

## **Wat is Gaia?**

Gaia is een project van het European Space Agency (ESA) dat onze Melkweg beter in kaart zal brengen. De Gaia ruimtesonde zal een miljard sterren nauwkeurig opmeten, en zal allerlei eigenschappen van deze sterren bepalen. Een voorloper van het Gaia-project is de ESA-satelliet Hipparcos die een soortgelijk doel had, maar dan veel bescheidener. Hipparcos bracht slechts enkele honderdduizenden sterren in kaart, voor Gaia mikt men op 1 miljard. De gegevens van Hipparcos zijn tot op heden nog steeds de meest gedetailleerde info die we hebben over de positie van de sterren. Gaia zal hier echter verandering in brengen, en ons vele malen nauwkeurigere informatie bezorgen.

## **Wat betekent de naam Gaia?**

Oorspronkelijk was GAIA een letterwoord dat stond voor "Global Astrometric Interferometer for Astrophysics". Deze benaming sloeg op de meettechniek die men van plan was te gebruiken, interferometrie. Nadien is men hier echter vanaf gestapt en heeft men besloten om andere technieken toe te passen. De naam Gaia werd echter behouden, maar nu niet meer als letterwoord maar als gewone naam. Gaia was in de Griekse mythologie de moedergodin van alles, alle andere goden zijn uit haar geboren. Gaia is ook het Oud-Griekse woord voor aarde.

## **Wat is het doel van Gaia?**

Het voornaamste doel van dit project is het in kaart brengen van onze Melkweg. Gaia zal ons toelaten om een zeer nauwkeurige 3D-kaart van ons Melkwegstelsel maken. De positie, snelheid, helderheid en nog tal van andere eigenschappen van ongeveer een miljard sterren zal nauwkeurig opgemeten worden. Hierdoor kunnen we veel leren over de evolutie van onze Melkweg.

Tijdens deze metingen zal Gaia ook talloze andere hemellichamen observeren zoals quasars (zeer verre, heldere objecten) en supernova's (ontploffende sterren). Ook zullen er vele "Bruine Dwergen" ontdekt worden. Dit zijn eigenlijk mislukte sterren die rondzweven in het heelal. Hiernaast zullen we ook nog een aantal exoplaneten (planeten die rond andere sterren draaien) ontdekken.

Iets dichterbij huis zullen echter ook ontdekkingen gedaan worden. Binnen ons eigen zonnestelsel zal Gaia talloze asteroïden ontdekken, en ook enkele ijsdwerfen (dit zijn ijsbollen, ongeveer zo groot als de maan, die rond onze zon draaien, maar nog verder van ons verwijderd zijn dan Pluto).

Hiernaast biedt Gaia ook een unieke kans om Einsteins Algemene Relativiteitstheorie zeer nauwkeurig te testen. Deze theorie stelt dat licht afbuigt onder invloed van de zwaartekracht van hemellichamen zoals bv. de zon. Een gevolg hiervan is dat wij de sterren aan de hemel lichtjes verschoven zien t.o.v. hun werkelijke positie. Gaia is het eerste instrument dat nauwkeurig genoeg is om niet enkel de afwijking ten gevolge van de zon, maar ook die veroorzaakt door andere grote hemellichamen zoals Jupiter te meten.

## Welke metingen zullen er precies gebeuren?

Gaia zal drie dingen meten:

- de positie van de sterren aan de hemel en hun afstand;
- de intensiteit en kleur van het licht die de sterren uitstralen;
- welke soort licht de sterren uitstralen, het zogenaamde spectrum

Deze metingen zullen voor elk hemellichaam gemiddeld 80 maal herhaald worden in de 5 jaar die Gaia actief zal zijn.

Aan de hand van deze metingen, kan men heel wat te weten komen over de ster. Uit de meetdata van Gaia kan men onder andere de temperatuur, massa, helderheid, leeftijd, chemische samenstelling, snelheid en richting van een ster halen.

De sonde berekent dit uiteraard niet allemaal zelf, het enige wat de sonde doet is de metingen doorsturen naar de ESA controlecentra in Cebreros in Spanje en New Norcia in Australië. Daarna worden de ruwe data naar verscheidene verwerkingscentra in Europa gestuurd in onder andere Villafranca, Cambridge, Genève en Toulouse. Hier gebeurt dan het zware rekenwerk waardoor men uit die ruwe data nuttige informatie kan halen. Als alle berekeningen voltooid zijn, zal men een beter beeld krijgen van de opbouw en de evolutie van ons Melkwegstelsel.

