

Het informatie-heelal



Prof. Dr. Edwin A. Valentijn



**rijksuniversiteit
groningen**

Copyright © 2008 E.A. Valentijn

Alle afbeeldingen door de auteur, tenzij anders vermeld

<http://www.astro.rug.nl/~valentyn/>

valentyn@astro.rug.nl

ISBN 978-90-367-3473-8

Het informatie-heelal

Prof. Dr. Edwin A. Valentijn

Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt
hoogleraar Astronomische Informatietechnologie
aan de Rijksuniversiteit Groningen
op 13 Mei 2008



Machu Picchu - Peru- rond 1500	5
Philips- Eindhoven 1988	5
Groningen - Paranal 2009	6
Het Informatie-heelal	8
Naar de grenzen van het weten – 0.....	11
Tot slot.....	14
Referenties	15

Meneer de Rector Magnificus,
Leden van het College van Bestuur,
zeer gewaardeerde Dames en Heren toehoorders.

Machu Picchu - Peru- rond 1500

Op de top van de berg van de Inca vesting Machu Picchu in Peru staat een *Intiwatana steen*. Het is een sterrenkundig observatorium dat gebruikt wordt als klok om de aanvang van de 4 seizoenen nauwkeurig te bepalen aan de hand van de stand van de zon. De schaduwen van de zon van de vier bovenste zijden van de steen worden door de Inca's bekeken en geven het signaal voor religieuze belevingen, maar ook voor het plannen van landbouw activiteiten. Een historisch voorbeeld van sterrenkundige waarnemingen met zowel een cultureel als economisch vervolg. De steen is zó gemaakt dat de lijnen van de schaduwen het moment van de seizoensaanvang aangeven.

Tegenwoordig zouden we dit noemen een 4-bits computer met een visuele human interface, met de steen als een *hard disk*. De Inca's lazen de voor-bedachte / voor-geprogrammeerde schaduwen af en associeerden in hun bewustzijn het resultaat met een actie. Het verbinden of *associëren* van de uitslag van metingen met behulp van tussenkomst van het bewustzijn van de mens markeert ook het moderne digitale tijdperk. In ieder informatiesysteem, zoals de Intiwatana steen, worden allerlei verbindingen vastgelegd; uiteindelijk blijkt dat bij nadere beschouwing te gebeuren door de mens die dat system ontwerpt of hanteert.

In deze oratie zal ik me richten op *het universum van deze verbindingen*, hun rol in het zogenaamde digitale en e-science tijdperk, en hoe weinig we daar eigenlijk van af weten.

Philips- Eindhoven 1988

In 1988 werd ik uitgenodigd in het research Lab. van Philips in Eindhoven. Daar stond in een verscholen kamer het eerste prototype van de interactieve cD-ROM. Ze hadden een geweldige ontdekking gedaan: je kunt zo'n cD schijfje ook gebruiken om digitale beelden op te slaan, en als je die aan een computer koppelt kun je interactief allerlei beelden bekijken. Er konden wel 10.000 beelden op een schijfje. Echter, Philips had helemaal geen 10.000 digitale beelden, en bij navraag bleek NASA over minder dan 1.000 beelden te beschikken. Samen met Andris Lauberts had ik de fotografische beelden van 16.000 nabije sterrenstelsels in 2 kleuren gedigitaliseerd, vandaar de uitnodiging van Philips. De magnetische banden met onze ruwe data vulden een hele kamer, die konden nu op 4 schijfjes. De astronomen in hun

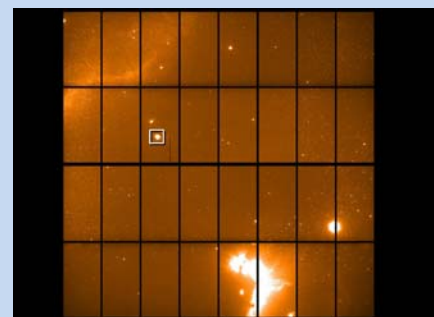
klassieke rol van pioniers in digitale ontwikkelingen in een spannende uitwisseling tussen wetenschap en industrie.

Die industriële ontwikkeling verschaft een universum aan digitale data, het *computational information universe*, terwijl de astronomen een heelal bestuderen dat zelf uit informatie bestaat, *het echte informatie-heelal*. In dat verscholen kamertje kwamen die twee werelden bij elkaar: het digitale informatie-heelal zoals we dat op onze computers inrichten en het ruimtelijke heelal, dat feitelijk ook uit informatie bestaat.

