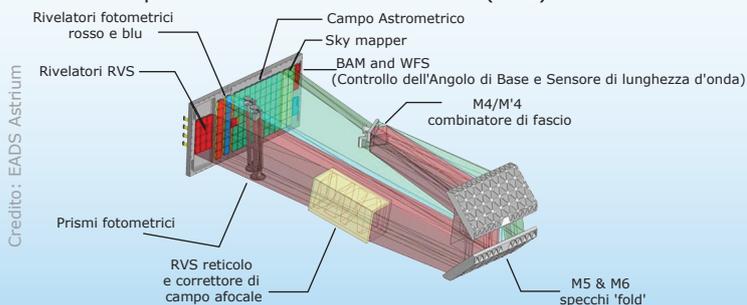
Accuratezze Astrometriche

Stella Magnitudine	B1V	G2V	M6V
V < 10	< 7 μ as	< 7 μ as	< 7 μ as
V = 15	< 25 μ as	< 24 μ as	< 12 μ as
V = 20	< 300 μ as	< 300 μ as	< 100 μ as

Strumenti fotometrico e spettroscopico

Lo strumento fotometrico di Gaia consiste di due prismi 'fused-silica' a bassa risoluzione che disperdono tutta la luce che entra nel campo di vista, entrambi posizionati tra l'ultimo specchio (M6) ed il piano focale del telescopio. Un dispersore, il fotometro blu (BP), opera nel range di lunghezze d'onda 330-680 nm; l'altro, il fotometro rosso (RP), copre il range di lunghezze d'onda 640-1050 nm. La dispersione dei prismi va da 3 a 29 nm/pixel per il BP e da 7 a 15 nm/pixel per l'RP. Tali misure simultanee della distribuzione spettrale dell'energia permettono di stimare importanti parametri astrofisici quali temperatura, gravità, e metallicità per tutte stelle osservate.

Oltre allo strumento fotometrico, Gaia possiede uno strumento chiamato Spettrometro di Velocità Radiale (RVS). L'RVS fornisce



Gli Strumenti di Gaia

Per ulteriori informazioni su Gaia: <http://www.rssd.esa.int/gaia>

Per ulteriori informazioni su DPAC: <http://www.rssd.esa.int/gaia/dpac>

la terza componente della velocità spaziale di tutte le stelle fino a circa la 17ma magnitudine. Lo strumento è uno spettrografo a campo integrale operante nel vicino infrarosso (847-874 nm), a media risoluzione, che disperde tutta la luce che entra nel campo di vista. Tale dispersione è ottenuta per mezzo di un gruppo ottico posizionato tra M6 ed il piano focale, che contiene un reticolo ed una lente correttiva afocale, composta di 4 prismi 'fused-silica'.

I fotometri e l'RVS sono integrati insieme allo strumento astrometrico ed ai telescopi, in modo tale che la luce dalle due direzioni di vista si sovrapponga sui CCDs fotometrici e dell'RVS. L'RVS ed i fotometri usano la funzione dello sky mapper (astrometrico) per la rivelazione e conseguente conferma degli oggetti nel campo. Gli oggetti vengono poi selezionati per osservazioni RVS in base alle misure fatte nel fotometro a luce rossa.

Il Consorzio per il Processamento e l'Analisi dei Dati

La natura della missione Gaia comporta l'acquisizione di un'enorme quantità di dati complessi ed estremamente precisi, che rappresentano osservazioni multiple di un miliardo di oggetti diversi tramite uno strumento dalla 'doppia visione', che ha un moto di rotazione (su se stesso) e uno di precessione. La sfida dei dati Gaia - trasformare la telemetria dei dati grezzi dal satellite in un prodotto di valore scientifico - è quindi un compito enorme in termini di competenze, sforzo, e potenza computazionale.

Verso la fine del 2006, l'ESA ha emesso un Annuncio di Opportunità per la riduzione dati Gaia, sollecitando proposte per la realizzazione e le operazioni del segmento di processamento dei dati a terra: una intera pipeline di riduzione che dovrà realizzare i prodotti intermedi e finali della missione. In risposta a tale annuncio, un esteso team Europeo di esperti scienziati e sviluppatori di software ha sottoposto una proposta per un sistema globale in grado di trattare il problema della riduzione dati Gaia nelle sue dimensioni reali e nella sua complessità. Nel Maggio 2007, il Comitato per i Programmi Scientifici dell'ESA ha approvato tale proposta nella forma stilata dal Data Processing and Analysis Consortium (DPAC), che, a quel punto, è stato ufficialmente investito della responsabilità per il processamento e

Persone chiave in Gaia

Project Scientist:	Timo Prusti (ESA)
SOC Manager:	William O'Mullane (ESA)
Project Manager:	Giuseppe Sarri (ESA)
DPAC Project Coordinator:	Sebastian Els
DPAC Executive Chair:	Anthony Brown (Leiden Observatory)
DPAC Executive Deputy Chair:	Antonella Vallenari (Padova Astronomical Observatory)
EADS Astrium Project Manager:	Vincent Poinignon

l'analisi dei dati Gaia.

DPAC è una collaborazione che attinge i suoi membri da tutta l'Europa, vantando una comunità diversificata di circa 400 scienziati e ingegneri del software provenienti da più di 20 paesi, e più di 6 grandi Centri di Processamento Dati. Il Consorzio raggruppa abilità e competenze da tutto il continente, con una natura internazionale e uno spirito di cooperazione che riflettono quelli della stessa ESA.

Coordinato dal Direttore Esecutivo del DPAC, il consorzio è suddiviso in nove più piccole unità specialistiche, note come Unità di Coordinamento, (CU), a ciascuna delle quali è assegnata una parte specifica del processamento dati. Le CU sono coadiuvate dai 6 Centri di Processamento Dati (DPC). In questi centri sono disponibili le risorse hardware informatiche per la riduzione dati.

La gestione delle operazioni e sviluppo di DPAC è affidata all'ufficio del progetto (PO).

EADS Astrium

Nel Maggio 2006, lo specialista Europeo per sistemi satellitari EADS Astrium ha firmato un contratto con l'ESA per sviluppare e realizzare il satellite Gaia. La tecnologia di frontiera utilizzata per il satellite e gli strumenti si avvale della considerevole esperienza Astrium, in particolare nella realizzazione di telescopi con carburo di silicio, come quelli usati nell'Herschel Space Observatory. Inoltre, avendo partecipato alla realizzazione del predecessore di Gaia, Hipparcos, EADS Astrium porta sicuramente un bagaglio di esperienza in più al progetto.