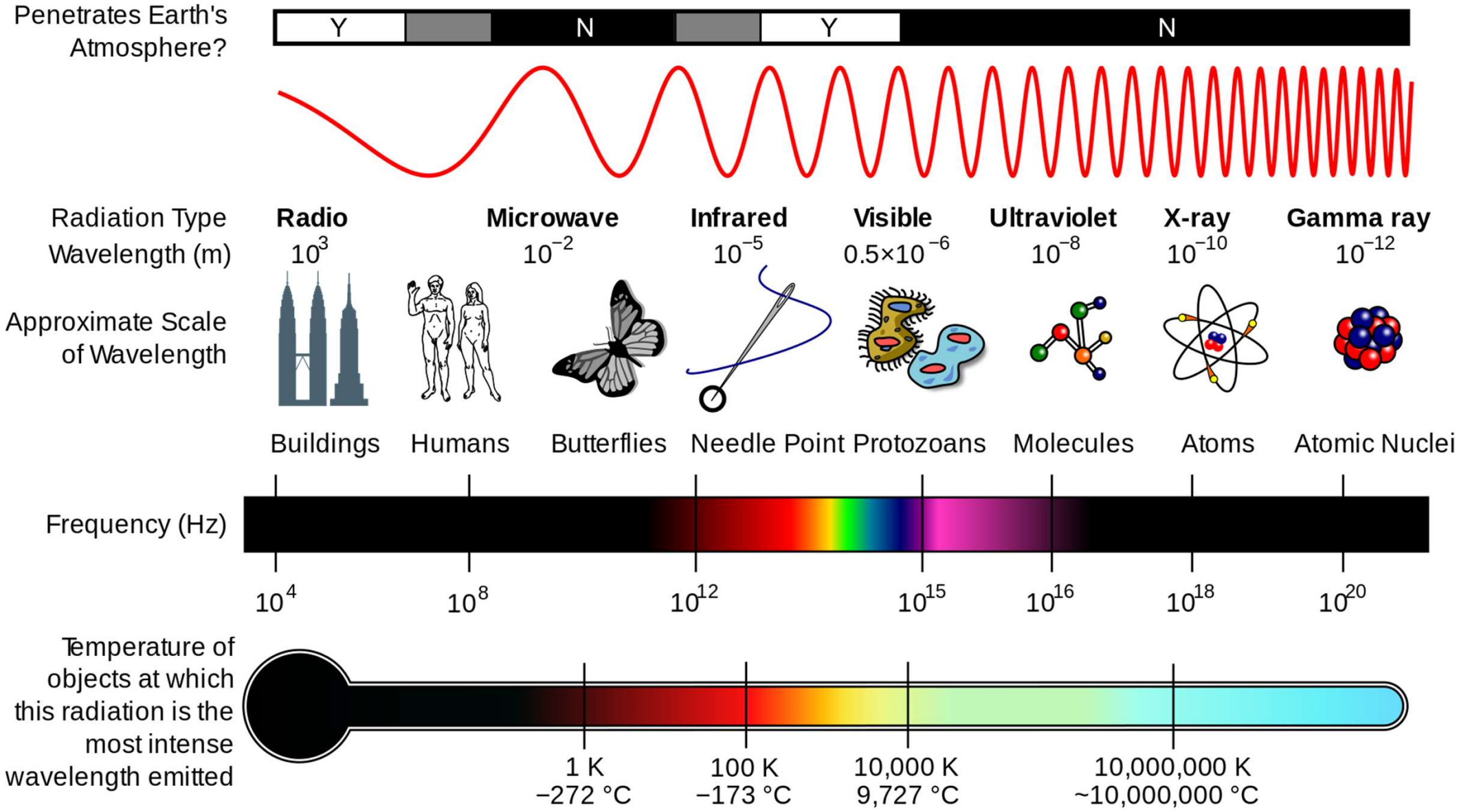
Himmelske glimt og magnetarer

Hvordan magnetarer knytter sammen fenomener som gammaglimt, røntgenblaff og radioglimt

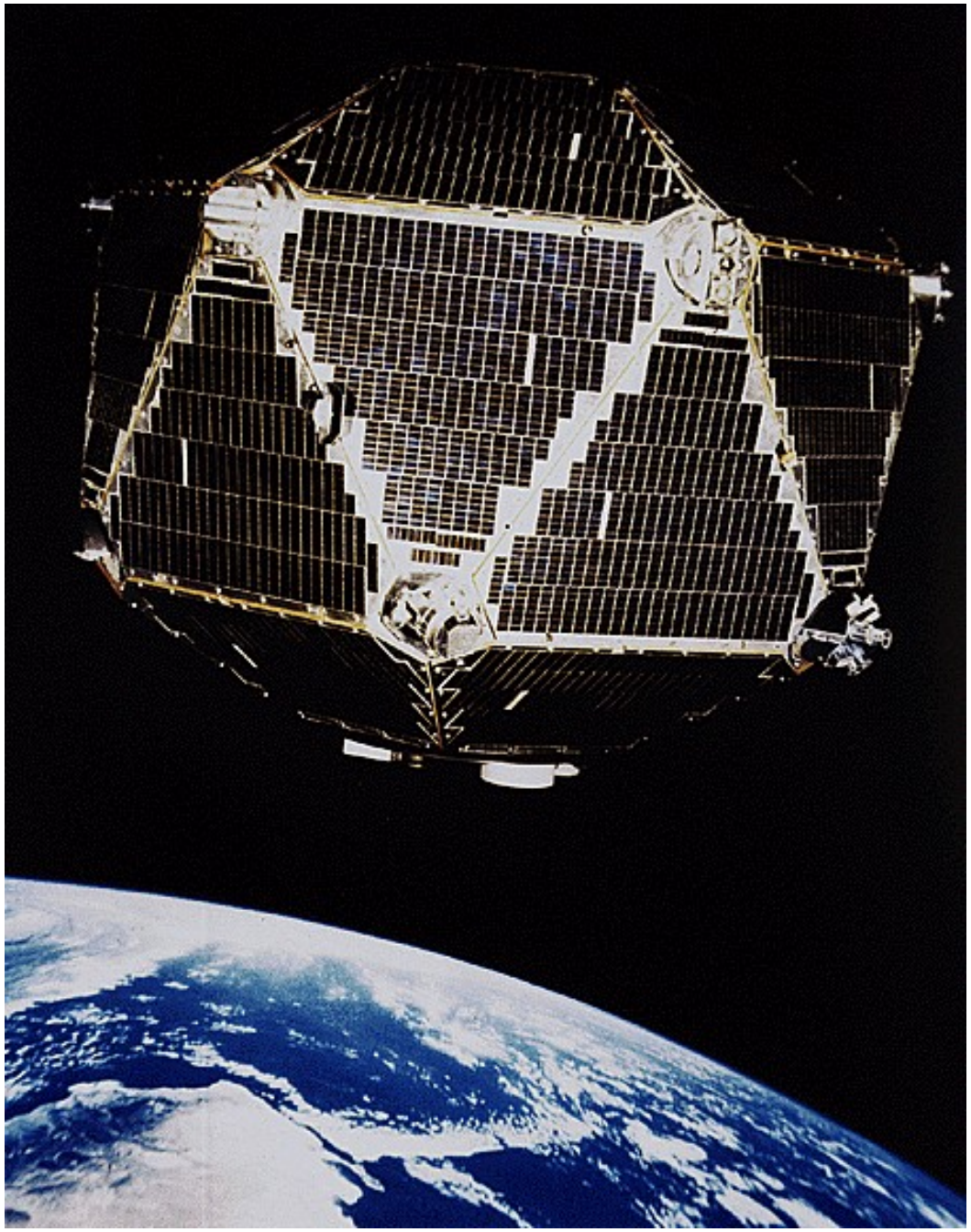
Øyvind G. Grøn

Foredrag i
Trondheim Astronomiske forening
19. oktober 2021

Det elektromagnetiske spekteret

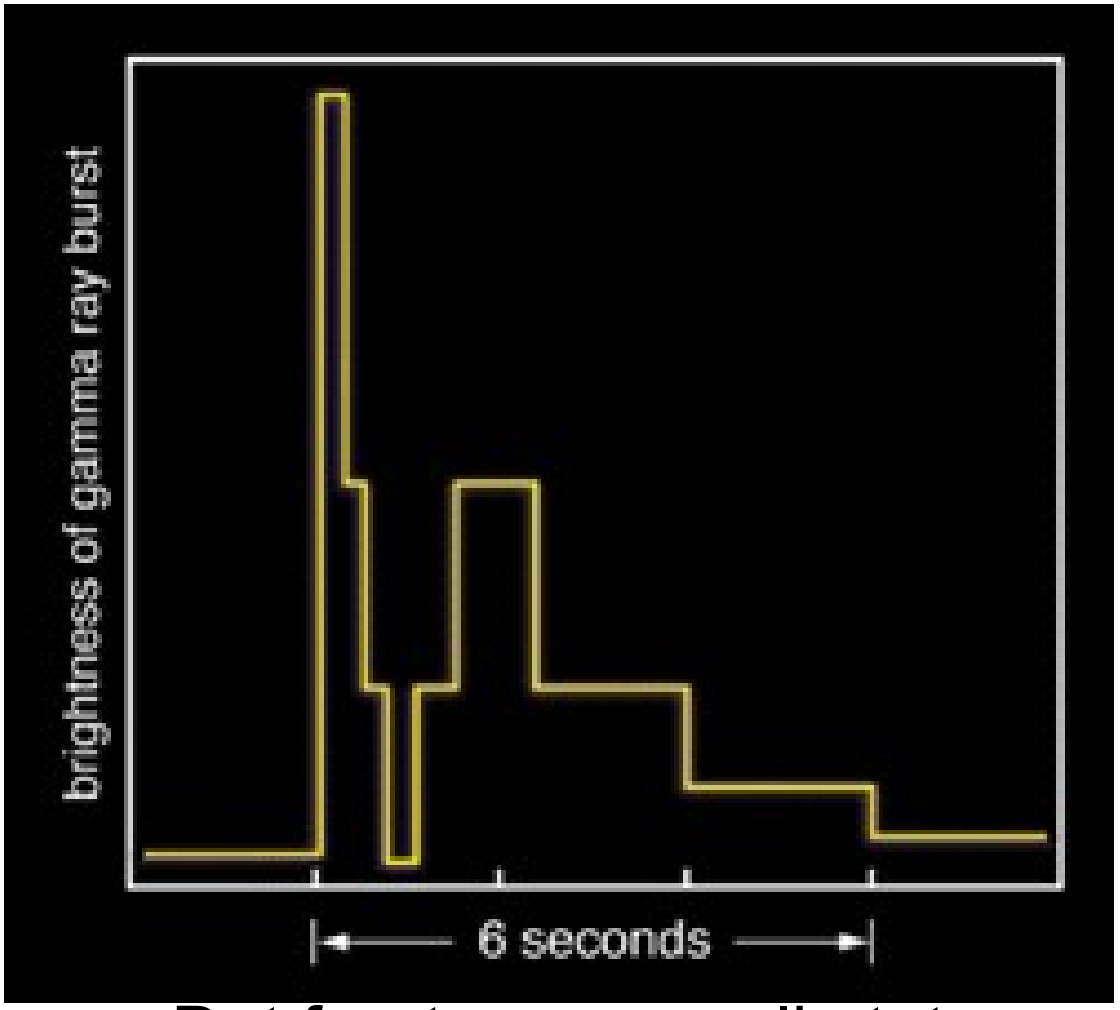


GAMMAGLIMT



I oktober 1963 sendte USA opp den første satellitten i en serie som skulle være med å kontrollere at en nylig undertegnet avtale om forbud mot prøvesprengninger av atombomber, ble overholdt. De ble kalt Vela-satellitter etter det spanske ordet 'velar', å vokte.

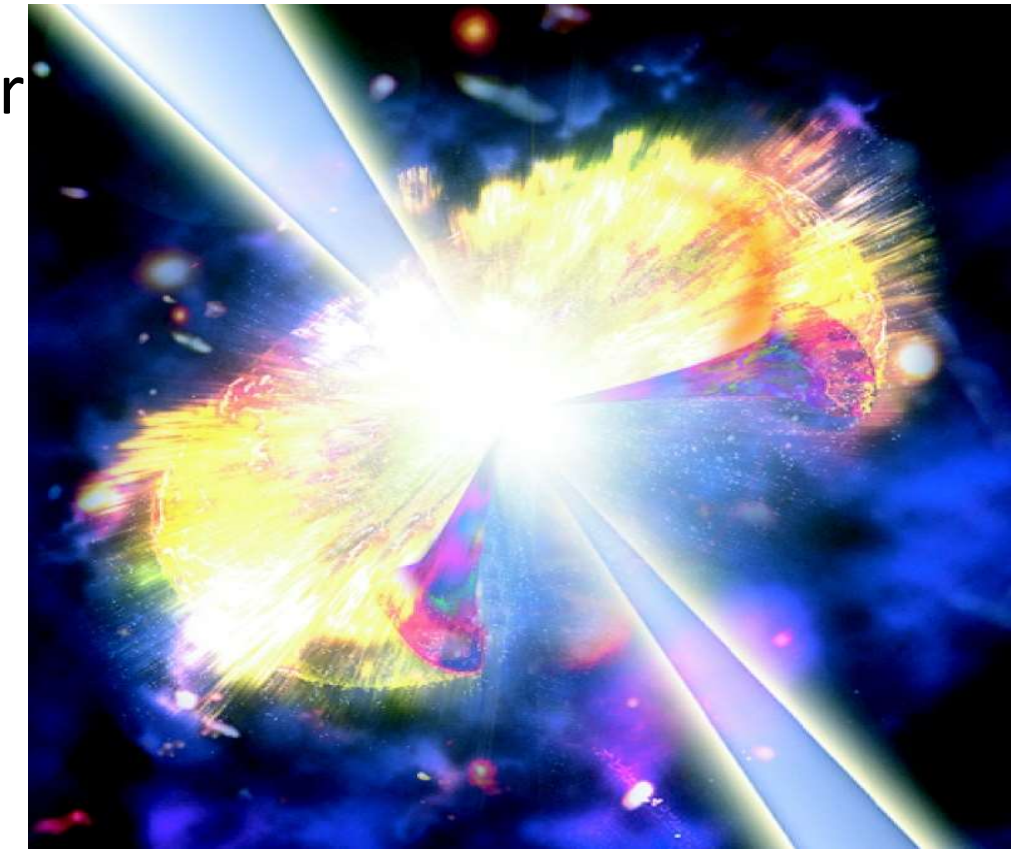
Fra og med oppskytingen av Vela 3 i 1965 hadde Ray Klebesadel ansvaret for instrumentene som registrerte røntgen- og gammastråling. 1973 publiserte han og en medarbeider en artikkel der de konkluderte med at registrerte glimt av gammastråling hadde "kosmisk opprinnelse.

