

**From Universal Morphisms  
to Megabytes:  
A Baayen Space Odyssey**



# **From Universal Morphisms to Megabytes: A Baayen Space Odyssey**

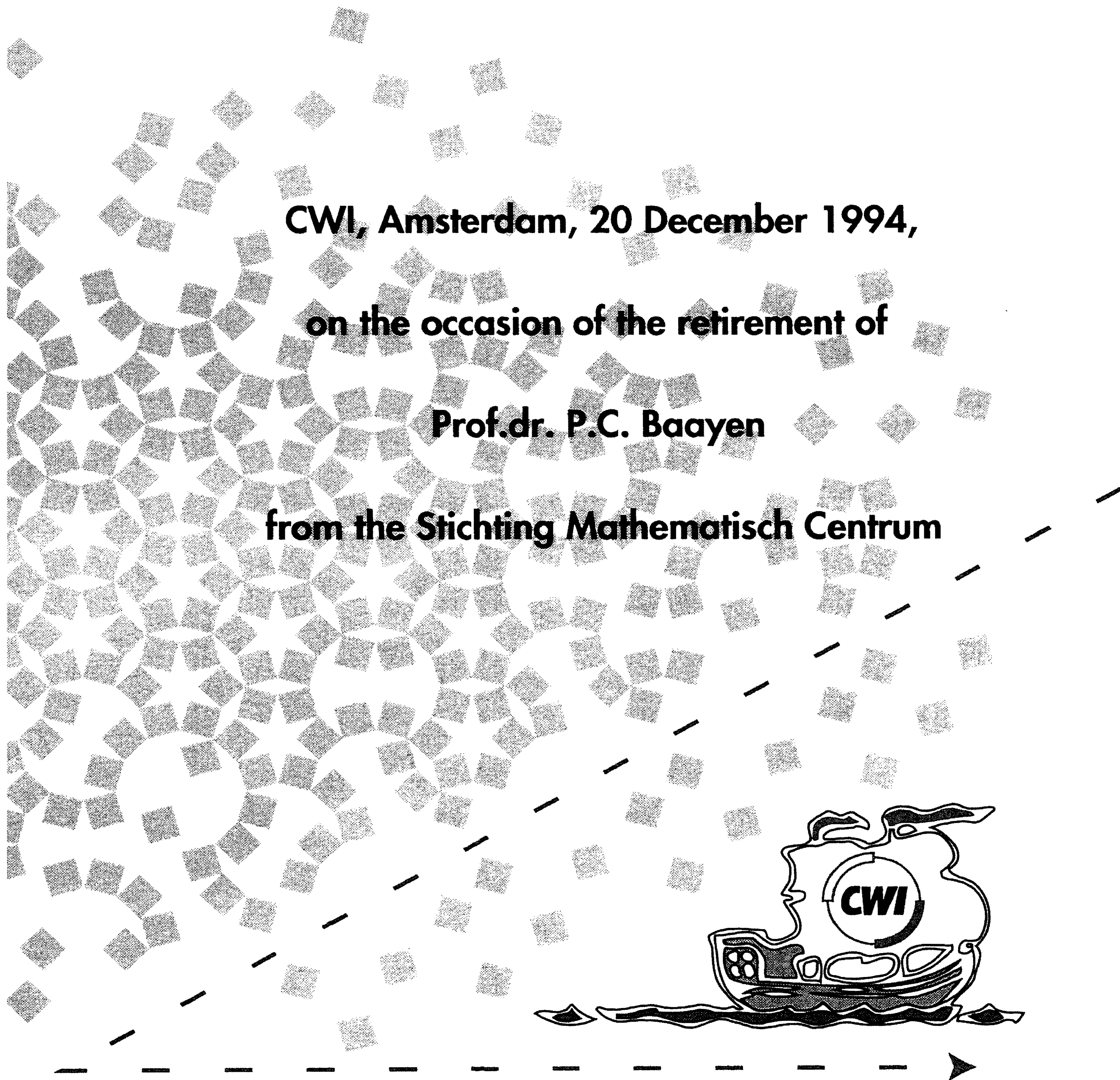
**Editors: Krzysztof Apt, Lex Schrijver and Nico Temme**

