

# Vreemde verschijnselen tijdens zonsverduisteringen?

## Zwaartekracht en mogelijke onbekende interacties (2)

Chris P. Duif\*

\*Chris Duif is natuurkundige en werkt momenteel aan de faculteit Toegepaste Natuurwetenschappen en bij het Reactor Instituut Delft van de Technische Universiteit Delft.

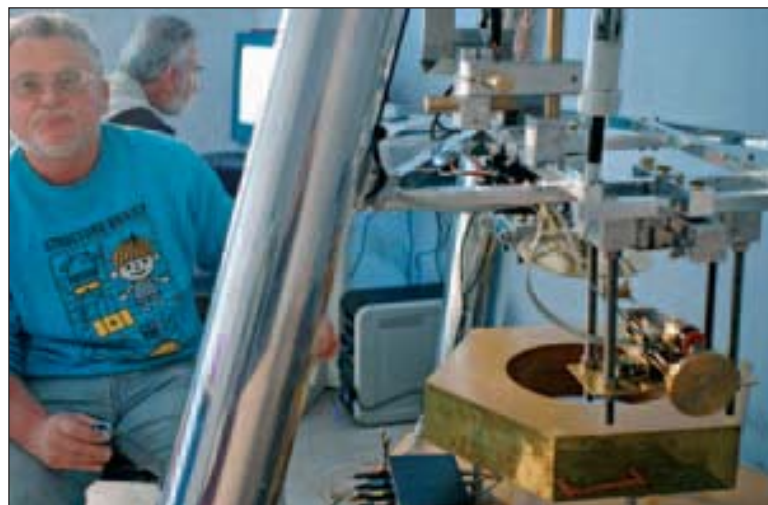
**Vreemde krachten op ruimtevaartuigen, niet waarneembare materie, merkwaardige verschijnselen tijdens zonsverduisteringen, een voorkeursrichting in de ruimte. Betekenen deze zaken dat we de zwaartekracht niet goed begrijpen, ondanks de successen van Einsteins algemene relativiteitstheorie? En wat is er überhaupt waar van deze fenomenen? In het tweede deel van deze serie worden verhalen onderzocht over mogelijke afwijkingen van de zwaartekracht die tijdens zonsverduisteringen zouden plaatsvinden. Afwijkingen die met name tot uiting zouden komen in het gedrag van slingers.**

Tijdens de zomer van 1954 voerde Maurice Allais net buiten Parijs een uitgebreide reeks metingen uit met een door hem zelf ontwikkelde versie van een slinger van Foucault. Allais, als ingenieur opgeleid aan de *École Nationale Supérieure des Mines* in Parijs en daaraan verbonden als econoom, had zijn twijfels over Einsteins relativiteitstheorie en vermoedde een verband tussen magnetisme en zwaartekracht. Gedurende enkele maanden voerde hij met zijn slinger met assistentie van diverse medewerkers dag en nacht een meetprogramma uit.

Hierbij moest met het oog om de vijftien minuten een meetwaarde worden vastgesteld en genoteerd. Deze meetwaarde betrof de hoek van het vlak waarin de slinger beweegt, die langzaam verandert door de draaiing van de aarde (zie kader 'De slinger van Foucault').

### Rare bewegingen van een slinger

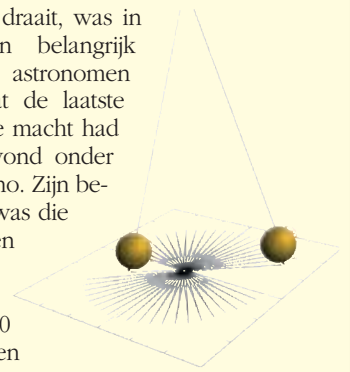
Toevallig vond er in de periode waarin Allais zijn metingen deed een zonsverduistering plaats. Vlak na deze zonsverduistering van juni 1954 werd Allais opgebeld door de



