

COMPITI E SUDDIVISIONE FONDI TRA LE UNITÀ DI RICERCA
prot. 2005025417

Coordinatore Scientifico	Guido CHINCARINI
Ateneo	Università degli Studi di MILANO-BICOCCA
Titolo della Ricerca	Che cosa sono i GRBs, quale la loro origine e quella dei loro progenitori? Osservazioni, modelli e teoria nell'epoca seguente al lancio di Swift.
Finanziamento assegnato	Euro 352.000
Durata	24 Mesi

Obiettivo della Ricerca

L'origine dei gamma-ray bursts (GRB), scoperti alla fine degli anni '60, e' rimasta un mistero per oltre tre decenni. Si tratta di brillanti lampi gamma che si verificano circa una volta al giorno e sono distribuiti in modo isotropo nel cielo (Briggs 1996). Possono durare da alcuni millisecondi ad alcune centinaia di secondi, seguendo una distribuzione bimodale che picca a 0.3s (short GRB) e 30s (long GRB) (Kouveliotou et al. 1993). Negli ultimi dieci anni si sono ottenuti notevoli risultati per i long GRB grazie a BeppoSAX che scopri' gli 'afterglow' nella banda X (Costa et al. 1997), ovvero sorgenti brillanti la cui luminosita' e' in rapido declino. Osservazioni alle frequenze ottiche, NIR e radio (van Paradijs et al. 1997; Frail et al. 1997; Metzger et al. 1997) permisero la scoperta di afterglow anche a queste lunghezze d'onda e di stabilire la loro distanza e scala energetica, provandone la natura cosmologica. Con un redshift medio di $z \sim 1$ (2.4 nel campione scoperto da Swift), i GRB rilasciano una energia di $1E51$ $1E52$ erg (correggendo per l'angolo di beaming). Inoltre, lo studio delle curve di luce e degli spettri degli afterglow ha fornito molte informazioni riguardo la fisica di queste esplosioni ed ha svelato che i loro progenitori sono 'core-collapse' supernovae (Galama et al. 1998; Hjorth et al. 2003; Malesani et al. 2004). Recentemente si e' scoperta una nuova classe di transienti che emettono alle alte energie (Heise et al. 2002), denominati lampi X (X-ray flashes, XRFs). Quest'ultimi sono eventi con spettro piu' soft e con un picco nella banda X, che probabilmente sono l'estensione del fenomeno GRB a piu' basse energie. Tuttavia, i loro afterglow sono ancora per lo piu' sconosciuti. Per migliorare la nostra comprensione dei GRB e dei loro afterglow, occorre studiarli su piu' frequenze e su tempi scala che vanno da qualche minuto sino a qualche giorno dopo l'esplosione. Con il lancio di Swift (20 novembre 2004), missione in cui il nostro gruppo ricopre un ruolo fondamentale, tutto questo e' possibile (Gehrels et al. 2004). Swift condurra' osservazioni profonde di afterglow X (XRT - X-ray Telescope) ed ottici (UVOT - Ultraviolet Optical Telescope) per centinaia di GRB. Poiche' gli afterglow decadono velocemente, la risposta rapida di Swift (~1 min), permette osservazioni quando gli afterglow sono ordini di grandezza piu' brillanti rispetto ad alcune ore dopo l'esplosione che e' stato il tipico tempo di osservazione negli anni passati. Swift ha gia' iniziato ad arricchire la scienza dei GRB ed i suoi primi risultati sono gia' stati pubblicati. In particolare, il comportamento degli afterglow X nei primi istanti mostra proprieta' complesse; in alcuni casi gli afterglow decadono rapidamente per poi raggiungere un plateau, mentre in altri casi si osserva il comportamento opposto. Ha scoperto le galassie ospite dei GRB corti, rivelato oggetti ad alto redshift. Le implicazioni teoriche di queste osservazioni sono ancora in fase di studio, ma questo dimostra chiaramente la ricchezza e la novita' dei dati di Swift.