**CWI, Amsterdam, 20 December 1994,**

**on the occasion of the retirement of**

**Prof.dr. P.C. Baayen**

**from the Stichting Mathematisch Centrum**



**Editors**

Krzysztof R. Apt  
Alexander Schrijver  
Nico M. Temme

**Executive editor**

Miente Bakker

**Printing and binding**

Rudy de Leeuw  
Jan Schipper  
Wim Tossijn  
Jos van der Werf

**Cover design**

Tobias Baanders

**Photographs**

Sjoerd Mullender  
Baayen Family Archives  
Photo Archive SMC

**Publication date**

December 20, 1994

Copyright © 1994 Stichting Mathematisch Centrum

Each separate contribution:

Copyright © 1994 the author(s)

Printed at CWI

Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam

Kruislaan 413, 1098 SJ Amsterdam

Telephone +31 20 592 9333

Telefax +31 20 592 4199

ISBN 90 6196 450 4

## Contents

<i>Editorial</i>	ix
<i>Een woord vooraf</i> door G.Y. NIEUWLAND, voorzitter Curatorium SMC	xi
<i>Curriculum Vitae Pieter Cornelis Baayen</i>	3
<i>Promovendi Prof.dr. P.C. Baayen</i>	5
<i>Dat was volkomen abracadabra voor me, maar het leek me wel heel erg interessant</i> — Een interview met Cor Baayen, door Lex Schrijver	7
<b>Scientific Contributions</b>	
KO ANTHONISSE AND JAN KAREL LENSTRA <i>Operational Operations Research at the Mathematical Centre</i>	59
KRZYSZTOF R. APT AND FRANK TEUSINK <i>Comparing Negation in Logic Programming and in Prolog</i>	65
F. ARBAB AND I. HERMAN <i>The Manifold Coordination Language</i>	85
R. HARALD BAAYEN <i>The randomness assumption in word frequency statistics</i>	125
HENK BARENDREGT <i>Discriminating coded lambda terms</i>	141
A. BENSOUSSAN <i>New Trends in Applied Mathematics</i>	153
JOHAN VAN BENTHEM <i>A New World Underneath Standard Logic: Cylindric Algebra, Modality and Quantification</i>	179
JAN BERGSTRA, JAN HEERING, AND JAN WILLEM KLOP <i>Introductory note to "Object-Oriented Algebraic Specification"</i>	187
J.A. BERGSTRA, J. HEERING, AND J.W. KLOP <i>Object-Oriented Algebraic Specification: Proposal for a notation and 12 examples</i>	188
O.J. BOXMA <i>Polling systems</i>	215
A.E. BROUWER <i>Finite graphs in which the point neighbourhoods are the maximal independent sets</i>	231
DICK C.A. BULTERMAN <i>A Framework for Adaptive Networked Multimedia</i>	235