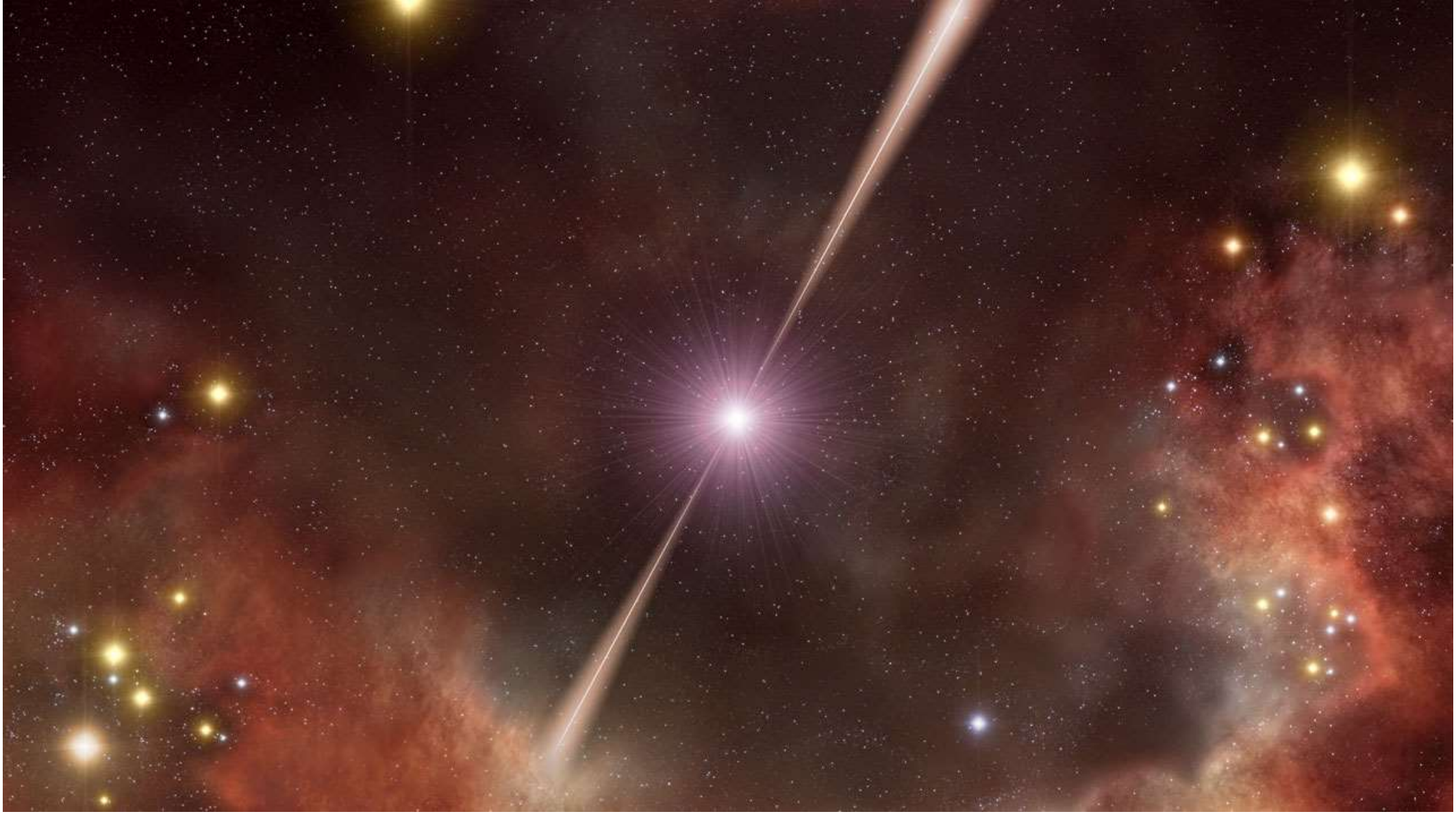


Det første gammaglimtet,
registrert av en Velasattelitt 2. juli 1967,
varte i 6 sekunder.

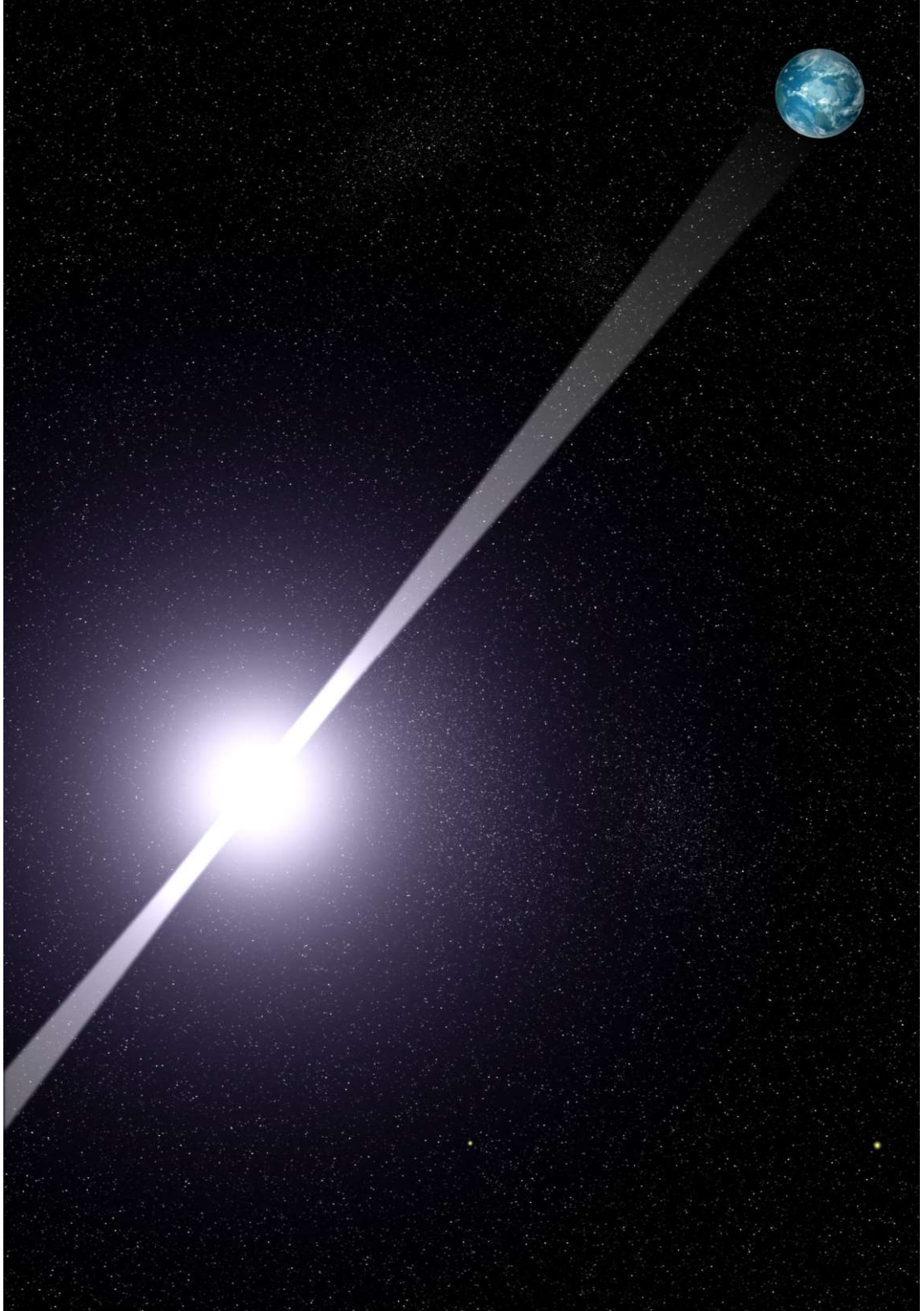
Eksplosjoner i rommet

- Energi omdannes fra masse når stjerner eksploderer.
- Supernovaer oppstår når stjerner med over 8 solmasser eksploderer.
- Da dannes nøytronstjerner.
- Gammaglimt kan oppstå når stjerner med over 20 solmasser eksploderer.
- Da dannes svarte hull.
- Gammaglimt kan også komme fra kollisjoner av nøytronstjerner.





Gammaglimtet GRB 080319B (Gamma Ray Burst 19. mars 2008) var så intenst at, til tross for at det kom fra en stjerne som eksploderte flere milliarder lysår fra jorda, kunne det i et lite sekund ha vært observert med det blotte øye.



Mange gammaglimt er fokusert stråling fra en eksploderende stjerne med over 20 solmasser. Etter eksplosjonen blir det bare igjen et svart hull av stjernen. Fokuset skyldes at stjernen roterte hurtig og hadde et sterkt magnetfelt. Strålingen sendes ut fra et plasma som skytes ut i jetstrømmer langs den magnetiske aksen.

grafikk laget av Einar Borderwich

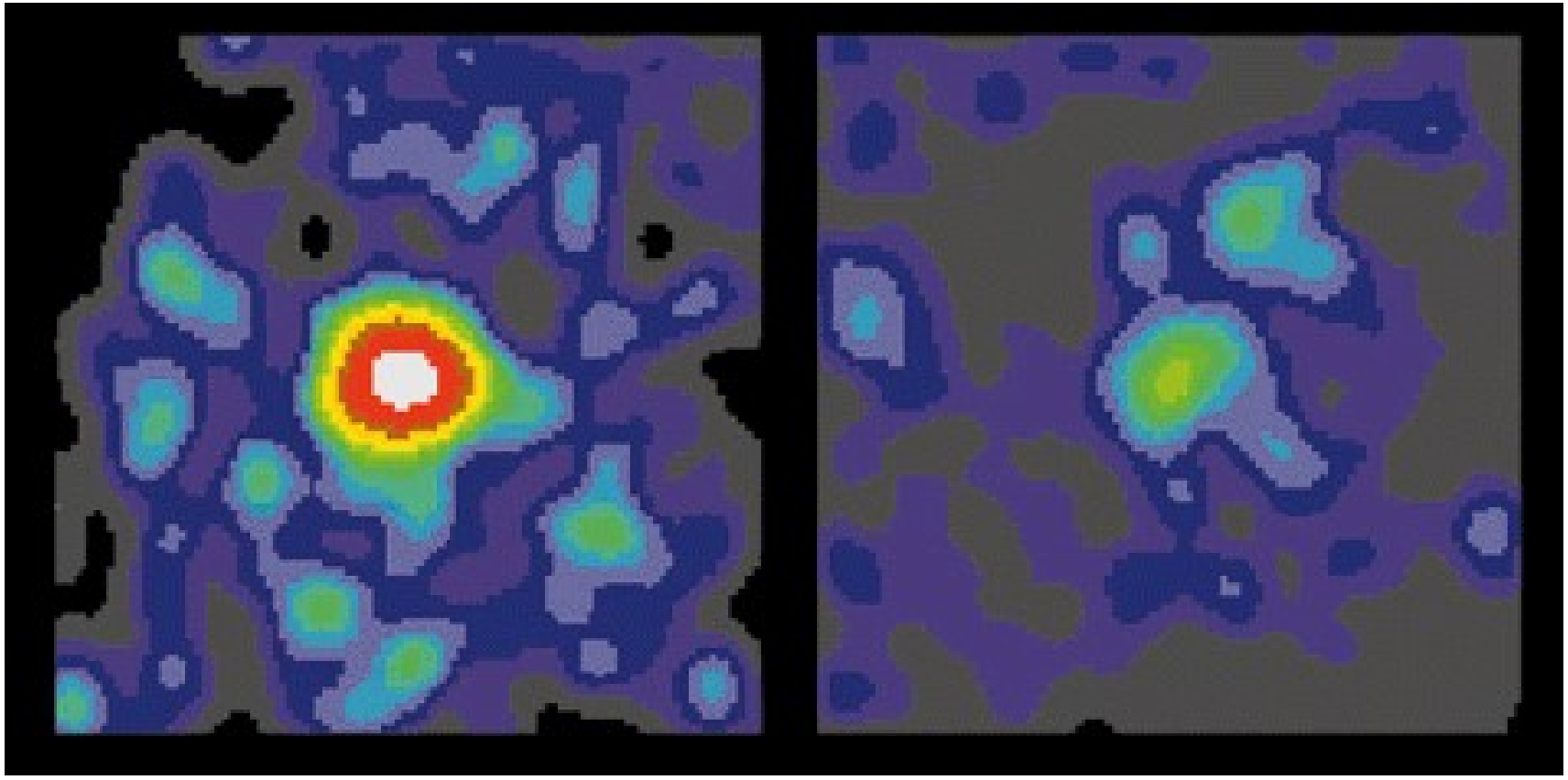
Gammaglimt er intense blink i gamma-området av spekteret med varighet fra omtrent et hundredels sekund til et kvarter.

Kildene til glimtene er langt borte –
noen mer enn ti milliarder lysår.

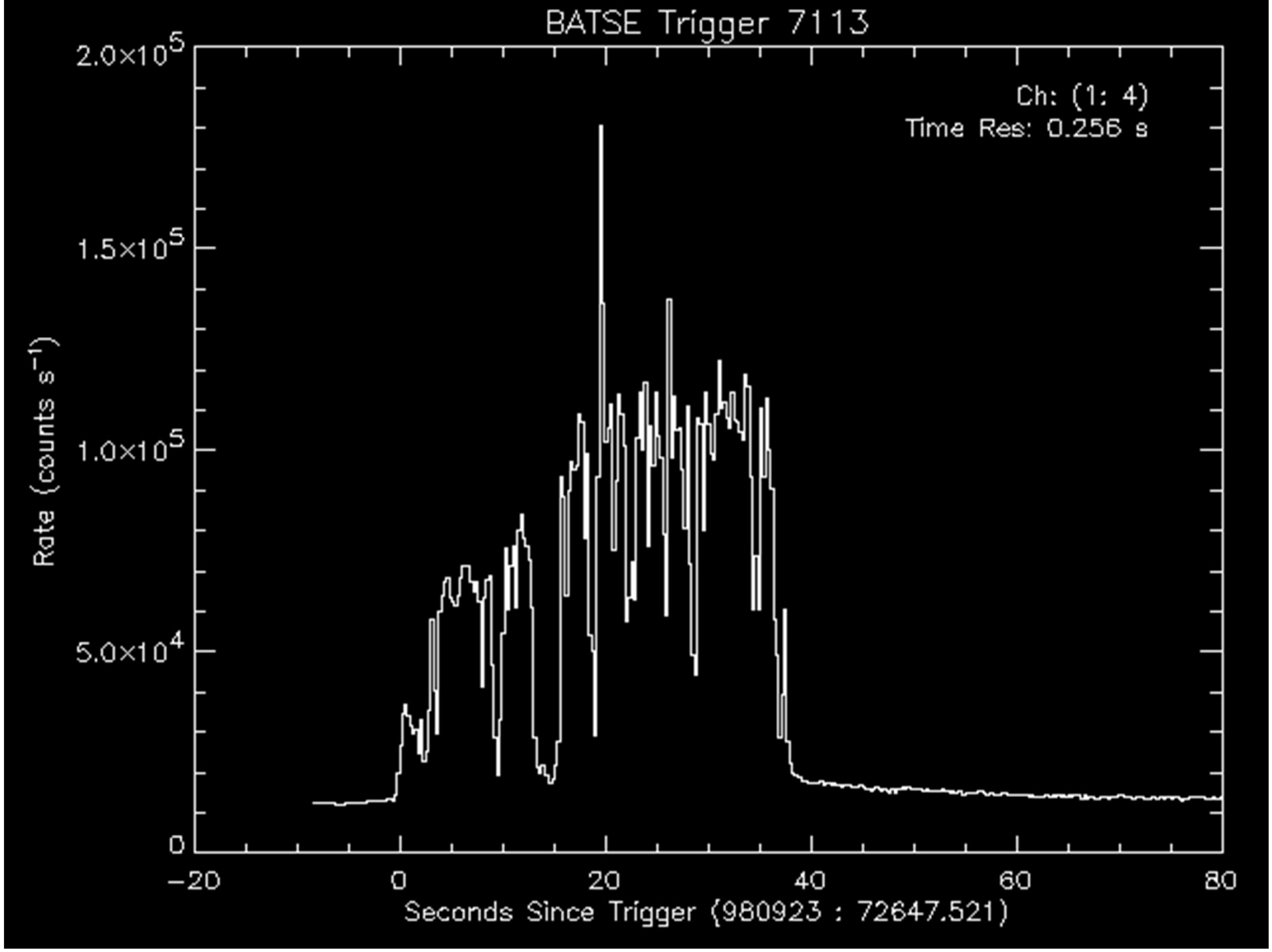
Gammaglimtene kan grovt inndeles i to klasser:

type I med varighet under 2 sekunder – midlere varighet 0,3 sek –
og harde spektra (svært høy frekvens);
type II med varighet over 2 sekunder – midlere varighet 20 sek –
og mykere spektra (ikke fullt så høy frekvens).

