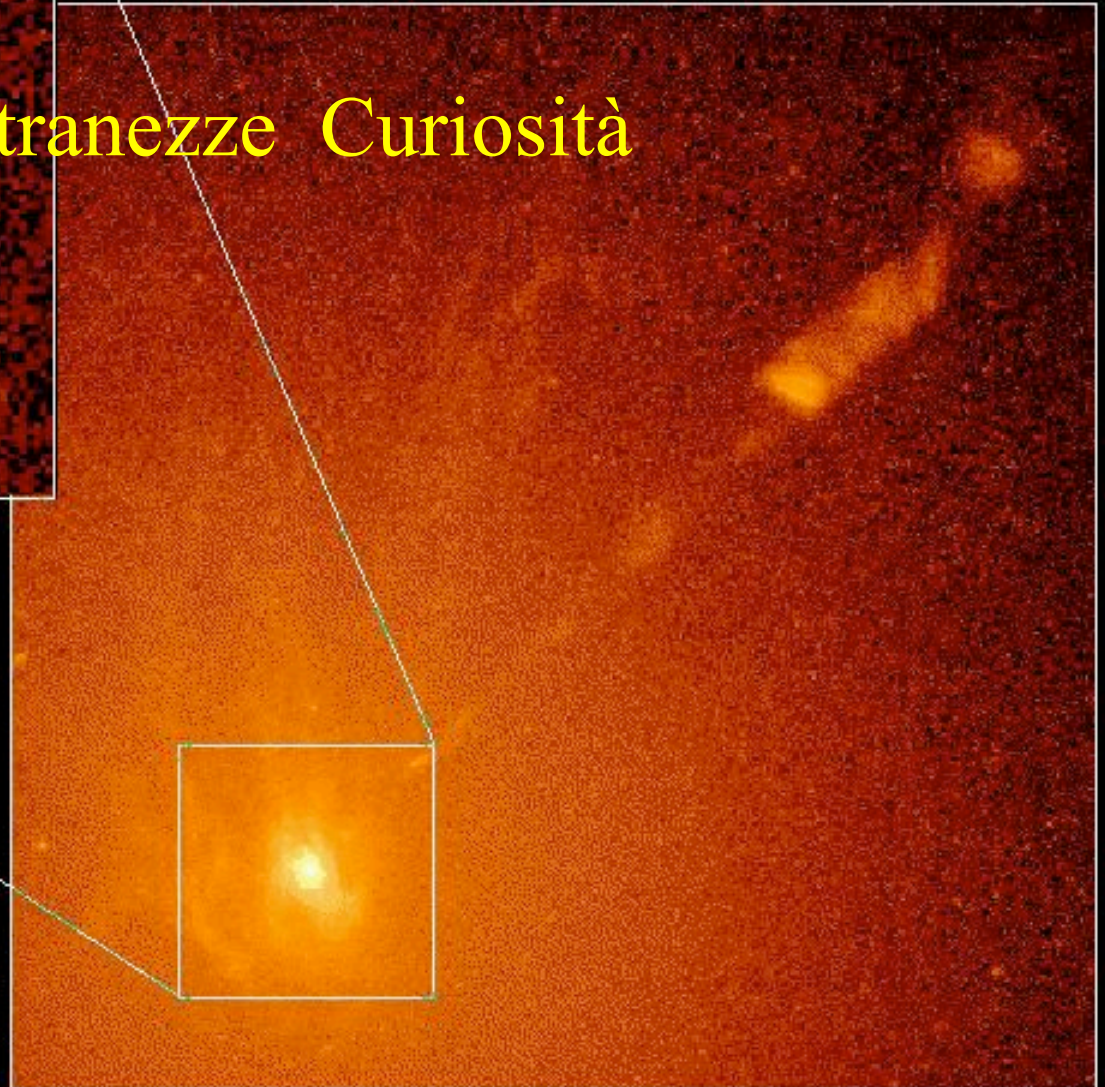
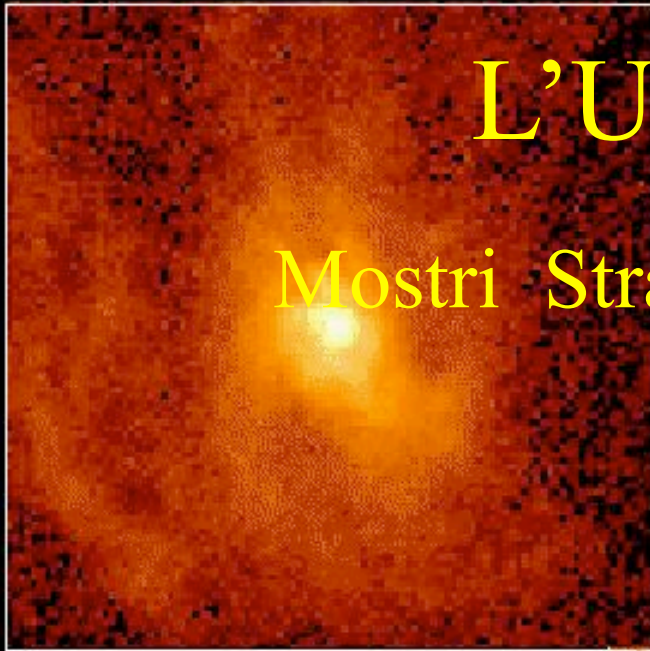


L'UNIVERSO

Mostri Stranezze Curiosità



Il mostro violento di BL Lacertae

Nella costellazione della Lucertola c'è un mostro violento che vomita energia

Una stellina insignificante

- Inizialmente non appariva affatto differente da una comunissima stella variabile. Come tale, la stellina della Lucertola osservata nel 1929 fu chiamata *BL Lacertae* (*BL Lac*), usando la caratteristica nomenclatura di tutte le stelle variabili: una o due lettere maiuscole poste davanti al genitivo latino del nome scientifico della costellazione, *Lacerta* per l'appunto.
- Il primo fatto strano fu osservato nel 1968, quando fu chiaro che un'intensa sorgente di onde radio nella costellazione della Lucertola era situata precisamente in corrispondenza di *BL Lacertae*.
- Nel 1968, agli albori della radioastronomia, ci si accorse quindi che questa stellina in apparenza insignificante emetteva anche onde radio e che la loro composizione aveva qualcosa di inconsueto.
- Veramente inesplicabile era il modo in cui le frequenze radio erano distribuite all'interno dell'emissione complessiva. In altri termini, *BL Lac*, non solo era una potente radiosorgente, ma il suo spettro radio era anche molto diverso dal consueto.
- L'anomalia più notevole era costituita dalla sua variabilità: l'oscillazione periodica di luminosità ben nota nel

visibile, si presentava anche nelle onde radio.

