

Always-on

Citation for published version (APA):

Aarts, E. H. L. (2013). *Always-on*. Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Published: 01/01/2013

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of Record (includes final page, issue and volume numbers)

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Intreerede
prof.dr. Emile Aarts
15 november 2013



/ Faculteit Wiskunde en Informatica

TU / **e** Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

Always-on

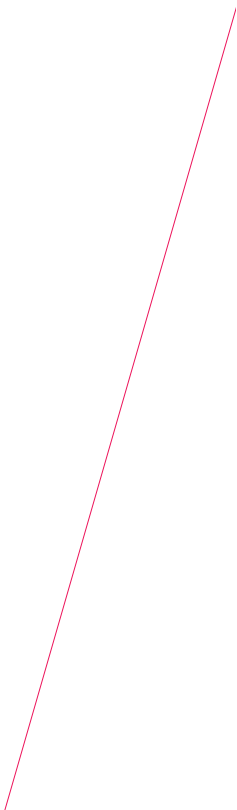
Where innovation starts

Intreerede prof.dr. Emile Aarts

Always-on

**Uitgesproken op 15 november 2013
aan de Technische Universiteit Eindhoven**

Opgedragen aan Peter Apers, Rick Harwig, Jan Korst, dhr. Pannenburg en Arnold Smeulders voor hun bijdrage aan mijn professionele denken.



Inleiding

Welkom, Henny, Michelle, Marianne; welkom familie, vrienden, promovendi, kennissen, (oud-)collega's, studenten en medewerkers van onze faculteit; welkom hoogleraren van het cortège.

Dames en Heren,

Ik sta hier met een groot gevoel van dankbaarheid, omdat u allen de tijd heeft vrijgemaakt om vanmiddag naar onze universiteit te komen om te luisteren naar mijn rede.

Mijn dank gaat tevens uit naar de collega-hoogleraren, die hun noeste arbeid om de wetenschap vooruit te helpen, kort hebben onderbroken om hier aanwezig te zijn. Ik zeg u toe dat ik mijn uiterste best zal doen u te boeien en dat het mijn streven is om ieder van u iets te vertellen dat u nog niet wist en voldoende interessant vindt om te onthouden.

Intreeredes zijn bedoeld om pasbenoemde hoogleraren een kans te geven zich voor te stellen aan hun collega's, door het presenteren van een visie op de ontwikkeling van hun vakgebied. Net zoals afscheidsredes hoogleraren een kans geven om te reflecteren op de wetenschappelijke inzichten die ze verworven hebben over de jaren. Ik ben al 24 jaar in dienst als hoogleraar en dus niet pasbenoemd en ik treed ook niet uit. Mijn voordracht is daarom een soort 'blijfrede' en ik zal dankbaar gebruikmaken van de mogelijkheid om zowel vooruit als terug te blikken.

1955

Mijn geboortjaar 1955 was eigenlijk een nietszeggend jaar. Het was zo'n tussenjaar waarin weinig opzienbarende gebeurtenissen plaatsvonden. Een meer nauwkeurige terugblik leert echter dat er wel degelijk een aantal feiten heeft plaatsgevonden, die we nu zouden kenmerken als vroege indicatoren [1]. Zo maakt op 6 november van dat jaar de Raad van Europa de keuze van het ontwerp voor een Europese vlag bekend; een vlag die nog steeds in gebruik is en die symbool staat voor een verenigd Europa. Op 24 februari wordt Steve Jobs geboren, de latere oprichter van Apple, Pixar, en Next; een vernieuwer zonder weerga, die de wereld van miljoenen mensen veranderd heeft met zijn *tablets* en *smart phones*. Op 24 april ondertekenen 25 Afro-Aziatische landen het pact van Bandung; kolonialisme en imperialisme worden veroordeeld en de jonge naties in de derde wereld beloven meer samen te werken; deze gebeurtenis kan worden gezien als de opening van China en India naar het westen. Op 20 oktober sluit Elvis Presley een contract af met de platenmaatschappij RCA, wat zal leiden tot de verkoop van 1,6 miljard platen; voor het eerst in de geschiedenis blijkt het mogelijk dat een individu bij leven een media-idool en superster wordt. Het is het jaar waarin de Nederlandse taal wordt verrijkt met het woord nozem wat volgens de Amerikaans-Nederlandse historicus James Kennedy een acroniem is voor "Nederlandse Onderdaan Zonder Enige Manieren". En op 29 mei, op een mooie Pinksterdag, ontstaat de eerste file in Nederland op het knooppunt Oudenrijn, een fenomeen dat zich sindsdien nog vele malen zal herhalen.

Al deze gebeurtenissen zijn indicatoren van een nieuwe tijd die op handen is en die wordt gekenmerkt door een uitgesproken verlangen naar verandering en vernieuwing. De naoorlogse mens wil vooruitgang, wil zijn grenzen verleggen met nieuwe vindingen en gaat op zoek naar vrijheid. Een prachtig voorbeeld van deze drang naar grensverleggende uitvindingen is het ontwerp van de minirok door Mary Quant in 1962. Het Britse tijdschrift *Vogue* publiceert dat jaar voor het eerst een foto van een vrouw in minirok, wat leidt tot veel ophef. Toch is dit kledingstuk vanaf dat moment niet meer weg te denken uit het moderne modebeeld; de minirok symboliseert de vrijheid van de hedendaagse vrouw. De naoorlogse doorontwikkeling van de straalmotor maakt het mogelijk vliegtuigen voor personenvervoer te ontwerpen die lange afstanden kunnen overbruggen; de burger-

luchtvaart is geboren en stelt de mens in staat zijn horizon te verbreden. Op 12 april 1961 klimt de 157 cm grote Yuri Gagarin aan boord van de Vostok 3KA-3 capsule van de Vostok 1 raket om de eerste mens in de ruimte te worden die een rondje om de aarde maakt. Tegelijkertijd verovert in de Verenigde Staten de televisie de huiskamer van burgergezinnen. De televisie stelt mensen in de gelegenheid naar het nieuws in de wereld te kijken en daarnaast te ontspannen bij films en andere vormen van video-opnames; de opmaat naar het huidige mediatijdperk.

Al die indrukwekkende ontwikkelingen toont de mensheid aan zichzelf tijdens werelddtentoonstellingen, een fenomeen dat sinds 1851 bestaat en dat deelnemende landen middels grote exposities in staat stelt bezoekers te laten zien welke ontwikkelingen plaatsvinden op technologisch, sociaal en cultureel gebied. Vaak resteert er een bouwwerk van een werelddtentoonstelling zoals de Eiffeltoren in Parijs of het Atomium in Brussel.

Le Poème Elektronique

De wereldtentoonstelling in Brussel vond plaats in 1958 en zoals gezegd, zullen velen onder u de Expo58 kennen van het Atomium. Het bouwwerk is een meer dan 100 meter hoge stalen constructie naar een ontwerp van de architect André Waterkeyn. Het bestaat uit negen bollen met elk een diameter van 18 meter, die allemaal precies 29 meter van elkaar afstaan en samen de kristalstructuur van het molecuul ijzer uitbeelden, 165 miljard maal vergroot. Het zuivere molecuul ijzer stond symbool voor het optimisme van die tijd en voor de grote voortgang die de wetenschap maakte. Een ander, minder bekend, gebouw van de Expo58 is het Philips Paviljoen. Philips wenste met het gebouw een statement te maken door de vooruitgang van de technologie met een kunstwerk uit te beelden.

De Philips-architect Louis Kalf gaf Le Corbusier de leiding over het project en die ontwierp een adembenemend spektakel. De daklijnen van het gebouw volgden de contouren van wiskundige functies, zoals de *cosinus hyperbolicus*, de functie die de vorm representeert die een koord aanneemt dat loshangt tussen twee uiteinden. Het interieur was leeg. Er bevonden zich geen objecten. De bezoekers die zich in het gebouw begaven, kregen *Le Poème Elektronique* te zien en te horen; een elektronisch gedicht van 460 seconden. Het gedicht was een multimediashow met beelden die geprojecteerd werden met projectoren op bewegende plateaus en met elektronische muziek die ten gehore werd gebracht door 425 luidsprekers, waarmee Philips zijn kundigheid op het gebied van licht en geluid demonstreerde. De steeds wisselende lichtbeelden toonden de opkomst van de menselijke beschaving en lieten de onbegrensde mogelijkheden van de toekomst zien. De muziek was een avant-gardistische elektronische compositie van de hand van Edgard Varèse, die op onnavolgbare wijze de mogelijkheden benutte van het recent ontwikkelde elektronisch geluid. Het futuristisch ogende Philipspaviljoen was voor die tijd totaal vernieuwend en werd aangekondigd in het nieuws als *een nieuwe kunst met schier onbegrensde mogelijkheden*. De mensen die het paviljoen verlieten, na *Le Poème Elektronique* aanschouwd en aangehoord te hebben, waren stil, onder de indruk van het spektakel.

Het is vermeldenswaardig dat het langvergeten Philipspaviljoen in 1996 opnieuw onder de aandacht werd gebracht door Mark Treib, in zijn boek *Space Calculated in Seconds* [2]. Ook de publicatie *Resten van de Toekomst*, van de Belgische antropologen Johanna Kint en Johan Struyck [3], is het lezen meer dan waard, omdat deze auteurs de Expo58 plaatsen in het licht van het Humanistisch Modernisme. Sinds 2003 zijn er plannen om het Philipspaviljoen in Eindhoven te herbouwen [4]. De stichting ALICE, die vooral actief is op het gebied van de creatieve industrie in Eindhoven, verwierf in 2007 de auteursrechten op het gebouw. Het streven is om een replica, inclusief multimedievoorstelling, te realiseren op Strijp-S.

Bij de ingang van het paviljoen hing een door Le Corbusier ontworpen object, *Le Objet Mathématique* geheten, waarin de titel van de voorstelling in neonlicht werd aangekondigd. Geheel in lijn met het concept van het paviljoen symboliseerde dit mathematisch object de onbegrensde mogelijkheden van de technologische vooruitgang. In 1998 werd het object in bruikleen gegeven aan de Technische Universiteit Eindhoven, waar het sindsdien de toegangsweg siert.

De schoonheid van de rekenkunst

Het mathematisch object van Le Corbusier symboliseert voor mij ook nu nog de schoonheid van de wiskunde of van de rekenkunde in meer algemene zin en daar wil ik graag een tijd bij stilstaan. Om de schoonheid van het rekenen te beschrijven, neem ik mijn toevlucht tot het buitengewoon originele werk van de hedendaagse Franse sociaal-antropologe Clarisse Herrenschildt die in haar belangwekkende boek *Les Trois Écritures, Langue, Nombre, Code* een verband legt tussen de westerse ontwikkelingen van geschreven talen, getallen en computercode [5]. Meer in het bijzonder stelt ze dat computertalen het derde stadium in de ontwikkeling van geschriften zijn, na respectievelijk geschreven talen en getallen. Het geheel overspant een periode van ruim vijfduizend jaar, waarbij ze de oorsprong van de geschreven taal rond 3300 voor Christus in Mesopotamië legt en de ontwikkeling van getallen in 650 voor Christus in Ionië. Volgens Herrenschildt staat Alan Turing (1950) symbool voor de ontwikkeling van de computercode en dat is een algemeen aanvaarde opvatting.

De eerste geschriften werden aangetroffen in de vorm van kleitabletten bij opgravingen in de omgeving van Susa in Mesopotamië. Maar al voor de uitvinding van het schrift bestonden er *calculi*, ofwel rekensteentjes [6], die aantallen representeerden. Deze geometrische tekens dienden als geheugensysteem bij de handel van goederen en vee. Om grotere hoeveelheden aan te geven, werden verschillende vormen rekensteentjes gebruikt. Zo representeerde een conische rekensteen de numerieke waarde 1, een bolletje de waarde 10 en een groot kegelvormig object de waarde 60. Om ervoor te zorgen dat niemand het oorspronkelijke aantal en type steentjes kon veranderen, bedacht men een klei-envelop in de vorm van een holle bal in welke de steentjes werden geplaatst, verzegeld en gebakken. Als iemand het aantal betwistte, kon men de bal breken voor een hertelling. De enveloppen met de steentjes vormden een soort vrachtbrief die het voor de ontvanger mogelijk maakte om te controleren of de vervoerder leverde wat de handelspartner had gestuurd. Om onnodig openbreken te vermijden, kraste men, voordat ze gebakken werden, tekens op de buitenkant van de enveloppen die de steentjes vertegenwoordigden. Later, rond 3.500 v. Chr., werden de steentjes en enveloppen vervangen door kleitabletten waarin de bijbehorende tekens werden gegraveerd. Vanaf 3.100 v. Chr. werden de tekens losgemaakt van de dingen die

werden geteld en werden abstracte cijfers uitgevonden en dat sluit de eerste fase in de periodisering van Herrenschmidt af.

De tweede fase start vanaf 700 v. Chr. met de introductie van munten om handelswaar mee te betalen [7]. Dat gebeurde zoals gezegd in Lydië (Klein Azië). Het waren veelal platte ronde objecten zoals we die nu ook kennen, vaak met een gat in het midden. Munten versnelden de handel en ontwikkelden tevens de noodzaak om te kunnen rekenen met getallen. Dit leidde vervolgens tot de ontwikkeling van rekenkundige concepten en er is een aantal mooie hoogstandjes bekend uit de oudheid, die wij tegenwoordig nog steeds doceren aan onze studenten. Beroemd is het werk van Eratostenes van Cyrene (27-194 v. Chr.), een uiterst veelzijdig Grieks geleerde, die in de bloeitijd van de Hellenistische wetenschappen leefde. Hij werkte als wiskundige, astronoom, historicus, filosoof en dichter. In opdracht van de Egyptische koningen uit de dynastie der Ptolemaeën leidde hij de bibliotheek van Alexandrië. Zijn op zorgvuldige metingen gebaseerde bepaling van de omtrek van de aarde behoort tot de bekendste wetenschappelijke prestaties uit de oudheid.

Hier noem ik Eratostenes vanwege zijn algoritme om priemgetallen te berekenen, wat bekend staat als de Zeef van Eratostenes [8]. Een priemgetal is een geheel getal ongelijk aan 1 dat uitsluitend deelbaar is door zichzelf en het getal 1. Als we bijvoorbeeld de priemgetallen willen berekenen tussen 1 en 100 plaatsen we om te beginnen alle getallen in een stijgende rij. We beginnen met het eerste getal: 1. Dat is deelbaar door zichzelf en 1, maar is niet ongelijk aan 1 en dus geen priemgetal. Het volgende getal is het getal 2. Dat is deelbaar door zichzelf en 1 en dus een priemgetal. Vervolgens delen we alle tweevouden weg uit de rij van getallen die we nog hebben. Het volgende getal is 3 dat deelbaar is door zichzelf en 1 en dus het tweede priemgetal is. We delen vervolgens alle drievouden weg uit de resterende rij getallen. Het volgende getal is 5 (4 staat niet meer in de rij omdat het is weggedeeld als tweevoud). 5 is het volgende priemgetal en dus delen we alle vijf-vouden weg uit de resterende rij getallen. We komen nu aan bij het getal 7. Dat is het volgende priemgetal en we delen alle zevenvouden weg. Als we vervolgens bij 11 aankomen, hebben we opnieuw een priemgetal te pakken en kunnen we alle elfvouden wegdelen. Omdat 11 groter is dan 10 hebben we alle delers kleiner dan 11 onder de 100 getallen gehad en zijn alle overige getallen priemgetallen.

In de eerste eeuwen na Christus kwam de rekenkunst tot grote bloei, voornamelijk door de invloed van de Arabieren. Mohammed ibn Moesa al-Chwarizmi (780-850) was een van de beroemdste Perzische wetenschappers op de gebieden wiskunde,

geografie en astrologie [9]. Al-Chwarizmi studeerde in het Huis der Wijsheid in Bagdad en schreef al zijn werken in het Arabisch, de taal van de wetenschap in de islamitische wereld. Het concept van een algoritme in de wiskunde is zijn idee. Om deze reden wordt hij wel de 'grootvader van de informatica genoemd'. Het woord 'algoritme' is van zijn naam afgeleid. Het gebied algebra is afgeleid van *Al Jabr*, de titel van een van zijn belangrijkste boeken.

Blaise Pascal (1623-1662) was een buitengewoon begaafd Franse wis- en natuurkundige, filosoof, theoloog en apologet [10]. De latere Franse filosoof Charles De Montesquieu noemde hem de wiskundige van God. Hij legde de grondslag voor de waarschijnlijkheidsrekening, de integraalrekening en gaf betekenis aan het begrip oneindigheid. Hij droeg bij aan de combinatorische wiskunde met de driehoek van Pascal. In 1664 bouwde hij de eerste mechanische rekenmachine, de Pascaline, waarmee men kon optellen en aftrekken. Bij een optelling van twee getallen is het 'onthouden', of de overdracht van een cijfer, een belangrijk element in de berekening. Als men bijvoorbeeld de getallen 2408 en 1656 optelt, werkt men van rechts naar links en telt men de individuele getallen kolomsgewijs op. Als men daarbij het getal 9 overschrijdt, moet een 1 worden opgeteld bij de volgende kolom. Pascal was de eerste die via een ingenieuze tandwielconstructie deze overdracht of *carry* wist te mechaniseren. Later werd het concept van de *carry over* een belangrijk element in elektronische rekenmachines.