Il satellite Swift è entrato nella sua fase pienamente operativa fornendo circa 100 eventi di GRB all'anno. A fine 2005 ne aveva scoperti 97. Di questi 97 XRT ne ha ripuntati 81 trovando l'afterglow per 75) con una combinazione senza precedenti di rapidità, accuratezza e ampiezza dell'intervallo di frequenze. HETE2 e INTEGRAL continuano a scoprire nuovi GRB, con caratteristiche in qualche modo differenti. Le maggior parte della strumentazione disponibile per astronomia X, XMM/Newton e Chandra è stata ormai ottimizzata per osservazioni in follow up dell'afterglow dei GRB. Allo stesso tempo si è pianificato un esteso programma per osservazioni dettagliate dell'afterglow dei GRB in ottico/NIR tramite piccoli telescopi robotici, come REM, ed i più grandi telescopi a terra come ESO/VLT.

Scopo principale di questo progetto è l'utilizzo sistematico di questi programmi sia dal punto di vista di analisi ed interpretazione dei dati sia per lo sviluppo di modelli avanzati. Gli obiettivi più a portata di mano sono:

- 1) la determinazione della distribuzione in redshift dei GRB;
- 2) la determinazione delle proprietà delle galassie che ospitano i GRB;
- 3) la determinazione delle regioni entro le galassie ove si formano i GRB.

Tutto ciò ci darà informazioni sulla connessione fra GRB e morte di stelle massicce. C'è evidenza di questo legame nei dati presentemente disponibili, ma solo per i burst più vicini (per quali l'evidenza dell'esistenza di una SN sottostante è più facile da ottenere), quali GRB 980425, 030329, 031203. Abbiamo bisogno di confermare (o invalidare!) questa connessione per tutti i burst, anche quelli così distanti per cui la SN sottostante non è rivelabile. In effetti, vorremmo determinare se la distribuzione in redshift segue quella della storia della formazione stellare nell'Universo, se i burst si trovano preferenzialmente in galassie di tipo a spirale o irregolare, o addirittura in galassie di tipo Starburst, o se si trovano in tipiche regioni di formazione stellare delle galassie.

- 4) la determinazione delle proprietà delle regioni più immediatamente vicine ai siti di formazione di GRB;

5) la determinazione delle proprietà del mezzo interstellare della galassia nella quale si trova il GRB.

Questi scopi possono essere raggiunti attraverso una panopia di osservazioni, durante l'afterglow. Fra le osservazioni rilevanti, ci sono le curve di luce nel primissimo afterglow nelle bande gamma, X e ottica, spettri e features spettrali (sia in emissione che in assorbimento) nelle bande X e ottica, assorbimento globale nell'ottico e X, echi di luce, feature da polvere (se presenti).

Inoltre, l'immediata disponibilità di localizzazioni precise permetterà la misura delle proprietà degli afterglow a tempi finora inaccessibili, e dunque anche la misurazione delle proprietà del mezzo interstellare nelle immediate vicinanze del burst che finora non siamo riusciti a studiare.

Altri scopi da perseguire, quando gli effetti siano misurabili, sono:

6) studi della polarizzazione;

7) studi di features in emissione o in assorbimento persistenti o transienti, quali le righe del ferro;

8) inoltre, studio delle proprietà degli afterglow associati ai burst corti.

Infine, l'aumento del numero di GRB con dati omogenei disponibili ci consentirà

9) l'utilizzo dei GRB come fari cosmologici, sia per compiere studi di parametri cosmologici, sia come fari per misurare in assorbimento le proprietà dell'IGM. Oltre a tutti questi obiettivi, c'è sempre la possibilità dell'osservazione eccezionale. Sebbene gli studi di GRB siano in parte usciti da quella fase convulsa e turbolenta che ha caratterizzato l'epoca BeppoSAX, c'è ancora la possibilità non trascurabile che si scoprano nuovi burst particolarmente rivelatori.

