

Stjerner som ville dø i fred afsløres ved gamma-stråling

Af Christina C. Thöne, Daniele Malesani og Dong Xu, Dark Cosmology Centre, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Vores viden om gammaglimt er måske knap så god som astronomerne troede, i hvert fald for de langvarige gammaglimt. Nye observationer viser at de måske ikke alle optræder sammen med en supernova – i modsætning til hvad tidligere observationer ellers tydede på.

Hvad er gammaglimt?

I 1960'erne kredsede militær satellitter rundt om Jorden for at måle efter gammastråling fra forbudte nukleare testsprængninger i rummet. Heldigvis fandt de ingen, men i stedet opdagede de et nyt, spændende fænomen i verdensrummet: tilsyneladende tilfældige udbrud af højenergetisk gammastråling der hverken stammede fra Solen eller Jorden. Det tog næsten tredive år at løse gåden om hvad disse gammaglimt egentlig er. Kun i det seneste tiår har det været muligt for astronomerne at gøre virkelige fremskridt i forståelsen af gammaglimt. Vi ved nu at gammaglimt (eng.: Gamma-Ray Burst, GRB) er utroligt kraftige eksplosioner i fjerne galakser som for en kort tid producerer mere lys end alle de andre stjerner i deres galakse tilsammen, og de er måske de mest energirige begivenheder i Universet siden Big Bang. Derudover er vi kommet en del nærmere forståelsen af hvad der sker når et gammaglimt går af. Gammaglimt er observeret til at have en varighed fra nogle få millisekunder op til mange minutter og kan groft deles ind i to grupper efter deres varighed: korte (under 2 sekunder) og lange (over 2 sekunder) gammaglimt. For begge typer gammaglimt tyder meget på at selve gammastrålingen kommer fra en jet af materialet fra et "objekt" – som man antager at være en eller anden type af en kolliderende stjerne – hvor det bliver accelereret til næsten lyshastighed¹.

Korte og lange glimt, supernova eller ej?

For kun tre år siden fandt vi det første bevis på hvad modellerne havde forudsagt, nemlig at de langvarige gammaglimt optræder i forbindelse med en supernova. Når store, tunge stjerner dør – dvs. når de løber tør for fusions-brændstof i deres indre – kaster de en del af deres materiale ud i rummet hvilket giver en kraftig optisk lysudsendelse som kaldes for en "supernova".

Supernovae er blevet detekteret også i galakser nær os, men uden medfølgende gammaglimt, hvilket indikerer at der skal være helt specielle betingelser opfyldt for at supernovae og gammaglimt følges ad. Hvordan vidste vi at vi havde fundet et gammaglimt med en supernova? Når man observerer hvordan lysudsendelsen af et gammaglimt udvikler sig med tiden (den såkaldte "lyskurve"), så ser vi to komponenter: Først falder lyskurven meget kraftigt og følger en aftagende potenslov på grund af vekselvirkningen af

det hastigt ekspanderende stof fra gammaglimtet med det omgivende interstellare materiale. Når lysstyrken, efter nogle dage eller uger, er faldet tilstrækkeligt, kommer en anden komponent til syne i lyskurven som stammer fra supernovaen. I en supernova, stiger lysudsendelsen i det optiske bølgelængdeområde over flere uger til det når et maksimum og derpå falder langsomt igen. Dette forløb fører til et "bump" i gammaglimtets nedad-gående lyskurve op til flere uger efter selve gammaglimtet. Dette bump kan observeres når gammaglimtet ikke ligger for langt væk, ellers er supernovaen for svag for at blive observeret med de tilgængelige instrumenter.

For de kort-varige gammaglimt er mekanismen mindre sikker, men den model som er mest sandsynlig og som passer bedst med observationerne indikerer, at glimtet kommer fra sammenstød af to kompakte objekter – to neutronstjerner eller en neutronstjerne og et sort hul. Da disse objekter er meget små er tidsskalaerne også mindre end ved de store stjerneeksplosioner. Ved denne model forudsiges der ingen væsentlig udsendelse af materiale ved eksplosionen der forventes derfor ingen medfølgende supernova emission i overensstemmelse med observationerne.