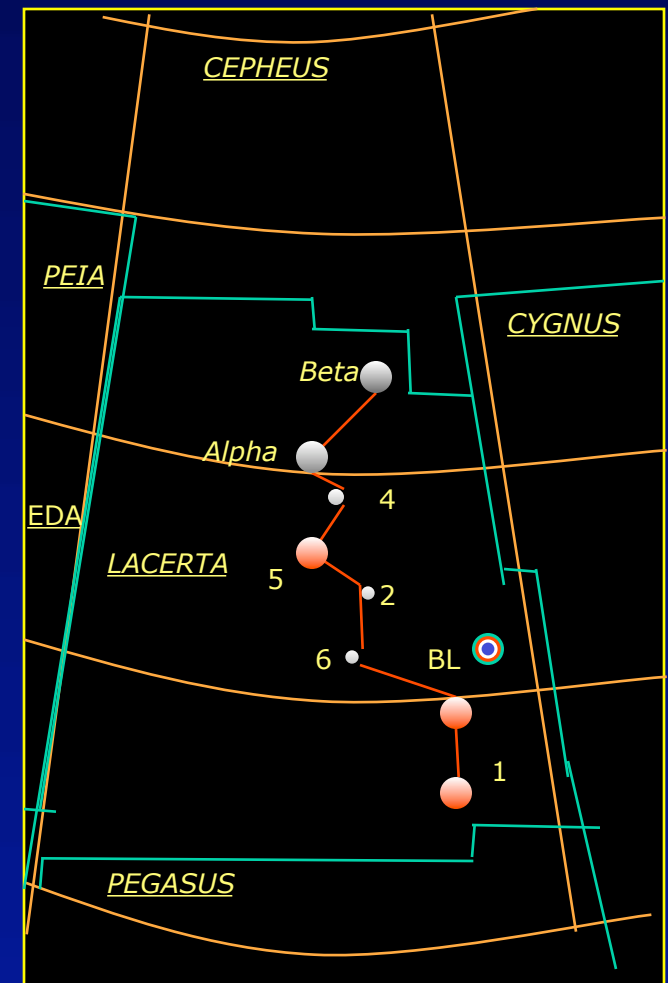
- Era quanto bastava per dedicare alla stellina della costellazione della Lucertola una maggiore attenzione di quanto non si fosse mai fatto nel passato. Ci si accorse così che lo spettro visibile mostrava la particolarità di essere uno spettro continuo; comportamento ben strano nel caso delle stelle, che generalmente, sovrapposto allo spettro continuo, hanno anche uno spettro a righe.

- Ma che razza di stella era mai *BL Lacertae*?

Immensamente lontana

- Incominciò a farsi strada l'idea che *BL Lac* fosse qualcosa di molto diverso da una comune stella, per quanto variabile. Si fece avanti l'ipotesi che si trattasse del nucleo luminoso di una galassia che sino ad allora si era sottratta all'osservazione.

- La galassia, un'enorme galassia ellittica, si rivelò effettivamente quando, nel 1974, si fece uso del grande telescopio



Costellazione della Lucertola

di Monte Palomar per esplorare la zona intorno alla stella BL della Lucertola.

- L'analisi della radiazione luminosa mostrò così che essa era occupata da una galassia ellittica immensamente lontana. Si trattava quindi non di una debole stella, ma di miliardi di stelle!

Ai confini dell' Universo

- Diverse scoperte successive mostrarono che *BL Lacertae* non era unica, ma costituiva il prototipo di una classe di oggetti della stessa natura dei Quasar. Una volta scoperti vari oggetti che presentavano le stesse caratteristiche di *BL Lacertae*, si riuscì anche a determinare gli spettri delle zone circostanti e si vide che in essi erano presenti righe di assorbimento.
- La sorpresa più grande fu scoprire che queste righe erano fortemente spostate verso il rosso (il fenomeno del *red shift*, tipico delle galassie lontane).



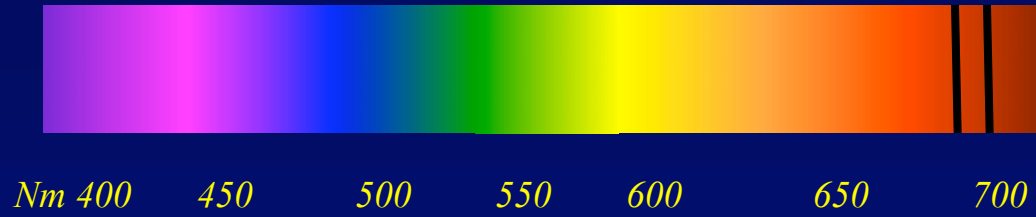
Osservatorio di Monte Palomar

Erano infatti tanto spostate da mostrare senza ombra di dubbio che gli oggetti del tipo di *BL Lacertae* si allontanano da noi a velocità spaventose e che, inoltre, si trovano a distanze tanto elevate che il nostro pensiero non è assolutamente in grado di raffigurare. Insomma, la distanza di questi oggetti risultò addirittura dell'ordine del miliardo di anni luce!

Niente è più veloce della luce

- Appurato che gli oggetti *BL Lacertae* erano connessi a galassie ellittiche giganti e che ne erano il nucleo luminosissimo ed estremamente energetico restava da spiegarne le dimensioni che, per essere in accordo con le oscillazioni di intensità delle radiazioni emesse, dovevano essere estremamente piccole.

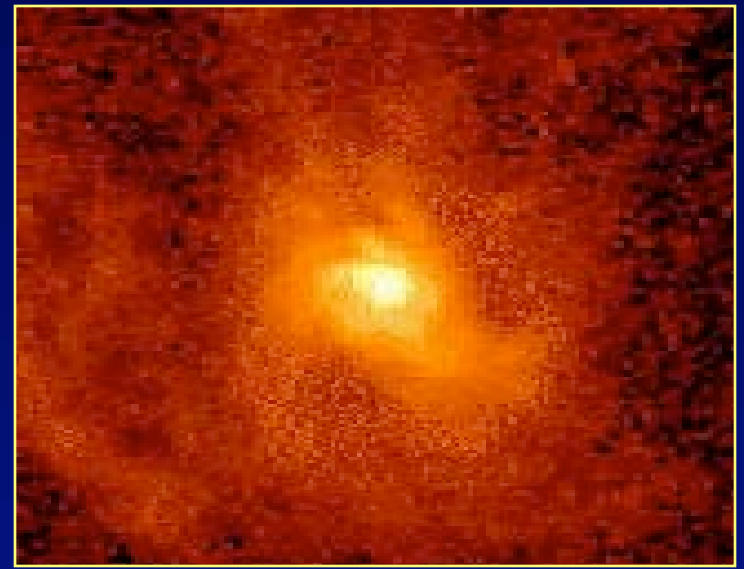
- Il diametro di questi nuclei, infatti, non poteva essere più grande della distanza percorsa dalla luce in un tempo uguale al periodo di tale



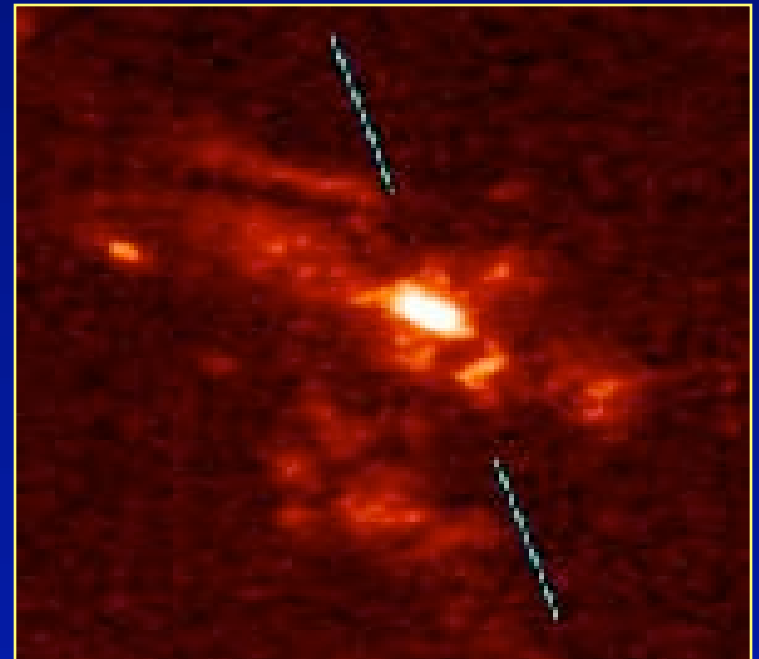
Galassia ellittica M87

Se il periodo con il quale *BL Lac* varia la propria luminosità è, come di fatto è, dell'ordine di un giorno, risulta evidente che le sue dimensioni non possono essere superiori a quelle percorribili dalla luce in un giorno. Le dimensioni di *BL Lac* devono essere quindi dell'ordine di un giorno luce, cioè estremamente piccole.