A tale proposito ricordiamo alcuni dei progressi fatti negli ultimi mesi anche in relazione al lavoro di ricerca programmato per questo progetto. Si è scoperto che i GRB corti tendono ad essere in galassie ellittiche e comunque contenenti una popolazione avanzata e si sono trovati vari GRB ad alto redshift incluso uno vicino all'epoca di ionizzazione, a $z=6.3$. Questo ci dice che siamo sulla strada giusta e che è fondamentale occuparci delle popolazioni generatrici dei GRBs e delle galassie ospite. Non solo. Abbiamo una possibilità unica, ancora prima di realizzare le grandi strumentazione per il futuro, di studiare l'Universo uscente dalla Dark Age, le condizioni fisiche del mezzo intergalattico associato alla formazione delle prime stelle e galassie. Utilizzando l'alta dispersione negli oggetti brillanti, di capire la fisica dettagliata e l'evoluzione della formazione cosmica degli elementi.

Ulteriori informazioni vengono date nelle sezioni riservate alle singole Unità.

Innovazione rispetto allo stato dell'arte nel campo

I presupposti per essere innovativi rispetto allo stato dell'arte sono i seguenti:

1) Questo programma è finalizzato all'analisi ed interpretazione dei dati dei Gamma Ray Bursts (GRBs) ed allo sviluppo di modelli teorici. Le potenzialità della ricerca proposta sono uniche. La prima grande innovazione rispetto alla ricerca fatta finora è Swift, un satellite dedicato allo studio dei GRB con risposta molto rapida dalla banda gamma all'ottico che è ora pienamente operativo. Inoltre HETE2 e INTEGRAL stanno ottenendo buoni risultati nella rivelazione dei GRBs, mentre i più grandi telescopi per le osservazioni astronomiche in X, XMM/Newton e Chandra conducono osservazioni rapide dell'afterglow dei GRB. Contemporaneamente è stato predisposto un esteso programma di follow-up dell'afterglow dei GRB nella banda ottico-NIR, che impiega piccoli telescopi robotici, come REM, ed anche i più grandi telescopi come ESO/VLT (la coordinazione della ricerca e le modalità di osservazione formano la seconda e la terza grande innovazione).

2) Il nostro gruppo include scienziati con l'esperienza necessaria per competere al più alto livello internazionale, durante questa fase cruciale della ricerca sui GRB. Il gruppo comprende scienziati profondamente coinvolti nella missione Swift, scienziati che hanno svolto un ruolo cruciale nella missione BeppoSAX ed astronomi che hanno condotto estese campagne osservative di follow-up dell'afterglow dei GRB. Teorici coinvolti nel presente programma hanno dato un sostanziale contributo a differenti aspetti della modellizzazione dei GRB ed al loro impiego per molti altri studi. Poiché la scienza dei GRB gradualmente evolve verso un'area matura della ricerca moderna, il ruolo di collaborazioni relativamente estese ma coese nell'impiego di nuovi dati e nello sviluppo di modelli avanzati e' di fondamentale importanza ed il nostro gruppo si trova in una posizione ideale.

3) In un periodo di notevole miglioramento nelle osservazioni ci si devono aspettare scoperte impreviste. Grazie all'impressionante accelerazione della scienza dei GRB negli anni recenti, sono emerse chiaramente molte questioni cruciali che saranno oggetto d'indagine sia dal punto di vista osservativo che teorico.

4) Sia dal punto di vista della strumentazione che è in continuo miglioramento che dal punto di vista delle collaborazioni internazionali che si stanno cementando grazie anche alle capacità del gruppo, pensiamo di poter creare una notevole forza lavoro. Un punto focale del successo dipenderà dai giovani che potremo interessare alla ricerca, coi quali collaborare e nel contempo educare non solo nelle capacità conoscitive e tecniche di lavoro analisi ed interpretazione ma anche nel modo corretto di affrontare la ricerca nella sua globalità; e ad un alto livello sia competitivo che di profondità scientifica.

Per sottolineare ulteriormente i mezzi innovativi messi a disposizione sono: A) capacità di osservare con il satellite l'afterglow nella banda 0.2 - 10keV (XRT) e nell'ottico (UVOT) immediatamente dopo [decine di secondi] la scoperta del burst; B) Coordinazione immediata con i grandi telescopi VLT di ESO che attraverso la procedura concordata RRM ci permettono di puntare l'oggetto entro 10 minuti dalla scoperta; C) La strumentazione di piano focale ottica e NIR che non esisteva nelle ricerche precedenti; D) I grandi sviluppi teorici e le realizzazioni di codici di calcolo complessi che ora sono a disposizione per queste ricerche; E) i contatti

continui con i maggiori scienziati di tutto il mondo e F) La struttura stessa del progetto e relative estensione che come non mai permettono uno scambio di idee e mezzi oltre che di conoscenze. Di fatto si vuole attraverso questa ricerca anche creare un punto di riferimento per progetti futuri.

