

## Wetenschap

IN BEELD  
DONKERE MATERIE

Het bestaan van donkere materie kan worden afgeleid uit de plooiën in de ruimte. De blauwe vlekken tonen de verdeling van de donkere materie. Foto Very Large Telescope

Buiten beeld  
van de Hubble

Sterrenkundigen zijn meesters in het verbeelden van het onzichtbare. Wat voor het menselijk oog verborgen blijft, brengen ze aan het licht met behulp van reusachtige telescopen. Straling waar ons netvlies ongevoelig voor is, registreren ze met radioschotels en röntgencamera's. Zo legden ze in de afgelopen eeuw een wonderlijk heelal bloot van pulsars, quasars, zwarte gaten en exoplaneten. Om nog maar te zwijgen over oerknal-echo's en parallelle heelallen.

De duizenden lichtvlekjes op deze foto zijn stuk voor stuk kolossale sterrenstelsels, vergelijkbaar met onze eigen Melkweg. Ze staan op een slordige 3,5 miljard lichtjaar afstand, waardoor ze alleen gedetailleerd in beeld te brengen zijn met de Hubble Space Telescope. Maar al fonkelen hier biljoenen sterren zoals de zon, de meeste materie in Abell 2744, zoals de zwerm van sterrenstelsels heet, is onzichtbaar. Wat Hubble niet laat zien, is het hete gas in de ruimte tussen de sterrenstelsels.

Het 'intraclustergas' is ijler dan het beste vacuüm in een aardse laboratorium. Maar we hebben het hier wel over een volume van triljarden kubieke lichtjaren. Al met al gaat het om een gigantische hoeveelheid materie - twintig keer zoveel als de totale massa van

voor de mysterieuze 'donkere materie' in het heelal, die ook in Abell 2744 ruim voorhanden is. Die produceert geen enkele vorm van straling. Onzichtbaarder krijg je het niet.

Maar onzichtbaar is niet hetzelfde als onvoelbaar. De donkere materie - met nog eens zes keer zoveel massa als het röntgen gas in de cluster - oefent wel zwaartekracht uit. Ook al weet geen mens uit wat voor onbekende deeltjes de raadselachtige donkere materie bestaat, zij verradt haar aanwezigheid door de invloed op haar omgeving.

Astronomen zijn al eeuwen vertrouwd met het opsporen van objecten via hun zwaartekrachtinvloed. De planeet Neptunus werd op die manier gevonden; zwarte gaten verraden zo hun bestaan, en verre planeten worden ontdekt doordat ze hun moederster aan het wiebelen brengen. Diezelfde zwaartekrachtbril brengt ook de onzichtbare donkere materie in beeld.

De blauwe vlekken tonen de verdeling van de donkere materie in de cluster. Om die te achterhalen brachten sterrenkundigen kleine rimpelingen in de structuur van de ruimte in kaart. Net zoals de kreukels in een laken kunnen verraden dat er een onzichtbare man in bed ligt, zo kan het bestaan van de donkere materie worden afgeleid uit de plooiën in de ruimte.

Met de Europese Very Large Telescope in Chili zijn de beeldjes van ver verwijderde sterrenstelsels achter Abell 2744 bestudeerd - de kleinste en zwakste lichtstipjes op de foto. Het licht van die verre achtergrondstelsels beweegt door de gerimpelde ruimte in de cluster, waardoor de beeldjes een klein beetje vervormd raken, alsof we een landschap bekijken door bobbeltjesglas.

Het is een subtiel effect, dat pas aan het licht komt bij een statistisch onderzoek aan duizenden van die verre stelsels. Maar het resultaat is wel dat het onzichtbare zichtbaar wordt gemaakt.

Resterende raadsels zijn er ook. Waarom is de donkere materie anders verdeeld dan het hete gas in de cluster? Is dat ook het gevolg van dat kosmische verkeersongeluk waarbij vier kleinere clusters waren betrokken? En waar bestaat die donkere materie eigenlijk uit? Het onzichtbare mag dan verbeeld zijn, daarmee is het nog niet ontrafzeld.