- Il fatto è che un oggetto così piccolo, 10 milioni di volte più piccolo di una galassia normale, per essere visibile alla distanza a cui si trova, cioè anche diversi miliardi di anni luce, deve essere una fonte di energia estremamente potente.
- Ecco perché gli astrofisici ritengono che gli oggetti del tipo di *BL Lacertae* siano nuclei di galassie attive, cioè nuclei di galassie che, al pari delle radiogalassie, delle galassie di Markarian e dei quasar, emettono quantità di energia inspiegabili all'interno delle leggi note della fisica.
- L'unico meccanismo di produzione



Galassia attiva NGC4486(M87)

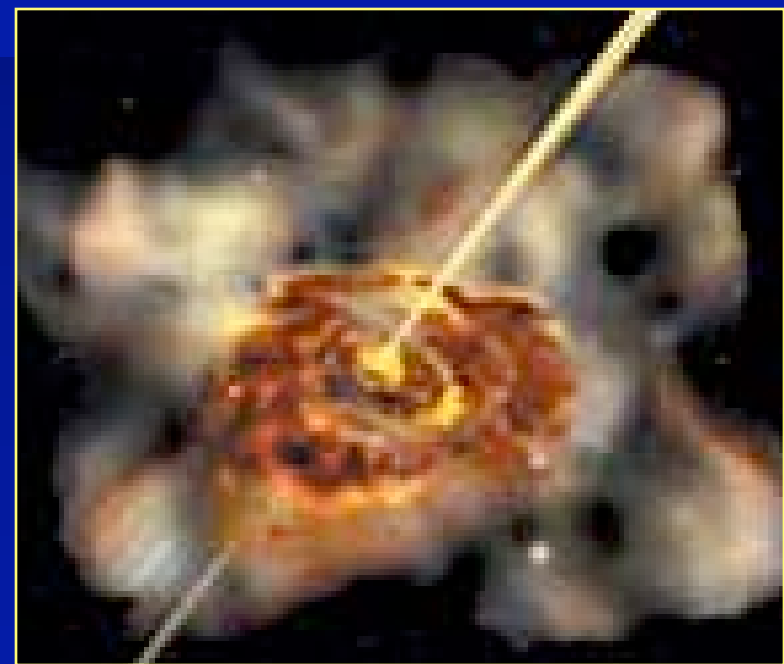
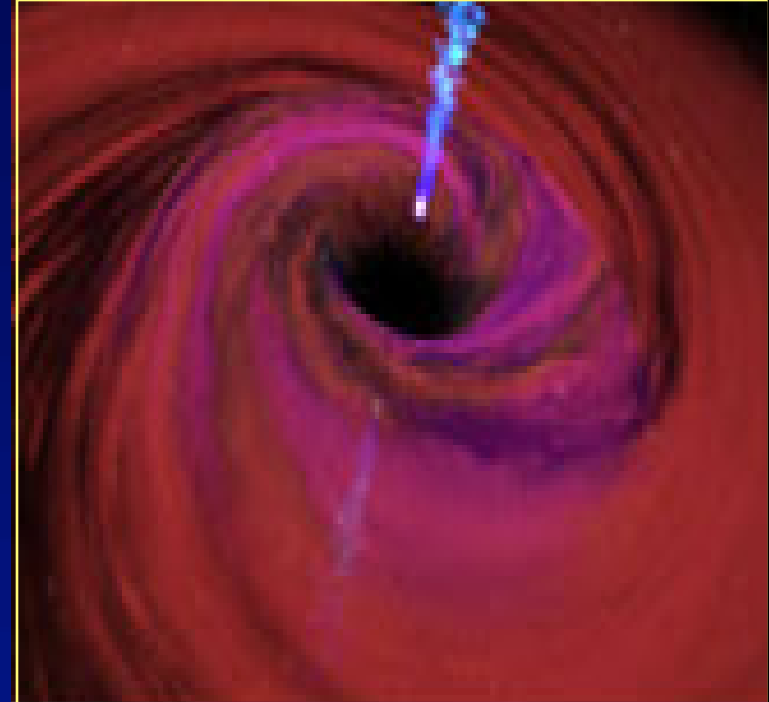


Radiogalassia 3C265

di energia che riusciamo ad immaginare è quello di un buco nero di massa immane attorno al quale ruota un disco di materia che vi si precipita dentro spiraleggiando.

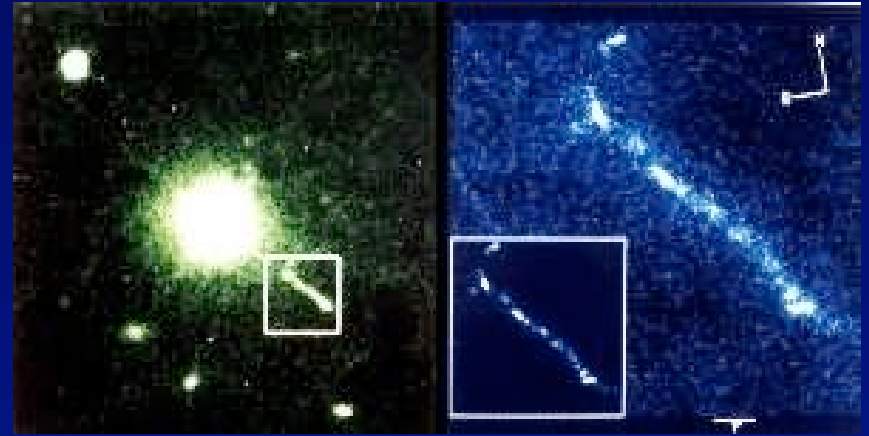
- All'interno della piccola costellazione della Lucertola vi era dunque un mostro incredibilmente lontano.

Questo era il prototipo di una classe di nuovi oggetti la cui fonte spaventosa di energia faceva aprire la mente all'idea che vi fossero punti dell' Universo in cui la struttura dello spazio e del tempo presenta uno strappo, una voragine incommensurabile, che portava forse a universi in cui le leggi fisiche sono diverse dalle nostre o dove forse non esistono affatto.



Il quasar più luminoso

3C 273 è uno degli oggetti più luminosi del cosmo. A una distanza da noi pari a circa un quinto di quella che ci separa dai confini dell'universo, è normalmente più luminoso di centomila miliardi di stelle. Nel febbraio del 1988, poi, ha emesso un lampo di energia pari a quello che si osserverebbe se si accendessero ogni secondo 10 milioni di Soli come il nostro.