Echter, de gesprekken werden al snel op gedempte toon gevoerd, er waren nog geen goede standaarden voor het opslaan van beelden, en wat deed de concurrentie? Juist het ontbreken van goede standaarden deed het cD-interactief project falen. Standaarden zijn in feite afspraken in de vorm van associaties/verbindingen tussen het menselijk brein en de gedigitaliseerde gegevens. En daar gaat het allemaal om. De astronomen hadden dit al vroeg begrepen, met hun FITS digitale beeldstandaard, welke leidde tot wereldwijde samenwerkingen en uitwisseling van beelden, welke nu zijn hoogtepunt vindt in de *Virtual Observatory* waar de gebruiker astronomische beelden van archieven over de hele wereld via internet op zijn scherm kan krijgen. Deze hele ontwikkeling heeft in minder dan 20 jaar plaats gevonden. En dat geeft te denken voor de komende 20 jaar, waarin we te maken krijgen met voortdurende schaalvergroting van onze digitale bestanden. We staan nog maar aan het begin!

Groningen - Paranal 2009

Het komende jaar gaan we weer een flinke stap verder, wanneer de OmegaCAM camera in gebruik gesteld gaat worden bij de ESO in Paranal-Chili. De bouw van OmegaCAM werd door NOVA in Nederland geleid. Het is een zeer geavanceerde zoekcamera, haar opnames zijn tegelijkertijd heel breed (à la groothoeklens) als scherp (à la zoomlens). De 32 CCDs die in het focaalvlak gemonteerd zijn bevatten 256 Megapixels, iedere foto levert een Gbyte aan data op.



OmegaCAM test opname

Op de foto hier ziet U een testopname, gemaakt door mij in het lab bij de ESO in Garching. Ik legde een negatief film, zoals we die in de 80er jaren gebruikten voor ons digitaliseringproject, op de CCDs van OmegaCAM. OmegaCAM als de duurste kopieermachine ter wereld.

Vanaf volgend jaar gaan we iedere paar minuten een foto nemen, gemiddeld 8 uur per nacht, honderden nachten per jaar, en dat jaren lang. Aldus verzamelen we voor honderden Terabytes aan beelden, en daarop treffen we honderden miljoenen sterrenstelsels aan. Daar kunnen we dan in hoofdlijnen twee dingen mee doen, óf we zoeken naar *heel bijzondere, zeldzame* objecten, óf we bepalen *heel gedetailleerde statistische eigenschappen* van grote verzamelingen van sterrenstelsels. Het verwerken van zulke grote bestanden met computers, en het zoeken naar heel bijzondere/zeldzame objecten, in feite naalden in een hooiberg, betekende dat we nieuwe innovatieve computertechnieken moesten bedenken. Op OmegaCEN, ons datacenter ontwikkelen we informatiesystemen die heel grote bestanden aan kunnen, en die bovendien nog de eigenschap hebben dat ze gedistribueerd zijn, dat wil zeggen dat research groepen op afstand met elkaar kunnen samenwerken in een zogenaamd *peer to peer (p2p) e-science* netwerk.

Eén zo'n samenwerking is het KIDS project, dat gedurende zo'n 500 nachten tienduizenden foto's gaat maken die tezamen zo'n 2 Miljoen uitlezingen van CCDs behelzen. KIDS gaat naar de vervorming van de beelden van tientallen miljoenen sterrenstelsels kijken. Die vervorming komt door de afbuiging van lichtstralen, ook wel lenzing genoemd, ten gevolge van de zwaartekrachtsvelden die dat licht op weg naar ons tegenkomt.

Lenzing ten gevolge van lichte en donkere materie in de voorgrond kluster van sterrenstelsels Abell 1689

Credit: [NASA](#), N. Benitez, T. Broadhurst, H. Ford, M. Clampin, G. Hartig, G. Illingworth, the ACS Science Team and [ESA](#)



Deze Hubble opname toont een sterke vorm van gravitationele lenzing. De vervorming bij zwakke lenzing is veel subtieler en kan alleen met behulp van *statistische* berekeningen worden gemeten, om zodoende de verdeling van de donkere materie in het heelal in kaart te brengen. Er zijn momenteel meerdere projecten elders op de wereld die dat óók doen; echter, OmegaCAM levert zo veel data op, dat we *de verdeling van de donkere massa* rond allerlei specifieke types van sterrenstelsels kunnen bepalen, door de superzwakke signalen op te tellen. De OmegaCAM camera ziet in het zichtbare licht de verdeling van de donkere onzichtbare materie.