Govert Schilling

Op zoek naar  
de randen van  
het bewustzijn

In Luik kunnen ze zien wat er gebeurt in het hoofd van een patiënt die niet bewust lijkt. Dat kan grote gevolgen hebben voor de behandeling. 'Op de rand van het bed kun je niet zomaar wat zeggen.'

Door **Ellen de Visser** Foto **Mike Roelofs**

Het brein van de patiënt lijkt op een boom die takken mist. Neuroloog Steven Laureys wijst naar het computerscherm en duidt de kleuren op de PET-scan. De patiënt is door een ander ziekenhuis voor onderzoek doorgestuurd. Diagnose bij binnenkomst: vegetatieve toestand, wakker maar niet bij bewustzijn. 'Alles wat rood is, werkt nog', zegt Laureys. De scan toont veel rood, de diagnose klopt niet. 'Als je onbewust bent, zie je vooral blauw.'

Zo trekken talrijke patiënten uit heel Europa aan de Belgische arts voorbij. Ze worden vergezeld door wanhopige familieleden die op zoek zijn naar tekenen van bewustzijn, naar een binnenwereld die is afgesloten nadat een ongeval of zuurstofgebrek ernstig hersenletsel heeft veroorzaakt. Hun geliefden zijn wakker en tonen reflexen maar wat gaat er om in hun hoofd? Laureys, hoofd van de Coma Science Group in Luik, kan dat met zijn team zichtbaar maken. 'Als je aan het bed staat van patiënten zie je niets, maar in hun brein gebeurt vaak een hoop.'

Vijf jaar geleden maakte hij naam met een fascinerend onderzoek bij een jonge vrouw die al vijf jaar in een vegetatieve toestand verkeerde. Met behulp van een functionele MRI-scanner bleek zij persoonlijke vragen met ja of nee te kunnen beantwoorden. Ze moest zich daarvoor inbeelden dat ze aan het tennissen was, wat de gebieden voor motorische coördinatie activeerde of denken dat ze door haar huis liep, zodat hersengebieden voor ruimtelijk inzicht actief werden. Een paar jaar later herhaalde hij dat onderzoek bij meer patiënten.

Dit najaar beschreef hij in *The Lancet* hoe dezelfde techniek kan worden toegepast met een EEG, gewoon aan de rand van het bed van de patiënt. Voordeel van zo'n brein-

elektrogram is dat het onderzoek bij een grotere groep kan worden gedaan. EEG-apparatuur is draagbaar, relatief goedkoop en beschikbaar in ieder ziekenhuis.

De werkkamer van Laureys op de Luikse universiteits-campus staat vol met anatomische modellen van hersenen. Hij pakt er een van de plank en wijst op het gekleurde deel. Daar zetelt het gebied dat voor zijn onderzoek cruciaal is: het bewustzijn, dat duiding geeft aan indrukken die binnenkomen. 'Aan de buitenkant zit de bewustwording van je omgeving, alles wat je hoort, ziet en voelt. Binnenin zit een netwerk dat je het zelfbewustzijn kunt noemen. Het is dat stemmetje dat tegen je praat als er geen prikkels van buitenaf zijn.'

## De allerbeste machines

Beneden in het onderzoekscentrum staan de allerbeste machines om hersenen te bestuderen. Zijn team telt wetenschappers en fysici die de complexe computergegevens analyseren. Even verderop, in het ziekenhuis, liggen de patiënten om wie het draait. Doorverwezen door hun behandelend arts die drie dingen wil weten: Zijn ze bewust? Zo nee, komt dat nog? En wat is de beste behandeling? Ze komen van dinsdag tot dinsdag. Een week lang worden ze dagelijks getest door een team van deskundigen. In scanners worden de structuur en de werking van hun hersenen bestudeerd. Na een week weten ze in Luik meestal zeker wat er aan de hand is.

