

nr.33, september 1995

Het Nummer

**Nieuwsbrief van de
Werkgemeenschap Numerieke Wiskunde**

redactie: B. Koren, P. Wesseling, P.M. de Zeeuw

Het Nummer

Nieuwsbrief van de Werkgemeenschap Numerieke Wiskunde (WNW), verzorgd door de Stichting Mathematisch Centrum.

Redactie:	B. Koren P. Wesseling P.M. de Zeeuw	CWI TUD CWI
Redaktiesecretariaat en ledenadministratie:	Mw. S. Panka - van der Wolff tel: 020-5924189 fax: 020-5924199 e-mail: simone@cw.nl	CWI
Correspondenten:	R.H. Bisseling M.J.A. Borsboom E.F.F. Botta R. de Bruin J.C.M. Dijkzeul J.C.H. van Eijkeren M. de Gee J.A. van de Griend W. Hoffmann R. van der Hout J.K.M. Jansen A. Kattenberg J.F.B.M. Kraaijevanger H.T.M. van der Maarel P.H. Michielse J. Molenaar G. Mur A.C.B. den Ouden M.H.C. Paardekooper B.J.W. Polman W.H.A. Schilders H. Schippers A. van der Steen R.J. Stroeker Th.L. van Stijn C.R. Traas M. van Veldhuizen T.M.M. Verheggen J.G. Verwer C.B. Vreugdenhil P. Wesseling L. Wuytack	UU WL(a)+WL(b) RUG RUG-RC EDS RIVM LUW RUL UvA AKZO TUE KNMI KSEPL MARIN CONVEX TUE-IWDE TUD-EL ECN KUB KUN PhNL+PhMS NLR(a)+NLR(b) ACCU EUR RWS/RIKZ UT VUA KSLA CWI IMAU TUD UIA

Werkgemeenschapscommissie:	P. Wesseling (voorzitter)	TUD
	B. Koren (secretaris)	CWI
	A.O.H. Axelsson	KUN
	J.W. Boerstoe	NLR(b)
	Th.J. Dekker	UvA
	J. de Groot	(5)
	P.W. Hemker	CWI/UvA
	P.J. van der Houwen	CWI/UvA
	R.M.M. Mattheij	TUE
	M.H.C. Paardekooper	KUB
	A. van der Sluis	UU
	M.N. Spijker	RUL
	C.R. Traas	UT
	M. van Veldhuizen	VUA
	A.E.P. Veldman	RUG
	H.A. van der Vorst	UU

WNW mailing list: wnw-list@cw.nl

Ten geleide

Voor praktisch alle informatie die wij vermelden zijn wij afhankelijk van de correspondenten in de verschillende instituten. Daarom willen wij allen die ons met het verzamelen van de gegevens geholpen hebben en ieder die aan de technische realisatie heeft meegewerkt, daarvoor bedanken.

Een ieder die e-mail wil versturen aan alle WNW-leden met een e-mail adres, kan dat zelf direct doen via het adres: wnw-list@cw.nl.

De redactie.

Inhoud

1	Verslagen uit de Werkgemeenschap	5
1.1	“41 ^{ste} Bijeenkomst Kontaktgroep Numerieke Stromingsleer” (P.M. de Zeeuw)	5
1.2	UT-Colloquium “Computational fluid dynamics for compressible low Mach number flow” door Prof.dr. B. Müller, ETH Zürich (J.G.M. Kuerten)	7
1.3	“Bezoek Shell-Rijswijk aan Stieltjes Instituut” (F. Bakker, se- cretaris Stieltjes Instituut)	8
1.4	“Conference on Numerical Methods for Fluid Dynamics”, Ox- ford 1995 (H. Bijl)	9
1.5	“Copper Mountain Multigrid Conference 1995” (J. Molenaar, TUD)	11
1.6	Johann Bernoulli Lezing 1994-1995: “Wiskunde en onbegrip”, uitgesproken door prof.dr. H.W. Lenstra, Jr. (R.M. Huizing en H.J.J. te Riele)	12
1.7	“Minisymposium Numerieke Wiskunde, onderdeel NMC 1995” (W.A. van der Veen)	14
1.8	“Minisymposium Industriële Wiskunde, onderdeel NMC 1995” (R.S. Heeg)	16
1.9	“Multirooster workshop in Oberwolfach”, 30 april – 4 mei 1995 (C.W. Oosterlee)	19
1.10	“Herman J.J. te Riele: 25 jaar professioneel wiskundige” (H. Boender)	22
1.11	“GMRES and its Beneficial Work in Numerical Theory and in Applications” (J.L.M. van Dorsselaer)	27
1.12	“Het tweede TASC symposium” (E.J. Spee)	28
1.13	“Utrechts symposium over eigenwaardeproblemen” (J.G.L. Booten)	30
1.14	Symposium “Rekenen aan financiële markten” (B.P. Sommeijer)	32
1.15	“ICIAM 95”– I (J.H.M. ten Thije Boonkkamp)	34
1.16	“ICIAM 95”– II (W.H.A. Schilders)	35
2	Publikaties	40
2.1	Rapporten	40
2.2	Proceedings en boekbijdragen	42
2.3	Tijdschriftartikelen	44
2.4	Proefschriften en boeken	46
3	Promoties	49
4	Onderzoeksprojecten	51
5	Bijeenkomsten	56

6	Buitenlands bezoek	61
6.1	Recente en komende buitenlandse bezoekers	61
6.2	Recente en komende buitenlandse verblijven	64
7	Ledeninformatie	66
7.1	Mutaties	66
7.2	Ledenlijst	67
8	Adressen	73
8.1	Instituten en bedrijven	73
8.2	Overigen	76

1 Verslagen uit de Werkgemeenschap

1.1 “41^{ste} Bijeenkomst Kontaktgroep Numerieke Stromingsleer” (P.M. de Zeeuw)

(met dank aan de medewerkende sprekers).

Datum: 20 maart 1995.

Plaats: Fokker Aircraft B.V., Fokkerweg 300, Oude Meer.

Ditmaal trad Fokker Aircraft B.V. op als gastheer van de Kontaktgroep Numerieke Stromingsleer. Hoewel geplaagd door turbulentie, werkt Fokker dus door! De opkomst van zo'n dertig tot veertig deelnemers was goed te noemen, vooral de Technische Universiteit Delft was sterk vertegenwoordigd. De vergadering werd voorgezeten door dr.ir. A.E. Mynett (WL(a)) als secretaris KNS. Hieronder volgt een korte samenvatting van de gehouden voordrachten.

J.L. Kuijvenhoven, (Fokker Aircraft B.V., Fokkerweg 300, 1438 AN Oude Meer): *The role of CFD in airplane design.*

Bij Fokker is men niet zozeer bezig met onderzoek aan CFD (dat wordt voor een belangrijk deel door het NLR gedaan) maar met het *gebruik* van CFD gereedschappen. De cyclus van *nieuwe configuratie* → *experimenten* → *evaluatie* → *nieuwe configuratie* moet kort worden gehouden en kostbare windtunnel-experimenten dienen klein in aantal te blijven. Bij berekeningen moest men tot voor kort nog genoeg nemen met of een complexe configuratie met eenvoudige fysica, of geavanceerde fysica en een simpele configuratie. Bij Fokker wordt nu het simulatie-systeem ENFLOW beproefd, dat bestaat uit

1. Geometrische modellering van onderdelen met behulp van 'splines'.
2. Multi-blok rooster generatie.
3. Een 'flow solver' voor de Euler/'thin-layer-Navier-Stokes' vergelijkingen.
4. Visualizatie.

Bij de multi-blok rooster generatie levert een algebraïsche rooster generator een beginschatting van gestructureerde 3D roosters die met behulp van elliptische rooster generatie technieken worden aangepast aan de hoge eisen die voor de discretizatie van de Navier-Stokes vergelijkingen gelden. Het opdelen van een configuratie van een motor met gondel levert veel blokken op, waarbij bovendien de nodige expertise is vereist. In de eerder genoemde cyclus neemt dit gemakkelijk enige weken in beslag. Niettemin zijn de resultaten van ENFLOW goed. Bij een daadwerkelijke 'flight-test' bleek er goede overeenkomst te bestaan tussen voorspelde en gemeten waarden van relevante grootheden.

F.N. van de Vosse, (Faculteit Werktuigbouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven, Postbus 513, 5600 MB Eindhoven): *A spectral element projection scheme for incompressible flow problems.*

In samenwerking met P.D. Minev en L.J.P. Timmermans is een spectraalmethode ontwikkeld voor de Navier-Stokes vergelijkingen met een konstante viscositeitscoëfficiënt. Het convectieve en het diffusieve deel van de vergelijkingen worden gescheiden gediscrèteerd in de tijd. Op het convectieve deel wordt een derde orde expliciete Runge-Kutta schema toegepast, voor het diffusieve deel worden terugwaartse differenties gebruikt. Voor het diffusieve deel wordt vervolgens een projectie-methode voorgesteld die de snelheid en druk afzonderlijk behandelt naar analogie van de druk-korrektie methode. In de ruimte wordt gediscrèteerd met behulp van spectraal elementen. Door de keuze van Legendre-Gauss-Lobatto punten bij numerieke integratie wordt een massa-matrix in diagonaalvorm verkregen. Enige numerieke resultaten werden getoond door middel van een video-demonstratie. Er wordt gewerkt aan een 3D versie van het algoritme waarbij het iteratieve oplossen van het spectraalsysteem nog een struikelblok is.

P. Wesseling, (Technische Universiteit Delft, Technische Wiskunde en Informatica, Postbus 5031, 2600 GA Delft): *On time discretization of the Navier-Stokes equations.*

Bij de in de titel genoemde tijd discretizatie zou idealiter de grootte van een tijdstap door eisen van nauwkeurigheid moeten worden bepaald en niet zozeer door eisen van stabiliteit. Desalniettemin legt de eis van stabiliteit voorwaarden op die in de praktijk bovendien niet altijd gemakkelijk te bepalen zijn. Bij de druk-korrektie methode geeft de standaard aanpak van Schur-Cohn voorwaarden die aantoonbaar voldoende, maar mogelijk niet noodzakelijk zijn. Bij een hoge mate van stabiliteit wordt deze aanpak bovendien gecompliceerd. Vandaar dat een veel eenvoudiger alternatief wordt geïntroduceerd. Het complexe vlak wordt overdekt met elementaire figuren als ellipsen en ovals waarvan wordt aangetoond dat ze deel uitmaken van het stabiliteitsgebied. Met deze nieuwe techniek worden naast oude resultaten uit de literatuur ook nieuwe resultaten afgeleid zoals bijvoorbeeld voor het Adams-Bashforth schema van tweede orde.

M.J.A. Borsboom, (Waterloopkundig Laboratorium, Postbus 152, 8300 AD Emmeloord): *Simulation of 1-D open channel flow using a moving adaptive grid algorithm.*

In samenwerking met W. van de Langemheen (Universiteit Twente) wordt onderzoek gedaan aan de numerieke modellering van zogenaamde open kanaalstromingen. Door diverse oorzaken kunnen er steile gradiënten in de stromingsvariabelen voorkomen waarvan de lokatie in ruimte en tijd vooraf niet bekend is. Als er dan nauwkeurigheid wordt geëist, moet men zijn toevlucht nemen tot rooster-adaptatie. De konstruktie van het juiste adaptieve rooster blijkt de grootste moeilijkheid. Er wordt een techniek voorgesteld die uit twee stappen bestaat. Bij de eerste stap wordt dissipatie aan het schema toegevoegd, die ervoor zorgt dat er een gladde oplossing wordt gevonden op basis waarvan een benadering van de discretisatiefout kan worden bepaald. Om dit mogelijk te maken, werd de compatibele discretisatietechniek ontwikkeld die toelaat het effect van de discretisatiefout op de oplossing te achterhalen. Hierbij luidt het motto: "Suppress the wiggles but such that they keep telling you something".

Vervolgens wordt tijdens de roosteradaptatie deze fout iteratief en bij benadering geminimaliseerd, waardoor tevens de hoeveelheid toe te voegen dissipatie kan worden verminderd.

1.2 UT-Colloquium “Computational fluid dynamics for compressible low Mach number flow” door Prof.dr. B. Müller, ETH Zürich (J.G.M. Kuerten)

Datum: 22 maart 1995,

Plaats: Faculteit Toegepaste Wiskunde, Universiteit Twente,

Organisatie: J.M. Burgerscentrum.

De spreker van het faculteitscolloquium, Prof. Bernd Müller, is al sinds vele jaren actief op het gebied van numerieke methoden voor compressibele stromingen. Sinds enkele jaren ligt de nadruk daarbij op stromingen bij lage Mach getallen. Hieraan was het eerste gedeelte van het colloquium gewijd. Hoewel compressibiliteitseffecten bij lage Mach getallen een verwaarloosbare rol spelen, kan voor een aantal toepassingen niet volstaan worden met een simulatie gebaseerd op de incompressibele vergelijkingen, omdat dan de effecten die met geluidvoortplanting te maken hebben niet berekend kunnen worden. Dit is bijvoorbeeld belangrijk in verbrandingsprocessen, als geluidsoverlast berekend moet worden.

Numerieke simulaties op basis van de Euler en Navier-Stokes vergelijkingen worden bij lage Mach getallen lastiger ten gevolge van minimaal vier aspecten. Op de eerste plaats zijn de vergelijkingen stijf. Twee (drie) van de eigenwaarden van de Jacobiaan zijn veel kleiner dan de andere twee in twee (drie) ruimtelijke dimensies. Dit leidt bij expliciete methoden tot een streng tijdstapcriterium. Op de tweede plaats zijn de vergelijkingen slecht geconditioneerd. Dit leidt er toe dat stationaire veranderingen in bijvoorbeeld de druk veel kleiner zijn dan transiënte veranderingen. Hierdoor wordt het bereiken van de stationaire oplossing lastiger. In de derde plaats is de waarde van de druk in dimensieloze eenheden groot, waardoor afrondfouten een desastreuze invloed kunnen hebben. Ten slotte zijn bepaalde numerieke methoden niet direct bruikbaar, bijvoorbeeld de niet-lineaire artificiële dissipatie zoals door Jameson geformuleerd, die schaalt met de grootste eigenwaarde van de Jacobiaan.

Een oplossing voor een aantal van deze problemen kan gevonden worden door de flux op zo'n manier in twee stukken te splitsen, dat beide stukken goed geconditioneerd zijn. Dit kan voor de ééndimensionale Eulervergelijkingen door de druk af te splitsen. Er ontstaan dan twee Jacobi matrices die beide alleen eigenwaarden van dezelfde orde van grootte hebben. Bovendien zijn de eigenwaarden van de ene matrix alle positief, en die van de andere alle kleiner of gelijk aan nul. Door de eerste flux opwind te discretiseren, en de tweede flux downwind, ontstaat een stabiele methode die aanleiding geeft tot aanzienlijk betere resultaten dan Roe's eerste orde opwind schema. Een impliciete tijdtintegratie methode geeft bovendien een veel betere convergentie naar de stationaire oplossing te zien.

Een andere oplossing is het gebruik van preconditionering. Dit kan uiteraard alleen bij problemen waar alleen de stationaire oplossing gevraagd wordt. Dergelijke methodes zijn een aantal jaar geleden ontwikkeld door Van Leer en Roe, en staan bekend onder de naam "characteristic time stepping". Het blijkt dat bij toepassing op problemen bij lage Mach getallen de implementatie van de randvoorwaarden de bepalende rol speelt in het convergentiegedrag. Alleen specificatie van de exacte randvoorwaarden leidt tot een zeer snelle convergentie.

Het tweede gedeelte van het colloquium was gewijd aan een vergelijking van windtunnel metingen met numerieke simulaties van compressibele turbulente stroming van lucht door een convergerende of divergerende tunnel. De experimenten zijn ook aan de ETH verricht in de groep van Prof. H. Thomann. Het experiment is zo opgezet dat de effectieve doorsnede van de tunnel constant is. In de numerieke simulatie is een tweede orde nauwkeurige ruimtelijke discretisatie van de driedimensionale Reynolds-gemiddelde Navier-Stokes vergelijkingen gemaakt, waarbij de effecten van de turbulentie door het Baldwin-Lomax model verdisconteerd zijn. In een convergerende tunnel groeien de grenslagen aan de onder- en bovenwand bij het punt van convergentie. Dit wordt ook in de numerieke simulaties gevonden. Een meer gedetailleerde vergelijking laat echter zien dat bijvoorbeeld de skin frictie niet goed met de experimenten overeenkomt. De oorzaak hiervan moet gezocht worden in het turbulentiemodel, waarin de waarde van de turbulente viscositeit en de Reynolds shear stress te hoog worden voorspeld. Bij de divergerende tunnel groeien de grenslagen aan de zijwanden ten gevolge van de vorm van de tunnel. Hierbij wordt de turbulente viscositeit juist te laag voorspeld door het turbulentiemodel. De conclusie is dat het Baldwin-Lomax model niet erg geschikt is voor een juiste voorspelling van meer gedetailleerde grootheden bij een echte driedimensionale stroming. Er zijn aanwijzingen dat het scalaire karakter van de turbulente viscositeit vervangen zou moeten worden door het toevoegen van anisotropie.

1.3 "Bezoek Shell-Rijswijk aan Stieltjes Instituut" (F. Bakker, secretaris Stieltjes Instituut)

In oktober 1993 heeft een grote delegatie van het Thomas Stieltjes Institute for Mathematics een bezoek gebracht aan Shell Research (KSEPL) te Rijswijk. Op 31 maart 1995 brachten 14 onderzoekers van Shell een tegenbezoek aan het Stieltjes Instituut. Dit bezoek, waarbij 35 Stieltjes-onderzoekers aanwezig waren, vond plaats in Leiden.

Doel van het bezoek was om verder de mogelijkheden te verkennen naar onderzoeksthema's met een gemeenschappelijke interesse. Het ging dus niet in de eerste plaats om het oplossen van concrete praktische problemen en het uitvoeren van mogelijke opdrachten, maar om mogelijkheden te signaleren van strategisch onderzoek op tamelijk brede gebieden met praktische toepassingen.

Er werden op een breed terrein van toegepaste analyse, stochastiek en besliskunde zeven presentaties gegeven, te weten:

- J. Hulshof (RUL): What is new in the diffusion equation ?
- B. Koren (CWI): CFD-werk van de CWI-multigrid groep.
- L.F.M. de haan (EUR): Statistics of extreme values, application to high water levels and waves.
- R.J.M.M. Does (UvA): Statistisch denken in het bedrijfsleven.
- H. Putter (UvA): Kijk uit voor de bootstrap.
- C. Roos (TUD): The age of optimization: solving large-scale real-life problems.
- J. Wessels (TUE): Kiezen in onzekerheid.

1.4 “Conference on Numerical Methods for Fluid Dynamics”, Oxford 1995 (H. Bijl)

Het ICFD (Institute for Computational Fluid Dynamics), een Engels samenwerkingsverband tussen de universiteiten van Oxford en Reading, organiseerde deze conferentie nu voor de vierde keer. Bij de aankondiging stond vermeld dat alle gebieden van de CFD aan de orde zouden komen, maar dat men drie gebieden hoopte te benadrukken :

- Algorithms and algorithmic needs arising from applications.
- Navier-Stokes on flexible grids.
- Environmental CFD.

De voordrachten, waarvan ik hier enkele zal bespreken, waren niet uitgesplitst naar deze onderwerpen.

Oxford, 3 april 1995. De opening van Morton (University of Oxford), waarin de levensloop van het ICFD werd geschetst, eindigde met een verwijzing naar Richardson, de oudoom van de volgende spreker, die in het begin van deze eeuw één van de eerste boeken over Fluid Dynamics schreef.

Hunt (Metereological Office) zelf hield een lezing over nieuwe ontwikkelingen in de weersvoorspelling, waarin hij niet naliet te melden dat de (goede) voorspelling sneller moet zijn dan het weer zelf. Dit wordt volgens Hunt het best bereikt door veel tijd en moeite te steken in het goed modelleren van de fysische realiteit, zoals bijvoorbeeld door bergketens uitgeoefende weerstandskrachten. Een gezichtspunt dat nog door meerdere sprekers onderschreven zou worden.

Hierna gaf Thomas (NASA Langley Research Centre) zijn visie op de toekomst van CFD berekeningen in de vliegtuigindustrie: in toenemende mate volledige berekening, zonder benaderingen, van complexe stromingen. Op zijn gebied komt dat neer op directe simulatie toegepast op hele vliegtuigen. Na de lunch, die heel sfeervol in de eetzaal van één van de colleges werd gebruikt, volgden twee parallele sessies.

Oxford, 4 april 1995. Morton (University of Oxford) begon de dag met "An assessment of the cell vertex method", waarin hij eindigde met de vraag of cell vertex wel de juiste methode is voor Navier-Stokes op ongestructureerde roosters. Aan het antwoord wordt nog hard gewerkt.

Hierna kreeg Staniforth (Environment Canada) de gelegenheid zijn global variable-resolution model van de atmosfeer uit te leggen. Dit model kan gerund worden met verschillende configuraties voor verschillende schalen, van global tot urban. De urban configuratie kan uit de globale worden verkregen door in een raam het grid te verfijnen. Het blijkt dat de overhead voor dit proces reuze meevalt, minstens de helft van de gridpunten ligt in het interessante gebied terwijl je alle voordelen hebt van één model en slechts één code hoeft te onderhouden.

De laatste deze ochtend was Quarteroni (Technical University of Milan) die efficiëntie nastreefde op fysisch en/of numeriek modelniveau door in een stroming verschillende modellen te combineren, bijv. in een klein gebied Navier-Stokes en in de rest Euler, of een dergelijke combinatie van laminair en turbulent. Extra aandacht moet dan worden besteed aan de rand tussen de gebieden.

Oxford, 5 april 1995. De morgen stond in het teken van ongestructureerde roosters. Mavripilis (ICASE) presenteerde een methode voor het genereren van grove en fijne roosters voor multigrid: de mesh-agglomeration method. In deze methode wordt het grove rooster gecreëerd door op het fijne rooster een controle volume samen te voegen met zijn burens. Na een algemeen pleidooi voor ongestructureerde roosters liet Weatherill (University of Wales, Swansea) resultaten zien, verkregen met behulp van adaptieve grids voor een high-lift constructie. Hierna volgden twee parallelle sessies die veelal over adaptieve en bewegende ongestructureerde roosters gingen.