De volgende wetenschapper die ik wil noemen vanwege zijn grote bijdrage aan de rekenkunst was Kurt Friedrich Gödel (1906-1978), een Oostenrijks-Amerikaans wiskundige, logicus en filosoof [11]. Hij wordt gezien als een van de belangrijkste logici aller tijden en heeft een enorme invloed gehad op het wetenschappelijke en filosofische denken van de 20e eeuw. In 1931 bewees Gödel dat binnen elk zelf-consistent recursief axiomatisch systeem, dat krachtig genoeg is om de rekenkunde van de natuurlijke getallen te beschrijven, er minstens een ware stelling bestaat, die niet bewezen kan worden op basis van de axioma's van dit systeem [12]. Deze stelling staat bekend als de eerste onvolledigheidsstelling van Gödel en ze was van groot belang. Samen met de latere tweede onvolledigheidsstelling maakte ze namelijk een eind aan een halve eeuw vergeefse inspanningen om een allesomvattend axiomatisch stelsel af te leiden, te beginnen met het werk van Gottlob Frege en culminerend in dat van Alfred North Whitehead, Bertrand Russell en David Hilbert, die er vast in geloofden dat het mogelijk moest zijn om een verzameling axioma's op te stellen waaruit de gehele wiskunde kon worden afgeleid. De onvolledigheidsstelling van Gödel houdt tevens in dat niet alle wiskundige vraagstukken berekenbaar zijn; een mooi resultaat voor wiskundigen, omdat als

gevolg daarvan altijd nieuwe stellingen kunnen worden geformuleerd die bewijsbaar of weerlegbaar zijn.

Gödels eerste onvolledigheidsstelling heeft meerdere vormen, maar geen ervan is verrukkelijker dan de door Raymond Smullyan, een Amerikaans wiskundige, filosoof en concert pianist, vertelde verhaalvorm. Het verhaal laat ons iets proeven van de kracht en strekking van Gödels stelling en gaat als volgt [13]. Stel dat er een eiland bestaat dat wordt bewoond door ridders en schelmen. Ridders vertellen altijd de waarheid en schelmen liegen altijd. U komt daar aan en kent er niemand. Hoe kunt u ridders van schelmen onderscheiden als u ze tegenkomt? Stel, u ontmoet een eilandbewoner die het volgende tegen u zegt: “u zult nooit weten of ik een ridder ben”. Als u er ooit in slaagt te bewijzen dat hij een ridder is, is wat hij zegt onwaar en heeft hij gelogen; hij kan dus geen ridder zijn. Maar als hij een schelm is, zult u nooit uitvinden dat hij een ridder is, gewoon omdat hij dat niet is. Wat hij zei is dus waar en daaruit volgt dat hij geen schelm is. Dus binnen hetzelfde raamwerk kunnen we afleiden dat de eilandbewoner noch een ridder noch een schelm is en dat is een inconsistentie.

In de periodisering van Herrenschildt vormen computertalen het derde stadium van de ontwikkeling van geschriften en dat brengt ons bij Alan Mathison Turing (1912-1954), een geniaal Britse wiskundige en informaticus [14]. Turing heeft tijdens zijn betrekkelijk korte leven veel belangrijk werk verricht. Het belangrijkste zijn zonder twijfel zijn theoretische vorderingen op het gebied van de berekenbaarheid geweest en de Turingmachine, een mechanisch model van berekening en berekenbaarheid en daarmee een formeel model voor de computer. Het model was gebaseerd op een theorie die hij in 1936 in zijn proefschrift opschreef [15]. Een Turingmachine bevat een schrijf-leeskop, een band waarop symbolen staan in cellen en een verzameling instructies. De machine kan zich bevinden in een eindig aantal toestanden. De machine start in een begintoestand met de kop bij een gegeven cel van de band. De schrijf-leeskop tast vervolgens de cellen van de band af en afhankelijk van het symbool dat gelezen wordt in een cel van de band en de toestand waarin de machine zich bevindt, schrijft de schrijf-leeskop een nieuw symbool op de band, verandert de machine van toestand en beweegt de kop naar links of naar rechts. Dit herhaalt zich totdat de machine een bepaalde eindtoestand bereikt. De Turingmachine kan de verzameling van beweringen karakteriseren die binnen een axiomatisch systeem bewezen kunnen worden. Meer in het bijzonder is de Turingmachine het theoretisch model voor de moderne computer en vormt ze de grondslag voor de theorie van berekenbaarheid. De Turingmachine leverde tevens een bijdrage aan het denken over deterministische en

niet-deterministische berekeningen. Hierdoor kan er een formeel verschil gemaakt worden tussen problemen die in polynomiale tijd kunnen worden opgelost – de gemakkelijke – en de problemen waarvoor dat niet kan – de moeilijke.

Het meest bekend bij het grote publiek is wellicht de Turing-test waarmee bepaald kan worden op basis van een verzameling vragen of een computerprogramma net zulke intelligente antwoorden kan geven als een mens. Ook Turings betrokkenheid bij het kraken van de Enigma-code is een bekend historisch feit, dat vaak in verband gebracht wordt met een wending in de Tweede Wereldoorlog, aangezien de Britten door deze ontdekking de locaties van de onderzeeërs van de Duitsers konden bepalen en daarmee hun blokkerende uitwerking op aanvoerkonvoien konden opheffen door ze te vernietigen.

Het is maar een kleine stap van Alan Turing naar John von Neumann, want beiden waren tijdgenoten en actief betrokken bij de ontwikkeling van de elektronische computer. Von Neumann (1903-1956) was een veelzijdig Hongaars-Amerikaanse wiskundige, die behalve op vele deelgebieden van de wiskunde, ook bijdragen aan de natuurkunde en computerwetenschappen leverde [16]. Zijn tijdgenoten noemden hem de persoon met de meest “angstaanjagende technische bekwaamheid” en een “fonkelende intellect”. Von Neumann legde in 1945 de basis voor de Electronic Discrete Variable Automatic Computer (EDVAC), een van de eerste werkende elektronische computers in de wereldgeschiedenis [17]. Hij baseerde zich bij dit ontwerp op een architectuur die grote gelijkenis vertoont met de Turing-machine en die bestaat uit een aantal functionele eenheden, zoals een controle-eenheid, een rekeneenheid, een geheugen waarin de datagegevens worden opgeslagen en een invoer en uitvoereenheid. Deze zogenaamde Von-Neumann-architectuur is nog steeds de basisarchitectuur van veel hedendaagse computers en ze vormt daarmee de blauwdruk van het elektronisch rekenen.

De ontwikkelingen van de hedendaagse computer

De elektronische computer heeft gedurende de afgelopen zeventig jaar een duizelingwekkende ontwikkeling doorgemaakt [18]. Gedurende de jaren veertig van de vorige eeuw werd aan beide zijden van de Atlantische Oceaan geëxperimenteerd met elektronische computers. In 1938 bouwde de Duitse fysicus Konrad Zuse een prototype van een computer die hij de Z1 noemde. Deze machine maakte gebruik van elektromechanische relais en was verre van perfect. Enkele jaren later bouwde Zuse de eerste volledig functionele programmeerbare elektromechanische computer, de Z3. In 1944 presenteerden onderzoekers van Harvard de MARK I, een experimentele computer die gebruikmaakte van 750.000 elektromechanische onderdelen, vijf ton zwaar was en achttien meter hoog. In 1948 werd de ENIAC gepresenteerd als eerste volledig elektronische computer. Deze machine gebruikte geen relais maar radiobuizen en was 1000 maal sneller dan de MARK I. Een optelling kostte een seconde. De machine werd geprogrammeerd met de hand door verbindingen via stekkers om te zetten. Dit werk werd veelal door vrouwen verricht vanwege hun smalle handen. De EDVAC was een variant van de ENIAC die werd geprogrammeerd door middel van ponskaarten, wat veel tijd bespaarde bij het programmeren.

In 1951 introduceerde het bedrijf Remington Rand de eerste commerciële computer onder de naam UNIVAC (Universal Automatic Computer). De UNIVAC maakte voor het eerst gebruik van magnetische banden als opslagmedium en kostte een half miljoen dollar. In 1952 gebruikte CBS verslaggever Walter Cronkite voor het eerst in de geschiedenis een computer om de uitslag van de presidentsverkiezingen te voorspellen: tegen de verwachting in won de oorlogsveteraan Dwight Eisenhower.

De algemene mening in die tijd was dat computers geen commercieel succes zouden worden vanwege hun buitensporige prijs en grootte. Dat veranderde toen IBM het strijdtoneel betrad. In het jaar 1951 introduceerde IBM de 701-serie, ook wel bekend als *the defense computer* vanwege de grootschalige defensietoepassing. Tegen 1956 ware er 76 serie-701-computers in de Verenigde Staten geïnstalleerd. De snelheid van de 701 bedroeg inmiddels 17.000 instructies per seconde. In 1957 introduceerde IBM de programmeertaal Fortran die snel populair werd onder wetenschappelijke en technische programmeurs.

De ontwikkelingen kwamen sindsdien in een stroomversnelling. Op 7 april 1964 introduceerde IBM de 360-serie met maar liefst zes verschillende modellen. Deze serie markeerde het einde van het tijdperk waarin fabrikanten pionierden met computers. De IBM 360-serie betekende de introductie van een nieuwe familie van computers die het bedrijf marktleider in computers zou maken voor vele jaren. Het betekende tegelijkertijd dat computers niet langer enkel door defensie werden gebruikt, maar op grote schaal hun intree deden in het bedrijfsleven. Computers in de jaren 1950-1980 waren vooral mainframes: zeer grote rekenmachines, waar honderden tot duizenden gebruikers gelijktijdig op konden werken. De mainframe computer was verbonden met de gebruikers via een simpele applicatie op een bureaucomputer of terminal. Vooral banken en verzekeringsmaatschappijen gebruikten zulke mainframes op grote schaal.

Computers werden steeds krachtiger en kleiner. Een belangrijke bijdrage aan deze ontwikkeling werd geleverd door het bedrijf Digital dat met zijn verschillende PDP-series de computer verkleinde tot kamer en zelfs tafelmodellen en daarmee bijdroeg aan een verdere proliferatie van computers in de maatschappij. Digital maakte op grote schaal gebruik van geïntegreerde schakelingen, een elektronica-ontwikkeling uit de halfgeleidertechnologie die vanaf de jaren 1970 verkleining en versnelling van de computer mogelijk maakte. Transistors vervingen de veel grotere vacuümbuizen en werden geïntegreerd in schakelingen waarmee microprocessors werden gebouwd. In 1971 introduceerde Intel de 4004 microprocessor die een nieuwe dimensie opende in de miniaturisering van computers.

Hoewel microprocessor-gebaseerde computers zoals de Commodore PET (Personal Electronic Transactor) en de Apple II al vanaf het midden van de jaren zeventig opgang deden, was de IBM PC uit 1981 het eerste systeem dat expliciet met de naam personal computer op de markt werd gebracht. De personal computer werd steeds goedkoper en gemakkelijker te gebruiken waardoor steeds meer bedrijven ze kochten. De personal computer kwam ook binnen het bereik van individuen en deed vanaf de jaren negentig zijn intrede in studeer- en huiskamers van de gewone mens. De steeds verdere miniaturisering leidt vervolgens tot de introductie van de laptop en de kleinere Personal Digital Assistant waarmee steeds meer mogelijkheden in beeld komen. In 1996 introduceert Sharp een PDA met ingebouwde camera en in 2000 introduceert het Japanse bedrijf NTT Docomo een telefoon met internetverbinding.

Het internet was ontwikkeld als een wereldomvattend netwerk van computers. Het was ontstaan uit het defensienetwerk ARPANET dat werd gebruikt voor de

uitwisseling van elektronische documenten. In 1993 werd het gebruik van het Internet, dat tot dan toe was voorbehouden aan overheids- en onderwijsinstellingen, door de Amerikaanse overheid opengesteld voor bedrijven en particulieren. Het gebruik nam nu explosief toe. Tim Berners-Lee en Robert Cailliau van het CERN onderkennen de mogelijkheden van het Internet als de protocollen van het internet zelf platformafhankelijk zouden worden gemaakt. Ze begonnen in 1991 het World Wide Web-project waarin ze zulke standaarden ontwikkelden en de bijbehorende software vrijelijk aan de wereld beschikbaar stelden. Gebruikers en ontwikkelaars elders in de wereld volgden en de ontwikkeling van de Mosaic-webbrowser in 1993 was de definitieve doorbraak. Mosaic kan gezien worden als de voorloper van zoekmachines zoals Google en Microsoft Explorer.

Heden ten dage zijn *smart phones* en *tablets* niet meer weg te denken uit het dagelijks leven. Zij maken het mobiele rekenen mogelijk door ons in de gelegenheid te stellen op ieder gewenst moment en op iedere willekeurige plek toegang te hebben tot communicatiemediën en deze te kunnen gebruiken en uitwisselen. Dit heeft ons leven veranderd. We reserveren hotels en bestellen goederen via internet. Booking.com en Amazon.com hebben de wereld van de hospitality en retail in een nieuw tijdperk gebracht. We kiezen onze partners uit via *dating sites* en regelen onze bankzaken via internetbankieren.

De ontwikkeling van de computer is nu ruim zestig jaar gaande en de vooruitgang is adembenemend. Ook nu nog kunnen we stellen dat IBM de drijvende krachten achter de technologieontwikkeling is die hieraan ten grondslag ligt. In een interview uit 2011 meldde Bernie Meyerson, director of innovation van IBM, dat hij verwachtte dat 3-dimensionale geïntegreerde schakelingen binnen handbereik zijn die met een snelheid van 5 gigahertz schakelen en vele tientallen miljarden berekeningen per seconde kunnen uitvoeren waarmee weer een nieuw tijdperk van miniaturisering betreden wordt [19]. De fysische limiet van deze miniaturisering is 7 nanometer; hedendaagse commerciële producten gebruiken technologieën met 22 nanometer; experimenten zijn gestart met 10 nanometer. En inderdaad, op 21 september 2013 rapporteert het gezaghebbende tijdschrift Nature dat onderzoekers van Harvard een geslaagd experiment hebben verricht met schakelingen die gebouwd zijn met nano-koolstofdraden: een volgende generatie processoren is geboren die opnieuw een factor tien tot honderd sneller is [20].

De ontwikkeling van het mobiele rekenen

Zoals gezegd, zijn mobiele *tablets* en *smart phones* niet meer weg te denken uit ons dagelijks leven; ze hebben ons leven voor goed veranderd. Op 27 augustus 2012 publiceerde het weekblad TIME het resultaat van een brede segmentatiestudie die het blad in samenwerking met het mediabedrijf Qualcomm had uitgevoerd onder 5000 respondenten wereldwijd [21]. Ik noem hier vijf van de tien voor mijn verhaal belangrijkste bevindingen uit de studie:

1. *Election will never be the same.* Recente verkiezingen in verschillende landen waaronder de Verenigde Staten hebben aangetoond dat sociale media een belangrijk communicatiekanaal zijn om het electoraat te bereiken. Kiezers kunnen via Facebook en andere media hun instemming of afkeur laten blijken en daarmee kandidaten en andere kiezers beïnvloeden.
2. *Bye-Bye, Wallets.* Betalingen en andere bankzaken zullen op grote schaal met behulp van *smart phones* en *tablets* afgehandeld worden en zodoende credit cards, pinpassen en contant geld verdringen.
3. *The Phone Knows All.* Bedrijven en overheden kunnen onze handelingen, gedragingen en voorkeur achterhalen door wat wij doen met onze mobiele apparaten te volgen, registreren en analyseren.
4. *Your Life Is Fully Mobile.* Wij hebben onze mobiele apparaten voortdurend bij ons, dag en nacht en op iedere plek. We kunnen niet meer zonder en willen altijd verbonden zijn.
5. *A Camera Goes Anywhere.* Camera's in onze mobile apparaten stellen ons in staat om iedere moment van belang vast te leggen en te delen met anderen.

TIME ondervroeg tevens personen wereldwijd naar hun oordeel over de toegevoegde waarde van hun mobiele apparaten en dat leverde het volgende beeld op. Als belangrijkste waarde werden de gevoelens van zekerheid en veiligheid genoemd die een mobiele telefoon biedt als er hulp ingeroepen moet worden. Daarnaast werden ook de sociale waarden genoemd, zoals de mogelijkheid om

contacten te onderhouden met familie, vrienden en kennissen en nieuwe mensen te leren kennen. Voor velen droegen mobiele apparaten bij aan een betere balans tussen werk en privéleven. Bedrijven roemden de uitgebreide mogelijkheden om met klanten in contact te komen en overheden de mogelijkheden om beter te communiceren met burgers. Voor velen gaven mobiele apparaten toegang tot informatie in het algemeen en onderwijs in het bijzonder. Voor een overgrote meerderheid van de ondervraagden was het evident dat mobiele apparaten de kwaliteit van het leven verbeterden.

De TIME studie geeft een segmentatie over zes landen: Brazilië, China, Groot-Brittannië, India, Verenigde Staten en Zuid Korea. In alle landen is men positief over de mobiele communicatiemogelijkheden, maar de vier opkomende economieën Brazilië, China, India en Zuid Korea zijn beduidend optimistischer dan de twee gevestigde economieën. Het verschil in opvatting kan verklaard worden op grond van het verschil in verwachting dat men heeft ten aanzien de mogelijkheden die de nieuwe technologieën bieden: de opkomende economieën hebben er vooral veel mee te winnen en weinig te verliezen, voor de gevestigde economieën is dat omgekeerd.

Big Data en Always-on

Al dat mobiele communicatieverkeer levert extreme hoeveelheden data op. Het NRC van 8 februari 2013 noemt de volgende eenvoudige maar duizelingwekkende getallen. We benaderen het aantal van 100 miljard websites; dagelijks worden 400 miljoen *tweets* en 3 miljard *likes* geproduceerd; iedere dag worden er 300 miljoen plaatjes geüpload; Google Voice verwerkt iedere dag 10 jaar gesproken tekst; in het Verenigd Koninkrijk staan en hangen 2 miljoen bewakingscamera's; Facebook heeft 1 miljoen gebruikers; de hoeveelheid medische gegevens verdubbelt iedere vijf jaar. Cisco rapporteert voor 2013 een totale hoeveelheid dataverkeer van 1 exabyte per dag en verwacht dat dit zal groeien tot 1 zettabyte per dag in 2020; dat is een getal dat geschreven wordt als een 1 met 21 nullen. We spreken in dit verband over Big Data en het algemene beeld is dat de beschikbaarheid van extreem grote hoeveelheden data opnieuw een revolutie zal inluiden die de manier waarop wij leven, werken en denken ingrijpend zal veranderen [22].