Zijn onderzoek zou volgens deskundigen weleens een nieuw tijdperk kunnen inluiden, waarin patiënten zonder stem autonomie krijgen. Zelf is hij daar voorzichtig over. Patiënten die via een scanner of een EEG met ja of nee kunnen antwoorden, zijn niet noodzakelijk wilsbekwaam, zegt hij. Daarvoor is communicatie nodig en tot nu toe is sprake van eenrichtingsverkeer. 'De uitdaging waar we nu voor staan, is om patiënten terug te laten praten. Dat is moeilijk maar niet onmogelijk. Als ik u in de scanner leg, kunt u uw hele artikel schrijven zonder een spier te bewegen.' *Brain computer interface* heet de techniek die daarbij behulpzaam kan zijn: het aansturen van een computer via het elektrisch veld in de hersenen.

Als het hem lukt om een dialoog tot stand te brengen, biedt dat patiënten dan zelfbeschikkingsrecht? Een interessante vraag, zegt Laureys. 'Geeft ze dat het recht om mee te praten over hun behandeling? Mag je ze vragen of ze willen leven of sterven? Dat is een debat waarin ook juristen en ethici zich moeten mengen.'

Laureys spreekt met passie over die bijzondere patiënten die hem fascineren sinds hij in de jaren negentig als jonge arts op de intensive care kwam te werken. Dankzij de hightech geneeskunde bleek het mogelijk om mensen na een ernstig ongeval of een beroerte in leven te houden, maar als hij vervolgens moest duiden wat ze meekregen van hun situatie, voelde hij zich ongemakkelijk. 'Als dokters dachten we te weten wat bewustzijn was, maar alles wat we konden meten, had taal nodig of een niet-verbale vorm van communicatie. En dat is onmogelijk bij deze patiënten.'

De komst van de functionele MRI, die hersenactiviteit zichtbaar kan maken op een computerscherm, bood de kans om dat bewustzijn te bestuderen. Daarvoor was over-



Kasplant is een  
ongelukkige term  
waar we na dertig  
jaar van af moeten

Zwaartekrachtbril  
brengt onzichtbare  
materie in beeld

alle sterrenstelsels.

Het gas heeft een temperatuur van miljoenen graden, en is alleen zichtbaar voor röntgen-ogen. De Amerikaanse röntgensatelliet Chandra bracht het in kaart. Met roze en rode vlekken is aangegeven waar het ijle gas zich bevindt. De onregelmatige verdeling doet vermoeden dat Abell 2744 een opeenhoping is van misschien wel vier afzonderlijke, kleinere clusters.

Wat Hubble het intraclustergas niet ziet, komt doordat de ruimtetelescoop geen röntgenstraling kan detecteren. Echt onzichtbaar is het ijle, hete gas natuurlijk niet - je moet er alleen de juiste bril voor opzetten. Dat geldt echter niet



Neuroloog Steven Laureys : Als je aan het bed staat van patiënten zie je niets, maar in hun brein gebeurt vaak een hoop.'

tuigingskracht nodig, herinnert hij zich. 'In die tijd werden patiënten in een vegetatieve staat vergeleken met anencefalen, kindjes die worden geboren zonder hersenen.'

Het MRI-onderzoek maakte duidelijk dat een nieuwe fase moest worden gedefinieerd, die van de minimale bewustzijnstoestand. Het duurde lang voordat artsen die diagnose wilden aanvaarden, zegt hij. 'Het idee was dat het niet uitmaakte. Patiënten waren zo gehandicapt, wat hadden we eraan? De geschiedenis heeft geleerd dat ze fout zaten. Het is wél belangrijk om het verschil te maken.'