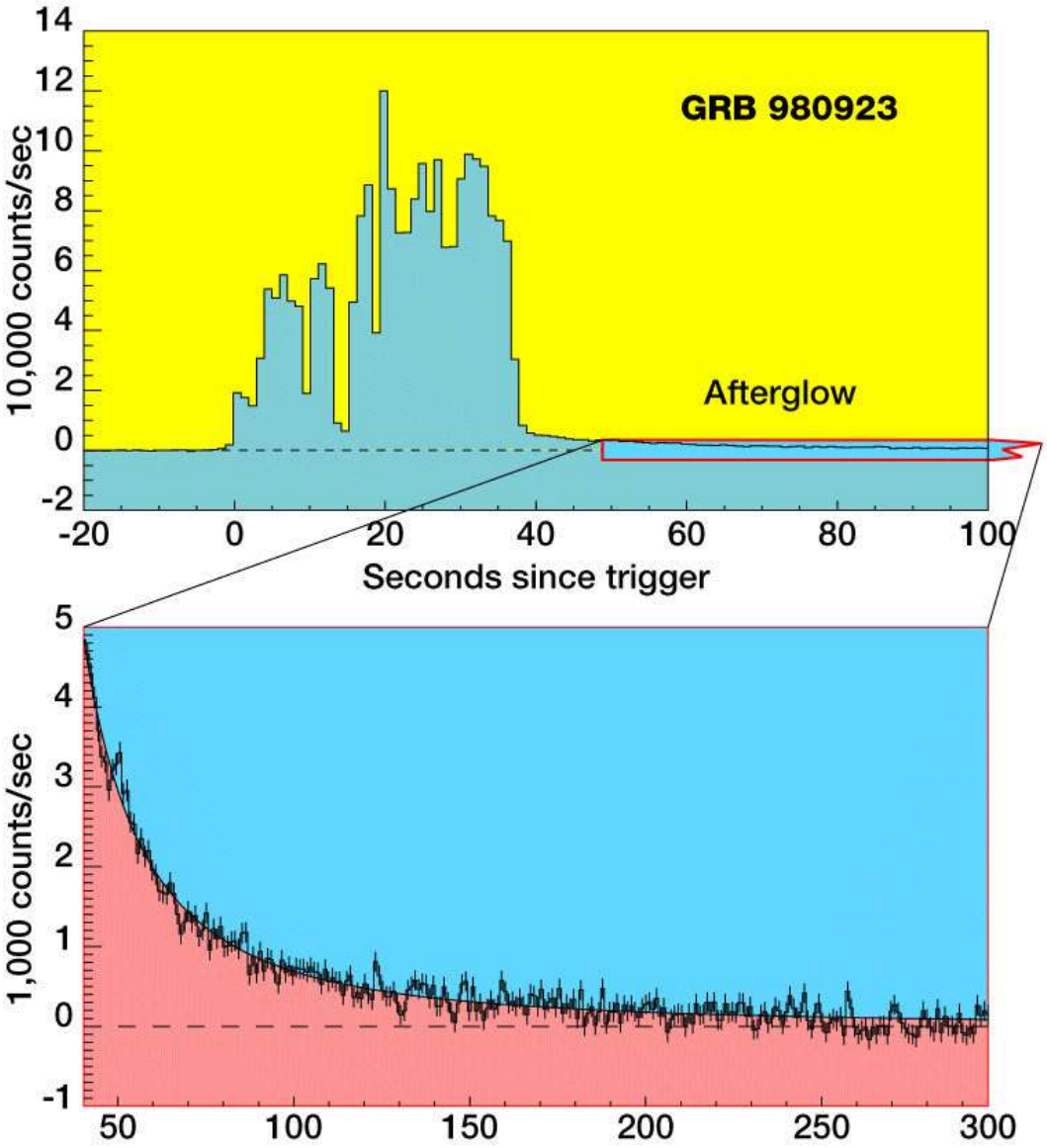
Det første gammaglimtet man lyktes å finne den optiske kilden til, ble registrert 28.februar 1997.



Gammaglimtet 28. februar 1997. Bildet til venstre av etterglødeen ble tatt i røntgenområdet av spekteret 8 timer etter glimtet 28. februar med Beppo SAX satellitten, og det til høyre 3. mars.



Tidsutviklingen av intensiteten til gammaglimtet GRB 980923 observert 23. september 1998 med satellitten BATSE.



Tidsutviklingen av gammaglimtet GRB 980923 og dets etterglød. Selve glimtet varte i 40 sekunder med raske fluktuasjoner av intensiteten.

Det ble fulgt av en fluktuerende etterglød med avtagende intensitet.

Dette tyder på at strålingen kom fra en rekke skall som ble sendt ut fra en sentral kilde med liten utstrekning.

Kollisjoner mellom skallene har ført til intensitetstopper med varighet ned mot et millisekund.

Kolliderende skall har beveget seg mot oss med praktisk talt lyshastighet. De har så å si holdt følge med strålingen de sendte ut. Glimtet blir dermed som en "film" av kollisjonene som kjøres alt for hurtig.

Kilden til gammaglimtet GRB 990123 ble fotografert 9. februar 1999 med Hubble romteleskopet.

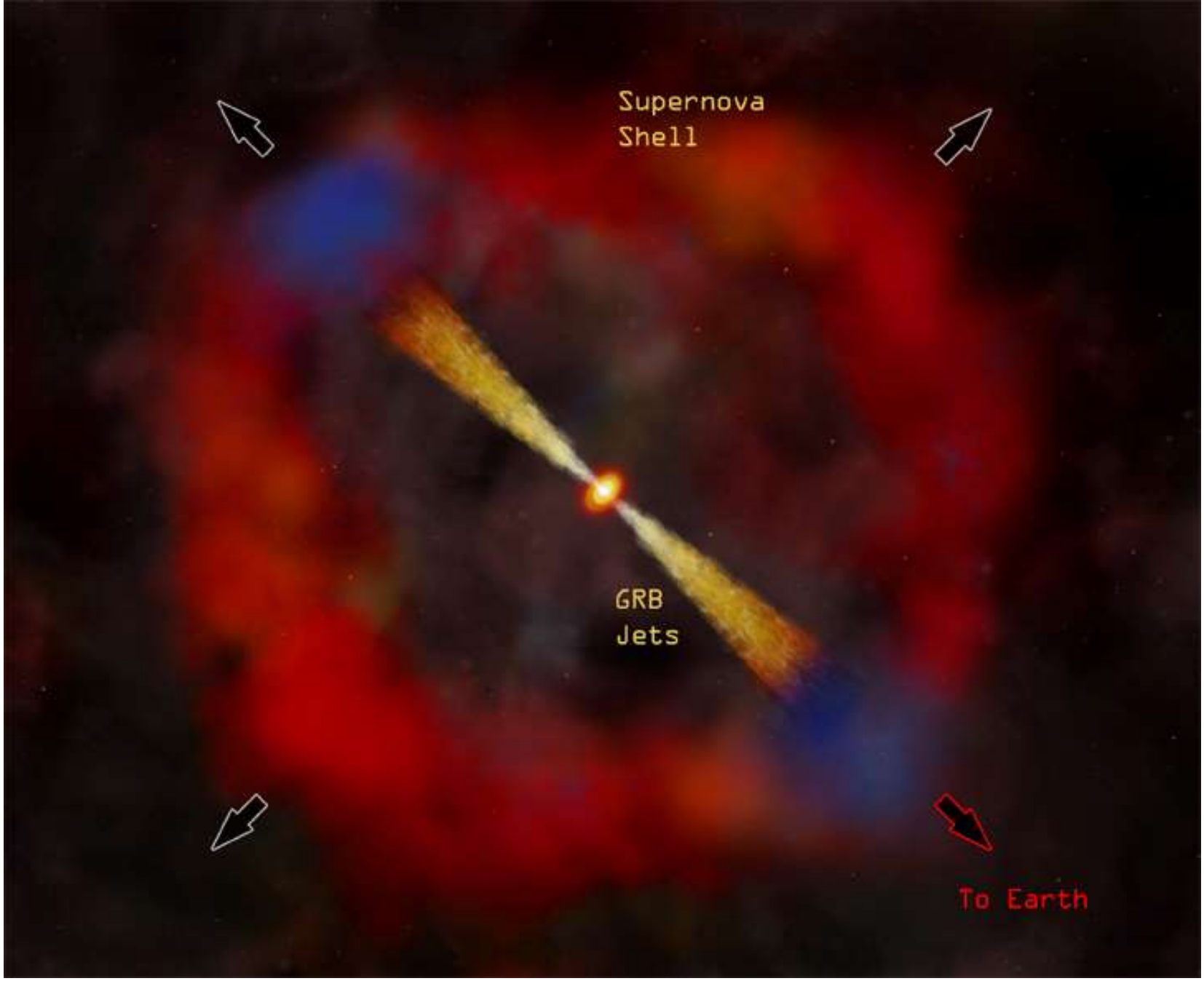
GRB 990123 dukket opp 23. januar 1999. Det er unikt på fire måter:

1. GRB 990123 er det første gammaglimtet som ble observert optisk allerede under glimtet.

2. Dersom kilden sender ut like mye stråling i alle retninger, er dette gammaglimtet blant de mest energirike som er observert.

3. GRB 990123 er det første gammaglimtet med klare indikasjoner på at strålingen ikke er isotrop, men sendt ut i avgrensete jetstrømmer.

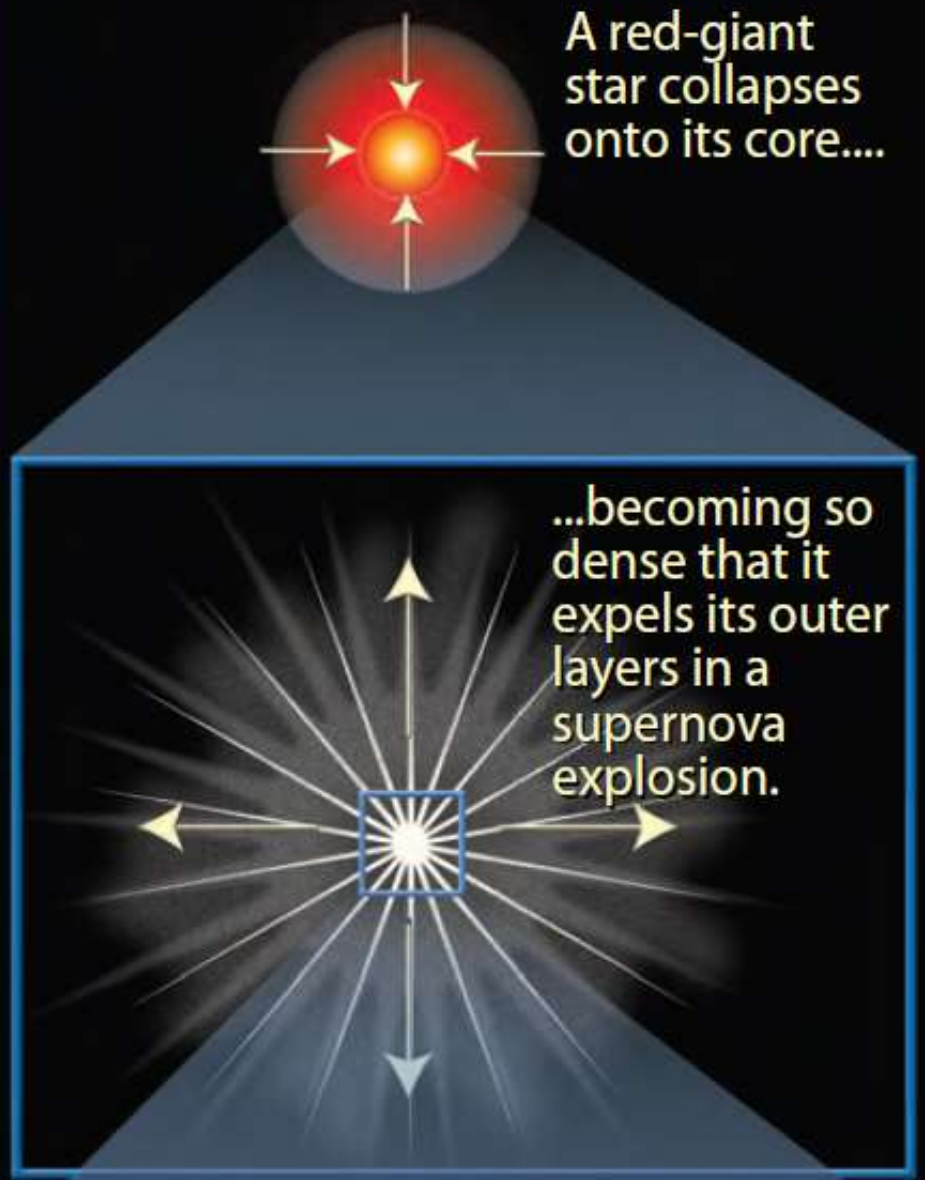
4. Det er første gammaglimt med en etterglød av radiostråling. Radiostrålingen kunne observeres en dag etter glimtet og forsvant den neste dagen.



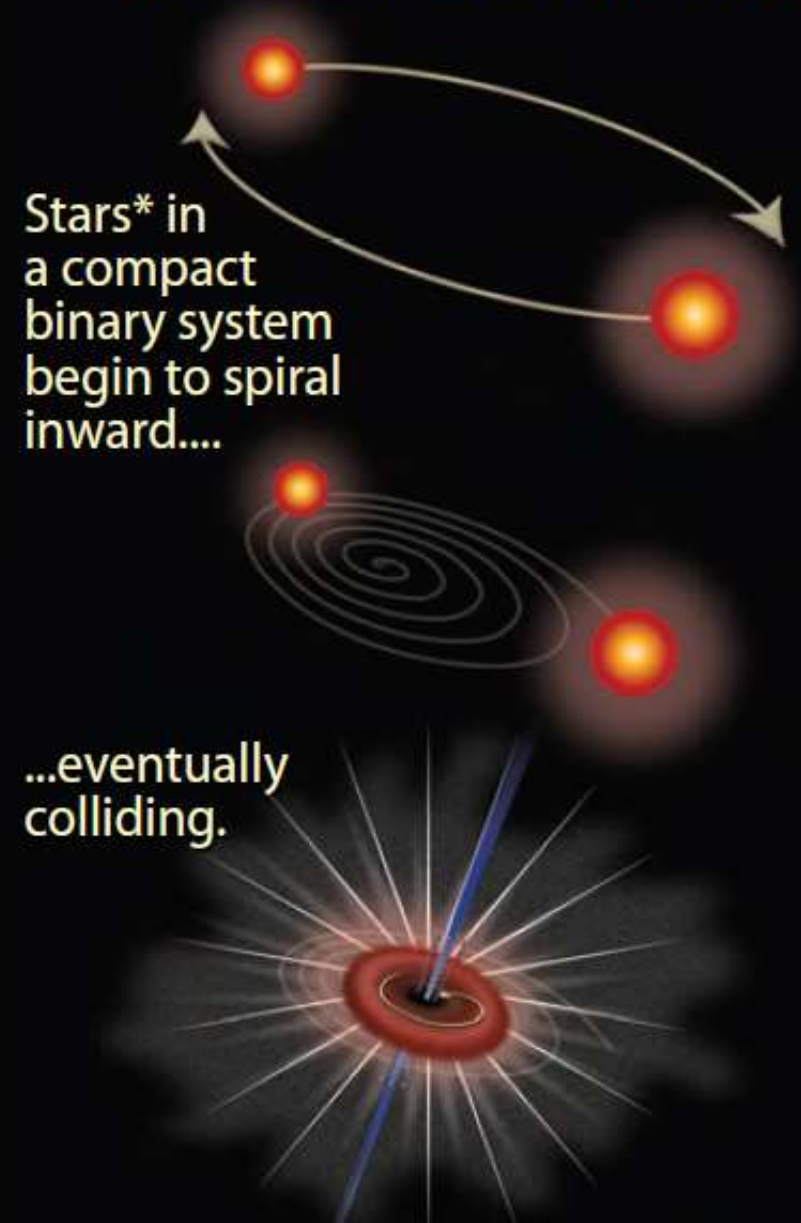
Modell av kilden til et langt (varighet på over 2 sekunder) gammaglimt:
En hypernovaeksplosjon av en roterende, massiv stjerne som danner et svart hull og intense jetstrømmer.