ARJEH M. COHEN	
<i>Yet Another Lecture on the Icosahedron</i>	247
JEAN-ANTOINE DÉSIDÉRI, PIETER W. HEMKER, BARRY KOREN, AND MARIE-HÉLÈNE LALLEMAND	
<i>Research in Computational Fluid Dynamics, Stimulated by ERCIM</i>	269
JAN VAN EIJCK	
<i>A Natural Term Language</i>	287
PETER VAN EMDE BOAS	
<i>The full non-renameability result; a lost tale</i>	301
LOUK FLEISCHHACKER	
<i>Mathematics as the Paradigm for Metaphysics</i>	311
MICHIEL HAZEWINDEL	
<i>The Wouthuyzen Equation</i>	323
JAN HEERING AND PAUL KLINT	
<i>Prehistory of the ASF+SDF System (1980–1984)</i>	341
I. HERMAN, P.J.W. TEN HAGEN, AND G. REYNOLDS	
<i>Premo: An ISO Standard for a Presentation Environment for     Multimedia Objects</i>	347
P.J. VAN DER HOUWEN	
<i>On the History of Runge-Kutta Methods</i>	363
MICHAEL KEANE	
<i>The Essence of the Law of Large Numbers</i>	377
P. KLINT	
<i>Het Europese ESPRIT Programma: Een Persoonlijk Perspectief</i>	383
TOM H. KOORNWINDER	
<i>Special Functions Associated with Root Systems: Recent Progress</i>	391
A.A.M. KUIJK, P.C. MARAIS, AND E.H. BLAKE	
<i>Adaptive Spline-Wavelet Image Encoding and Real-Time Synthesis     on a VLSI Difference Engine for Image Generation</i>	405
WALTER M. LIOEN AND JAN VAN DE LUNE	
<i>Systematic Computations on Mertens' Conjecture and Dirichlet's     Divisor Problem by Vectorized Sieving</i>	421
JAN VAN MILL	
<i>Actions on the Hilbert cube</i>	433
HENRY MARTYN MULDER	
<i>The Expansion Theorem for Median Graphs</i>	437
ARD OVERKAMP AND JAN H. VAN SCHUPPEN	
<i>Control of Discrete Event Systems – Research at the Interface of     Control Theory and Computer Science</i>	453
ARJAN PELLENKOFT, CÉSAR GALINDO-LEGARIA, AND MARTIN KERSTEN	
<i>Fast, Randomized Join-Order and Join-Method Selection Combined     with Transformation Based Optimization</i>	469

H.J.J. TE RIELE		
	<i>Job scheduling on a parallel shared memory bus computer</i>	485
ALEXANDER SCHRIJVER		
	<i>Rambling along paths, trees, flows, curves, knots, and rails</i>	493
ARNO SIEBES		
	<i>Data Mining: Exploratory Data Analysis on Very Large Databases</i>	535
N.M. TEMME		
	<i>Bernoulli Polynomials Old and New: Problems in Complex Analysis and Asymptotics</i>	559
A.S. TROELSTRA		
	<i>Kleene's Realizability</i>	577
FRITS W. VAANDRAGER		
	<i>Verification of a Distributed Summation Algorithm</i>	593
J.G. VERWER AND B.P. SOMMEIJER		
	<i>Stability Analysis of a Difference Scheme for Three-Dimensional Advection-Diffusion Problems</i>	609
PAUL VITÁNYI		
	<i>Randomness</i>	627

## Editorial

This book is offered to Cor Baayen, whose association with the Stichting Mathematisch Centrum (SMC) has lasted for over 35 years. From 1959 until 1965 Cor worked as a scientific researcher at the Department of Pure Mathematics. In 1965 he was appointed head of this department, and also professor of mathematics at the Free University in Amsterdam. In 1980 he became Director of the Stichting Mathematisch Centrum, which position he has held until now.

In the course of the time the ship he was the captain of changed its name — from *Mathematisch Centrum* to *Centrum voor Wiskunde en Informatica* — and traveled not only in time but also in space — from an old-fashioned and run-down school-building at the Tweede Boerhaavestraat to the friendly and comfortable manor in the Watergraafsmeer, below sea level. It also considerably grew, among others by further embracing computer science and by expanding its work in applied mathematics.

Cor steered this ship vigorously through ever-changing waters, sometimes with a full wind behind, sometimes against the wind. At his initiative a number of research areas were initiated or stimulated at CWI, like discrete mathematics, computational linguistics, computer algebra, cryptography, image analysis, performance analysis, interface technology. Thanks to his efforts the INSP-support became available for CWI, and the most successful and continuously growing conglomerate of European research institutes in mathematics and computer science — ERCIM — was created.

His enthusiasm for and interest in the research carried out at CWI can be illustrated best by the fact that he could effortlessly give overview lectures about the scientific work carried out at the institute. Started as a pure mathematician (with a thesis called “Universal Morphisms”), he has spent tireless efforts to get acquainted with the latest developments in mathematics and computer science — which he saw as essential for a Director of SMC —, so as to become authoritative in both disciplines alike.