Het Informatie-heelal

Aldoende creëren we op onze computers een zee aan informatie (Eng: information universe).

Echter, de objecten in het universum zelf kunnen ook gezien worden als een verzameling informatie. Wat is dat dan: informatie? Waar zijn we mee bezig? We weten het nog niet precies, maar een sleutel naar het antwoord van deze vraag is de notie:

een object is identiek aan de informatie die het object beschrijft.

Dit klinkt heel abstract, maar het is eigenlijk niet zo moeilijk te begrijpen: denk maar eens aan een fax die we verzenden; we verzenden het signaal met de informatie en aan de ander kant van de lijn wordt weer een papier afgedrukt, nagenoeg gelijk aan het origineel. Of een één-ei-ige tweeling. Door een speling van de natuur wordt de genetische informatie in twee-en gedeeld en in aanleg worden twee gelijke wezens gevormd,

een object is identiek aan de informatie die het object beschrijft.

In de natuurkunde is inmiddels het bewijs van deze notie geleverd. Door middel van experimenten, die hun wortel vinden in de quantummechanica van de zogenaamde Einstein-Pedolski-Rosen paradox, is het inmiddels gelukt om uit een deeltje sleutel-informatie te halen, die informatie over te zenden via een lijn van koperdraad, om vervolgens aan de andere kant van de lijn een 100% identiek deeltje weer te laten ontstaan. Net zoals Prof Zonnebloem dat in stripverhalen van Kuifje pleegt te doen, *teleporting*, maar nu echt, en met behulp van de informatie die het deeltje beschrijft.

Voor ons bestaat informatie alleen als het *overgedragen of gekopieerd* wordt. Kopiëren gebeurt vaak door middel van associëren. Zowel in onze computers als in onze wetenschappelijke instrumenten associëren we stukjes informatie in tientallen verschillende lagen. Ook deze oratie is kopiëren / associëren van gegevens.

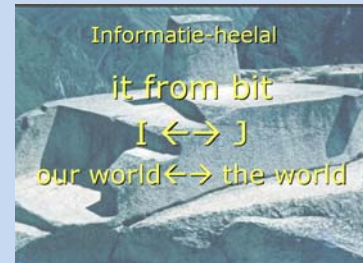
Dus, het heelal als informatie-heelal heeft twee karakteristieken:

- *objecten die exclusief beschreven worden door informatie,*
- *informatie bestaat pas als het zich gekopieerd/overgedragen wordt.*

Afgelopen maand overleed op 96-jarige leeftijd één van de grootste natuurkundigen van de afgelopen eeuw: John Archibald Wheeler. Bij het grote publiek is hij bekend vanwege zijn werk aan de theorie van de zwaartekracht en de introductie van het *zwarte gat*. Echter, zijn visie op *de rol van de waarnemer en de sleutelrol van informatie in de natuur* is minstens even spectaculair: de quantummechanica schrijft een bijzonder belangrijke rol toe aan de waarnemer - de waarnemer bepaalt in wat voor heelal hij of zij leeft, tot dat moment zijn alle andere opties nog open.

De participatie van de waarnemer leidt tot informatie en informatie leidt tot de fysica.

Onze beleving van natuur en sterrenkunde is een zoektocht naar die informatie. Wheeler was een van de meest vooraanstaande voorvechters van de notie dat de natuur zélf uit een vorm van informatie bestaat, en dat wij met onze experimenten die informatie uit de natuur peuren.



It from bit

It from bit.

Met *It* wordt bedoeld, wat wij waarnemen, meten en weten (*meten is weten*) met *bit* wordt bedoeld, wat de natuur eigenlijk in werkelijkheid is, hier dus suggererend dat die natuur uit bits van informatie bestaat. In de natuurkunde komt dat overeen met de *Fisher informatie I en J*, I is wat we meten en waar J opgesloten zit in de natuur.

Meneer de rector magnificus, dames en heren, wanneer het mij lukt om, al is het maar gedurende een flits, met U het idee te delen dat er zoiets bestaat als informatie die intrinsiek is in de natuur dan is dat al de moeite van deze bijeenkomst waard.