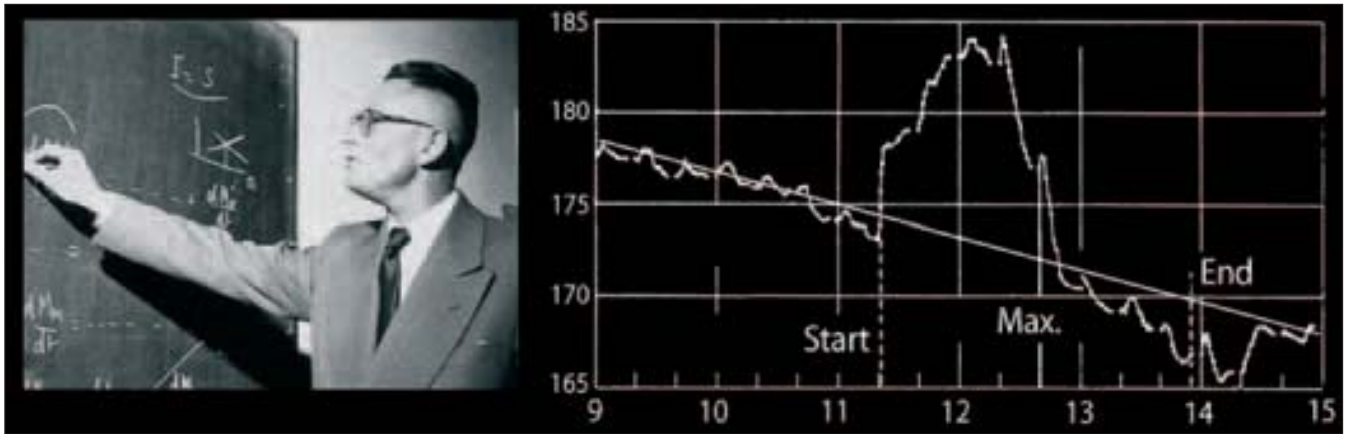
1. Thomas Goodey bij zijn slinger tijdens een meet sessie in Turkije in maart 2006. Deze Engelse privé-onderzoeker probeert om afwijkingen in het slingergedrag te registreren, zoals die door sommige onderzoekers tijdens zonsverduisteringen zijn gemeten. (Foto: John Brecher)

### De slinger van Foucault

De vraag of de aarde draait, was in vroeger eeuwen een belangrijk vraagstuk voor zowel astronomen als kerkgeleerden. Dat de laatste groep meer wereldlijke macht had dan de eerste, ondervond onder anderen Giordano Bruno. Zijn betoog dat het de aarde was die om de zon draaide, en niet andersom, was een van zijn meningen die hem in 1600 op de brandstapel deden belanden.



251 jaar later bewees Léon Foucault tijdens een demonstratie met een simpel meetapparaat dat het toch echt de aarde is die draait (hoewel Vincenzo Viviani dat al in 1661 met zo'n slinger gemeten schijnt te hebben. Hij had waarschijnlijk zijn tijd niet mee of was slechter in *public relations*). Foucault had in het Pantheon in Parijs een massa van 28 kilogram opgehangen aan een 67 meter lange draad. Door deze massa een uitwijking te geven en los te laten, ging de slinger doen wat hij moet doen: slingeren. Tot zover niets nieuws onder de zon, maar na een poos wachten openbaarde zich waar het om gaat: het vlak van de slingerbeweging draait. En deze draaiing van het slingervlak is een gevolg van de draaiing van de aarde. Op het noordelijk halfrond is de beweging met de klok mee (rechtsom), op het zuidelijk halfrond tegen de klok in. Een veelgehoord misverstand is dat de slinger zijn oriëntatie ten opzichte van de vaste sterren zou behouden en de aarde er onder door draait. Dit is echter alleen van toepassing wanneer de slinger zich op een van de polen bevindt. Op een andere plek op aarde draait het slingervlak éénmaal rond in 23 uur en 56 minuten (in deze tijd draait de aarde om haar as – dit heet de siderische dag) gedeeld door de sinus van de breedtegraad. In Delft (52° NB) is die tijd bijvoorbeeld 30,4 uur, op de evenaar is die tijd oneindig en draait het slingervlak dus niet. De werkelijk goede beschrijving is die met behulp van de corioliskracht, die bijvoorbeeld ook de draaiingen in grote weersystemen als cyclonen veroorzaakt. Onze grote natuurkundige Heike Kamerlingh Onnes heeft zijn proefschrift aan de slinger van Foucault gewijd (1879). Dit had een standaardwerk over dit meetapparaat kunnen zijn, ware het niet dat het nooit in het Engels of Duits vertaald is. Dat zou nog steeds nuttig zijn in verband met lopend onderzoek. In de praktijk geven Foucault-slingers namelijk zelden de theoretisch voorspelde waarde en zijn er lange disputen gevoerd over de invloed van ophangpunten en andere versturende invloeden.