## Hoe meet men precies de afstand?

Het bepalen van de afstand tot een ster is niet zo eenvoudig. Je kunt er immers niet gewoon even naartoe vliegen en op je kilometerteller kijken welke afstand je afgelegd hebt. Wetenschappers hebben echter een trucje, waardoor je je helemaal zo ver niet hoeft verplaatsen om te weten hoe veraf iets van je verwijderd is.

Wat men bij Gaia eigenlijk meet is geen afstand, maar een hoek. Dit lijkt misschien raar, maar in het volgende voorbeeld wordt het hopelijk wat duidelijker. Het is je vast al opgevallen als je in de auto of de trein zit, dat niet alles even snel aan je voorbij lijkt te gaan. Dichte voorwerpen verdwijnen sneller uit je gezichtsveld dan veraf gelegen dingen. Stel dat je 's nachts op een autosnelweg in de Alpen rijdt. De verkeerspalen langs de weg zoeven je voorbij, terwijl de bergen in de verte slechts heel traag bewegen, en de maan aan de hemel lijkt al helemaal stil te staan. Laten we er nu even vanuit gaan dat de maan ook echt stilstaat, en we kijken naar een bergtop die vlak onder de maan staat. Als we nu 500 meter perfect rechtdoor verder rijden, zal de bergtop niet meer vlak onder de maan staan, maar ietsjes verder naar achter geschoven zijn. Als we eerst 30 graden opzij moesten kijken om die berg te zien, zullen we nu ons hoofd iets verder moeten draaien om die berg te zien, bv. 32 graden. De maan is echter niet bewogen in ons gezichtsveld, en de berg is dus 2 graden opgeschoven t.o.v. de maan.

Nu heeft men voldoende info om te bepalen hoe ver de berg van ons verwijderd is. U herinnert zich misschien nog uit de wiskundelessen in het secundair onderwijs dat een zijde (500 meter) en twee hoeken (30 graden en 32 graden) voldoende zijn om een driehoek helemaal te definiëren. Men kan dus nu de andere twee zijden van de driehoek berekenen en zo weet men dus hoe ver de berg eerst van ons verwijderd was, en hoe ver hij nu is. Als we van alle bergen hun verschuiving ten opzichte van de maan hadden gemeten, konden we van al de bergen bepalen hoever ze van ons verwijderd waren. De hoek die gemeten wordt noemt men de Parallax.

Gaia gebruikt ongeveer hetzelfde principe, maar kijkt naar de verschuiving t.o.v. een vaste referentie, een beetje zoals we hierboven ook gewoon konden kijken hoe veel de berg opgeschoven was t.o.v. de maan, en aan de hand daarvan de afstand bepalen. Gaia zal ook geen 500 meter verder een tweede keer kijken, maar 300 miljoen kilometer, wanneer ze een halve omwenteling rond de zon verder is. Hierbij maak je wel steeds een kleine fout, want de maan staat eigenlijk niet stil aan je gezichtsveld maar beweegt ook een heel klein beetje mee. Bij Gaia zou het al helemaal idioot zijn om de maan als referentie te nemen want die staat dichterbij dan al de objecten die we willen meten!

Daarom is het belangrijk dat we een referentiepunt kiezen dat zo ver mogelijk van ons verwijderd is. Men heeft er dus voor gekozen om de verste zichtbare objecten in de ruimte te kiezen: de Quasars. Dit zijn zeer oude hemellichamen die dateren van vlak na het ontstaan van het heelal.

### **Hoe nauwkeurig werkt Gaia?**

Gaia kan de positie van een ster aan de hemel bepalen tot op enkele micro boogseconden. Dit is zo nauwkeurig, dat indien Gaia in Luxemburg zou staan, ze de dikte van een haar op het hoofd van iemand op het strand van Oostende zou kunnen meten. De sonde kan objecten zien die tot een miljoen keer minder licht uitstralen dan de zwakste sterren die wij 's nachts aan de hemel kunnen zien. Als pikdonker is zien wij 's nachts hooguit 2000 sterren, Gaia ziet er 1 miljard.

### **Waar vliegt Gaia naartoe?**

Als alles volgens plan verloopt, wordt in november 2013 de Gaia sonde gelanceerd met een Russische Soyuz raket van op de Europese lanceerbasis in Frans Guyana. Hierna zal de sonde in een 200-tal dagen ongeveer anderhalf miljoen kilometer van de zon weg bewegen om daar in een baan rond de zon te gaan in wat wetenschappers het L2 Lagrange punt noemen.