Oggetti insignificanti visti al telescopio ottico, i quasar, mostrano la loro terrificante potenza al radiotelescopio

Un lampo di luce

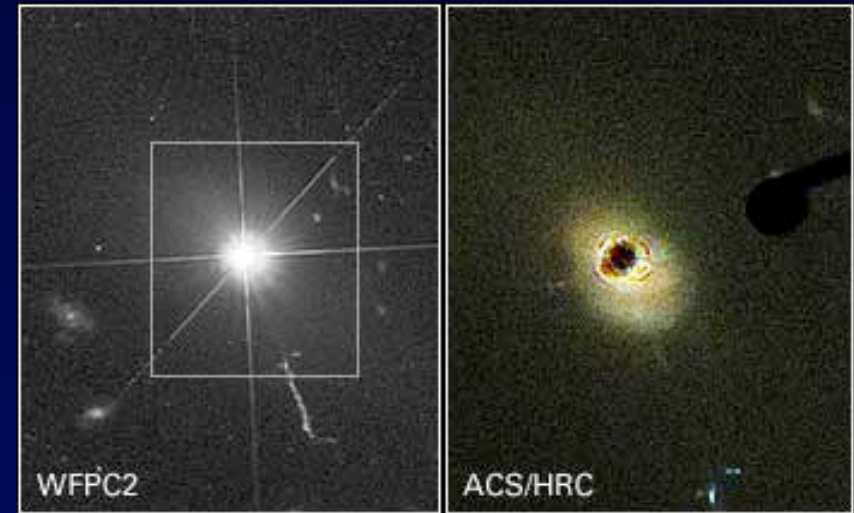
- Il 5 febbraio 1963, Maarten Schmidt, un astronomo ancora poco noto dell'osservatorio di Monte Palomar, vide un lampo di luce. Di colpo una stellina di tredicesima grandezza, notata solo perché emetteva onde radio, diventò uno degli oggetti più straordinari del creato.
- Quella notte, Maarten Schmidt stava studiando le caratteristiche della luce emessa da una piccola stella blu della costellazione della Vergine che per la sua luminosità

non sembrava essere troppo lontana dal nostro Sistema Solare. Le righe di quello spettro però erano molto strane, diverse da tutte quelle conosciute e il giovane astronomo era perplesso. Chi assistette alla scoperta racconta che quando il lampo di luce gli illuminò la mente, **Maarten Schmidt** urlò per chiamare il collega **Jesse Greenstein** che lavorava in un'altra stanza.

- Che cosa era successo? **Schmidt** aveva capito in un lampo che le righe dello spettro che non riusciva a interpretare non erano altro che quelle dell'elemento di gran lunga più abbondante dell'universo: l'idrogeno!

- Quelle righe erano enormemente spostate verso il rosso rispetto alla posizione in cui gli astronomi si sarebbero invece aspettati di trovarle. Ecco perché nessuno era riuscito a riconoscerle in precedenza.

- Secondo la teoria più accettata sull'origine dell' Universo, quella piccola stella blu doveva essere immensamente



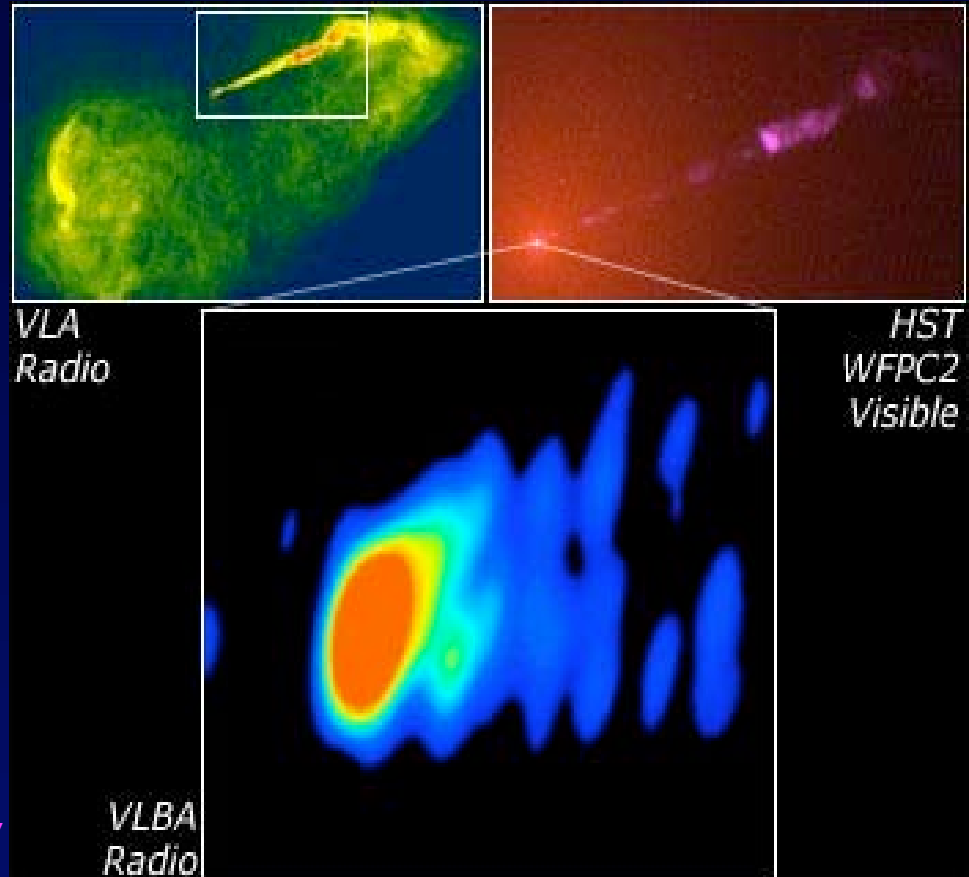
Il quasar 3C273(a sinistra); lo stesso oscurato strumentalmente per mettere in evidenza la galassia ospite

lontana nello spazio e nel tempo: due miliardi e mezzo di anni luce. Il valore si calcola facilmente a partire dallo spostamento delle righe spettrali verso il rosso, cioè dal *red shift*, il nome con cui lo definiscono gli astronomi.

- L'oggetto non era quindi una piccola banale stella e vederne la luce a quella distanza significava che essa brillava come migliaia di miliardi di stelle ed era in realtà trecento volte più luminosa della nostra Galassia.

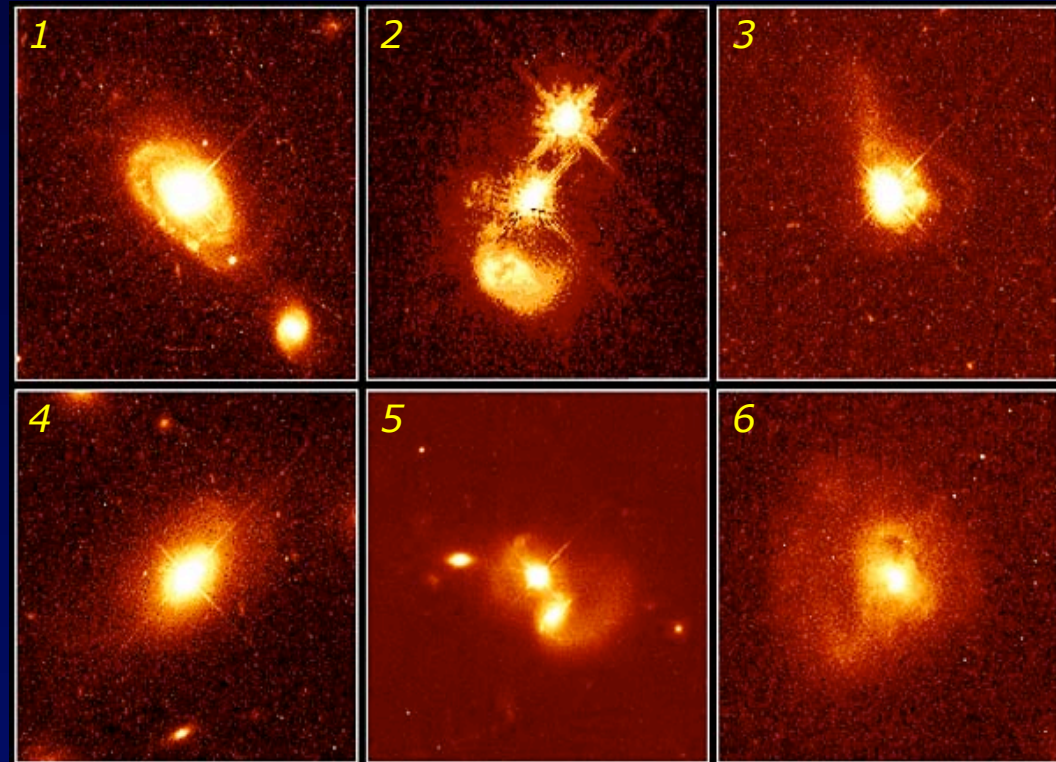
Il mistero dei quasar

- La "stella" era catalogata come **3C 273**, cioè l'oggetto numero 273 del terzo catalogo di Cambridge delle sorgenti celesti di onde radio. Prima della scoperta di Schmidt, **3C 273** interessava gli astronomi soltanto perché la regione in cui avveniva l'emissione radio era molto piccola diversamente dalla maggior parte delle radiosorgenti allora note, che avevano le dimensioni di un'intera galassia (le *radiogalassie*).