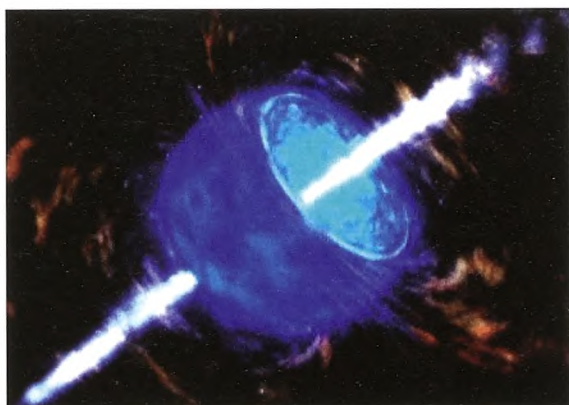
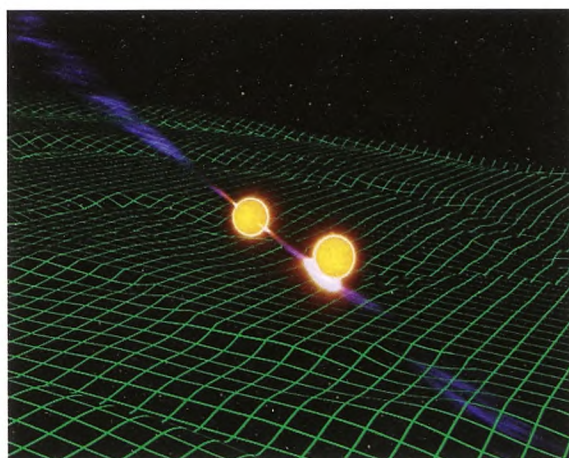
En ny overraskelse på vej

Denne inddeling i forskellige modeller baseret på gammaglimtets varighed var accepteret frem til 2006. Så overraskede naturen os på ny med de lange gammaglimt og astronomerne er nu igen forvirrede. I maj og juni 2006 opdagede Swift satellitten, som har jagtet gammaglimt siden slutningen af 2004, to nære gammaglimt som så ud til at være velegnede for en supernova søgning – det var GRB 060505 og GRB 060614². Umiddelbart var de to gammaglimt meget forskellige. Det første bestod af en relativt kort (4 s), svag, enkelt skarp udsendelse af gamma-stråler mens det andet var meget længere (102 s) med en længere, kompleks serie af gammaemissioner.

Astronomer fra hele verden brugte en række forskellige teleskoper for at finde supernovaen. Blandt dem var de "virkeligt store" som ESOs 8m VLT-teleskoper i Nordchile men også det lille men meget effektive danske 1,54 m-teleskop på La Silla/Chile – hvor der på det tidspunkt befandt sig danske astronomer, som søgte efter ekstrasolare planeter og de brugte deres "ekstra tid" på at følge op på disse to spændende gammaglimt.

¹For mere information om selve gammaglimtene se [1].

²Gammaglimt eller GRBs får navn efter opdagelsens dato, GRB 060505 blev f.eks. detekteret den 5. maj 2006.



Figur 1. Simuleringer af et langvarigt og et kort-varigt gammaglimt. Modellen for det korte gammaglimt viser også rumtidsfladen som er kraftigt forstyrret når to neutronstjerner støder sammen. (credits: NASA og John Rowe Animation)

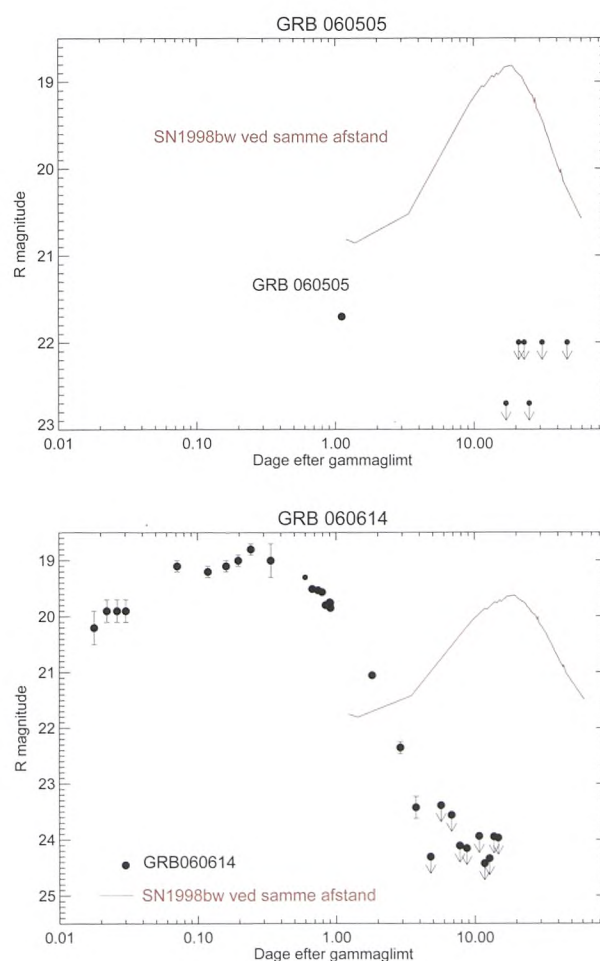
Egentlig forventede vi at se et nyt maksimum, supernova-bumpet, i den optiske emission 10 til 20 dage efter gammaglimtet, men lyskurven fortsatte ufortrødent med at falde. De to glimt var så nær ved hhv. 1,3 og 1,8 mia. lysår at vi kan sætte den øvre grænse for lysudsendelsen af en mulig supernova til at være mindre end en hundrededel af en “vanlig” gammaglimt-supernova (se figurer 2a og b).