#### Niemandland

Comapatiënten die hun ogen opslaan, kunnen ontwaken, legt hij uit, maar heel vaak blijven ze hangen in een niemandland. Dat kan een vegetatieve toestand zijn: ze ademen, hebben een slaap-waakritme maar reageren slechts met reflexen en tonen geen respons op simpele bevelen. Die toestand kan zich ontwikkelen naar een minimale vorm van bewustzijn, waarbij patiënten bijvoorbeeld glimlachen als ze de stem van hun moeder horen. Het zijn verschillen die aan de buitenkant vaak nauwelijks waarneembaar zijn, maar die voor de behandeling van de patiënten veel uitmaken, benadrukt Laureys.

In de MRI-scanner toonde hij aan dat minimaal bewuste patiënten pijn kunnen hebben, dat ze dromen en emoties ervaren. 'Het betekent dat ze pijnstillers nodig hebben. En dat het bezoek of het medisch team aan de rand van hun bed niet zomaar wat kan zeggen.' Minimaal bewusten hebben bovendien kans op herstel. 'Die moeten op een actieve revalidatieafdeling komen en niet tussen dementerende ouderen worden gezet. Dat is een hele be-

langrijke beslissing waarvoor ons onderzoek van groot belang kan zijn.'

De scheidslijn tussen wel of geen bewustzijn blijkt fragiel, met misdiagnoses tot gevolg. Twee jaar geleden bevestigde Laureys dat 40 procent van de patiënten die als vegetatief werden beschouwd, verkeerd waren gediagnosticeerd. Aanleiding voor dat onderzoek was de toen 46-jarige Vlaming Rom Houben, die 23 jaar ten onrechte als vegetatief was bestempeld terwijl hij, zo ontdekte Laureys, een posttraumatisch *locked-in* syndroom bleek te hebben. Bij dat syndroom werkt het brein volledig, maar is het losgekoppeld van alle spieren waardoor de patiënt opgesloten zit in zijn lijf. Op een hersenscan is het verschil met een vegetatieve patiënt heel goed zichtbaar, zegt Laureys, maar bij klinisch onderzoek is dat soms lastiger.

In België is daarom nu het gebruik van de coma-recuperatieschaal verplicht. Dat onderzoeksinstrument, ontwikkeld door Amerikaanse artsen, is door het team van Laureys verfijnd en vertaald. Er is een dvd bij gemaakt die zelfs in het Chinees is verschenen. Zo gaat de wetenschappelijke kennis uit Luik de wereld over.

De boodschap over de verkeerde diagnoses raakte vertroebeld toen bleek dat Rom Houben niet kon communiceren. De woorden die hij produceerde via de hand van een begeleider bleken door haarzelf ingegeven. Het team van Laureys had die zogeheten gefaciliteerde communicatie niet voorgesteld en wetenschappelijk onderzoek heeft nu aangetoond dat die bij patiënten met ernstige hersenschade ook helemaal niet werkt. Maar intussen zijn ongenueanceerde berichten verschenen over het onderzoek in Luik. 'Alsof het allemaal niet zou kloppen wat wij hier doen.'

Is hij niet gewend aan kritiek? O jawel, lacht hij: 'Waar zal ik beginnen?' Hij vertelt over zijn team, dat het vaak stevig te verduren krijgt bij de confrontatie met de familie. Hij is er altijd bij als de definitieve diagnose wordt meegedeeld. 'Familieleden zijn soms boos op alle artsen omdat die hun geliefde niet hebben laten gaan. Ze worden geconfronteerd met iemand die ze geen vaarwel kunnen zeggen, maar die er ook niet meer is. Anderen zijn boos omdat ze van ons horen dat hun geliefde inderdaad minimaal bewust is, terwijl ze door andere dokters nooit zijn gelooft toen ze vertelden dat ze tekenen van bewustzijn zagen.'