Later in de middag was het woord aan de vijf finalisten voor The Bill Morton CFD prijs, die dit jaar voor het eerst werd uitgereikt. Catalano (Politecnico di Bari), die het niet kon laten na zijn voordracht zijn concurrenten met vragen te bestoken, presenteerde zelf een multi-dimensionale upwind methode gebaseerd op een cell-vertex discretisatie. Perella (University of Durham) had gebruik gemaakt van de cell-vertex methode voor het ontwerp van een methode die voor de convectie-diffusie vergelijking de fout op de elementranden, en daarmee de oscillaties, inperkt. Wang (CFD Research Corporation, Huntsville) presenteerde resultaten verkregen met de chimera methode. Wierse (Universität Freiburg) had zelfs een video meegebracht waarin ze met behulp van partikels een pistonbeweging liet zien. En de winnares, die tijdens het diner op zeer onprofessionele en verwarrende wijze bekend werd gemaakt, Ostkamp (DLR, Göttingen) heeft een foutschatting gevonden voor Multidimensional Characteristic Galerkin methoden.

Oxford, 6 april 1995. De laatste dag waren alle lezingen in de kleine zaal, er was (terecht) rekening gehouden met een terugloop. Powell (University of

Michigan) opende met een verrassend toepassingsgebied: upwind schema's in de magnetohydrodynamica. Hij ging daarbij uitgebreid in op de voor dit gebied specifieke problemen voor numerieke berekening.

Deconinck (VKI) volgde met een overzicht van de huidige ontwikkelingen in de wereld van multi-dimensionale upwindmethoden. Hij concludeerde dat de methode ontwikkeld door het VKI, gebaseerd op multidimensional flux balancing, conservative linearisation en downwind distribution schemes, kan concurreren met de conventionele schema's.

De ochtend werd afgesloten door Wesseling (TU Delft) die voldoende stabiliteits-eisen creëerde door geometrische vormen als parabolen zo goed mogelijk te fitten in het stabiliteitsgebied. 's Middags waren er helemaal nog weinig deelnemers over, wat jammer genoeg resulteerde in weinig reacties op de laatste voordrachten en een wat slap applaus bij de afsluiting van een gesmeerd verlopen conferentie.

1.5 “Copper Mountain Multigrid Conference 1995” (J. Molenaar, TUD)

MEETING AT COPPER MOUNTAIN IS MORE THAN STRICTLY BUSINESS, zo luidt de tekst op een poster in de receptie van het hotel waar ik zondagavond 21 mei arriveer. Daarmee wordt blijkbaar bedoeld dat er in Copper Mountain Resort ook ruimte is voor niet direct zakelijke aangelegenheden, zoals conferenties op het gebied van numerieke wiskunde. In het skidorp Copper Mountain is namelijk van 22 tot 27 mei voor de zevende maal een conferentie over multirooster methoden georganiseerd. Deze conferentie is een begrip in de 'multirooster wereld', en deze keer zijn er zo'n 100 deelnemers uit diverse landen op af gekomen. De conferentie is ruim opgezet: er zijn steeds 2 parallele sessies, waarin voordrachten van 30 minuten gegeven worden. Verder zijn er riante pauzes in de middag, die voornamelijk bedoeld lijken om te profiteren van de 'powder snow' op de skipistes rondom het dorp. Experts vertellen me dat de sneeuwconditie dit jaar niet optimaal is doordat het lang niet gesneeuwd heeft. Maar goed, wij zijn hier toch niet gekomen om te skiën?!?

Wat in het algemeen opvalt aan het programma, is dat veel voordrachten niet direct over multirooster methoden gaan, maar over gerelateerde onderwerpen zoals domein decompositie methoden en Krylov-subspace methoden. Er lijkt een ontwikkeling gaande om te komen tot een gemeenschappelijke theorie voor deze drie iteratieve methoden. Verder tonen veel voordrachten aan dat er nog steeds nieuwe multirooster methoden ontwikkeld worden voor grootschalige simulatie van complexe problemen.

Hieronder volgt een overzicht van voordrachten die ik interessant vond. De meeste papers die op deze conferentie gepresenteerd zijn, zijn beschikbaar via MGNet binnen de ftp-site [casper.cs.yale.edu](ftp://casper.cs.yale.edu), in de directory

`mgnet/Conferences/CopperMtn95.`

Maandagmorgen presenteerde Berzins (Leeds) een vertex-centered eindige volume methode voor de Cauchy-Riemann vergelijkingen. Om een unieke oplossing te krijgen gebruikt hij een kleinste-kwadraten formulering. Het resulterende stelsel van vergelijkingen lost hij vervolgens op met een multilevel methode. Brenner (South-Carolina) besprak een convergentie theorie over V-cycles voor niet-conforme eindige elementen discretisaties van tweede en vierde orde elliptische vergelijkingen. Het publiek begint dan wat onrustig te worden: Brandt is te laat, komt hij nog wel? Uiteindelijk wordt het programma omgezet om hem de gelegenheid te geven om te spreken. Hij geeft een historisch en algemeen overzicht over de ontwikkeling van multirooster methoden, en kondigt een derde parallelle sessie aan waarin hij nog enige resterende problemen in meer detail zal bespreken. Davis (Texas) presenteerde vervolgens een recht-toe-recht-aan eindige elementen discretisatie (geen Scharfetter-Gummel variant) voor de halfgeleider vergelijkingen. Omdat zijn test-probleem erg eenvoudig is, is dit blijkbaar afdoende. Daarna bespreekt Frederickson een interessante multirooster methode voor ongestructureerde roosters. Dinsdag presenteert Dendy een nieuwe frequency domain decomposition method, die efficiënter zou zijn dan de standaard versie. Dym gaat in op zijn multirooster methode voor de biharmonische operator, en met name over de smoothing van de randpunten. Daarna zet ik mij aan de voeten van Brandt die zijn licht laat schijnen over anisotrope operatoren. Volgens hem moet de oplossing gezocht worden in de richting van semi-coarsening. De groep van de universiteit van Denver presenteerde op woensdagmorgen haar werk op het gebied van zadelpunt problemen, die voortkomen uit gemengde eindige elementen discretisaties. Vassilev analyseerde een Uzawa-achtige smoother, en Manteuffel besprak een kleinste-kwadraten aanpak. Pasciak had een analyse van niet-overlappende domein decompositie methoden waarin de deelproblemen niet exact opgelost worden, en verder bewees Pflaum convergentie van de ijle-rooster methoden voor tweede orde elliptische operatoren met variabele coëfficiënten. De laatste spreker van de conferentie was Engquist. Als enige spreker op vrijdagmorgen behandelde hij een multirooster methode voor het oplossen van hyperbolische vergelijkingen, maar dat leek mij redelijk standaard te zijn. En zo eindigde de zevende Copper Mountain conferentie. Ik vond het een geslaagde conferentie, waar ik veel mensen heb ontmoet, en nieuwe ideeën heb opgedaan. Alleen voor de niet-skiërs (zoals ik) waren de middagpauzes wel erg lang. *LET'S THANK THE SPEAKERS, AND HEAD FOR THE SLOPES!*

1.6 Johann Bernoulli Lezing 1994-1995: “Wiskunde en onbegrip”, uitgesproken door prof.dr. H.W. Lenstra, Jr. (R.M. Huizing en H.J.J. te Riele)

De prestigieuze Johann Bernoulli Lezing wordt jaarlijks te Groningen georganiseerd door de Johann Bernoulli Stichting voor de Wiskunde. Dit jaar werd deze lezing uitgesproken tijdens het 31-ste Nederlands Mathematisch Congres, dat in het teken stond van Johann Bernoulli. Johan Bernoulli startte zijn carrière

300 jaar geleden in Groningen, alwaar hij gedurende tien jaar hoogleraar in de wiskunde was.

Voorafgaand aan de lezing sprak prof.dr. M. van der Put (RU Groningen) een Laudatio uit voor de spreker, prof.dr. H.W. Lenstra, Jr. Net als Johann Bernoulli stamt Lenstra, geboren in 1949, uit een geslacht van wiskundigen. Zijn vader en twee van zijn drie broers oefen(d)en dit beroep uit. Ter illustratie citeert Van der Put een uitspraak van Lenstra waarin hij zegt zich niet te kunnen herinneren *niet* te weten wat een priemgetal is. Als student loste Lenstra al een probleem van Emmy Noether op, en hij publiceerde het resultaat in het gerenommeerde tijdschrift "Inventiones Mathematicae". In 1977 promoveerde Lenstra cum laude aan de Universiteit van Amsterdam op een proefschrift over Euclidische ringen; promotor was prof.dr. F. Oort. In datzelfde jaar, hij was pas 28, volgde zijn benoeming tot hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam. In 1987 werd Lenstra tot full professor aan de Universiteit van California te Berkeley benoemd. Belangrijk werk van Lenstra is zijn bijdrage, samen met L. Lovász en A.K. Lenstra, aan de veel toegepaste zgn. L^3 -algoritme voor het berekenen van korte vectoren in een rooster, en het ontwikkelen van een polynomiaal algoritme voor integer programming, waarbij men een geheel-tallige oplossing van een stelsel ongelijkheden zoekt. Verder ontdekte hij de zgn. Elliptische Kromme-methode (ECM) en leverde hij een bijdrage aan de ontwikkeling van de zgn. Number Field Sieve (NFS), twee elkaar aanvullende algoritmen voor het vinden van (priem)factoren van grote samengestelde getallen. NFS staat momenteel als meest efficiënte factorisatie-methode te boek.

Samenvatting van de lezing door Lenstra:

*Ook mijzelf, naast veel verblijden,
veel veel onbegrip ten deel,
veel miskennis, lichaamslijden,
klappen in mijn financieel.*

Deze voordracht houdt zich bezig met het onbegrip dat de professionele wiskundige ten deel valt, de middelen waarmee deze het bestrijdt, en het verblijden dat hem bevangt als hij hiermee succes heeft.

Einde samenvatting door Lenstra.

De lezing was bedoeld om een breed publiek te amuseren, en Lenstra veronderstelde dan ook geen enkele wiskundige voorkennis bij zijn gehoor. Niettemin is het lastig om een korte samenvatting van de lezing te geven, net zo min als het eenvoudig is een gezellig avondje bij Youp van 't Hek samen te vatten.

Lenstra beoogde te spreken over de manier waarop de wiskunde in elkaar zit en wat hem in dit vak gaande houdt. Zijn interesse betreft vooral de *Zuivere Wiskunde* die eigenlijk voor het plezier beoefend wordt, en niet direct bedoeld is om nuttig te zijn. Onbegrip is zijn drijfveer: hij is voortdurend op zoek naar onbegrepen dingen om te onderzoeken. Is het probleem opgelost, dan is het niet meer interessant en is een promovendus soms een uitkomst voor het

schrijven van een publicatie hierover.

Daarnaast sprak Lenstra over zijn visie op het doen van wiskundig onderzoek. Natuurlijk is er geen beste methode om wiskundig onderzoek te doen. Het is een creatieve bezigheid, waarvoor geen recept te geven is, hoogstens een paar huismiddeltjes. Zijn Hoofdstelling voor het Doen van Wiskundig Onderzoek luidt: "Voor iedere vraag die men niet kan beantwoorden is er een makkelijker vraag die men ook niet kan beantwoorden". Problemer kan men vereenvoudigen door meer aannamen te maken. Zo verder afdalende kan men hopen een oplosbaar probleem tegen te komen, waarna men weer probeert terug omhoog te klimmen. Aan de hand van een voorbeeld over twee (in de wiskunde nog onbekende) p -deelbare groepen, die de verbluffende eigenschap hebben dat ze aan elkaar gelijk zijn als hun verschil nul is, constateert Lenstra dat veel (pseudo-) wetenschappers bluffen, maar daar is volgens hem niets mis aan, zolang niemand daar doorheen prikt. Studenten zijn niet zo makkelijk te overbluffen als collega's, en een college ergens over geven is dan ook de beste manier om een probleem goed te doorgronden. Het bedenken van plaatjes kan wiskundig onderzoek vergemakkelijken. Zo adviseert hij op de vraag: "Zijn reële getallen echt reël?" dat antwoord te kiezen waar men het beste mee uit de voeten kan. Lenstra moedigt wiskundigen aan steeds nieuwe wegen in te slaan. Het maar blijven dóórlopen in dezelfde straat ziet hij als de oorzaak van het fenomeen dat sommige wiskundigen na hun 30ste niet meer productief zijn.

Lenstra eindigt zijn betoog met de constatering dat soms bij het oplossen van onbegrip de gevonden oplossing eigenschappen bezit die men het minste voorzien had. Gelukkig ben je dan met nieuw onbegrip weer terug bij het begin.

1.7 "Minisymposium Numerieke Wiskunde, onderdeel NMC 1995" (W.A. van der Veen)

Als onderdeel van het 31^e Mathematische Congres vond het Minisymposium Numerieke Wiskunde plaats op 20 april. Het thema was: Numerieke wiskunde in de industrie.

Henk van der Vorst gaf de hoofdvoorzucht over moderne methoden voor het oplossen van grote stelsels lineaire vergelijkingen. In grootschalig rekenwerk komen deze vaak voor. Om te laten zien dat directe methoden hier meestal niet geschikt voor zijn, refereerde de spreker aan een voorbeeld betreffende de stabiliteit van de spaceshuttle. Het bleek dat een directe methode dit probleem in 500.000 jaar zou kunnen oplossen terwijl een iteratieve methode dit in 30 minuten kan. Vervolgens werden een groot aantal iteratieve methoden besproken. Dit waren alle Krylov methoden. Daarbij werd ook ingegaan op de pieken in het convergentie gedrag. In deze pieken kan een methode vastlopen. Natuurlijk kwamen ook supercomputing aspecten aan bod. Vectorisatie is altijd voordelig terwijl massale parallelisatie alleen voordelig is bij een voldoende volle matrix. Ter afsluiting toonde de spreker een cartoon over een hoogleraar en zijn uitgever. Hierbij rijdt de hoogleraar op een fiets en de uitgever rijdt naast hem in een luxe auto. De uitgever zegt dan tegen de hoogleraar: "Je boeken doen het

goed!”.

De overige voordrachten gaven een beeld van de wijze waarop numerieke wiskunde wordt toegepast in de industrie. Daarbij werd ook veel aandacht besteed aan de wijze waarop men tot de numeriek op te lossen vergelijkingen gekomen was. Als eerste gaf de heer Schippers (NLR) een voordracht over randelement methoden voor een akoestisch en een electromagnetisch probleem. Het eerste probleem betrof de dynamica van zonnepanelen tijdens de lancering. Het was experimenteel al duidelijk geworden dat het meetrillen van de lucht tussen de panelen niet verwaarloosd mag worden. Van dit meetrillen werd een mathematisch model in de vorm van een randintegraal vergelijking gegeven, welke met de Galerkin methode werd opgelost. De spreker besprak ook kort hoe hij deze randelement methode toepaste. De hiermee verkregen resultaten toonden eveneens aan dat het meetrillen een niet te verwaarlozen rol speelt in de dynamica van de zonnepanelen tijdens de lancering. Het tweede probleem ging over de berekening van de radar cross sectie. Ook hier moest een randintegraal vergelijking worden opgelost. Ook dit gebeurde met de Galerkin methode.

Nieuw dit jaar was de zogenaamde tutorial. Dit is een voordracht met een inleidend karakter die bedoeld is voor een wat breder publiek. Het onderwerp was nieuwe roostergeneratiemethoden voor industriële stromingsberekeningen en werd gegeven door de heer Boerstoel (NLR/TUD). Met een aantal voorbeelden werd het belang van roostergeneratie in de CFD geïllustreerd. De gegenereerde roosters moeten aan allerlei eisen voldoen om een goede performance te krijgen. Zo moeten ze efficiënt gebruikt kunnen worden en er moeten ook complexe stromingsgebieden mee gemodelleerd kunnen worden. Er zijn twee soorten roosters: ongestructureerde en multiblokroosters. Deze laatsten waren het onderwerp van de rest van de voordracht. Multiblokroosters ontstaan door eerst een afbeelding te maken tussen stromingsgebied en een gebied bestaande uit aan elkaar geplakte blokken. De discretisatie van dit blokengebied levert dan de discretisatie van het stromingsgebied. Hiermee kunnen ingewikkelde stromingsgebieden gemodelleerd worden. Vervolgens ging de spreker in op de constructie en het gebruik van de multiblok roosters. Ook werd kort de roostergeneratie programmatuur zoals die op het NLR ontwikkeld is besproken.

De heer Du Cloux (Philips Natuurkundig Laboratorium) vertelde over het berekenen van elektromagnetische invloeden op elektronische circuits. Elektronische circuits genereren (ongewenste) elektromagnetische velden, die de functies van de circuits kunnen beïnvloeden. Verder kan het zijn dat verschillende apparaten elkaar ongewenst beïnvloeden. Voor het numeriek uitrekenen van deze stoorvelden en stromen wordt een randelementen formulering gebruikt. Nadat de fysica volledig uitgebuit is, levert dit een zeer groot stelsel vergelijkingen op, dat opgelost moet worden. Ongeveer een kwart van de matrix is vol. Een iteratieve methode kan niet gebruikt worden omdat de matrix niet positief definitief is. Omdat het probleem ook te groot is voor een directe methode, werden de vergelijkingen gesplitst in een aantal zwak gekoppelde Poisson-problemen. Deze kunnen met een ICCG-methode opgelost worden. Om een volle matrix te kunnen preconditioneren, kreeg elk element een zoge-

naamde invloedssfeer. Fill-in van een element buiten zijn invloedssfeer werd niet meegenomen in de preconditioner.

De heer Urbach (Philips) sprak over het bestaan van harmonische golven in buisvormige geleiders. Deze golven planten zich voort zonder energieverlies en zijn daarom zeer geschikt voor energietransport over grote afstand. Het bestaan en vinden van zulke golven is equivalent met het oplossen van een niet-lineair eigenwaarden-probleem (afkomstig van een integraal operator). Voor het geval van een buis met cirkelvormige doorsnede is het analyseren van het eigenwaarden probleem nog relatief eenvoudig en daarvan liet de spreker ook verscheidene resultaten zien. Maar in het algemene geval is het vrij moeilijk. Toch bleek het mogelijk met behulp van de functionaalanalyse te kunnen aantonen dat het niet-lineaire eigenwaardenprobleem altijd twee lineair onafhankelijke oplossingen bezit. Deze oplossingen kunnen numeriek bepaald worden met de Galerkin methode.

1.8 “Minisymposium Industriële Wiskunde, onderdeel NMC 1995” (R.S. Heeg)

Op vrijdag 21 april vond in Groningen, tijdens het Mathematisch Congres, het minisymposium ‘Industriële wiskunde’ georganiseerd door de werkgroep ITW, industriële toegepaste wiskunde, plaats.

De heer Van Beckum (UT) vertelde over de wiskunde achter draaiende branders. Door de rotatie van dergelijke branders wordt de brandstof (gas) voorgemengd met lucht. De brander bestond uit een nozzle, met complicaties zoals bijvoorbeeld een plotselinge verwijding van de buis. Ter vereenvoudiging werden chemische reacties niet meegemodelleerd en concentreerde de presentatie zich dus op de wiskunde achter de stromingen in branders. Als de rotatie buiten beschouwing gelaten wordt, kan de uitstroomsnelheid gemodelleerd worden met de Korteweg-DeVries vergelijking voor de stroomsnelheid. Het tijdsafhankelijke probleem kan dan weer tijdsafhankelijk worden gemaakt door de vergelijking uit te breiden met verstoringen. Als verstoring kan b.v. wrijving worden genomen, maar ook variaties in de wandgeometrie, zoals de diameter van de buis. Voor kleine verstoringen zijn er oplossingen van het verstoorte probleem uit te rekenen. Een probleem echter is dat als verstoringen lang in de tijd aanhouden, ze van dezelfde orde van grootte worden als de termen in de basisvergelijkingen. Vervolgens werd een video getoond waarop de resultaten van een aantal experimenten waren te zien. Hierin was de brander met en zonder rotatie te zien. Het bleek dat met rotatie er een tegenstroomgebied was waardoor de brandstof in een beperkt gebied bleef wat de verbranding positief beïnvloedt. Om deze rotatie te modelleren moeten tenslotte de Euler-vergelijkingen worden opgelost.

Vervolgens vertelde de heer Potze (Philips) iets over stationaire stromingen van vloeibaar kristallijne polymeren. Dit zijn kunststoffen met een staafjesachtige moleculaire structuur. De materiaaleigenschappen zijn anisotroop, het betreft dus een niet-Newtonse vloeistof. De anisotropie wordt bepaald door

de moleculaire oriëntatie. Door hun mechanische eigenschappen is dit type kunststof geschikt als materiaal voor o.a. speciale onderdelen in een cd-speler, connectoren en speciale onderdelen nodig voor de fabricage van lampen. De spreker besprak de Poiseuille stromingen die hij voor dit type vloeistoffen had uitgerekend. Om deze oplossingen van de niet-Newtonse stromingsvergelijkingen te berekenen nam hij aan dat de stroming één-dimensionaal was en dat de moleculaire oriëntatie in het vlak van afschuiving ligt. Hierdoor werden de gekoppelde vergelijkingen (massabalans, impulsbalans, impulsmomentbalans en energiebalans) nogal vereenvoudigd. De schuifspanning kon daardoor bovendien op een constante na exact bepaald worden. Het bleek dat het onderzochte stromingsprobleem meerdere oplossingen had voor de snelheid, de moleculaire oriëntatie en de temperatuur in de vloeistof. Deze meerdere oplossingen werden gevonden door in de numerieke oplosmethode de beginschatting te variëren. Niet-symmetrische oplossingen van de stromingsvergelijkingen bestaan. Afhankelijk van de materiaalparameters kunnen, bij quasi-statisch verhogen van de drukgradiënt, de moleculen gaan aanliggen met de stroming of gaan tuimelen. Verder werd ook de invloed van de wandtemperatuur op de oplossingen onderzocht. Een temperatuurgradiënt over het kanaal veroorzaakt een asymmetrische stroming (snelheid en moleculaire oriëntatie) in het kanaal. Ook in dit geval bestaan er meerdere (asymmetrische) oplossingen.