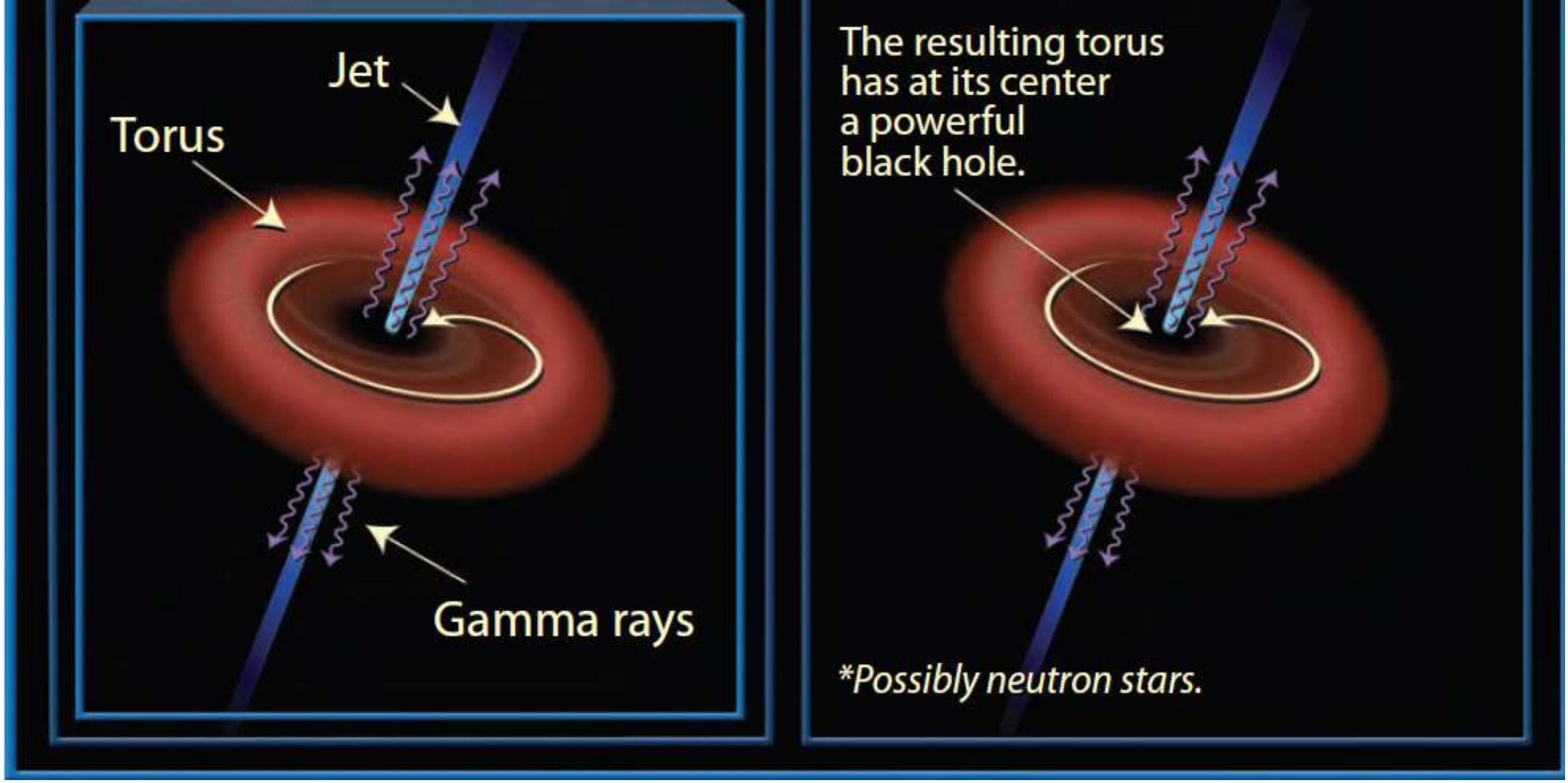
Gamma-Ray Bursts (GRBs): The Long and Short of It

Long gamma-ray burst
(>2 seconds' duration)

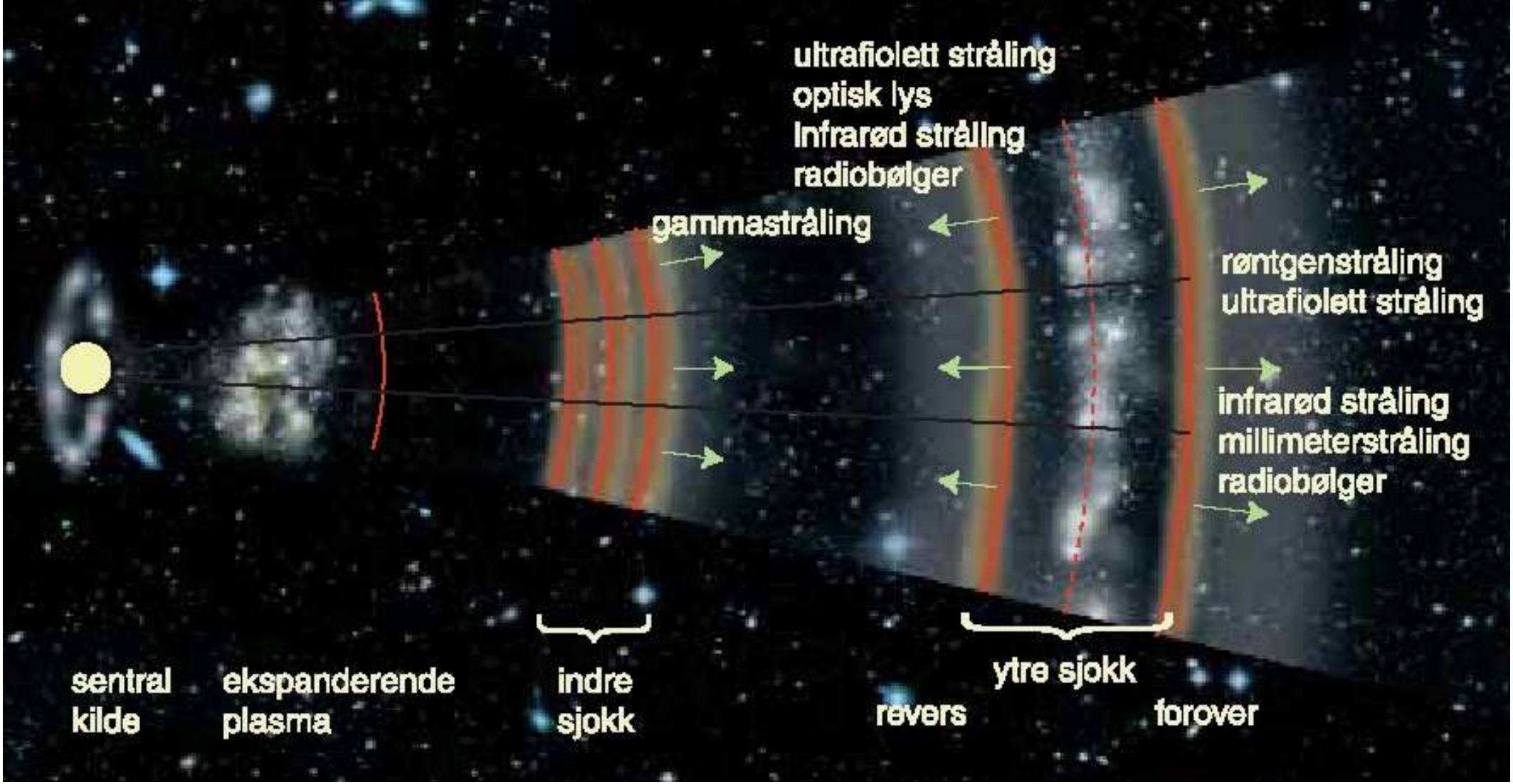


Short gamma-ray burst
(<2 seconds' duration)

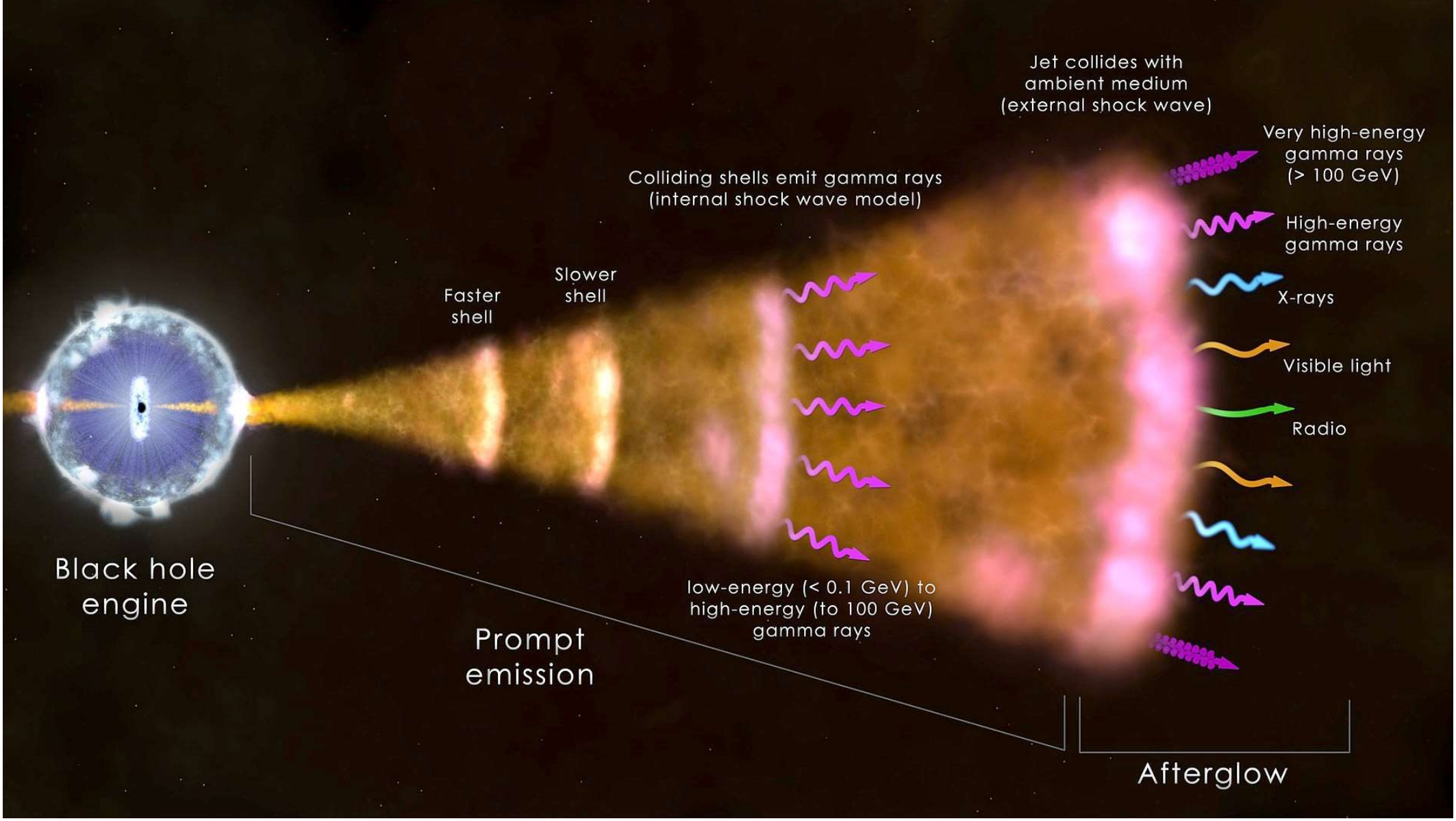




De to siste lysbildene viser modeller for kildene til gammaglimt som varer over 2 sekunder (langvarige gammaglimt, til venstre) og kortvarige gammaglimt (til høyre). Et langvarig gammaglimt skyldes en såkalt hypernovaeksplosjon av en masserik stjerne som kun etterlater seg et svart hull. De kortvarige gammaglimtene skyldes kollisjon mellom stjernene i et kompakt binært system som oftest mellom to nøytronstjerner, men av og til også mellom en nøytronstjerne og et svart hull.

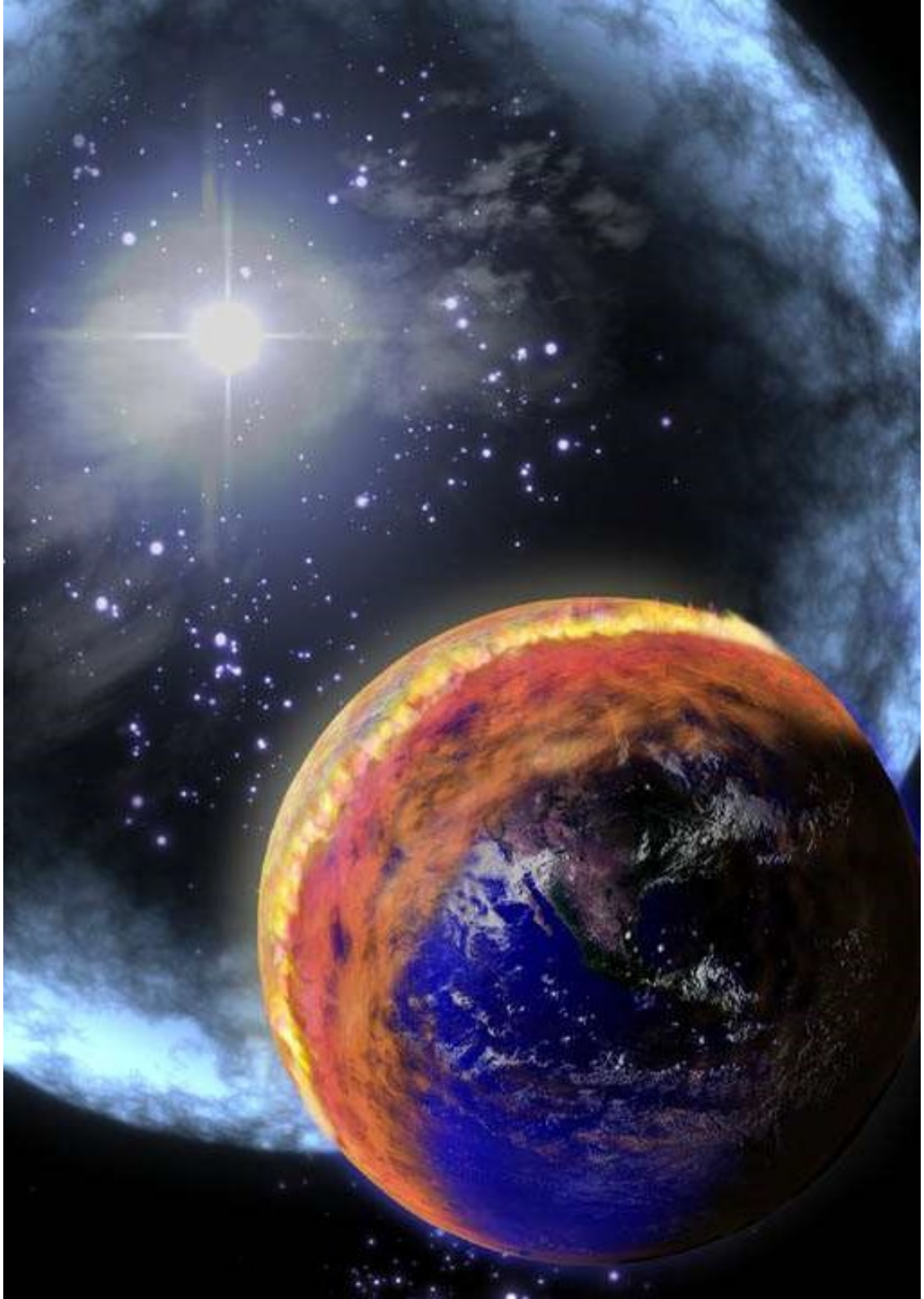


Modell av kilden til et gammaglimt.
Tegnet av Trond Erik Hillestad for omtrent 20 år siden.