Deze plaats in ons zonnestelsel is specifiek zo gekozen omdat de sonde dan exact even snel als de Aarde rond de zon zal draaien, en ze dus eigenlijk constant in onze buurt blijft. Bovendien worden hier de zwaartekrachten van de zon en de aarde ten opzichte van elkaar opgeheven, waardoor de sonde vrij stabiel op haar positie blijft. Deze plek zorgt ook voor een zeer stabiele thermische omgeving.

Gaia zal niet alleen zijn in het L2 Lagrange punt. De zit hier Talrijke andere sondes doen, deden of zullen van hieruit hun werk doen, zoals de Planck satelliet, het Herschel Space Observatory, de James Webb ruimtetelescoop en WMAP sonde van NASA.

### **Hoe is de sonde opgebouwd?**

Gaia is een vrij zware satelliet. De sonde weegt zo'n 2 ton, is 3 meter hoog en heeft een diameter van 10 meter. De voornaamste onderdelen zijn de meetapparatuur, het zonnescild en de service module.

De meetapparatuur zit in een soort cilindervormige behuizing die bescherming biedt tegen te grote temperatuurschommelingen. De belangrijkste onderdelen zijn de twee symmetrisch opgebouwde telescopen die onder een vaste hoek van 106,5 graden, elk naar een andere richting in de ruimte kijken. Doordat Gaia rond haar as draait, draaien de 2 telescopen constant rondjes. Een object in de ruimte dat eerst door de ene telescoop te

zien is, is 106 minuten later ook door de tweede telescoop te zien. Gaia scant de hemel zo continu. Elke ster zal in totaal zo'n 70 keer opgemeten worden om voldoende data te hebben. Deze telescopen bestaan uit drie gebogen spiegels om het beeld te vormen en een reeks vlakke spiegels om het beeld naar de gemeenschappelijke sensor te leiden.

Deze sensor noemt men de CCD. In je digitale camera zit ook een CCD, hoewel die van Gaia met zijn 0,4 m<sup>2</sup> oppervlakte zo'n 2000 keer groter is! Bovendien heeft Gaia's CCD een totale resolutie van bijna 1 miljoen megapixel. Deze sensor bestaat eigenlijk uit 106 kleinere deelsensoren, die allemaal hun eigen taak hebben. Sommigen dienen om de lichtsterkte te meten, anderen voor de kleur,...

Het zonnescild zit aan de onderkant van de sonde en heeft twee functies. Het zal altijd naar de zon gericht zijn, en is gedeeltelijk bekleed met zonnepanelen. Deze geven de sonde haar nodige energie. Het schild schermt de rest van de sonde echter ook af van de zon, en zorgt voor een permanente schaduw waardoor de apparatuur kan afkoelen tot -100°C. Zo kan de telescoop zo goed mogelijk werken.

Tussen het zonnescild en de meetapparatuur zit de service module. Deze is van aluminium gemaakt en is bekleed met door glasvezel verstevigde plastic panelen. Binnenin zitten onder andere het aandrijfsysteem, de communicatie-eenheid, de dataverwerkingsmodule en de stroomregelaar.

De zender van Gaia is vrij zwak, deze verbruikt slechts 5 watt energie. Dit is ongeveer evenveel als 5 GSM's in een gebied met slechte ontvangst. Toch zal Gaia in staat zijn om data naar onze planeet te sturen, anderhalf miljoen kilometer ver, tegen een snelheid vergelijkbaar met die van onze ADSL of kabel internet verbinding. Gaia zal zo'n 8 uur per dag met de Aarde communiceren, maar wel 24u/24u hemellichamen opmeten

### **Hoe lang zal Gaia actief zijn?**

De eerste plannen voor Gaia dateren eigenlijk al van kort na de Hipparcos-missie in 1993, maar in 2000 zijn de concrete plannen goedgekeurd door de ESA. Men is er dus wel al een tijdje mee bezig.