De volgende voordracht ging over methoden voor het schatten van opbrengsten, door mevr. M. Miedema. Voor Philips is het van belang te weten welk percentage van de produktie aan de kwaliteitseisen voldoet. In theorie zou elk produkt afzonderlijk getest kunnen worden, maar het is veel praktischer om het opbrengstpercentage met statistische technieken te schatten. Voor elektronische circuits zijn de eigenschappen van de componenten, de parameters, meestal slechts tot op een zekere nauwkeurigheid bekend. De tolerantiegrenzen van alle componenten samen vormen de parameterruimte. Voor elk punt in de parameterruimte, kan men in principe met een computerpakket uitrekenen of een produkt met die componentwaarden aan de kwaliteitseisen voldoet. Het voor alle parameterwaarden berekenen van de zgn. kwaliteitsfunctie kost echter vaak teveel tijd. Daarom moeten er statistische technieken ingezet worden. Deze komen er op neer dat op basis van een serie trekkingen van combinaties van parameterwaardes bepaald wordt, wat de kans is dat een produkt aan de kwaliteitseisen voldoet. Deze combinaties kunnen random gekozen worden (Monte-Carlo), ook kunnen de zgn. Hammersley-punten gebruikt worden, dit heet quasi-Monte-Carlo. Verder kan de kwaliteitsfunctie op basis van een Monte-Carlo trekking met regressie geschat worden, dit is de response surface methode. Met de benaderde kwaliteitsfunctie kan vervolgens de opbrengst geschat worden. Dit laatste lijkt misschien een verbetering, maar uit de resultaten bij het test-voorbeeld bleek dat dit alleen voor kleine trekkingen beter was.

Dhr. Noot hield daarna een voordracht over de simulatie van het elektrochemisch boren van gaten in metaal. Bij elektro-chemisch boren zijn de (metalen) boor en het boorgat twee elektroden. Door de holle, metalen boor stroomt een zuur dat het boorgat aantast. Afhankelijk van o.a. de boorspanning en

-snelheid wordt het gat breder of dieper gemaakt. Op die manier kunnen complex gevormde gaten in metaal geboord worden. Het gaat daarbij vooral om gaten met inwendige vernauwingen. Dit soort gaten zijn van belang voor de koeling van schoepen in gasturbines. Het koelvermogen wordt er extra door vergroot doordat een stroming door de vernauwingen eerder turbulent wordt. Een extra voordeel van de vernauwingen is, dat de flux door het koelgat er kleiner door wordt. Om van te voren te weten hoe een gat met een bepaalde vorm geboord moet worden, moeten er experimenten of simulaties gedaan worden. In de simulaties werd het elektrochemisch proces, warmteoverdracht en de stroming van het zuur meegenomen. Voor de modellering van de stroming van het zuur werden de axisymmetrische Navier-Stokes vergelijkingen gebruikt, terwijl er voor de temperatuur een convectie-diffusie vergelijking met een (chemische) bronterm opgelost moest worden. Het geheel werd met een eindige elementen benadering opgelost, waarbij verder het ontstaan van gasbellen bij de stroming van het zuur buiten beschouwing werd gelaten. Ter afsluiting werd een video met daarin een aantal simulaties getoond. Men kon o.a. zien hoe de verschillende boorparameters, zoals de boorsnelheid en het type van de boorelektrode, de vorm van het boorgat beïnvloedde.

Dhr. Tulleken (KSLA) hield vervolgens een voordracht over 'polypropene propagation' en de daarmee samenhangende modellering van (stochastische) polymeergroei aan een katalysatoroppervlak. Bij deze polymerisatie van propene komen er verschillende reactiemechanismen voor. Het optreden van een bepaalde subreactie is afhankelijk van de eigenschappen van de katalysator, het patroon van de laatst-ingebouwde monomeren in de groeiende keten en de oriëntatie van het zich voor mogelijke insertie aanbiedende (propene)monomeer. De verschillende reactiemechanismen hebben verschillende isometrieën van de polypropenenketens tot gevolg. Zo kunnen de CH_3 groepen om en om naar voren en naar achteren (syndiotactisch) of allemaal aan dezelfde kant (isotactisch) t.o.v. de keten staan. Bovendien zijn er vele tussenvormen mogelijk. Laboratoriumanalyse geeft o.a. informatie over de mate waarin een monster isotactische dan wel syndiotactische trekken vertoont. Hierbij is echter over de ketenlengte en de populatie gemiddeld. Op basis van een gepostuleerd stochastisch model kan o.a. nagegaan worden hoeveel procent van de CH_3 -groepen 'up' of 'down' zal staan en in welke patronen één en ander voorkomt. De spreker heeft drie mechanismen voor polymeergroei opgevoerd, te weten een Bernoulliaans (random), een eerste-orde en een tweede-orde Markoviaans groeimechanisme. Op basis van de experimentele data zijn de kansovergangsparemeters te schatten voor elk van deze drie deelmodellen en kan achterhaald worden wat ieders aandeel in de ketenstatistiek is. Dit levert kwantitatieve informatie over verschillende reactiemechanismen waarmee de katalytische receptuur, en daarmee de produkteigenschappen, verbeterd kunnen worden.

1.9 “Multirooster workshop in Oberwolfach”, 30 april – 4 mei 1995 (C.W. Oosterlee)

In het zuiden van Duitsland in het westelijk deel van het Zwarte Woud ligt het kleine plaatsje Oberwolfach. Naast een aantal huizen, een kerk en een café herbergt Oberwolfach ook een mathematisch instituut, waar wekelijks groepen wiskundigen bijeenkomen om over een thema van gedachten te wisselen. Een eerste verslag door Hans Molenaar van zo'n bijeenkomst kan men in 'het Nummer 32' van maart 1995 vinden. In de week van 30 april tot 6 mei 1995 was het thema 'Multilevel Methods and Applications' georganiseerd door prof. Wolfgang Hackbusch (Univ. Kiel), prof. Piet Hemker (CWI, Amsterdam) en prof. Gabriel Wittum (Univ. Stuttgart). Ongeveer 40 deelnemers waren aanwezig, waaronder een sterke nederlandstalige delegatie (6 Nederlanders + 2 Vlamingen). Van maandag tot en met vrijdag werden ongeveer 7 voordrachten per dag gehouden met tussendoor vrij lange middagpauzes, zodat er volop gelegenheid bestond om met vakgenoten multirooster problemen te bespreken, al dan niet tijdens een boswandeling in het Zwarte Woud of om enige uren in de zeer volledige bibliotheek door te brengen.

De eerste sessie 's maandags was een 'applicatie'-sessie. De nadruk lag op multigrid voor numerieke stromingsleerproblemen. Prof. Piet Wesseling (Univ. Delft) was de eerste spreker. Hij sprak over een combinatie van multirooster met de Krylov subspace methode GMRESR voor incompressibele Navier-Stokes vergelijkingen. Ikzelf (GMD, Sankt Augustin) volgde met een evaluatie van een op GMRES gebaseerde vlakken smoother in multigrid voor 3D Poisson en incompressibele Navier-Stokes vergelijkingen. Prof. Erik Dick (Univ. Gent) schetste multirooster problemen voor compressibele Navier-Stokes vergelijkingen met $k - \epsilon$ turbulentie modellering. Met als uiteindelijk doel het oplossen op niet-gestructureerde roosters is het dan niet mogelijk om robuuste lijn of vlakken smoothers te gebruiken. Prof. Dieter Hänel (Univ. Duisburg) sloot de maandagochtend af met een verhaal, waarin hij uitlegde, wanneer zijn groep met adaptief verfijnde niet-gestructureerde roosters voor tijdsafhankelijke compressibele stromingen multirooster methoden gebruikt heeft en wanneer multigrid geen voordeel meer bood.

Na de eerste sessie met toepassingen volgden enkele sessies met theorie. Maandagmiddag lag de nadruk op de Frequency-Domain Decomposition Method, een zogenaamde niet-standaard multirooster methode, waarin men probeert door middel van een krachtige grof rooster correctie, met meerdere roosters dan in standaard multigrid, een robuuste oplosmethode te creëren. De smoother kan dan een (eenvoudige) punt smoother zijn. De methode is eind jaren tachtig geïntroduceerd door prof. Hackbusch. In Oberwolfach werd een toepassing voor oceaan modellering gepresenteerd door Joel Dendy (Los Alamos, Nat. Lab.) en Rob Stevenson (Univ. Eindhoven) presenteerde theorie voor een nieuwe robuuste versie van deze methode.

Ulrich Rüde (Univ. München), tenslotte, sprak over een impliciete versie van zijn stokpaardje: de combinatie van multilevel en extrapolatie methoden.

De eerste spreker op dinsdag was Stefan Vandewalle (Caltech, Pasadena), een bekend spreker van de Woudschoten conferenties. Z'n voordracht had de wel-luidende veelzeggende titel: 'Acceleration of multilevel domain-decomposition and multigrid by Krylov subspace methods.' 'Schwarz methods: to symmetrize or not to symmetrize'. Prof. Arndt Meyer (Univ. Chemnitz) sprak over preconditioning voor de pseudo-Laplace operator, die in druk-correctie methoden voor incompressibele Navier-Stokes problemen ontstaat en bekend staat als de drukterm. Bekende preconditioneringsmethoden, die besproken werden voor eindige elementen toepassingen, zijn de zgn. hiërarchische basis preconditioner van prof. Yserentant (Univ. Tübingen) en de BPX (Bramble, Pasciak, Xu) preconditioner. Een interessante 'strijd' werd in de volgende beide voordrachten gepresenteerd van Michael Jung (Univ. Chemnitz) en Gundolf Haase (Univ. Linz, voorheen uit Chemnitz). Beide proberen een magnetiserings-probleem numeriek op een Parsytec machine op te lossen met dezelfde communicatie bibliotheek. Jung gebruikt multigrid met niet-overlappende subdomeinen als oplosser en Haase gebruikt een domein-decompositie methode gekombineerd met multilevel technieken. Tot nu toe is de methode van Jung de snelste maar de vriendschappelijke strijd is nog niet gestreden, zo werd ons duidelijk gemaakt.

Dinsdagmiddag kon men betitelen als: 'Eindige elementen en multilevel methoden' Sue Brenner (Columbia, South Carolina) sprak over V- en W-cycle convergentie voor niet-conforme eindige elementen toepassingen. Stefan Turek (Univ. Heidelberg) toonde z'n multigrid resultaten met niet-conforme eindige elementen voor tijdsafhankelijke incompressibele Navier-Stokes vergelijkingen. Een Schur-komplement solver werd getoond om problemen voor elementen met verschillende aspect ratios op te kunnen lossen. Prof. Dietrich Braess (Univ. Bochum) sloot de dinsdag af met een interessante beschouwing over verschillende technieken, die als smoother gebruikt worden bij zadelpuntsproblemen, zoals de incompressibele Navier-Stokes vergelijkingen. Zogenaamde snelheids (u -) dominante technieken bleken goede smoothers te zijn, terwijl druk (p -) dominante geen smoother waren.

Woensdag 3 mei beet prof. Miroslav Feistauer (Univ. Praag) de spits af met een voordracht over discretizatie technieken voor stromingsvergelijkingen op niet-gestructureerde roosters. Adaptiviteit en tweede orde nauwkeurigheid met moderne upwind schema's waren de hoofdthema's. Multigrid zal vervolgens als oplosmethode geïntegreerd worden. Arnold Reusken (Univ. Eindhoven) sprak over theoretisch onderzoek naar een robuuste multigrid methode voor de convectie-diffusie vergelijking. De theorie werd ondersteund met numerieke resultaten. Jürgen Führmann (Weierstrass, Berlijn) onderzoekt verschillende algebraïsche multirooster methoden voor eindige elementen toepassingen voor elliptische vergelijkingen met discontinue coëfficiënten. Nikolas Neuss (Univ. Stuttgart) sprak over theorie omtrent de combinatie van homogenisatie en multigrid.

Woensdagmiddag was een uitstapje gepland met een kleine wandeling rond een meertje in het Zwarte woud. Het uitstapje werd uiteraard afgesloten met koffie

en Schwarzwälder-Kirsch Torte.

Donderdag konden enige voordrachten gerangschikt worden onder het thema 'Vergroevings-strategieën'. Voor problemen in complexe geometrieën is het niet eenvoudig om naar grove roosters te gaan in de multigrid cycle zonder dat men specifieke fijn-rooster geometrie informatie verliest. Problemen in complexe geometrieën worden vaak gediscrètiseerd op niet-gestructuurde of eindige elementen roosters. Een vergroevings-strategie voor problemen op niet-gestructureerde rooster werd gepresenteerd door Prof. Randy Bank (LaJolla, San Diego). Hoewel men op grove roosters de fijne geometrie niet meer volledig waarneemt, gaat de fijn-rooster informatie niet verloren op grove roosters. Ook Stefan Sauter's (Univ. Kiel) voordracht handelde over vergroevings-strategieën. Hij behandelde strategieën voor eindige-elementen ruimten ('A new finite element space for the approximation of PDEs on domains with complicated microstructures'). Ook hier herkende men op het grofste rooster de geometrie niet meer, terwijl de belangrijke informatie toch behouden blijft.

In twee voordrachten werden vervolgens a-posteriori fout-schatters in samenhang met multigrid behandeld. Ralf Kornhuber (Weierstrass Inst. Berlijn) presenteerde theorie en numerieke resultaten voor hierarchische fout-schatters voor lineaire en niet-lineaire elliptische problemen gediscrètiseerd met eindige elementen. Prof. Ronald Hoppe (Univ. München) bracht een zelfde voordracht met theoretische resultaten voor gemengde eindige elementen. Andere voordragenden op donderdag waren Peter Oswald (College Station, Texas) over theorie en numerieke resultaten voor 'multilevel preconditioners for non-conforming elements' en Jörg Junkherr (Univ. Kiel) met 'Multigrid methods for weakly singular integral equations of the first kind'. In deze laatste voordracht werd theorie voor integraalvergelijkingen aan multirooster theorie gekoppeld.

Op de slotdag, 5 mei, werden nog enige zeer interessante voordrachten gehouden. Als eerste gaf Folkmar Bornemann (Zuse, Berlijn) een heldere voordracht over cascade multigrid methoden. Voor deze methoden, waarbij men slechts eenmaal oplossingen van een grof naar fijnere roosters transfereert en niet zoals bij standaard multigrid afwisselend fijne en grove roosters bezoekt, vergeleek hij theorie met standaard multirooster theorie. Voor Poisson-achtige problemen gaf hij 'smoothing' en 'approximation property'.

Christian Wagner (Univ. Stuttgart), een student van Gabriel Wittum, heeft de Frequentie Filter methode voor verschillende scalaire testproblemen onderzocht en verbeterd. Deze methode is beschreven in de habilitatie van Wittum.

Peter Vaňek (Univ. Praag) is een Tsjechische student, die bij Prof. Jan Mandel (Univ. Denver) werkt aan algebraïsche multigrid (amg) methoden voor vergelijkingssystemen gediscrètiseerd met eindige elementen. De CPU tijd, die nodig is om dunne plaat problemen op te lossen met amg vergelijkt hij met de in commerciële software aanwezige directe oplosmethoden. De iteratieve solver blijkt efficiënter dan de directe methode en robuust.

Wim Mulder (Shell, Rijswijk) sloot de vrijdag af met een overzicht van het gebruik van multirooster methoden in het verleden bij Shell voor olie-reservoir testproblemen. Voor sommige toepassingen werd multigrid gebruikt om een

elliptisch deel van een vergelijkingssysteem op te lossen, terwijl voor andere Euler-achtige problemen multigrid is toegepast op het volledige systeem. Persoonlijk kijk ik terug op een interessante week met een aantal nieuwe ontwikkelingen, zoals op het gebied van vergroevingsstrategieën voor problemen in complexe geometrieën. Andere methoden, zoals cascadic multigrid zijn mij duidelijker geworden.

Tenslotte rest mij nog mij aan te sluiten bij de afsluitende opmerkingen over het biljartlaken van Hans Molenaar in 'het Nummer 32' van maart 1995.

1.10 "Herman J.J. te Riele: 25 jaar professioneel wiskundige" (H. Boender)

Op 1 mei 1995 was dr. ir. H.J.J. (Herman) te Riele 25 jaar in dienst van de Stichting Mathematisch Centrum (SMC) te Amsterdam. Dit werd op 16 mei gevierd op het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) met een symposium ter ere van de jubilaris.

Herman geniet internationale bekendheid wegens zijn werk in de numerieke getaltheorie. Met name zijn onderzoek naar het ontbinden van zeer grote gehele getallen en naar aspecten van de Riemann Hypothese trok veel aandacht. Verder organiseert Herman de werkgroepen Grootchalig Rekenen, mede-organiseert hij een aantal symposia over Massaal Parallel Rekenen en is hij betrokken bij een aantal activiteiten van ERCIM, een samenwerkingsverband van een aantal Europese instituten.

De opening werd 's middags verricht door G. van Oortmerssen, directeur van het CWI. Op de voorste bank zaten Mark en Merel, twee kinderen van Herman. De derde, Wouter, liet verstek gaan: de eindexamens VWO konden niet worden verzet. Hermans echtgenote, Toke, was ook aanwezig. Verder waren er heel wat prominenten. Hendrik Lenstra mag niet onvermeld blijven.

De heer van Oortmerssen begon zijn openingstoespraak met een aantal prikkelende vragen: is het wel gezond om zo lang met getallen bezig te zijn en, serieuzer van aard, wat is het nut van het ontbinden van getallen? Meer algemeen: wat is het nut van getaltheorie? Welnu, Herman heeft altijd een open oog gehad voor toepassingen volgens de directeur. Instellingen als banken maken dankbaar gebruik van cryptologie om hun gegevensverkeer te beveiligen en cryptologie zelf kan niet zonder getaltheorie. Herman keek bij deze opmerkingen even snel naar Hendrik Lenstra. Zei Lenstra in NRC Handelsblad niet iets over varkentjes in rozentuinen? ... Verscheidene keren heeft Herman de internationale pers bereikt door op een supercomputer een record-factorisatie uit te voeren. De klapper was wel de weerlegging van het vermoeden van Mertens, waarover straks meer.

De tweede spreker was Piet van der Houwen, chef afdeling NW van het CWI. Hij leidde het symposium in en gaf een korte schets van Hermans carrière tot nu toe. Op 1 mei 1970 kwam Herman, net afgestudeerd, als jong onderzoeker bij

de SMC. Een echte afdeling numerieke wiskunde bestond toen nog niet. Men voerde veel programmeeropdrachten uit voor de UvA en de VU. Hermans eerste opdracht was het schrijven van een procedure voor Fast Fourier Transform in ALGOL 60. De didactische kwaliteiten van Herman bleven niet onopgemerkt en hij werd gevraagd een cursus te geven ('Het MC enquête programma').

Al in 1972 werd hij coördinator van een 15-tal programmeurs. Deze club stond bekend onder de naam 'de winkel' vanwege de opdrachten die men uitvoerde voor derden. Het onderzoek naar het ontbinden van getallen begon iets eerder, in 1971 samen met Jack Alanen. Eind 1973 werd Herman bevorderd tot sous-chef (onder Piet van der Houwen) van de afdeling NW die net was opgericht. Daar werd nog wel even over gediscussieerd: een nog niet gepromoveerde onderzoeker met zo'n grote verantwoordelijkheid! Maar chef en directeur hadden er alle vertrouwen in en Herman werd sous-chef. In de periode '73 - '95 heeft Herman zich, naast getaltheorie, bezig gehouden met o.a. integraalvergelijkingen (Fredholm, Volterra) en heeft hij onderzoek gedaan naar kiesdrempels om verkiezingen eerlijker te laten verlopen.

Na zijn aanstelling tot sous-chef voltooidde Herman zijn promotie onder Van Wijngaarden. In zijn proefschrift ('A theoretical and computational study of generalized aliquot sequences') behandelt Herman o.a. bevriende getallenparen. Tijdens de promotieplechtigheid zei Van Wijngaarden: 'Dit is nu eens een leuk en aansprekend proefschrift'. (Van Wijngaarden was niet scheutig met complimenten.)

De weerlegging van het vermoeden van Mertens, samen met Andrew Odlyzko, bracht Herman roem in de wiskundige wereld. Hier moet ik een beetje technisch worden. De Möbius functie μ is gedefinieerd op de natuurlijke getallen als: $\mu(1) = 1$, $\mu(n) = 0$ als n deelbaar is door het kwadraat van een priem, $\mu(n) = (-1)^r$ als n het product is van r verschillende priemen. Voor een reëel getal x is $M(x)$ gedefinieerd als de som van alle $\mu(n)$ waarbij gesommeerd wordt over alle $n \leq x$. Mertens vermoedde dat de functie $M(x)/\sqrt{x}$ begrensd was en dat men waarschijnlijk de grenzen 1 of -1 kon nemen. Later bleek dat dit vermoeden de Riemann Hypothese zou impliceren. De Riemann Hypothese is het belangrijkste vermoeden in de wiskunde of in ieder geval, in de getaltheorie. Natuurlijk geloofde men toen niet meer in het vermoeden van Mertens en de weerlegging daarvan is hard gemaakt door Herman te Riele en Andrew Odlyzko. Zij toonden met behulp van een computer aan dat de functie $M(x)/\sqrt{x}$ een waarde > 1.06 aanneemt. Dit resultaat werd in menig krantartikel vermeld. Piet van der Houwen had er een aantal verzameld uit het archief en op transparant gezet. Zo kon iedereen de namen van Herman en Andrew zien in de Los Angeles Times, Herald Tribune, enz.

Wat betreft het factoriseren had Herman ook niet te klagen over aandacht in de pers. Een greep: in 1986 meldden De Telegraaf en Algemeen Dagblad de ontbinding van een getal van 75 decimale cijfers door Herman en zijn groep. In 1988 werd een mijlpaal bereikt (als men in het decimale stelsel gelooft) met een

getal van 100 cijfers. De New York Times, Herald Tribune en de Volkskrant brachten dit nieuws onder de mensen. Recent is er een getal van 162 cijfers gekraakt door verschillende mensen uit de getaltheoriegroep van Herman, samen met Oregon State University en Reed College in Oregon, en dit feit had ook de aandacht van de pers. (De sprong van 100 naar 162 cijfers komt misschien groot over, maar dat heeft zo zijn technische redenen.)

Na de inleiding door Piet van der Houwen was het de beurt aan Henk van der Vorst uit Utrecht. Henk is al jaren adviseur van het CWI. De titel van zijn voordracht was: 'Moeilijke sommetjes'. Hoe kan een eenvoudige opdracht als het berekenen van een inproduct moeilijk gemaakt worden? Welnu, dat kan als je computers gebruikt en je rekening moet houden met de architectuur daarvan. Henk legde op een duidelijke manier uit hoe je efficiënt gebruik kan maken van een vectorcomputer. Grofweg gezegd is dat een computer die, na een bepaalde korte initialisatietijd, rijtjes (vectoren) van getallen bij elkaar optelt in dezelfde tijd als de 'opteltijd' van twee scalaren. Vectorcomputers als de supercomputer Cray van de Stichting Academisch Rekencentrum Amsterdam (waarop Herman en zijn groep driftig rekenen) spreken veel mensen tot de verbeelding en zijn goed voor wilde uitspraken. Uit de tijd dat de eerste supercomputer in Nederland werd geïnstalleerd, had Henk daar een paar leuke voorbeelden van. De Volkskrant had de definitie van vector opgezocht: 'Een vector heeft een lengte en een richting' en het toenmalige Het Vrije Volk maakte het nog bonter: 'Er is nu een supercomputer in Amsterdam die alles kan berekenen in één seconde.'