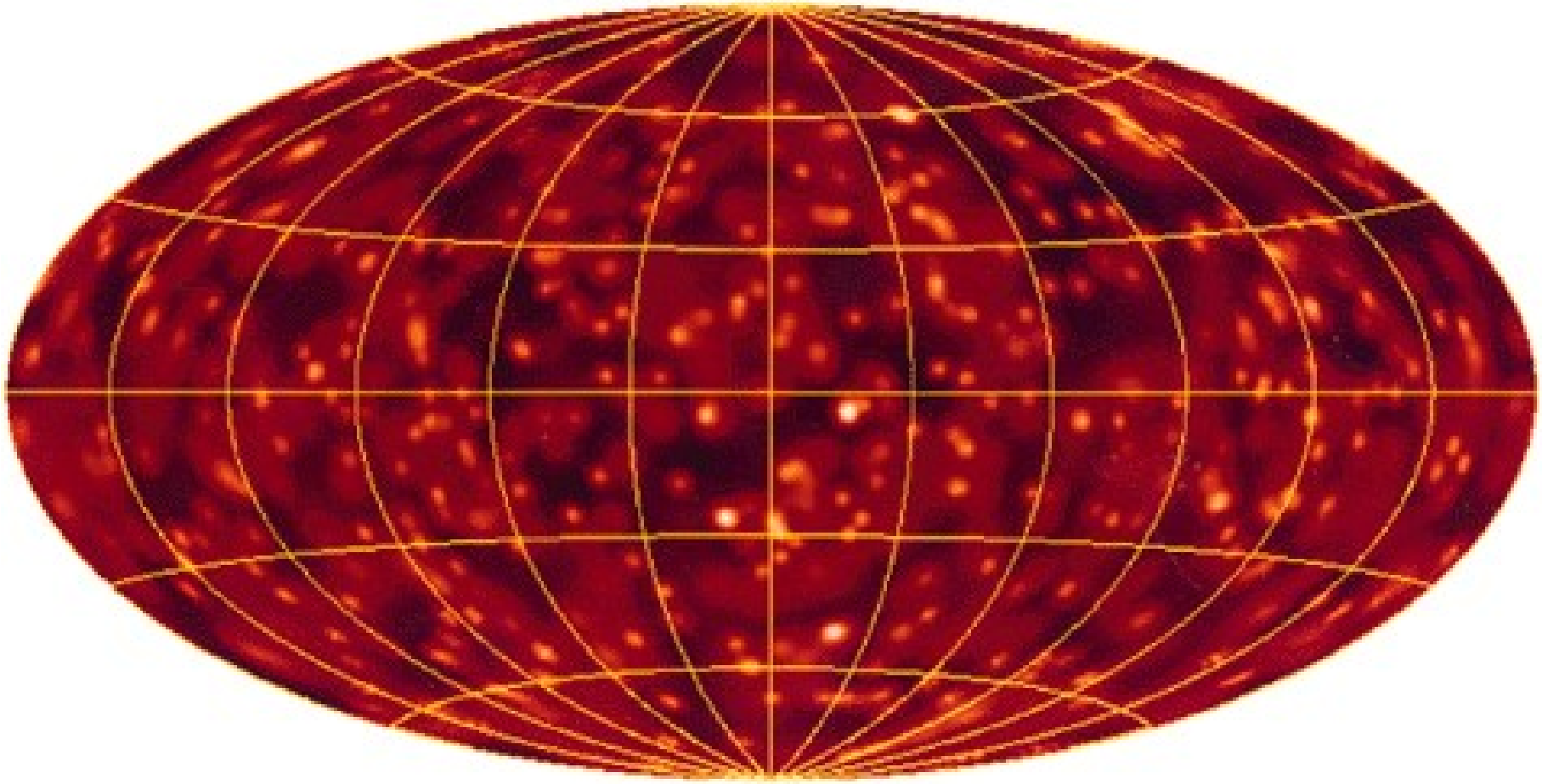


Modell av kilden til et gammaglimt fra Wikipedia

Fotonenergien til stråling med frekvensen 1 Hz er 6.6×10^{-34} J, dvs. 4.1×10^{-15} eV (electronvolts).
Høyenergi gammastråling har fotonenergier fra 100 GeV til over 1 PeV (10^{11} eV til 10^{15} eV).
Dette svarer til frekvenser fra 10^{25} Hz til 10^{29} Hz.



Gammaglimt fra en eksploderende stjerne i Melkeveien kan ha forårsaket masseutryddelse på jorda. Et slikt glimt kan blant annet forårsake en alvorlig svekkelse av ozonlaget. Dermed vil energirik ultrafiolett stråling fra sola slippe lettere ned til jorda der den vil ha skadelige virkninger på alt liv.
En slik hendelse kan ha startet den ordoviciske utryddelsen for 450 millioner år siden der 60 % av alle levende vesener strøk med.



Fordelingen av observerte gammaglimt på himmelen.
Fordelingen er isotrop, dvs. det kommer like mange gammaglimt fra alle retninger. Dette tyder på at kildene ikke befinner seg i Melkeveien, men at de er mye lenger borte. Analyser av spektre har vist at strålingen fra noen av kildene har beveget seg over ti milliarder år på vei mot Jorda.

Gjentatte myke gammaglimt

Fenomenet *gjentatte myke gammaglimt* (Soft Gamma Repeater – SGR) ble oppdaget vinteren 1979.

Ordet ‘myk’ betyr ikke at kilden har liten intensitet.

Det betyr at fotonene har mindre energi enn i vanlige gammaglimt.

Frekvensen er lavere.

Strålingen er myk bare i forhold til vanlige gammaglimt.

Men den er ‘hardere’ enn den elektromagnetiske strålingen fra alle andre fenomener vi vet om.

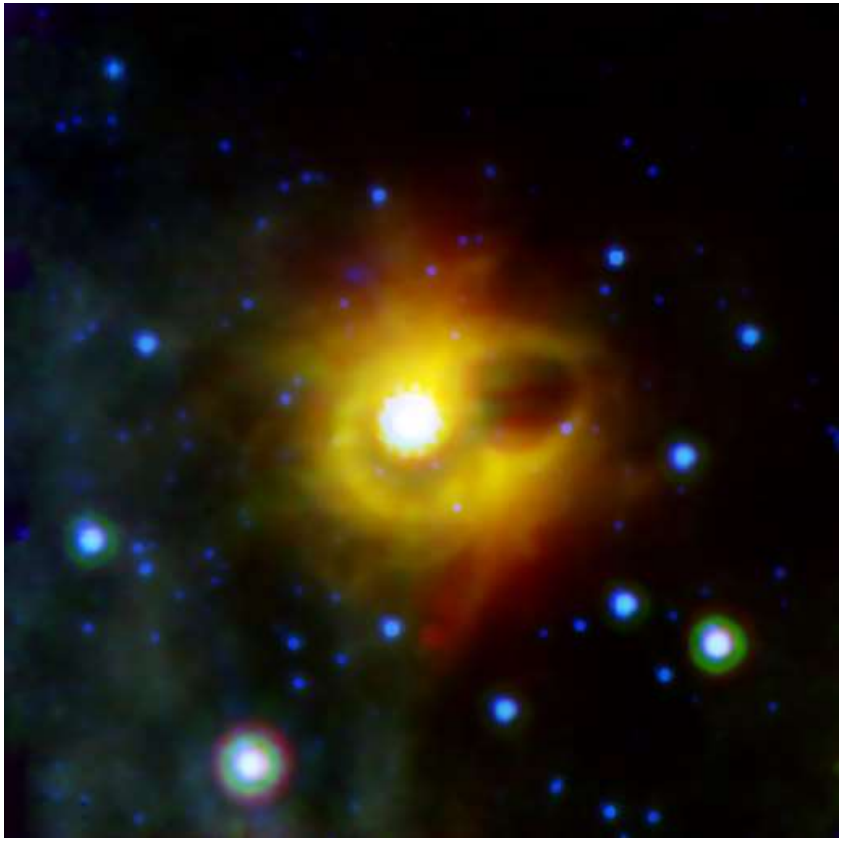
Den 7. januar 1979 ble det for første gang
registrert et gammaglimt fra en kilde kalt SGR 1806-20
ved Sagittarius nær Melkeveiens sentrum.

I 1980-årene ble det observert over 100 utbrudd fra denne kilden.

Utstrålingen varierte i intensitet med en periode på 7,5 sekunder.

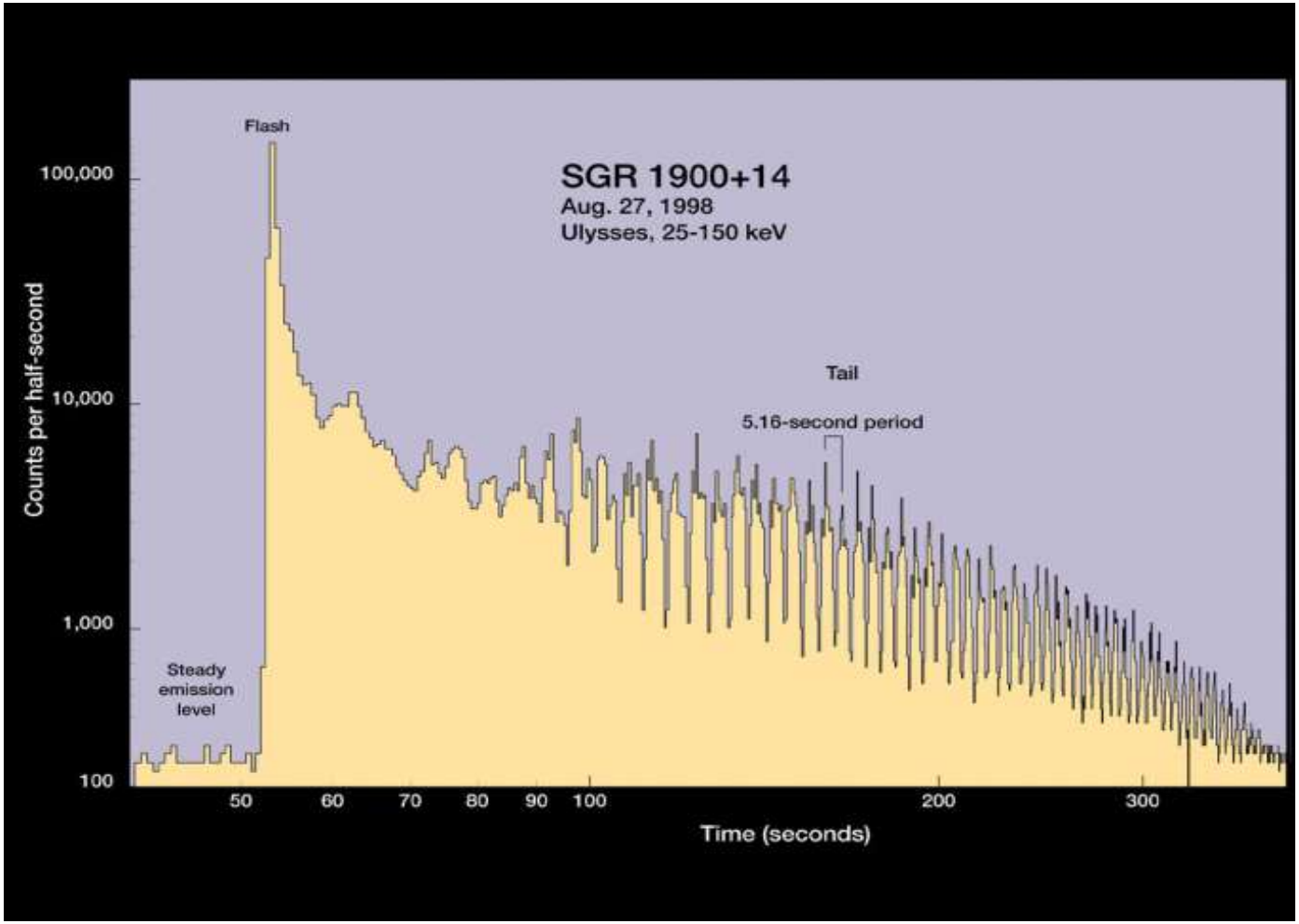
Dette var de første gangene man hadde registrert
gjentatte myke gammaglimt fra én kilde.

Et kraftig utbrudd med gjentatte gammaglimt
ble observert den 5. mars 1979.
Kilden til dette utbruddet fikk betegnelsen SGR 0526-66.
Bare ni dager senere ble det registrert gjentatte gammaglimt fra en kilde kalt SGR 1900+14. Dette objektet befinner seg i stjernebildet Ørnen i en kilde i Melkeveien omtrent 20 tusen lysår fra jorda.



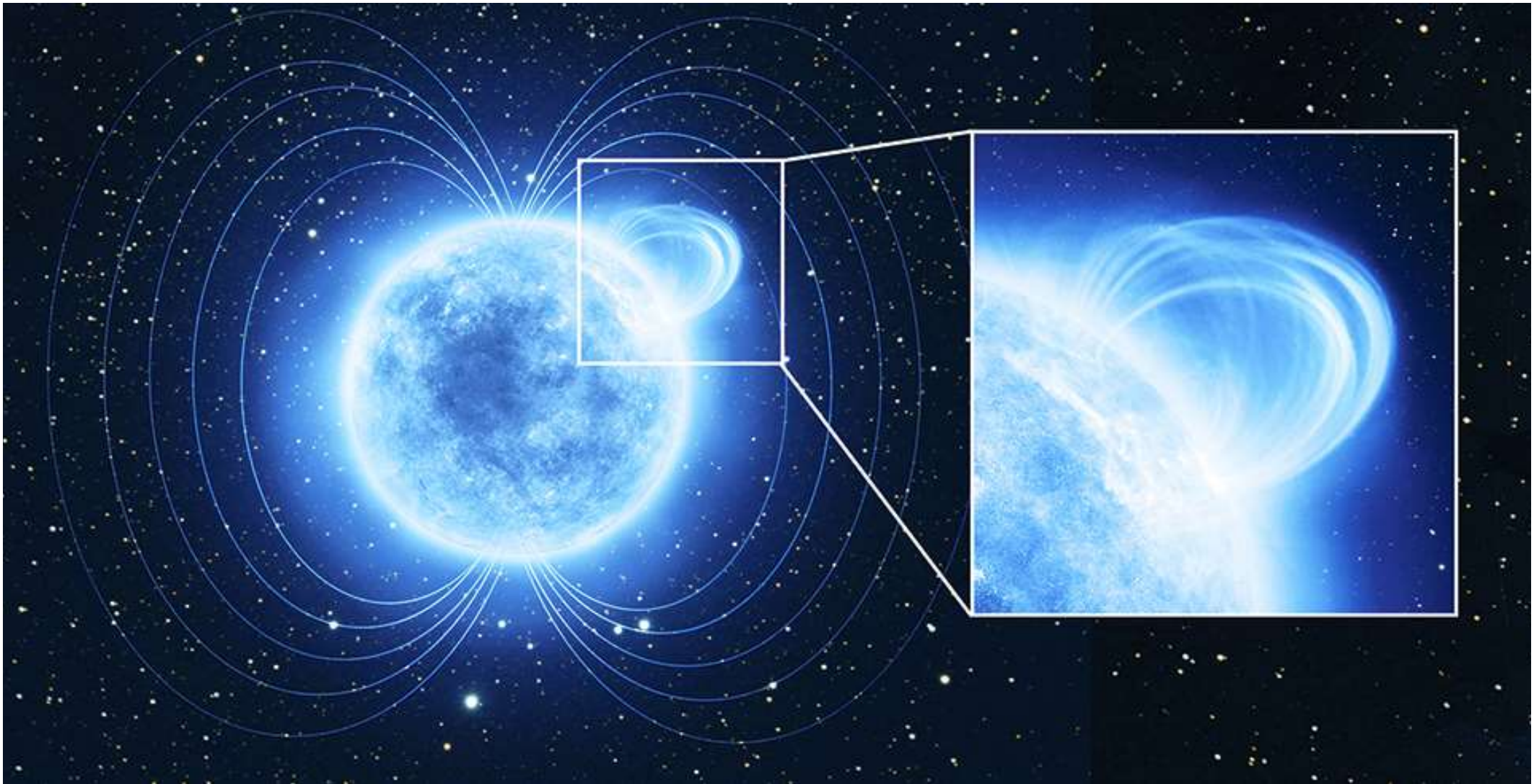
Omgivelsene til kilden SGR 1900+14 fotografert med Spitzer romteleskopet

Et intenst gammaglimt fra denne kilden ble observert 27. august 1998. Tidsutviklingen av glimtet er vist nedenfor.

