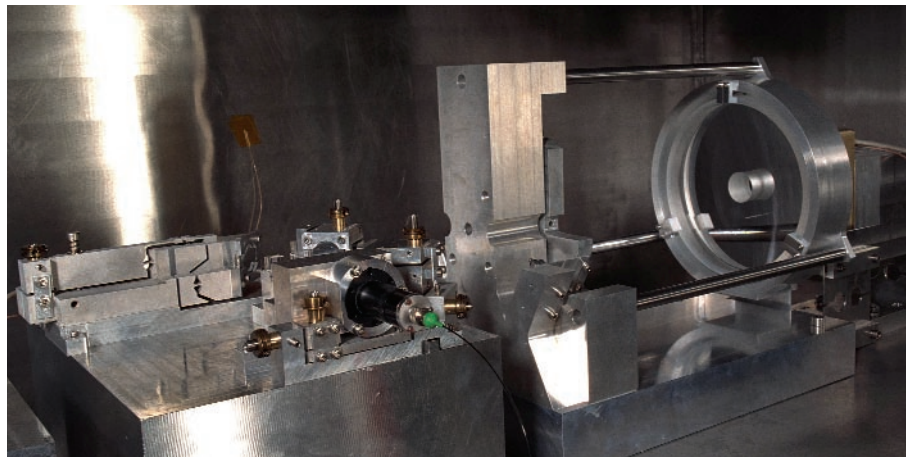


# Picometrologie in de ruimte

*Al vele eeuwen vraagt de mensheid zich af hoe ons zonnestelsel is ontstaan. De lancering van GAIA (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics) in 2012 kan hierop het antwoord zijn, en ook op andere vragen. Het doel van dit ruimtevaartobservatorium van ESA is om met uiterst hoge nauwkeurigheid de positie en snelheid te bepalen van miljarden sterren in ons melkwegstelsel, maar ook daarbuiten, om zo een driedimensionale kaart te verkrijgen van een belangrijk deel van het heelal. Verder zal het ook mogelijk zijn om andere hemellichamen waar te nemen zoals planeten buiten ons zonnestelsel en supernovae. GAIA wordt met een Ariane 5 raket gelanceerd en zal gedurende vijf jaar zijn werk gaan doen op anderhalf miljoen kilometer van de aarde.*



## GAIA

De satelliet verricht hoekmetingen tussen sterren onderling. De meting wordt verricht door twee telescopen die onder een vaste hoek staan (106°). Doordat de satelliet om zijn as en om de aarde draait, meet de satelliet uiteindelijk de positie van vijf miljard sterren. De nauwkeurigheid waarmee moet worden gemeten is 10 microarcseconde; dit komt overeen met 15 nanoradialen. De stabiliteit om een dergelijke nauwkeurigheid te behalen is zelfs in de ruimte niet haalbaar. Daarom beschikt GAIA over een meetsysteem, dat continu de hoek tussen beide telescopen monitort. Dit meetsysteem bestaat uit een tweetal interferometers (gemonteerd op twee balken tegenover de primaire spiegel van de telescoop), zoals te zien in bijgaand

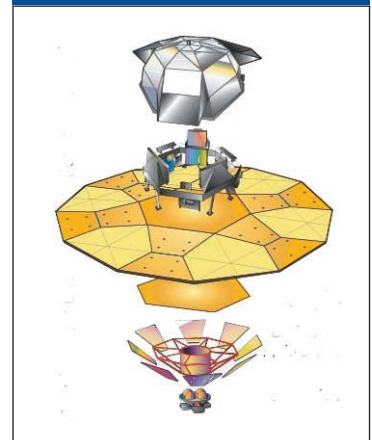
bovenaanzicht. Deze interferometers moeten circa 50 picometers OPD (Optical Path Difference) kunnen meten. Dit is de helft van de diameter van een atoom.

## GAIA OPD Testbench

Om de haalbaarheid van dit principe aan te tonen heeft ESA, in samenwerking met Astrium, door TNO TPD de GAIA OPD Testbench laten ontwikkelen. Dit is een vereenvoudigde en verkleinde opzet (lengte 1,5 meter) ten opzichte van de GAIA satelliet (diameter 4,5 meter) bestaande uit twee meetbalken die achter elkaar staan opgesteld, een telescoop en een detector. Hiermee is een OPD van  $40 \text{ pm} \pm 15 \text{ pm}$  gemeten.