Rob Tijdeman uit Leiden was de laatste spreker voor de pauze. Hij is een zwaargewicht op het gebied van de analytische getaltheorie. 'Hoe gaat het met Catalan?' was de titel van zijn voordracht. Het vermoeden van Catalan lijkt uiterlijk op het laatste vermoeden van Fermat. 'Catalan' zegt dat het verschil van twee zuivere machten niet 1 kan zijn, met uitzondering van $9 - 8$. Veel werk was al verricht om dit vermoeden te bewijzen, maar een volledig bewijs is er nog steeds niet. Euler heeft zich ermee bezig gehouden en mensen als Lebesgue (niet de Lebesgue, Rob wist niet wat de relatie was tussen die twee), Nagell, Selberg (niet de Selberg ...) en Chao Ko. Deze mensen hebben allerlei ondergrenzen aangegeven waardoor het probleem 'ietsje' eenvoudiger leek. De grote doorbraak kwam van Rob zelf in 1976. Hij bewees dat het een zogenaamd eindig probleem is: 'slechts' eindig veel gevallen moeten nog onderzocht worden. De bovengrenzen die hij gaf zijn echter afschuwelijk groot. Rob schreef een grens op die bestond uit een opeenstapeling van exponenten. Er is veel gedaan om die grenzen te verbeteren en onder groot voorbehoud (Rob sprak zelfs van borrelpraat) gaf hij resultaten van een aantal mensen. De grenzen die nu zijn berekend, zijn zo klein geworden dat een supercomputer wellicht het gat kan dichten. 'Misschien iets voor Herman? ...'

Na de pauze verscheen een andere grootheid in de getaltheorie: Richard Brent uit Australië. Hij was zeer toevallig in Parijs en deed speciaal Amsterdam

aan om Herman toe te spreken. Richard en Herman onderhouden een lijst van getallen waarvan men graag de factorisatie wil weten. ‘Some real-variable conditions equivalent to the Riemann Hypothesis’ luidde de titel van zijn voordracht. Jammer dat Richard moeilijk te verstaan was, hij spreekt zeer zacht. Het vermoeden van Mertens kwam weer ter sprake en verder allerlei technische zaken die voor het merendeel var. het publiek moeilijk te volgen waren.

Een oude bekende van de getaltheoriegroep is Peter Montgomery. Hij is afkomstig uit de Verenigde Staten (Oregon) en is een jaar lang te gast geweest op het CWI. Een uiterst (merkw)aardige man die keihard werkt en leeft voor de wiskunde en computers. Hij gaf een overzicht van het ontbinden van getallen over de laatste 25 jaar. Cryptologie noemde hij als één van de redenen voor de hernieuwde belangstelling voor het factoriseren. Peter is een expert in de ‘ontbindings-business’ en de getaltheoriegroep heeft nog steeds een hecht contact met hem. Hij zorgt ervoor dat de computers op het CWI nooit werkloos zijn. Vanuit de Verenigde Staten ‘logt’ hij regelmatig in op het CWI-netwerk en laat zo’n 70 computers tegelijk voor hem rekenen.

Walter Lioen (CWI, afd. NW) gaf de laatste voordracht: ‘Grootschalige getalenvrienden’. Hij hield zich aan de code die Herman voorgeschreven had: alle voordrachten moeten voor een breed publiek te begrijpen zijn (en misschien met uitzondering van Richard waren ze dat ook). Walter is (samen met Dik Winter) al jaren een grote steun voor Herman op computergebied. Zonder de hulp van Walter en Dik hadden heel wat berekeningen niet uitgevoerd kunnen worden. Walters voordracht was zeer helder en erg goed gepresenteerd. Hij besprak een experiment dat gedaan was op de Cray supercomputer. Als $\nu(n)$ het aantal priemfactoren van n aanduidt (gerekend met multipliciteit) en $\lambda(n)$ gedefinieerd is door $+1$ als $\nu(n)$ even is en -1 als $\nu(n)$ oneven is, dan willen we weten de som over alle $n \leq x$ van $\lambda(n)$. Deze som wordt genoteerd met $L(x)$. Pólya vermoedde dat $L(x) \leq 0$ als $x \geq 2$. Dit vermoeden impliceert de Riemann Hypothese. Walter heeft $L(x)$ berekend tot $x = 25 \cdot 10^{10}$ en liet via mooie plaatjes op het transparant zien hoe die functie eruit ziet. Helaas (of moeten we zeggen: gelukkig?) liet L nog steeds het ‘Pólya’-gedrag zien: bijna overal was hij onder de x -as; een enkele keer tipte hij de x -as aan, voor het laatst in de buurt van $9 \cdot 10^8$. Als we de functie λ zien als een munt waarmee we gooien (kop is $+1$, munt is -1), dan moeten we concluderen dat λ een onzuivere munt is! (Walter hield het trouwens op “Flippo’s” in plaats van munten.)

Na de afsluiting door Piet van der Houwen, gaf Herman een paar reacties. Dat de bevordering tot sous-chef enkele voeten in aarde had, was hem niet bekend en hij vond het aardig om dat nu eens te horen. Verder stond een groot deel van het symposium in het teken van de getaltheorie, maar Herman benadrukte dat hij de numerieke wiskunde nimmer heeft verlaten en er nog altijd een groot deel van zijn tijd aan besteedt. Hij had ook nog een wetenschappelijke opmerking: het gat bij ‘Catalan’ komt hem iets te groot voor om dat (zelfs) met een supercomputer te dichten. Tenslotte werden de sprekers bedankt voor het mooie

symposium. Jan Kok kreeg een apart applaus: hij had het hele symposium plus het diner van die avond tot in de details geregeld. Het moet gezegd, het symposium liep als een trein.

Tijdens de afsluitende receptie in de kantine (of bedrijfsrestaurant zoals sommigen zeggen) werden enkele woorden gesproken door Jan Kok. Hij bood namens een heleboel mensen (ook van buiten het CWI) cadeaus aan. Een aantal cd's met muziek van o.a. Verdi en een doosje dat je kan gebruiken bij bridge om te bieden (verontschuldiging: ik weet niet precies hoe dat heet als niet-bridger). De directeur van het CWI had tijdens de opening van het symposium al lovende woorden gesproken over Herman en dat deed hij heel dunnetjes nog eens over tijdens de receptie. Bij een jubileum hoort een gratificatie en hij had het bedrag afgerond naar boven tot het dichtst bijzijnde priemgetal. Dat betekende drie gulden extra die hij contant overhandigde.

's Avonds was er een diner in 'Het Badhuis', dicht bij het Muiderpoortstation. Voor de serveerders/serveersters moet het niet meegevallen zijn om een groep van ongeveer 60 personen in bedwang te houden. Toen de vis verscheen, werd het een tijdje rustig en vlak voor het dessert nam Jan Kok weer het woord. Op het symposium werd vermeld dat Jan de rechterhand is van Herman en hij vroeg zich af of hij niet juist de linkerhand is. Volgens Herman is hij gewoon een prima collega. Een opmerkelijk trekje van Jan is zijn drang tot dichten. Ook deze keer kon hij het niet laten:

Op een runderpaar

Eer een bevriend runderpaar te Riel
van een even perfect kalf beviel
verdeelde het zelf, door magie,
zijn factoren met genterapie.
Zo ontstond met een speciaal gen
stier Herman door HPCN.

Jan Kok
mei MCMXCV

Margreet Nool, een medewerkster van Herman, haalde herinneringen op uit de tijd dat de NW'ers tegen elkaar tafeltennisten. Enkele verslagen die ze opgediept had, droeg ze voor, Kees Jansma overtreffend in enthousiasme. Blijkbaar is Herman ook een goed tafeltennisser: hij bleef zelf op één plaats staan en de tegenstander liep zich het apezuur om de ballen fatsoenlijk over het net te krijgen. Tot verrassing van Herman overhandigde Margreet nog een aantal cadeaus die bewaard waren voor het diner en geschonken zijn door de afdeling NW. Het waren weer cd's met klassieke muziek die op Hermans verlanglijstje stonden: Haydn en Beethoven. Na een laatste dankwoord van Herman (hierbij schrokken Peter Montgomery en Richard Brent wakker) werd er nog even nagetafeld en liep het feest ten einde.

1.11 “GMRES and its Beneficial Work in Numerical Theory and in Applications” (J.L.M. van Dorselaer)

Ter gelegenheid van het bezoek van Jitka Drkošová en Zdeněk Strakoš (Instituut voor Informatica, Tsjechische Academie voor Wetenschappen, Praag) aan de numerieke wiskundegroep van de Universiteit Utrecht werd op 31 mei jongstleden een vijftal voordrachten gehouden met als thema GMRES. Deze lezingendag werd georganiseerd door G.L.G. Sleijpen en H.A. van der Vorst en vond plaats in het wiskunde gebouw van de Universiteit Utrecht.

GMRES (Generalized Minimal Residual) is een iteratieve methode voor het oplossen van een stelsel lineaire vergelijkingen $Ax = b$. Bij een gegeven startvector x_0 wordt in GMRES het residu $r_0 = b - Ax_0$ berekend. Uitgaande van r_0 worden benaderingen x_j van $A^{-1}b$ bepaald waarbij $x_j = x_0 + v$ met $v \in \text{span}\{r_0, Ar_0, \dots, A^{j-1}r_0\}$; de vector v wordt zo gekozen dat $\|r_j\|_2$ (met $r_j = b - Ax_j$) zo klein mogelijk is.

C. Vuik (Technische Universiteit Delft) beet de spits af met de lezing “GMRESR: a family of nested GMRES methods”. Alhoewel GMRES in zekere zin optimaal is (de norm van het residu wordt geminimaliseerd) kan de methode erg duur worden wat rekentijd en geheugenruimte betreft. In de praktijk worden daarom varianten van GMRES gebruikt (b.v. herstarten na een vast aantal iteraties). In deze voordracht besprak de spreker GMRESR (de laatste R staat voor ‘Recursive’), een methode die ontwikkeld is door Van der Vorst en Vuik. In GMRESR is het mogelijk om in iedere stap een andere preconditionering te gebruiken. Verder kan deze methode efficiënt zijn wanneer er stelsels $Ax = b$ met verschillende rechterleden b opgelost moeten worden. Tenslotte werd in numerieke experimenten GMRESR vergeleken met GMRES en BiCGstab.

De tweede lezing (On the rate of convergence and numerical (in)stability of the GMRES method) werd verzorgd door Z. Strakoš uit Praag. Voor normale matrices A wordt het convergentiegedrag van GMRES bepaald door de ligging van de eigenwaarden van A . Voor sterk niet-normale matrices A (d.w.z. het conditiegetal van de matrix van eigenwaarden van A is groot) hoeft dit niet het geval te zijn. Greenbaum, Pták en Strakoš hebben bewezen dat bij iedere niet-stijgende rij positieve getallen $\{r_j\}$, er vectoren x_0 , b en een matrix A bestaat zodat GMRES toegepast op $Ax = b$ met startvector x_0 precies de getallen r_j als normen van de opeenvolgende residuen heeft. Bovendien kan er voor elke voorgeschreven verzameling eigenwaarden $\neq 0$ zo’n matrix A gevonden worden. Na deze voordracht vroegen de aanwezigen zich af wat het convergentiegedrag van GMRES voor sterk niet-normale matrices bepaalt.

J.G. Blom (CWI, Amsterdam) stelde de vraag: “Which Krylov method should one use in a general PDE solver?”. Haar voordracht ging over de ontwikkeling van een robuuste code voor het oplossen van tijdsafhankelijke niet-lineaire partiële differentiaalvergelijkingen in 2D en 3D, afkomstig van het modelleren van zouttransport in grondwater. Voor het oplossen van het uiteindelijk verkregen stelsel lineaire vergelijkingen zijn verschillende iteratieve methoden gebruikt. BiCGstab, gepreconditioneerd met ILU, bleek goed te wer-

ken; helaas kost deze methode veel geheugenruimte omdat zowel de Jacobiaan als de ILU-preconditionering onthouden moeten worden. Daarom werden ook methoden onderzocht waarbij 'Jacobiaan \times vector' vervangen kan worden door een differentiequotient. Een nadeel hiervan is dat ILU niet meer gebruikt kan worden, en een andere wijze van preconditioneren gezocht moet worden. Voor het oplossen van het stelsel lineaire vergelijkingen met deze zgn. matrix-vrije methoden werd o.a. het al eerder genoemde GMRESR gebruikt.

G.L.G. Sleijpen (Universiteit Utrecht) verzorgde de vierde voordracht, getiteld "Maintaining the convergence properties of BiCGstab methods in finite precision arithmetic". Na een korte introductie over de BiCG-methode, en de hierop gebaseerde methoden CGS en BiCGstab, werd aan de hand van een voorbeeld (een convectie-gedomineerde convectie-diffusievergelijking) geïllustreerd dat afrondfouten het (convergentie)gedrag van BiCGstab ernstig kan verstoren. Uit analyse blijkt dat dit veroorzaakt wordt door het feit dat de coëfficiënten in het onderliggende BiCG-proces erg klein kunnen worden. Het is mogelijk om het proces zo aan te passen dat de methode minder gevoelig is voor afrondfouten. Een ander alternatief is de zgn. BiCGstab(l)-methode, een combinatie van BiCG met l stappen GMRES. Het gedrag van de verschillende methoden werd vergeleken aan de hand van numerieke experimenten.

De laatste spreker was M.B. van Gijzen (Universiteit Utrecht) met de voordracht "GMRES-like methods on distributed memory computers". Bij het toepassen van GMRES dienen veel inproducten uitgerekend te worden, wat veel communicatietijd kost op gedistribueerde geheugenmachines. Voor dit soort architecturen kan het de moeite lonen varianten van GMRES te gebruiken waarbij minder inproducten uitgerekend hoeven te worden. Twee varianten die aan bod kwamen waren GMRES met polynoom-preconditioning en een hybride GMRES-methode. Uit numerieke experimenten, uitgevoerd op de Cray T3D (met 1 tot 64 processoren), zien we dat deze twee varianten beter paralleliseren dan GMRES. Alhoewel deze varianten vaak duurder zijn op een sequentiële machine, blijken ze efficiënter te zijn wanneer er 64 processoren gebruikt worden. De stelsels lineaire vergelijkingen waren afkomstig van eindige elementendiscretisaties van convectie-diffusievergelijkingen in 2D en 3D.

Samenvattend kunnen we zeggen dat het een interessante dag was, mede dankzij de levendige discussies tijdens en na afloop van de voordrachten. Ook de redelijke opkomst (ca. 20 personen) en de informele sfeer hebben bijgedragen tot een succesvolle bijeenkomst.

1.12 "Het tweede TASC symposium" (E.J. Spee)

Datum: 9 juni 1995

Plaats: CWI, Amsterdam.

Onder de titel "Topics in Environmental Mathematics" organiseerde TASC (Transport Algorithms and Scientific Computing), een samenwerkingsverband tussen CWI, IMAU, RIVM, RWS, TNO, TUD en WL, een lezingenmiddag. Op dit tweede TASC symposium stonden drie sprekers op het programma; hier

volgt een kort verslag van hun voordrachten:

Peter Wilders (TU Delft, Faculteit Technische Wiskunde en Informatica)

A case study of 2D miscible transport in strongly heterogeneous porous media.

Peter Wilders doet onderzoek naar de advection-diffusie vergelijking voor stroperige vloeistoffen als olie in een gebied van 300m bij 300m, die hij beschrijft met 20.000 punten. De resultaten van zijn berekeningen toonde hij tijdens een video presentatie. Daarin was goed zichtbaar dat er in het probleem grote CFL getallen voorkwamen, met een groot verloop bij de instroom en de uitstroom. Dit rechtvaardigde een impliciete aanpak. De stelsels vergelijkingen werden opgelost met GMRES met een Jacobi Preconditioner. Deze aanpak is goed paralleliseerbaar, wat blijkt uit de volgende speed-up factoren voor verschillende aantallen processoren.

aantal processoren	1	4	9	16	25
speed-up factor	1	3.4	5.9	9.3	13.3

Christoph Kessler (CWI, Afdeling Numerieke Wiskunde)

Implementation of a 3D atmospheric dispersion model on the parallel machine Cray-T3D.

Het doel van het onderzoek was het implementeren van een serieel programma op de T3D (Torus 3 D), een machine met 1024 DEC Alpha processoren, in Lausanne, Zwitserland. De kloksnelheid is 150 MHz, het geheugen is 8 tot 64 Mbyte, en de cache is 8 kbyte. Problemen ontstonden als de cache te klein werd, zoals blijkt uit onderstaande tabel voor de eenvoudige saxpy operatie $x(i) = x(i) + \alpha y(i)$,

dimensie	MFlops
512	56.3
1024	14.2
4096	11.7

terwijl de maximale snelheid ongeveer 150 MFlops zou moeten zijn. Het echte testmodel is een atmosferisch transportmodel, inclusief chemie en diffusie. De chemie is de EMEP chemie (66 stofjes, 140 reacties), en wordt gekoppeld met de verticale diffusie opgelost met TWOSTEP. Er is een rooster gebruikt met 32 punten in beide horizontale richtingen, en 16 in de vertikaal. Belangrijk is de distributie van de data over de verschillende processoren. Het meest efficiënt bleek de situatie waarin de chemische componenten van een verticale kolom op één processor zaten. In deze test worden goede speed-up factoren gehaald, waarbij de chemie+diffusie het beter doet dan de advection. Geconcludeerd wordt dat het cache algoritme verbeterd moet worden, omdat de optimale performance niet bereikt wordt. Na optimalisatie met de hand zijn goede speed-up factoren te bereiken.

Markus Kirkilonis (CWI, Afdeling Algebra, Analyse en Meetkunde)

Computing transport and growth of plankton and pollutants in the sea. A new iteration method for nonlinear quasimonotone weakly coupled systems of parabolic equations.

In deze voordracht werd een nieuwe methode geïntroduceerd voor het oplossen van een stelsel chemische vergelijkingen. Het is een methode die alleen werkt voor systemen waar alle elementen van de Jacobiaan hetzelfde teken hebben. In dat geval geeft het discrete maximum principe een oplossing die gegarandeerd groter is dan de werkelijke oplossing en één die kleiner is, de super- en een sub-oplossing. Nu is er een methode die afwisselend de sub- en de super-oplossing oplevert, en zo naar de werkelijke oplossing convergeert. Deze techniek wordt in Heidelberg gebruikt om transport van vervuiling in de Waddenzee te beschrijven. Door gebruik te maken van het natuurlijke parallelisme van de methode, worden goede resultaten verkregen.

1.13 “Utrechts symposium over eigenwaardeproblemen” (J.G.L. Booten)

Op donderdag 15 juni 1995 werd er in Utrecht op het Mathematisch Instituut een symposium georganiseerd met als thema numerieke methoden voor het oplossen van het algebraïsche eigenwaardeprobleem. Naast nieuwe implementatieaspecten van bestaande methoden, werden in een vijftal voordrachten ook recentelijk ontwikkelde procedures gepresenteerd.

In de eerste lezing van de dag besprak Hilda van der Veen (TUD/TNO) een Bi-Lanczos variant voor het bepalen van enkele eigenwaarden en corresponderende eigenvectoren van grote niet-symmetrische matrices. Doorgaans wordt daartoe de Arnoldi methode gebruikt. Deze kan echter zeer duur worden, omdat iedere iteratie-vector expliciet georthogonaliseerd dient te worden t.o.v. alle voorgaande vectoren. In principe is dit voor de Bi-Lanczos methode niet nodig. In de praktijk blijkt echter dat de orthogonaliteit tussen de Lanczos vectoren vaak verloren gaat, in het bijzonder wanneer reeds een eigenwaarde geconvergeerd is. Gevolg daarvan is dat men onechte eigenwaarden (in het Engels ‘spurious eigenvalues’) vindt, die vaak kopieën zijn van eerder geconvergeerde eigenwaarden. Om dit probleem te verhelpen kan men de Lanczos vectoren herorthogonaliseren. Een volledige herorthogonalisatie maakt de Bi-Lanczos methode nog duurder dan de Arnoldi methode. Van der Veen stelde een gedeeltelijke herorthogonalisatie voor. Zij paste het Bi-Lanczos algoritme toe op een testprobleem, dat voortkwam uit een stabiliteitsanalyse van dijken, en toonde aan dat de Bi-Lanczos methode een aantrekkelijk alternatief kan zijn voor de Arnoldi procedure.

In de presentatie van Jane Cullum (University of Maryland/IBM Yorktown Heights) werd een overzicht gegeven van verschillende Lanczos varianten voor symmetrische en niet-symmetrische eigenwaardeproblemen. Het probleem van het verlies van de orthogonaliteit van de Lanczos vectoren werd niet opgelost door middel van herorthogonalisatie, zoals in de eerste voordracht. De onechte eigenwaarden werden nu afgezonderd door de geprojecteerde matrix,

een kleine tridiagonaal matrix T , te onderwerpen aan een 'spurious identification test': indien μ een eigenwaarde van T is en tevens van \hat{T} , waarbij \hat{T} verkregen is door de eerste rij en kolom van T weg te laten, dan is μ een onechte eigenwaarde. Cullum presenteerde tevens een interessante procedure voor gegeneraliseerde niet-symmetrische eigenwaardeproblemen. Dit algoritme bestaat uit twee fasen: eerst worden benaderingen verkregen voor de gewenste eigenwaarden d.m.v. het Lanczos algoritme, waarna deze nauwkeuriger bepaald worden via Rayleigh quotiënt inverse iteratie.

Henk van der Vorst (UU) hield een voordracht over Ritz waarden en harmonische Ritz waarden. Ritz waarden zijn de nulpunten van het iteratie-polynoom voor de geconjugeerde gradiënt (CG) benadering voor de oplossing van een groot, ijl. symmetrisch stelsel van vergelijkingen. Harmonische Ritz waarden zijn de nulpunten van het iteratie-polynoom voor de minimale residu (MinRes) benadering. Ritz waarden geven een benadering voor de extreme eigenwaarden van de coëfficiënt-matrix, terwijl de harmonische Ritz waarden juist een benadering geven voor de kleinste eigenwaarden (in absolute waarde). Dit laatste inzicht is relatief nieuw en blijkt nieuwe mogelijkheden te bieden voor de bepaling van interne eigenwaarden van een matrix. Na de lunchpauze gaf Van der Vorst nog kort aan hoe de harmonische Ritz waarden verkregen worden met de Jacobi-Davidson methode.