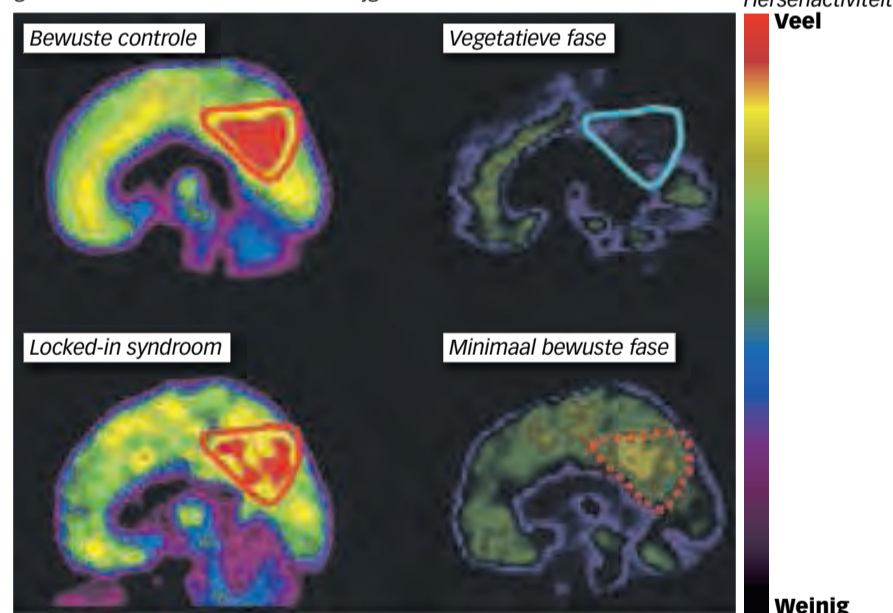
#### De allerzwaarste vraag

Aan het einde van ieder gesprek stelt hij de allerzwaarste vraag, die over levensbeëindiging. 'Dan wordt er vaak gehuild.' Bij patiënten die hersendood zijn, is het onomstreden om de behandeling te stoppen, zegt hij, en eigenlijk zouden artsen daar bij sommige vegetatieve patiënten ook naartoe moeten. 'Als herstel onmogelijk is, wordt een behandeling medisch zinloos.' Bij minimaal bewuste patiënten ligt de zaak complexer. 'Als er een vorm van bewustzijn is, is het veel lastiger om de behandeling stop te zetten.' Of misschien ook niet: voor patiënten die enig besef hebben van hun situatie kan de dood ook een verlossing zijn.

Laureys waarschuwt voor te veel inlegkunde. Onderzoek van zijn team onder *locked-in* patiënten levert ver-

#### Hoe herken je bewustzijn?

Het rode (lichtblauwe) driehoekje geeft het gebied aan waar het bewustzijn is gesitueerd, het deel van de hersenen dat duiding geeft aan informatie die we binnenkrijgen



241211 © de Volkskrant - tb. Bron: Steven Laureys/ Coma Science Group

“  
De uitdaging waar we nu voor staan, is om patiënten terug te laten praten

bazingwekkende antwoorden op over hun kwaliteit van leven. 'Iedereen zegt vooraf: als mij dat gebeurt, hoeft het niet meer, maar wie het daadwerkelijk overkomt, kiest vaak toch voor het leven.'

Afgelopen zomer heeft hij voorgesteld om voor de patiënten die hem al ruim tien jaar aan het hart gaan een andere naam te bedenken. 'Ze worden geassocieerd met kasplanten. Tik de woorden 'vegetatief' en 'plant' en je krijgt duizenden hits op internet. Het is een ongelukkige term waar we na dertig jaar van af moeten.' De nieuwe naam luidt het 'niet-responsief waaksyndroom'. 'Alle onderzoeken leren ons dat we wat minder arrogant moeten zijn over het etiket dat we op patiënten plakken. We kunnen beter een neutrale benaming gebruiken die ons zegt wat we zien: iemand is wakker maar antwoordt niet.'

'Beoordeel een boek niet op de omslag', is de titel van een studie die hij een paar jaar geleden publiceerde. 'We zien niks, misschien is er ook niks, maar daar moeten we heel voorzichtig mee zijn.'