Le dimensioni di **3C 273** erano invece quasi stellari. Gli astronomi avevano chiamato quegli oggetti, in generale non visibili al telescopio ottico, ma osservabili solo al radiotelescopio, **quasar**, cioè radiosorgenti quasi stellari, dalle iniziali inglesi.

- Il mistero dei quasar sta dunque nell'enorme quantità di energia che sembrano emettere e nella limitata estensione della zona emittente.
- La fusione nucleare è la fonte di energia che fa splendere le stelle ma non è in grado di spiegare l'estrema luminosità dei quasar.
- Oggi si conoscono quasar che emettono 100.000 volte più energia di quanta ne emetta l'intera Via Lattea. Nessun meccanismo noto è però in grado di spiegare l'emissione di tanta energia. Ma c'è di più. In alcuni quasar, l'emissione di energia varia con una periodicità che talora porta al completamento del ciclo in alcuni giorni.



Quasar Host Galaxies

HST • WFPC2

PRC96-35a • ST ScI OPO • November 19, 1996

J. Bahcall (Institute for Advanced Study), M. Disney (University of Wales) and NASA

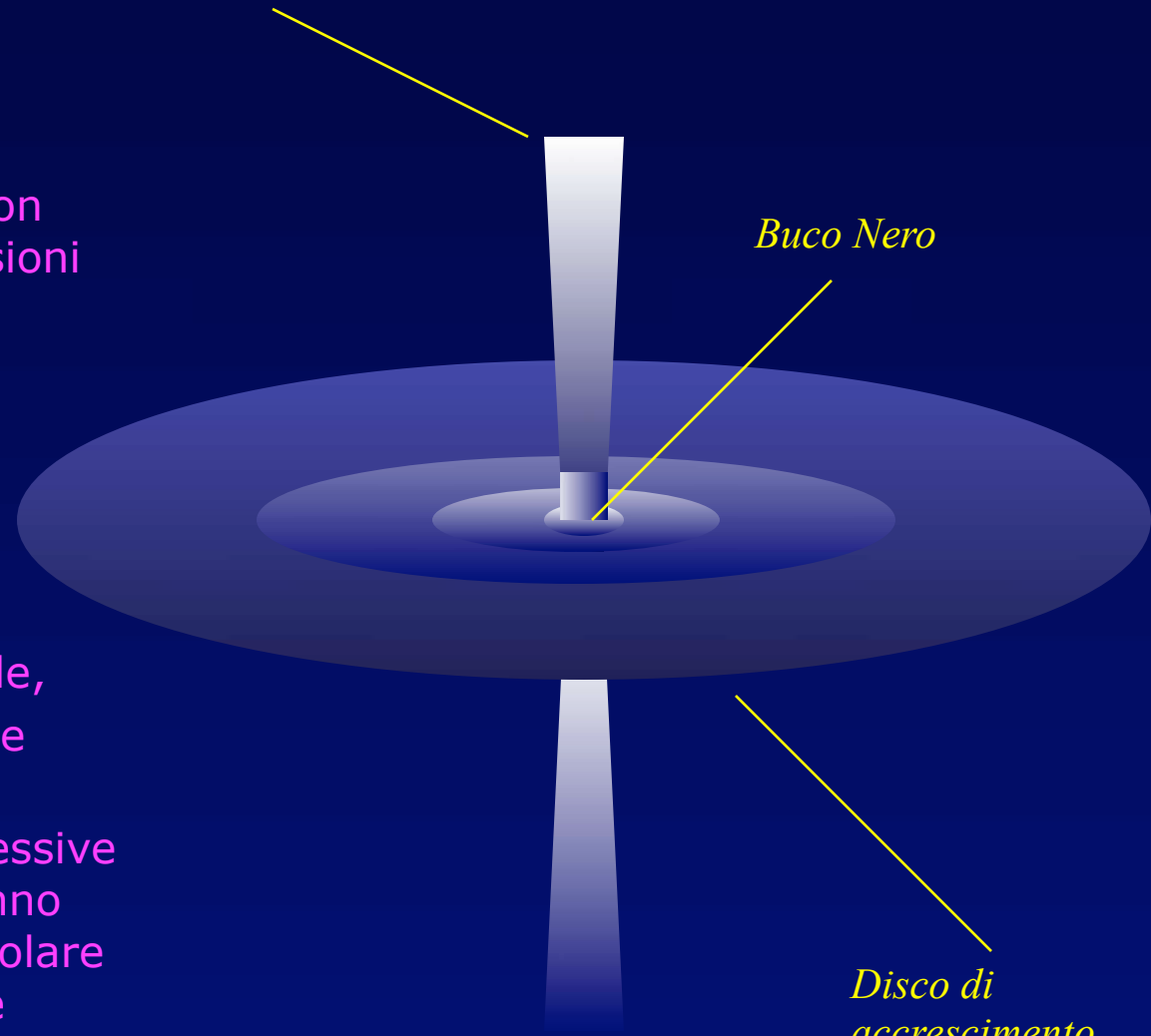
- | | |
|---------------------------|--------------|
| 1 quasar PG0052-251 | 1,4 Mdi a.l. |
| 2 quasar IRASO 04505-2958 | 3 Mdi a.l. |
| 3 quasar PKS 2349 | 1,5 Mdi a.l. |
| 4 quasar PHL 909 | 1,5 Mdi a.l. |
| 5 quasar PG 1012+008 | 4 Mdi a.l. |
| 6 quasar IRAS 13218+0522 | 2 Mdi a.l. |

QUASAR

Getti Radio

Buco Nero

Disco di accrescimento



Non è possibile quindi che l'emissione di energia coinvolga l'insieme dei 100 e più miliardi di stelle di una galassia che non potrebbero variare all'unisono la loro luminosità.

- L'unica spiegazione è che una componente del quasar, quella responsabile della variazione, se non tutto il quasar, possa avere dimensioni pari al Sistema Solare.