Daarna liet Femke Raeven (UU) zien dat de Jacobi-Davidson methode uitermate geschikt is om kwadratische eigenwaardeproblemen op te lossen, d.w.z. om eigenwaarden λ en bijbehorende eigenvectoren u te vinden, waarvoor $\lambda^2 M u + \lambda C u + K u = 0$, met M, C en K $n \times n$ matrices. De gebruikelijke oplosmethode voor een dergelijk probleem bestaat uit de linearisatie tot een gegeneraliseerd eigenwaardeprobleem van de vorm $Ax = \mu Bx$ en het daarop toepassen van een standaardtechniek zoals bijvoorbeeld de Arnoldi methode. Een nadeel van deze aanpak is dat de probleemgrootte verdubbelt (tot $2n$) en de inversie van de M -matrix vereist is (althans de factorisatie). Met de Jacobi-Davidson methode kan dit alles vermeden worden. Bovendien is de convergentie zeer snel. Martin van Gijzen (UU) paste deze nieuwe methode toe op akoestische problemen en liet zien dat problemen van orde 140.000 nog moeiteloos opgelost kunnen worden. Bovendien is de methode zeer geschikt voor parallelisatie, zoals bleek uit resultaten verkregen op een Cray T3D.

In de laatste voordracht presenteerde Diederik Fokkema (UU) een Jacobi-Davidson variant, waarmee men op een efficiënte wijze een aantal eigenwaarden in één run van het algoritme kan vinden. In plaats van het algoritme steeds opnieuw op te starten nadat een eigenpaar gevonden is, houdt men de werkruimte voor het bepalen van een nieuwe zoekrichting steeds orthogonaal op alle eerder gevonden eigenvectoren, of beter gezegd Schur vectoren. Indien men eenmaal de eerste gewenste eigenwaarde gevonden heeft, verkrijgt men de navolgende relatief snel, zoals Fokkema liet zien voor problemen uit de magnetohydrodynamica (MHD). Bovendien is deze variant zeer geschikt voor het berekenen van clusters van eigenwaarden.

Gezien de ruime belangstelling voor dit symposium (± 40 deelnemers) en

het feit dat vrijwel niemand voortijdig de zaal verliet, denk ik dat zowel organisatoren als deelnemers kunnen terugkijken op een zeer geslaagde dag.

1.14 Symposium “Rekenen aan financiële markten” (B.P. Sommeijer)

In de 'Haagse Poort' te Den Haag werd op 16 juni jongstleden een symposium georganiseerd door de Stichting Industriële Wiskunde (ITW). Het doel van dit symposium was een overzicht te geven van de rol die de wiskunde speelt binnen de financiële wereld. Zo'n thema strookt uitstekend met de doelstellingen van de ITW, zijnde 'blikverruiming van wiskundigen over de grenzen van het eigen deelgebied' enerzijds en 'het bevorderen van contacten tussen universitaire wiskundigen en toepassers van wiskunde in bedrijven' anderzijds.

Het aansprekende onderwerp van dit symposium voorziet duidelijk in een behoefte, gezien de ruime opkomst vanuit beide 'doelgroepen' (in totaal bezochten zo'n vijftig deelnemers deze bijeenkomst).

De rol van de wiskunde binnen de financiële markten blijkt verrassend groot. Vooral de laatste tien jaar worden diverse moderne wiskundige technieken gebruikt die samen met de huidige snelle computers en wereldwijde netwerken tot indrukwekkende resultaten leiden.

Na een welkomstwoord van de voorzitter van de ITW, Bob Mattheij (TUE), gaf Hans Amman (UvA) een algemene introductie tot het vakgebied. Hij maakte het wiskundig deel van het publiek vertrouwd met een aantal termen die in de financiële wereld gangbaar zijn (zo blijken de wiskundigen daar 'Rocket Scier-tists' genoemd te worden). Voorts legde hij uit welke vermogenstitels (verzamelnaam voor aandelen, obligaties, opties, futures, warrants, etc.) vandaag de revue zouden passeren en schetste en passant enkele wiskundige technieken en hun toepassing in de financiële wereld. Zo duiken neurale netwerken op bij de voorspelling van economische grootheden en zijn wavelets heel geschikt om het koersverloop, gezien als grafisch signaal, te analyseren. Ook genetische algoritmen (optimalisering) en chaostheorie (aandeelprijzen) vinden hun toepassing. Met dit overzicht was het pad geëffend voor de meer specialistische voordrachten.

Aansluitend liet Ton Vorst (Erasmus Univ.) ons het belang zien van de wiskunde binnen de beleggingstheorie, in het bijzonder voor de zgr. 'afgeleide financiële produkten', zoals opties en futures. Het recente debâcle rond de Baring's Bank maakt nog eens schrijnend duidelijk hoe belangrijk het is een goed inzicht in financiële risico's te hebben. Uitgaande van een stochastische differentiaalvergelijking en gebruikmakend van Itos lemma, leidt Vorst een partiële differentiaalvergelijking (PDV) af om de prijs van opties te berekenen (onder bepaalde aannamen laat deze PDV zich zelfs analytisch oplossen). Hiermee komt hij uit op het beroemde model dat in de jaren 70 ontwikkeld is door Black en Scholes. Er resteert in dit model één parameter (de zgr. 'volatility parameter') die niet exact vastligt en enige 'voeling' voor de markt vereist.

Seth Greenblatt (Univ. of Reading, UK) ging vervolgens in op het nut van

wavelets binnen de economie. Aan de hand van twee eenvoudige voorbeelden (de 'Haar-wavelet' en de 'Daubechies-wavelet') worden de onderliggende ideeën uitgelegd en hun toepassingen in regressietechnieken besproken. Het doel van dit alles is om voorspellingen (op korte termijn) te kunnen doen. Het geheel wordt afgesloten met een illustratie voor aandelen- en wisselkoersen.

Hierna was het de beurt aan Michel Hoevenaars (ING bank). Centraal in zijn voordracht stond de vraag: "hoe kijk ik één dag verder dan vandaag?" Het voorspellen van toekomstige trends is uiteraard gebaseerd op informatie uit het verleden. Echter, het verzamelen en analyseren van deze data stelt hoge eisen t.a.v. informatica aspecten; parallelle computers zijn hier onontbeerlijk. Om een idee te krijgen: men wil graag gegevens verzamelen van diverse beurzen; per beurs zijn al gauw enkele duizenden fondsen genoteerd, waarvoor drie koersen per dag bewaard worden en dit alles over een groot aantal jaren. Een belangrijke wiskundige techniek die hier gebruikt wordt is de discrete wavelet transformatie. Heel schematisch komt dit neer op het volgende: het signaal (koersverloop) wordt ontrafeld in een aantal onafhankelijke 'componenten'. De belangrijkste hiervan worden in de tijd verlengd en vervolgens weer samengesteld tot één (toekomstig) signaal. Aan de hand van een voorbeeld wordt de methode geïllustreerd; de trendmatige voorspelling in dit voorbeeld blijkt dermate goed te zijn dat men geneigd is te gaan denken dat 'de droom van iedere belegger' bijna realiteit is geworden.

Na de (voortreffelijke) lunch kreeg Frank Go (ABN-AMRO bank) het woord. In zijn (niet-wiskundige) voordracht onder de titel 'De derivaten business' ging hij in op de onderliggende krachten waarop deze markt drijft.

Derivaten waren ook het onderwerp van de volgende spreker, Pieter Klaassen (Rabo bank), maar nu met het accent op renterisico's. Om deze risico's te kunnen afdekken, zijn financiële instrumenten (derivaten) nodig. Het interessante aspect hierbij is de vraag om hiervoor een prijs te berekenen. Opnieuw duikt hier de PDV van Black en Scholes op. Afhankelijk van de randvoorwaarden en de eenvoud van de parameters in het model kan deze PDV analytisch worden opgelost. Indien dit niet meer mogelijk is, wordt een numerieke aanpak gevolgd. Naar analogie van het discrete rooster zoals dit ontstaat in de Methode der Lijnen aanpak, staat deze techniek in de financiële wereld bekend onder de naam 'bomen bouwen'.

In de voordracht van Hennie Daniëls (Erasmus Univ. & Katholieke Univ. Tilburg) stonden neurale netwerken centraal. Het gebruik van deze (niet-lineaire) functies stoelt voornamelijk op de observatie dat lineaire modellen vaak te simpel zijn om de economische werkelijkheid goed te representeren. Hoewel er zeker perspectief zit in de aanpak met neurale netwerken, valt het op dit moment nog niet mee om de lineaire modellen te verslaan (met name t.a.v. robuustheid). Kortom, er blijft voorlopig nog voldoende te doen om deze methoden verder te ontwikkelen. Een van de problemen is bijvoorbeeld het gevaar voor 'overfitting'. Het één en ander werd toegelicht aan een voorbeeld uit de praktijk, nl. de huizenprijzen in Boston.

Als laatste spreker gaf Guus Boender (Erasmus Univ. & Ortec Consultants)

een overzicht van de modellen voor 'asset liability', met toepassingen binnen de 'pensioenwereld'. Hier rijst voortdurend de vraag: "is risicovol beleggen beter dan veilig beleggen, rekening houdend met het gegeven dat risicovol beleggen i.h.a. meer rendement oplevert?" Op basis van een groot aantal toekomstscenario's worden beslissingsondersteunende systemen gebouwd om te komen tot optimale strategieën (voor premies en risico's). Delen van deze modellen (bijv. voor de demografie) zijn gebaseerd op Markov processen; echter het gehele model formuleren als één groot Markovproces is (voorlopig) nog te complex.

Met de constatering "dat er dankzij het veelzijdige aanbod voor elk wat wils aan de orde was geweest", besloot de voorzitter dit interessante symposium.

1.15 "ICIAM 95" – I (J.H.M. ten Thije Boonkkamp)

ICIAM 95 (International Congress on Industrial and Applied Mathematics) vond plaats in Hamburg van 3 t.e.m. 7 juli 1995. Dit congres wordt elke vier jaar gehouden en is één van de belangrijkste op het gebied van de industriële en toegepaste wiskunde. Het is daarnaast één van de grootste met circa drieduizend deelnemers uit vele landen.

Het programma van ICIAM 95 was overvol! De congresganger kon kiezen uit talloze lezingen, symposia, poster presentaties, software demonstraties en de boekenmarkt. Zoals gebruikelijk werden de hoofdvordrachten afgewisseld door parallelle sessies. Men kon dan maar liefst kiezen uit vijfendertig verschillende lezingen en/of poster sessies. Ik zou dit congres dan ook als "massively parallel" willen kenschetsen. Tijdens de parallelle sessies kwamen tientallen onderwerpen aan de orde; om er slechts een paar te noemen: numerieke lineaire algebra, dynamische systemen, complexe analyse, numerieke stromingsleer, signaal- en beeldverwerking en vele andere. Probleem hierbij is dat men vaak moest kiezen tussen een aantal interessante onderwerpen. Het is uiteraard ondoenlijk om al deze voordrachten te bespreken. Ik zal me beperken tot een korte schets van een aantal hoofdvordrachten.

Het congres werd geopend door V.I. Arnold met een lezing over geometrische problemen uit de zuivere en de toegepaste wiskunde. De officiële opening werd daarna verricht door de Duitse minister van onderwijs, wetenschap, onderzoek en technologie. Een speciale lezing in memoriam van L. Collatz werd gepresenteerd door R. Rannacher. Hij sprak over de berekening van visceuze, onsamendrukbare stromingen met daarbij de nadruk op foutschattingen voor de numerieke oplossing. Men zou kunnen zeggen een voordracht in de geest van Collatz. Een uitstekende lezing was voorts de Prandtl-lezing door D.G. Crighton. Zijn verhaal ging over solitonen en de globale structuur in stromingsproblemen. De boodschap was dat men de globale structuur van een gecompliceerd stromingsprobleem vaak goed kan beschrijven met analytische hulpmiddelen. Verdere verfijning vereist dan numerieke berekeningen. Voorbeelden die aan de orde kwamen waren o.a. de transitie van laminaire naar turbulente stroming en wervels in de atmosfeer van Jupiter. Een zeer interessante lezing was die van

L.N. Trefethen, waarin deze uiteenzette waarom het meest gebruikte algoritme uit de numerieke wiskunde, namelijk Gauss eliminatie, toch werkt ondanks het feit dat het numeriek instabiel is.

De dinsdag begon met een lezing van I. Daubechies. In een razend tempo werden we op de hoogte gebracht van de laatste ontwikkelingen op het gebied van wavelets. Overigens was er tijdens de hoofdvoordrachten geen gelegenheid tot het stellen van vragen. In plaats daarvan kon men een lunch met de spreker reserveren, om zo in een kleine groep verder te discussiëren over de lezing. J.R. Ockendon, als vervanger van de onlangs overleden Taylor, gaf een lezing over de ontwikkeling van de industriële wiskunde in Oxford vanaf de jaren 70 tot nu. Uit zijn verhaal bleek dat de industriële wiskunde de laatste twintig jaar enorm is gegroeid. Tegenwoordig worden wiskundige modellen toegepast op de meest uiteenlopende zaken. Als voorbeelden noemde hij de productie van staal en het drogen van wasgoed.

Een geheel aparte klasse van simulatie methoden voor continue systemen zijn deeltjes methoden. H. Neunzert zette met veel verve de voordelen van deze aanpak uiteen. Toepassingsgebieden zijn o.a. stromingsleer en halfgeleider simulatie. Een andere uitgenodigde spreker was A. Quarteroni. Hij sprak over numerieke stromingsleer, met als belangrijkste toepassing reservoir simulatie. Hij stal de show met een flitserde animatiefilm op de tonen van prachtige klassieke muziek. De laatste lezing die ik aan de orde wil stellen was van J.B. Keller. Als eerste gaf hij de kenmerken waaraan een goede voordracht moet voldoen. Volgens hem dient elke goede voordracht te beginnen met een grap. Welnu, zijn eigen voordacht was zeker goed, maar volgens dit criterium waren de meesten dat niet. Het thema waarover hij sprak was overigens de combinatie van analyse en numerieke wiskunde voor het oplossen van wiskundige problemen. Dit was een veel voorkomend thema tijdens het congres.

Tusser de bedrijven door konden de deelnemers in de tentoonstellingsruimte posters bekijken, een software demonstratie bijwonen of de boekenmarkt bezoeken. Tenslotte kon men natuurlijk ook gewoon een kop koffie drinken met een (buitenlandse) collega. Gelegenheid te over om collega's te ontmoeten, zoals gezegd er waren ongeveer drieduizend deelnemers. Echter door de massaliteit van het congres was het soms moeilijk de juiste mensen te spreken. Vermelding verdient verder nog de computer 'pool', waar men een e-mail bericht naar het thuisfront kon sturen of waar men zijn programmatuur kon demonstreren. Tenslotte was er nog een uitgebreid maar ook duur 'social program'.

Rest mij te vermelden dat de proceedings in twee delen verschijnen. De hoofdvoordrachten en de symposia worden gepubliceerd in de reeks "Mathematical Research". Van de overige lezingen wordt een selectie gepubliceerd in ZAMM.

1.16 "ICIAM 95" – II (W.H.A. Schilders)

Van 3 t/m 7 juli werd te Hamburg het derde International Congress on Industrial and Applied Mathematics gehouden. Deze cyclus van congressen werd

geïnitieerd in 1987 in Parijs, terwijl het tweede congres in 1991 werd gehouden te Washington DC. Het aantal deelnemers stijgt gestaag, wat duidelijk blijkt uit het aantal lezingen (meer dan 5000) wat in Hamburg werd gepresenteerd. Om dit alles in goede banen te leiden, waren er per dagdeel zo'n 40 a 45 parallelle sessies, verdeeld over mini-symposia, sessies van contributed papers en poster sessies. Voordeel van dit grote aantal sessies is dat er voortdurend voor ieder wat van zijn gading bij is. Nadeel is dat men vaak voor een keuze wordt geplaatst. Switchen tussen sessies was nagenoeg onmogelijk, omdat de lokaties soms te ver uit elkaar lagen, en er onvoldoende synchronisatie was. De in het programma genoemde aanvangstijdstippen werden vaak losgelaten a.s bleek dat één van de sprekers niet aanwezig was. Helaas bleek dit vaak pas tijdens de sessies. Vooral de sessies van contributed papers hadden hier last van. Voor de mini-symposia, die bestonden uit een aantal samenhangende verhalen van hiertoe uitgenodigde sprekers, gold dit in veel mindere mate.

Naast de parallelle sessies waren er ook plenaire voordrachten van gerenommeerde sprekers. Zo werd het congres geopend met een lezing van Vladimir Arnold (Steklov Institute of Mathematics), en waren er verder uitgenodigde voordrachten door bijvoorbeeld Ingrid Daubechies, Lloyd Trefethen, Paul Van Dooren, Jacques-Louis Lions, Bill Kahan, David Mumford, Carlo Cercignani en, niet te vergeten, Joe Keller, die uitstekend (en amusant) vertelde over *Combining analytical and numerical methods*. Teneinde deelnemers in staat te stellen de uitgenodigde sprekers nog eens wat beter aan de tand te kunnen voelen was het organisatie-comité op het idee gekomen om een *Lunch with the Speakers* te organiseren. Hoewel dit een prima idee was, kreeg ik de indruk dat het toch niet geweldig aansloeg. Vreemd eigenlijk, want uit eigen ervaring weet ik dat het erg moeilijk was om mensen te lokaliseren in deze massa van deelnemers.

Afgezien van een aantal minpuntjes, waarvan enkele reeds hierboven werden genoemd, was het organisatie-comité er toch in geslaagd alles in goede banen te leiden. De lokatie, het *Congress Centre Hamburg*, was ideaal voor deze gelegenheid. Er waren voldoende zaaltjes aanwezig, en ook een aantal zeer grote zalen voor de plenaire voordrachten. Lunch-faciliteiten waren er voldoende binnen redelijke loopafstand, en ook de meeste hotels waren binnen korte tijd te bereiken. De stad Hamburg had bovendien allerlei activiteiten te bieden, en ook was er gezorgd voor stralend zomerweer. Naast het congres was er tevens een zeer uitgebreide tentoonstelling van uitgeverij en software-leveranciers, terwijl ook gedacht was aan het leveren van email-faciliteiten.

Van een congres als het onderhavige moet men niet verwachten dat het overstroomt van nieuwe, revolutionaire zaken. Natuurlijk zitten er tussen de 5000 voordrachten nieuwe ontwikkelingen, maar een congres als dit is toch in de eerste plaats bedoeld om collega's te ontmoeten en eens kennis te nemen van de stand van zaken. Bovendien is het een aardige gelegenheid om eens wat verder te kijken dan het eigen vakgebied, en kennis te nemen van ontwikkelingen in gerelateerde disciplines. Immers, vaak zal men geneigd zijn conferenties bij te wonen op specialistische terreinen. De reeks van ICIAM conferenties is dan een

welkome afwisseling. Een voorbeeld is het gebruik van wavelets voor allerlei toepassingen. Hierin geïnteresseerde numerici hebben zeker ideeën opgedaan in de diverse sessies, bijvoorbeeld over toepassingen voor inverse problemen (sessie M48).

Een erg aardige en verrassende voordracht werd gepresenteerd door Lloyd Trefethen (Cornell University). Hij verhaalde over *Why Gaussian elimination works even though it is unstable*. Zijn onderzoek was geïnspireerd door het gegeven dat Gauss-eliminatie (GE) door de meeste tekstboeken wordt omschreven als een instabiele methode, die desondanks in de afgelopen 50 jaar voor het oplossen van tenminste 10^{12} lineaire stelsels met succes is gebruikt. Trefethen vroeg zich af wat de oorzaak van deze tegenstelling is. Een theoretische onderbouwing van de door hem gevonden verklaring was (nog) niet voorhanden, maar de gepresenteerde experimentele bewijsvoering was redelijk overtuigend. Kortweg verliep zijn betoog als volgt. We verkrijgen een decompositie $PA = LU$, zodat $U = L^{-1}PA$. GE is dus onstabiel als L^{-1} groot is. Als we kunnen aantonen dat L^{-1} dat meestal niet is, dan zijn we klaar. De eerste poging hiertoe was: misschien is GE wel stabiel omdat random onderdriehoeksmatrices bijna altijd kleine inverses hebben? Experimenten tonen echter precies het tegendeel: random L levert een exponentieel grote L^{-1} . De verklaring dient dus ergens anders gezocht te worden. Trefethen vond die door op te merken dat de kolomruimte van L gelijk is aan de kolomruimte van PA . Maken we dan een QR -ontbinding (Q -portrait $L=Q$ -portait PA), dan vinden we dat de laatste kolom van Q gelijk is aan de laatste rij van L^{-1} (afgezien van een factor), omdat deze orthogonaal zijn op alle vorige kolommen. Experimenten met de volgende twee regels Matlab-code

$$[Q, R] = \text{qr}(L);$$

$$\text{spy}(\text{abs}(Q) > 1/\text{sqrt}(N))$$

leiden dan tot de volgende conclusie (voor de duidelijkheid is de oorspronkelijke formulering van Trefethen weergegeven): "If L^{-1} is large, its elements must be graded, increasing away from the main diagonal. This is highly unlikely (exponentially small probability)." Voor meer informatie kan men terecht bij een eerder artikel van Trefethen en Schreiber (SIAM J. Matrix Anal. Appl., 1990), wat echter de verkeerde verklaring geeft, of via het World Wide Web: <http://www.cs.cornell.edu>. Momenteel wordt gepoogd de experimentele resultaten te vertalen in theorie.

Een andere interessante voordracht was die van Michael Ward, die furore maakt met zijn nieuwe aanpak van asymptotiek. In zijn voordracht *Hybrid asymptotic-numerical methods for certain singular perturbation problems* liet Ward zien hoe de klassieke beperkingen van de asymptotische analyse omzeild kunnen worden door slim gebruik te maken van een combinatie met numerieke technieken. Het gaat hierbij voornamelijk om problemen waarbij exponentieel langzaam convergerende asymptotische benaderingen geconstrueerd worden. Ook de eerder genoemde Joe Keller verwees menigmaal naar het werk van

Ward in zijn lezing betreffende het combineren van analytische en numerieke methoden. Het is zeker de moeite waard om het werk van Ward eens nader te bekijken, niet eens in de laatste plaats omdat Ward recent een belangrijke prijs heeft gewonnen.

