



1 IL MISTERO DEI GAMMA RAY BURST

Da quando, alla fine degli anni Sessanta, i satelliti militari americani Vela scoprirono casualmente improvvisamente quanto inaspettate esplosioni cosmiche di altissima energia, i *gamma-ray burst* sono diventati uno dei più affascinanti misteri dell'astronomia.

Questi lampi di luce nella banda gamma dello spettro elettromagnetico, della durata compresa tra qualche millisecondo e diversi minuti, sembrano avere energie molto superiori a quelle emesse dai più luminosi oggetti dell'universo e, con la sensibilità degli strumenti di osservazione attuali, se ne rivela circa uno al giorno. La distribuzione in cielo è uniforme e ogni sorgente è stata osservata un'unica volta, con l'esclusione di pochissime eccezioni.

In trent'anni di osservazioni e studi sono state scoperte molte caratteristiche di questi misteriosi fenomeni cosmici, ma l'enigma sulla loro origine non è ancora chiarito. Fino a qualche anno fa questo era dovuto soprattutto alla difficoltà di identificare in immagini ottiche e radio le sorgenti responsabili dell'emissione gamma e alla conseguente impossibilità di stabilire la distanza degli oggetti celesti che generano tali fenomeni.

Negli anni scorsi il satellite italiano BeppoSAX ha dato un fondamentale contributo alla comprensione della natura dei *gamma-ray burst* scoprendo l'esistenza di una emissione di radiazione nella banda X e ottica che persiste per molte ore dopo l'evento esplosivo e determinandone per la prima volta con precisione la posizione nel cielo.

La comunità scientifica italiana partecipa ora a pieno titolo alla realizzazione della prima missione pensata proprio per sciogliere il mistero dei lampi gamma, Swift. Tale presenza è solo uno degli elementi della strategia dell'Agenzia Spaziale Italiana in questo settore dell'astrofisica, strategia che tende a mettere a frutto l'esperienza maturata nel nostro paese nella costruzione di strumenti spaziali per le alte energie e nell'analisi dei dati da essi ottenuti e che prevede il lancio nel 2005 di un satellite per astronomia gamma tutto italiano, AGILE (Astrorivelatore Gamma ad Immagini Leggero) e la partecipazione ad altre importanti missioni internazionali, come GLAST (Gamma-ray Large Area Space Telescope) della NASA.

2 SWIFT: A CACCIA DI ESPLOSIONI COSMICHE

La missione Swift è stata selezionata dalla NASA, nell'ambito del programma MIDEX (Medium-class Explorers), con lo scopo di studiare i *gamma-ray burst* in diverse bande dello spettro elettromagnetico per scoprirne l'origine. Il satellite sarà lanciato a ottobre 2004 con un razzo Delta 7320 e verrà posto su un'orbita a circa 600 Km di altezza e a bassa inclinazione dalla quale in due anni osserverà più di duecento lampi.

Swift avrà a bordo tre strumenti: il Burst Alert Telescope (BAT) per rivelare e localizzare velocemente i *gamma-ray bursts*, affiancato dall'X-Ray Telescope (XRT) e dall'UltraViolet/Optical Telescope (UVOT) che saranno automaticamente puntati verso il lampo entro poche decine di secondi dall'evento per studiare l'emissione di radiazione elettromagnetica che segue l'esplosione.

Una caratteristica fondamentale della missione è la velocità con cui saranno determinate e trasmesse le coordinate del lampo e, poco dopo, i dati acquisiti dai telescopi X e ottico. Questo permetterà ad altri osservatori, a terra e nello spazio, di studiare rapidamente l'evento in altre bande spettrali e con diversi strumenti e ottenere informazioni complementari, fondamentali per la comprensione del fenomeno. Inoltre, Swift potrà ricevere indicazioni sulla scoperta di un *gamma-ray burst* da parte di un altro osservatorio e puntare velocemente i suoi strumenti nella direzione segnalata.

Particolarmente interessante potrà essere la sinergia con il satellite italiano AGILE, che sarà l'unico sensibile alle emissioni di più alta energia (dell'ordine dei GeV) e permetterà quindi di studiare simultaneamente le proprietà spettrali su una banda più ampia di quella accessibile fino ad oggi.