Criteri di verificabilità

Verificare i risultati di un progetto qualsiasi esso sia significa controllare se si sono raggiunti, e in quale modo, gli obiettivi prefissati. Mentre è chiaro quali siano i criteri di valutazione nella realizzazione, ad esempio, di uno strumento (lo strumento deve funzionare secondo le specifiche) non sempre è chiaro quali siano i criteri per verificare i risultati di una ricerca conoscitiva in quanto questa può portare in alcuni casi ad una scoperta, in altri ad un approfondimento importante, in altri ancora alla maggiore definizione delle problematiche per facilitare più avanti la soluzione e completa comprensione della materia ed in altre ancora a capire che forse bisogna scegliere delle strade diverse. Ma qualunque sia il risultato, la procedura di lavoro e l'indagine creativa servono esse stesse a creare quella professionalità che è indispensabile per realizzare grandi progetti e competere a livello internazionale con continuità. In quanto segue pertanto verranno dati dei criteri che possono valutare il progetto nel suo complesso e le unità nelle diverse funzioni che servono a portare avanti propriamente un progetto anche se, inutile dirlo, sono i risultati veri e propri quelli che alla fine danno la vera valutazione.

I criteri standard per questo tipo di progetto sono abbastanza semplici da definire.

Criteri standard di verifica:

a) Innanzitutto si tratta di avere pubblicati una serie di articoli in riviste scientifiche nazionali ed internazionali di alto livello che seguono il processo di "peer review". Fra queste per citarne alcune: *Advances in Space Research, Annual Review Astronomy & Astrophysics, Astronomy & Astrophysics, Astronomy & Astrophysics Review, Astrophysical Journal, ApJ Letters, Astrophysics and Space Science, Monthly Notice Astronomical Society, Nature, Publication Australian Astronomical Society, PASP, Physical Review Letters, Reviews in Relativity, Science* etc.

b) Citazioni. Oltre ai mezzi di pubblicazione che hanno di per sé valore nella comunicazione fra scienziati in quanto passano attraverso un sistema di referee internazionali che avvalgono la serietà del lavoro, evidenziano quando necessario le incongruenze, è necessario vedere l'impatto che questi lavori hanno nella comunità astronomica e l'unico modo per vedere questo sono le citazioni. È pur vero che in molti casi l'importanza di un lavoro viene riconosciuta dopo anni, ma ci affidiamo a questo come un buon criterio.

c) Un altro criterio per valutare uno scienziato o un gruppo di lavoro è legato alla partecipazione a congressi e soprattutto alle presentazioni sotto invito. Questo è un criterio abbastanza buono (niente è perfetto) in quanto indica un gruppo di organizzatori, per definizione questi sono generalmente scienziati qualificati, ritiene che la comunità sia interessata a sentire i progressi fatti da quel ricercatore o da quel gruppo di organizzatori.

d) Infine come criterio abbastanza standard di un gruppo di ricerca facciamo riferimento alla organizzazione di congressi relativi alle tematiche svolte. Questo criterio non è necessariamente un criterio forte in quanto di per sé l'organizzazione di un congresso può essere fatta da persone che non hanno al loro attivo una ricerca di avanguardia, ma rimane comunque un segno quando si vogliono fare presente alla comunità un complesso di ricerche relative ai propri goals scientifici sia per comunicare che per apprendere.

Criteri Non standard

Altri criteri sono imprevedibili e dipendono forse troppo dagli eventi per poterli definire. Tuttavia dobbiamo tener presente che le nuove scoperte che si stanno facendo e la definizione di un campione statistico notevole lasciano aperta la porta a scoperte e conoscenze scientifiche impreviste e a eventuali riconoscimenti che possono essere espressi in diverse forme. Riteniamo qualsiasi forma di riconoscimento essere un criterio di verificabilità della ricerca svolta.

