

GEEN AANHOUDENDE ZWAARTEKRACHTGOLVEN AANWEZIG IN O4A-DATA VAN 45 GEKENDE PULSARS

De LIGO-Virgo-KAGRA Collaboration (LVK) heeft recentelijk een nieuw onderzoek uitgevoerd naar erg zwakke, aanhoudende zwaartekrachtgolven (AZ) afkomstig van neutronensterren. Het onderzoek, uitgevoerd op data van het eerste deel in de vierde observatieperiode (O4a), is een nieuwe mijlpaal in de zoektocht naar zwaartekrachtgolven uitgezonden door stabiele, geïsoleerde objecten i.p.v. komende uit spectaculaire gebeurtenissen zoals het samensmelten van zwarte gaten. Die golven zijn zwak, constant en haast periodische signalen die ons meer kunnen verklappen over de opmaak van neutronensterren, de meest dichte objecten in het universum na zwarte gaten.

HOE GAAT ALLES IN ZIJN WERK?

LVK gebruikt enkele van de meest gevoelige instrumenten ter wereld om naar zwaartekrachtgolven te zoeken. Die detectoren zijn gesofisticeerde interferometers en kunnen waanzinnig kleine vervormingen in de ruimtetijd detecteren, maar zelfs met hun verbazingwekkende gevoeligheid blijft het observeren van AZ's enorm moeilijk. Zij zijn zo bijzonder zwak dat men verwacht dat zij onder achtergrondruis bedolven worden, dus moeten wetenschappers vertrouwen op ingewikkelde algoritmes en data-analysetechnieken om diep in die ruis te graven.

Het team gebruikte gedetailleerde informatie van verschillende elektromagnetische telescopen over de positie en rotatie van elke pulsar in het onderzoek. Dat noemt men *multimessenger* astronomie: de elektromagnetische observaties helpen ons AZ-onderzoek door de kans op detectie te vergroten, omdat het onderzoek specifiek is aangepast voor de unieke eigenschappen van elke pulsar.

Dit *gericht onderzoek* verschilt van *all-sky* onderzoek waarbij wetenschappers zoeken naar signalen over het hele hemelgewelf zonder te weten waar ze vandaan komen. In dit geval concentreren onderzoekers zich op de frequentiegebieden waar een AZ verwacht wordt door gekende pulsars als leidraad te gebruiken. Gericht onderzoek is de meest nauwkeurige analyse maar is sterk afhankelijk van het beschouwde uitstralingsmodel, namelijk het fysieke mechanisme dat de uitstraling van AZ's creëert en daarbij de eigenschappen van het verwachte signaal vastlegt.

WIL JE MEER WETEN?

Ga naar www.ligo.org
onze www.virgo-gw.eu
websites: gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/



Figuur 1: De Krabnevel zoals gezien in röntgenstraling en visueel licht. De Krabpulsar bevindt zich in het midden van dit beeld.
Bron: X-ray – NASA/CXC/ASU/ J. Hester et al.; optical – NASA/HST/ASU/J. Hester et al.

Wat zijn AZ's en waarom zijn ze zo belangrijk?

Zwaartekrachtgolven zijn rimpelingen in de ruimtetijd veroorzaakt door de beweging van massieve objecten. Tot dusver heeft LVK haast honderd zwaartekrachtgolven geobserveerd, vooral afkomstig uit samensmeltingen van zwarte gaten. In tegenstelling tot die erg indrukwekkende events vermoedt men dat AZ's afkomstig zijn van individuele neutronensterren die afwijken van hun bolvorm. Neutronensterren zijn de overblijfselen van als supernova ontplofte zware sterren waarbij een ongelooflijk dichte kern achterblijft die meer weegt dan de zon samengeperst in een bol van slechts 20 kilometer breed. Als één van die neutronensterren een kleine knobbel of afwijking vertoont, dan kan die ster zwakke, periodische zwaartekrachtgolven uitzenden terwijl hij rond zijn as draait. Het detecteren van zulke golven zou een complete doorbraak betekenen en zou wetenschappers toelaten om de structuur en de starheid van neutronensterren te bestuderen en daarbij nieuwe informatie te vergaren over hoe materie zich gedraagt in die radicale omstandigheden.

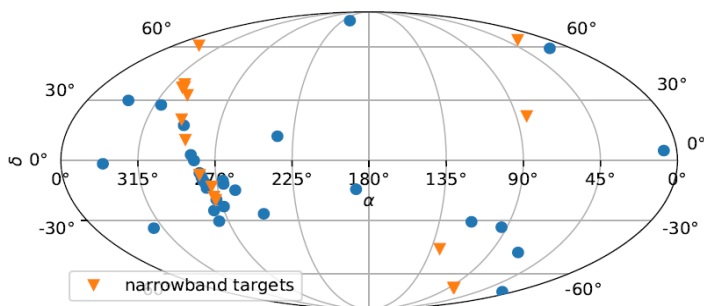
Waarom pulsars?

Pulsars zijn bijzonder interessant voor onderzoek naar AZ's. Het zijn neutronensterren met erg krachtige magnetische velden die stralen van elektromagnetische golven uitzenden in verschillende frequentiebanden (radio, röntgenstraling, gammastraling). Wanneer pulsars draaien, razen die stralen doorheen de ruimte zoals een kosmische vuurtoren waardoor ze pulsen creëren die op een ritmische wijze de aarde bereiken. Elektromagnetische observaties van pulsars uitgevoerd door andere observatoria geven precieze informatie over de locatie, de draaisnelheid en de tijdsevolutie van die objecten. Die informatie maakt pulsars ideale kandidaten voor AZ-onderzoek, want we kunnen precies focussen op het frequentiebereik waar deze golven kunnen voorkomen. In dit onderzoek richtten LVK-wetenschappers zich op 45 gekende pulsars, zie **Figuur 2**, om hun zwakke, constante uitzending op te vangen. Het team gebruikte twee verschillende theoretische uitzendingsmodellen die AZ-straling voorspellen: één waarbij de uitzending plaatsvindt op twee maal de draaifrequentie (het enkel harmonisch model) en een ander waarbij die uitzending zowel op éénmaal als tweemaal de draaifrequentie plaatsvindt (het dubbel harmonisch uitstralingsmodel).