Nell'intervallo tra un lampo e il successivo Swift eseguirà altri programmi scientifici tra cui osservazioni di ampie porzioni di cielo alla lunghezza d'onda dei raggi X duri (energia compresa tra 15 e 150 KeV), che permetteranno di studiare la distribuzione delle sorgenti che emettono questo tipo di radiazione con una sensibilità mai raggiunta prima.

La missione è realizzata dalla NASA, in collaborazione con Italia e Gran Bretagna. Il contributo italiano riguarda la fornitura degli specchi dell'X-Ray Telescope, l'utilizzo della stazione di Malindi in Kenia per la gestione operativa e il controllo della missione, la partecipazione allo sviluppo del software scientifico attraverso l'ASI Science Data Center (ASDC) e il contributo alla riduzione e analisi dei dati da parte dell'Osservatorio Astronomico di Brera e dello stesso ASDC.

3 COSA SAPPIAMO DEI GAMMA-RAY BURST

Alla fine degli anni Sessanta i satelliti militari americani Vela, lanciati con lo scopo di vigilare sul rispetto dei trattati sulle armi nucleari rivelando radiazione gamma prodotta nell'atmosfera terrestre da eventuali esplosioni, osservarono invece brevi ma violente emissioni di alta energia provenienti dallo spazio. La scoperta fu pubblicata solo nel 1973 a causa del segreto militare, lasciando aperte tutte le possibilità riguardo la spiegazione del fenomeno. I dati dei satelliti Vela non permettevano infatti di localizzare con precisione la zona di provenienza del lampo e di determinarne la distanza.

Gli scienziati si divisero tra l'ipotesi di un'origine galattica (per esempio l'esplosione di una stella di neutroni nella Via Lattea) e la possibilità che i lampi provenissero invece da oggetti remoti, situati a distanze cosmologiche, cosa che avrebbe implicato però energie davvero enormi.

Le osservazioni compiute all'inizio degli anni Novanta dallo strumento Burst And Transient Source Experiment (BASTE) a bordo del satellite americano Compton Gamma-Ray Observatory (CGRO) segnarono un punto a favore dell'origine extragalattica. Furono osservati e localizzati infatti alcune centinaia di lampi e si ebbe l'evidenza che essi sono distribuiti uniformemente sulla sfera celeste e non concentrati sul piano galattico. I dati forniti dagli strumenti del CGRO permisero anche di determinare la frequenza dei lampi (circa uno al giorno) e di identificarne due classi: brevi (durata minore di due secondi) e lunghi.

Il problema del calcolo della distanza è stato risolto solo nel 1997, grazie alle osservazioni del satellite italiano BeppoSAX che ha scoperto l'esistenza di radiazione emessa dopo il lampo ad altre lunghezze d'onda, fenomeno denominato *afterglow*. L'importanza di rivelare radiazione nelle bande X, ottica e radio associata al *burst* sta nel fatto che da queste osservazioni siamo in grado di determinare con grande precisione la posizione della sorgente. Queste misure hanno quindi permesso di stabilire che le esplosioni provengono da galassie lontane e hanno fornito preziose informazioni sull'ambiente dove questi fenomeni hanno origine.

Così, dopo quasi trent'anni, gli scienziati hanno potuto stabilire che i corpi celesti che emettono i *gamma-ray burst* si trovano davvero a distanze cosmologiche e, di conseguenza, che la loro energia è enorme, pari a quella che si otterrebbe dall'annichilazione in luce di tutta la massa del nostro Sole, in pochi istanti. I lampi sono, cioè, l'esplosione più grande dell'Universo dopo il Big Bang.

In quanto alla natura delle sorgenti dei lampi, le ipotesi più accreditate parlano della fusione di due stelle di neutroni in un buco nero o dell'esplosione di una ipernova, la fase finale della vita di una stella con massa pari o maggiore di quaranta volte di quella del Sole.

4 IL RUOLO DI BEPPoSAX E L'ESPERIENZA ITALIANA

L'astrofisica delle alte energie, nelle bande X e gamma, è una scienza relativamente giovane, nata con la conquista dello spazio. La radiazione di questa lunghezza d'onda viene infatti assorbita dall'atmosfera terrestre e per osservarla è necessario portare gli strumenti in orbita.