2. Links: Maurice Allais legt wat uit op het schoolbord, ca. 1955. Rechts: De afwijking van de normale beweging van de slinger van Allais tijdens de meting gedurende de eclips op 6 juni 1954. De horizontale schaal is de lokale tijd, de verticale schaal is de hoek die het slingervlak maakt (de azimut-hoek) in metrische graden ( $400 \text{ grad} = 360^\circ$ ). 'Start' is het eerste contact.

dienstdoende assistent die hem opgewonden vertelde dat de slinger zich bijzonder vreemd had gedragen. In plaats van het vervolgen van de draaiing rechtsom waarmee de slinger vlak voor de eclips bezig was, was hij bij het begin van de verduistering juist

linksom gaan draaien tot ongeveer het maximum van de eclips, en had toen weer de beweging rechtsom vervolgd (fig. 2). Deze bevindingen werden echter alleen in een Franstalig tijdschrift gepubliceerd en maakten in die tijd weinig reacties los.

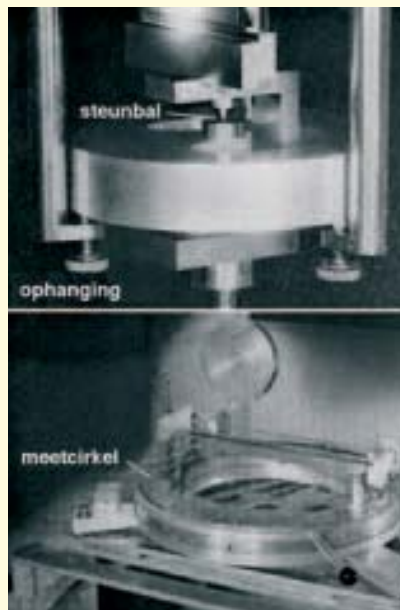
## De slinger van Allais

Allais ontwikkelde een meer praktisch type slinger, een veel kortere dan die van Foucault, om metingen mee te verrichten, een zogeheten paraconische slinger. Deze bestaat uit een massa – in Allais' geval een 7,5 kilogram zware messing schijf – die aan een stare staaf aan het draaipunt is bevestigd. Dit draaipunt is een stalen kogel op een vlak. Om onregelmatigheden uit te middelen, verving Allais deze kogel na iedere meting van veertien minuten. Een voorkeursrichting, zoals de draad van een Foucault-slinger vaak heeft, werd volgens Allais op deze manier vermeden.

De artikelen van Allais zijn voornamelijk gewijd aan periodieke veranderingen van het draaivlak van de slinger. Volgens Allais beweegt de slinger zich nooit volgens de theorie, maar is deze onderhevig aan (onbegrepen) externe invloeden. Critici wijden deze periodiciteiten aan conventionele effecten als temperatuurveranderingen of een invloed van het draaipunt. Allais heeft de metingen echter ook in een mijnschacht laten uitvoeren en rapporteert daarover dezelfde periodiciteiten.



De paraconische slinger van Allais, bediend door de chef van zijn laboratorium, Jacques Bourgeot, 1954.



Een aantal jaren later maakte de Duits-Amerikaanse ruimtevaartgeleerde Wernher von Braun kennis met Allais' metingen en raakte erdoor geïntrigeerd. Hij zette Allais ertoe aan vertalingen van de artikelen in het Engelstalige lucht- en ruimtevaarttijdschrift *Aero/Space Engineering*<sup>1</sup> te publiceren. Omdat zonsverduisteringen niet al te vaak voorkomen, en zeker niet in gebieden waar geïnteresseerde onderzoekers zich bevinden, kwamen ook daarop weinig reacties. Ook hielp het niet echt dat Allais meende dat zijn metingen aantoonde dat Einsteins' Algemene Relativiteitstheorie niet klopte en hij daar een frontale aanval op opende. Bovendien was het niet duidelijk hoe een kleine verandering in de (verticale) zwaartekracht merkbare invloed zou kunnen hebben op de (horizontale) bewegingen van zo'n grofstoffelijke slinger.