Het mobiele rekenen kan worden gezien als een opmaat naar een maatschappij waarin we op grote schaal omgeven zullen zijn door intelligente apparaten die verbonden zijn met internet en die permanent gegevens registreren, uitwisselen en verwerken. We spreken over een 'Always-on'-samenleving waarin de grootschalige online gegevensverwerking oplossingen biedt die de kwaliteit van leven aanzienlijk kunnen verbeteren.

Een concreet voorbeeld van een Always-on-oplossing is het AutoAlert-systeem dat Philips Lifeline drie jaar geleden op de markt bracht [23]. Het betreft een geavanceerd signaleringssysteem dat bestaat uit een intelligente hanger, die een eerste-hulp-dienst kan alarmeren. De hanger bevat een drukknop waarmee de hulpdienst opgeroepen kan worden indien nodig. Als de drager valt en/of langere tijd niet beweegt en daardoor niet meer in staat is de knop in te drukken, registreert de intelligente hanger dit en stelt de hulpdienst zelf in werking. Het AutoAlert-systeem is 24 uur per dag werkzaam en is een uitkomst voor senioren die alleen wonen en bang zijn om te vallen. Ook voor de kinderen van deze senioren is het systeem een geruststellende oplossing, zeker als zij veraf wonen. AutoAlert heeft inmiddels in de Verenigde Staten en Canada meer dan 200.000 gebruikers die zeer tevreden zijn over deze Always-on-service.

AutoAlert is slechts een van de vele voorbeelden van de grote hoeveelheid apparaten waarmee we in de toekomst omringd zullen worden en die ons hun Always-on-diensten leveren. We zullen armbanden dragen die onze biomarkers meten en doorgeven aan dataverwerkingsdiensten die ons informatie en inzicht in onze medische toestand teruggeven. We zullen bewegingssensoren dragen die ons activiteitenpatroon registreren en via elektronische diensten krijgen we coaching-informatie waarmee we onze dagelijkse lifestyle-balans beter kunnen bewaken. In het geval we dan toch onverhoopt in het ziekenhuis terechtkomen voor een medische ingreep zullen we omringd zijn door apparaten die onze medische gegevens kennen en op grond daarvan diagnoses kunnen stellen en de klinische workflow optimaal kunnen organiseren zodat die past bij de aanbevolen therapie. Ook ons huis wordt steeds slimmer. Apparaten kunnen verbinding maken met internet en slimme handelingen verrichten, aangepast aan onze behoeften. Slimme straatverlichting organiseert zichzelf in draadloze netwerken die verlichtingscondities kunnen aanpassen aan het weer of lokale verkeerssituaties. De intelligente straatverlichting kan ook andere functies registreren, zoals luchtvervuiling of de beweging van personen. Op deze wijze kunnen verkeersstromen door een stad geoptimaliseerd worden of kan er proactief gereageerd worden op verdachte bewegingen van individuen of groepen. Door het gebruik van energie te registreren op het niveau van enkelvoudige huishoudens en dit te koppelen aan grootschalig gedistribueerde energiebronnen, zoals zonnecellen of windmolens, kan vraag en aanbod van energie in slimme netwerken beter op elkaar afgestemd worden. Ook mobiliteit kan grootschalig profiteren van een Always-on-oplossing. Auto's zullen zich autonoom door het verkeer kunnen bewegen doordat ze draadloos zijn verbonden via slimme navigatienetwerken.

De voorspellingen zijn duizelingwekkend: in 2020 zullen er 25 miljard internetverbonden apparaten zijn!

Data science: een nieuwe wetenschap

Als gevolg van al die apparaten die met internet verbonden zijn en die gegevens verzamelen over ons en ons handelen, zal er een grote behoefte ontstaan om die gegevens om te zetten in waarde; waarde voor de bedrijven en organisaties die de data verzamelen en waarde voor de eindgebruikers die behoefte hebben aan intelligente oplossingen. Deze ontwikkelingen hebben ertoe geleid dat er een nieuw soort wetenschap in ontwikkeling is gebracht en dat er een nieuw soort ingenieur is ontstaan die deze toepast en in de praktijk brengt. We spreken in dit verband over *data science* als de nieuwe wetenschap en over de *data scientist* als de nieuwe professional.

Data science is het kennisveld dat zich richt op het genereren van waarde uit complexe en hybride data. In meer eenvoudige termen gaat het om het omzetten van data in een effectief verhaal dat eenvoudig begrepen kan worden door niet-experts. Data science combineert en integreert technieken en theorieën afkomstig uit verschillende disciplines, waaronder statistiek, data analyse, patroonherkenning, machine learning, online algoritmen, visualisatie, security, modelleren van onzekerheid en high-performance computing, met de bedoeling om waarde te extraheren uit data en producten en diensten te ontwikkelen. Het begrip data science is niet nieuw. Op 10 november 1998 introduceerde Jeff Wu de term in zijn inaugurele rede met de titel 'Statistics = Data Science?' die hij hield ter gelegenheid van de aanvaarding van het ambt van *H. C. Carver Collegiate Professor in Statistics* aan de University of Michigan. In 2001 introduceerde William Cleveland het begrip data science als een onafhankelijke discipline die methoden uit de statistiek combineert met technieken voor databewerking [24]. In april 2002 startte the Committee on Data for Science and Technology (CODATA) het Data Science Journal als het eerste wetenschappelijke tijdschrift op dit gebied.

De data scientist wordt het beroep van de toekomst. Gartner meldde reeds in 2012 dat er in 2015 wereldwijd een behoefte is aan ruim vier miljoen data scientists en dat slechts aan een kwart van deze behoefte voldaan zal kunnen worden [25]. De data scientist wordt een hoogwaardig professional met aanzien, die in staat zal zijn om ontdekkingen te doen in de wereld van Big Data. Thomas H. Davenport, visiting professor aan Harvard Business School en senior consultant bij Deloitte

Analytics voorspelt dat data scientist *The Sexiest Job in 21st Century* wordt [26]. Een mooie karakterisering van de nieuwe ingenieur werd gegeven door the National Science Board in de Verenigde Staten die stelde dat “data scientists are the information and computer scientists, database and software and programmers, disciplinary experts, curators and expert annotators, librarians, archivists, and all mothers, who are crucial to the successful management of a digital data collections” [27].

Kortom het beroep van data scientist biedt grote mogelijkheden voor jonge mensen die zich willen bekwamen in een nieuw specialisme met grote diepgang. Data science is een multidisciplinair vakgebied dat een bijdrage kan leveren aan het oplossen van grote maatschappelijke vraagstukken en daardoor veel aantrekkingskracht heeft op jong talent. In de komende jaren zullen er miljoenen data scientist moeten worden opgeleid wereldwijd en de beroepsgroep zal uitgroeien tot een nieuwe beroepscategorie met zijn geheel eigen dynamiek. Bedrijven zullen deze nieuwe experts aanstellen in nieuwe functies over de volle breedte van het bedrijf; van hoog tot laag. Ook overheden zullen deze nieuwe specialisten in dienst nemen, omdat inzicht in data en gegevens ook op beleids- en bestuursniveau een belangrijke rol gaat spelen.

Gouden mogelijkheden

Het nieuwe vakgebied data science biedt ongekende mogelijkheden aan de Technische Universiteit Eindhoven. De universiteit en in het bijzonder de faculteit Wiskunde en Informatica beschikt over een aantal expertises op wereldniveau, die van groot belang zijn voor de opbouw van het nieuwe gebied. Het betreft hierbij online algoritmen, visualisatietechnieken, proces- en data-analyse, web science, security en high-performance computing. Daarnaast kan de universiteit beschikken over expertises van andere faculteiten waaronder Industrial Engineering & Innovation Sciences, Electrical Engineering en Industrial Design. Dit heeft ertoe geleid dat de universiteit op 2 december 2013 het Data Science Center Eindhoven (DSC/e) zal lanceren met een groot symposium onder de titel 'Turning Data into Value'. Dit nieuwe instituut is gebaseerd op de bovenstaande visie dat data science een belangrijke en interessante nieuwe ingenieursdiscipline zal worden. Het streven is om binnen duizend dagen een multidisciplinair wetenschappelijk topinstituut op te bouwen, waarbij gebruikgemaakt zal worden van de unieke positie die Eindhoven heeft in termen van de beschikbaarheid over een verzameling expertises van wereldklasse, het vermogen om internationaal toptalent aan te trekken en de leidende positie als kenniscentrum in de Brainport regio: *The Smartest Region of the World*. Kortom, met data science heeft de Technische Universiteit Eindhoven goud in handen en het is daarom belangrijk dat we alle krachten in de regio bundelen om dit initiatief te laten uitgroeien tot het succes dat het in potentie heeft. Visie en leiderschap dienen hierbij hand in hand te gaan, want het voordeel van de voorsprong die Eindhoven op dit gebied heeft, zal slechts van korte duur zijn. Enkel door middel van een goed gecoördineerde actie, die de volle breedte van het data science initiatief omvat, kan het gewenste succes bereikt worden.

Belangrijk bij de ontwikkeling van het Data Science Center Eindhoven is dat we ons niet blindstaren op de wetenschappelijke mogelijkheden die het instituut biedt. Natuurlijk moet wetenschappelijke excellentie het fundament vormen waarop we bouwen, maar we mogen niet uit het oog verliezen dat de data scientist vooral een ingenieur moet worden die dienstbaar is aan de maatschappij. Graag maak ik in dit verband een knipoog naar de recent opgerichte groep van vijf

dissidente wetenschappers: Huub Dijkstra (Universiteit van Amsterdam), Frank Miedema (Universiteit Utrecht), Wijnand Mijnhardt (Descartes Centrum), Frank Huisman (Descartes Centrum) en Jerry Ravetz (University Oxford) die zich verenigd hebben onder de naam 'Science in Transition'. Deze groep wetenschappers stelt dat er een radicale verandering in de wetenschapsbeoefening nodig is, omdat te veel wetenschappers zich verliezen in competities waarbij ranglijsten en pikorders belangrijker zijn dan de sociaal-maatschappelijke impact van de wetenschappelijke resultaten. De vijf wetenschappers hebben een manifest opgesteld met de volgende uitgangspunten:

- *Involve society in the programming of scientific programs*
- *Measure scientific results by their societal impact*
- *Broaden the scientific basis in the academic education*
- *Scientists should be more transparent about conflicts*
- *Study the sociological and economical basis of science*

Mij spreekt dit manifest aan omdat het streeft naar een wetenschap die transparant en inclusief is en die zich primair richt op het genereren van waarde voor de maatschappij. Het zijn mooie uitgangspunten op papier, maar in de praktijk van de hedendaagse wetenschapsbeoefening zijn ze moeilijk te realiseren, vanwege het intrinsiek autonome karakter van de wetenschapsbeoefening en het vigerende systeem van wetenschapsbeoordeling, waarin het aantal publicaties en persoonsgebonden prijzen als allerhoogste goed gezien worden. Ik voel me gestrekt in deze opvatting door een recent rapport van de Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid (AWT) met de titel '*Waarde creëren uit maatschappelijke uitdagingen*', waarin een oproep wordt gedaan om het topsectorenbeleid in Nederland meer in te zetten op maatschappelijke uitdagingen [28].

Tot slot

Dames en heren, het is mijn volle overtuiging ,dat wij anno 2013 opnieuw in een zeer boeiende en uitdagende tijd leven, net als vijftig jaar geleden. Door de ontwikkelingen op computergebied staan we aan de vooravond van een nieuw tijdperk waarin data onze toekomst gaat bepalen. Wat er allemaal mogelijk zal zijn, is nog onbekend en zal met grote zorgvuldigheid ontdekt moeten worden. Tegelijkertijd is het wel spannend, want er zullen nieuwe oplossingen voor problemen gevonden worden die ons leven voor goed en op positieve wijze zullen veranderen.

Hiermee ben ik aan het slot gekomen van mijn voordracht. Graag wil ik besluiten met een klein gedichtje [29] van de Poolse dichteres en filosofe Wislawa Szymborska (1923-2012). In 1996 kreeg zij de Nobelprijs voor de literatuur en de jury noemde haar de “Mozart van de poëzie” en “een vrouw die met haar woorden de lichtheid en vergankelijkheid van ons bestaan optekent”:

De drie wonderlijkste woorden

*Wanneer ik het woord Toekomst uitspreek,
Vertrekt de eerste lettergreep al naar het verleden
Wanneer ik het woord Stille uitspreek
Vernietig ik haar
Wanneer ik het woord Niets uitspreek
Schep ik iets dat in geen enkel niet-bestaan past.*

Ik heb gesproken

Referenties

1. <http://nl.wikipedia.org/wiki/1955>.
2. Marc Treib (1996), *Space Calculated in Seconds: The Philips Pavilion*, Le Corbusier, Edgard Varèse, Princeton University Press, Princeton (NJ), USA.
3. Johanna Kint en Johan Struyck (2008), *Resten van de Toekomst, EXPO 58 Vijftig Jaar Later*, Oogachtend, Leuven, België.
4. Han le Blanc (2006), *Make It New*, *Le Poème Elektronique: Onderzoek naar de Reconstructie van het Philips-paviljoen uit 1958 in Eindhoven*, Stichting Alice, Eindhoven, Nederland.
5. Clarisse Herrenschildt (2007), *Les Trois Écritures*, Langue, Nombre, Code, Gallimard, Paris, France.
6. <http://nl.wikipedia.org/wiki/Rekensteen>.
7. <http://en.wikipedia.org/wiki/Coins>.
8. James Chambers (1998), *Eratosthenes of Cyrene*, *Dictionary Of World Biography: The Ancient World*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Eratosthenes>.
9. Gerald Toomer (1990), *Al-Khwārizmī*, *Abu Ja'far Muḥammad ibn Mūsā*, in: Charles Gillispie, *Dictionary of Scientific Biography* **7**, Charles Scribner's Sons, New York (NY), USA.
10. Dominique Descotes (2008), *Pascal: Wiskundige van God*, *Veen Magazines*, Amsterdam, Nederland, oorspronkelijke uitgave: *Pour la Science*, 2003, Paris, France.
11. John L. Casti and Werner DePauli (2000), *Gödel: A Life of Logic*, Basic Books, Perseus Books Group, Cambridge (MA), USA.
12. K. Gödel (1931), *Über formal unentscheidbare Sätze der "Principia Mathematica" und verwandter Systeme I*, *Monatshefte für Mathematik und Physik* **38**, 173–198.
13. J.J. O'Connor and E.F. Robertson (2002), *Smullyan Biography*, School of Mathematical and Computational Sciences, University of St. Andrews, St. Andrews.
14. Jean Lassègue (2010), *Turing: Bouwer van de Eerste Computers*, *Veen Magazines*, Amsterdam, Nederland, oorspronkelijke uitgave: *Pour la Science*, 2003, France.

15. A. Turing (1936), On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem, Proceedings of the London Mathematical Society **42**, 230-265.
16. Herman Goldstine (1972). The Computer: from Pascal to von Neumann, Princeton University Press, Jersey: Princeton (NJ), USA.
17. J. Von Neumann (1945), Draft Report on the EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer).
18. Cristian Wurster (2002), Computers: An Illustrated History, Taschen, Berlin, Germany.
19. http://www.reddit.com/r/IAmA/comments/niqoc/im_dr_bernie_meyerson_ibm_fellow_vice_president/.
20. Max M. Shulaker, Gage Hills, Nishant Patil, Hai Wei, Hong-Yu Chen, H.-S. Philip Wong, and Ubhasish Mitra (2013), Carbon nanotube computer, Nature **501**, 526–530.
21. The Wireless Issue, Time, August 27, 2012.
22. Viktor Mayer-Schönberger and Kenneth Cukier (2013), Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work and Think, John Murray Publishers, London, United Kingdom.
23. <http://www.lifelinesys.com/content/lifeline-products/auto-alert>.
24. W.C. Cleveland (2001), Data Science, an action plan for expanding the technical areas of the field of statistics, Statistical Review 69(1), 21-26.
25. <http://www.gartner.com/newsroom/id/2207915>.
26. Thomas, H., Davenport and D.J. Patil (2012), Data Scientist: The Sexiest Job in the 21st Century, Harvard Business Review, October 2012, 70-72.
27. National Science Board (2005), Long-Lived Digital Data Collections Enabling Research and Education in the 21st Century, NSB-05-40, <http://www.nsf.gov/pubs/2005/nsbo540/nsbo540.pdf>.
28. Adviesraad voor Wetenschaps- en Technologiebeleid (2013), Waarde Creëren uit Maatschappelijke Uitdagingen, <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2013/10/18/advies-waarde-creeren-uit-maatschappelijke-uitdagingen.html>.
29. Wislawa Szymborska (1996), De drie wonderlijkste woorden, in: Uitzicht met zandkorrel, Meulenhoff, Amsterdam, Nederland.

Link naar de slideshow

Curriculum Vitae

Prof.dr. Emile Aarts is per 1 mei 2012 benoemd tot voltijdhoogleraar en per 1 april 2013 tot decaan aan de faculteit Wiskunde en Informatica van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e).