Maar wat is informatie ? wat is de eenheid (Eng. unit) van informatie? De informatici noemen het een *bit*, een 0 of een 1, de ontwerpers van de quantumcomputers noemen het *qubit*, een toestand, de natuurkundigen kennen de *entropie*, dat is de mate van wanorde in een systeem en ook de *Fisher informatie – J*. De wetenschappers die zich met de informatie in het bewustzijn bezig houden noemen het *qualia*. Wellicht doelen ze allen op hetzelfde natuurverschijnsel, en ik geef dat voor het gemak de naam *ken* of *know* in het Engels. Is de natuur een grote informatieverwerkende machine - een soort supercomputer? We hebben eigenlijk nog geen goede natuurkundige theorie of een model dat een beschrijving geeft van de informatie in de natuur. Nobelprijswinner natuurkunde Gerard 't Hooft stelt: we hebben een nieuwe Einstein nodig om een goede informatietheorie van de natuur op te stellen. Wellicht, speculeer ik, kan zo'n theorie de basis vormen voor de felbegeerde Grand Unified Theory, die de gangbare theorie van de quantummechanica verbindt met die van de zwaartekracht.

Ik ben geen nieuwe Einstein en helaas heb ik hem of haar ook niet in mijn team zitten. Wel echter, dienen wij als astronomen bij ons wetenschappelijk onderzoek naar het verwerken van enorme grote databestanden te anticiperen op de fundamentele eigenschappen van de rol van informatie in de natuur. Het is nog maar 20 jaar geleden dat de digitale beeldrevolutie aanving - zoals ik beschreef in Philips Lab - de komende 20 jaar staat ons nog veel te wachten, en de grote digitale

beeldverzamelaars zoals OmegaCAM dwingen ons er toe ons te bezinnen en volstrekt nieuwe benaderingen op te zetten. Het astronomische observatorium als experiment, zo niet proeftuin voor het ontwikkelen van nieuwe abstracties en theorieën om contact te leggen met de natuur als informatiemachine.

In het kader van het AstroWISE e-science project ontwikkelden we gaanderweg een nieuw paradigma. Om de enorme hoeveelheid data van de OmegaCAM camera te verwerken op een gedistribueerde manier, dat wil zeggen met samenwerkende teams verspreid werkend over Europa, kwamen we tot nieuwe abstracties, zeg maar benaderingen, van het modeleren en omgaan met informatie.



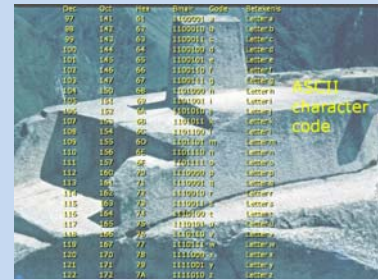
Target diagram

In deze benadering wordt veel aandacht gegeven aan de notie dat alle informatie intrinsiek is aan de natuur (J- bit) en dat wij allerlei verbindingen/associaties leggen om die informatie uit de natuur te kopiëren (I- it). Die verbindingen worden in ons geval door een *database* bijgehouden (zoiets als de streepjes op de Intiwatana steen zetten), dit verbindt het bewustzijn van de gebruiker, die een bepaald doel voor ogen heeft met de zee aan ruwe data in het heelal (bovenaan). Het doel in de gedachten van de gebruiker noemen we *Target*, de verbindingen van het *Target* met de zee aan informatie gebeurt door zogenaamde *backwards chaining*, gebruikmakend van object ge-oriënteerde programmeertechnieken. Dit diagram is een *Target diagram*, hoe alle menselijk bedachte doelen verbonden zijn aan de natuur. Het koppelt bit aan It of I aan J. *The universe as a spreadsheet.*

Het is onze ervaring dat deze benadering bijzonder effectief is en ons in staat stelt om allerlei functies voor mekaar te krijgen met betrekkelijke geringe extra inspanning. Dit allemaal door zoveel belang toe te kennen aan het proces van kopiëren en verbinden. Ook het succes van Google is hieraan toe te schrijven. Google is eigenlijk een grote machine die de links/associaties bijhoudt. Het werkt fantastisch, maar nogmaals een onderliggende natuurkundige theorie die dit allemaal beschrijft of verklaart ontbreekt. In een aantal opzichten doen we maar wat.

En dan heb ik het nog niet eens over de rol van ons bewustzijn gehad. Als ik 's ochtends de gordijnen open doe en zie dat de zon schijnt, dan weet ik dat ik geen regenjas hoeft aan te trekken – een informatie associatie. Ons bewustzijn is een grote spaghetti van associaties en links. Wellicht de meest succesvolle wereldstandaard die de verbintenis tussen ons bewustzijn en het digitale informatie-heelal is de ASCII karakter code.