Tijdens de zonsverduistering van 1959 heeft Allais echter een effect van vergelijkbare grootte gemeten. Ook ditmaal begon het vlak waarin de slinger bewoog aan het begin (eerste contact) van de eclips in de andere richting te draaien, tot het moment van maximale verduistering, waarna het weer de andere kant uit bewoog. Net als tijdens de meting in 1954 bevond de slinger zich in de kelder van een gebouw in een buitenwijk van Parijs. Beïnvloeding door temperatuurveranderingen zijn dan zo snel niet te verwachten. Opmerkelijk is ook dat in beide gevallen de verduistering verre van volledig was in Parijs: in 1954 was slechts 70% van de zon bedekt, in 1959 maar 35%. Grote temperatuursdalingen en veranderende winden door de eclips zullen er dus niet geweest zijn.

Snel daarna raakte Allais ernstig teleurgesteld door het gebrek aan aandacht van andere natuurkundigen en wijdde hij zich alleen nog aan de economie. Absoluut niet onverdien-



3. Erwin J. Saxl installeert zijn torsieslinger in 1954. (Foto: C.P. Duif)

stelijk, overigens, want in 1988 ontving hij daarvoor de Nobelprijs. Tijdens zijn Nobelprijstoespraak vertelde hij ook over zijn natuurkundige werk, waarvan hij nog steeds vond dat dat belangrijker was dan zijn verrichtingen in de economie.

### Torsieslinger

Er volgde een decennium van schijnbaar weinig activiteit op dit gebied. In de Verenigde Staten was de natuurkundige Erwin J. Saxl echter al jaren bezig met het ontwikkelen van een geheel andere slinger, een zogeheten torsieslinger. Saxl was een expert op dat gebied en oprichter van een bedrijfje dat meetapparatuur ontwikkelde voor het meten van onder meer mechanische spanningen in draden en folies. De torsieslinger die hij voor zwaartekrachtexperimenten ontwikkelde, was een 35 kilogram zware keramische schijf, in het midden opgehangen aan een speciale metaaldraad (zie fig. 3).

Die schijf draait dan in het horizontale vlak heen en weer, waarbij de torsie van de ophangdraad de schijf telkens weer terug naar zijn nulpositie dwingt. Door met behulp van een gereflecteerde lichtbundel op fotocellen de doorgang door het nulpunt te meten, kon Saxl de tijd van een zo'n heen-en-weer-beweging (ongeveer een minuut) tot op een milliseconde nauwkeurig bepalen.

Tijdens een zonsverduistering in 1963 meende Saxl al te zien dat de slingertijd van de torsieslinger iets veranderde. Diverse onderdelen in zijn opstelling waren echter nog niet stabiel genoeg en behoefden verbetering. Tijdens de totale eclips in maart 1970, waarvan de schaduw langs de oostkust van de VS be-

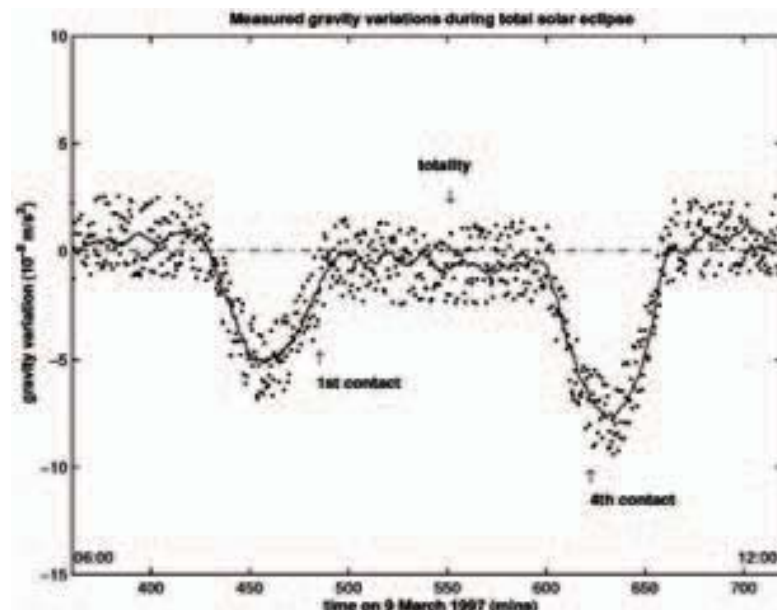
woog, was het meetapparaat van Saxl echter in topconditie en werd het dan ook ingezet voor een meting. Op het moment van het begin van de eclips bleek de trillingstijd van de torsiebeweging zo'n 6 milliseconde toe te nemen. Een meting met een veel kleinere – maar met veel nauwkeurigere tijdmeter uitgeruste – torsiependule tijdens een eclips in Mexico in 1991 door de Finse natuurkundige Tom Kuusela liet echter geen effect zien.