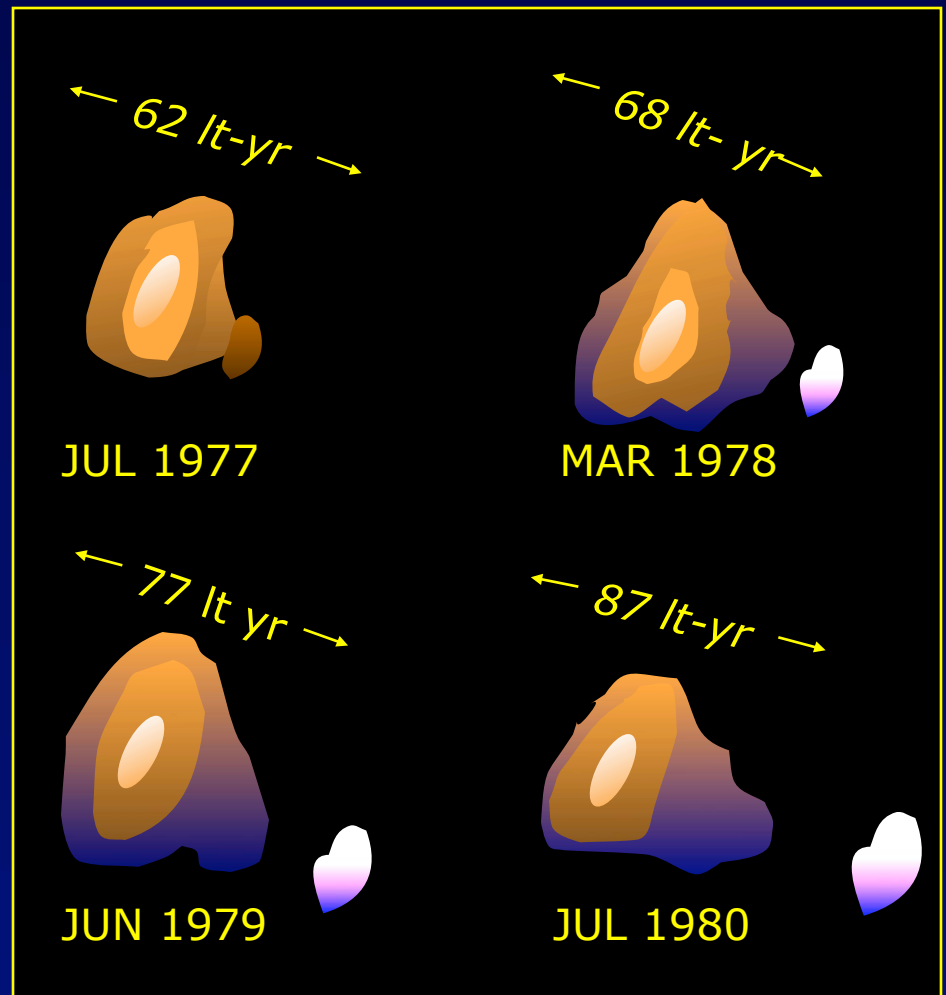
Il motore dei quasar

- Osservato nei dettagli con il radiointerferometro inercontinentale, **3C 273** è costituito da due zone ove avviene l'emissione radio.
- Nei tre anni passati tra due successive osservazioni, i due nuclei attivi hanno aumentato la loro separazione angolare da 0,006" d'arco a 0,008": se, come sembra mostrare il red shift, **3C 273** si trova a 2,3 miliardi di anni luce dalla Terra, la distanza tra i due nuclei, in tre

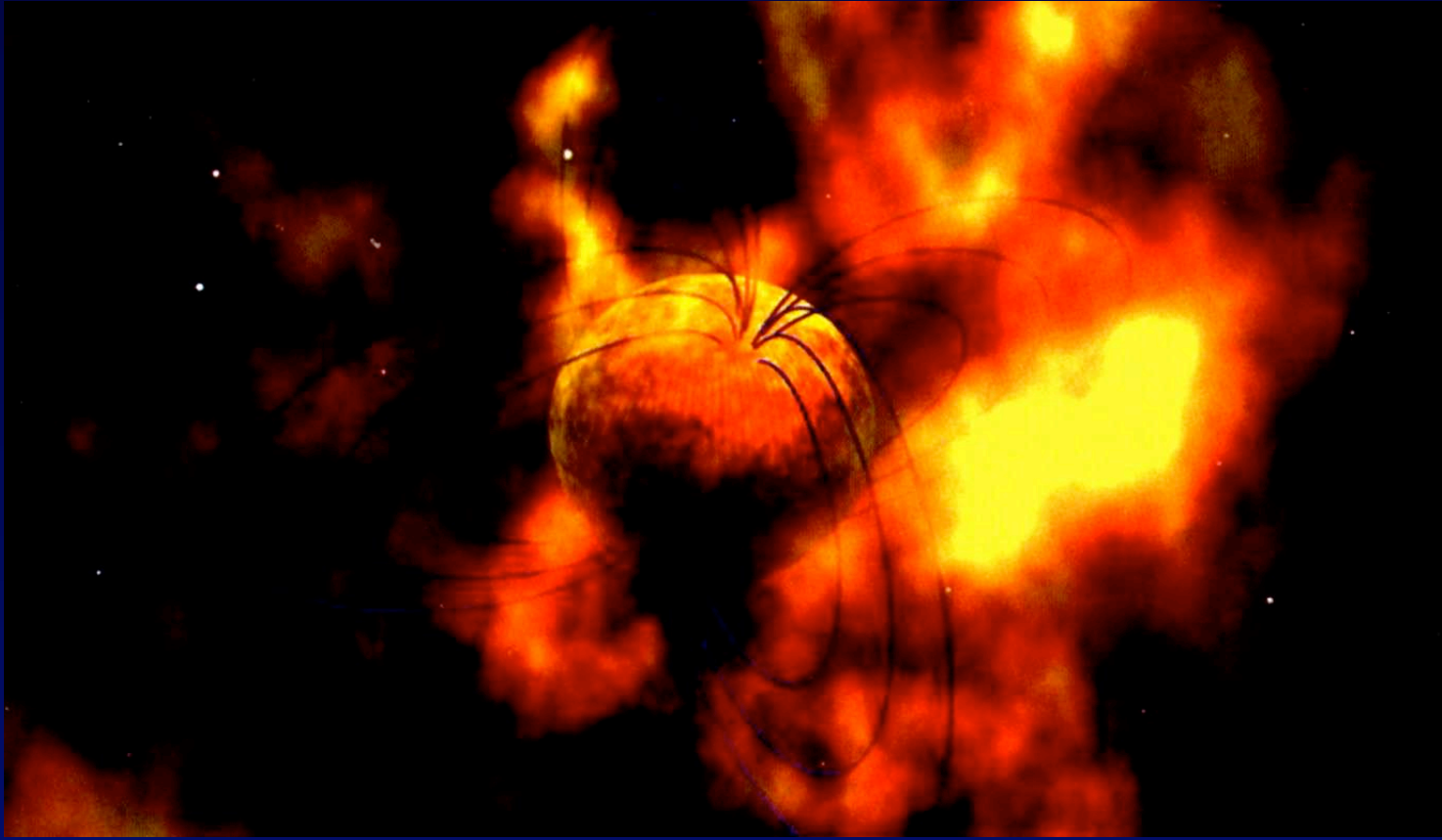
anni deve essere passata da 62 a 87 anni luce: in altri termini, i due nuclei si allontanano alla velocità di 8 anni luce all'anno, una velocità ben superiore a quella della luce. Occorre dunque cercare una spiegazione conforme al principio secondo cui nulla può essere più veloce della luce.

?