ASCII karakter code



Dec	Hex	Char	Code	Character
97	61	a	01100001	Letter a
98	62	b	01100010	Letter b
99	63	c	01100011	Letter c
100	64	d	01100100	Letter d
101	65	e	01100101	Letter e
102	66	f	01100110	Letter f
103	67	g	01100111	Letter g
104	68	h	01101000	Letter h
105	69	i	01101001	Letter i
106	6A	j	01101010	Letter j
107	6B	k	01101011	Letter k
108	6C	l	01101100	Letter l
109	6D	m	01101101	Letter m
110	6E	n	01101110	Letter n
111	6F	o	01101111	Letter o
112	70	p	01110000	Letter p
113	71	q	01110001	Letter q
114	72	r	01110010	Letter r
115	73	s	01110011	Letter s
116	74	t	01110100	Letter t
117	75	u	01110101	Letter u
118	76	v	01110110	Letter v
119	77	w	01110111	Letter w
120	78	x	01111000	Letter x
121	79	y	01111001	Letter y
122	7A	z	01111010	Letter z

We gebruiken die allemaal dagelijks als we met elektronische tekst bezig zijn en we zijn ons er nauwelijks meer van bewust dat deze tabel de door mensen bedachte associatie vormt tussen ons bewustzijn, taal en het digitale informatie-heelal.

De rol van het bewustzijn is belangrijk, doch nog zeer slecht begrepen. Vicky, blind geboren vrouw die na een auto-ongeluk in de operatiekamer zichzelf ziet, terwijl ze nog nooit eerder visuele beelden of wat dan ook heeft ervaren, zei:

it felt like the place where all knowledge is

we hebben geen idee waar ze het over heeft.

Naar de grenzen van het weten – 0

Een van de grootste wonderen van ons heelal is dat het tijdens haar ontwikkeling een steeds hoger georganiseerde structuur verkrijgt en dat tegelijkertijd, volgens de tweede wet van de thermodynamica er steeds meer chaos en wanorde ontstaat. Dit geldt voor alles, van sterrenstelsels tot levende wezens en onze apparaten. Ook voor ons, hier, die hier netjes opgesteld in deze zaal hebben plaatsgenomen, maar al doende zoveel warmte kris-kras hebben uitgestraald, dat de som van het totaal een toename van de wanorde en de daarbij behorende informatie leidt. Sommige noemen de toenemende structuur toenemende *nuttige* informatie, terwijl de toenemende chaos dan toenemende *on-nuttige* informatie is. Het is maar de vraag of dat onderscheid juist is, maar hoe het ook zei, vroeger was het heelal veel eenvoudiger, bevatte minder informatie. Hoe verder we teruggaan, hoe minder informatie, tot aan het moment nul - de Big Bang. Volstrekt terecht staat het getal *nul* bovenaan de laatste versie van de Betacanon van de natuurwetenschappen. Ten onrechte echter, ontbreekt het item *informatie*, dat een eigen plek verdient naast de begrippen *fout*, *kans*, *chaos* en *quantum*.

Doldrum



Toen het heelal nog zo'n duizend maal kleiner was als nu, zag het er uit zoals een doldrum op de oceaan, glad, met nauwelijks rimpels of structuur, en met veel minder informatie. Het duurde nog enige tijd voordat de werking van de zwaartekracht de kleine rimpels versterkt tot de eerste grote golven, waarin de eerste sterren ontstaan.

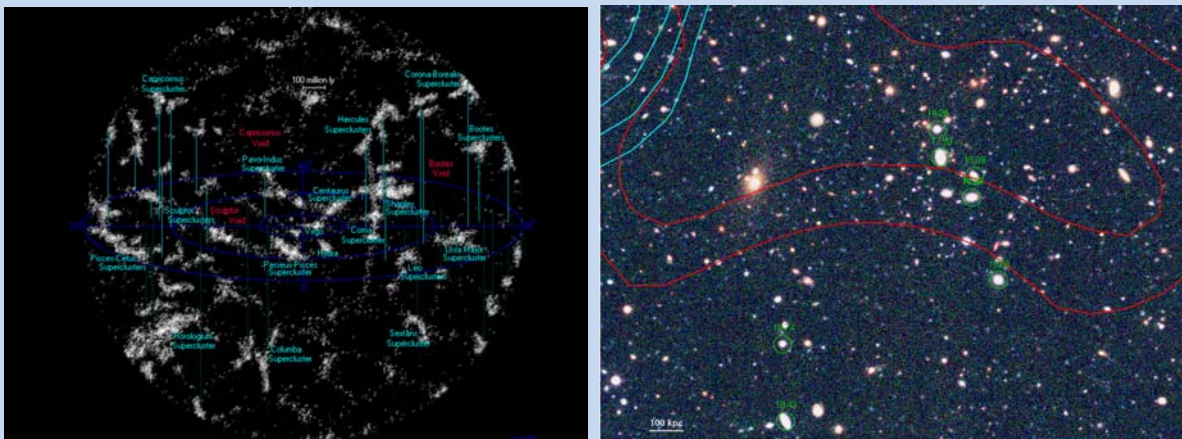
Op dat moment gaat het licht aan in het heelal en wordt het koude waterstofgas geïoniseerd. Het Groningse *epoch of re-ionisation* project gaat het tijdstip van dat moment vastleggen met behulp van de LOFAR radio telescoop.