We are very grateful to all those who contributed to the realization of this book. We thank Miente Bakker for managing the editorial process, Coby van Vonderen for substantial secretarial support, Sjoerd Mullender for making photographs, Tobias Baanders for designing the cover, Rudy de Leeuw, Jan Schipper, Wim Tossijn, and Jos van der Werf for printing and binding the book (the largest project ever of CWI’s printing division), and all authors for their articles.

We thank them all also for observing the short deadlines we imposed. The fact that they all met these deadlines shows the esteem they hold for Cor and expresses their appreciation for his dedication to the advancement of science. The breadth spanned by the contributions, from pure mathematics to applied computer science, reflects very well the space created and inspired by Cor for performing fundamental and applied research. The book thus offers the reader a science non-fiction odyssey through Baayen Space.

Cor, by putting this book with so many diverse contributions into your hands we hope to sustain your interest in mathematics and computer science. In your heart you have always remained a scientist. And scientists never retire. They just withdraw with yet another scientific book into their arm chair.

Also on behalf of all contributors to this volume, we wish you all the best in the next stage of your life. You were associated with the Mathematisch Centrum for well more than half of both your life and that of the Centrum. The Centrum bears your imprint and it remains yours!

*Krzysztof Apt*

*Lex Schrijver*

*Nico Temme*



## Een woord vooraf

G.Y. Nieuwland  
voorzitter Curatorium SMC

Prof.Dr P.C. Baayen zal op 20 december 1994, D.V. — degenen die hem kennen weten dat deze toevoeging voor hem betekenis heeft — afscheid nemen als Wetenschappelijk Directeur van de Stichting Mathematisch Centrum.

Hij heeft deze functie sinds 1980 vervuld en bepaalde in die periode nationaal en internationaal in veel opzichten het gezicht van de Stichting en haar instituut CWI.

Voor het wetenschappelijk directoraat bestaan in principe twee modellen: bij het eerste ligt het accent op de voorbeeldfunctie van de eigen wetenschappelijke prestatie van de leider van de organisatie, bij de tweede op zijn functie als stuurman. Ik vermoed dat ook de eerste rol Baayen goed gelegen zou hebben. Maar er viel voor hem weinig te kiezen: al kort na zijn optreden als directeur werd duidelijk dat met name het instituut van de Stichting respons diende te geven op de uitdaging die vanuit de maatschappij werd gesteld. Daarmee ging het CWI een traject in dat aan de stuurmanskunst van de directie tot dusver ongekende eisen stelde. In deze bundel komt die kant van Baayen's werk alleen impliciet aan de orde; de redactie heeft ervoor gekozen juist de sporen te boekstaven die hij daarnaast — haast schreef ik: desnietteminste — in wetenschappelijk opzicht heeft getrokken.