*Moto superluminale
di alcune componenti
radio del quasar
3C273 fotografato dal
VLBI (riproduzione)*



Le Magnetar

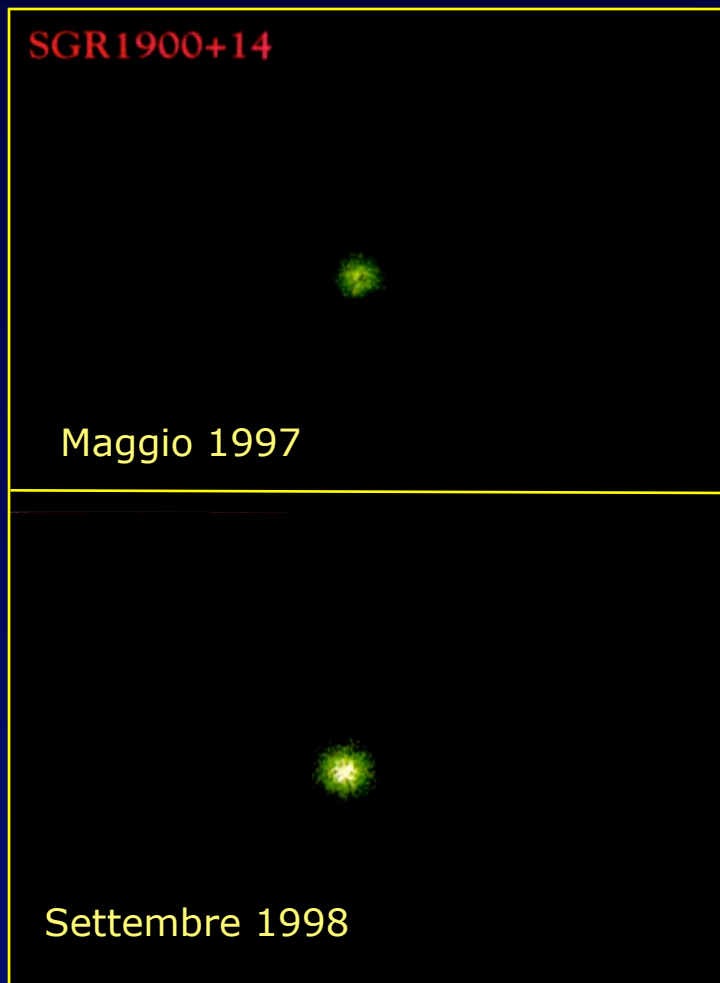


E' estremamente raro che qualcosa che accade al di fuori del Sistema Solare abbia un effetto misurabile sulla Terra. L'esplosione di una stella magnetica, con il suo flusso spaventoso di raggi gamma è invece perfettamente rilevabile. La teoria delle stelle magnetiche ha avuto una prima conferma dal flusso spaventoso di raggi gamma che ha colpito la Terra il 27 agosto 1998.

Se esplode una stella magnetica un fiume di raggi gamma investe la Terra

Esplosioni di energia

- Il 27 agosto 1998, proveniente da una catastrofica esplosione di una misteriosa stella magnetica, lontana 20.000 anni luce da noi, una spaventosa ondata di raggi gamma colpì l'atmosfera della Terra.
- Gli scienziati affermano che questi raggi gamma non presentano pericoli per la salute degli esseri umani, ma che invece possono fornire importanti informazioni sulle stelle più rare e misteriose dell'Universo.
- L'onda gamma del 27 agosto colpì l'atmosfera sul lato notturno, cioè sul lato che al momento non era esposto al Sole, e provocò un livello di ionizzazione pari a quello che si



Così il satellite BeppoSAX vedeva la sorgente SGR1900+14 nel maggio 1997 e poi, ben più brillante, nel settembre 1998, qualche giorno dopo il burst di raggi gamma che ha investito la Terra

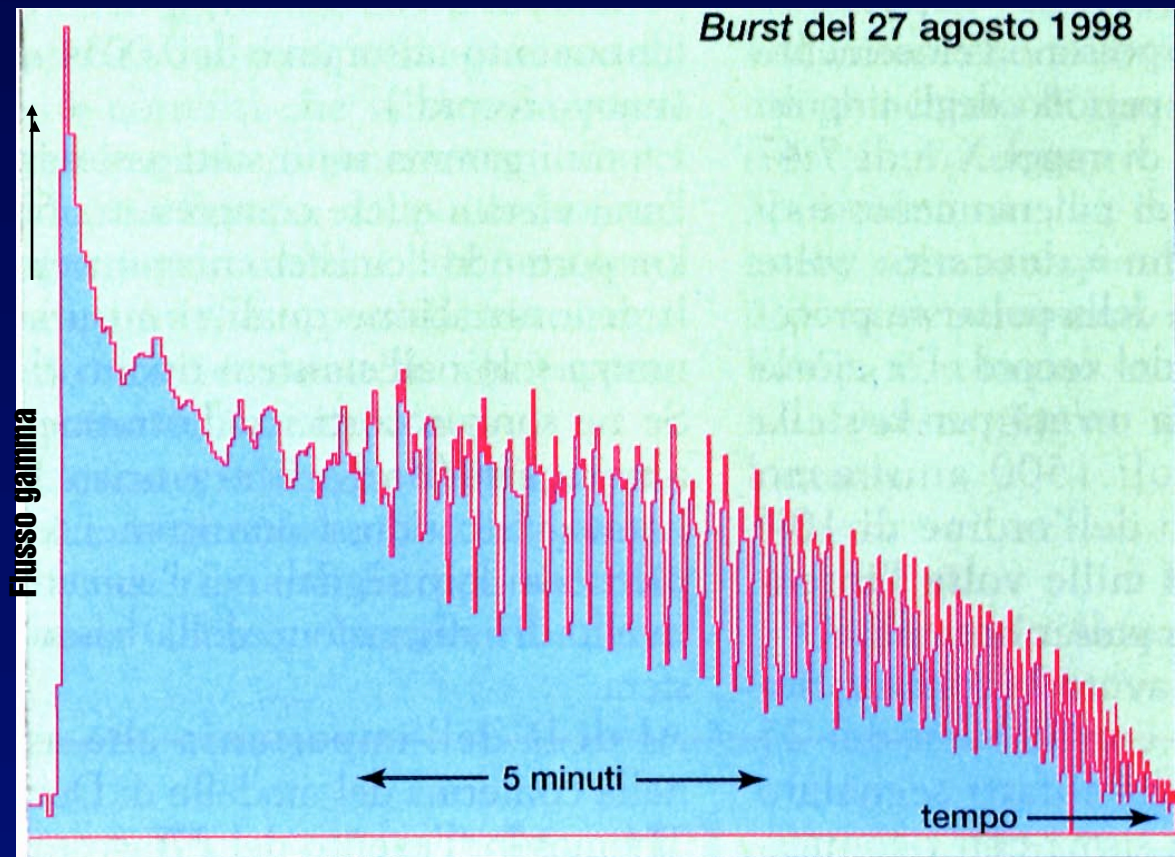
raggiunge solo di giorno per effetto delle radiazioni solari. In pratica, l'onda gamma strappò gli elettroni agli atomi dell'atmosfera in un modo e a un livello che normalmente è prodotto solo dall'intensa irradiazione ultravioletta del nostro Sole.

- In questo caso il flusso di raggi gamma è stato così potente da sbattere fuori scala gli indici dei sensibilissimi rivelatori a bordo di almeno 7 satelliti scientifici in orbita attorno alla Terra.

Le magnetar

- L'esplosione venne provocata da un nuovo tipo di stelle, appena scoperte, le **magnetar**. Si tratta di palle di materia superdensa, non più grandi di una città terrestre, ma più pesanti dell'intero Sole.

- Queste stelle possiedono il campo magnetico più intenso che si conosca in tutto l'Universo, così intenso da



Curva di luce dell'evento in raggi gamma del 27 agosto 1998 registrato dalla sonda Ulysses. Il burst ha una durata brevissima e si smorza in circa 5 minuti, con periodo rotazionale della sorgente pari a 5,16 sec.

alimentare un flusso continuo di raggi X dalla loro superficie. A volte però producono anche delle fiammate di raggi gamma che, come nel caso del 27 agosto, rappresentano delle vere e proprie catastrofi cosmiche.