LOFAR



De signalen van duizenden antennes verspreid over Noord Nederland en daarbuiten, tezamen met een volume van zo'n Petabyte, worden geassocieerd in de BlueGene supercomputer op het Rekencentrum van de RuG. Aan de hand van de verbindingen tussen die signalen wordt het moment van de wende vastgesteld, in feite, net zoals dat door de Inca's met behulp van de Intiwatana steen werd gedaan voor de zonnwende. Nu wil ik niet de fantastische techniek van de Blue Gene vergelijken met een stuk steen, maar het is wel even handig om te realiseren dat de fundamentele rol van zowel informatie, associatie van gegevens en waarnemer identiek is. De informatie van de wende is intrinsiek in de natuur.

Uit de golven op de oceaan ontstaan de grootste schaalstructuren: superclusters van sterrenstelsels, en na de wende worden de eerste sterrenstelsels gevormd. Met de nieuwe VISTA infrarood telescoop en AstroWISE gaan we in het kader van het ULTRAVISTA project het signaal van honderden nachten van een klein stukje van de hemel optellen, om zodoende de eerste sterrenstelsels te fotograferen en te onderzoeken.

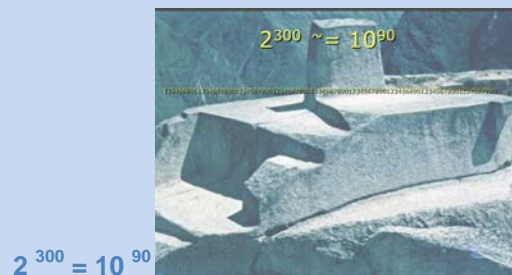


Superclusters van sterrenstelsels. Links: artificieel beeld (naar R.Powell), rechts inval van sterrenstelsels in filamenten (naar F. Braglia et al 2007)

Met OmegaCAM gaan we in het kader van het VESUVIO project verscheidene dichtbijliggende grote superclusters van sterrenstelsels in kaart brengen (groothoeklen), tegelijkertijd gaan we in onze databases van 100den miljoenen sterrenstelsels op zoek naar het hele bijzondere moment dat sterrenstelsels van

buitenaf in deze superclusters naar binnen vallen en dan een ware gedaantewisseling ondergaan, zoals hier op dit voorbeeld (zoomlens) waarop een aantal zeer zeldzame stelsels (groen omlijnd) te zien zijn die letterlijk in de fik staan en oplichten op het moment van inval.

Het is duidelijk, het heelal zelf wordt steeds complexer en gaat steeds meer informatie bevatten. Tegelijkertijd probeert de sterrenkundige dat in te halen met een steeds verder gaande informatietechnologie. De afgelopen zeg 20-30 jaar wordt die ontwikkeling beschreven met de zogenaamde Moore's law: de kracht van onze computers verdubbelt ruwweg iedere 1.5 jaar. De komende 20 jaar zal die ontwikkeling opbreken, al was het alleen maar omdat computers dan op een schaal kleiner dan die van atomen zouden moeten gaan functioneren. De afgelopen decennia ontwikkelden onze computers zich van 8 bit, naar 16 bit, 32 bit en nu 64 bit. 128 bit lijkt onder handbereik en nog een stap en het worden er 256bit. Echter dan wordt het te zot: Lloyd rekent voor dat met een 300 bit getal we alle deeltjes en toestanden in het heelal kunnen beschrijven, zeg maar een barcode voor alles in het hele heelal kunnen maken. Die ziet er overweldigend simpel uit:



Echter om het RAM geheugen van zo'n computer te bouwen zouden we de materie van nog een heelal nodig hebben.

Het is duidelijk, op gegeven moment loopt het hele zaakje vast, en zullen we moeten stoppen om kopieën van ons heelal in onze computers te creëren. Uiteindelijk zullen we het niet van onze computers moeten hebben, het is maar een stuk steen, maar we zullen het van onze associaties en innovatieve abstracties moeten hebben.