Emile Aarts (1955) is in 1979 met lof afgestudeerd in de Natuurkunde aan de Radboud Universiteit Nijmegen. In 1983 heeft hij zijn promotiewerk aan het Kernfysisch Versneller Instituut van de Rijksuniversiteit Groningen succesvol afgerond. Van 1983 tot 2012 is hij verbonden geweest aan het Philips Natuurkundig Laboratorium in Eindhoven waar hij verschillende onderzoeks- en managementfuncties heeft bekleed. Daarnaast had hij van 1990 tot 2012 een leerstoel als deeltijdhoogleraar aan de TU/e; van 1990 tot 2007 bij de faculteit Wiskunde en Informatica en van 2007 tot 2012 bij de faculteit Industrial Design. Sinds 1 mei 2012 is hij voltijdhoogleraar Design for Ambient Intelligence en sinds 1 april 2013 decaan van de faculteit Wiskunde en Informatica. Daarnaast is hij wetenschappelijk directeur van het Intelligent Lighting Instituut van de TU/e. Gedurende zijn actieve loopbaan heeft hij verschillende bestuurlijke functies bekleed bij onderzoeks- en overheidsorganisaties. Momenteel is hij betrokken bij het Rathenau Instituut, de Stichting Toekomstbeeld der Techniek, De Raad voor de Creatieve Industrie Nederland, het Nederlands Initiatief Hersenen en Cognitie (NIHC) en het Joint European Program Ambient Assisted Living.

Colofon**Productie**

Communicatie Expertise
Centrum TU/e

Fotografie cover

Rob Stork, Eindhoven

Ontwerp

Grefo Prepress,
Sint-Oedenrode

Druk

Drukkerij Snep, Eindhoven

ISBN 978-90-386-3584-2
NUR 980

Digitale versie:
www.tue.nl/bib/

Bezoekadres

Den Dolech 2
5612 AZ Eindhoven

Postadres

Postbus 513
5600 MB Eindhoven

Tel. (040) 247 91 11
www.tue.nl/plattegrond



Re-vision-ed



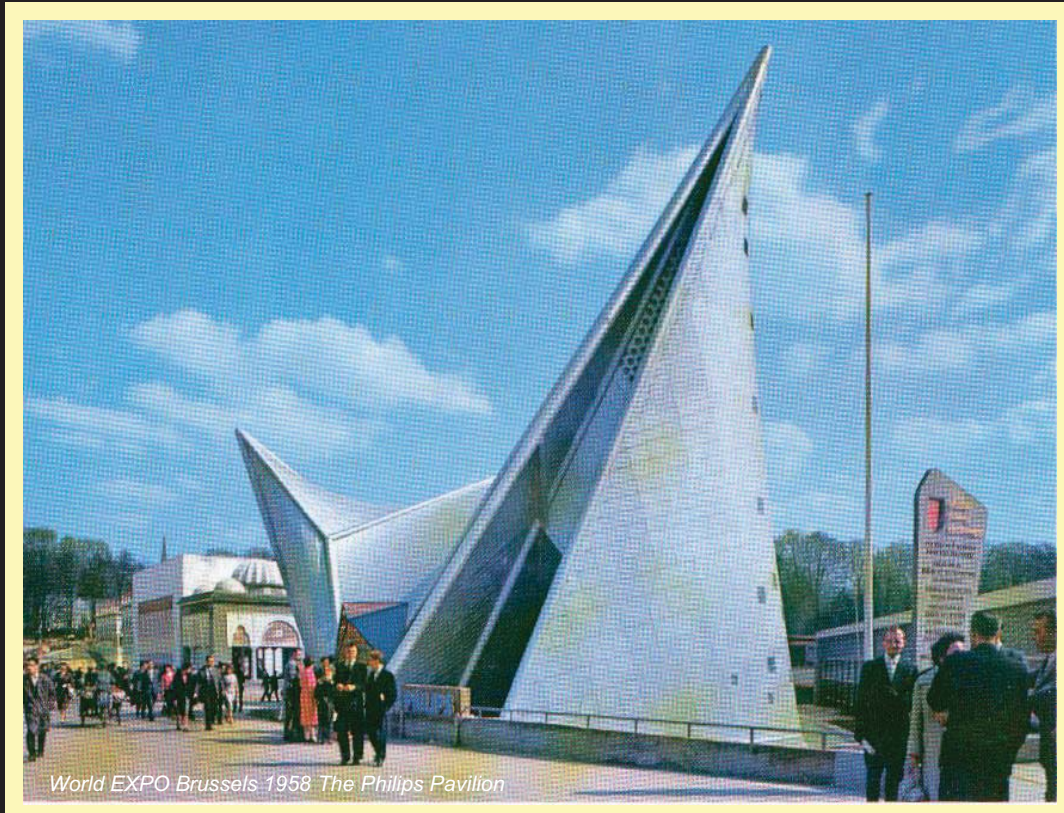
première
électromique

1955





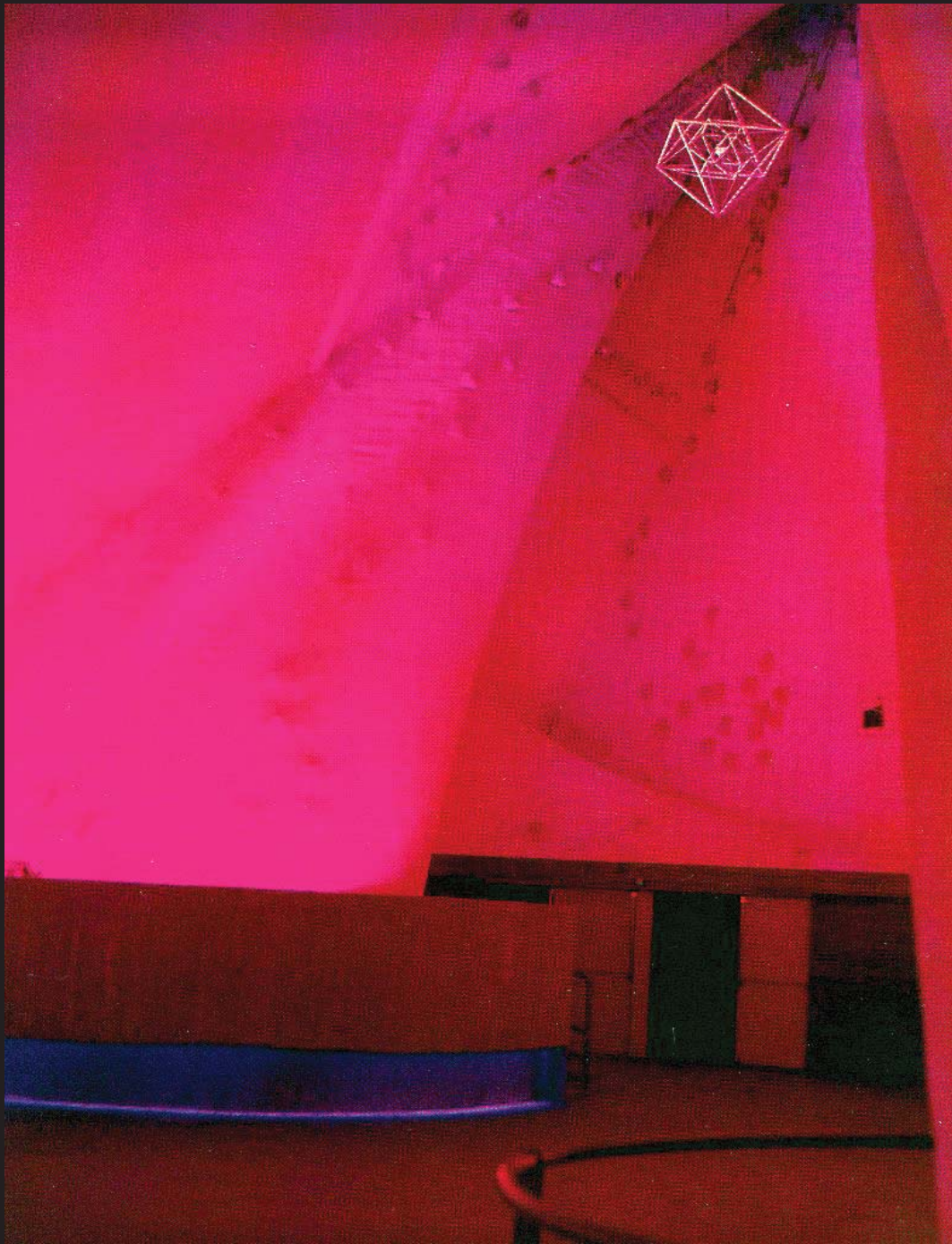
The Philips Pavilion was a landmark achievement



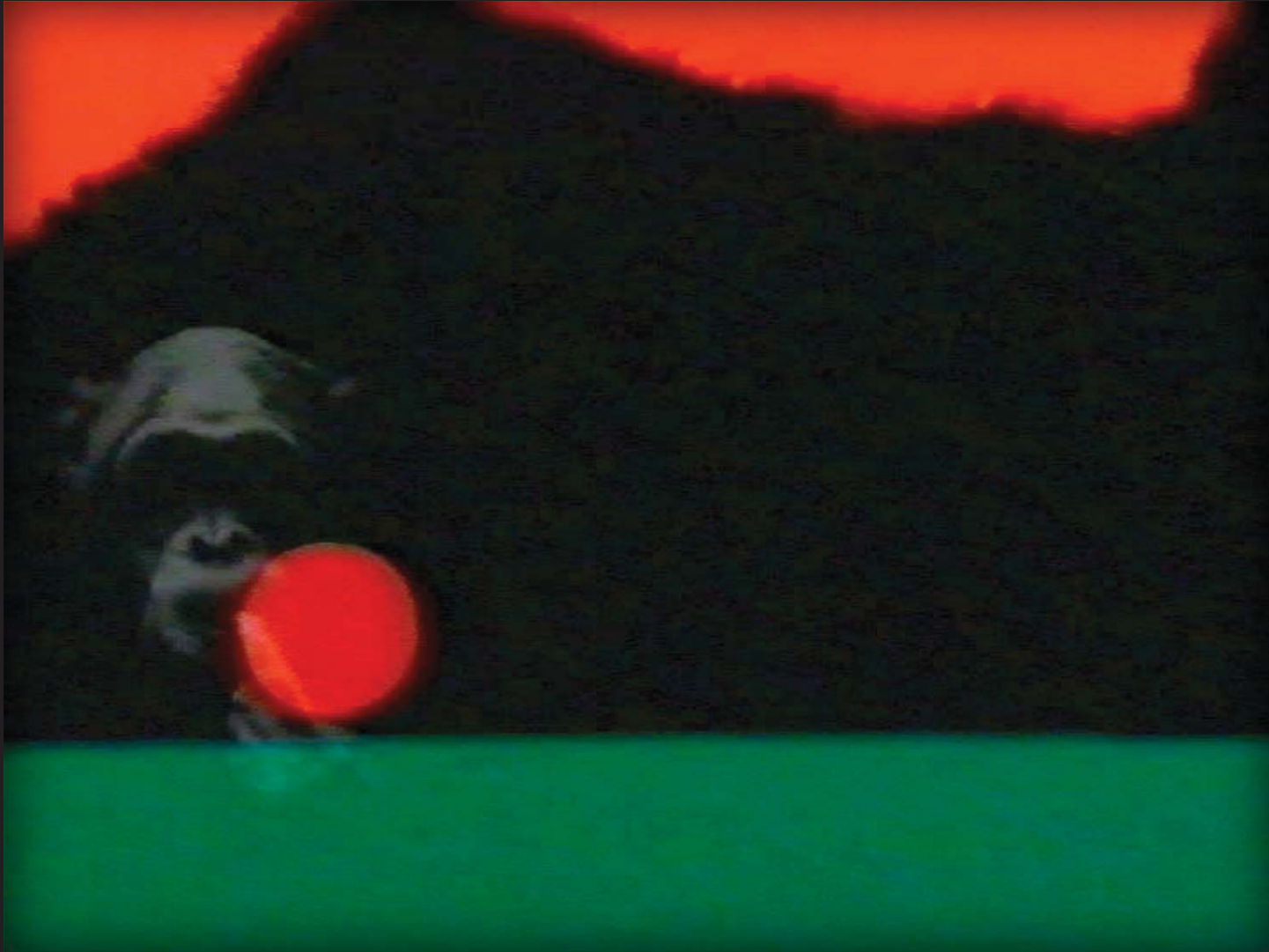
World EXPO Brussels 1958 The Philips Pavilion



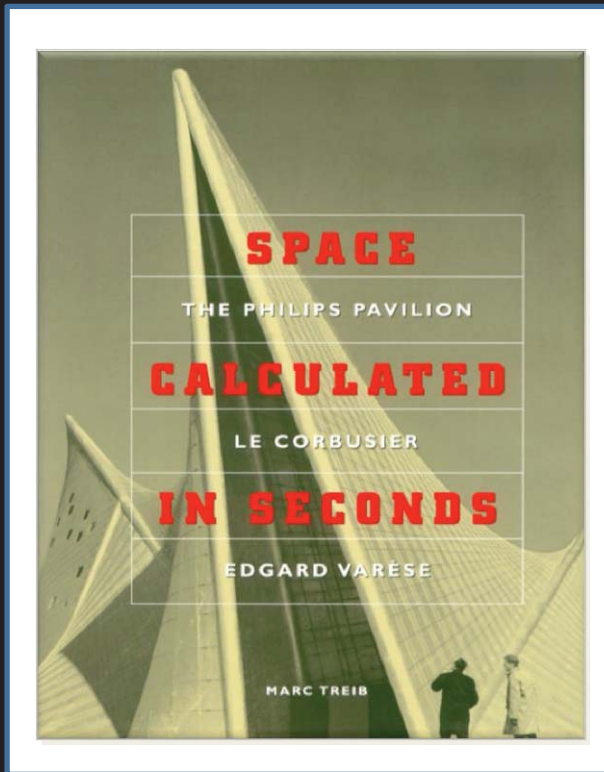




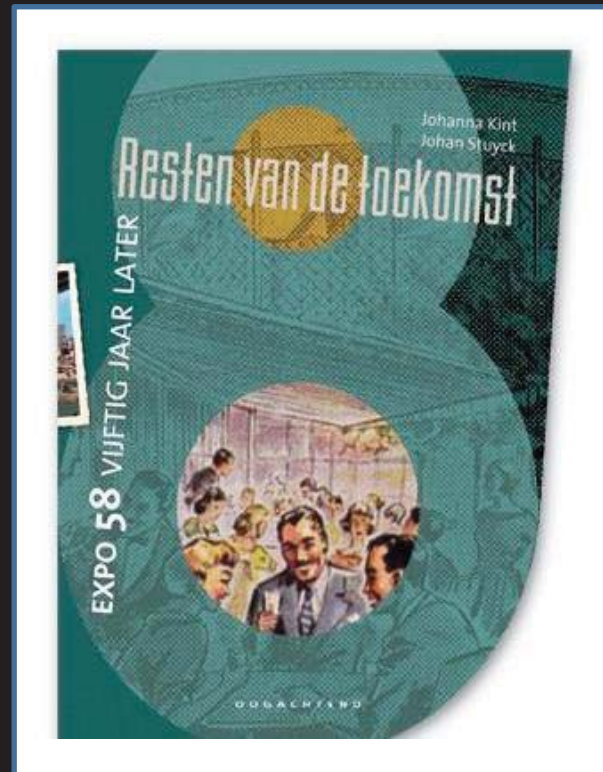




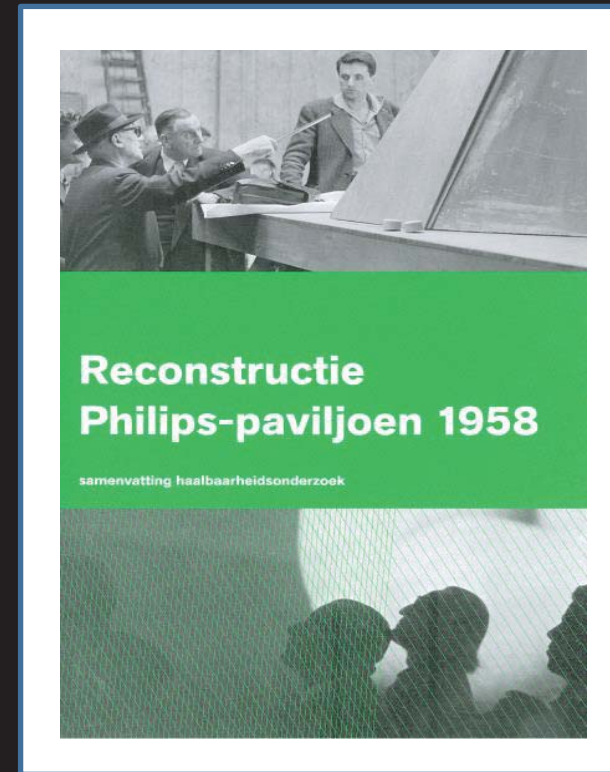
The Philips Pavilion is a symbol of progress



Marc Treib, 1996

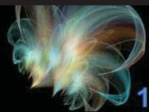


Johanna Kint, e.a., 2008



Han le Blanc, e.a., 2013

The beauty of computing



$1 \times 8 + 1 = 9$
 $12 \times 8 + 2 = 98$
 $123 \times 8 + 3 = 987$
 $1234 \times 8 + 4 = 9876$
 $12345 \times 8 + 5 = 98765$
 $123456 \times 8 + 6 = 987654$
 $1234567 \times 8 + 7 = 9876543$
 $12345678 \times 8 + 8 = 98765432$
 $123456789 \times 8 + 9 = 987654321$

$$\sum_{m=0}^{\infty} (m+3n)y (cx^m + y^m) + 2.85 \cdot 0.16 = \sum_{m=0}^{\infty} (m+3n)y (cx^m + y^m) + 2.85$$