Elenco delle Unità di Ricerca

Sede dell'Unità	Università degli Studi di MILANO-BICOCCA
Responsabile Scientifico	Guido CHINCARINI
Finanziamento assegnato	Euro 163.000

Compito dell'Unità

Di seguito discutiamo alcune linee di ricerca a cui intendiamo contribuire, tenendo presente che Swift sta aprendo una nuova finestra osservativa (lo studio degli afterglow nelle prime fasi) e che risultati inaspettati potrebbero in parte cambiare gli scopi della nostra ricerca.

-Fisica dei GRB e le fasi iniziali di afterglow

Con i dati di Swift (X, UV ed ottico) studieremo le proprietà statistiche di un campione di GRB colti durante la fase di prompt afterglow. Le distribuzioni spettrali di energia a diverse lunghezze d'onda ottenute in diverse fasi possono far luce sui meccanismi di emissione dei GRB e del loro afterglow. I dati di Swift saranno notevolmente arricchiti da osservazioni ESO. Il nostro gruppo è attivo nel campo del follow-up di GRB da più di sei anni. Abbiamo diversi run osservativi (nel prossimo periodo ESO) che trarranno vantaggio dal rapido ripuntamento dei telescopi VLT (il Rapid Response Mode, RRM, dell'ESO), entro pochi minuti dal trigger del burst.

-GRB Corti

Negli ultimi mesi abbiamo già fatto un passo in avanti per quanto riguarda i GRB corti scoprendo che questi avvengono in galassie con popolazione stellare avanzata o in galassie dei primi tipi morfologici. Si tratta ora, e qui abbiamo un programma attivo con ESO, non solo di vedere i dettagli della distribuzione morfologica delle galassie ospite ma anche di capire i dettagli dell'ambiente nel quale il fenomeno avviene. Questo dettaglio finora ci è sfuggito a causa della rapida evoluzione del fenomeno. Tuttavia è uno dei goal che ci ripromettiamo di raggiungere.

GRB - Flares

Negli ultimi mesi, in relazione anche a questo progetto PRIN, abbiamo raccolto una lunga serie di nuovi eventi, i Flares, che si osservano sia nei bursts a lunga durata che nei bursts a breve durata. Questo è un fenomeno nuovo statisticamente provato da Swift. Ora si pensa, attraverso questo meccanismo, si possano avere informazioni dirette sul motore centrale e nel contempo riteniamo essenzialmente capire se si possa rivelare radiazione ottica collegata ai flares e se esistono caratteristiche che possano essere classificate. In altre parole capire perché alcuni burst mostrano flares e altri no. Questo è uno dei goal principali cui noi ci dedicheremo.

GRB - SN

i) Quali sono i tipi di SNe che sono in relazione con i GRBs: solo Hypernovae (tipo 1998bw) oppure SNe-Ib/c come suggeriscono i dati di SN 2002lt/GRB 021211, XFR 020903 e considerazioni teoriche. ii) Il fatto che 2 dei GRB più deboli intrinsecamente siano anche i più vicini ($z < 0.11$) è una fluttuazione statistica o viene da una popolazione di GRB intrinsecamente deboli (e locali) che non possono essere rilevati a distanze cosmologiche? iii) Se più di un tipo di SN contribuisce ai GRB, qual è la relazione tra il tipo di SN ed il budget di energia nella banda gamma? iv) I "red-bumps", che spesso emergono dagli stadi finali delle curve di luce degli afterglow, sono dovuti al contributo di SN? v) Come sono correlate le proprietà con la posizione dei progenitori di SN all'interno delle rispettive galassie ospite? vi) Le SN sono anche progenitori dei GRB brevi? Questi sono gli interrogativi che varranno affrontati.

GRB - Host Galaxies.