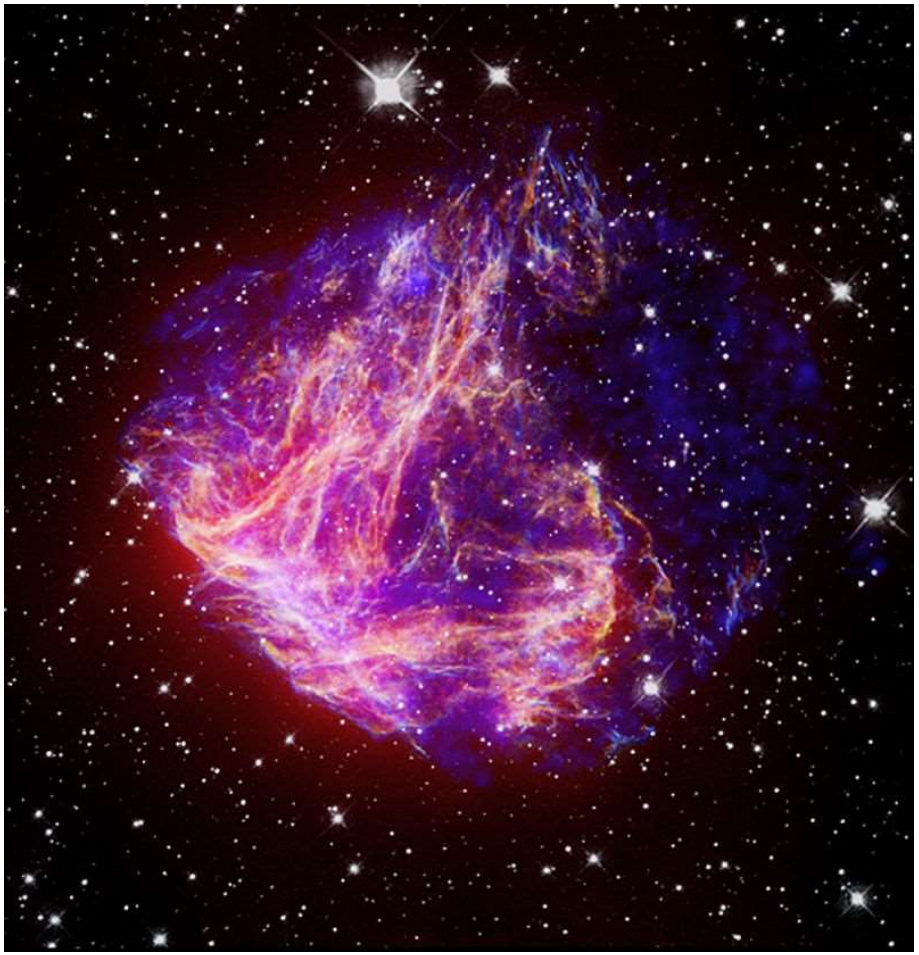


Glimtet med etterglød varte omtrent 5 minutter og varierte med en periode på 5,16 sekunder. Glimtet var usedvanlig kraftig, og kilden sendte ut energien $2 \cdot 10^{37}$J. Observasjoner av radiobølger i jordas ionosfære viste at i løpet av de fem minuttene utbruddet varte, var den øvre grensen til ionosfæren presset ned fra normalt 85 km til 65 km over jordoverflaten.

Av de 8 kjente kildene til SGR-er ble 3 registrert vinteren 1979.
Dette var innledningen til oppdagelsen av
en ny type objekter i universet: *magnetarer* .
De skal vi komme tilbake til senere.



Gammaglimtet 5. mars 1979 var svært kraftig
og ble observert med detektorer i ti satellitter.
Ved å sammenlikne tidspunktene for observasjonene i de ulike satellittene, var det mulig å bestemme retningen utbruddet kom fra.
Det viste seg at kilden lå i en 5000 år gammel supernovarest (vist i figuren nedenfor) i den Store Magellanske Sky –
en dverg-galakse nær Melkeveien omtrent 160 000 lysår fra Sola.



Kilden befant seg ikke midt i supernovaresten, men ute på siden.
Hvis den oppsto i supernovaeksplosjonen, har den fått en hastighet på rundt 1200 km/s i eksplosjonen.

Utbruddet besto av et gammaglimt som varte i 1/5 sekund og en pulserende røntgenetterglød med varighet på omtrent to minutter.
Under selve glimtet var gjennomsnittseffekten $5 \bullet 10^{37}$Joule per sekund dersom kilden strålte like sterkt i alle retninger.
I så fall sendte kilden i løpet av 12 sekunder ut energien 10^{37}J – like mye energi som Sola sender ut i løpet av 500 år.
Trolig ble strålingen sendt ut i en kjegleformet jetstrøm,
slik at den utstrålte energien var mindre enn dette.
Men selv om den bare var 1/10 så stor,
sendte kilden likevel ut stråling
med like stor effekt som alle stjernene i Melkeveien samlet sender ut.

Ettergløden varierte i intensitet med en periode på 8 sekunder.
Det tyder på at kilden trolig er et objekt
som bruker bare 8 sekunder på å rotere en runde.
Astronomene konkluderte med at kilden måtte være en roterende nøytronstjerne, altså samme type kilde som for pulsarer.
Siden nøytronstjerner kan dannes i supernovaeksplosjoner, styrket dette antagelsen om at den ble dannet i sentrum av supernovaresten LMC N49.

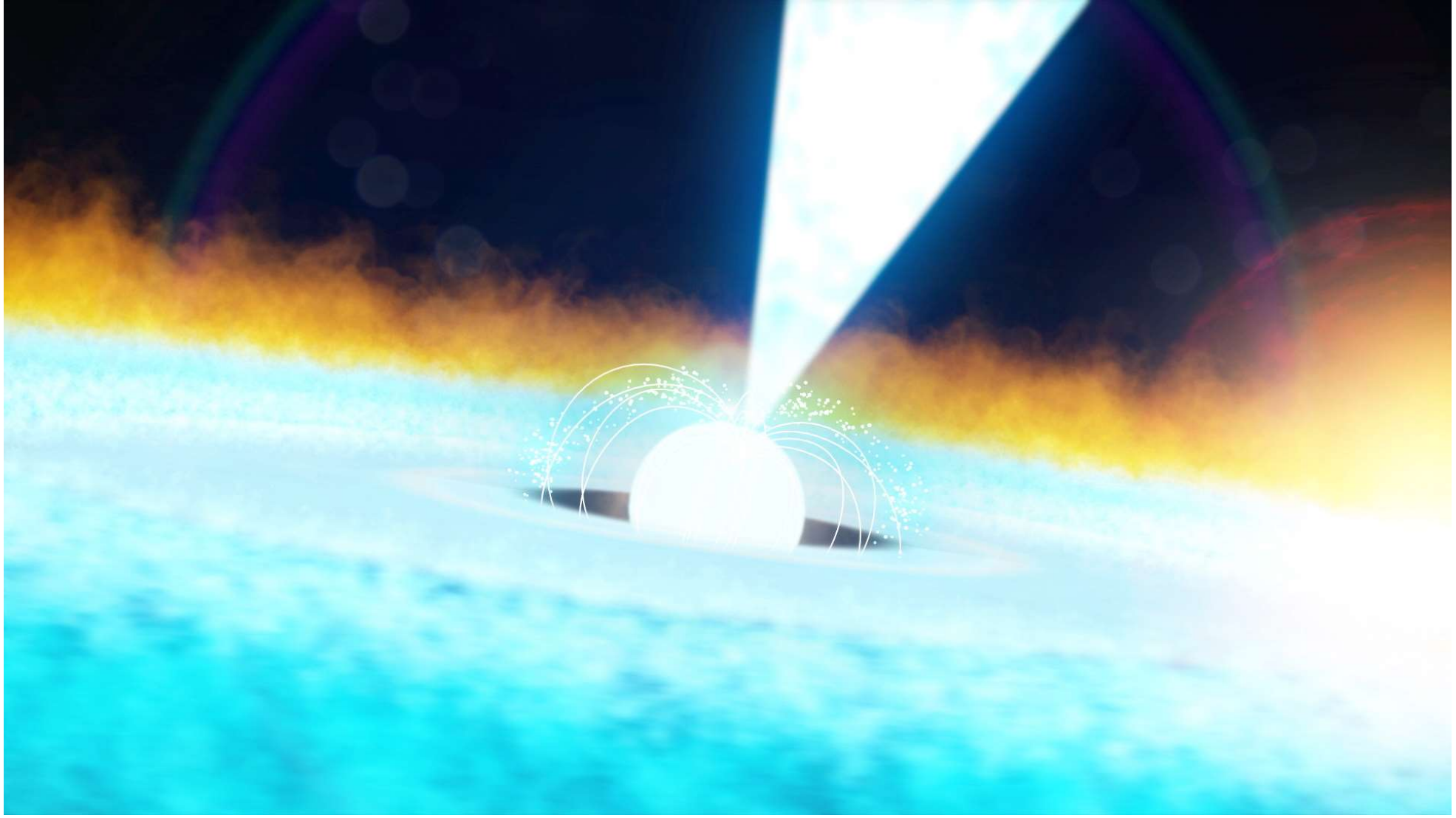
Dette er senere blitt bekreftet etter at romteleskopet Chandra observerte et objekt som beveger seg med hastighet 2200 km/s vekk fra supernovaens sentrum på motsatt side av SGR 0526-66.
De to objektene kan ha blitt dannet i en supernovaeksplosjon som skjedde for 5000 år siden,
og slengte nøytronstjernen og det andre objektet hver sin vei.

Røntgenblaff

I astronomien er røntgenblaff et blaff av røntgenstråling med varighet mellom 10 og 200 sekunder som kommer fra fjerne galakser.

Røntgenblaff ble først oppdaget med BeppoSAX satellitten omkring år 2000. I de 7 årene BeppoSAX var operativ,
registrerte satellitten rundt 20 røntgenblaff.

En teori sier at røntgenblaff har samme type kilde som lange gammaglimt. For mange gammaglimt er det observert en etterglød av røntgenstråling og mindre energirik stråling. Også fra kildene til røntgenblaff er det observert etterglød av stråling med lavere energi.



Illustrasjon av et røntgenblaff. En stjerne har akkurat eksplodert og blåst av det ytre hydrogenlaget slik at det ytre laget består av et heliumplasma. Energirik stråling fra det indre av stjernen laget et sterkt strålingstrykk som blåste også heliumlaget utover. I møte med materie i en roterende oppsamlingsskive utenfor stjernen oppsto et røntgenblaff.

Anormale røntgenpulsarer

Pulsarer observeres vanligvis i den optiske delen av spekteret.
Noen pulsarer sender også ut mye røntgenstråling
og kalles derfor *røntgenpulsarer*.

De fleste røntgenpulsarene er roterende nøytronstjerner i dobbeltstjernesystemer der medstjernen er en vanlig stjerne, for eksempel av samme type som sola.
Slike systemer kalles også *røntgenbinære objekter*.

Det er registrert rundt 300 røntgenpulsarer i Melkeveien.
Så man har kjennskap til deres karakteristiske egenskaper.

Det er observert noen røntgenpulsarer med avvikende egenskaper.

De har ‘mykere spektrum’, det vil si at de sender ut mindre energirik røntgenstråling enn det som er typisk for røntgenpulsarer.

De har ingen medstjerne,

og rotasjonshastigheten avtar raskere enn for typiske røntgenpulsarer.

Slike objekter kalles *anormale røntgenpulsarer*.

De betegnes AXP-er siden røntgenstråling kalles X-rays på engelsk.

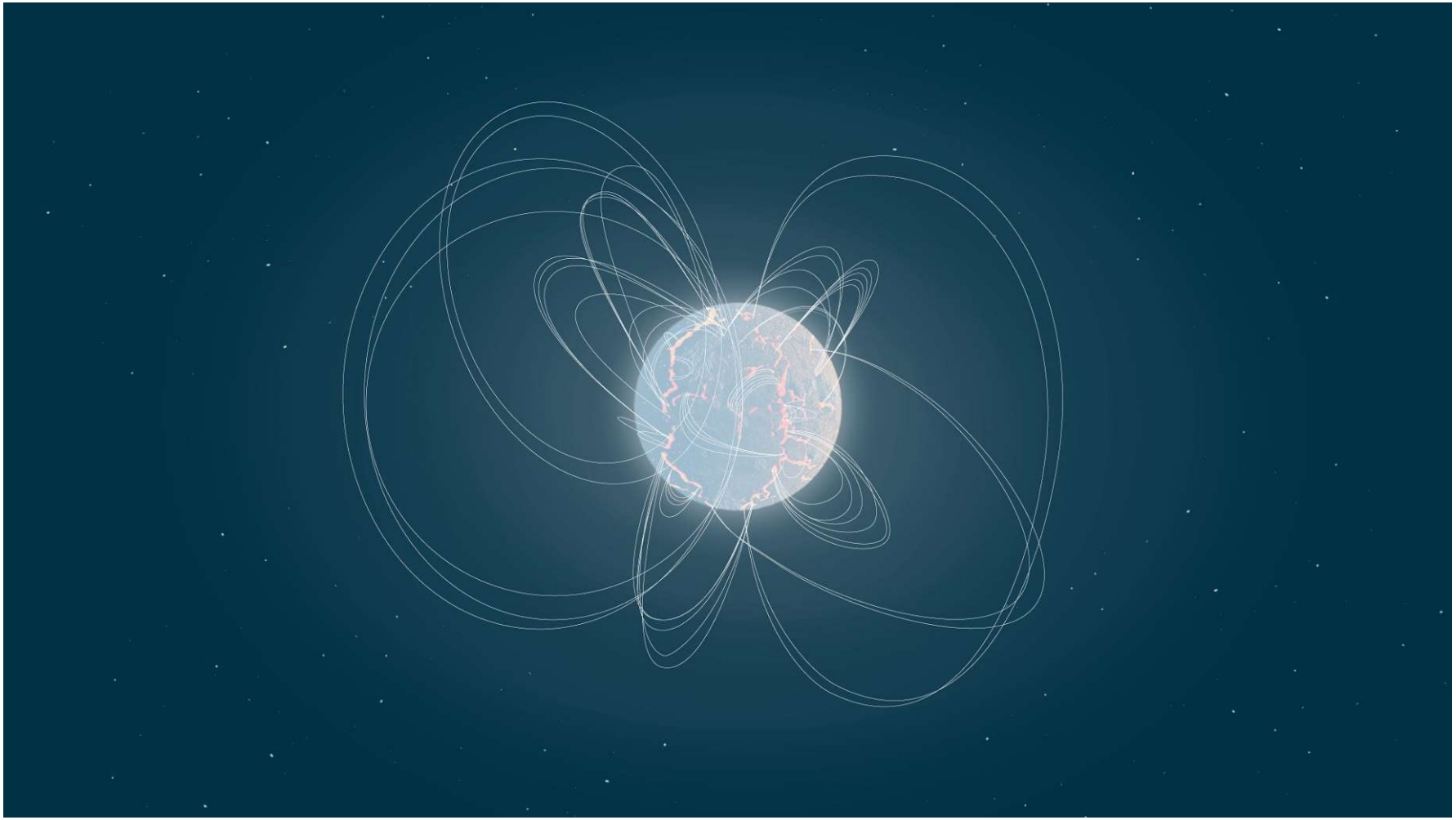
Christopher Thompson og Robert C. Duncan
foreslo i begynnelsen av 1990-årene
at strålingsenergien til anomale røntgenpulsarer
kommer fra tap av magnetisk energi i en roterende nøytronstjerne
med et ekstremt sterkt magnetfelt,
og i 1992 kalte de denne typen stjerne for en *magnetar*.