De voordracht van Paul Van Dooren (Leuven), getiteld *Model reduction and the Lanczos method*, was ook zeer de moeite waard. Een heldere presentatie gecombineerd met een interessant numeriek thema, namelijk het reduceren van grote stelsels vergelijkingen door de dominante effecten te identificeren middels eigenwaarden. Eén van de toepassingen die gepresenteerd werden was het karakteriseren van het gedrag van een mechanisch onderdeel van een CD-speler. Van Dooren gebruikt niet de conventionele model-reductie-methoden, maar een scheve Krylov-projectie methode met operator $V_k W_k^T$ om een k -de orde model te verkrijgen. Het stelsel

$$x_t = Ax + bu, \quad y = cx + du,$$

wordt dan vervangen door

$$\hat{x}_t = (W_k^T A V_k) \hat{x} + (W_k^T b) u, \quad \hat{y} = (c V_k) \hat{x} + du.$$

De $n \times k$ matrices V_k en W_k zijn bi-orthogonaal, en worden verkregen door de Krylov-ruimten $K_k(A, b)$ en $K_k(A^T, c^T)$ te vormen middels een Lanczos-recursie. Omdat deze methode soms instabiele benaderingen levert voor een oorspronkelijk stabiel systeem, stelt Van Dooren voor om soms te herstarten.

Qua aan de orde komende thema's viel het op dat, naast klassieke onderwerpen zoals bijvoorbeeld *Control Theory*, *Optimization* en *Solid Mechanics*, ook nieuwere onderwerpen aan de orde kwamen. Een onderwerp wat zich in toenemende populariteit mag verheugen is dat van de *Financial Engineering*, terwijl ook de *Environmental Mathematics* prominent aanwezig was. Plenaire voordracht voor laatstgenoemd thema was Klaus Hasselmann (Max-Planck-Institut für Meteorologie), getiteld *Global climate modelling*. Hij liet zien dat het, met behulp van supercomputers en slimme numerieke technieken, mogelijk is de belangrijkste kenmerken van het klimaatsysteem te modelleren. Ook de uitgenodigde lezing van Lions, getiteld *Some mathematical questions connected with climate models*, diende als voorbereiding op de sessies betreffende weer en milieu. Eén van deze sessies was het minisymposium M186, *Numerical algorithms for air pollution models*, mede georganiseerd door Jan Verwer (CWI). In de voordrachten concentreerde men zich voornamelijk op grootschalige modellen voor luchtverontreiniging, waarbij aspecten als numerieke advection, operator-splitting en het gebruik van parallelisme aan de orde kwamen.

Een enigszins vreemde, maar toch wel interessante, eend in de bijt werd gevormd door het minisymposium M143, *Mathematics and the world of patents*, georganiseerd door Adriaan van der Burgh (TU Delft). Hoewel wiskundige methoden sec (nog) niet patenteerbaar zijn, is het zeker mogelijk om het gebruik van wiskundige methoden voor bepaalde toepassingen te patenteren. In de Verenigde Staten is men al veel verder gevorderd met deze materie, maar

ook in Europa begint men zich er voor te interesseren. In dit licht bezien is een minisymposium als dit, afgesloten met een plenaire discussie, zeker interessant. Sprekers waren A.S. Holzwarth van het Europese Patentenbureau (*Patentability of inventions involving mathematical models*), Stan Baggen van Philips Research te Eindhoven (*On the use of mathematics by inventors*) en Adriaan van der Burgh (*Patents as a source of inspiration for applied mathematicians*).

In het bovenstaande heb ik gepoogd een impressie te geven van ICIAM 95. Vanwege het massale karakter van dit congres is een gedetailleerder verslag zowel onmogelijk als niet erg nuttig. Nader geïnteresseerden wordt aangeraden contact te zoeken met één van de vele Nederlandse deelnemers, zodat het boek met abstracts ingezien kan worden. Bovendien zullen er Proceedings van dit congres verschijnen in ZAMM, waarschijnlijk aan het einde van dit jaar. Rest mij nog te melden dat het volgende ICIAM congres zal plaatsvinden in Edinburgh, van 5 t/m 9 juli 1999. Dat congres heeft de toepasselijke titel *The congress for the millenium* meegekregen.

2 Publikaties

2.1 Rapporten

1. A.C. BERKENBOSCH, E.F. KAASSCHIETER, J.H.M. TEN THIJE BOONKAMP AND R. KLEIN, *Detonation capturing for stiff combustion chemistry*, Report RANA 95-06, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven University of Technology.
2. H. BOENDER AND H.J.J. TE RIELE, *Factoring integers with large prime variations of the quadratic sieve*, CWI Report NM-R9513.
3. A. BOOTEN, D. FOKKEMA, G. SLEIJPEN AND H. VAN DER VORST, *Jacobi-Davidson methods for generalized MHD-eigenvalue problems*, CWI Report NM-R9514.
4. E. BRAKKEE, C. VUIK AND P. WESSELING, *An investigation of Schwarz domain decomposition using accurate and inaccurate solution of subdomains*, TUD Report 95-18, Faculty of Technical Mathematics and Informatics, Delft University of Technology.
5. E. BRAKKEE, C. VUIK AND P. WESSELING, *Domain decomposition for the incompressible Navier-Stokes equations: solving subdomain problems accurately and inaccurately*, TUD Report 95-37, Faculty of Technical Mathematics and Informatics, Delft University of Technology.
6. A. BREMNER, R.J. STROEKER AND N. TZANAKIS, *On sums of consecutive squares*, Report 9528/B, Erasmus University, 1995.
7. X. CONSTANTINI, T. JONGEN AND C. VUIK, *Diagonal ordering with direct addressing: an effective vectorization technique for preconditioned iterative methods*, TUD Report 95-32, Faculty of Technical Mathematics and Informatics, Delft University of Technology.
8. J.L.M. VAN DORSELAER, *An algorithm to compute sets enclosing M-numerical ranges with applications in numerical analysis*, Report TW-94-13, Department of Mathematics and Computer Science, Leiden University, 1994.
9. P.A. FARRELL, P.W. HEMKER AND G.I. SHISHKIN, *Discrete approximations for singularly perturbed boundary value problems with parabolic layers*, CWI Report NM-R9502.
10. D.R. FOKKEMA, G.L.G. SLEIJPEN AND H.A. VAN DER VORST, *Accelerated inexact Newton schemes for large systems of nonlinear equations*, Preprint 918, Department of Mathematics, Utrecht University, July 1995.
11. M. VAN GIJZEN, *Massively parallel finite element computations with GMRES-like methods*, Preprint 901, Department of Mathematics, Utrecht University, February 1995.

12. P.J. VAN DER HOUWEN AND B.P. SOMMEIJER, *Iteration of Runge-Kutta methods with block triangular Jacobians*, CWI Report NM-R9506.
13. P.J. VAN DER HOUWEN AND J.J.B. DE SWART, *Triangularly implicit iteration methods for ODE-IVP solvers*, CWI Report NM-R9510.
14. W. VAN DE LANGEMHEEN, *Simulation of 1-D open channel flow using a moving adaptive grid algorithm - Testing and improving the X125 approach*, Research Report X157/Q1536, Delft Hydraulics, January 1995.
15. R.M.M. MATTHEIJ AND G.A.L. VAN DE VORST, *Mathematical Modelling and Numerical Simulation of Viscous Sintering Processes*, Report RANA 95-19, TUE, 1995.
16. A. REUSKEN, *A note on multigrid methods for nonlinear problems*, Report RANA 95-07, TUE, 1995.
17. A. REUSKEN, *On a robust multigrid solver*, Report RANA 95-03, TUE, 1995 (to appear in Computing).
18. H.J.J. TE RIELE, *A new method for finding amicable pairs*, CWI Report NM-R9512.
19. B.P. SOMMEIJER AND J. KOK, *A vector/parallel method for a three-dimensional transport model coupled with bio-chemical terms*, CWI Report NM-R9503.
20. N.M. TEMME, *Uniform asymptotic expansions of integrals: a selection of problems*, Paper presented at the Conference in honour of Thomas Jan Stieltjes Jr. (1856–1894) October 31 - November 4, 1994, Delft University of Technology, The Netherlands. CWI Report AM-R9503.
21. E.J. SPEE, *Coupling advection and chemical kinetics in a global atmospheric test model*, CWI Report NM-R9508.
22. J.H.M. TEN THIJE BOONKAMP, *Qualitative analysis of a one-dimensional laminar flame*, Report RANA 95-02, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven University of Technology.
23. W.A. VAN DER VEEN, *Step-parallel algorithms for stiff initial value problems*, CWI Report NM-R9507.
24. J.G. VERWER, J.G. BLOM AND W.H. HUNSDORFER, *An implicit-explicit approach for atmospheric transport-chemistry problems*, CWI Report NM-R9501.
25. J.G. VERWER, J.G. BLOM, M. VAN LOON AND E.J. SPEE, *A comparison of stiff ODE solvers for atmospheric chemistry problems*, CWI Report NM-R9505.

26. J.G. VERWER AND J.G. BLOM, *On the coupled solution of diffusion and chemistry in air pollution models*, CWI Report NM-R9509.
27. G.A.L. VAN DE VORST AND R.M.M. MATTHEIJ *A BDF Scheme for Curvature Driven Moving Stokes Flows*, Report RANA 94-22, TUE, 1994.
28. C. VUIK AND A. SEGAL, *Solution of the coupled Navier-Stokes equations*, TUD Report 95-28, Faculty of Technical Mathematics and Informatics, Delft University of Technology.
29. P. WESSELING, *Introduction to multigrid methods*, ICASE Report No. 95-11, NASA Langley Research Center.
30. P. WESSELING, *Von Neumann stability conditions for the convection-diffusion equation*, Report 95-48, Faculty of Technical Mathematics and Informatics, Delft University of Technology.
31. P. WESSELING, *Uniform convergence of discretization error for a singular perturbation problem*, Report 95-58, Faculty of Technical Mathematics and Informatics, Delft University of Technology.
32. P.M. DE ZEEUW, *Development of semi-coarsening and sparse-grid techniques*, CWI Report NM-R9504.
33. M. ZIJLEMA AND P. WESSELING, *On accurate discretization of turbulence transport equations in general coordinates*, Report 95-25, Faculty of Technical Mathematics and Informatics, Delft University of Technology.

2.2 Proceedings en boekbijdragen

1. U. ASCHER, R.M.M. MATTHEIJ AND R.D. RUSSELL *Numerical Solution of Boundary Value ODEs*, SIAM, 1995, 595 + xxi pages.
2. A.O.H. AXELSSON, *On the rate of convergence of the conjugate gradient method*, Numerical Algebra, pp. 13–32, (Proceedings of '92 Shanghai International Numerical Algebra and its Applications Conference), Jiang Er-Xiong (ed.), China Science and Technology Press, 1994.
3. A.O.H. AXELSSON AND I. KAPORIN, *On the solution of nonlinear equations for nondifferentiable mappings*, Fast Solvers for Flow Problems, W. Hackbusch and G. Wittum (eds.), pp. 38–51, Notes on Numerical Fluid Mechanics, 49, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1995.
4. J. BROEZE, B. GEURTS, H. KUERTEN AND M. STRENG, *Multigrid acceleration of time-accurate DNS of compressible turbulent flow*, Proceedings of the Seventh Copper Mountain Conference on Multigrid Methods, April 1995, NASA Conference Publication, N. Duane Melson (ed.).

5. W. CAZEMIER, R. VERSTAPPEN AND A.E.P. VELDMAN, *Direct numerical simulation of turbulent flow in a driven cavity and their analysis using proper orthogonal decomposition*, in: Application of Direct and Large Eddy Simulation to Transition and Turbulence, AGARD CP 551 (1994) paper 36.
6. M. VAN GIJZEN, *Parallel iterative solution methods for linear finite element computations on the Cray T3D*, in: Proceedings of the HPCN Europe 1995 Conference, Lecture Notes in Computer Science, vol. 919, Springer Verlag, 1995.
7. P.W. HEMKER AND B. KOREN, *Defect correction and nonlinear multigrid for the steady Euler equations*, in: Solution Techniques for Large-Scale CFD Problems, W.G. Habashi (ed.), pp. 273-291, Wiley, Chichester (1995).
8. J.M. DE KOK, R. SALDEN, I.D.M. ROZENDAAL, P. BLOKLAND AND J. LANDER, *Transport paths of suspended matter along the Dutch coast*, in: Computer Modelling of Seas and Coastal Regions II. pp. 75-86, Computational Mechanics Publications, Southampton (1995).
9. A. REUSKEN, *A new robust multigrid method for 2D convection-diffusion problems*, in: Fast Solvers for Flow Problems, Proc. of the Tenth GAMM-Seminar Kiel (W. Hackbusch, G. Wittum eds.), Notes on Numerical Fluid Mechanics 49, pp. 229-240 (1995).
10. W.J.H. STORTELDER, *Parameter Estimation in Dynamic Systems*, in: Proceedings of the IMACS/IFAC First International Symp. on Math. Modelling and Simulation in Agriculture and Bio-Industries, Brussel, Interfaculty Section of Agronomy of the Free University of Brussels, 1995.
11. N.M. TEMME, *Computational aspects of incomplete gamma functions with complex parameters*, in Approximation and Computation, A Festschrift in Honor of Walter Gautschi, R.V.M. Zahar (ed.), 551-562, ISNM 119, Birkhäuser, 1995.
12. N.M. TEMME, *Asymptotics of zeros of incomplete gamma functions*, in Special Functions, G. Allasia (ed.), Annals of Numerical Mathematics, 2, 1995
13. G.A.L. VAN DE VORST AND R.M.M. MATTHEIJ, *Simulation of Viscous Sintering*, B E Applications in Fluid Mechanics, H. Power (ed.), Computational Mechanics Publications, 215-258, 1995.
14. H.A. VAN DER VORST AND G.L.G. SLEIJPEN, *Hybrid Iteration Solvers and their Application in CFD*, in: Solution Techniques for Large-Scale CFD Problems, W.G. Habashi (ed.), Wiley, Chichester, 159-175, 1995.

15. B. WASISTHO, B.J. GEURTS AND J.G.M. KUERTEN, *Artificial boundary treatments for the simulation of viscous compressible flow over a flat plate*, Proceedings of the Seventh IASE Conference, Manchester, July 1995.
16. J.G. WISSINK, *Selection of finite volume methods for DNS*, in: Proc. 12th AIAA Comp. Fluid Dyn. Conf., San Diego (1995) 1119-1127.
17. M. ZIJLEMA, *Description of numerical methodology for 2D hill flows*, in: ERCOFTAC Workshop on data bases and testing of calculation methods for turbulent flows, W. Rodi and J.-C. Bonnin (eds.), pp. 96-99, Proc. Fourth ERCOFTAC-IAHR Workshop on Refined Flow Modelling, Universität Karlsruhe, Germany, 1995.
18. M. ZIJLEMA AND P. WESSELING, *On accurate discretization of turbulence transport equations in general coordinates*, in: Proc. Ninth Int. Conf. on Numer. Meth. Laminar and Turbulent Flow, C. Taylor and P. Durbetaki (eds.), pp. 34-45, Pineridge Press, Swansea, U.K., 1995.

2.3 Tijdschriftartikelen

1. A.O.H. AXELSSON AND H. LU, *On eigenvalue estimates for block incomplete factorization methods*, SIAM J. Matrix Anal. Appl., 16 (1995).
2. A.O.H. AXELSSON AND A.T. CHRONOPOULOS, *On nonlinear generalized conjugate gradient methods*, Numer. Math., 69, pp. 1-15 (1994).
3. P. VAN BEEK, R.R.P. VAN NOOYEN AND P. WESSELING, *Accurate discretization on non-uniform curvilinear staggered grids*, J. Comp. Phys., 117, 364-367 (1995).
4. J.G. BLOM AND J.G. VERWER, *VLUGR3: A Vectorizable Adaptive Grid Solver for PDEs in 3D. Part I. Algorithmic Aspects and Applications*, Appl. Numer. Math., 16, 129-156 (1994).
5. L.G.C. CRONE, *The conjugate gradient method on the Parsytec GCel-3/512*, Future Generation Computer Systems, 11, 161-166 (1995).
6. J.-A. DÉSIDÉRI AND P.W. HEMKER, *Convergence analysis of the defect-correction iteration for hyperbolic problems*, SIAM J. Sci. Comput., 13, 88-118 (1995).
7. H.A. DIJKSTRA, M.J. MOLEMAKER, A. VAN DER PLOEG AND E.F.F. BOTTA, *An efficient code to compute non-parallel steady flows and their linear stability*, Computers and Fluids, 24, 415-434 (1995).
8. M. VAN GIJZEN, *Conjugate Gradient-like Solution Algorithms for the Mixed Finite Element Approximation of the Biharmonic Equation, applied to Plate Bending Problems*, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 121, 121-136 (1995).

9. P.W. HEMKER, *Sparse-Grid Finite-Volume Multigrid for 3D-Problems*, Advances in Computational Mathematics, 4, 83–110 (1995).
10. W. HUNSDORFER, B. KOREN, M. VAN LOON AND J.G. VERWER, *A positive finite-difference advection scheme*, Journal of Computational Physics, 117, 35–46 (1995).
11. I.E. KAPORIN AND A.O.H. AXELSSON, *On computer implementation of inexact Newton-conjugate gradient-type algorithms*, SIAM J. Sci. Comput., 16, pp. 228–249 (1995).
12. M.N. KOOPER, H.A. VAN DER VORST, S. POEDTS AND J.P. GOEDBLOED, *Application of the Implicitly Updated Arnoldi Method with a Complex Shift and Invert Strategy in MHD*, J. of Comp. Phys., 118, 320–328 (1995).
13. B. KOREN, *Condition improvement for point relaxation in multigrid, subsonic Euler-flow computations*, Applied Numerical Mathematics, 16, 457–469 (1995).
14. B. KOREN AND B. VAN LEER, *Analysis of preconditioning and multigrid for Euler flows with low-subsonic regions*, Advances in Computational Mathematics, 4, 127–144 (1995).
15. R. LAMOUR, R. MÄRZ, AND R.M.M. MATTHEIJ, *On the Stability Behaviour of Systems Obtained by Index-Reduction*, J. Computational and Applied Mathematics, 56, 305–319 (1993).
16. C.W. OOSTERLEE AND P. WESSELING, *On the robustness of a multiple semi-coarsened grid method*, ZAMM, 74, 251–257 (1995).
17. C.C. PAIGE, B.N. PARLETT AND H.A. VAN DER VORST, *Approximate solutions and eigenvalue bounds from Krylov subspaces*, Num. Lin. Algebra with Appl., 2, 115–134 (1995).
18. B.P. SOMMEIJER AND J. KOK, *Implementation and performance of the time integration of a 3D numerical transport model*, Int. J. for Numer. Meth. in Fluids, 21, 349–367 (1995).
19. R.P. STEVENSON, *Robustness of the Additive and Multiplicative Frequency Decomposition Multi-Level Method*, Computing, Volume 54, 4, 331–346.
20. A. STEWART, M. NOOL, H.J.J. TE RIELE AND D.T. WINTER, *An investigation of data reuse on the Cray S-MP system 500*, Supercomputer, Volume XI - number 1, 59 (1994/1995).
21. R.J. STROEKER AND N. TZANAKIS, *Solving elliptic diophantine equations by estimating linear forms in elliptic logarithms*, Acta Arithmetica, 67, 177–196 (1994).

22. R.J. STROEKER AND J. TOP, *On the equation $y^2 = (x + p)(x^2 + p^2)$* , Rocky Mountain Journal of Mathematics, 1135–1161 (1994).
23. R.J. STROEKER AND B.M.M. DE WEGER, *On elliptic diophantine equations that defy Thue's method. The case of the Ochoa curve.*, Experimental Mathematics, 3, 209–220 (1994).
24. R.J. STROEKER AND P. FISCHER, *Some interesting logarithmic inequalities and a problem of Pólya and Szegő*, Nieuw Archief voor Wiskunde (4th Series), 12, 119–124 (1994).
25. N.M. TEMME (WITH F. VITALIS, B.A. VAN TIGGELEN AND A. LAGENDIJK), *Asymptotics of a time correlation function in multiple recurrent scattering of scalar waves*, ZAMP, 46, 61–69, 1995.
26. H.I. VAN DER VEEN AND C. VUIK, *Bi-Lanczos with partial orthogonalization*, Computers & Structures, 56, 605–613 (1995).
27. W.A. VAN DER VEEN AND F.W. WUBS, *A Hamiltonian approach to fairly long gravity waves*, J. Engng Math. 29 (1995) 329–345.
28. S. ZENG AND P. WESSELING, *Multigrid solution of the incompressible Navier-Stokes equations in general coordinates*, SIAM J. Num. Anal., 31, 1764–1784 (1994).
29. S. ZENG AND P. WESSELING, *An ILU smoother for the incompressible Navier-Stokes equations in general coordinates*, Int. J. Numer. Meth. in Fluids, 20, 59–74 (1995).
30. S. ZENG, C. VUIK AND P. WESSELING, *Numerical solution of the incompressible Navier-Stokes equations by Krylov subspace and multigrid methods*, Advances in Computational Mathematics, 4, 27–49 (1995).
31. M. ZIJLEMA, A. SEGAL AND P. WESSELING, *Invariant discretization of the k -epsilon model in general coordinates for prediction of turbulent flow in complicated geometries*, Computers & Fluids, 24, 209–225 (1995).
32. M. ZIJLEMA, A. SEGAL AND P. WESSELING *Finite volume computation of incompressible turbulent flows in general coordinates on staggered grids*, Int. J. Numer. Meth. in Fluids, 20, 621–640 (1995).

2.4 Proefschriften en boeken

1. K.H. TAN, *Local Coupling in Domain Decomposition*, Proefschrift, UU, 1995.

Samenvatting:

Domeindecompositie is een zgn. “verdeel-en-heers” techniek voor de berekening van de oplossing van een probleem, gesteld op een bepaald ruimtelijk gebied. Hierbij wordt de uiteindelijke oplossing bepaald door het

combineren van de uitkomsten van gerelateerde (deel)problemen die gedefinieerd worden op deelgebieden. Deze techniek kan heel nuttig zijn in de tak van wiskunde die zich bezighoudt met het simuleren van (voornamelijk) fysische processen, zoals de stroming van lucht of water, de opwekking en interactie van golven, de verdeling van temperatuur in objecten, enzovoort. Gedetailleerde en realistische simulaties vergen uiteindelijk het oplossen van zeer grote, (gelukkig) vaak ijle, stelsels vergelijkingen. Hiervoor is enorm veel rekenkracht en -tijd nodig, zelfs met de huidige *supercomputers*.