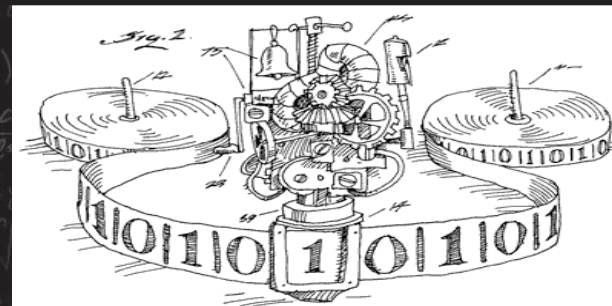
$$2.2871 \frac{0.16}{V_m (c^2 + b^2)} + \sum_{m=0}^{\infty} \left(\frac{B_2 + \beta_2}{V_m} \right) y^m + 0.2871 \frac{0.16}{V_m (c^2 + b^2)} + \sum_{m=0}^{\infty} \left(\frac{B_2 + \beta_2}{V_m} \right) y^m$$

$$\frac{m+6}{T} - 0.2871 \frac{0.16}{V_m (c^2 + b^2)} = \frac{(a^2 + b^2) - (x^2 + c^2)}{(y^2 + a^2) - (c^2 + b^2)} \frac{P V_m + b}{T} - 0.2871 \frac{0.16}{V_m (c^2 + b^2)} = \frac{(a^2 + b^2) - (x^2 + c^2)}{(y^2 + a^2) - (c^2 + b^2)}$$

$$+ 0.28(m+n) \frac{4y - 2y^2 + 19.362 y^3}{(1-y)^3} + 0.28(m+n) \frac{4y - 2y^2 + 19.362 y^3}{(1-y)^3} + 0.28(m+n) \frac{4y - 2y^2 + 19.362 y^3}{(1-y)^3} + 0.28(m+n) \frac{4y - 2y^2 + 19.362 y^3}{(1-y)^3}$$

$$+ \frac{P V_m}{3.116 y^2} + \frac{P V_m}{K T} \frac{1}{V_m (cx^m + y^m)} + \sqrt{\frac{5x^2 + 12c^2}{672.3116 y^2}} + \frac{P V_m}{K T} \frac{1}{V_m (cx^m + y^m)} + \frac{P V_m}{K T} \frac{1}{V_m (cx^m + y^m)} + \frac{P V_m}{K T} \frac{1}{V_m (cx^m + y^m)}$$

$$\frac{B_2 + \beta_2}{V_m} y^2 - \frac{B_2 + \beta_2}{V_m} + \frac{b}{V_m} + 0.2871 \frac{0.16}{V_m} \frac{B_2 + \beta_2}{V_m} y^{-1} - \frac{B_2 + \beta_2}{V_m} + \frac{b}{V_m} + 0.2871 \frac{0.16}{V_m}$$



Clarisse Herrenschmidt

(1946) *Social anthropologist*

Les Trois Écritures, Langue, nombre, code,
Gallimard, Paris, 2007

Computer science is the third stage after
the development of written language (1st
stage, and numbers (2nd stage)

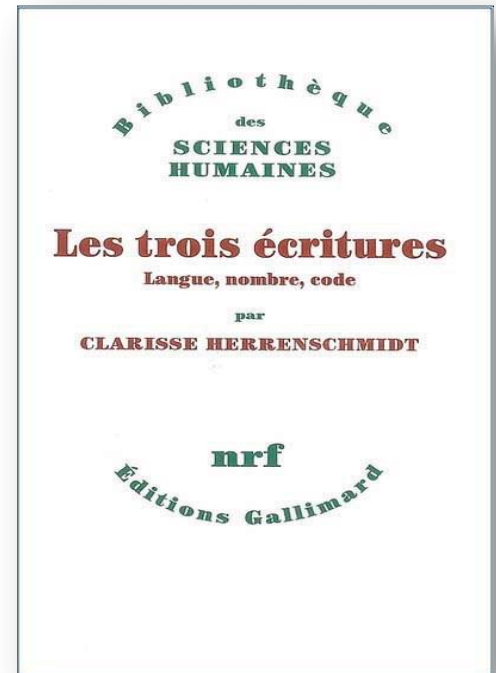
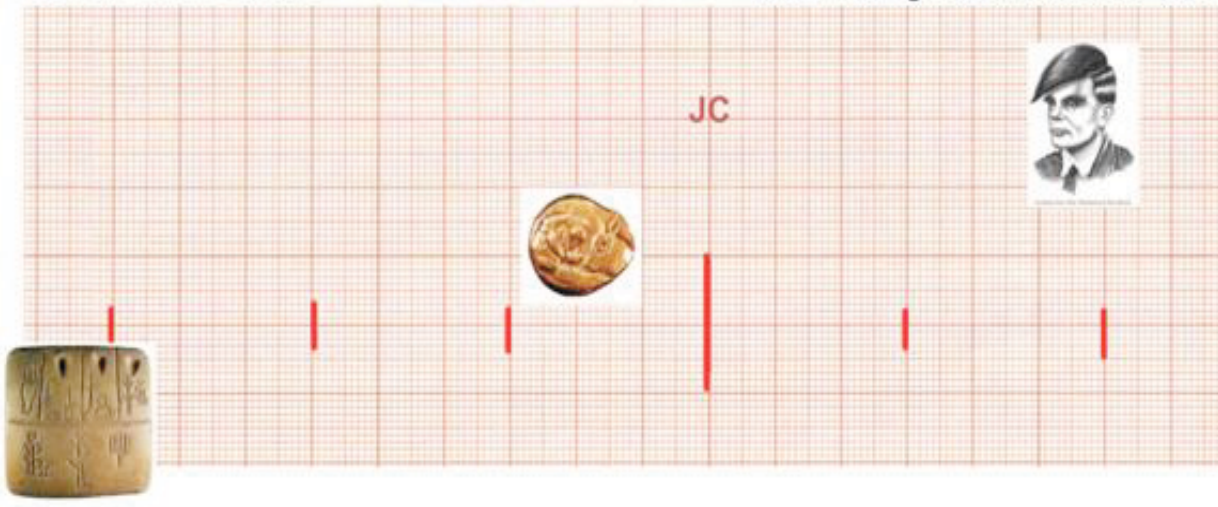


Langue, -3300, Mésopotamie

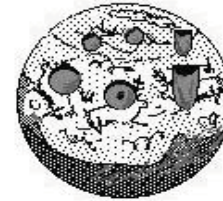
Nombre, -650, Ionie

Code, 1950, Europe

Computing Machinery and Intelligence
Alan Turing, *Mind*, octobre 1950



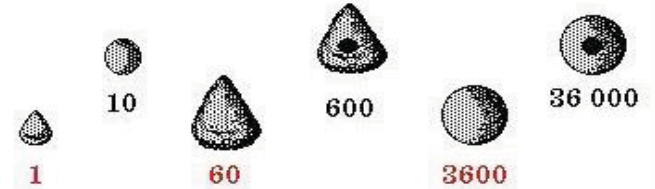
Enveloppes and Calculi (3400 BC) Susa, Mesopotamia



Les six marques sur la bulle de Kalesh

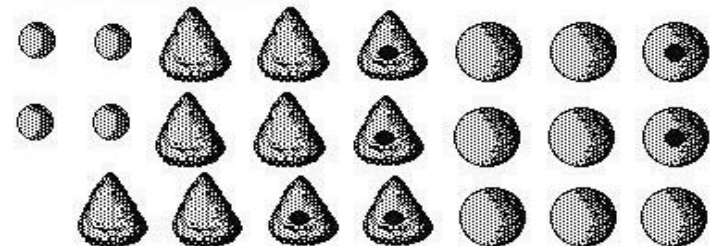
Réponses aux questions de Mathadore 36

Les calculi sumériens servant à leur numération concrète



On voit la base soixante (en rouge) et le rôle intermédiaire de la base dix. La perforation veut dire « 10 fois ». La régularité est : x 10, x 6, x 10, x 6...

Le nombre 100 000 :



Coins (600 BC) Lydia, Ionia

Coins initiated the wide spread need for numbers and counting

- Earliest discovery: Temple of Artemis at Ephesus
- Coins were made of electrum
- They had no inscriptions



1/3rd Stater from Lydia, 600 BC



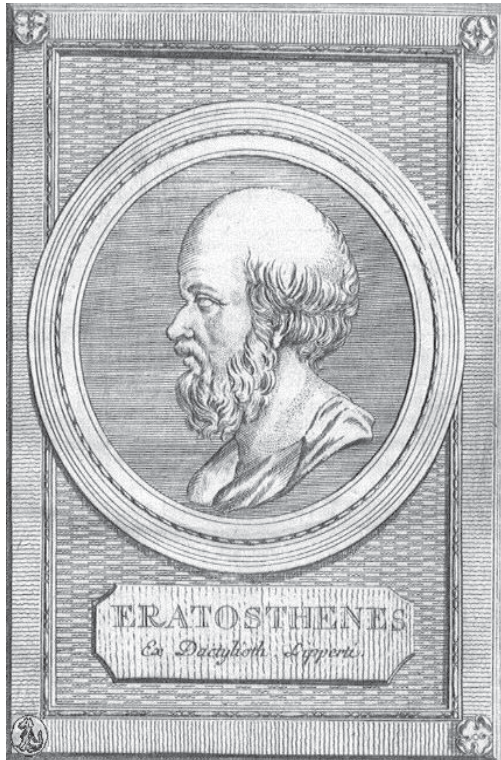
Bronze coin issued by Antiochus IV Epiphanes, 200 BC



Greek drachma of Aegina, 700-550 BC

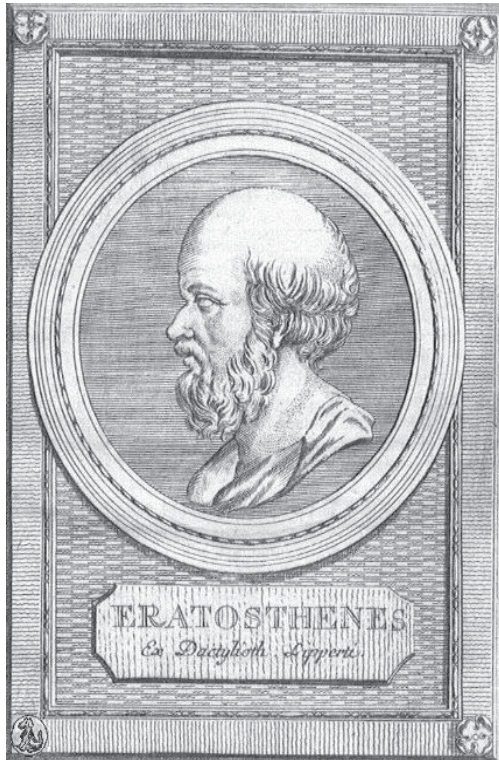
Eratosthenes (276-194 BC) Syrene, Greece

Mathematician, geographer, poet, and astronomer



Eratosthenes (276-194 BC) Syrene, Greece

Mathematician, geographer, poet, and astronomer



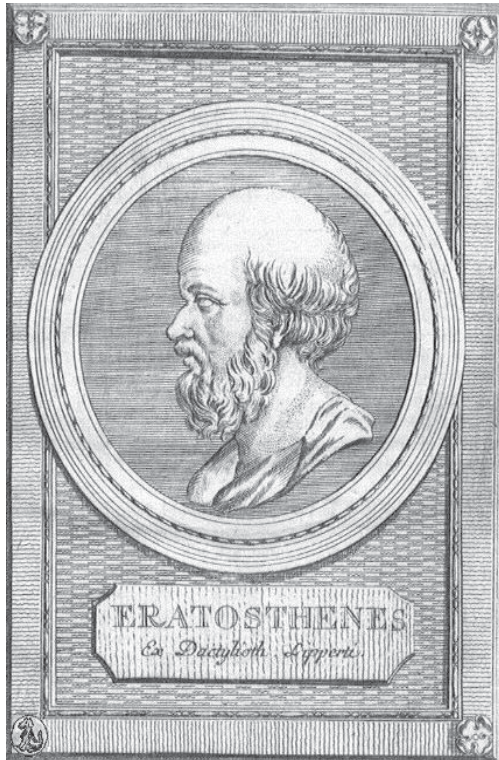
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100



Calculating prime numbers with the sieve of Eratosthenes

Eratosthenes (276-194 BC) Syrene, Greece

Mathematician, geographer, poet, and astronomer



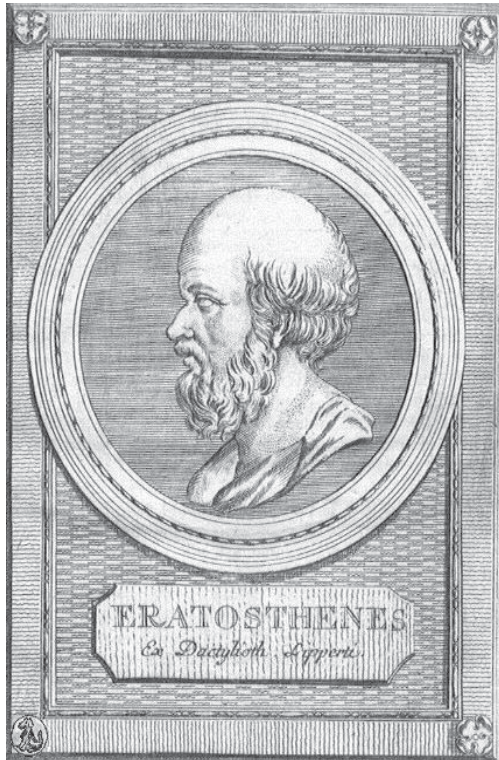
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100



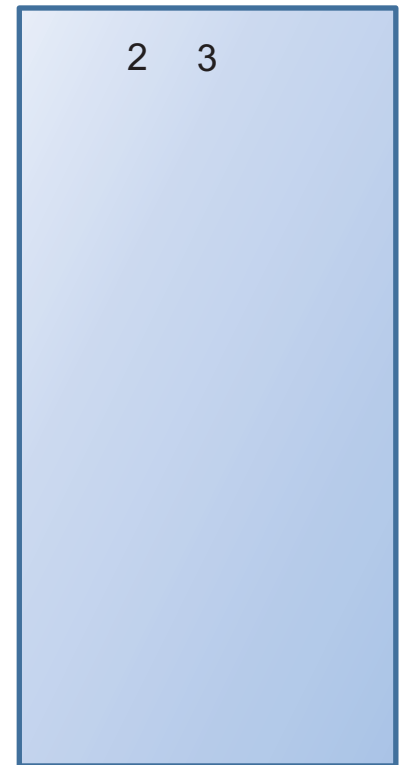
Calculating prime numbers with the sieve of Eratosthenes

Eratosthenes (276-194 BC) Syrene, Greece

Mathematician, geographer, poet, and astronomer



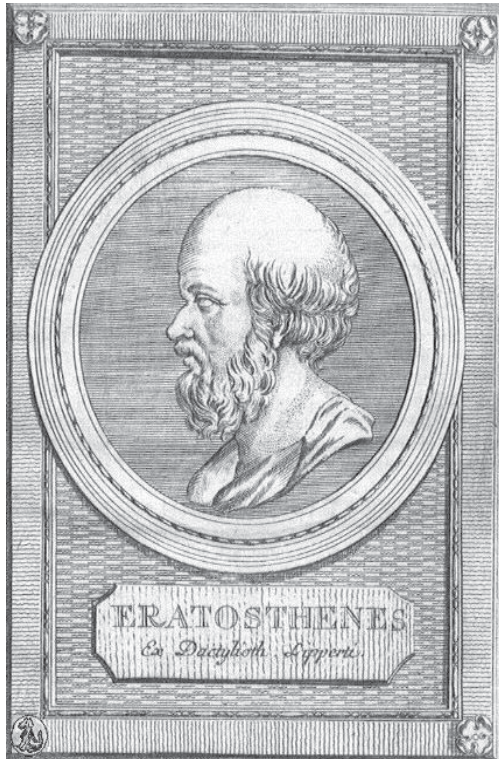
1	2	3		5	7		9	
11		13		15		17		19
21		23		25		27		29
31		33		35		37		39
41		43		45		47		49
51		53		55		57		59
61		63		65		67		69
71		73		75		77		79
81		83		85		87		89
91		93		95		97		99



Calculating prime numbers with the sieve of Eratosthenes

Eratosthenes (276-194 BC) Syrene, Greece

Mathematician, geographer, poet, and astronomer



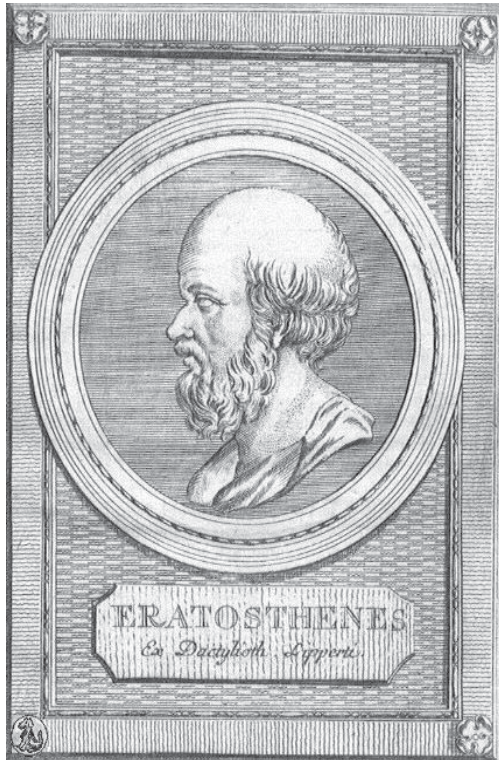
1	2	3		5	7			
11		13			17		19	
		23		25			29	
31				35	37			
41		43			47		49	
51		53		55			59	
61				65	67			
71		73			77		79	
		83		85			89	
91				95	97			