- Gli astronomi ritengono che questi effetti siano prodotti da un campo magnetico fuori controllo in grado di riscaldare, frullare e talvolta anche ridurre in minuscoli frammenti la rigida superficie della stella.

Una stella dell'Aquila

- Nel giugno del 1998 un gruppo di scienziati del *Marshall Space flight Center* della NASA usò il satellite *Compton GRO (Compton Gamma Ray Observatory)* per rivelare una serie di circa 50 lampi di raggi gamma provenienti dalla stella **SGR1900+14** della costellazione dell'Aquila.
- Si trattava di una stella del tipo noto con il nome *Soft Gamma Repeater* (Ripetitore di Raggi Gamma Morbidi, SGR).



- Nel corso dell'esperienza, il gruppo del Centro di Volo Spaziale Marshall, in collaborazione con un altro gruppo della NASA, quello del Centro di Volo Spaziale Goddard, puntò sulla stella i rilevatori di un altro satellite osservatorio, il satellite **Bruno Rossi RXTE** (*Rossi X-ray timing Explorer*).
- Si scoprì così che dalla stella dell'Aquila provenivano anche flussi di deboli raggi X, ma pulsanti con estrema regolarità con un periodo di 5,16 secondi.
- Nessuno però avrebbe immaginato che stava per esplodere.



Cosa pensare?

Rossi X-ray Timing Explorer

In realtà la sorgente pulsante X era già stata scoperta in aprile con il satellite avanzato **ASCA** (*Advanced Satellite for Cosmology and Astrophysics*) gestito in comune dalla NASA e dai Giapponesi. Ma il confronto tra i due gruppi di dati mostrò

che la frequenza di emissione dei raggi X stava pian piano rallentando.

Che pensare dunque? Gli scienziati non hanno dubbi che tutto ciò significa solo che la stella dell'Aquila aveva un campo magnetico 800 mila miliardi di volte maggiore del campo magnetico terrestre. Si tratta di un campo magnetico veramente spaventoso, 100 volte più intenso di qualunque altro si sia mai osservato nell'intero Universo. Veramente tanto per una stellina non più grande di New York, ma più pesante del Sole. Era una

Magnetar

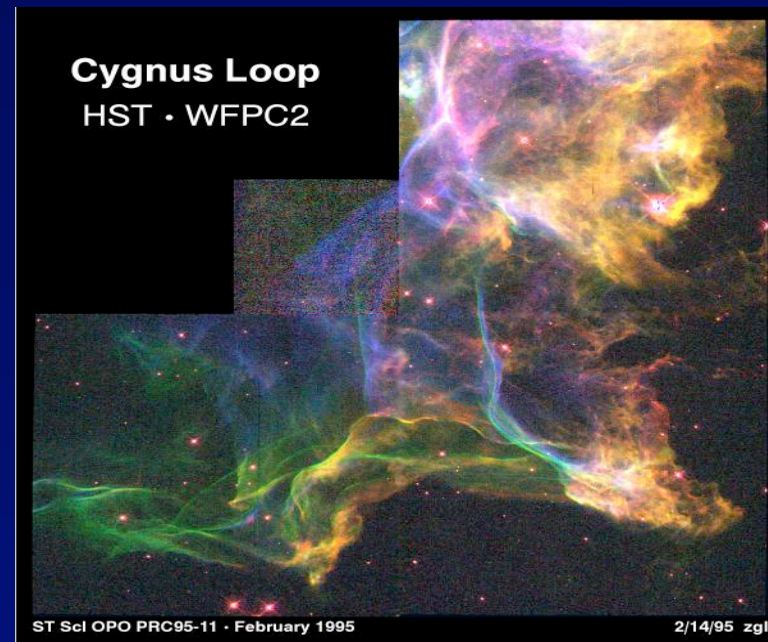
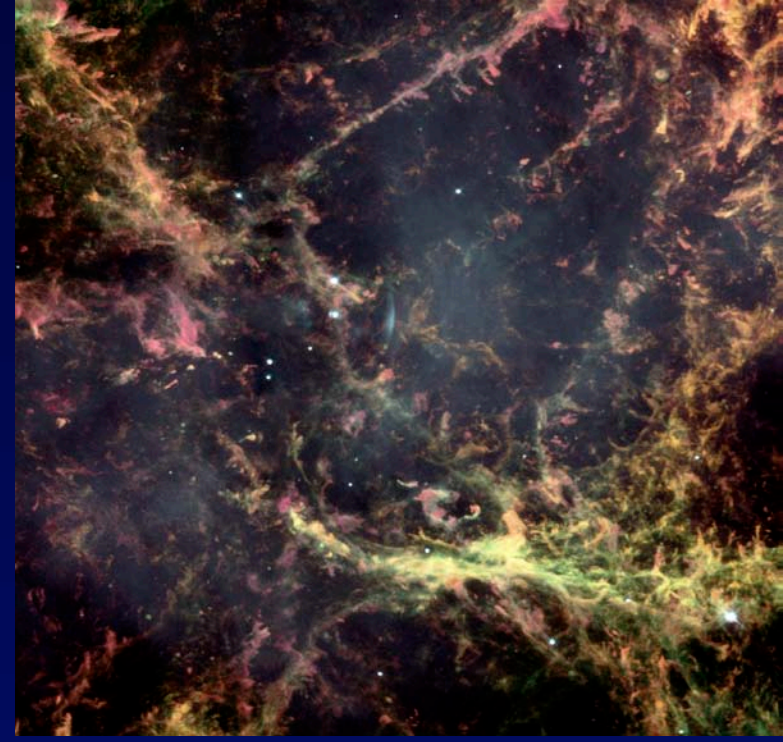
La formazione delle magnetar

- Quando si osservò l'esplosione di **SGR1900+14**, la teoria delle *magnetar* era infatti già completa ed era in grado di svelare alcuni misteri sulla struttura e sull'evoluzione delle stelle.
- Le *magnetar* passano i loro primi 10.000 anni come *Soft Gamma Repeaters (SGR)*.



Con l'età, rallentano la loro rotazione e diventano *Anomalous X-Ray Pulsar*, cioè Pulsar anomale a raggi X che non hanno abbastanza "carburante" per emettere lampi di raggi X, ma che producono un flusso continuo di queste radiazioni per circa altri 30.000 anni. Poi diventano nere e vanno in eterno alla deriva lungo le vie dell'Universo.

- Ciò potrebbe giustificare il fatto che in alcuni resti di supernova non si osservino pulsar.
- Le *magnetar* si formano dall'esplosione in supernovae di stelle ordinarie di grandissima massa. Nel collasso si forma una palla di materia ultradensa del diametro di non più di 20 Km: una stella costituita principalmente da neutroni immersi in un fluido superdenso.
- Gli strati esterni, però, solidificano in una crosta rigida di atomi spessa un po' meno di 2 Km con la superficie di ferro.
- Nonostante la loro crosta solida, le *magnetar* sono molto instabili.



Il loro enorme campo magnetico ne tormenta continuamente la crosta con terremoti spaventosi. L'energia che si libera si disperde nello spazio sotto forma di lampi di raggi gamma.

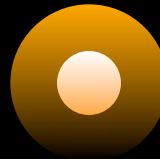
- Oggi sappiamo che 20.000 anni fa si è polverizzata l'intera crosta di ferro della stella e si è liberato un lampo di pura energia magnetica che il 27 agosto 1998 ha raggiunto la Terra.

TERRA



0,5 Gaus

SOLE



6 Gaus

SGR 1900+14



$4 \cdot 10^{14}$ Gaus

BIBLIOGRAFIA

Testi estratti da : ASTRONOMIA De Agostini Mailing s.r.l.-Novara
Immagini fotog. : NASA