### Dips van gravimeters

Een nog ander soort meetapparaat waarmee bijzondere resultaten gerapporteerd zijn, is de gravimeter. Het meest gebruikte type, de veer-

gravimeter, is eigenlijk een heel gevoelige weegschaal. Je kunt er verschillen van minder dan een miljardste ( $10^{-9}$ ) in de lokale zwaartekracht mee meten. Zulke kleine afwijkingen kunnen bijvoorbeeld ontstaan door verschillen in de dichtheid in de ondergrond, verschillen in de druk van de atmosfeer erboven, beweging van de aardkroon, de getijden van zon en maan, enzovoorts. De veranderingen door de getijden en door de luchtdrukverschillen zijn echter heel goed bekend en daar wordt altijd voor gecorrigeerd.

Een eerste rapport kwam van twee geofysici uit het noordwesten van India, Mishra en Rao, tijdens de eclips van 1995. Hun beschrijving is echter summier en de afwijking van de normale zwaartekracht begon al een uur vóór het begin van de eclips. Nu wordt er bij de meeste gerapporteerde anomalieën (een anomalie is een effect dat in strijd is met de geldende theorie) wel melding van gemaakt dat het effect even vóór het eerste contact (als de maan en zon elkaar net 'raken') optreedt, maar een uur is wel heel erg vroeg. Het kan er ook op wijzen dat het een toevallige verstoring van de gravimeter betreft (dat gebeurt vrij vaak bij deze instrumenten) en dat er geen oorzakelijk verband is met de zonsverduistering in kwestie. Helaas is dat met dit soort onderzoek wel af en toe te verwachten. Aangemoedigd door de berichten over deze waarnemingen zullen sommige onderzoekers tijdens een eclips vast wel eens hun appara-



4. Chinese onderzoekers namen twee tijdelijke 'dips' in de lokale zwaartekracht waar, net vóór en net ná het eerste begin en het einde van de verduistering van maart 1997. De zon stond hierbij laag boven de horizon ( $\sim 13^\circ$ ).



5. De Chinese fysici Chang-chai Hua (links) en Keyun Tang stellen gravimeters af in een kelder in Lusaka, Zambia, voor de eclips van 21 juni 2001.

tuur wat extra laten meten om te zien of er toevallig toch niet iets gebeurt. Wordt er nu op het tijdstip van de eclips niets bijzonders gezien, dan is het 'hadden we ook niet verwacht, natuurlijk' en gaat men over tot de orde van de dag. Wanneer er toevallig wél een verloop of sprong in de meetwaarden wordt gezien, is de kans groot dat men het gaat uitwerken tot een publicatie. Hierdoor zullen positieve resultaten vaker gemeld worden dan negatieve. Dit staat bekend als het *'File drawer effect'*.

Hoe dan ook, het artikel van Mishra en Rao stimuleerde een groep Chinese natuurkundigen om tijdens de zonsverduistering van maart 1997 in een afgelegen geofysisch meetstation in het uiterste noorden van China te gaan meten met een gevoelige gravimeter. Het resultaat dat ze verkregen lijkt het meest overtuigende tot nu toe en was aanleiding voor verscheidene controverses (fig. 4).<sup>2</sup>

Diverse geraadpleegde experts op het gebied van metingen met gravimeters willen zich niet branden aan uitspraken over de kwaliteit van deze metingen. Maar als er bedrog in het spel zou zijn, hebben ze dat toch niet consequent gedaan. Tijdens metingen in Zambia in 2001 werd niet zo'n duidelijk effect gemeten (fig. 5), en tijdens een eclips in 2002 gemeten in Australië was zelfs helemaal niets te zien. Als er dus al zo'n bijzonder eclips-effect bestaat, treedt het lang niet altijd op.