Langvarige gammaglimt og ingen supernova – enkle forklaringer...

Men hvad var så årsagen til at vi ikke så nogen supernova? Var der støv i vejen som gjorde det optiske lys fra gammaglimtene svagere? Eller var gammaglimtene egentlig længere væk end vi troede? Er det muligt at begge gammaglimt kom fra sammenstød af to kompakte objekter som muligvis er årsagen til de korte gammaglimt? Eller har vi opdaget en ny klasse af gammaglimt? For at finde nogle svar på det har astronomerne undersøgt gammaglimtenes omgivelser i deres værtsgalakser. Galaksernes egenskaber nær stedet hvor gammaglimtene gik af kan fortælle noget om de stjernepopulationer som giver ophav til gammaglimtet.

Forskellige typer stjerner udsender lys i forskellige farver. Tunge stjerner som producerer supernovae er normalt meget varme og det meste lys bliver udsendt

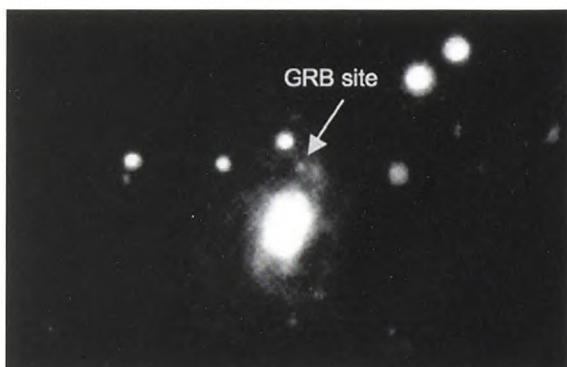
i det blå område. Mindre stjerner derimod er koldere og har en rød farve. Begge gammaglimtenes værtsgalakser ser ud til at indeholde et større antal unge stjerner. Især for GRB 060505 er der et stort, ungt, stjernedannende område i en spiralarm netop på det sted hvor gammaglimtet blev fundet. Dette stjernedannende område er meget forskelligt fra den øvrige galakse. Det er blevet bekræftet gennem analysen af spektre fra forskellige områder i værtsgalaksen. Kemiske grundstoffer som brint og ilt danner nogle meget kraftige linjer på en bestemt bølgelængde, men kun hvis det interstellare materiale er blevet varmet kraftigt op af unge stjerner i nærheden. Disse særlige spektral-linjer er blevet fundet i spektrene af begge de mærkelige gammaglimt.



Figur 2. Lyskurverne for de to supernova-løse gammaglimt (i sort) og til sammenligning lyskurven af hvordan en supernova som blev observeret sammen med et gammaglimt (SN 1998bw – rød kurve), havde set ud hvis den var eksploderet på samme afstand som hhv. GRB 060505 og GRB 060614. På nogle af de sene observationer kunne gammaglimtet ikke blive detekteret og der er derfor nogle øvre grænser angivet (sorte piler). Lysstyrken på y-aksen er målt i R-bånd (rød lys) og angivet i magnituder som er en logaritmisk skala hvor stjernen Vega har mag 0 og svagere objekter positive værdier.

Flere analyser af værtsgalakserne og det optiske lys fra gammaglimtene selv udelukker nogle af de “enkle” forklaringer på de “manglende” supernovae. For

begge gammaglimt er der ikke meget støv i området rundt om gammaglimtet og det kan derfor ikke bare skyldes formørkende støv at det ikke var muligt at observere nogle supernovae. GRB 060614 ligger lidt udenfor sin værtsgalakse og værtsgalaksen for GRB 060505 er set fra toppen. Analysen af gammaglimtenes eftergløder viser, at der ikke fandtes meget støv mellem gammaglimtene og os. Begge gammaglimt er også nært tilknyttet en galakse og sandsynligheden for, at de faktisk eksploderede bag deres formodede værtsgalakser og at galaksen bare tilfældigvis lå mellem os og gammaglimtet der så lå meget længere væk, er meget lille, specielt for GRB 060505.



