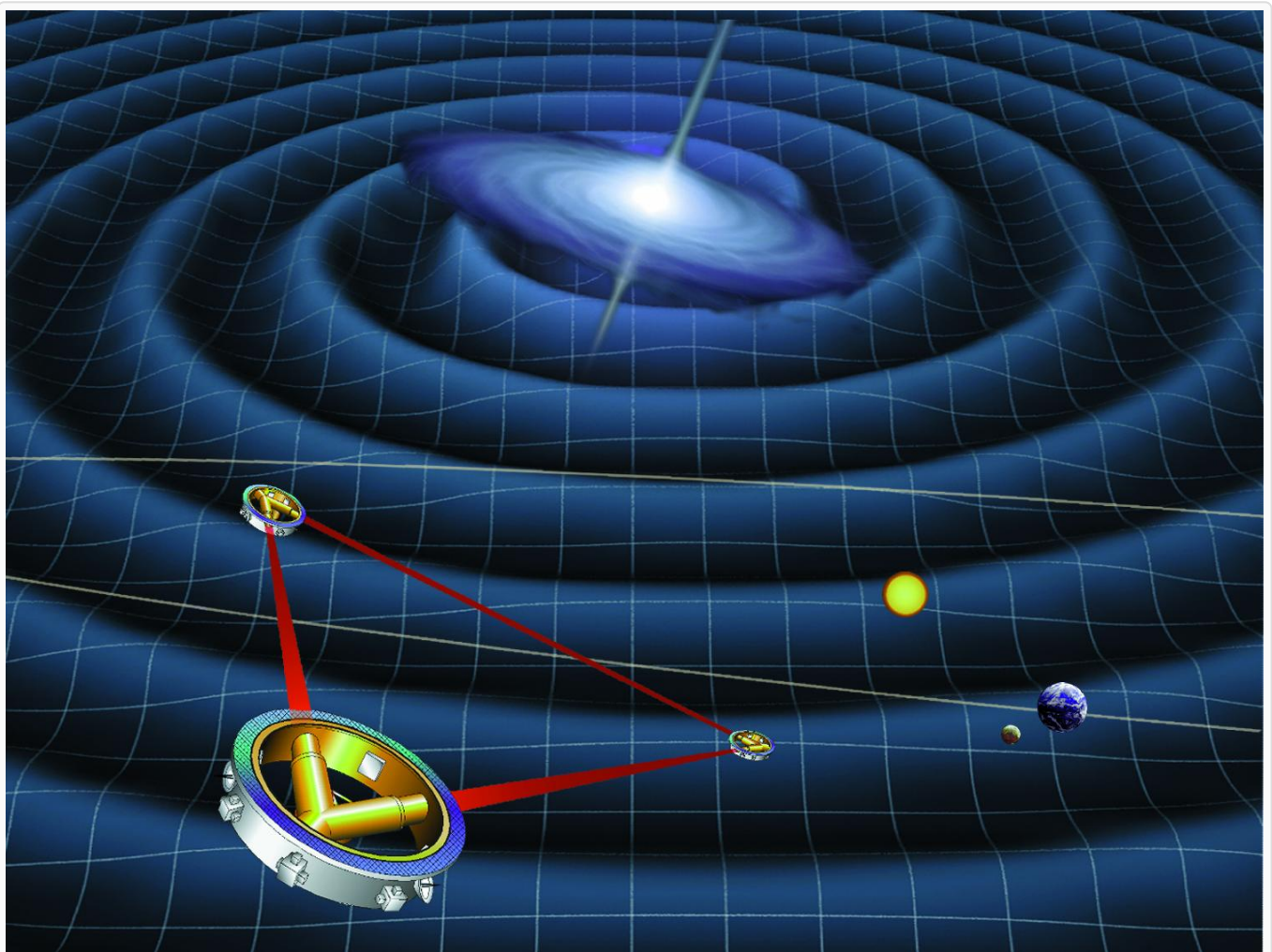


## De achtertuin van een zwart gat

De detectie van zwaartekrachtgolven die worden geproduceerd tijdens het samensmelten van zwarte gaten, leert ons van alles over de eigenschappen van deze extreme objecten. Een team van onderzoekers ontwerpt nieuwe technieken om informatie te winnen, niet alleen over de zwarte gaten zelf, maar ook over hun omgeving. In een nieuwe analyse laat het onderzoeksteam zien dat het met toekomstige zwaartekrachtgolfdetectoren in de ruimte mogelijk wordt om onderscheid te maken tussen schijven van gas, donkere materie, en nieuwe lichte deeltjes rond zwarte gaten.



Afbeelding 1. Een LISA-waarneming. Artist's impression van het LISA-experiment dat in

de ruimte een zwaartekrachtgolf detecteert. Metingen als deze maken het mogelijk een kijkje te nemen in de achtertuin van een zwart gat. Afbeelding: NASA.