#### **De NASA bemoeit zich ermee**

In augustus 1999 trok een eclipspad dwars door Europa. Dit leek een uitgelezen kans om met de vele instrumenten die zich in dit gebied moesten bevinden, zowel gravime-

ters als Foucault-slingers, de merkwaardige rapportages te toetsen. Bovendien was er binnen NASA in die tijd wat ruimte voor mensen die zich aan meer speculatieve dingen wilden bezondigen. De fysicus David Noever was een van hen (hij hield zich ook bezig met een herhaling van de experimenten van de Rus Eugene Podkletnov, die een gedeeltelijke afscherming van de zwaartekracht beweerde

te kunnen bewerkstelligen met supergeleiders). Met behulp van Ron Koczor organiseerde Noever metingen met uiteenlopende apparatuur bij een tiental instituten in Europa. Zo waren er gerenommeerde instituten als de Koninklijke Sterrenwacht van België, die met gravimeters metingen uitvoerden, en het Oostenrijkse Kremsmünster Observatorium, die een grote Foucault-slinger hadden. Uiteindelijk bleken de meeste metingen geen eclips-effect op te leveren – hoewel de metingen met de gravimeters nogal onvolledig gepresenteerd zijn. Vreemd genoeg is er wel minstens één meting met een Foucault-slinger geweest die afwijkend gedrag vertoonde, maar de uitvoerende wetenschappers zijn er van overtuigd dat dat een conventioneel effect moet zijn geweest.

Aan de analyse van de diverse metingen uit het programma kwam een ab-

rupt einde, toen Noever een paar maanden na de eclips de NASA verliet om een internetbedrijf op te richten (het was het hoogtepunt van de 'Internet bubble!'). Vooral de resultaten van een aantal Foucault-slingers die werden waargenomen met videocamera's zijn nooit bekend geworden.

#### **Conventionele verklaring?**

Toch trok al dit gemeet – gepubliceerd of niet – rond de eeuwwisseling de aandacht van een aantal wetenschappers die meenden dat triviale effecten verantwoordelijk moesten zijn voor de vreemde waarnemingen. Zo werd geopperd dat de 'dips' die de Chinese geofysici met hun gravimeter zagen, veroorzaakt werden door de afkoelende lucht boven de waarnemingsplek. De schaduw van de zonsverduistering zou zo snel koelen, dat de luchtdruk zou dalen en daardoor omringende lucht zou toestromen en er in feite een massaconcentratie over de waarnemingsplek zou bewegen. Deze massaconcentratie wekt dan een naar boven gerichte zwaartekrachtsc component op, die in de gravimeteruitwijking als een dip is te zien. Een probleem is echter dat in het geval van de Chinese waarnemingen van 1997 de zon laag boven de horizon stond (~13°) en er dus weinig afkoeling zal zijn geweest. En er is wel een effect vóór en ná, maar niet tijdens de eclips te zien. Ook is er nooit enige aanwijzing voor het bestaan van een substantiële afkoeling van de hogere luchtlagen (aan de grond wel natuurlijk) en snelle toestroming van omringende lucht op bijvoorbeeld satellietfoto's te zien.

Een andere gepubliceerde verklaring,



6. De schaduw van de maan tijdens de eclips in Europa op 11 augustus 1999 (hier net boven Noord-Frankrijk). Op satellietbeelden als deze zijn nooit veranderingen in stromingspatronen in de hogere luchtlagen waar te nemen. De vorming van massaconcentraties in de atmosfeer door afkoeling – en daarmee beïnvloeding van gravimeter – zoals gesuggereerd door van Flandern en Yang, lijkt daarom onwaarschijnlijk.

seismische trillingen door het heen en weer gerij van alle eclipsstoeristen, lijkt voor de metingen in een van de meest afgelegen delen van China ook weinig hout te snijden. Zelfs tijdens de eclips van 1999 in Europa werd in een drukbevolkt gebied als België geen merkbare toename van de bodemtrillingen door verkeer waargenomen.

### **Nieuwe experimenten**

Sinds een paar jaar is er een vastberaden opvolger van Allais, de Engelse privé-onderzoeker Thomas Goodey. Goodey, opgeleid als wiskundige, heeft met eigen geld diverse aangepaste versies van Allais' slingers gebouwd en er al tijdens twee zonsverduisteringen mee gemeten. Tijdens de laatste eclips, op 29 maart 2006 in Turkije (zie fig. 1 en 7), had hij net zijn volautomatisch startende slinger met uitlezing door laserstralen gereed. Deze uitlezing registreert de beweging van de slinger tot op de micrometer nauwkeurig. Zijn opstelling zou daarom veel gevoeliger moeten zijn dan die van Allais, maar een duidelijk effect zoals door Allais gerapporteerd, werd tijdens beide eclipsen echter niet waargenomen.