Het belangrijkste voordeel van domeindecompositie ligt in de mogelijkheid om individuele hulpmiddelen te gebruiken wanneer deelproblemen gedefinieerd en opgelost moeten worden. Dit leidt niet alleen tot een vergroting van de modelleerflexibiliteit, maar vaak ook tot efficiënte, paralleliseerbare oplostechieken. De modelleerflexibiliteit neemt bijvoorbeeld toe door het gebruik van aparte, — alleen duur waar nodig —, mathematisch-fysische vergelijkingen of aparte rekenroosters per deelgebied, terwijl efficiëntie vergroot wordt door het gebruik van individuele oplosmethoden en/of rekeneenheden per deelgebied.

Over het algemeen is het niet mogelijk om het oorspronkelijke probleem te vertalen naar een stel volledig ontkoppelde en onafhankelijke deelproblemen. Desondanks worden in elke stap van een domeindecompositiemethode deelproblemen behandeld als waren ze onafhankelijk. Dit betekent dat er een extra mechanisme nodig is dat de koppeling tussen deelproblemen dient te herstellen. In deze dissertatie wordt het proces waarbij de afhankelijkheden tussen de verschillende deelproblemen hersteld worden het “herstel van de koppeling” genoemd. Dit herstelproces, dat uiteindelijk de globale oplossing oplevert, moet niet alleen snel klaar maar ook nauwkeurig zijn; uiteindelijk willen we de oplossing van gewenste kwaliteit verkrijgen tegen computerkosten die slechts marginaal hoger mogen zijn dan de kosten waartegen we het totale globale probleem in één keer konden oplossen.

In de domeindecompositieliteratuur onderscheidt men lokale en globale koppeling. Bij lokale koppeling wordt informatie uitgewisseld bij de grensvlakken tussen deelgebieden waar ook het herstel van de koppeling plaatsvindt. Daarentegen wordt bij de informatieuitwisseling van globale koppeling gebruik gemaakt van een raamwerk van (rooster)punten dat het hele gebied overdekt. Dit leidt meestal tot sneller herstel van koppeling, maar gaat ten koste van de flexibiliteit. Daarom wordt in de praktijk vaak de voorkeur gegeven aan lokale koppeling.

In deze dissertatie wordt een lokaal koppelingsmechanisme gepresenteerd dat aangepast kan worden aan het (discrete) probleem dat opgelost dient te worden. Dergelijke aanpassingen maken lokaal en toch snel herstel van koppeling mogelijk, in ieder geval voor decomposities waarbij het aantal deelgebieden niet te groot is. De ontwikkeling van de modificeerbare kop-

peling gebeurt in Hoofdstuk 1 en 2, binnen een volledig algebraïsch kader. Binnen dit kader kunnen domeindecompositiemethoden beschouwd worden als standaard iteratieve methoden gebaseerd op splitsingen van de matrix $A = M - N$. De lokale koppeling wordt bepaald door de blokpreconditioneringsmatrix M . Aanpassing van de koppeling is gerelateerd aan de eigenwaarden van de matrix $I - AM^{-1}$. Minimalisatie van de grootste eigenwaarde van deze matrix resulteert in een snelle koppeling. Met enkele voorbeelden wordt geïllustreerd dat een *normal mode* analyse gebruikt kan worden in zo'n minimalisatie.

In Hoofdstuk 3 onderzoeken we situaties waarin de normal mode analyse slechts gedeeltelijk slaagt in een optimalisatie van de koppeling en daarom toch nog een langzaam herstel van koppeling oplevert. Een oplossing wordt gevonden in het gebruik van een versnellende projectiemethode die gebruikt maakt van Krylov ruimten (met de geconjugeerde gradiënten methode (CG) als meest bekende voorbeeld). Zulke projectiemethoden zijn in staat om het herstelproces van koppeling zoals bepaald door het stelsel $AM^{-1}Mx = b$ te versnellen. Dit werkt met name goed als de eigenwaarden van $I - AM^{-1}$ prettig verdeeld zijn.

Hoofdstuk 4 behandelt een uitbreiding van de lokale koppeling naar het geval dat rekenroosters tot op zekere hoogte onregelmatig op elkaar mogen aansluiten. Een snelle en nauwkeurige koppeling is nog steeds mogelijk maar vereist wel een nauwgezet ontwerp van het koppelingsmechanisme waarbij ook rekening gehouden moet worden met lokale roostertransformaties.

Het laatste hoofdstuk is gewijd aan de vraag of het nut heeft om deelproblemen slechts tot op zekere nauwkeurigheid op te lossen. Dit maakt het herstel van koppeling langzamer maar reduceert vaak de computerkosten als gevolg van de inexacte oplosstappen die daarmee minder werk vragen.

3 Promoties

- KUN 27-9-1995: M.G. Neytcheva,
Arithmetic and Communication Complexity for Preconditioning Methods.
promotor: A.O.H. Axelsson.
referenten: P.W. Hemker, P.J. van der Houwen, H.A. van der Vorst, P. Wesseling.
-
- 10-10-1995: H. Lu,
Forward-Backward Heat Equations and Analysis of Iterative Methods.
promotor: A.O.H. Axelsson.
referenten: P.W. Hemker, M. Spijker, P. Wesseling.
-
- RUG 10-11-1995: J.G. Wissink,
Direct Numerical Simulation of Turbulence.
promotor: A.E.P. Veldman.
referent: R.W.C.P. Verstappen.
-
- TUE 5-10-1995: A.C. Berkenbosch,
Capturing Detonation Waves for the Reactive Euler Equations.
1e promotor: R.M.M. Mattheij.
2e promotor: A.A. van Steenhoven.
co-promotor: J.H.M. ten Thije Boonkamp.
-
- UT 14-12-1995: A.W. Vreman,
Direct and Large Eddy Simulations of the Compressible Turbulent Mixing Layer.
promotor: P.J. Zandbergen.

co-promotor: B.J. Geurts.

UU 12-5-1995: K.H. Tan,
Local Coupling in Domain Decomposition.
promotor: H.A. van der Vorst.
co-promotor: M.J.A. Borsboom.

periode: 1 januari 1993 - 31 december 1995
 projectleider: P.W. Hemker
 medewerkers: B. Koren, J. Noordmans en P.M. de Zeeuw
 samenwerking: met Von Karman Institute for Fluid Dynamics, Vrije
 Universiteit Brussel, Politecnico di Bari, Technical
 University of Denmark
 gebruikers: Aerospatiale, British Aerospace, Dassault, Dornier,
 Fokker
 financiering: Europese Gemeenschap (BRITE-EURAM Aeronau-
 tics Programme)

titel: *Parameter-Identificatie en Modelanalyse voor Niet-
 Lineaire Dynamische Systemen*
 periode: 1 mei 1993 - 30 april 1997
 projectleider: P.W. Hemker
 medewerkers: C.T.H. Everaars, R. van Liere en W. Stortelder
 gebruikers: Gist Brocades N.V., IPL-TNO, DSM Research,
 KSLA, Akzo Research, TUD en Nederlands
 Kankerinstituut
 financiering: STW

CWI/
 RUL titel: *Numerieke Getaltheorie: Het Ontbinden van Grote
 Gehele Getallen in Priemfactoren*
 periode: 1 oktober 1992 - 30 september 1996
 projectleiders: H.J.J. te Riele / R. Tijdeman
 medewerker: R.M. Huizing (OIO)
 financiering: NWO

IMAU titel: *Parallele Methodes voor Atmosferische Verspreiding
 en Chemie*
 periode: 1993-1997
 projectleider: W. Lourens
 medewerkers: G.C. Crone, A. van Hees en C.B. Vreugdenhil
 samenwerking: CWI (CIRK project)

financiering: eerste geldstroom

IMAU/
UU/
RUG

titel: *Niet-Lineaire Analyse van Grootschalige Oceaan-Circulatie en Turbulente Stroming door middel van Continueringmethoden*

periode: 1 januari 1995 - 1 januari 1997

projectleiders: A.E.P. Veldman (RUG) / H. A. van der Vorst (UU) / C.B. Vreugdenhil (IMAU)

medewerkers: J.L.M. van Dorsselaer en een nog aan te stellen AIO

financiering: NWO

KUN

titel: *Arithmetic and Communication Complexity for Pre-conditioning Methods*

periode: 1 oktober 1991 - 1 oktober 1995

projectleider: A.O.H. Axelsson

medewerkers: M.G. Neytcheva (OIO)

financiering: NWO

titel: *Global Space Time Discretization Methods*

periode: 1 november 1992 - 1 november 1995

projectleider: A.O.H. Axelsson

medewerkers: H. Lu (OIO)

financiering: NWO

titel: *Adaptive Mesh Refinement Methods for Linear and Nonlinear Partial Differential Equations*

periode: 1 februari 1995 - 1 februari 1999

projectleider: A.O.H. Axelsson

medewerkers: M. Nikolova

financiering: KUN

- RUL titel: *Numerieke Oplossing van Gewone Differentiaalvergelijkingen, Stabiliteit en Resolvente Condities*
 periode: 1 september 1992 - 31 augustus 1996
 projectleider: M.N. Spijker
 medewerker: F.A.J. Straetemans
 financiering: RUL
-
- titel: *Analyse en Constructie van Numerieke Algoritmen voor het Oplossen van Differentiaalvergelijkingen*
 periode: 1 juli 1995 - 1 juli 1998
 medewerker: dr. K.J. in 't Hout
 financiering: KNAW
-
- TUD titel: *Invariante Discretiserings- en Oplosmethoden voor de Behoudswetten voor Incompressibele Stromingen*
 periode: 1 september 1992 - 31 augustus 1996
 projectleider: P. Wesseling
 medewerker: M. Zijlema (OIO)
 financiering: NWO
-
- titel: *High Performance Computing in Fluid Dynamics: Methods and Applications*
 periode: 1 december 1993 - 30 november 1995
 projectleider: P. Wesseling
 medewerker: R.R.P. van Nooyen (post-doc)
 financiering: NWO en TUD
-
- UvA titel: *Multivariate Approximation*
 periode: 1 september 1971 -
 projectleider: Th.J. Dekker
 medewerkers: P.R. Pfluger en Th.J. Ripmeester
 samenwerking: met R.M.J. van Damme (UT), B. Mulansky (University of Dresden), M. Neamtu (Vanderbilt University) en C.R. Traas (UT)

gebruikers: algemeen
financiering: eerste geldstroom

titel: *Numerical Linear Algebra for Vector- and Parallel Systems*
periode: 1 september 1971 -
projectleider: W. Hoffmann
medewerker: Th.J. Dekker
samenwerking: met H.A. van der Vorst (UU)
gebruikers: algemeen
financiering: eerste geldstroom

UT titel: *Constrained Interpolation and Approximation Using Splines in one and Two Variables*
projectleider: C.R. Traas
medewerkers: F. Kuijt en R.M.J. van Damme
periode: 16 oktober 1994 - 16 oktober 1998
gebruikers: Philips, Fokker
financiering: STW (NWO)

5 Bijeenkomsten

- CWI titel: *NW-Werkbesprekingen*
 frequentie: tweewekelijks, op woensdag, van 16.00 - 17.00 u.
 inlichtingen: W.H. Hundsdorfer (020-5924096, willem@cwi.nl)
-
- titel: *Topics in Environmental Mathematics*
 frequentie: Symposia, driemaal per jaar
 inlichtingen: J.G. Verwer (020-5924095, janv@cwi.nl),
 J. Kok (020-5924107, jankok@cwi.nl)
-
- titel: *Werkgroep Grootschalig Rekenen*
 frequentie: twee- tot driewekelijks, op woensdag- of
 vrijdagochtend.
 inlichtingen: (na november '95) H.J.J. te Riele (020-5924106,
 herman@cwi.nl),
 (tot november '95) J.G.L. Booten (020-5924115,
 booten@cwi.nl),
 J. Kok (020-5924107, jankok@cwi.nl)
-
- titel: *CWI-IMACS Symposium "One Hundred Years of
 Runge-Kutta Methods"*
 plaats: Amsterdam
 tijd: 8 december 1995
 inhoud: It is well known that Runge's original paper appeared in 1895. This work initiated the construction and analysis of similar methods, which are now generally known as Runge-Kutta methods. To celebrate and commemorate the historic event, CWI organizes this one-day symposium. The speakers and the (tentative) titles of their talks are listed below.
 There will be two survey talks:
 G. Wanner (Univ. of Geneva): Runge-Kutta methods in the period 1895-1962;
 J.C. Butcher (Univ. of Auckland): Runge-Kutta methods in the period 1963-1995.

There will be four talks on special topics:

E. Hairer (Univ. of Geneva): On the error growth function of Runge-Kutta methods;

S.P. Nørsett (NTH, Trondheim): (S)DIRK methods and parallel Runge-Kutta methods;

M.N. Spijker (Univ. of Leiden): The theory of error propagation in Runge-Kutta methods;

J.G. Verwer (CWI, Amsterdam): Explicit Runge-Kutta methods for parabolic PDEs.

inlichtingen: B.P. Sommeijer (020-5924192, bsom@cwi.nl),
P.J. van der Houwen (020-5924083, senna@cwi.nl)

KUN titel: *Algebraic Multilevel-Iteration Methods with Applications*
 plaats: Universiteit Nijmegen
 tijd: 13-15 juni 1995
 inlichtingen: B.J.W. Polman (polman@sci.kun.nl), M.G. Neytcheva (neytchev@sci.kun.nl).

Parijs titel: ECCOMAS 96: Second ECCOMAS Conference on Numerical Methods in Engineering and Third ECCOMAS Computational Fluid Dynamics Conference
 plaats: Parijs
 tijd: 9-13 september 1996
 inlichtingen: ECCOMAS 96, Université de Paris VI, Laboratoire d'Analyse Numérique, Tour 55-65, fifth floor, 4, Place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France (+33.1.44274411, fax: +33.1.44272700, eccomas96@ann.jussieu.fr)

PhNL titel: *Eigenwaarden Symposium*
 plaats: Philips Natuurkundig Laboratorium

tijd: 10 november 1995
 inhoud: Op vrijdag 10 november wordt er op het Philips Natuurkundig Laboratorium te Eindhoven een symposium gehouden rondom het thema 'eigenwaarden'. In dit symposium, mede georganiseerd door de Stichting Industriële en Toegepaste Wiskunde (ITW), zullen zowel de theorie als de toepassing aan de orde komen. De nadruk ligt echter op de toepassingen: waar komen eigenwaarde-problemen voor, wat gebeurt er met de kennis omtrent de ligging van eigenwaarden, etc. Onderwerpen die de revue zullen passeren zijn: stabiliteitsanalyse van CD-spelers, knikproblemen in de ruimtevaart, akoestische problemen in de luchtvaart, elektrische circuits en chemische problemen. Sprekers zijn o.a. Paul Van Dooren (Leuven), Henk van der Vorst (RUU), Johann Arbocz (TUD), Sjoerd Rienstra (TUE), Hans Goedbloed (UU), Marcel van de Wiel en Antoine Huyben (Philips). Voor nadere informatie (definitief programma, folder) zie boven. Vanwege de lokatie is vooraanmelding vereist.

inlichtingen: W. Schilders (040-742102, schildr@prl.philips.nl),
 H. van der Vorst (030-533732, vorst@math.ruu.nl).

RUG titel: *Laplace Symphony*
 plaats: RUG
 tijd: 15 november 1995
 inhoud: This year it is exactly 300 years ago that Johann Bernoulli was appointed professor at the University of Groningen. On the occasion of this fact, as one of the activities, a one-day workshop will be organized. The subject of the workshop is the comparison of numerical solvers for a number of specified Laplace-like equations.

Six test cases have been defined. In the first test case, the coefficient matrix arises after discretisation of a Laplace operator on a rectangular, uniform grid in two dimensions. The second test case is a similar problem in three dimensions. In order to study the

effect of varying coefficients, the third problem concerns a Laplace operator discretised on a highly stretched grid. In the fourth test problem the diffusion coefficient is discontinuous. The fifth test case concerns a Laplace equation discretized on an unstructured grid. At the request of some (potential) participants, the collection of test problems has been enlarged by a non-symmetric problem. It concerns a pressure calculation within Navier-Stokes on a curved region where the symmetry is disturbed by the treatment of the boundary conditions.

Everyone is encouraged to participate actively in this workshop by solving at least one of the test problems and we emphasize the fact that there is no need to solve all test problems. More information and instructions are contained in the postscript-file Laplacesymph.ps, which is available via anonymous ftp to ftp.math.rug.nl directory /pub/laplace. Due to the addition of a problem, the earlier deadline of September 1st is replaced by October 1st.

inlichtingen: A. van der Ploeg (A.van.der.Ploeg@math.rug.nl)

TUD AIO-cursus: *Numerieke Stromingsleer 2*
 plaats: J.M. Burgerscentrum, Delft
 tijd: januari 1996
 inlichtingen: Mw. M.C.H. Moonen (015-783216,
 bc@wbmt.tudelft.nl)

titel: ERCOFTAC Course on High Performance Computing in Fluid Dynamics
 plaats: TUD
 tijd: 24-28 juni 1996
 inlichtingen: Mw. M.C.H. Moonen (015-783216,
 bc@wbmt.tudelft.nl)

6 Buitenlands bezoek

6.1 Recente en komende buitenlandse bezoekers

- CWI gast: E. Celledoni (University of Trieste, Italy)
 gastheer: P.J. van der Houwen
 periode: 15 februari - 1 mei 1995

- gast: A. Craig (University of Durham, England)
 gastheer: P.W. Hemker
 periode: 1 mei - 31 augustus 1995

- gast: P. Montgomery (Oregon, USA)
 gastheer: H.J.J. te Riele
 periode: mei 1995

- gast: R. Brent (Australië)
 gastheer: H.J.J. te Riele
 periode: 16 mei 1995

- gast: J. Collum (University of Maryland and IBM T.J.
 Watson Research Center, Yorktown Heights, U.S.A.)
 gastheer: H.J.J. te Riele
 periode: 14 juni 1995

- gast: J. Frank (University of Kansas, U.S.A.)
 gastheer: W.H. Hundsdorfer
 periode: 15 juni 1995 - 15 juni 1996

- gast: Ch. Kessler (Institut für Geophysik und Meteorolo-
 gie, Köln, Germany)

gastheer: J.G. Verwer
periode: 1 januari 1995 - 1 juli 1995

gast: R.B. Lehoucq (Rice University, Houston, U.S.A.)
periode: 23 juni 1995

gast: P. Schuhmacher (GEO Partner AG, Zürich,
Switzerland)
gastheer: P.M. de Zeeuw
periode: 30 juni 1995

gast: J.D. Pintér (TUNS, Halifax, Canada)
gastheer: W.J.H. Stortelder
periode: 29 juni - 28 juli 1995

gast: H. Guillard (INRIA Sophia-Antipolis, Frankrijk)
gastheer: P.W. Hemker
periode: 31 juli - 18 augustus 1995

gast: B. van Leer (14)
gastheer: B. Koren
periode: 31 augustus 1995

KUN gast: dr. Chonghua Yu (Fudan University, Shanghai, P.R.
China)
gastheer: A.O.H. Axelsson
periode: 6 december 1994 - 6 december 1995

gast: prof. G. Kobelkov (University of Moscow)
gastheer: A.O.H. Axelsson

periode: 10 september - 10 oktober 1995

gast: prof. Yu. Hakopian (University of Yerevan)
 gastheer: A.O.H. Axelsson
 periode: 10 september - 10 oktober 1995

gast: dr. I. Kaporin (University of Moscow)
 gastheer: A.O.H. Axelsson
 periode: 25 september - 24 oktober 1995

gast: dr. L. Kolotilina (Steklov Math. Inst. St. Petersburg)
 gastheer: A.O.H. Axelsson
 periode: 1 december - 15 december 1995

RUL gast: dr. R.P.K. Chan (University of Auckland, New Zealand)
 gastheer: M.N. Spijker
 periode: 1 november - 15 december 1995

gast: prof.dr. I. Faragó (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)
 gastheer: M.N. Spijker
 periode: 11 oktober - 20 oktober 1995

UU gast: Z. Strakos en J. Drkosova
 gastheer: H.A. van der Vorst
 periode: 29 mei - 6 juni 1995

gast: J. Collum

gastheer: H.A. van der Vorst
 periode: 12 juni - 16 juni 1995

gast: R. Lehoucq
 gastheer: H.A. van der Vorst
 periode: 21 juni - 23 juni 1995

gast: T. Chan
 gastheer: H.A. van der Vorst
 periode: 25 september - 29 september 1995

6.2 Recente en komende buitenlandse verblijven

Austin gast: A.O.H. Axelsson (KUN)
 gastheer: TICAM, Austin, Texas, U.S.A.
 periode: 15 augustus - 5 september 1995

Berlijn gast: A. Reusken (TUE)
 gastheer: Prof.dr. R. Kornhuber, Institut für angewandte Analysis und Stochastik
 periode: 28 november 1995 - 1 december 1995

Canberra gast: H.J.J. te Riele (CWI)
 gastheer: The Australian National University
 periode: 1 november - 19 november 1995

London gast: A.W. Vreman (UT)
 gastheer: dr. N. Sandham, Queen Mary and Westfield College
 periode: 1 januari 1995 - 15 maart 1995

Sydney gast: H.J.J. te Riele (CWI)
gastheer: University of Technology & Macquarie University,
Sydney
periode: 27 juli - 31 oktober 1995

Tübingen gast: A. Reusken (TUE)
gastheer: Prof.dr. H. Yserentant, Universität Tübingen
periode: 23 oktober 1995 - 27 oktober 1995

Zürich gast: J.G.M. Kuerten (UT)
gastheer: Prof.dr. B. Müller, Institut für Fluidodynamik, ETH
Zürich
periode: 1 april 1995 - 30 juni 1995

7 Ledeninformatie

7.1 Mutaties

Nieuw:	CONVEX	dr. M.G.E. Brand
		<hr/>
	IMAU	ir. E.J. Kranenborg
		<hr/>
	MARIN	ir. H.C. Raven ir. M. Hoekstra
		<hr/>
	UU	drs. F.A. Raeven
		<hr/>
	(16)	ir. J. Koster
		<hr/>
	(18)	prof.dr.ir. F.T.M. Nieuwstadt
		<hr/>
	(23)	prof.dr.ir. Ch. Hirsch
		<hr/>
	(24)	ir. E.M. Houtman
		<hr/>
	(25)	dr. D. Roose
		<hr/>
	(26)	ir. H. Keijzer
		<hr/>
	(29)	dr.ir. C.H. Venner
		<hr/>
	(30)	A. den Hollander
		<hr/>