I 1997 ble det oppdaget en anormal røntgenpulsar
kalt AXP 1E 1841-045 med periode 11,2 sekunder.
Den befinner seg i den bare 2000 år gamle supernovaresten Kes 73.
Fra minskningen av dens rotasjonshastighet er det beregnet at
nøytronstjernen som sender ut strålingen,
må ha et magnetfelt med styrke $8 \cdot 10^{10}$T – en magnetar.

En magnetar som sender ut observerbar stråling kalles *aktiv*.
Beregninger viser at magnetarer er aktive bare i omtrent ti tusen år.
Det er trolig millioner av passive magnetarer i Melkeveien.

Magnetarer

En magnetar er en hurtig roterende nøytronstjerne
med et ekstremt sterkt magnetfelt.
Dersom den magnetiske feltstyrken ved overflaten av stjernen
er sterkere enn 10^9T, sies nøytronstjernen å være en *magnetar*. Jordas
magnetfelt har ved jordoverflaten en feltstyrke på omtrent 0,00005T.



En beskrivelse av prosessen der magnetarer oppstår, kan deles i 3 trinn.

1. En stjerne som har brukt opp hydrogenforrådet sitt, begynner å forbrenne tyngre grunnstoffer. Prosessen brer seg innover og ender med at det dannes jern. Ytterligere fusjon av atomkjerner konsumerer energi. Dermed stopper fusjonen, og trykket synker dramatisk.

2. Det skjer en hurtig kollaps som forårsaker en enorm eksplosjon. Denne kan observeres som en supernova. Det ytre laget av stjernen blåses vekk av en enorm sverm av nøytrinoer, og den indre delen presses sammen til en nøytronstjerne som roterer raskt og gir opphav til et sterkt magnetfelt.

3. Hvis nøytronstjernen roterer raskere enn ca. 200 ganger i sekundet kan magnetfeltet bli over en million milliarder ganger så sterkt som på jordoverflaten, og det er dannet en *magnetar*.

Supernova – gammaglimt sammenheng

Observasjoner i 1998 av et gammaglimt GRB 980425 og en supernova SN 1998 bw ved samme tid og sted på himmelen var det første tegn til en mulig sammenheng mellom gammaglimt og supernovaer.
Kilden var 130 millioner lysår fra jorda,
og det er en av de nærmeste kildene til de gammaglimtene vi kjenner.
Supernovaen hadde uvanlig stor energi,
og det gjorde at den ble kalt en *hypernova*.

Frem til 2003 var forskerne ikke helt sikre på om gammaglimtet og supernovaen kom fra samme kilde.
Men da ble et nytt gammaglimt og supernova observert ved samme tid og sted på himmelen.
Gammaglimtet hadde en eksepsjonell sterk etterglød.
De spektroskopiske egenskapene til strålingen
i gammaglimtet og supernovaen
gjorde at astronomene nå ble sikre på at de kom fra samme kilde.

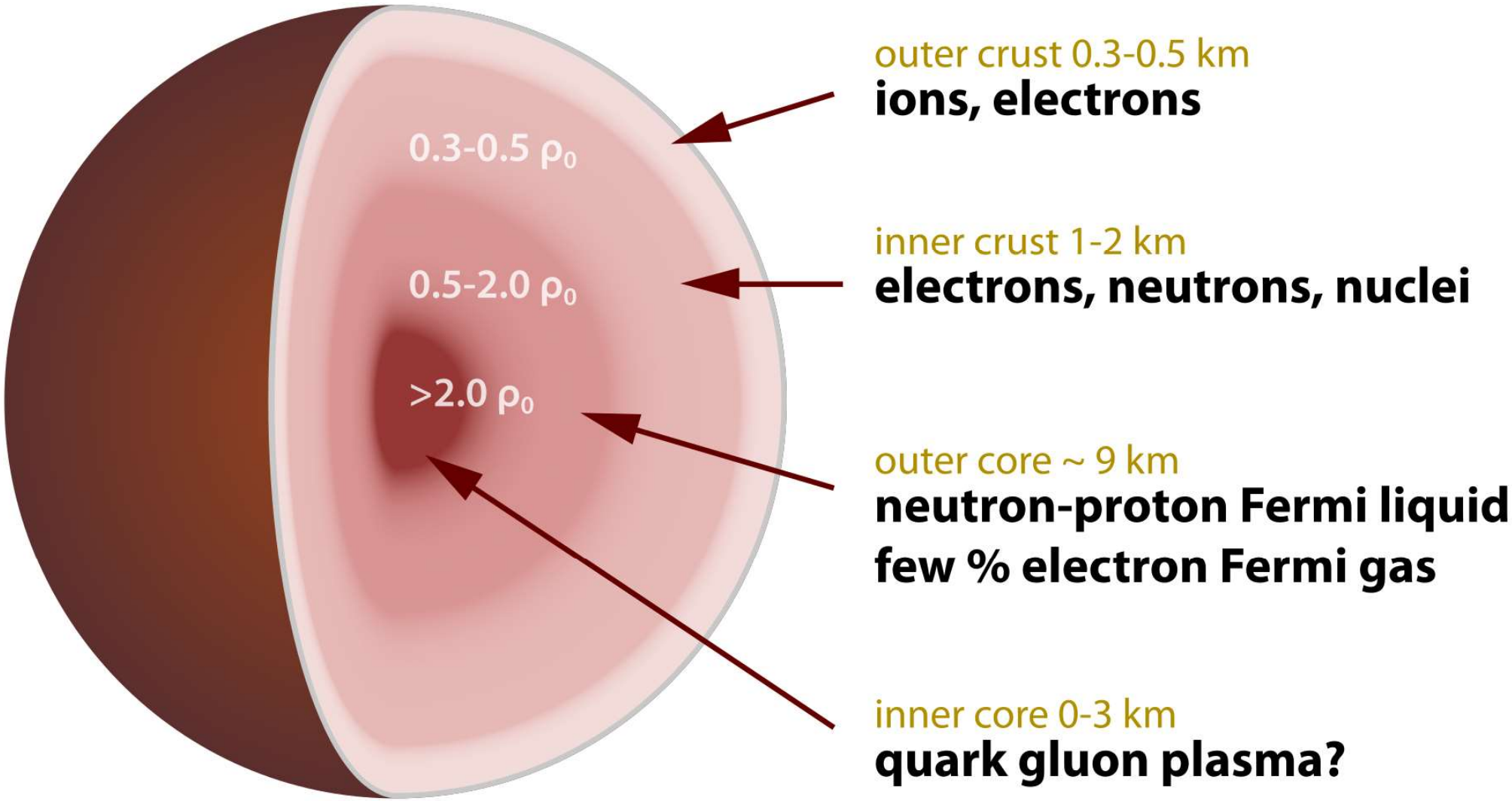
Radioaktiv oppvarming som kilde til supernovaer

Når en stjerne kollapser blir det dannet nikkel,
blant annet den radioaktive isotopen nikkel-56
med en halveringstid på 6 døgn.

Nedbrytningen av nikkel til radioaktivt kobolt-56 som henfaller til jern
med en halveringstid på 77 døgn,
frigjør atomenergi som bidrar til supernovaens strålingsenergi.

Astronomene sier derfor at supernovaene
er drevet av *radioaktiv oppvarming*.

Strukturen av en nøytronstjerne



Her er ρ_0 tettheten av et nøytron. Figur laget av Robert Schultze

Hvis man ser på vanlig materie som består av atomer og molekyler, med et hypotetisk mikroskop med oppløsning på 10^{-15}m som er utstrekningen til en atomkjerne med tettpakkede nøytroner og protoner, ser man stort sett tomrom.
Elektronskyen rundt kjernen av et atom har hundre tusen (10^5) ganger større utstrekning enn atomkjernen.

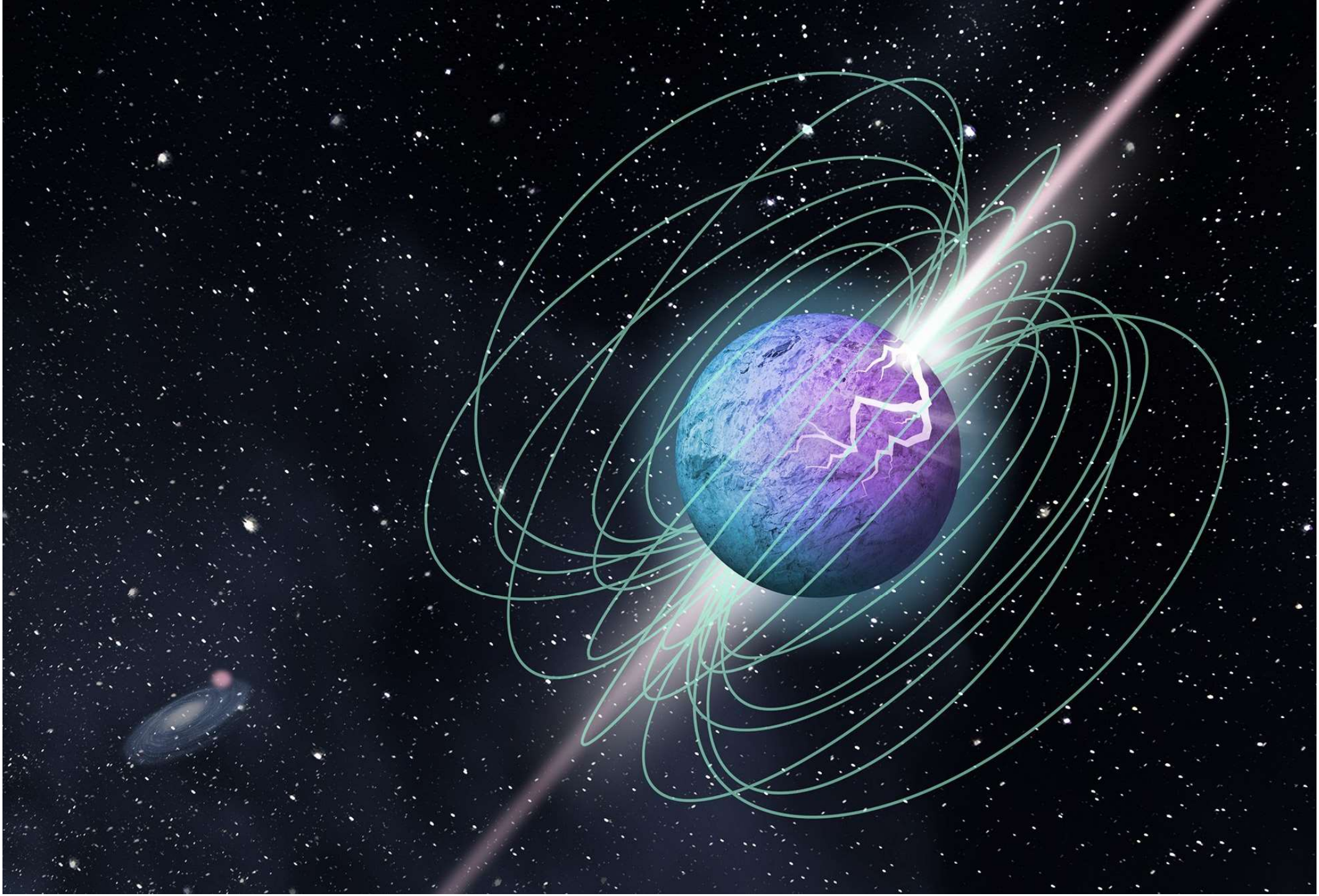
I en nøytronstjerne er nøytronene inntil hverandre.
Det betyr at tettheten av nøytronstjernen er 10^{15} ganger større enn tettheten av vanlig materie.
En spiseskje med nøytronstjernemateriale har en masse på rundt ti milliarder tonn – som et stort fjell på jorda.

I de ytterste hundre meterne av en nøytronstjerne
er forholdene annerledes.
Der avtar tettheten ned til mer ordinær tetthet av atomært materiale,
og det er et superledende plasma-skall dominert av ioniserte
jernatomer med en sky av ledningselektroner.
Tyngdefeltet ved overflaten av en nøytronstjerne er så sterkt at
atomene deformeres til nåler
som danner et 'teppe' av magnetisert fiber.
I en vanlig pulsar er dette skallet stabilt.

Men i magnetar kan det opptre dramatiske hendelser.

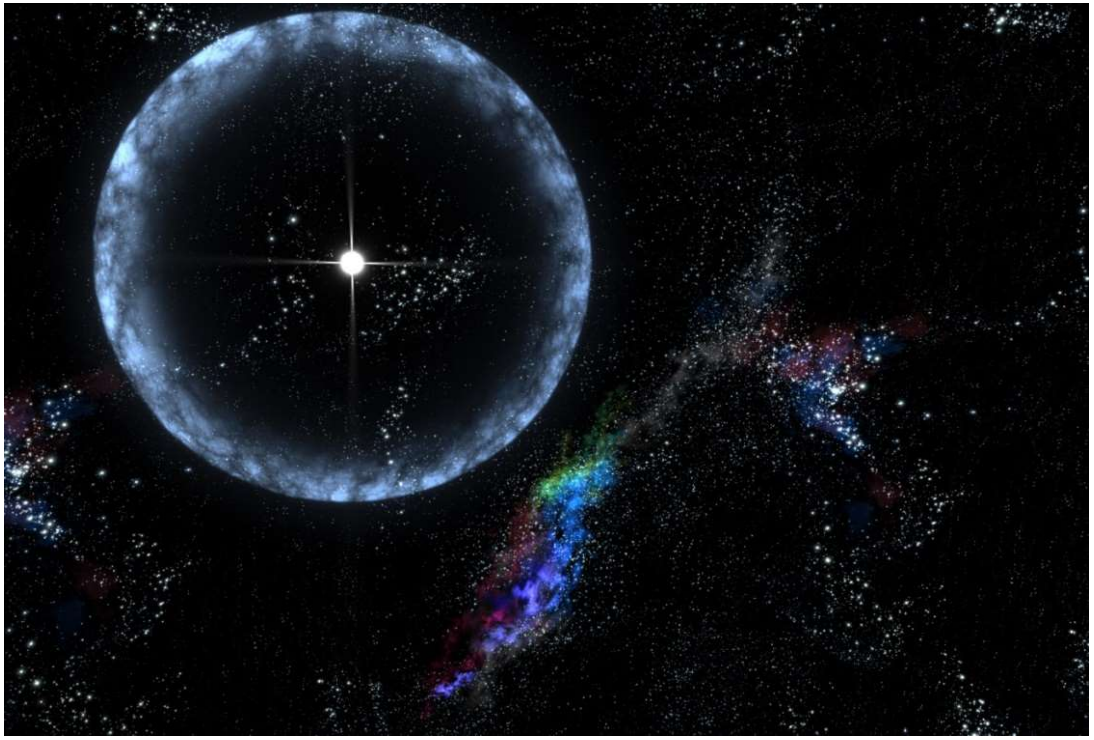
Hvordan dannes utbrudd fra magnetarer

I den ytterste delen av nøytronstjernen
er det et ca. 1 kilometer tykt krystallinsk fiberaktig skall
som består av (positivt ladde) atom-kjerner, elektroner og nøytroner.
Under dette er det et flytende område med ladde partikler.
De beveger seg svært raskt og utgjør en sterk elektriske strøm
som forårsaker stjernens ekstremt sterke magnetfelt.
Når strømningsmønsteret endres, vil også magnetfeltet forandre seg.
Dette induserer sterke elektriske felter som gjør at nøytronstjernens
skall av magnetisert fiber utsettes for svære krefter.
I en magnetar er disse kreftene så sterke at de kan forårsake
stjerneskjelv.