Gli studi spettroscopici e fotometrici di galassie ospiti deboli e brillanti fornirà il tasso di formazione stellare, la loro metallicità e l'analisi delle condizioni fisiche del gas. Tutto questo ci permetterà di caratterizzare quantitativamente le condizioni fisiche dell'ambiente dove si generano i GRB. Ci proponiamo inoltre (upgrade del progetto) di determinare attraverso redshift fotometrici la distribuzione delle galassie ospite ad alto redshift e verificare le aspettative teoriche.

GRB - X-ray Flashes

Le osservazioni dimostrano che gli XRF non hanno una distribuzione in redshift significativamente differente dai GRB standard. Gli XRF potrebbero essere un nuovo tipo di esplosioni cosmiche, e che desideriamo verificare testando i vari modelli teorici.

Sede dell'Unità	Università degli Studi di PAVIA
Responsabile Scientifico	Giovanni Fabrizio BIGNAMI
Finanziamento assegnato	Euro 51.000

Compito dell'Unità

L'unità di ricerca di Pavia si propone come il punto di riferimento della collaborazione italiana SWIFT per l'analisi veloce dei dati raccolti dallo strumento EPIC sulla missione XMM-Newton e degli strumenti IBIS e SPI sulla missione Integral. La procedura di analisi dei dati di XMM-Newton ed Integral è acquisita e la nostra unità di ricerca è perfettamente in grado di garantire l'analisi rapida dei dati raccolti da questi due osservatori e messi a disposizione della comunità astronomica. Inoltre, l'unità di ricerca di Pavia, in collaborazione con lo IASF Milano, sarà responsabile dell'analisi dei dati raccolti dai telescopi gamma di alta energia a bordo delle missioni AGILE e GLAST che diventeranno operative nel prossimo futuro. Agile sarà la prima missione ad entrare nella fase operativa nel corso del 2006, mentre GLAST seguirà a fine 2007. Per entrambe le missioni lo studio del comportamento dei GRB è uno degli obiettivi scientifici prioritari ed entrambe hanno un sistema di rivelazione autonomo dei GRB. I grandi campi di vista degli strumenti gamma permetteranno di rivelare molti dei GRB visti da SWIFT, fornendo per la prima volta, una copertura completa del comportamento dei GRB alle alte energie. Vale la pena di notare che, a differenza di SWIFT, i dati delle missioni AGILE e GLAST non saranno disponibili a tutta la comunità

astrofisica.

Grazie alla partecipazione dell'Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica di Milano dell'Istituto Nazionale di Astrofisica e dell'unità INFN di Pavia, la nostra unità di ricerca avrà pieno accesso ai dati della missione AGILE. La stessa considerazione vale per i dati GLAST che, nel primo anno di operazioni, saranno disponibili solo alla collaborazione GLAST. In questo senso l'Unità di ricerca di Pavia potrà contare sull'esperienza del Prof. Bignami (GLAST Associate Scientist) e, della D.ssa Caraveo, Co-Investigator di GLAST e Group Leader del GLAST Working Group on Unidentified Sources.

La disponibilità di dati X e gamma su diversi GRB permetterà di rispondere a diverse domande che sono rimaste aperte alla fine della missione EGRET circa la produzione di fotoni di altissima energia da parte dei GRB uniti, ovviamente, ai meccanismi che ne impediscono la distruzione in un ambiente ad alta densità di fotoni.

La componente universitaria si occuperà dell'analisi day-by-day della missione SWIFT, la componente INAF-IASF è responsabile dell'analisi dei dati della missione XMM-Newton ed INTEGRAL (e più tardi GLAST) mentre il personale INFN si occuperà principalmente dell'analisi dei dati AGILE nel quadro di un più generale approccio di stampo astroparticellare.

Sede dell'Unità	Scuola Normale Superiore di PISA
Responsabile Scientifico	Mario VIETRI
Finanziamento assegnato	Euro 51.000

Compito dell'Unità

L'UR di Pisa persegue tre linee di ricerca, due teoriche (Mazzali e Vietri), una osservativa.

L'obiettivo principale di Vietri (Pisa) è di chiarire la connessione fra GRB e raggi cosmici di altissima energia. Questa connessione, suggerita per primo da Vietri stesso (e, indipendentemente, da Waxman) poggia essenzialmente sulle proprietà di accelerazione di particelle non termiche attorno a shock relativistici.