WAT NU?

Ook al blijven aanhoudende signalen onvatbaar, toch helpt elke analyse ons onderzoeksdomein verder richting een toekomstige detectie van dit signaal. Elke verbetering van de gevoeligheid vergroot de kans op een observatie van zo'n signaal en daardoor ook de kans op een nieuw venster om het universum mee te bestuderen. LVK zal voortdurend diens technieken verfijnen en de detectorgevoeligheid verbeteren tijdens de toekomstige observatieperiodes, wat ons telkens een stap dichterbij zet richting het observeren van een aanhoudend signaal. Gedurende dat proces zijn ook niet-observaties interessant omdat zij onze kennis over de maximale vervorming van neutronensterren verbeteren.

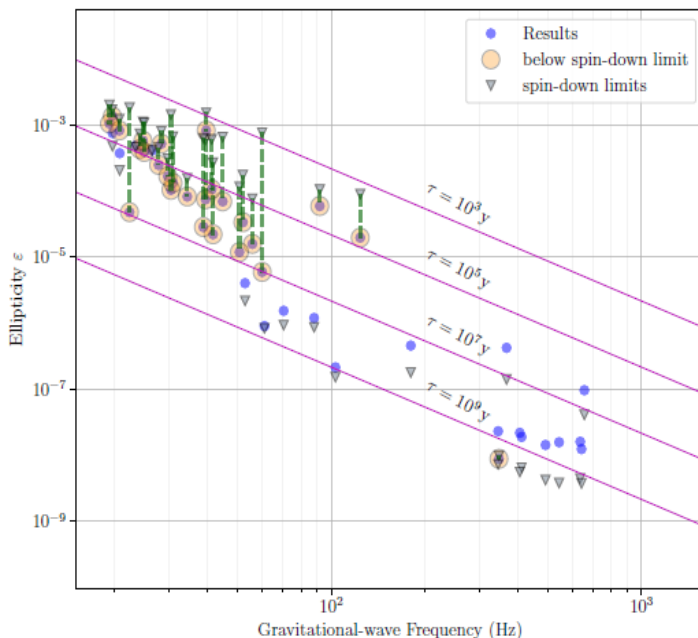
De zoektocht naar AZ's speelt zich af op de lange termijn en elk stapje in het onderzoek brengt ons dichterbij het ontdekken van die zwakke, stabiele uitzending van golven door neutronensterren. Wanneer zij ontdekt worden, zullen die golven een continue stroom van informatie verstrekken over één van de meest mysterieuze voorwerpen van het universum en ons daarnaast helpen zoeken naar de antwoorden van de grote vragen over wat er gebeurt in materie met een erg grote dichtheid.



Figuur 2: De plaats aan de hemel in equatoriale coördinaten van de geanalyseerde pulsars.

Wat zijn onze bevindingen?

Tijdens het analyseren van O4a heeft LVK geen enkel aanhoudend signaal gevonden afkomstig van de 45 geanalyseerde pulsars. Toch zijn de bevindingen waardevol. We plaatsen nieuwe limieten op hoe groot equatoriale vervormingen of "ellipticiteit" kan zijn van die neutronensterren zonder waarneembare AZ's uit te zenden (de zogenaemde *bovengrenzen* - *upper limits* - zie **Figuur 3**). Dit betekent dat wetenschappers nu beschikken over nauwkeurigere inschattingen van de maximale hoeveelheid vervorming die de pulsars kunnen bezitten, zelfs al waren die vervormingen niet groot genoeg om een waarneembaar signaal te produceren. Voor de heldere, dichtbijzijnde milliseconde-pulsar J0437-4715 komt de begrenzing van zijn ellipticiteit neer op ongeveer negen deeltjes per miljard, wat overeenkomt met een vervorming van minder dan 100 micrometer voor een neutronenster met een straal van 10 km!



Figuur 3: *Blauwe cirkels:* experimentele bovengrens van de ellipticiteit voor elke pulsar als functie van de verwachte AZ-frequentie. *Grijze driehoeken:* theoretische bovengrens van de ellipticiteit wanneer er wordt verondersteld dat de *spin down* van de pulsars volledig kan verklaard worden door het uitzenden van AZ's.

WIL JE MEER WETEN?

Ga naar onze websites:

www.ligo.org

www.virgo-gw.eu

gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/

Lees hier een gratis voorpublicatie van het volledige wetenschappelijke artikel [here](#) of [on arXiv.org](#).

WOORDENLIJST

Aanhoudende zwaartekrachtgolf (AZ's): Standvastige zwaartekrachtgolven, die verwacht worden te ontspringen van draaiende neutronensterren met kleine vervormingen.

Neutronensterren: Ongelooflijk dense overblijfselen van loodzware sterren die als supernova zijn uiteengespat.

Pulsars: Een soort neutronenster met sterke magnetische velden die op regelmatige wijze een elektromagnetische straal uitzendt terwijl die aan het draaien is. Daardoor creëert de pulsar een pulserend effect zichtbaar op aarde.

Ellipticiteit: Een maatstaf voor hoeveel de vorm van een neutronenster afwijkt van een perfecte bol, wat mogelijks het uitstralen van AZ's genereert.