



Universiteit
Leiden
The Netherlands

The spin evolution of accreting and radio pulsars in binary systems

Nielsen, A.B.

Citation

Nielsen, A. B. (2018, September 13). *The spin evolution of accreting and radio pulsars in binary systems*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/65380>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/65380>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/65380> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Nielsen, A.B.

Title: The spin evolution of accreting and radio pulsars in binary systems

Issue Date: 2018-09-13

Dansk resumé

Menneskeheden har altid været fascineret af nattehimmelen. Vi kiggede op og var forundrede. De første astronomer kortlagde himmelen og forestillede sig et univers med os som centrum. Opfindelsen af de første teleskoper ændrede vores verdensbillede. Siden er astronomien kommet langt. I dag kigger vi ikke kun på planeterne i vores eget solsystem, vi kigger på gallakser langt, langt væk og på små eksotiske objekter, så som resterne af eksploderede stjerner. Det er disse rester som denne afhandling beskæftiger sig med.

I 1934 blev det forslået at neutronstjerner var den rest, der var tilbage efter en supernovaeksplosion. Neutronstjernes eksistens blev bevist ved opdagelsen af pulsarer i 1967. Pulsarer befinder sig i mange forskellige stjernesystemer, fra forskellige dobbeltstjernesystemer til isolerede neutronstjerner. Pulsar forskning strækker sig over mange bølgelængder og det er, udover at studere pulsarerne selv, også muligt at bruge pulsarerne som ekstreme laboratorier hvor man undersøger stærke magnetfelter, accretion diske og gravitationelle bølger.

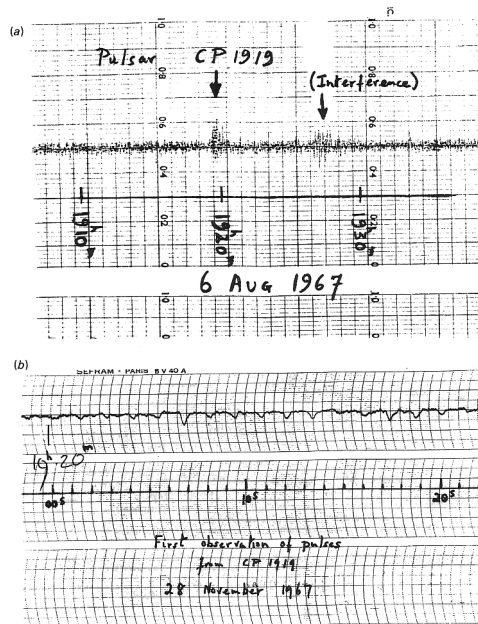
Hvad er en pulsar?

Pulsarer er neutronstjerner der roterer meget hurtigt rundt om deres egen akse og yderligere har et stærkt magnetfelt. Pulsarer udsender stråling fra eller omkring deres magnetfelts pol og vi observere strålingen som pulsationer når magnetfeltets akse er forskudt fra rotationsaksen. Udstrålingen er observeret som en kort detektion, med et tidsinterval mellem hver detektion, som ofte er konstant. Det kan ses på Fig. 5.7, hvilket er observationen af den første pulsar der blev opdaget (navnet på pulsaren var CP 1919).

Navnet "Pulsar" blev første gang brugt i 1968 i en artikel om Jocelyn Bell Burnell og Anthony Hewish opdagelse. Pulsar står for "pulserende stjerne". Dette var et noget mere korrekt navn, end det Bell Burnell og Hewish først gav deres opdagelse, hvilket var LGM-1 (little green men-1 eller små grønne mænd-1).

De forskellige typer af pulsarer

Der er flere forskellige typer af pulsarer. De strækker sig over bølgelængder fra gammastråling til radiostråling og findes i både isolerede og binære systemer. I denne afhandling har vi arbejdet med både røntgen og radio pulsarer i binære systemer. Røntgenstråling fra røntgenpulsarer er varme fra magnetfelt polerne, de såkaldte varme pletter. Magnetfelt polerne bliver opvarmet når material fra ledsa-



Figur 5.7: Øverste panel viser de utydelige variationer på en scintillations detektor og det nederste billede viser et resultat med en højhastigheds optager, hvor pulsationerne fra CP 1919 nu er synlige. Billede reference: Jocelyn Bell Burnell and Antony Hewish

ger stjernen falder ned på polen, dette kaldes accretion. Det sker enten ved en accretion disk eller ved vind accretion. Dette er respektivt emissions mekanismen i en lav masse røntgen binære systemer eller høj masse røntgen binære systemer. I denne afhandling har vi arbejdet med både høj og lav masse binære systemer.

En anden type pulsarer behandlet i denne afhandling er sorte enker (black widows), en type af radio pulsarer der findes i binære systemer. Disse pulsarer har en rotations hastighed som har været stigende, pga. at de har været igennem en røntgen pulsar fase. De har semi-degenerede ledsager stjerner, som minder om brune dværge, og deres ledsager stjerner bliver blæst i stykker af pulsarens vind.