Per questo motivo Vietri continuerà lo studio di queste proprietà, intrapreso già tre anni fa con la pubblicazione di un nuovo metodo per determinare lo spettro delle particelle accelerate in fluidi e shock arbitrari, non soggetti cioè alle solite restrizioni di moti Newtoniani, e di small-pitch angle scattering.

Inoltre, Vietri intende proseguire lo studio di alcune proprietà del modello a HyperNova che restano al momento oscure. Fra queste, c'è come si possa accelerare lo shock ai fattori di Lorentz necessari a spiegare l'emissione Gamma (circa 100), quando invece l'onda d'urto all'interno della stella è solo marginalmente supersonica, e dunque totalmente Newtoniana. Il principale aspetto sotto osservazione è se l'accelerazione in profili di densità sufficientemente ripidi sia o no stabile, e quali possano essere le conseguenze di una eventuale instabilità. Infine, Vietri desidera considerare quali siano le proprietà di eventuali dischi di accrescimento entro le HyperNovae, che siano anche superfluidi, e se in particolare la superfluidità in questione possa essere responsabile della lunga durata di una parte dei bursts.

E' questo uno dei punti focali della ricerca sui GRBs. E' infatti accettato dalla comunità astronomica che i bursts di lunga durata sono collegati ad esplosioni tremendamente energetiche dovute di nuclei spogli di stelle massicce, un evento conosciuto come supernova di tipo Ic e soprannominato Hypernova a causa dell'enorme energia emessa. Si pensa che con 100 bursts per anno scoperti da Swift si possano trovare molti più casi di connessione fra SN e GRBs (la missione verra' prolungata di altri 4 anni). Si sono realizzati i modelli della maggior parte delle hypernovae disponibili usando codici del trasporto di radiazione che Mazzali ha realizzato proprio per questo scopo e attraverso a questa modellistica si possono ricavare tutte le proprietà fisiche delle esplosioni riproducendo teoricamente le curve di luce e gli spettri osservati. Tutte queste tecniche verranno ora applicate ai nuovi dati che si otterranno con Swift. I dati verranno anche analizzati per la ricerca di eventuali asimmetrie nelle esplosioni cercando nei codici a tre dimensioni quali siano gli osservabili legati appunto a dette asimmetrie. Ad esempio esiste una discrepanza apparente fra l'emissione collimata nelle alte energie e il flusso radio che ci si aspetta essere isotropo e che comunque sembra essere molto più debole del previsto.

Infine verra' raffinata l'analisi per cercare di modellare le proprietà dei GRB corti. Non ci si aspetta che questi presentino il, o siano collegati al, fenomeno delle Supernovae, tuttavia è chiaro che le osservazioni degli ultimi mesi fatte con Swift mostrano che alcuni femminei fisici sono comuni sia ai short che ai long bursts.

Si è deciso di affiancare al gruppo teorico del progetto una componente osservativa (OAR). Questo gruppo si occuperà principalmente di:

- (1) Sfruttamento scientifico e modellizzazione delle osservazioni di follow up di GRBs rivelati da Swift con particolare riferimento a: (a) l'uso dei GRBs come "fari" cosmici, per lo studio del mezzo interstellare ed intergalattico dell'universo ad alto redshift; (b) la ricerca di GRBs ad altissimo redshift.
- (2) Studio delle proprietà di GRB corti con enfasi particolare sulla distribuzione in redshift e il (possibile) ritardo tra questi eventi e l'andamento del tasso di formazione stellare.
- (3) Sviluppo di modellistica atta ad interpretare le caratteristiche delle curve di luce dei GRB lunghi e corti.