Het heelal is de bron - It from bit of bit from It?

De sterrenkundige experimenten vormen een fantastische proeftuin om dergelijke nieuwe abstracties te ontwikkelen. Maar andere wetenschapsgebieden en ook de industrie lopen uiteraard tegen een identieke problematiek aan. In het kader van het *Target* project bouwt de RuG aan een multi-disciplinaire benadering van het verwerken van supergrote data bestanden. Samen met de staf van het CIT, de IWI, de KI, KVI, alfa informatica, bio-informatica, bedrijfskunde, Kapteyn Instituut, LOFAR/Astron en het UMCG (Lifelines) en met betrokkenheid van industrie en de provincie bouwen we aan een multidisciplinair expertise centrum om deze problematiek gemeenschappelijk aan te pakken. De participatie van de alfa wetenschappen is opmerkelijk, en is al vruchtbaar gebleken. Onze regering heeft de

Koninklijke Bibliotheek opgedragen, alles wat op Nederlands grondgebied gepubliceerd wordt voor eeuwig te bewaren, inclusief de internet pagina's. Zonder radicale nieuwe benaderingen zal dit spoedig vastlopen.

De tijdschaal waarop deze IT ontwikkelingen zich allemaal afspelen is ongekend en verrassend, van 20 jaar terug, de eerste digitale beelden in Philips lab, naar de volgende 20 jaar waar het zaakje niet meer volgens de huidige tendens kan groeien. Deze ontwikkeling heeft helemaal niets met Darwin te maken, maar alles met kennisoverdracht. De culturele evolutie is veel efficiënter dan de Darwinistische evolutie, die erg inefficiënt is.

Parents give their knowledge to children.

Ook kennisoverdracht is kopiëren en associëren van informatie, en ook daar ontbreekt het ons aan een goede onderliggende fysische theorie. Bij gebrek daaraan wenden sommige zich tot een visie van *intelligent design* als tegenhanger aan het Darwinistische evolutiemodel. Beide visies zijn onvolledig en de discussie hierover is onterecht en zal mijns inziens ter plekke verdampen zodra wij een fysica van ons universum hebben ontwikkeld waarin de rol van informatie wordt beschreven.

Tot slot

Ik hoop dat ik het afgelopen half uur duidelijk heb kunnen maken dat dit een mateloos interessant vakgebied is - een fantastische leerstoel, mogelijk gemaakt door NOVA en in het bijzonder door het Kapteyn Instituut en de RuG. Naast van NOVA en de RuG ontvangt ons datacentrum OmegaCEN substantiele ondersteuning van NWO, SNN en de EU in verband met haar 5^{de}, 6^{de} en 7^{de} kaderprogramma's.

Maar in de context van het informatie-heelal participeren we allemaal aan deze onderneming - ook U.

In het bijzonder telt de participatie van ons team - in volgorde van tijd: Danny, Koen, Kor, Erik, Roeland, Ewout, Ronald, Michiel, Fabrice, Gert, Philippe, Willem-Jan, Gijs, John, Hans en Andrey en de teams op het CIT en de Sterrewachten in Leiden, Bonn, Munchen, Parijs en Napoli.

Bij de RuG werken we aan de grenzen van het weten. Voor mij begon dat bij mijn vader die me 's avonds zo vaak meenam na het eten – buiten in de donkere sterrenlucht staren naar het grotere geheel - en mijn moeder die er in geloofde.