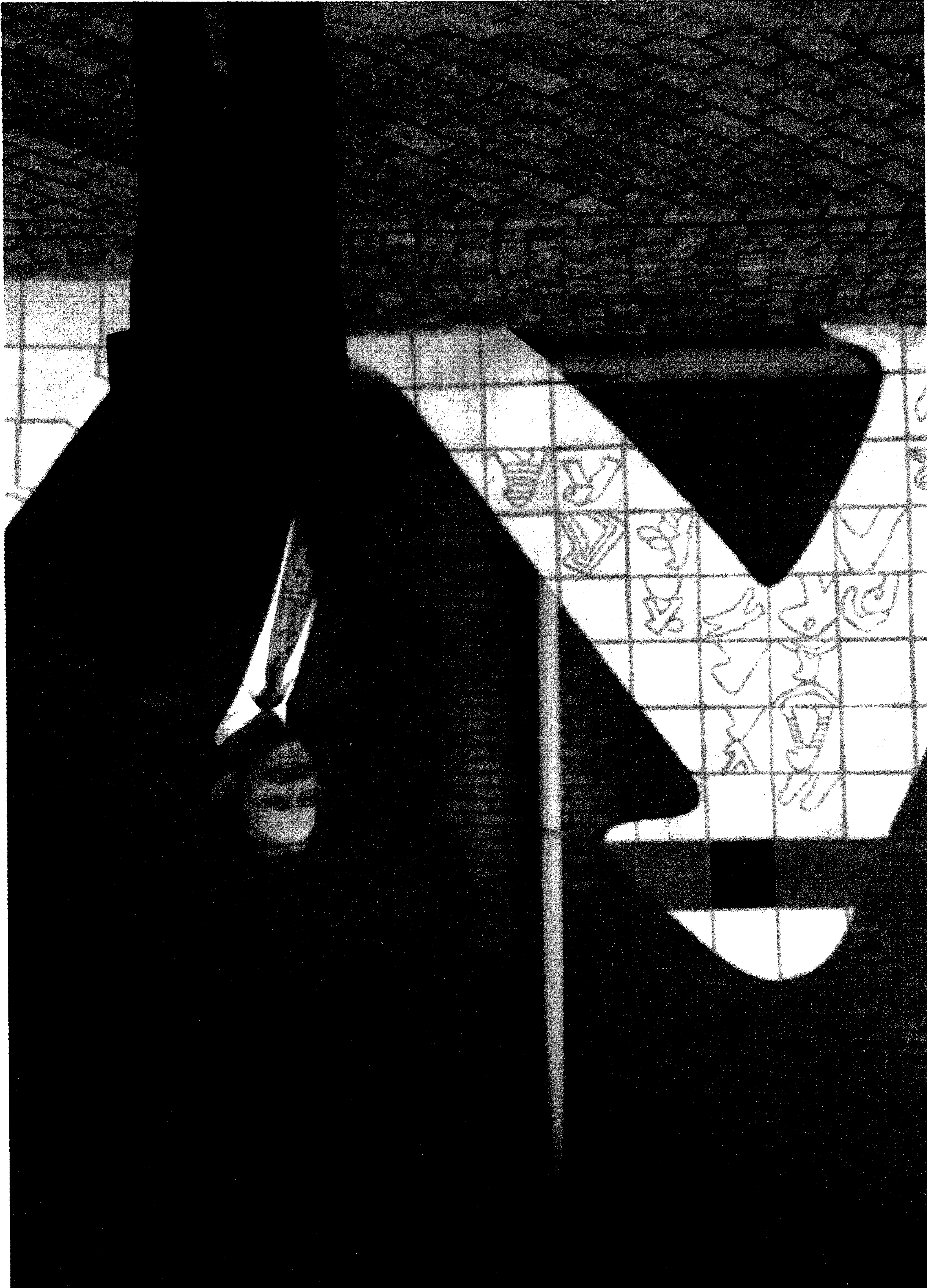
Dit boek biedt daarvan een fraaie staalkaart — in vier categorieën. In de eerste plaats zijn daar de bijdragen van vrienden-collega's uit Baayen's wetenschappelijke land van herkomst: het brede gebied waarop de logica en de fundamentele algebraïsche, topologische en combinatorische structuren van de wiskunde in interactie zijn. U mag dit ook lezen als een *acte de présence* van dat deel van de SMC dat plaats vindt op het universitaire erf.

Zijn eigen visies en uitgangspunten worden, behalve in een interview, in deze bundel vooral gereflecteerd in de bijdragen van zijn promovendi — die hun eigen weg gingen en laten zien daarop een frontpositie te hebben bereikt.

Dan is er een breed overzicht van de wetenschappelijke productie van het Centrum voor Wiskunde en Informatica — representatief voor het onderzoeksprogramma waarvoor Baayen zoveel jaren een eerste verantwoordelijkheid droeg. U treft daaronder uiteraard veel informatica aan: het vakgebied waarvan de ontplooiing in Nederland zoveel aan zijn wetenschappelijk leiderschap, kennis en inzicht te danken heeft.

