

Relazione sull'attività di ricerca per tesi

Om Sharan Salafia

Dottorato di Ricerca in Fisica e Astronomia - XXX ciclo

Università degli Studi di Milano-Bicocca, a.a. 2015/2016

1 Introduzione

Durante il primo anno di dottorato, la mia attività di ricerca è stata una naturale prosecuzione del mio percorso di tesi magistrale, svolta nel gruppo di astrofisica delle alte energie dell'Osservatorio Astronomico di Brera - sede di Merate, diretto da Gabriele Ghisellini. Ho studiato principalmente i Lampi a Raggi Gamma (in inglese *Gamma-Ray Bursts*, in breve GRB), che sono fenomeni che si osservano principalmente grazie a rivelatori posti fuori dall'atmosfera terrestre (montati a bordo di satelliti). Quando uno di questi rivelatori è investito dalla radiazione di un GRB, registra un flusso di fotoni estremamente variabile, per una durata totale che va da meno di un secondo a centinaia o anche migliaia di secondi.

La ricerca circa la natura di questi fenomeni dura da diverse decine di anni (la prima osservazione di un GRB risale al 1967), durante i quali l'avanzamento delle tecniche di osservazione ha permesso di chiarire alcuni aspetti fondamentali, ma ha anche aperto molti nuovi quesiti.

Un aspetto consolidato è l'associazione di alcuni di questi eventi con delle supernovae: osservazioni (principalmente in banda ottica) di alcuni GRB in galassie relativamente vicine hanno permesso di identificare esplosioni di supernova spazialmente e temporalmente coincidenti con essi. Questo implica che almeno alcuni progenitori dei GRB devono essere stelle massive in fase di collasso gravitazionale (cioè gli stessi progenitori delle supernovae osservate). L'identificazione delle galassie ospite e altre osservazioni hanno permesso di misurare il *redshift* (lo spostamento verso il rosso delle righe spettrali), da cui si può ricavare la distanza, che a sua volta permette di calcolare l'energia emessa in fotoni dai GRB. Questa energia può raggiungere valori pari all'energia di massa del Sole: ciò indica che alla base del GRB deve essere in atto un processo fisico in grado di convertire massa in energia in un modo estremamente efficiente. Alte efficienze di conversione, in situazioni astrofisiche, sono possibili solo in presenza di accrescimento di massa su un buco nero o su una stella di neutroni: per questo motivo si pensa che alla base del GRB vi sia un processo di questo genere.

L'idea più diffusa ad oggi, infatti, è che alla base di un GRB vi sia un buco nero rotante, circondato da un disco di accrescimento, che attraverso un meccanismo magnetoidrodinamico produce un "getto" (accelera cioè del plasma entro un angolo solido piccolo) lungo il proprio asse di rotazione. Se questo getto è rivolto verso la Terra, i nostri strumenti rivelano un GRB.

Oltre alle stelle massive, un altro possibile progenitore dei GRB è la coalescenza di due oggetti compatti (nello specifico, di due stelle di neutroni o di un buco nero e una stella di neutroni). Il risultato della coalescenza è un buco nero (o una stella di neutroni) circondato da materiale legato gravitazionalmente ad esso, che può formare un disco di accrescimento: la configurazione adatta a generare un GRB.

La coalescenza di due oggetti compatti è anche la sorgente di onde gravitazionali più intensa e più facile da osservare con gli strumenti oggi disponibili, *Advanced LIGO* (*Laser Interferometer Gravitational wave Observatory*, negli Stati Uniti) e *Advanced Virgo* (in Italia). L'osservazione contemporanea di onde gravitazionali e radiazione elettromagnetica emesse da un simile fenomeno rappresenta oggi un traguardo estremamente importante per la comunità scientifica, per la quantità di informazioni che permetterebbe di ricavare, e per la portata che queste informazioni avrebbero nella nostra comprensione dell'Universo.

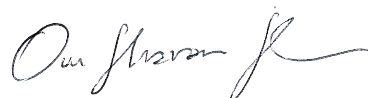
2 Il mio lavoro di ricerca

Il mio lavoro di ricerca per la tesi di dottorato si è sviluppato su due filoni: da una parte, in continuità con l'anno precedente, ho studiato gli effetti osservativi che possono identificare un GRB quando il getto che lo produce non è rivolto esattamente verso la Terra, ma è lievemente disallineato. In *Structure of gamma-ray burst jets: intrinsic versus apparent properties*, articolo pubblicato a luglio 2015 su *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (MNRAS) di cui sono il primo autore, si dimostra che la presenza di una struttura (un profilo di velocità e di energia) nel getto del GRB (che è in linea con i risultati delle simulazioni numeriche) permette di spiegare diverse proprietà osservative dei GRB semplicemente tenendo conto del fatto che ognuno è visto sotto un angolo di vista diverso. A giugno di quest'anno è stato pubblicato, sempre da MNRAS, l'articolo *Light curves and spectra from off-axis gamma-ray bursts*, di cui sono il primo autore, in cui si mostra che le curve di luce di GRB leggermente disallineati con la linea di vista hanno caratteristiche di variabilità che permettono di spiegare le proprietà di una classe di GRB apparentemente peculiari.

Il secondo filone di ricerca verte invece sullo studio delle proprietà della popolazione dei GRB "corti-duri" (*short-hard* GRB, in breve sGRB, presumibilmente associati a coalescenza di oggetti compatti) e sulla previsione, basata su tali proprietà, del tasso di GRB nel volume di Universo esplorabile con i rivelatori di onde gravitazionali. Questa informazione è preziosa perché permette di ottimizzare le strategie osservative al fine di realizzare l'osservazione di onde gravitazionali e elettromagnetiche dallo stesso fenomeno. L'articolo *Short GRBs at the dawn of the gravitational wave era* (che verrà pubblicato il mese prossimo su *Astronomy & Astrophysics*), di cui sono il secondo autore, descrive il primo lavoro in cui le proprietà della popolazione dei sGRB vengono ricavate tenendo conto di tutte le informazioni osservative disponibili al momento.

Sempre all'interno di questo filone, a partire dall'anno scorso collaboro con Eric Chassande-Mottin, ricercatore del CNRS francese e membro della collaborazione scientifica LIGO-Virgo, e con diversi altri ricercatori per usare questi e altri risultati al fine di trovare nuove strategie osservative per l'osservazione in coincidenza di onde gravitazionali e radiazione elettromagnetica emesse durante la coalescenza di due oggetti compatti.

In fede
Om Sharan Salafia



Visto
Il relatore Gabriele Ghisellini