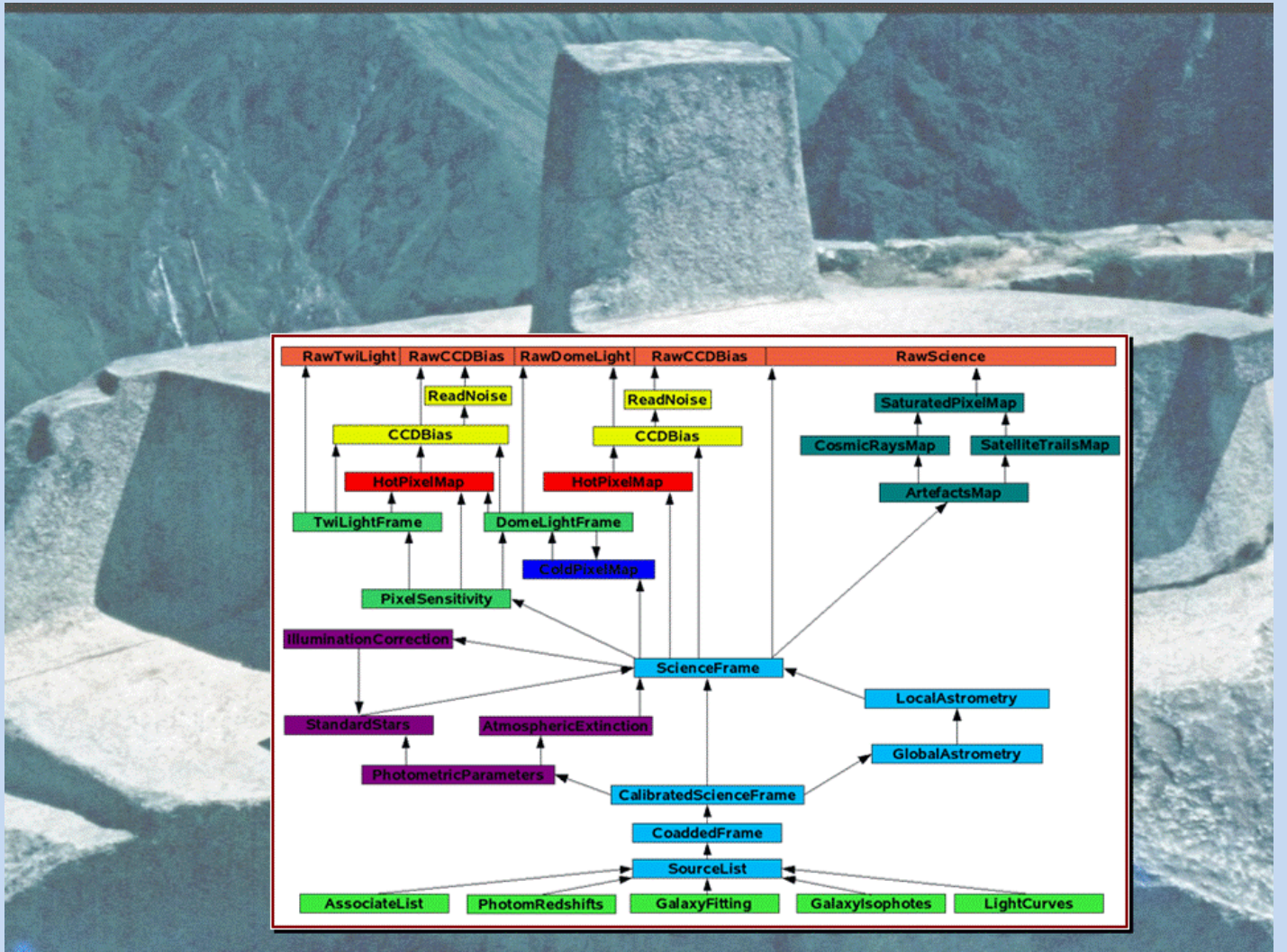
In mijn zoektocht naar de grenzen van het weten vroeg ik eens mijn oudste dochter Milena, toen ze zo'n 3.5 jaar oud was, en mogelijk dichterbij de bron stond:

wat is weten? en ze antwoordde: *omdat het gebeurd is.*

Ik heb gezegd.

Referenties

- Bouwmeester, D., et al 1997, *Experimental teleportation* , Nature 390, 575
- Bohm D., 1980, *Wholeness and implicate order*, Ark, Routledge, Vintage, London
- Braglia , F. et al 2007, *Flaming galaxies*, Astronomy and Astrophysics 470, 425
- Einstein A., Podolski B., Rosen, N., 1935, Phys. Rev. 47, 777ff
- Gray, J., 2004, *Consciousness – Creeping up on the hard problem*, Oxford University Press
- Frieden, B.R., 1998, *Physics from Fisher Information*, Cambridge University Press
- Lloyd, S., *Programming the Universe*, 2007, Vintage Books, New York
- Seife, Ch., *Decoding the Universe*, 2006, Penquin Books, New York
- Valentijn, E.A., and Verdoes Kleijn, 2006, *The Astro-Wise system: a federated information accumulator for astronomy* , ERCIM News 65, 20
- Valentijn, E.A. et al., 2007, *Chaining to the Universe*, Astronomical Data Analysis Software and Systems XVI ASP Conference Series, Vol. 376, proceedings of the conference held 15-18 October 2006 in Tucson, Arizona, USA. Edited by Richard A. Shaw, Frank Hill and David J. Bell., p.491
- Wheeler, J. A, and Ford, K., 1998. *It from Bit*. In Geons, Black Holes & Quantum Foam. New York: W. W. Norton & Company, Inc



ISBN 978-90-367-3473-8