Calculating prime numbers with the sieve of Eratosthenes

Eratosthenes (276-194 BC) Syrene, Greece

Mathematician, geographer, poet, and astronomer



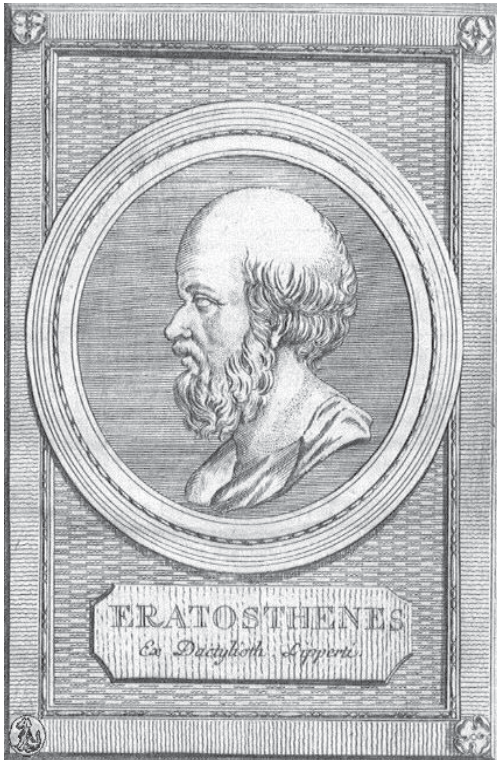
1	2	3		5	7			
11		13			17		19	
		23					29	
31					37			
41		43			47		49	
51		53					59	
61					67			
71		73			77		79	
		83					89	
91					97			

	2	3	5	7				

Calculating prime numbers with the sieve of Eratosthenes

Eratosthenes (276-194 BC) Syrene, Greece

Mathematician, geographer, poet, and astronomer



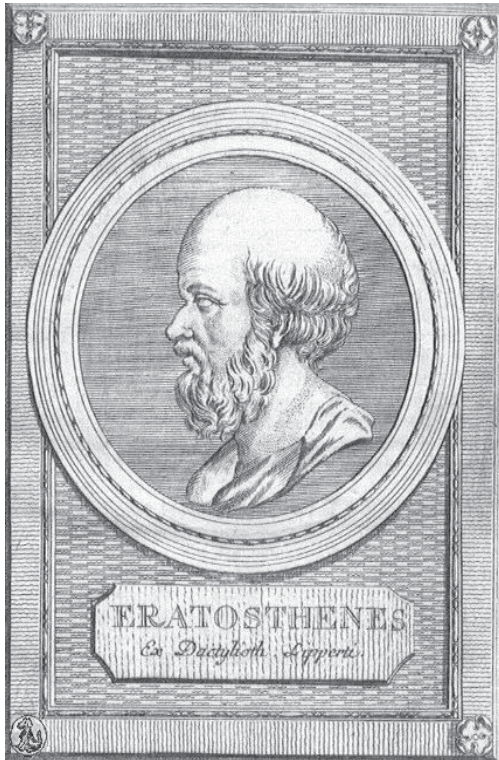
1	2	3		5	7			
11		13			17		19	
		23					29	
31					37			
41		43			47			
51		53					59	
61					67			
71		73					79	
		83					89	
					97			

	2	3	5	7
--	---	---	---	---

Calculating prime numbers with the sieve of Eratosthenes

Eratosthenes (276-194 BC) Syrene, Greece

Mathematician, geographer, poet, and astronomer



1	2	3		5	7			
11		13			17		19	
		23					29	
31					37			
41		43			47			
51		53					59	
61					67			
71		73					79	
		83					89	
					97			

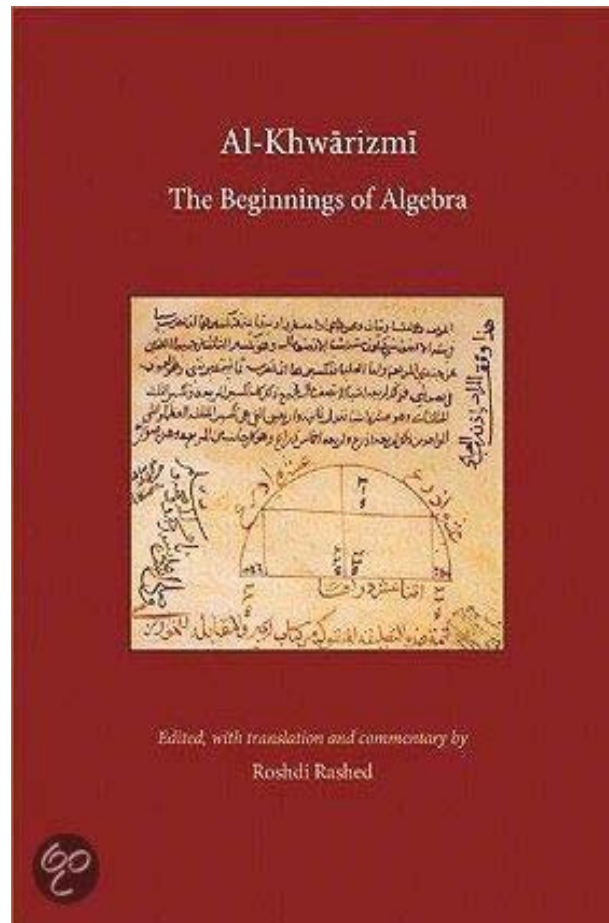
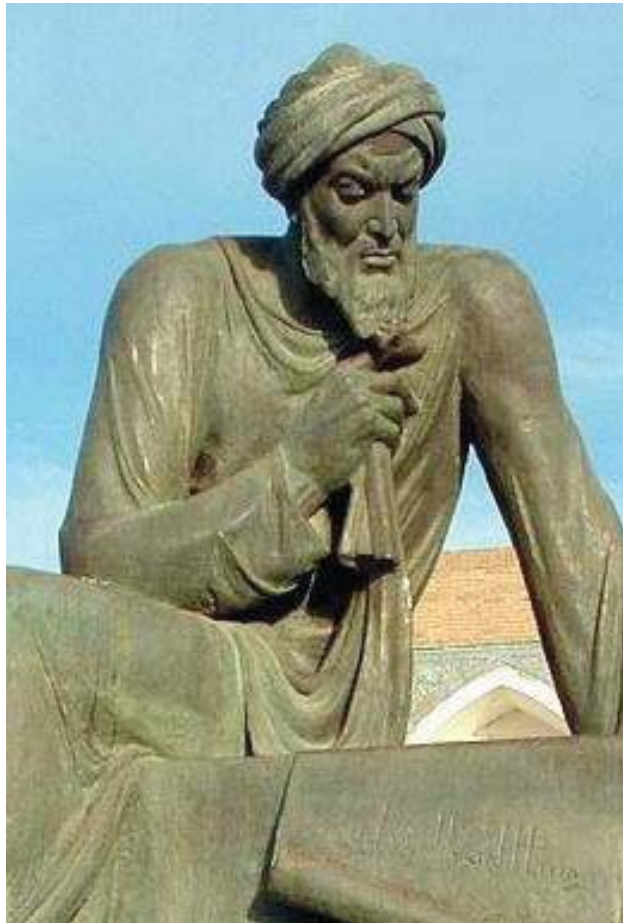
	2	3	5	7
11	13	17	19	23
29	31	37	41	43
47	51	53	59	61
67	71	73	79	83
89	97			

Calculating prime numbers with the sieve of Eratosthenes

Mohammed ibn Moesa al-Chwarizmi

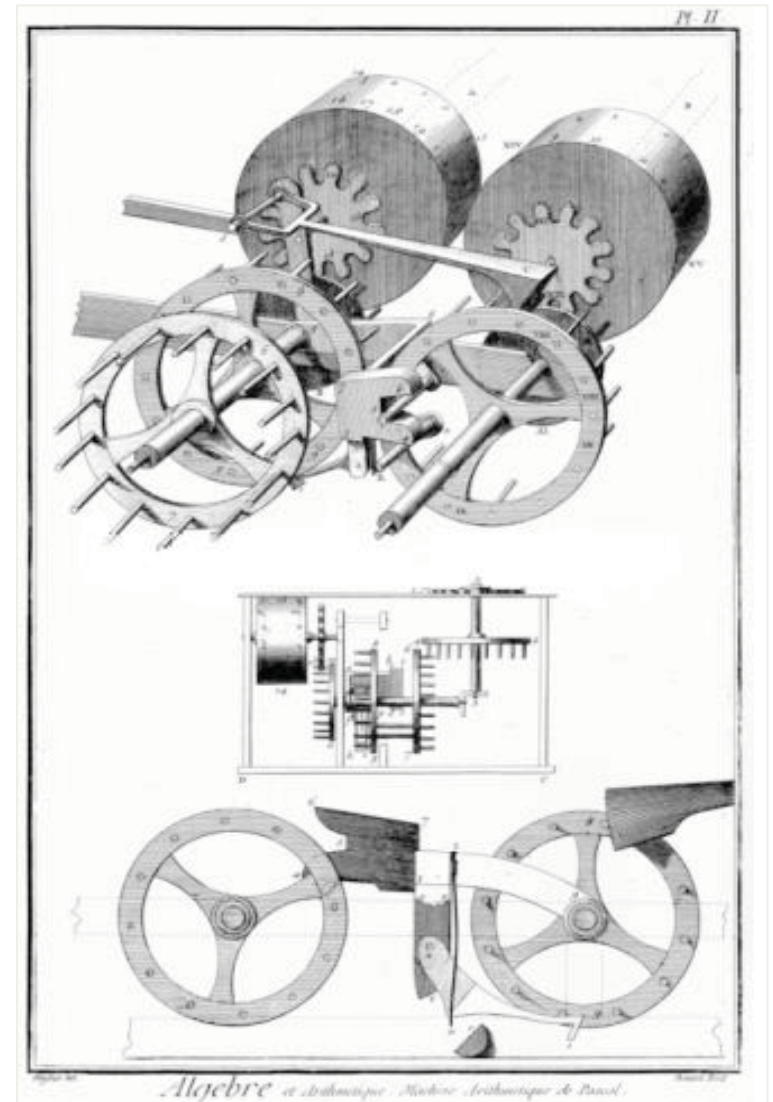
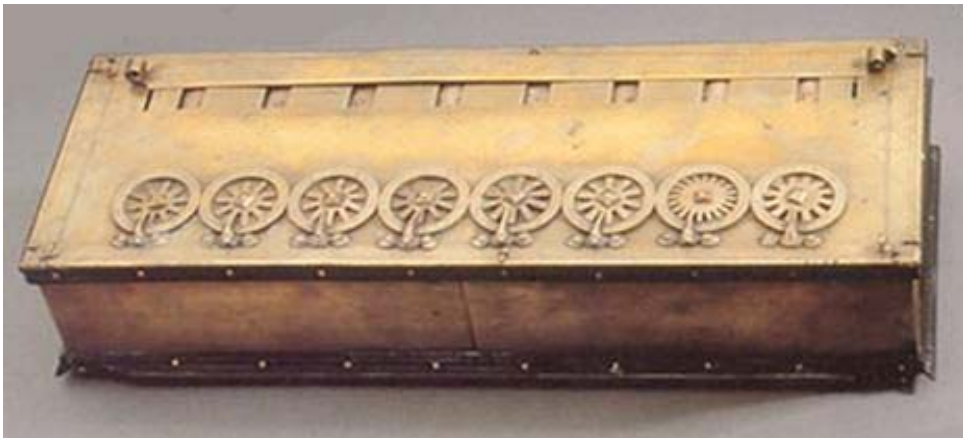
(780-850) Bagdad, mathematician & astronomer

Name giver of the notions *algebra* and *algorithm*



Blaise Pascal (1623-1662) *Mathematician and Scientist*

Founder of the mechanical calculator


$$\begin{array}{r} 101 \\ 2408 \\ 1656 \\ \hline 4064 \end{array}$$


Kurt Gödel (1906-1978) *Logician*

Provider of deep insights in mathematical logic

The Inconsistency Theorem

1. If an axiomatic system is consistent it cannot be complete
2. The consistency of the axioms cannot be proven within the system

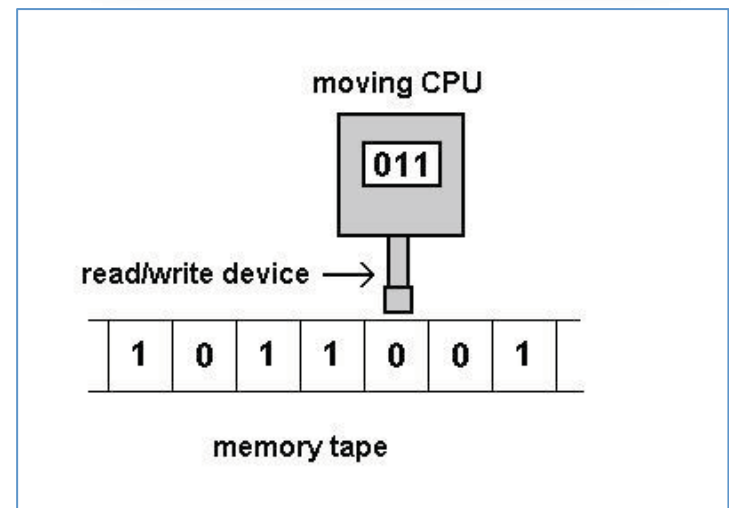
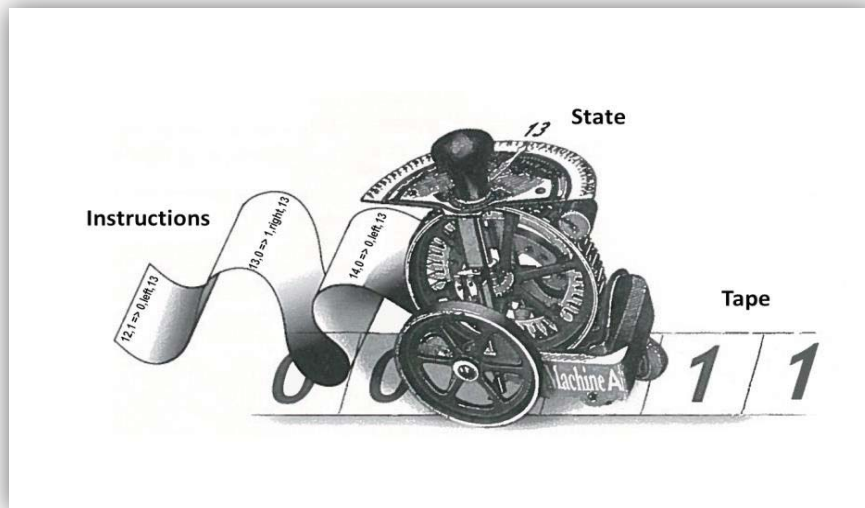


K. Gödel, Über formal unentscheidbare Sätze der "Principia Mathematica" und verwandter Systeme I, Monatshefte für Mathematik und Physik **38** (1931), 173–198.

Alan Turing (1912-1954) *Mathematician and Scientist*

$M = \langle Q, \Gamma, b, \Sigma, \delta, q_0, F \rangle$

- Q : set of initial states
- Γ : set of tape symbols
- $b \in \Gamma$: blank
- $\Sigma \in P(\Gamma \setminus \{b\})$: set of input symbols
- $q_0 \in Q$: initial state
- $F \in P(Q)$: set of accepting states
- $\Delta : Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$: transition function



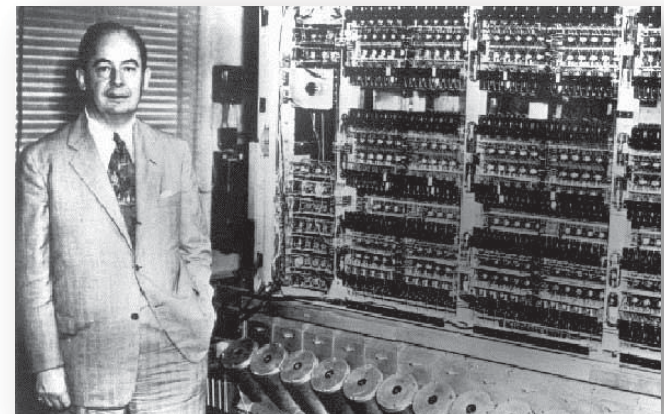
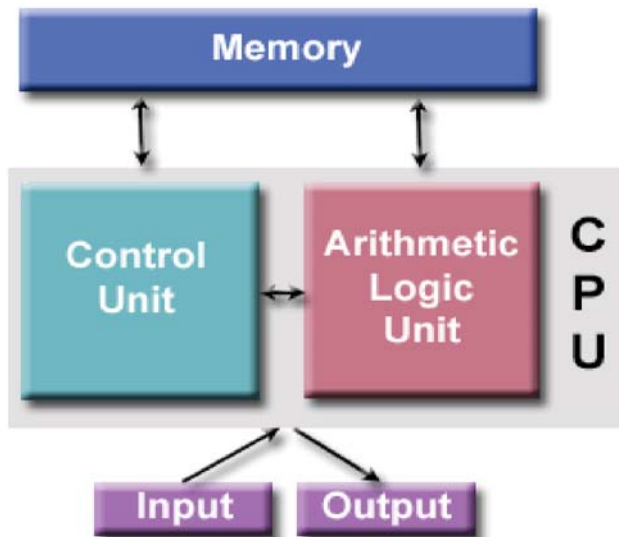
A. Turing, *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*, Proceedings of the London Mathematical Society 42 (1936)