Sede dell'Unità	Università degli Studi di FERRARA
Responsabile Scientifico	Filippo FRONTERA
Finanziamento assegnato	Euro 87.000

Compito dell'Unità

L'UdR di Ferrara svolgerà principalmente il suo compito effettuando studi osservazionali di GRB. Nella banda dei raggi X sfrutteremo sia l'archivio dati BeppoSAX, i dati relativi ai GRB rivelati col satellite INTEGRAL e il satellite Swift. Per la ricerca di segnali gravitazionali, si sfrutteranno le antenne gravitazionali AURIGA, EXPLORER, NAUTILUS, VIRGO. Per i nostri studi osservazionali nella banda ottica faremo uso del Telescopio Nazionale Galileo, e i telescopi del Osservatorio Europeo nell'Emisfero Australe (ESO), nell'ambito di collaborazioni internazionali. Inoltre siamo coinvolti in REM. Con questi dati e osservazioni ci concentreremo principalmente in questi studi osservazionali:

1) Analisi sistematica degli spettri medi dell'emissione immediata X/gamma di GRB

Questa analisi, già iniziata per i 50 GRB rivelati con le "Wide Field Camera" (WFC, 2-28 keV) e il Gamma Ray Burst Monitor (GRBM) a bordo di BeppoSAX, sarà proseguita per:

- fare un miglior test del processo di emissione al lavoro durante l'emissione immediata dal GRB;
- individuare i tipi di GRB per i quali valgono o meno la relazione E_p -Erad (Amati et al. 2002) o relazioni simili (per es. la relazione E_p vs. Luminosità), e quindi capire meglio le caratteristiche degli outliers;
- derivare la distribuzione dell'energia di picco E_p dei GRB o degli XRF analizzati e la corrispondente distribuzione della fluenza o luminosità (per GRB con z noto), per contribuire alla soluzione delle problema dell'origine degli XRF.

2) Analisi sistematica degli spettri risolti in tempo di GRB

Con questa analisi si vuole:

- testare l'evoluzione dei processi di emissione operativi durante le prime fasi del GRB all'inizio dell'emissione di afterglow;
- andare alla ricerca dell'evidenza di una componente termica negli spettri dei GRB
- ricavare la pendenza della relazione E_p -Erad all'interno dei singoli spettri, per stabilire, tra l'altro, quale delle relazioni (quella ricavata da Amati et al. 2002, l'altra ricavata da Ghirlanda et al. 2004a) è quella primaria.

3) Tempo di inizio e curva di luce iniziale dell'afterglow

Intendiamo in particolare investigare il tempo di inizio dell'afterglow gamma (>40 keV) studiando l'evoluzione delle proprietà spettrali e temporali dell'emissione gamma immediata. Nella banda ottica/IR, per lo studio della curve di luce iniziali dell'afterglow, è nostra intenzione sfruttare non solo il telescopio UVOT a bordo di Swift ma anche i dati provenienti da REM.

4) Proprietà temporali dell'emissione immediata dai GRB

Intendiamo proseguire l'analisi comparativa della variabilità temporale erratica dei GRB più intensi rivelati col SAX/GRBM.

5) Finalizzazione del catalogo GRB del SAX/GRBM e studio delle proprietà statistiche dei GRB ivi inclusi.

Un catalogo di circa 1100 GRB rivelati con col GRBM a bordo di BeppoSAX è in corso di preparazione con varie informazioni circa i GRB inclusi. Sulla base di questo catalogo, intendiamo eseguire un'analisi comparativa delle proprietà dei GRB rivelati da BeppoSAX con quelli rivelati da BATSE e da altri strumenti.

6) Studi osservazionali in ottico

Con questo progetto intendiamo investigare alcuni dei problemi ancora irrisolti della fisica dei GRB con un duplice approccio:

- Controparti iniziali ottiche e infrarosse di GRB.
Useremo REM per seguire in dettaglio l'evoluzione temporale dello spettro ottico/infrarosso dei GRB localizzati prontamente da Swift, Uno degli scopi più importanti delle osservazioni con REM sarà la rivelazione delle elusive controparti dei GRB brevi.
- Diversità e fisica delle SNe associate ai GRBs.
Cercheremo, tramite fotometria in molti filtri e spettroscopia con TNG e VLT le caratteristiche delle SNe sottostanti gli afterglow dei GRBs.

8) Ricerca di segnali gravitazionali dovuti a GRB

Intendiamo fare una ricerca sistematica, in collaborazione con i gruppi coinvolti nello sviluppo di antenne gravitazionali, dell'esistenza di segnali gravitazionali associati ai GRB.