Illustrasjon av magnetar med sprukket overflate etter stjerneskjelv som førte til et gammaglimt.

Resultatet av en slik prosess er både at magnetfeltet svekkes og at stjernen begynner å rotere langsommere.
Magnetisk energi går over til en type elektromagnetiske bølger som kalles Alfvén bølger.
Når disse treffer plasmaet i oppsamlingsskiven rett utenfor nøytronstjernen, oppstår utbrudd av intens stråling – gammaglimt, røntgenblaff og radioglimt



Illustrasjon av gammaglimtet fra magnetaren SGR 1806-20 som kom fra en stjerne på den andre siden av Melkeveien 50 tusen lysår fra oss.

Stråling fra en nydannet magnetar

Styrken av en stjernes magnetfelt kan bestemmes fra observasjoner av strålingen sendt ut under utbrudd fra stjernen,
sammen med teorien basert på at strålingsenergien
kommer fra tap av magnetisk energi.

Ved et utbrudd sender en magnetar ut en energi på rundt 10^{36}J
på under et sekund.
Dette svarer til at det magnetiske feltet på magnetarens overflate har en styrke på 10^{12} T (tusen milliarder Tesla).
Til sammenlikning har den sterkeste permanente
menneskelagde magneten et magnetfelt med feltstyrke 45 Tesla.

Eksistensen av et så sterkt magnetfelt kan forklare seks observerte egenskaper ved 5. mars 1979 utbruddet:

- Minskning av rotasjonshastigheten fra 200 omdreininger per sekund til en rotasjon på 8 sekunder i løpet av 6000 år.
- Magnetfeltet har stor nok energi til at en minskning av dets energi kan forklare at glimtet sendte ut energien $2 \bullet 10^{36}$Joule.
- Varigheten av glimtet på 1/5 sekund er den typiske varigheten for endringen av magnetarens magnetfelt etter et stjerneskjelv.
- Magnefeltet har stor nok energi til å kunne forklare at SGR-er ser ut til å ha en typisk levetid på omtrent ti tusen år.
- Magnetfeltet har også nok energi til å kunne forklare den myke røntgenstrålingen fra SGR-ene når de ikke har utbrudd.
- Magnetfeltet kan forklare de observerte egenskapene til etterglødden.

Radioglimt

Radioglimt er energirike pulser av radiostråling fra kilder utenfor solsystemet med varighet på bare noen tusendels sekund.
Kildene er enormt energirike.
I løpet av et tusendels sekund sender kilden til et radioglimt ut like mye energi som sola stråler ut i løpet av et år.
Den maksimale utstrålte effekten er typisk 10^{36}J/s.

Det første radioglimtet ble oppdaget i 2007 av Duncan Lorimer og hans student David Narkevic og kalles Lorimer-glimtet.
De fant spor av glimtet i arkiverte observasjonsdata ved Parkes radio-observatoriet i Australia fra 24. juli 2001.

Kildene er enormt energirike.
Men utsendt energi varierer mye fra glimt til glimt.
På under et sekund sender en kilde til radioglimt ut
en energi mellom 10^{28}J og 10^{36}J.
Den utstrålte effekten i et radioglimt er mellom 10^{31} W og 10^{39}W.
Til sammenlikning stråler sola med en effekt på $3{,}8 \cdot 10^{26}$W.
Effekten til kilden for et radioglimt er altså mellom 30 tusen og
300 milliarder ganger større enn effekten sola stråler med.

Hvis vi regner med at hver av de nesten 8 milliarder menneskene på
jorda forbruker like mye energi som en gjennomsnittlig amerikaner,
nemlig rundt 10 kilowatt, er menneskehetens energiforbruk rundt
regnet $8 \cdot 10^{13}$W, og energiforbruket per år er $2{,}5 \cdot 10^{22}$J.
Energien sendt ut fra kilden til et typisk radioglimt, si 10^{32}J,
er da nok til å dekke menneskehetens energiforbruk i fire milliarder år.

Totalt er det frem til mai 2021 registrert over tusen radioglimt.
Omtrent 10 % av glimtene er kommet fra repeterende kilder,
det vil si kilder som sender ut flere enn ett glimt,
og resten fra kilder som det bare er registrert ett glimt fra.

Forskerne vet ikke om de to klassene av kilder har samme fysiske natur.
Det kan til og med tenkes at alle kildene er repeterende,
men at flertallet av dem har så lange tidsintervall mellom glimtene
at bare ett er blitt registrert.

Plasmoide-mekanismen for produksjon av radioglimt

Magnetfeltet til en magnetar er i stadig endring.
Det kan danne en ‘magnetisk flaske’ kalt en *plasmoide*,
som kan sperre inne et plasma på tilsvarende måte som i en såkalt
‘tokamak’ reaktor konstruert for å lage fusjonskraftverk.

En teori går ut på at radioglimt oppstår når et stjerneskjelv på overflaten
av en magnetar forårsaker et utbrudd av plasma
som fanges av en magnetisk flaske.
Dermed dannes en plasmoide som beveger seg utover fra stjernen.
Radioglimtet oppstår når en slik plasmoide treffer en sky av materie og
presses sammen til en sjokkfront.

Radioglimt fra magnetar i Melkeveien

Frem til våren 2020 kom alle registrerte radioglimt
fra kilder i fjerne galakser.

Men 28. april 2020 kom et radioglimt, FRB 200428A, fra en kilde for gjentatte myke gammaglimt (Soft Gamma Repeater), SGR 1935+2154, som opprinnelig ble registrert i 2014.
Astronomene visste at kilden til SGR 1935+2154 er en magnetar i Melkeveien, og kunne dermed identifisere kilden til radioglimtet som en magnetar i Melkeveien.

Slik ble det bekreftet at
i hvert fall ett radioglimt er produsert av en magnetar.

La oss summere opp noen viktige poenger

- Glimtene SRG 1935+2154 og FRB 200428 viser at gjentatte myke gammaglimt og radioglimt kan komme fra én og samme kilde.
- De viser at både gjentatte myke gammaglimt og radioglimt kan komme fra magnetarer.
- Observasjoner og beregninger har vist at energien avgitt i disse glimtene er omtrent hundre ganger større enn stjernens tap i rotasjonsenergi. Dette betyr at prosessene er drevet av variasjoner i magnetarenes hypersterke magnetfelt.

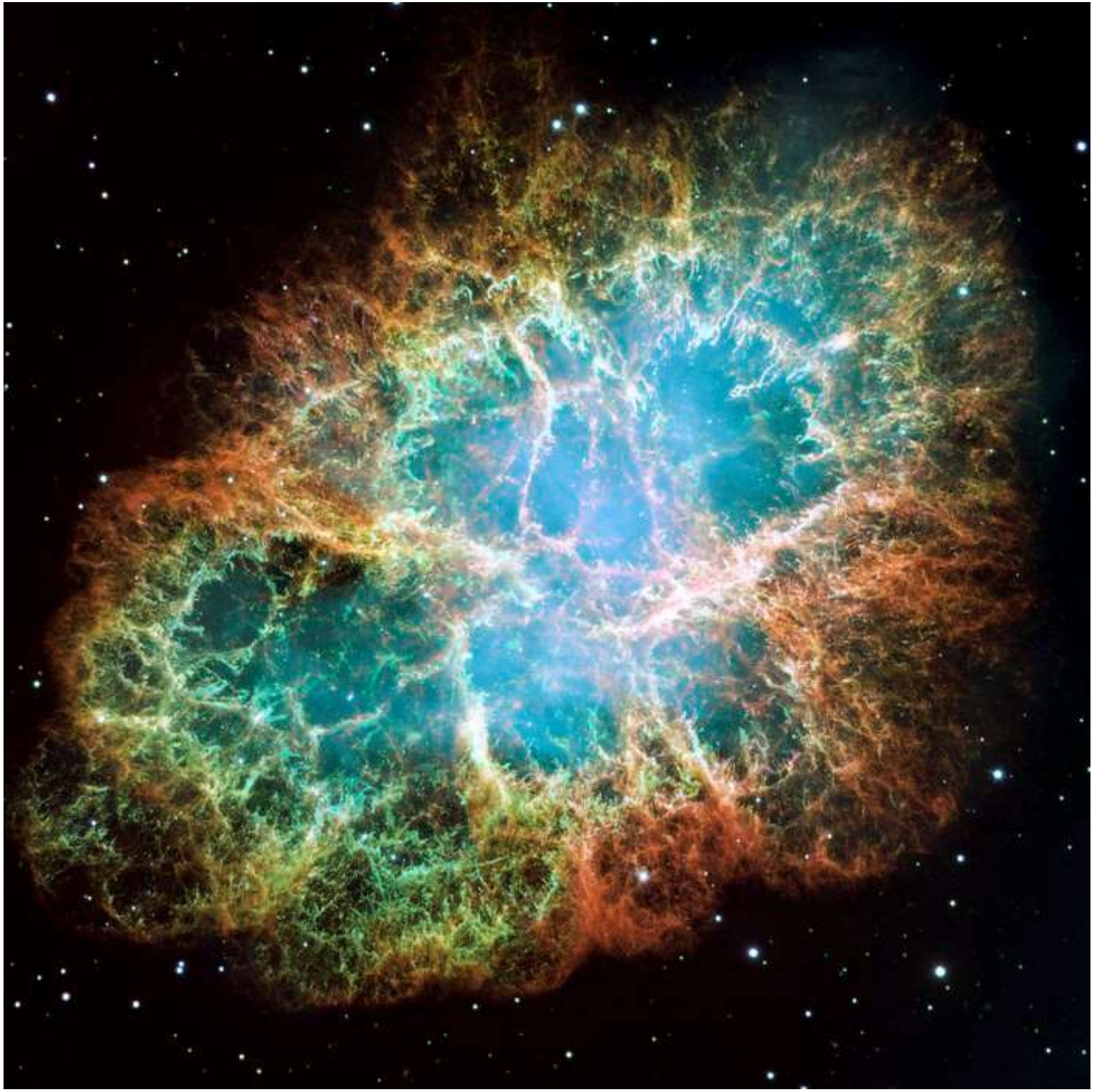
Gammaglimt og radioglimt fra samme kilde?

Astrofysikere har spekulert på om en del radioglimt kommer fra samme type kilder som gammaglimt. Kanskje kan et gammaglimt sendes ut i en supernovaeksplosjon som danner en magnetar og sender ut et radioglimt på et senere tidspunkt. Hvis dette stemmer skulle det eksistere gammaglimt-forløpere til radioglimt.

Ut fra en slik tankegang har astronomer søkt i arkivmateriale etter gammaglimt i samme posisjoner som radioglimt.
Astronomene fant et gammaglimt-radioglimt-par som kan ha kommet fra samme kilde. Gammaglimtet GRB 110715A registrert med Swift 15. juli 2011 og radioglimtet FRB 171209 registrert 9. desember 2017, kom fra samme sted på himmelen. En radio-etterglød til gammaglimtet ble observert i to måneder etter glimtet. Det er usikkert om gammaglimtet og radioglimtet som ankom jorda 6 år senere, kom fra samme kilde, men det er en fair mulighet for at det er tilfelle.

Pulsaren i Krabbetåken

I 1054 ble det observert en supernova i Krabbetåken.
Den er 6500 lysår fra solsystemet
og har en utstrekning på omtrent 6 lysår.
Nå finner vi en supernovarest der.
Det er en nøytronstjerne der supernovaeksplosjonen fant sted.
Den roterer 30 ganger i sekundet.
Nøytronstjernen opptrer som en pulsar og er observert både i røntgendelen, den optiske- og radiodelen av spekteret.



Sammenheng mellom radioglimt og pulsarer?

Det er blitt registrert kortvarige kraftige pulser av radiostråling fra posisjonen til nøytronstjernen i sentrum av Krabbetåken. De har en finstruktur av ekstremt kortvarige blaff med varighet på bare noen nanosekunder, og kalles gigantiske *radiopulser* (GRP).
I et preprint lastet ned i preprintarkivet (https://arxiv.org/) 27. mai 2021 har to astrofysikere påvist at et GRP fra pulsaren i Krabbetåken hadde et spektrum svært likt det til et radioglimt FRP 20190711A,
og konkluderte med at det dermed var etablert
en sammenheng mellom radioglimt og gigantpulser fra pulsarer.

Hva vet vi om magnetarenes rolle i produksjon av gammaglimt – røntgenblaff – radioglimt?

Et preprint publisert av en kinesisk forskningsgruppe
2. oktober 2021 innledes med (oversatt til norsk):

Gammaglimtenes sentrale maskin er fortsatt et åpent spørsmål i forskningsfronten innenfor forskningsområdet flersignalastronomi.

Ved å studere et 'røntgenplatå' i etterglødden av 3 gammaglimt ledes de til følgende konklusjon:

Magnetarer er den sentrale maskinen i disse tre gammaglimtene.

Gjentatte myke gammaglimt

• Kildene dannes som millisekund-magnetarer, som opprinnelig har større rotasjonsenergi enn magnetisk energi. Dersom nedbremsingen av rotasjonen hovedsakelig skyldes dipolstråling i et sterkt magnetfelt, viser beregninger at rotasjonsenergien avtar raskere enn den magnetiske energien, og etter noen tusen år, i den fasen de myke gamma-repetererne er observert, er de ikke rotasjonsdrevet, slik pulsarene er, men magnetfelt-drevet.

• Energien sendt ut fra utbruddene kommer i hovedsak fra tap i magnetisk energi knyttet til stjerneskjelv med en reorganisering av magnetarens magnetiske felt. Ved et utbrudd kan den utstrålte effekten være over 10^{35} J/s. Dersom dette er omdannet magnetisk energi, må feltstyrken være større enn $3 \cdot 10^{10}$ T ved stjernes overflate, og opp til ti ganger større i det indre av stjernen.

Anormale røntgenpulsarer

I 1997 ble det oppdaget en anormal røntgenpulsar kalt AXP 1E 1841-045 med periode 11,2 sekunder.
Den befinner seg i den bare 2000 år gamle supernovaresten Kes 73.
Fra minskningen av dens rotasjonshastighet er det beregnet at nøytronstjernen som sender ut strålingen, må ha et magnetfelt med styrke $8 \cdot 10^{10}$T – en magnetar.

En magnetar som sender ut observerbar stråling kalles *aktiv*.
Beregninger viser at magnetarer er aktive bare i omtrent ti tusen år.
Det er trolig millioner av passive magnetarer i Melkeveien.

Radioglimt

Observasjonsdataene viser at det er vanskeligere å produsere radioglimt enn gjentatte gammaglimt.
Observasjonene frem til 2020 tyder på at bare én av hundre kilder for gjentatte gammaglimt også sender ut radioglimt.
Videre er bare 24 av de omtrent 500 kildene for radioglimt kilder for gjentatte glimt.
Det synes som om antall repeterende kilder for radioglimt er for lite i forhold til det estimerte antallet magnetarer i universet.

Dette kan tyde på at det finnes to populasjoner av magnetarer:
En stor populasjon av vanlige magnetarer av samme type som de som er observert i Melkeveien som ikke sender ut gjentatte radioglimt,
og en mindre populasjon av unge magnetarer – rundt ti tusen år gamle – som er repeterende kilder for radioglimt.

Magnetarer som kilder for gammaglimt, radioglimt og anormale røntgenpulsarer

- Glimtene SGR 1935+2154 og FRB 200428 viser at gjentatte myke gammaglimt og radioglimt kan komme fra én og samme kilde.

- De viser at både gjentatte myke gammaglimt og radioglimt kan komme fra magnetarer.

- Observasjoner og beregninger har vist at energien avgitt i disse glimtene er omtrent hundre ganger større enn stjernens tap i rotasjonsenergi. Dette betyr at prosessene i hovedsak er drevet av variasjoner i magnetarenes enormt sterke magnetfelt.

- Også kildene til røntgenpulsarer identifisert som magnetarer.