## Een nieuw venster op het heelal

De eerste detectie van zwaartekrachtgolven, in 2015, heeft een venster geopend op het heelal waarmee het mogelijk werd om het samensmelten van paren van massieve zwarte gaten waar te nemen. Het jonge onderzoeksgebied is snel volwassen geworden, en op dit moment zijn er al tientallen van zulke samensmeltingen waargenomen. De huidige waarnemingen zijn beperkt tot de allerlaatste stadia van het ineenstorten – vaak maar een paar seconden – omdat de uitgezonden zwaartekrachtgolven dan extreem sterk zijn. Gelukkig zijn er verschillende nieuwe experimenten in de maak die het mogelijk maken om de paren van zwarte gaten veel langer waar te nemen voor ze samensmelten; mogelijk zelfs jarenlang.

Wanneer de nieuwe, nauwkeurige metingen binnen beginnen te stromen, willen de onderzoekers er klaar voor zijn en in staat zijn om ze te interpreteren. Pippa Cole, postdoctoraal onderzoeker in de groep van Gianfranco Bertone aan de Universiteit van Amsterdam, en eerste auteur van de nieuwe publicatie in *Nature Astronomy*, legt uit: “Met de huidige metingen kunnen we wat eigenschappen van de samensmeltende zwarte gaten achterhalen, maar heel weinig over de omgeving waarin het samensmelten plaatsvindt. Die omgeving is zelf ook enorm interessant. We kunnen er bijvoorbeeld iets uit leren over een van de andere mysteries uit de moderne astrofysica: dat van de donkere materie. Zodra we met behulp van een toekomstige detector als [LISA](#) samensmeltende zwarte gaten veel langer waar kunnen nemen, wordt het mogelijk om zinvolle uitspraken te doen over hun omgeving.”

## De omgeving van een zwart gat

Er bestaan ten minste drie verschillende soorten interessante omgevingen waarin zwarte gaten mogelijk voorkomen. De bekendste daarvan is een zogeheten *accretieschijf*: een schijf van heel heet gas die rond het zwarte gat wervelt, zoals recent ook gefotografeerd door de

Event Horizon Telescope. Maar er zijn ook andere mogelijkheden.

Een zwart gat zou omringd kunnen worden door een wolk van ultralichte deeltjes, waarmee een structuur gevormd wordt die astronomen een *gravitationeel atoom* noemen. En ten slotte zou er donkere materie kunnen zijn, een ongrijpbare vorm van materie die de kosmos op alle schalen lijkt te doordringen, maar waarvan de fundamentele aard nog altijd onbekend is. Donkere materie zou zich rond zwarte gaten moeten verzamelen, terwijl die ontstaan en groeien, en daar uiteindelijk in een hoge dichtheid moeten voorkomen – een configuratie die bekend staat als een *spike*, een piek.

Cole: “Het mooie is dat het met de nieuwe waarnemingen mogelijk wordt om onderscheid te maken tussen alle drie de situaties – en ze ook te onderscheiden van het geval waarin de achtertuin van het zwarte gat simpelweg leeg is; waarin de zwarte gaten in een vacuüm rond elkaar draaien. We zijn erin geslaagd statistische technieken te ontwikkelen die, als we maar genoeg data verzamelen en als het massaverschil tussen de zwarte gaten maar groot genoeg is, heel duidelijk het verschil tussen al die scenario’s laten zien.”

Volgens Cole en haar collega’s zal de aanstaande generatie experimenten dus in staat zijn om zwaartekrachtgolven te herkennen die worden geproduceerd in een bepaalde achtergrond – of dat nu een accretieschijf, een gravitationeel atoom of een piek van donkere materie is. Daarmee wordt het mogelijk om met behulp van zwaartekrachtgolven te zoeken naar nieuwe ultralichte deeltjes of donkere-materiekandidaten.

Bertone: “We leven in spannende tijden. We zullen snel een nieuw tijdperk in de natuur- en sterrenkunde binnentreden. Net zoals precisie-deeltjesfysica het mogelijk maakt om met deeltjesversnellers hier op aarde naar nieuwe natuurkunde te zoeken, zo zal precisie-zwaartekrachtgolf astronomie het binnenkort mogelijk maken om op zoek te gaan naar donkere materie en nieuwe deeltjes in het heelal.”

## Publicatie

*Distinguishing environmental effects on binary black hole gravitational waveforms*, Philippa S. Cole, Gianfranco Bertone, Adam Coogan, Daniele Gaggero, Theophanes Karydas, Bradley J. Kavanagh, Thomas F. M. Spieksma en Giovanni Maria Tomaselli. Nature Astronomy 2023.