Hvorfor studere vi pulsarer?

Der er mange grunde til at studere pulsarer. Det er som tidligere nævnt muligt at bruge pulsarer som ekstreme laboratorier, hvor vi kan undersøge ekstrem fysik som det ikke er muligt at genskabe på Jorden. Vi studerer fx stærke magnetfelter, tilstandsligningen for neutronstjerner, plasma og accretion fysik. Mange pulsarer er derudover meget præcise ure og det burde være muligt at bruge deres stabilitet til at detekterer gravitationelle bølger. Det kan gøres ved at bruge et antal pulsarer fordelt på himmelen, kaldet pulsar timing array. Det er også muligt at studere enkelte pulsarers egenskaber eller de binære systemers egenskaber, fx deres rotations udvikling og udviklingen af det binære system. Det var målet med denne afhandling at undersøge rotationsudviklingen og interaktions egenskaberne i binære systemer.

I denne afhandling

I denne afhandling studerer vi seks pulsarer der alle opføre sig lidt anderledes end hvad vi ville forvente. Vi har studeret forskellige binære røntgen systemer og tre radiopulsarer. Dette har krævet brugen af både røntgen- og radioteleskoper. De seks systemer er behandlet i disse fire kapitler.

Kapitel 2: I kapitel 2 kiggede vi på det eklipsende lav masse røntgen binære system, 2A 1822-371, som har en pulsar med en rotations hastighed på 0.59 s og en omløbstid på 5.57 timer. Denne pulsar viste en stor tiltagen i omløbstiden, hvilket ikke kunne forklares med normale teorier omkring omløbsperiodens udvikling. Vi prøvede derfor at forklare udviklingen gennem super Eddington masse overførsel fra ledsager stjernen til neutronstjernen. Pulsarens magnetfelt er meget usikkert for dette system. Der er to tidligere påstande om cyklotron resonans sprednings linjer, som giver et magnet felt af enten $\sim 10^{10}$ G eller $\sim 10^{12}$ G. Vores ide om masse overførslen giver også et muligt magnetfelt, der var tættere på feltet på 10^{10} G. I kapitlet bruger vi 13 års *RXTE* data og måler også rotation af pulsaren over disse 13 år.

Kapitel 3: Vi studerede det symbiotiske røntgen binære system GX 1+4, en pulsar med en rotations periode på omkring 150 s. Målet var at teste om pulsaren viste en puls fase – flux korrelation. Denne puls fase – flux korrelation - er udbredt hos millisekund røntgen pulsarerne, men det er ikke før testet om den var tilstede i de systemer der har en langsom roterende pulsar med et stærkt magnetfelt ($>10^{7-9}$ G). Det var ikke muligt at finde en puls fase – flux korrelation. Dette kunne antages at være bevis for at korrelationen er umulig ved stærke magnetfelter.

Kapitel 4: I dette kapitel studerede vi Be/høj-masse røntgen systemet 4U 0115+63, med en pulsar. Dette system oplevede et type II udbrud, men i stedet for at falde til hviletilstanden forblev pulsaren i en midlertidig plateau fase. Pulsaren blev observeret med *XMM-Newton* og dets spektrum blev fittet med en sortlegme strålingsmodel, der havde et lille område, der udsendte stråling, hvilket tyder på at udstrålingen kommer fra varme pletter på overfladen af neutronstjernen. Dette blev bekræftet da man fandt pulsationer. I dette kapitel forsøgte vi at forklare udstrålingen og den langsomme aftagende lysstyrke gennem enten accretion på magnetfelt polerne eller med afkøling af neutronstjernen. Neutronstjernen opvarmes når den optager materiale ved type II udbruddet. Begge modeller giver en mulig forklaring og det har ikke været muligt at finde en endelig model.

Kapitel 5: I dette kapitel kigger vi på de tre sorte enke pulsarer, PSR J0023+0923, J2214+3000 og J2234+0944. Vi opdaterer timing løsningerne for disse tre pulsarer, ved brug af nye observationer, og finder lang tids gyldige stabile timing løsninger over en observations periode på en 7-8 år. De første sorte enke pulsarer der blev opdaget, PSRs B1957–20 og J2051+0827, er meget ustabile. Vi diskuterer muligheden for at stabiliteten skyldes at ledsager stjernen i de stabile systemer er lidt anderledes end ledsager stjernen i de ustabile systemer. Ledsager stjernen i et af de stabile systemer udfylder ikke deres Roche lobe (det var kun muligt at observerer Roche lobe udfyldningen i en af de stabile systemer), men det gør den i begge de

ustabile systemer. Det ikke at udfylde Roche lobe betyder, at ledsager stjernen er tættere bundet til sig selv, og derfor svære at blæse i stykker. Hvis ledsager stjernen er oppustet og udfylder Roche lobe, er den løst bundet til sig selv, og den vil være lettere at blæse i stykker. Materialet der blæses af ledsager stjernen er årsag til meget materiale omkring det binære system, og det påvirker kredsløbet af det binære system og gør dem ustabile.