



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## Time domain imaging of transient and variable radio sources

Cendes, Y.N.

### Citation

Cendes, Y. N. (2020, May 12). *Time domain imaging of transient and variable radio sources*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/87646>

Version: Publisher's Version

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

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/87646>

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

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/87646> holds various files of this Leiden University dissertation.

**Author:** Cendes, Y.N.

**Title:** Time domain imaging of transient and variable radio sources

**Issue Date:** 2020-05-12

# SAMENVATTING

Dit proefschrift richt zich op de studie van kortstondige en veranderlijke radiobronnen in het heelal. In tegenstelling tot constante zichtbare bronnen veranderen kortstondige radiosignalen in helderheid (of flux) gedurende een bepaalde periode. Hoewel er enorm veel kortstondige bronnen zijn die minder dan een minuut duren, zal dit proefschrift zich voornamelijk richten op degene die meerdere jaren of zelfs decennia lang duren. Meer informatie over dit soort bronnen vindt u in **Hoofdstuk 1**.

In **Hoofdstuk 2** behandelen we een goed voorbeeld van dit soort bron, te weten Supernova 1987A (SN 1987A), welke ontdekt is op 24 februari 1987 in een satelliet van ons melkwegstelsel genaamd de Grote Magelhaense Wolk (LMC). Een supernova ontstaat wanneer een ster zijn levenseinde bereikt met een explosie die tijdelijk de felste lichtbron in een sterrenstelsel van miljarden sterren kan zijn. Ze zijn extreem zeldzaam, zo zeldzaam dat SN 1987A de dichtstbijzijnde geobserveerde supernova was sinds de uitvinding van de telescoop. Dit betekent dat SN 1987A een cruciale rol heeft gespeeld in het onderzoek naar supernovae en ons nieuwe inzichten heeft gegeven hoe de gebeurtenis zich voltrekt in de jaren en decennia na de explosie wanneer de schokgolf zich naar de omgeving uitbreidt.

Observaties waarbij radiosignalen worden gevisualiseerd spelen een belangrijke rol bij het bestuderen van SN 1987A. Dit hoofdstuk richt zich specifiek op de observaties bij 9 GHz, genomen met de Australia Telescope Compact Array (ATCA), over een periode van 25 jaar (1992-2017). We hebben computersimulatie van de supernovarest gebruikt om te modelleren waar de radio emissie rond SN 1987A vandaan komt. We zijn erachter gekomen dat de emissie lijkt te komen vanuit een torus- of donutvormige regio rond de supernova. Verder concluderen we dat de expansie van de supernovarest van snelheid is veranderd rond  $9.300 \pm 210$  dagen van  $2.300 \pm 200$  km/s naar  $3.600 \pm 240$  km/s. Wij concluderen dat de schokgolf de dichte ring van gas rond de hemelevenaar verlaat nadat het deze voor het eerst binnengekomen was rond 5.000 dagen na de explosie, en weer versnelt na het verlaten van het gebied buiten deze ring. We hebben ook een groei van de helderheid aan de westelijke kant van de supernovarest gezien, alhoewel de oostelijke kant nog steeds de dominante bron van de emissie is, in tegenstelling tot hedendaagse observeringen in optische en röntgen golflengtes.

In **Hoofdstuk 3** kijken we naar een ander soort supernova genaamd Type Ia. Deze supernovae

komen voor in binaire systemen waarbij een van de twee sterren een witte dwerg is, het restant van een ster, iets wat onze zon ooit ook zal worden nadat alle brandstof is uitgeput. Als de massa van een witte dwerg groter wordt dan 1,44 keer de massa van onze zon dan zal het fusieproces herstarten en ontstaat er een supernova. Hoe de massa groter wordt is iets dat we nog niet begrijpen, maar het lijkt af te hangen van het type van de andere ster in het binaire stelsel. Als dit een normale ster is, zou massaoverdracht theoretisch een supernova kunnen creëren. Als er een tweede witte dwerg in het spel is, zou een samensmelting kunnen leiden tot een supernova. Men denkt dat radio emissies een verklaring zouden kunnen geven voor dit vraagstuk, een schokgolf zou interactie hebben met materie van beide sterren, maar tot op heden is er nog geen emissie gedetecteerd vanuit Type Ia supernovae. In dit hoofdstuk hebben we 35 jaar aan gearchiveerde observaties van de Very Large Array (VLA) gevisualiseerd voor twee Type Ia supernovae, SN 1972E en SN 1895B, beide in het NGC 5253 sterrenstelsel op 11 miljoen lichtjaar (3.15 Mpc) afstand. Dit zijn twee van de dichtst bij de Aarde geobserveerde Type Ia supernovae ooit. Er werden bij beide explosies geen radio emissies gedetecteerd, wat op weinig interstellair medium rond de ster duidt, met dichtheden van  $< 0.9$  atomen/cm<sup>3</sup> tot op een afstand van enkele  $10^{18}$  cm (of 1 lichtjaar) bij een medium van uniforme dichtheid. We kunnen ook bepalen dat er geen schijf van materiaal is rond de oorspronkelijke ster van SN 1972E, dunne schijven met een radius tot  $< 0,01$  maal de massa van de zon zijn uitgesloten, evenals dikke schijven van verschillende massa's over een grotere radius van de oorsprong van de explosie. Door deze bepalingen kunnen we een reeks van oorzaken voor de explosie uitsluiten, en een dataset genereren met herhaalde observaties zoals er nog niet eerder was voor een Type Ia supernova.