TNO TPD levert innovatieve en complete oplossingen voor zowel grote bedrijven als het MKB en de overheid. Kennisgebieden zijn: geluid en trillingen, fysische modellen en processen, en imaging en instrumentatie. De (inter)nationale projecten variëren van systeemontwikkeling tot consultancy.



## Picometrologie in de ruimte

### GAIA OPD Testbench

#### Optisch ontwerp

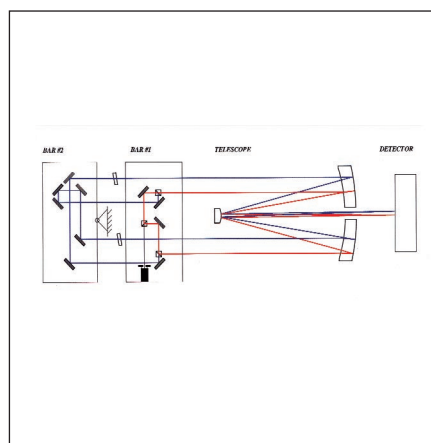
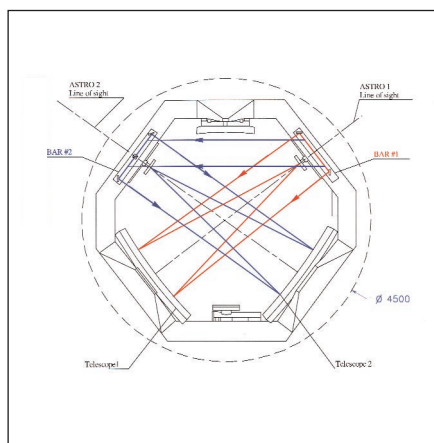
De basis voor het ontwerp is een Mach-Zehnder interferometer; de bundelcombinatie wordt uitgevoerd met behulp van een telescoop. Deze telescoop voegt twee bundels samen op een 2D CCD camera, hetgeen resulteert in een Airy-patroon met daarop gesuperponeerd een fringedpatroon. Bij verandering van OPD zal dit fringedpatroon van positie wijzigen. Deze verandering van positie wordt gemeten - enkele nm - en hieruit wordt de corresponderende OPD - enkele tientallen pm - berekend. Het introduceren van de OPD wordt gedaan door middel van het roteren van een planparallele plaat ( $1 \mu\text{rad}$  komt overeen met  $15 \text{ pm}$  OPD).

#### Mechanisch ontwerp

Het mechanisch ontwerp is gebaseerd op een breadboard opstelling; een basisplaat

met optische componenten erop. Het ontwerp is met name gericht op het isoleren van omgevingsinvloeden en minimaliseren van drift:

- Isolatie van dynamische effecten wordt bereikt door een twee-traps passieve trillingsdemping en een grote vacuüm-kamer voor isolatie van dichtheidsvariaties door luchtwervelingen.
- Thermisch stabilisatie is bereikt door symmetrie; de optische paden van de interferometers zijn gelijk ( $< 5 \mu\text{m}$ ). Hierdoor is het instrument ongevoelig voor homogeen uitzetten. De grote massa van het systeem geeft de vereiste thermische traagheid. Het gebruik van het goed geleidend aluminium minimaliseert gradiënten.
- Alle uitlijnmechanismen zijn eveneens van aluminium en worden geborgd om picometer stabiliteit te kunnen garanderen.



#### Specificaties

Kleinst gemeten OPD	$40 \text{ pm} \pm 15 \text{ pm}$
Overall Drift	$\leq 6 \text{ pm/s}$
Lengte testbench	1.4 m
Massa testbench	335 kg
Totale massa	3500 kg
Vacuüm	0.1 mbar
Trillings demping:	
eerste trap voor seismische demping	1.5 Hz (335 kg)
tweede trap voor seismische en acoustische demping	15 Hz (3400 kg)
Detector	1600 x 1200 pixels, pixelgrootte: $9 \mu\text{m} \times 9 \mu\text{m}$
Laser	gestabiliseerde HeNe Laser

#### TNO TPD

Postbus 155  
2600 AD DELFT

[www.tpd.tno.nl](http://www.tpd.tno.nl)

#### Pieter Kappelhof

T 015 269 20 95

F 015 269 21 11

E [kappelhof@tpd.tno.nl](mailto:kappelhof@tpd.tno.nl)