Gli italiani possono essere considerati tra i padri di questo ramo dell'astronomia moderna: Bruno Rossi negli Stati Uniti e Giuseppe Occhialini, detto "Beppo", in Europa sono stati infatti tra i primi a sviluppare tecniche osservative e a sperimentare in questi campi. Un allievo di Occhialini, e collaboratore di Bruno Rossi, Riccardo Giacconi, individuò la prima sorgente X extrasolare, scoperta per la quale ha ottenuto il Premio Nobel 2003; lo stesso Occhialini, un decennio più tardi, fu promotore in Europa del primo satellite gamma per l'astronomia: il COS-B, dell'allora neonata Agenzia Spaziale Europea.

Sulla base di questa esperienza, alla fine degli anni Settanta, nacque l'idea di realizzare un satellite italiano per osservazioni astronomiche nella banda X, che si concretizzò il 30 aprile 1996 quando il centesimo volo del razzo Atlas-Centaur partì da Cape Canaveral con a bordo SAX, il Satellite per Astronomia X, poi ribattezzato "BeppoSAX" in onore di Occhialini. Il satellite fu immesso in un'orbita equatoriale a 600 km di altezza, con un periodo orbitale di 97 minuti, da dove ha osservato per sei anni l'emissione X dell'Universo producendo dati di alta qualità pubblicati in più di mille articoli scientifici.

Tra i tanti contributi alle conoscenze astrofisiche, BeppoSAX ha osservato più di trenta *gamma-ray bursts* e ha lanciato segnali di allerta ad altri strumenti spaziali o terrestri le cui osservazioni hanno permesso la misura della distanza delle sorgenti dei lampi.

La tradizione italiana in questo campo, caratterizzato dalla collaborazione tra astrofisici e fisici delle particelle per la realizzazione di rivelatori sempre più sensibili, è dimostrata anche dall'importante ruolo avuto da scienziati del nostro Paese nelle missioni europee XMM-Newton e INTEGRAL (INTERNATIONAL Gamma-Ray Astrophysical Laboratory), attualmente in piena attività. E' previsto invece per il 2005 il lancio del satellite tutto italiano dedicato all'astronomia gamma, AGILE.

5 GLI STRUMENTI A BORDO DEL SATELLITE

La missione Swift è stata progettata appositamente per lo studio dei *gamma-ray burst*, sulla base dei metodi di rivelazione e dei risultati di BeppoSAX. Avrà a bordo tre strumenti che lavoreranno in modo coordinato tra loro, oltre a fornire preziose indicazioni per l'osservazione degli eventi da parte di altri telescopi, a terra e nello spazio.

Lo strumento principale per la scoperta dei *gamma-ray burst* è il Burst Alert Telescope (BAT) che ha lo scopo di individuare i lampi e ottenerne una prima localizzazione. Lavora nell'intervallo 15-150 keV e, in circa 10 secondi, fornirà agli altri strumenti del satellite e a terra, l'intensità e la posizione del *burst*, con una precisione dell'ordine del minuto d'arco. Poiché non è possibile focalizzare la radiazione gamma, a causa del suo alto grado di penetrazione in tutti i tipi di materiali, BAT, come molti altri strumenti che lavorano in questa banda spettrale, fa uso di una maschera codificata, cioè una piastra di materiale opaco alla radiazione, con fori opportunamente posizionati, sistemata a una distanza dal rivelatore. Il funzionamento si basa sul fatto che i fotoni gamma incidenti sulla maschera proiettano un'immagine costituita da zone di luce e di ombra, sempre uguale, ma spostata rispetto al centro di una distanza che corrisponde all'angolo d'incidenza della radiazione e quindi alla sua direzione di provenienza.