In **Hoofdstuk 4** beschouwen we een technisch vraagstuk binnen de radioastronomie, namelijk hoe onderscheid te maken tussen een daadwerkelijk kortstondig signaal en door de mens geproduceerde signalen. Deze signalen door menselijk toedoen, genaamd RFI, zijn verantwoordelijk voor het grootste deel van heldere radiosignalen in de radioastronomie, vooral in dichtbevolkte landen zoals Nederland. Hoewel het markeren van RFI vroeger vaak met de hand werd gedaan voor de astronomen, maken de meeste moderne telescopen, zoals de Low Frequency Array (LOFAR, nabij Exloo), gebruik van automatisch markeren, nog voordat er een astronoom naar de data heeft gekeken. In dit hoofdstuk onderzoeken we hoe de standaard manier van markeren van invloed is op de mogelijkheid tot detectie van kortstondige signalen door te onderzoeken hoe deze detectie normaal gesproken wordt gebruikt binnen LOFAR studies. We kwantificeren het helderheidsbereik van kortstondige signalen die zouden worden gedetecteerd, en de verlaging van hun signaal-ruisverhouding (SNR), door incidentele gedeeltelijke markering van het signaal. We hebben gevonden dat sommige signalen, zoals heldere kortstondige signalen met een duur in de orde van tientallen seconden, volledig gemarkeerd waren, en voor langere kortstondige signalen in de orde van seconden tot minuten een deel van signaal verloren gaat. Voor deze kortstondige signalen stellen we in dit hoofdstuk een aangepaste markeer strategie voor, welke ongewenste effecten van markeren moet tegengaan. Dit hoofdstuk beschrijft ook een computer script dat de verschillen tussen RFI markeer strategieën en bekende verschillen tussen kortstondige RFI signalen en astrofysische kortstondige signalen gebruikt om de waarnemer te attenderen op een mogelijk kortstondige signaal in de observatiedata.

Tot slot, in **Hoofdstuk 5**, beschouwen we een voorbeeld van een potentieel kortstondig signaal en willekeurige radiobronnen die waren opgenomen in de catalogus van mogelijke herhalende korte heldere radio pulsen (Fast Radio Bursts, FRBs), een relatief nieuwe klasse van kortstondige bronnen waarvan de oorsprong nog niet begrepen wordt. De catalogus bestond uit 117 extragalactische (oftewel, van buiten onze Melkweg) radiobronnen die beschouwd worden als vrij helder en binnen 35 miljoen lichtjaar ( $<108$  Mpc). We hebben observaties gebruikt van twee sky surveys (meting van de gehele sterrenhemel), de Very Large Array Sky Survey (VLASS) bij 3 GHz en de Faint Images of the Radio Sky at Twenty-cm (FIRST) catalogus bij 1.4 GHz ongeveer 25 jaar eerder, om geleidelijke wijzigingen in helderheid te kunnen vinden in onze steekproef. We hebben gedetailleerde lichtkrommen kunnen genereren met de data van verschillen radio surveys voor 19 van deze bronnen. We hebben ook röntgen-data voor deze bronnen onderzocht maar dit resulteerde niet tot detecties. We hebben èen mogelijke kortstondige signaal geïdentificeerd, FIRST J235351.4+075835, welke consistent verduisterd is met een factor 2 over 20 jaar, wat het gevolg zou kunnen zijn van een tidal disruption event (TDE) waar een zwart gat een ster uit elkaar scheurt, of een samensmelting van twee neutronensterren. Echter, deze bron heeft geen optische equivalent, dus het is lastig om conclusies te trekken zonder aanvullende observaties. We concluderen dat de rest van onze bronnen welke variabel gedrag vertonen waarschijnlijk veroorzaakt zijn door een beperkte, inefficiënte ophoping van gas rond een supermassief zwart gat, ook bekend als Low excitation radio galaxies (LERG).