Tenslotte een bijdrage met een bijzonder karakter, met een onderwerp dat twee van zijn grote liefdes verenigt: de wiskunde en de taal, geschreven door een auteur die niet alleen wetenschappelijk in relatie met hem staat.

Alles bijeen een boek waaraan velen plezier zullen beleven, document ook van een stukje Nederlandse wetenschapshistorie — maar allereerst naar de bedoeling van zijn auteurs: *liber amicorum*.



# Curriculum Vitae

## Pieter Cornelis Baayen

geboren 10 maart 1934 in Klaten (Java, Indonesië)

### Opleiding

- 1951 eindexamen gymnasium- $\beta$ , Christelijk Lyceum voor Zeeland, Goes
- 1954 kandidaatsexamen wiskunde en natuurkunde, Vrije Universiteit, Amsterdam
- 1957 doctoraalexamen wiskunde (uitgebreid) met meteorologie, Vrije Universiteit, Amsterdam
- 8 juli 1964 promotie tot doctor in de wiskunde en natuurwetenschappen, Universiteit van Amsterdam  
promotor: Prof.dr. J. de Groot  
titel dissertatie: Universal Morphisms

### Loopbaan

- 1956–1957 leraar wiskunde aan de dependance te Heemstede van het Tweede Christelijk Lyceum te Haarlem
- 1957–1959 verblijf aan de University of California at Berkeley, met een Fellowship van de International Cooperation Administration
- 1959–1995 verbonden aan het Mathematisch Centrum:  
1 oktober 1959: medewerker afdeling Zuivere Wiskunde  
1 december 1962: souschef afdeling Zuivere Wiskunde  
1 juni 1965: chef afdeling Zuivere Wiskunde en lid Raad van Beheer  
1 september 1980: wetenschappelijk directeur
- 1960–1965 docent Nutsseminarium voor Pedagogiek, Amsterdam (avondopleiding M.O.)
- 1962–1965 leeropdrachten Vrije Universiteit (functionaalanalyse, topologie)
- vanaf 1965 hoogleraar aan de Vrije Universiteit, Amsterdam:  
1 januari 1965: buitengewoon hoogleraar  
1 juni 1965: gewoon hoogleraar
- 1966–1967 gasthoogleraar University of Washington, Seattle

**Verder o.a.**

- 1978–1980 voorzitter Wiskundig Genootschap  
1979–1986 voorzitter Vereniging voor Christelijk Voortgezet Onderwijs te Utrecht  
1983–1985 vice-voorzitter Nederlands Genootschap voor Informatica  
1991–1994 president European Research Consortium for Informatics and Mathematics (ERCIM)

## Promovendi Prof.dr. P.C. Baayen

N.P. Dekker

Vrije Universiteit, 16 mei 1969

*Joint numerical range and joint spectrum of Hilbert space operators*

P. van Emde Boas

Universiteit van Amsterdam, 18 september 1974

*Abstract resource-bound classes*

(copromotor, naast prof.dr.ir. A. van Wijngaarden)

J. de Vries

Vrije Universiteit, 13 december 1974

*Reflections on topological transformation groups*

W.J. de Schipper

Vrije Universiteit, 20 december 1974

*Symmetric closed categories*

J. van Mill

Vrije Universiteit, 17 juni 1977

*Supercompactness and Wallman spaces*

A. Schrijver

Vrije Universiteit, 3 november 1977

*Matroids and linking systems*

H.M. Mulder

Vrije Universiteit, 12 september 1980

*The interval function of a graph*

L.E. Fleischhacker

Universiteit van Amsterdam, 24 september 1982

*Over de grenzen van de kwantiteit*

(copromotor, naast prof.dr. J.H.A. Hollak)

J.C.S.P. van der Woude

Vrije Universiteit, 16 december 1982

*Topological dynamix*

J. Vermeer

Vrije Universiteit, 19 mei 1983

*Expansions of H-closed spaces*

In 1995 wordt verwacht:

G. Alberts  
Universiteit van Amsterdam  
*Jaren van berekening*  
(met prof.dr. J.H.C. Blom)