John von Neumann (1903-1956) *Budapest, Mathematician*

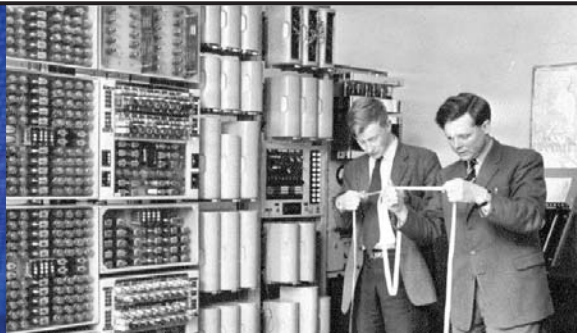
The Von Neumann architecture

J. Von Neumann (1945): Draft Report on the EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)

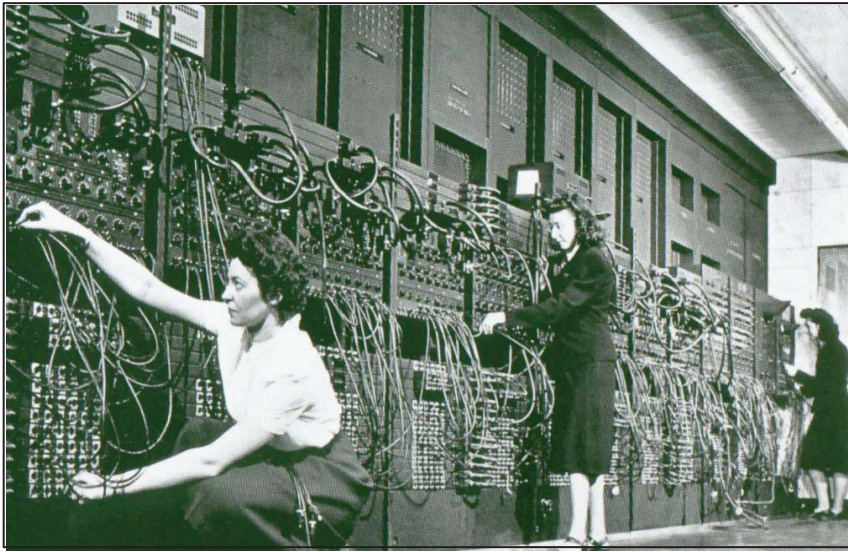
A.M. Turing (1945): Proposal for Development in the Mathematics Division of an Automatic Computing Engine (ACE)



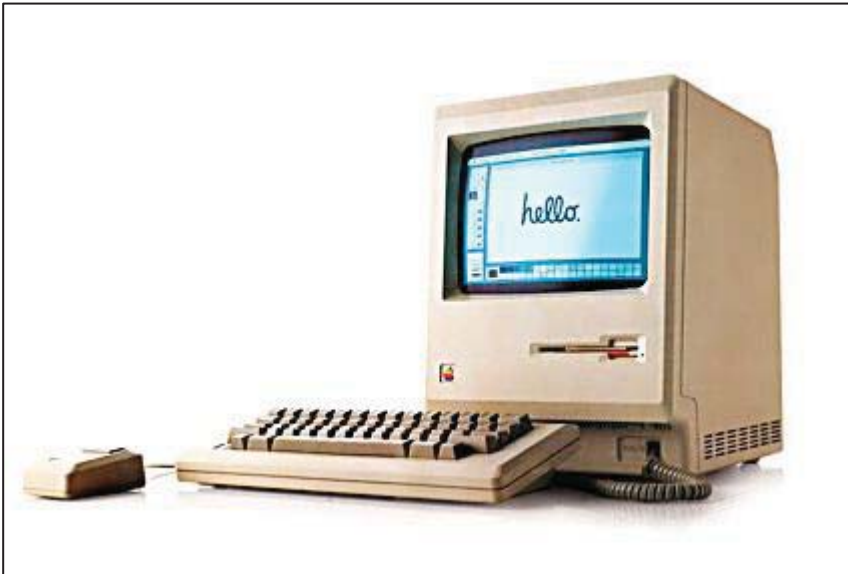
Disruptions in computing



Mainframe computing: empowering organizations



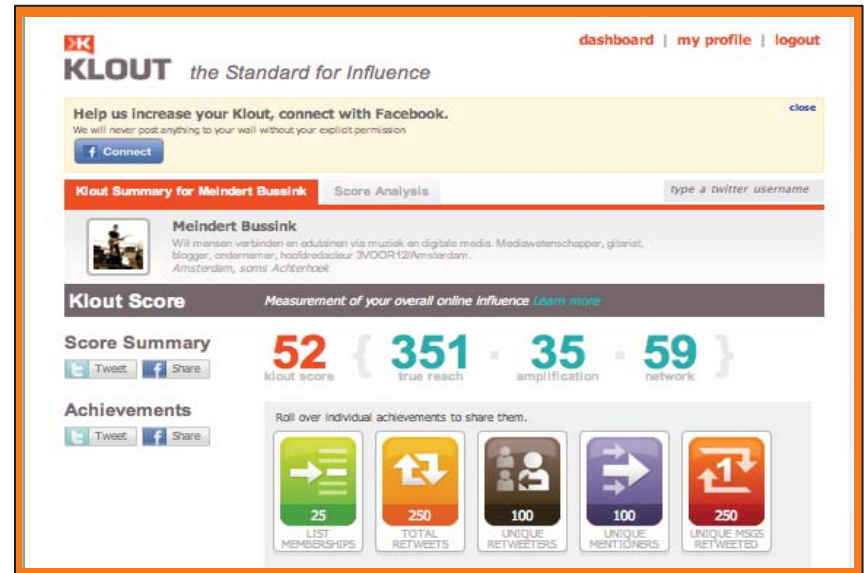
Personal computing: empowering people



Mobile computing: any time and anywhere



Social computing: into our social lives



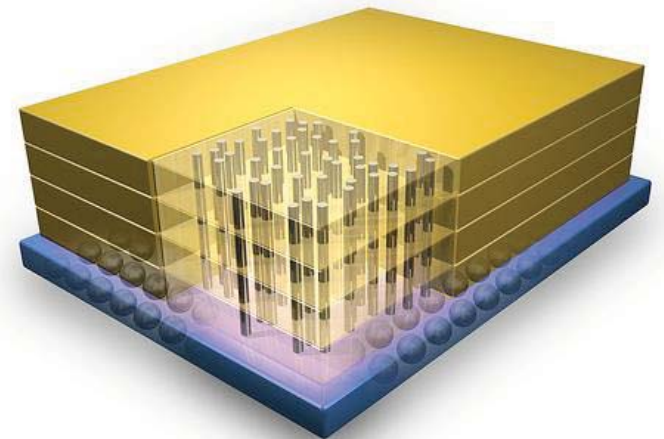
IBM is still driving Moore's Law

2011: Bernie Meyerson (director of innovation)

- 3D chips are designed to pack CPUs and storage so as to cope with efficiency, running at 5 gigahertz.
- 7 nanometer is the physical limit; we are now at 22 commercially.
- Experiments with 10 nanometer carbon nanotubes are promising.



ARMONK, N.Y. & BOISE, Idaho - 01 Dec 2011: IBM and Micron Technology, Inc. announced today that Micron will begin production of a new memory device using the first commercial CMOS manufacturing technology to employ through-silicon vias (TSVs) allowing speeds 15 times faster than today's technology

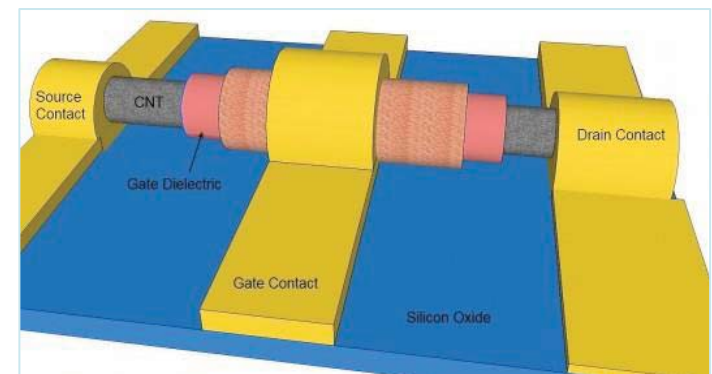
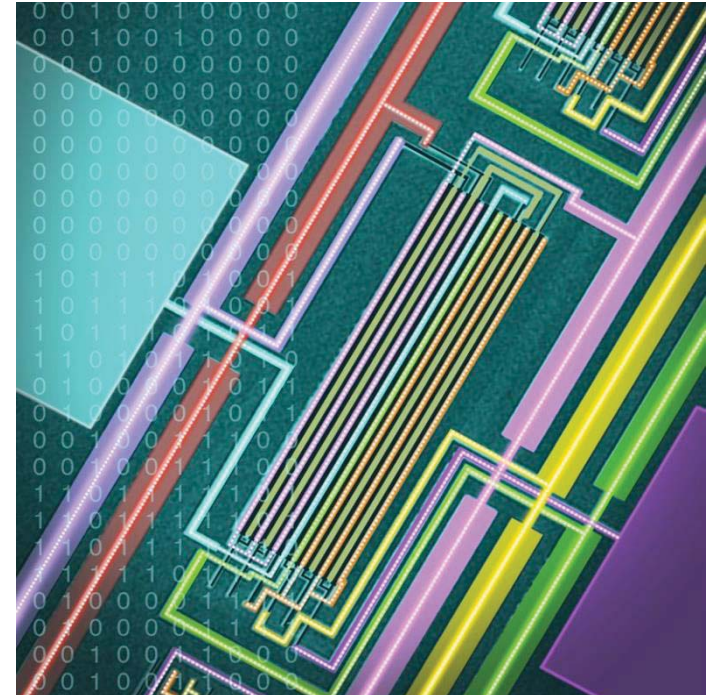


Nature 501, 526–530 (26 September 2013)

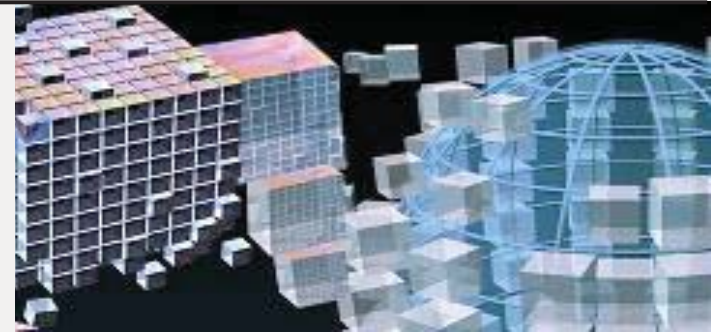
Scientist at Stanford University build first Carbon Nano Tube (CNT) Computer

Max M. Shulaker, Gage Hills, Nishant Patil, Hai Wei, Hong-Yu Chen, H.-S. Philip Wong and Subhasish Mitra

- First basic circuit blocks have been integrated using CNT transistors and 20 different instructions from the commercial MIPS instruction set.
- The CNT computer runs an operating system that is capable of multitasking: i.e., counting and integer-sorting simultaneously.



What's Next?





Mobile computing has put us online

5 Ways Mobile Technology Is changing our world

- 1. Elections Will Never Be The Same.** Registering voters
- 2. Bye-Bye, Wallets.** Phones replace your cards and cash
- 3. The Phone Knows All.** Companies and cops snoop on your digital life — whether you realize it or not
- 4. Your Life Is Fully Mobile.** We walk, talk and sleep with our phones. But are we more - or less - connected?
- 5. A Camera Goes Anywhere.** Even to the depths of the mines at the heart of its circuitry



The TIME mobility poll was carried out in cooperation with Qualcomm and conducted with 5000 respondents

Mobile Technology has ...



1. Made me feel safe and secure knowing that I get help if I need it

2. Improved life in general

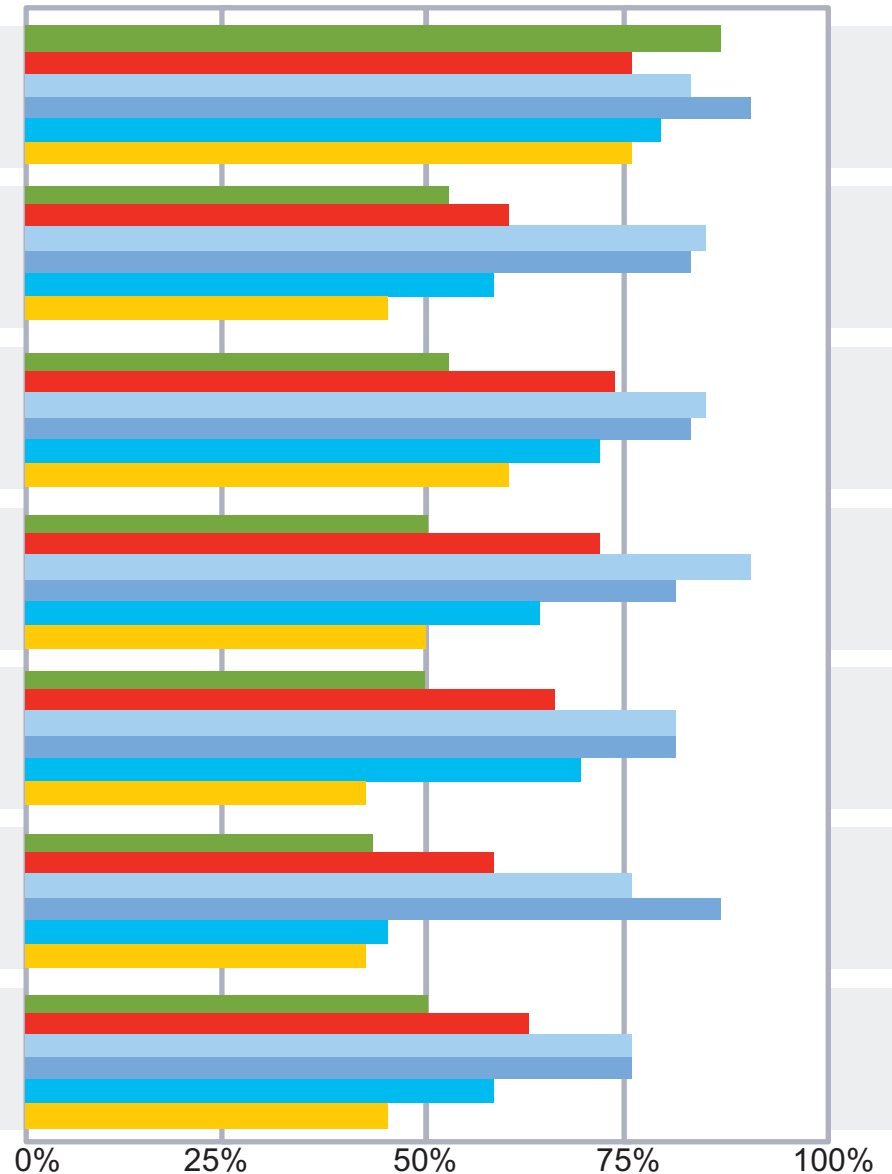
3. Given me access to a larger group of customers

4. Made it easier to access information to maintain the health of my family

5. Given citizens a greater voice

6. Helped me to achieve a better balance between work and family

7. Improved public education



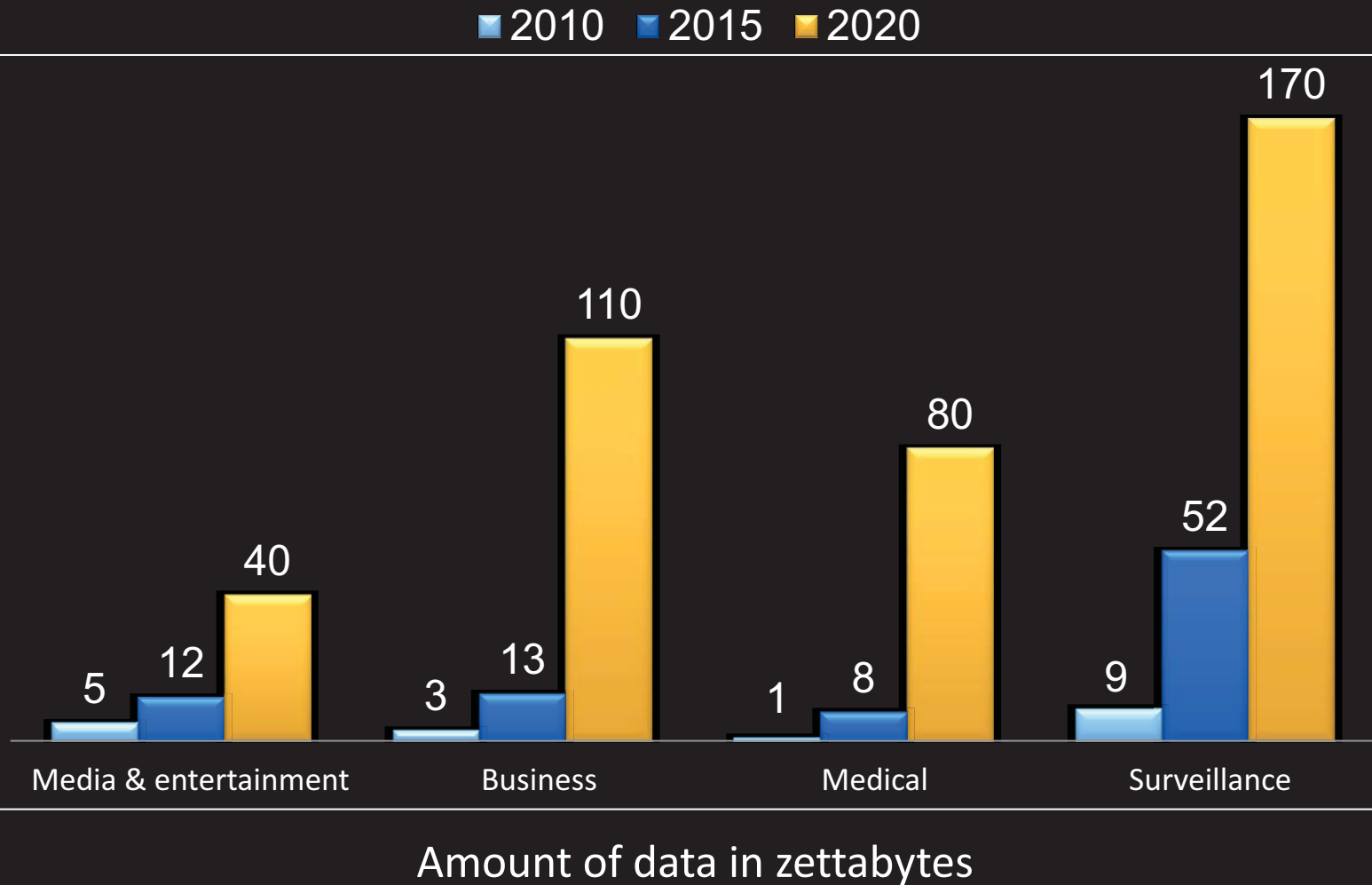
All this information is stored as data in bytes

1 byte	= 8 bits	1
1 kbyte	= 1024 bytes	1000
1 megabyte	= 1024 kbytes	1000000
1 gigabyte	= 1024 megabyte	1000000000
1 terabyte	= 1024 gigabyte	1000000000000
1 pentabyte	= 1024 terabyte	1000000000000000
1 exabyte	= 1024 pentabyte	1000000000000000000
1 zettabyte	= 1024 exabyte	1000000000000000000000
1 yottabyte	= 1024 zettabyte	1000000000000000000000000
1 brontobyte	= 1024 yottabyte	1000000000000000000000000000
1 geopbyte	= 1024 brontobyte	1000000000000000000000000000000

Web traffic: in 2013: 1 exabyte/day (in 2012: 1 exabyte/year), *source Cisco*

Data storage worldwide in 2020: 40 zettabytes, *source IDC*

The growth is referred to as the data explosion



We will be always-on

Lifeline with AutoAlert

Innovation enabling ambient assisted living for senior citizens

Insight

I am afraid to be left alone after a fall accident (senior). I would feel more secure if someone would look after my parents (children).