In meno di 90 secondi dalla scoperta del lampo da parte del BAT, Swift si riorienterà automaticamente in modo da inquadrarlo nel campo di vista del X-ray Telescope (XRT) e dell'UV/Optical Telescope (UVOT). Il primo, che lavora nell'intervallo 0.3-10 keV, fornirà in pochi secondi una localizzazione più precisa del lampo (5 secondi d'arco) e acquisirà flussi, spettri e curve di luce del *burst* e dell'*afterglow*. Lo strumento ottico e ultravioletto invece, costituito da un telescopio di 30 centimetri di diametro e da due rivelatori CCD, ognuno fornito di dieci diversi filtri per osservare in diverse regioni della banda spettrale compresa tra 170 e 650 nm, sarà in grado di determinare la posizione del *burst* con la precisione di 0.3 secondi d'arco e di fornire una prima stima della distanza e quindi della potenza dell'esplosione.

I dati di XRT e UVOT permetteranno, tra l'altro, di misurare la distanza della sorgente anche nei caso dei lampi brevi, misura finora mai effettuata. Durante queste osservazioni, BAT continuerà a tenere sotto controllo la zona del lampo per studiare l'evoluzione dell'emissione gamma.

6 IL CONTRIBUTO ITALIANO

L'esperienza della comunità scientifica e dell'industria italiana nel campo dell'astrofisica delle alte energie ha portato a una partecipazione nazionale importante alla missione Swift.

Gli specchi del telescopio per le osservazioni nella banda X sono stati realizzati interamente in Italia, sotto la responsabilità di Guido Chincarini dell'Osservatorio Astronomico di Brera. Per focalizzare questo tipo di radiazione, energetica e molto penetrante, è necessario che essa colpisca lo specchio da una direzione quasi parallela alla superficie di incidenza. I telescopi X sono quindi costituiti da specchi di forma parabolica e iperbolica allineati con la linea di vista e "annidati" uno dentro l'altro per aumentare la superficie di raccolta. Per ottenere specchi con le caratteristiche necessarie agli scopi astronomici è stata sviluppata una tecnologia particolare dal momento che devono essere levigati con una precisione molto alta. Scienziati e industria italiani hanno un elevato grado di specializzazione nella realizzazione di questo genere di ottiche e le hanno già costruite per il satellite BeppoSAX, per la missione europea XMM-Newton e per JET-X (Joint European X-Ray Telescope), del quale si è utilizzato il modulo di riserva per Swift.

Altro importante contributo italiano alla missione Swift è l'utilizzo della base ASI di Malindi in Kenia (Broglia Space Center) come stazione di controllo e per la comunicazione con il satellite. L'ASI, che ha già utilizzato con successo la base come parte del *ground segment* della missione BeppoSAX, mette a disposizione la stessa antenna in banda S di 10 metri di diametro e tutti i sistemi di gestione delle trasmissioni, appositamente rinnovati. E' stato inoltre costruito un nuovo edificio per ospitare strumentazione e materiale.

Infine, l'Italia partecipa alla gestione dei dati con l'Italian Swift Archive Center (ISAC) che avrà sede presso l'ASI Science Data Center (ASDC) e presso l'Osservatorio di Brera. ISAC ospiterà una copia di tutti i dati della missione e li renderà immediatamente disponibili alla comunità scientifica. L'ASDC svilupperà inoltre il *software* di riduzione dei dati delle osservazioni di XRT e supporterà la comunità scientifica italiana nell'analisi dei dati, mentre a Brera saranno creati e aggiornati i dati per le calibrazioni e verranno effettuate accurate analisi scientifiche.

**SWIFT È UNA MISSIONE DEL PROGRAMMA MIDEX DELLA NASA
REALIZZATA IN COLLABORAZIONE CON ITALIA E GRAN BRETAGNA.**

L'Agenzia Spaziale Italiana finanzia, coordina e gestisce la partecipazione nazionale al programma.

Istituti scientifici coinvolti

- Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) – Osservatori di Brera, Roma, Catania e Firenze
- Scuola Normale di Pisa
- Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) - IASF Milano e Palermo
- Scuola Internazionale Studi Superiori Avanzati (SISSA), Trieste
- Centro Ricerca Progetto San Marco (CRPSM), Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale, Università di Roma La Sapienza
- Consorzio Interuniversitario per la Fisica Spaziale (CIFS)
- ASI Science Data Center (ASDC)

Industrie coinvolte

- Telespazio
- Dataspazio

Coinvolgimento tecnico-scientifico ASI

- Unità "Osservazione dell'Universo"
- Unità "Segmento di Terra"