De geplande operationele fase is 5 jaar. Gaia zal ons dus van 2014 tot 2019 bestoken met data over de sterren en allerlei andere hemellichamen. Het is mogelijk dat men de operationele fase verlengt met een jaar. Gaia zal dagelijks zo'n 40 gigabyte informatie doorsturen, en zo'n 100 terabyte in totaal. Dat is 100 000 gigabyte. Het doorsturen en opslaan van al die gegevens is niet zo'n groot probleem, maar de verwerking ervan is dat wel. Op al deze gegevens moeten erg complexe berekeningen gemaakt worden. Moest men per beeld dat Gaia doorstuurt, 1 seconde rekenwerk hebben, dan zou het meer dan 30 jaar duren moest men al dat werk op 1 computer moeten doen. Gelukkig beschikt men over een heel netwerk van supercomputers, verspreid over heel Europa. De uitdaging bestaat er nu in om al het rekenwerk efficiënt te verdelen over al deze krachtige machines, om zo al na een paar maand goede, tastbare resultaten te bekomen.

Hierna worden de gegevens verwerkt en nagekeken, en rond 2020 zal de Gaia Catalogus met daarin alle sterreninformatie gepubliceerd worden.

## Wie werkt mee aan dit project?

In totaal zijn of waren zo'n 200 wetenschappers, 2000 ingenieurs, technici en managers, en een kleine 30 bedrijven bezig met het ontwikkelen en runnen van het Gaia project. De overgrote meerderheid hiervan zijn Europese bedrijven. Ook in België zijn er bedrijven en instellingen die meewerken. Vooral overheidsdiensten en universiteiten zoals de Koninklijke Sterrenwacht van België, de Katholieke Universiteit Leuven, de Université Libre de Bruxelles en de Universiteit van Luik, maar ook enkele privé ondernemingen zoals het Centre Spatial de Liège (CSL).

Het dataverwerkingsgedeelte van het Gaia project is onderverdeeld in 9 zogenaamde Coordination Units (CU's), die elk een verschillend deel van het project ontwikkelen. In België wordt meegewerkt in verschillende van deze Coordination Units.

*De 9 Coordination Units:*

*CU1: System Architecture: beheert de algemene structuur en strategie van het project*

*CU2: Data Simulation: ontwikkelt software nodig voor simulaties*

*CU3: Core Processing: zorgt voor de verwerking van de ruwe data tot nuttige info*

*CU4: Object Processing: doet verdere bewerkingen op speciale gevallen die gevonden worden door de andere CU's*

*CU5: Photometric Processing: verwerkt alle gegevens m.b.t. de lichtintensiteit van de sterren*

*CU6: Spectroscopic Reduction: verantwoordelijk voor het verwerken van de ruwe data gemeten door de spectrometer*

*CU7: Variability Processing: bestudeert hoe de verschillende metingen veranderen in de tijd*

*CU8: Astrophysical Parameters: het classificeren van de opgemeten hemellichamen*

*CU9: Catalogue Access and Scientific Exploration: deze CU zal, eens alles opgemeten, berekend en geclassificeerd is, verantwoordelijk zijn voor het ontwerp en beheer van de catalogoog met alle informatie.*

## Wat na Gaia?

Eens de sterrencatalogus gepubliceerd is, begint het echte werk pas. Wanneer men over al deze informatie beschikt, kan men nieuwe theorieën beginnen ontwikkelen en verder onderzoek gaan doen. Aan de hand van waar in ons melkwegstelsel wel soorten sterren staan, kan men modellen opstellen om te bepalen hoe onze Melkweg er in het verleden uitzag, en hoe het er in de toekomst zal uitzien. Dit kan je een beetje vergelijken met de manier waarop men het weer voorspelt. Afhankelijk van waar precies er hoge- en lagedrukgebieden hangen, kan men voorspellen of we morgen al dan niet regen mogen verwachten.

Men zal ook onderzoek doen naar de verschillende interacties die in onze Melkweg plaatsvinden. Alle hemellichamen hebben immers invloed op elkaar. Tussen de sterren zweven wolken vol gas en stof, soms trekken deze wolken samen en vormen ze een ster. In deze ster vinden er dan reacties plaats waardoor uit die deeltjes nieuwe deeltjes gemaakt worden (in onze zon bijvoorbeeld wordt helium omgezet in waterstof). Als deze ster aan het eind van haar leven is, stoot ze al haar materie af, en wordt zo een nieuwe wolk gevormd. Deze nieuwe wolk bevat echter deeltjes die in de eerste wolk niet zaten, en op deze manier wordt ons heelal continu verrijkt met nieuwe deeltjes. Dit kan je wat vergelijken met een ecosysteem zoals een bos, waar alle planten en dieren ook onrechtstreeks invloed op elkaar hebben.