Solution

- Auto-alert system that responds to emergency situations
- Intelligent alarm system that responds only after fall and inactivity
- Reliable fall detection service

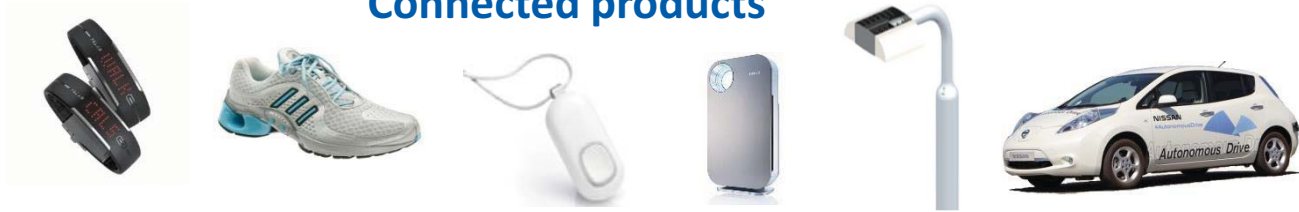
Benefit

- Positive response to over 30,000 calls daily, with more than 720,000 subscribers using the Lifeline service in North America.

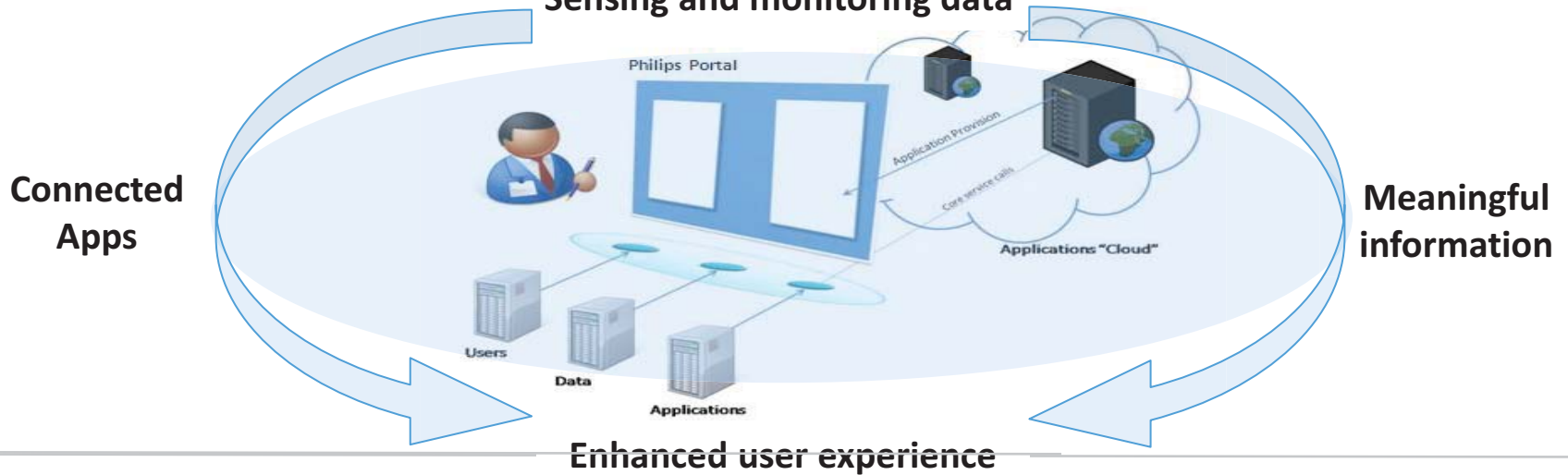


The Always-On Society connects

Connected products



Sensing and monitoring data



Connected Solutions

Health and wellbeing

Aware, adaptive, and responsive health solutions

Quantified Self



Monitors non-intrusively biomarkers of various body functions and feeds information back to the individual.

Life style management



Monitors personal activity and provides coaching feedback to balance daily-life.

Clinical decision support

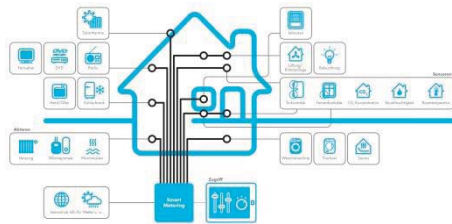


Provides instant clinical decision support by correlating information from different part of uncorrelated sources.

Sustainable development

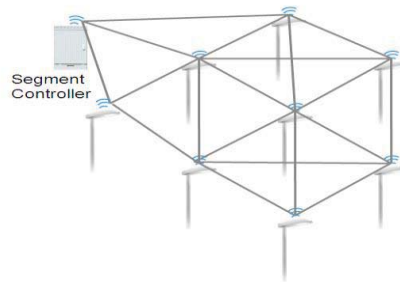
Smart, pro-active, and low energy environmental solutions

Smart homes



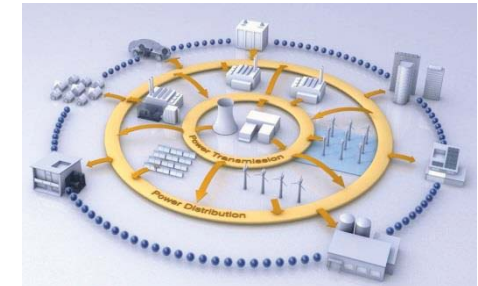
Monitors the habitation of buildings/or homes and provides feedback on the use of resources.

Intelligent street lighting



Supports local control of outdoor lighting solutions and adapts and adjust to contextual changes.

Smart power grids

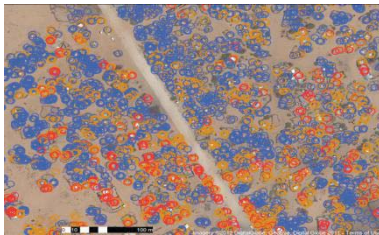
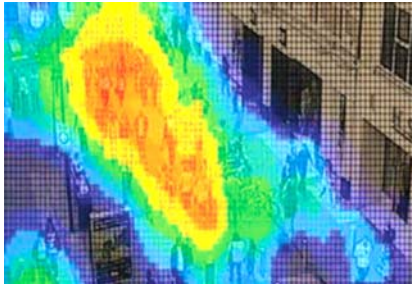


Measures, monitors, and manages energy production, transport, and consumption is heterogeneous distributed grids.

Smart Cities and Mobility

Aware and adaptive urban solutions

Crowd management



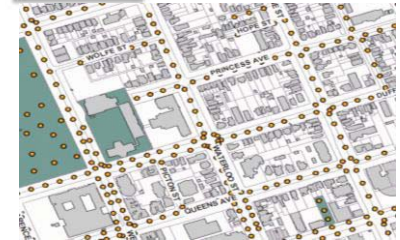
Allows to monitor and control crowds of people in public settings

Autonomous driving



Connects car to traffic management systems in order to facilitate independent and autonomous driving.

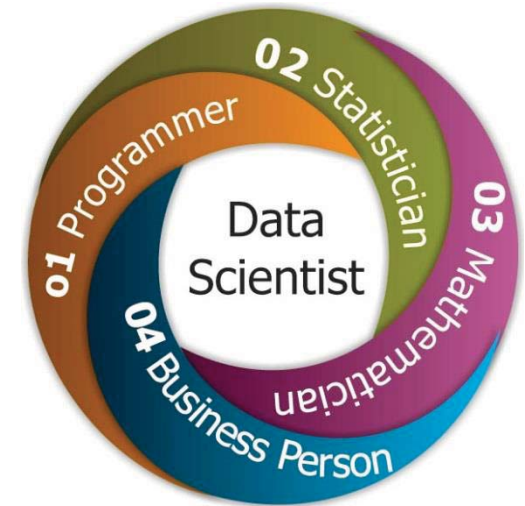
City management



Enables adaptive outdoor lighting and supports urban service management and commissioning.

The Data Scientist is a new breed

- Too much data, too few analysts: in 2015 there is a need of 4.4 million analysts worldwide; only 25% can be met - *Gartner, 2012*
- The “data scientist.” It’s a high-ranking professional with the training and curiosity to make discoveries in the world of big data - *D.J. Patil and Jeff Hammerbacher, 2008*
- “Data Governance is bound to become the trend” - *Bob Nieme, 2012*



Adversitement : the most sustainable Fast 50 company



THE MAGAZINE
October 2012

ARTICLE PREVIEW To read the full article, [sign-in](#) or [register](#). HBR subscribers, click [here to register for FREE access](#) »

Data Scientist: The Sexiest Job of the 21st Century

Thomas H. Davenport is a visiting professor at Harvard Business School and a senior adviser to Deloitte Analytics, D.J. Patil is the data scientist in residence at Greylock Partners and formerly the head of data products at LinkedIn

What's in it for us?

**THE BEST
UNIVERSITY
WORKPLACE**



Department of
Mathematics and
Computer Science



TU **e**

Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

Where innovation starts

Who are we?

Our track record in numbers is strong

- Founded in 1957 as Mathematics Department
- Start of Computer Science in 1981
- 3000 Masters of Science
- 600 Post Doctoral Engineers
- 500 PhD Theses
- 12000 scientific publications



We value our roots

Our great ancestors have founded our beliefs



Edsger Dijkstra (1930-2002)

- Principal contributor to the development of the ALGOL
- Proponent of the science and art of structured programming
- Turing Award recipient in 1972



Jaap Seidel (1919 – 2001)

Restructuring of education in mathematics , founding father of the TU/e Mathematics department



Dick de Bruijn (1918 – 2012)

De Bruijn Sequences, Automath



Jack van Lint (1932 – 2004)

Discrete mathematics and coding theory

... and we proudly sustain these values



2012: Johan van Leeuwen
receives Erlang Prize



2013: Remco Duits receives
ERC Starting Grant

2013: Four
department
members in
Palsberg list
(h-Index > 40)
Wil v.d. Aalst
attains highest
h-index in EU



2012: Wil van der Aalst
awarded honorary doctor



2013: Nikhil Bansal receives
ERC Consolidator Grant



2012: Bettina Speckmann
receives VICI Grant

2012: Nikhil Bansal and Michiel Hochstenbach
receive Vidi Grants

2012-2013: NWO Open Competition grants

- Kevin Buchin and Michel Westenberg: A framework for progressive, user-steered algorithms in visual analytics
- Rudi Pendavingh: Random matroids
- Johan van Leeuwen: Realistic models for large service systems in heavy traffic
- Wil van der Aalst: Don't search for the undesirable
- Luc Florack: Riemann-Finsler geometry for human brain connectomics

We apply a five star student centricity approach



State of the art facilities



Outstanding teachers



Many compelling programs



Excellent student support



Smartest region of the world





PRE-ANNOUNCEMENT and INVITATION

TU e Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

Launch Symposium:
Turning Data into Value

Auditorium TU/e, Eindhoven
9:00-17:00, December 2nd, 2013

And finally

Every man's life ends the same way.
It is only the details of how he lived and how he died
that distinguish one man from another
Ernest Hemingway



‘Nederlandse wetenschap is aan grote revisie toe’

Science in Transition

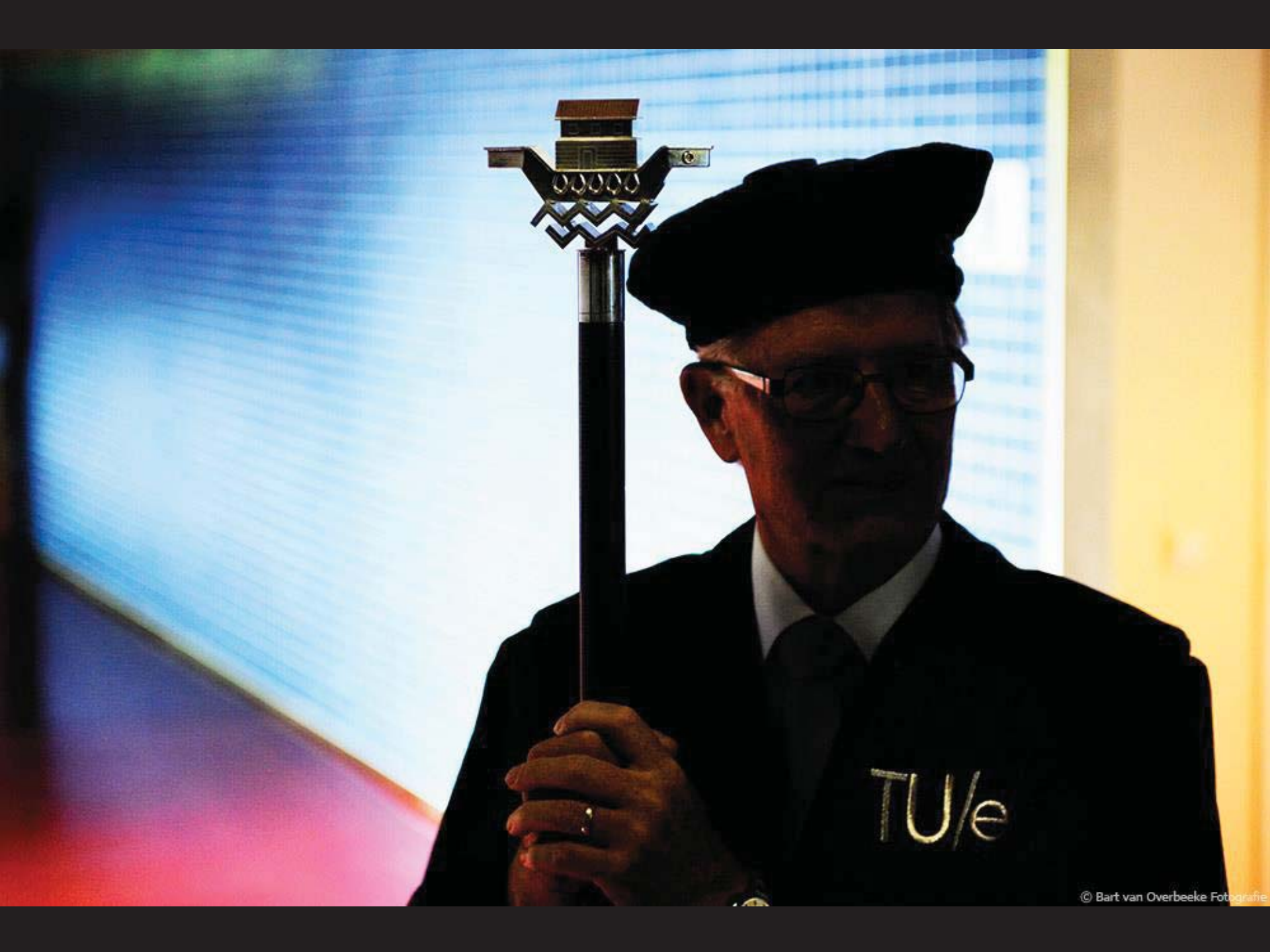
Huub Dijkstra (Universiteit van Amsterdam), Frank Miedema (Universiteit Utrecht), Wijnand Mijnhardt (Descartes Centrum), Frank Huisman (Descartes Centrum), en Jerry Ravetz University Oxford)

Science in Transition wants to eliminate the many rankings and lists that provoke scientists and universities to engage in a perverse competition

- Involve society in the programming of scientific programs
- Measure scientific results by their societal impact
- Broaden the scientific basis in the academic education
- Scientists should be more transparent about conflicts
- Study the sociological and economical basis of science

AWT: Zet topsectorenbeleid meer in op maatschappelijke uitdagingen

AWT rapport "Waarde creëren uit maatschappelijke uitdagingen", 21 oktober 2013



TU/e

The meaning of things is relative

The Three Oddest Words

When I pronounce the word **Future**,
the first syllable already belongs to the past.

When I pronounce the word **Silence**,
I destroy it.

When I pronounce the word **Nothing**,
I make something no non-being can hold.

By Wislawa Szymborska



Wislawa Szymborska, 1923-2012



Thank you!