Figur 3. Værtsgalaksen for GRB 060505 er en relativt nærtliggende spiralgalakse hvor man ser at gammaglimtet gik af i et ungt, stjernedannende område i den øvre spiralarm. Et andet stort, blåt stjernedannende område ligger lidt til højre for eksplosionsstedet i samme spiralarm mens resten af galaksen ikke indeholder mange unge stjerner.

... eller behøver vi en ny model?

Hvad kan vi nu sige om oprindelsen af disse to mærkelige gammaglimt? De er begge to gået af i stjernedannende galakser, især GRB 060505 befandt sig i et område med mange unge, tunge stjerner, og vi ved at tunge stjerner dør i kraftige eksplosioner. Hvad er der sket? En tung stjerne kan i følge nogle modeller for eksempel falde sammen til et sort hul uden at give ophav til en stor supernova. Det kan ske under specielle omstændigheder hvor gravitationstiltrækningen er så stor at stjernens ydre materiale ikke kommer langt nok væk fra stjernen førend det falder tilbage ind i det nydannede sorte hul, en såkaldt "fall-back supernova" hvor eksplosionen da ikke ville kunne observeres i synligt lys. Gammaglimtet ville da være det eneste signal som kom fra den døende stjerne og den eneste mulighed for at observere dens endeligt. Men det er ikke det eneste scenario.

Der er teoretikere der mener at det kan skyldes en variation af modellen for korte gammaglimt – ved et sammenstød mellem to kompakte objekter. Det er dog meget svært at forklare hvordan man får en udsendelse af gammastråling så langvarig som de 102 s for GRB 060614 som varede 100 gange længere end man ville forvente for en sådan model. Et andet problem er at stjernerne i området for GRB 060505 er meget unge og det giver ikke tilstrækkeligt med tid til at producere to kompakte objekter og have dem til at støde sammen. En endelig konklusion er meget svær. Mange nye

eksempler af denne slags gammaglimt er måske bare derude i rummet og venter på at blive opdaget. De vil føre os til en ny og bedre forståelse af gammaglimtenes ophav. Naturen har altid nye overraskelser og vi skal altid tænke på og teste nye muligheder for hvad vi observerer.

Det arbejde som er beskrevet i denne artikel er blevet publiceret i tidsskriftet "Nature" den 21. December 2006 under ledelse af Johan P.U. Fynbo. Flere artikler fra artiklens tre forfattere om disse mærkelige gammaglimt er i forberedelse. Mange tak til Brian L. Jensen fra DARK for gennemlæsning og rettelse af de sproglige fejl i den danske version. Uddybende artikler og hjemmeside findes i litteraturlisten nedenfor.

Litteratur

- [1] Wikipedia artikel, http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma-ray_burst
- [2] NASAs indledning til gammaglimt, http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_11/bursts.html
- [3] New Journal of Physics, fokus på gammaglimt, <http://www.iop.org/EJ/abstract/1367-2630/8/7/E01>.

Christina C. Thöne er fra Tyskland og ph.d.-studerende ved Dark Cosmology Centre ved Niels Bohr Institutet i København. Hun er særligt interesseret i høj opløste optiske spektre fra gammaglimt og deres værtsgalakser og er bl.a. involveret i konstruktionen af den nye "x-shooter"-spektrograf til VLT. Hun tager gerne selv på observationstur til de store teleskoper eller lader andre observere når et nyt gammaglimt går af.



Daniele Malesani er fra Italien og har en postdocstilling ved Dark Cosmology Centre. Han arbejder på et stort observationsprojekt med VLT for at få informationer fra så mange værtsgalakser som muligt. Ellers er han én af de ivrigste til at følge op på gammaglimtets efterglød – også midt om natten.



Dong Xu er fra Kina og ph.d.-studerende ved Dark Cosmology Centre. Hans ene interesse er at modellere gammaglimtenes lyskurver for at finde ud af hvilke mekanismer der får dem til at afvige fra enkle potenslove. Derudover forsøger han at anvende gammaglimt for at få informationer om Universets udvikling som man forsøger det med supernova.