Goodey heeft zich daar echter niet door uit het veld laten slaan. Hij ziet die twee eclipsen voornamelijk als gelegenheid om de apparatuur te testen en verder te ontwikkelen. Gedurende het gehele jaar 2008 zal hij een continue meting uitvoeren in een zoutmijn in Roemenië om het gewone gedrag van het apparaat te bestuderen. In 2009 en 2010 zijn er vier belangrijke eclipsen. Goodey zal dan metingen op of nabij de centrale eclipslijn gaan uitvoeren die definitief moeten gaan uitwijzen of de Allais-anomalie bestaat.

In maart 2006 was ook een uitgebreid team van de universiteit van Turku (Finland) in Turkije, met onder anderen de al eerder genoemde fysicus Kuusela. Zij hebben met heel gevoelige 'tiltmeters' gecontroleerd of de richting van de verticaal soms iets verandert tijdens de eclips (bijvoorbeeld door een beweging van de aardkorst), hetgeen was gesuggereerd als verklaring van een aantal van de vreemde waarnemingen. Twee van de apparaten waren op plaatsen op de centrale lijn van de schaduw opgesteld en één op een plaats die net op de rand van de schaduw lag. De maximale uitwijking tijdens de eclips was echter maar een honderdduizendste van een graad. Om de afwijkingen die met de gravimeter van het Chinese team waren gezien te verklaren, zou een



**7. De automatische paraconische slinger van Thomas Goodey tijdens de meetessie in Manavgat, Turkije, maart 2006. (Foto: Thomas Goodey)**

duizend maal zo sterke tilt nodig zijn. Voorlopig zijn de gerapporteerde vreemde verschijnselen tijdens zonsverduisteringen dus niet bepaald voldoende om Einsteins gravitatie-theorie naar de prullenbak te verwijzen. Er zijn slechts een stuk of vijf duidelijke metingen die nog onverklaarde effecten laten zien die gecorreleerd lijken te zijn met de eclips in kwestie. Maar pas wanneer er een paar keer een anomaal effect met meerdere instrumenten tegelijk wordt waargenomen, zou het gerechtvaardigd zijn als de wetenschappelijke wereld er wat serieuzer naar ging kijken. Ook is volstrekt niet duidelijk hoe de diverse waarnemingen (slingers én gravimeters) met een aanpassing van de theorie beschreven zouden kunnen worden, ondanks de beweringen van aanhangers van alternatieve gravitatie-theorieën. Sommige van de intrigerende observaties zijn echter nog niet zo gemakkelijk weg te redeneren. Gelukkig lijkt het er op dat in de komende jaren diverse serieuze herhalingen van de metingen zullen worden uitgevoerd, onder meer in China in 2009. Over een jaar of vier

zou dan toch wel duidelijk moeten zijn of er enige reden is in de realiteit van eclipsanomalieën te geloven.

In het eerste deel van deze serie, getiteld 'Vreemde gedragingen van ruimtevaartuigen' (december 2006), werden de flyby-anomalie en de Pioneer-anomalie gesproken, waarbij mogelijk onbekende, gravitatie-achtige krachten op ruimtevaartuigen een rol spelen. In het volgende deel komt de meting van de gravitatieconstante in het laboratorium en in het zonnestelsel aan de orde. In het bijzonder wordt ingegaan op de discrepanties tussen de verschillende metingen en op nog een paar onbegrepen fenomenen in het zonnestelsel. De andere kant van de medaille – de successen van de huidige zwaartekrachttheorie, de Algemene Relativiteitstheorie van Einstein – zullen worden behandeld in een artikel van John Heise in het komende nummer.

### **Literatuur**

1. M.F.C. Allais, 'Should the Laws of Gravitation be reconsidered?', *Aero/Space Engineering*, deel 1, sept. 1959; deel 2, okt. 1959; deel 3, nov. 1959.
2. Qian-shen Wang, Xin-she Yang e.a., 'Precise measurement of gravity variations during a total solar eclipse', *Physical Review D*, **62**, nr. 4, 15 aug. 2000.