	(31)	dr.ir. P.M. Lugt
Uit dienst:	CWI	dr. Ch. Kessler
Opgezegd:	WL(a)	ir. L.J.M. Hulsen ir. W. van de Langemheen
Verhuisd:	van RUL naar UU	dr. J.L.M. van Dorsseleer
	van KSEPL naar (27)	dr.ir. R.H.J. Gmelig Meijling
	van TUE naar KUN	dr. R. Stevenson
	van UvA naar (28)	drs. G. Pronk
	nieuw adres EDS (voorheen EDS ICIM)	ir. J.C.M. Dijkzeul

7.2 Ledenlijst

Naam	Adres	Tel.	E-mail
Aarden, drs. J.	KUN	080-652489	
Alkemade, dr.ir. J.A.H.	KSEPL	070-3112561	alkemadej@ksepl.nl
Axelsson, prof.dr. A.O.H.	KUN	080-653231	axelsson@sci.kun.nl
Bakker, dr. M.	CWI	020-5924172	miente@cw.nl
Bakker, dr. P.M.	KSEPL	070-3113141	
Beckum, drs. F.P.H. van	UT	053-893414	frits@math.utwente.nl
Beek, ir. F.A. van	(7)	020-6056893	
Beets, ir. C.	IMAU	030-533168	beets@ruunfs.fys.ruu.nl
Berg, drs. J.I. van den	NLR(b)	020-5113446	jiberg@nlr.nl
Berkenbosch, drs. A.C.	TUE	040-472702	arco@win.tue.nl
Bijl, ir. H.	TUD	015-787290	H.Bijl@math.tudelft.nl
Bisseling, dr. R.H.	UU	030-531481	bisseling@math.ruu.nl

Blokland, ir. P.A.	RWS/RIKZ		
Blom, drs. J.G.	CWI	020-5924101	gollum@cw.nl
Boender, drs. H.	CWI/RUL	020-5924102	henkb@cw.nl
Boerstoeel, prof.dr.ir. J.W.	NLR(b)/TUD	020-5113417	via Van den Berg
Boonstra, ir. B.H.	(10)	02518-55307	
Booten, dr. J.G.L.	CWI	020-5924093	booten@cw.nl
Borsboom, dr.ir. M.J.A.	WL(b)	05274-2922	mart.borsboom@wldelft.nl
Botta, dr. E.F.F.	RUG	050-633974	E.F.F.Botta@math.rug.nl
Brakkee, ir. E.	TUD	015-787290	e.brakkee@math.tudelft.nl
Brand, dr. M.G.E.	CONVEX		brand@nl.convex.com
Brandts, drs. J.H.	UU	030-531733	brandts@math.ruu.nl
Broeze, dr.ir. J.	UT	053-893416	broeze@math.utwente.nl
Bruin, drs. R. de	RUG-RC	050-633370/633440	
Burg, dr.ir. J.W. van der	NLR(b)	020-5113696	vdburg@nlr.nl
Burgers, drs. A.R.	ECN	02246-4105	
Couwenberg, ir. M.J.H.	NLR(b)	020-5113418	couwenb@nlr.nl
Crone, drs. G.C.	(15)	030-537716	crone@fys.ruu.nl
Cuppen, dr.ir. J.J.M.	PhMS	040-762150	
Dam, drs. A.A. ten	NLR(b)	020-5113447	tendam@nlr.nl
Damme, dr. R.M.J. van	UT	053-893417	
Damsté, drs. B.R.	LUW	08370-83562	
Dekker, dr. K.	TUD	015-787291	K.Dekker@math.tudelft.nl
Dekker, prof.dr. Th.J.	UvA	02518-51092 (privé)	dirk@fwi.uva.nl
Delmulle, ir. G.J.F.M.N.	UT	053-893418	delmulle@math.utwente.nl
Dijkstra, dr. D.	UT	053-893395	d.dijkstra@math.utwente.nl
Dijkstra, dr.ir. H.A.	IMAU	030-533276	dijkstra@fys.ruu.nl
Dijkzeul, ir. J.C.M.	EDS	070-3014654	Dijkzeul@icim.nl
Dingemans, ir. M.W.	WL(b)	05274-2922	maarten.dingemans@wldelft.nl
Dorselaer, dr. J.L.M. van	UU	030-531529	dorsela@math.ruu.nl
Driessen, drs. M.M.A.	PhNL	040-742008	mdries@prl.philips.nl
Duin, ir. A.C.N. van	UU	030-531457	vduin@math.ruu.nl
Eekhof, dr. H.R.	UT-RC	053-892306	
Eggels, dr.ir. J.G.M.	KSLA		eggels1@ksla.nl
Emde Boas, dr. P. van	UvA	020-5256065	peter@fwi.uva.nl
Engelen, ir. T.J.	PhNL	040-744842	engelen@prl.philips.nl
Everaars, drs. C.T.H.	CWI	020-5924113	ever@cw.nl
Eijkeren, drs. J.C.H. van	RIVM	030-742164	cwmeyk@rivm.nl
Ferret, ir. P.J.J.	TUE	040-472702	peterf@win.tue.nl
Flokstra, ir. C.	WL(b)	05274-2922	cor.flokstra@wldelft.nl
Fokkema, drs. D.R.	UU	030-531457	fokkema@math.ruu.nl
Frankena, dr. J.F.	UT	053-894030	frankena@math.utwente.nl
Gee, dr. M. de	LUW	08370-84592	degee@Sun1.WK.WAU.NL
Gerritsen, dr.ir. H.	WL(a)	015-569353	herman.gerritsen@wldelft.nl
Gerritsma, ir. M.I.	RUG	050-633996	
Gerwen, ir. J.C.H. van	PhNL	040-744771	gerwenvj@prl.philips.nl
Geurts, drs. A.J.	TUE	040-474582	wstanw3@heitue5.bitnet
Geurts, dr.ir. B.J.	UT	053-894125	geurts@math.utwente.nl
Gijzen, dr.ir. M.B. van	UU	030-531529	vangyzen@math.ruu.nl
Gilding, dr. B.H.	UT	053-893372	gilding@math.utwente.nl
Ginneken, ir. C.J.J.M. van	TUE		
Gmeling Meyling, dr.ir. R.H.J.	(27)	05920-69111	

Goede, dr. E.D. de	WL(a)	015-569353	erik.degoede@wldelft.nl
Gragert, dr. P.K.H.	UT	053-893401	gragert@math.utwente.nl
Griend, dr. J.A. van de	RUL	071-5277142	vdgriend@wi.leidenuniv.nl
Groen, prof.dr. P.P.N. de	(2)	+32.26413307	pieter@tena2.vub.ac.be
Groeneweg, drs. J.	(19)	015-785064	jacco@dutcvs5.tudelft.nl
Groot, ir. J. de	(5)	040-743139	degroot@prl.philips.nl
Haan, ir. B.J. de	RIVM	030-743080	cwmhaan@rivm.nl
Haas, ir. P. de	WL(b)	05274-2922	paul.dehaas@wldelft.nl
Heeg, drs.ir. R.S.	UT	053-893416	R.Heeg@math.utwente.nl
Heijstek, dr. J.J.	NLR(a)	05274-8463	heystek@nlr.nl
Heinsbroek, dr.ir. A.G.T.J.	WL(a)	015-569353	anton.heinsbroek@wldelft.nl
Hemker, prof.dr. P.W.	CWI/UvA	020-5924108	pieth@cwil.nl
Hendriks, ir. J.A.	VUA	020-5482412	
Herrman, dr.ir. G.C.	TUD-TA	015-783825	g.c.herman@math.tudelft.nl
Hirsch, prof.dr.ir. Ch.	(23)	+32.26292391	hirsch@stro10.vub.ac.be
Hoekstra, ir. M.	MARIN	08370-93334	nsho@marin.nl
Hof, ir. B. van 't Hof	TUE	040-472702	bas@win.tue.nl
Hoffmann, dr. W.	UvA	020-5257538	walter@fwi.uva.nl
Hogeweg, drs. M.	WL(b)	05274-2922	marten.hogeweg@wldelft.nl
Hogewij, G.M.D.	(1)	03402-31224	
Hollander, A. den	(30)	040-333555	
Hoop, prof.dr.ir. A.T. de	TUD-EL	015-785203	de_hoop@et.tudelft.nl
Hout, dr. K.J. in 't	RUL	071-5277126	hout@wi.leidenuniv.nl
Hout, dr. R. van der	AKZO	085-664553	
Houtman, ir. E.M.	(24)	015-785903	E.M.Houtman@LR.TUDELFT.NL
Houwen, prof.dr. P.J. van der	CWI/UvA	020-5924083	senna@cwil.nl
Huizing, drs. R.M.	CWI	020-5924102	marije@cwil.nl
Hundsorfer, dr. W.H.	CWI	020-5924096	willem@cwil.nl
Jacobs, ir. F.J.	KSEPL	070-3113237	jacobsf@ksepl.nl
Jansen, dr.ir. J.K.M.	TUE	040-474599	wstanw@win.tue.nl
Jong, dr.ir. J.L. de	TUE		
Jong, dr. L.S. de	PhNL	040-744124	djong@prl.philips.nl
Kaasschieter, dr. E.F.	TUE	040-472804	wsanrk@win.tue.nl
Kan, ir. J.J.I.M. van	TUD	015-783634	J.vanKan@math.tudelft.nl
Kats, drs. J.M. van	CONVEX	030-888368	vankats@convex.nl
Kattenberg, dr. A.	KNMI	030-206642	
Keijzer, ir. H.	(26)	08370-83641	henriette.keijzer@bodhyg.benp.wau.nl
Kester, ir. J.A.Th.M. van	WL(a)	015-569353	jan.vankester@wldelft.nl
Klopman, ir. G.	WL(b)	05274-2922	gert.klopman@wldelft.nl
Kok, drs. J.	CWI	020-5924107	jankok@cwil.nl
Kok, dr. J.M. de	RWS/RIKZ	070-3745211	dekok@dgw.rws.nl
Kooper, drs. M.N.	TUD	015-781692	m.kooper@math.tudelft.nl
Koren, dr.ir. B.	CWI	020-5924114	barry@cwil.nl
Koster, ir. J.	(16)	+33.61193021	Jacko.Koster@cerfacs.fr
Kraaijevanger, dr. J.F.B.M.	KSEPL	070-3112318	kraaijevangerj@ksepl.nl
Kramer, dr.ir. M.E.	KSLA	020-6302108	kramer6@ksla.nl
Kranenborg, ir. E.J.	IMAU	030-532921	kranenbg@fys.ruu.nl
Kruisbrink, ir. A.C.H.	WL(a)	015-569353	arno.kruisbrink@wldelft.nl
Kuerten, dr. J.G.M.	UT	053-893396	kuerten@math.utwente.nl
Kuijt, ir. F.	UT	053-893411	f.kuijt@math.utwente.nl
Laan, drs. C.G. van der	(11)		

Laan-de Klerk, ir. P.	UT	053-893411	
Lander, J.	RWS/RIKZ		
Leendertse, ir. G.P.	ECN	02246-4105	
Leer, prof.dr. B. van	(14)		bram@caen.engin.umich.edu
Linde, dr. H.J. van	RUG-RC		
Lioen, drs. W.M.	CWI	020-5924101	walter@cw.nl
Loon, ir. M. van	CWI	020-5924105	vanloon@cw.nl
Loon, dr. P.M. van	(22)	040-744659	
Lu, drs. H.	KUN	080-652489	haolu@sci.kun.nl
Lugt, dr.ir. P.M.	(31)	03402-75957	
Maarel, dr.ir. H.T.M. van der	MARIN	08370-93479	maarel@marin.nl
Markus, ir. A.A.	WL(a)	015-569353	arjen.markus@wldelft.nl
Maten, dr. E.J.W. ter	PhNL	040-742709	maten@prl.philips.nl
Mattheij, prof.dr. R.M.M.	TUE	040-472080	wstanw10@win.tue.nl
Meijer, ir. D.G.	WL(b)	05274-2922	douwe.meijer@wldelft.nl
Meijer, dr.ir. K.L.	WL(b)	05274-2922	karel.meijer@wldelft.nl
Meijerink, drs. J.A.	KSEPL	070-3113059	
Melissen, drs. J.B.M.	PhNL	040-743656	melissen@prl.philips.nl
Michielse, dr.ir. P.H.	CONVEX	030-888368	michiels@nl.convex.com
Mol, ir. W.J.A.	RIVM	030-742378	wimm@rivm.nl
Molenaar, dr. J.	TUD	015-787240	hansmo@twi.tudelft.nl
Molenaar, dr. J.	TUE-IWDE	040-474757	jaapm@win.tue.nl
Mooiman, ir. J.	WL(a)	015-569353	jan.mooiman@wldelft.nl
Morsche, dr. H.G. ter	TUE	040-474241	
Mulder, dr. W.A.	KSEPL	070-3112905	mulderw@ksepl.nl
Mur, dr.ir. G.	TUD-EL	015-786294	mur@et.tudelft.nl
Mynett, dr.ir. A.E.	WL(a)	015-569353	arthur.mynett@wldelft.nl
Neytcheva, dra. M.G.	KUN	080-652485	neytchev@sci.kun.nl
Nieuwstadt, prof.dr.ir. F.T.M.	(18)	015-781005	f.nieuwstadt@wbmt.tudelft.nl
Nool, drs. M.	CWI	020-5924101	greta@cw.nl
Noot, ir. M.J.	TUE	040-474578	wsanmn@win.tue.nl
Nooyen, dr. R.R.P. van	TUD	015-787291	witaron@dutita4.twi.tudelft.nl
Noordmans, ir. J.	CWI	020-5924122	jaapn@cw.nl
Oosterlee, dr.ir. C.W.	(13)	+49.2241142118	Kees.Oosterlee@gmd.de
Otta, dr. A.K.	WL(b)	05274-2922	ashwini.otta@wldelft.nl
Ouden, ir. A.C.B. den	ECN	02246-4099	
Paardekooper, prof.dr. M.H.C.	KUB	013-662061	paardeko@kub.nl
Pas, drs. R.J. van der	(20)	03406-21711	ruud@demeerl.sgi.com
Peerdeman, drs. A.P.W.	(4)	074-482851	
Peters, ir. J.M.F.	PhNL	040-742102	jpeters@prl.philips.nl
Peters, dr.ir. M.C.A.M.	KSEPL	070-3113173	petersm@ksepl.nl
Petit, ir. H.A.H.	WL(b)	05274-2922	henri.petit@wldelft.nl
Pflugger, dr. P.	UvA	020-5255204	pia@fwi.uva.nl
Piepers, ir. J.	KSLA		
Ploeg, dr.ir. A. van der	RUG	050-633996	ploeg@math.rug.nl
Polak, drs. S.J.	PhMS	040-762160	spolak@mswe.decnet.philips.nl
Polman, dr. B.J.W.	KUN	080-652862	polman@sci.kun.nl
Postma, ir. L.	WL(a)	015-569353	leo.postma@wldelft.nl
Potma, drs. K.	NLR(b)		potma@nlr.nl
Praagman, dr. N.	(6)	010-671361	
Pronk, drs. G.	(28)	070-3029302	gerap@cmgit.uucp

Quak, ir. D.	TUD-EL	015-786913	quak@et.tudelft.nl
Raeven, drs. F.A.	UU	030-531529	raeven@math.ruu.nl
Raven, ir. H.C.	MARIN	08370-93438	nsrn@marin.nl
Reusken, dr. A.A.	TUE	040-474358	wsanar@win.tue.nl
Riele, dr.ir. H.J.J. te	CWI	020-5924106	herman@cwi.nl
Ripmeester, drs. Th.J.	UvA	020-5257540	dirk-jan@fwi.uva.nl
Romate, dr.ir. J.E.	KSLA	020-6303400	romate1@ksla.nl
Roose, dr. D.	(25)	+32.16327546	Dirk.Roose@cs.kuleuven.ac.be
Rusch, drs. J.J.	PhNL	040-742832	rusch@prl.philips.nl
Sauter, ir. F.J.	RIVM	030-743155	cwmferd@rivm.nl
Schilders, W.H.A., Ph.D.	PhNL	040-742102	schildr@prl.philips.nl
Schippers, dr.ir. H.	NLR(a)	05274-8446	hschippers@nlr.nl
Scholten, ir. D.J.	UT	053-893419	
Schulkes, dr. R.M.S.M.	(21)	+47-35563339	schulkesr@fs1.hre.hydro.com
Schuppen, drs. R.T. van	ACCU		
Schurer, dr.ir. F.	TUE		
Segal, ir. A.	TUD	015-785535	g.segal@math.tudelft.nl
Simons, drs. P.J.P.M.	TUE	040-475019	simons@win.tue.nl
Sleijpen, dr. G.L.G.	UU	030-531732	sleijpen@math.ruu.nl
Sluis, prof.dr. A. van der	UU	030-512159	vdsluis@math.ruu.nl
Snoo, ir. S.L. de	TUE	040-475019	wsansl@win.tue.nl
Sommeijer, dr. B.P.	CWI	020-5924192	bsom@cwi.nl
Sonneveld, ir. P.	TUD	015-783732	P.Sonneveld@math.tudelft.nl
Spee, drs. E.J.	CWI	020-5924105	edwins@cwi.nl
Spekreijse, dr.ir. S.P.	NLR(a)	05274-8361	spekreijse@nlr.nl
Spijker, prof.dr. M.N.	RUL	071-5277132	spijker@rulcri.leidenuniv.nl
Stam, H.J.	KSEPL	070-3112510	
Steen, drs. A. van der	ACCU		
Stevenson, dr. R.P.	KUN	080-653232	stevenson@sci.kun.nl
Stelling, prof.dr.ir. G.S.	WL(a)	015-569353	guus.stelling@wldelft.nl
Stijn, dr.ir. Th.L. van	RWS/RIKZ		
Stortelder, ir. W.J.H.	CWI	020-5924122	walterst@cwi.nl
Straetemans, drs. F.A.J.	RUL	071-5277119	francstr@wi.leidenuniv.nl
Streng, dr.ir. M.	UT	053-893430	twmartin@math.utwente.nl
Stroeker, dr. R.J.	EUR	010-4081260	stroeker@wis.few.eur.nl
Struijs, dr.ir. R.	(16)	+33.61193048	struijs@cerfacs.fr
Sturler, dr.ir. E. de	(12)	+41.16325566	sturler@ips.id.ethz.ch
Swart, drs. J.J.B. de	CWI	020-5924093	jacques@cwi.nl
Talman, dr. A.J.J.	KUB		
Tan, dr. K.H.	WL(b)	05274-2922	Kian.Tan@wldelft.nl
Temme, dr. N.M.	CWI	020-5924240	nicot@cwi.nl
Thije Boonkkamp, dr.ir. J.H.M. ten	TUE	040-474123	tenthije@win.tue.nl
Tiesinga, ir. G.	RUG		G.Tiesinga@math.rug.nl
Timmermans, dr.ir. L.J.P.	(18)	015-782997	L.Timmermans@wbmt.tudelft.nl
Toose, ir. E.M.	UT	053-893430	toose@math.utwente.nl
Traas, prof.dr. C.R.	UT	053-893408	traas@math.utwente.nl
Trompert, dr.ir. R.A.	(17)	030-535071	trompert@geof.ruu.nl
Vatvani, ir. D.K.	WL(a)	015-569353	deepak.vatvani@wldelft.nl
Veen, drs.ir. W.A. van der	CWI	020-5924093	wolter@cwi.nl
Veen, ir. H.I. van der	TUD	015-842205	vnh@bouw.tno.nl
Veldhuizen, prof.dr. M. van	VUA	020-5483537	velm@cs.vu.nl

Veldman, prof.dr. A.E.P.	RUG	050-633988	A.E.P.Veldman@math.rug.nl
Veling, dr. E.J.M.	RIVM	030-742072	cwmedve@rivm.nl
Ven, dr. H. van der	NLR(b)	020-5113633	venvd@nlr.nl
Venner, dr.ir. C.H.	(29)	053-892488	c.h.venner@wb.utwente.nl
Verboom, dr.ir. G.K.	WL(b)	05274-2922	gerrit.verboom@wldelft.nl
Verheggen, dr.ir. T.M.M.	KSLA		
Verstappen, dr.ir. R.W.C.P.	RUG	050-633958	R.W.C.P.Verstappen@math.rug.nl
Verwer, dr. J.G.	CWI	020-5924095	janv@cwi.nl
Vis, ir. M.A.	(8)	020-4448112	MA.Vis.physiol@med.vu.nl
Vogels, ir. M.E.S.	NLR(b)	020-5113426	vogels@nlr.nl
Vorst, dr.ir. G.A.L. van de	TUE	040-474328	wsangv@win.tue.nl
Vorst, prof.dr. H.A. van der	UU	030-533732	vorst@math.ruu.nl
Vos, dr. R.J.	WL(a)	015-569353	robert.vos@wldelft.nl
Vosbeek, ir. P.W.C.	TUE	040-474285	wsanpv@win.tue.nl
Vreman, ir. A.W.	UT	053-893437	vreman@math.utwente.nl
Vreugdenhil, dr.ir. C.B.	IMAU	030-533167	vreugdhl@fys.ruu.nl
Vries, dr. R.W. de	UT	053-893409	r.w.devries@math.utwente.nl
Vuik, dr.ir. C.	TUD	015-785530	c.vuik@math.tudelft.nl
Wachters, dr. A.J.H.	PhNL	040-742402	wachters@prl.philips.nl
Walsteijn, ir. F.H.	KNMI	030-206687	walsteyn@knmi.nl
Wasistho, ir. B.	UT	053-893418	wasistho@math.utwente.nl
Wees, dr.ir. A.J. van der	NLR(a)	05274-8374	vdwees@nlr.nl
Weiden, dr. R.M. van der	KSEPL	070-3112927	
Wesseling, prof.dr.ir. P.	TUD	015-783631	p.wesseling@math.tudelft.nl
Westland, ir. J.	NLR(a)	05274-8447	wstland@nlr.nl
Wiel, drs. M.C.J. van de	PhNL	040-744341	wielvdm@prl.philips.nl
Wijbenga, ir. J.H.A.	WL(b)	05274-2922	anne.wijbenga@wldelft.nl
Wijckmans, ir. P.M.E.J.	TUE	040-472112	patrickw@win.tue.nl
Wilders, dr. P.	TUD	015-785535	p.wilders@math.tudelft.nl
Willemse, ir. J.B.T.M.	(2)		
Winter, D.T.	CWI	020-5924098	dik@cwi.nl
Wolkenfelt, dr. P.H.M.	(3)		
Wubs, dr.ir. F.W.	RUG	050-633994	F.W.Wubs@math.rug.nl
Wuytack, prof.dr. L.	UIA		wuytack@UIA.UA.AC.BE
Zandbergen, prof.dr.ir. P.J.	UT	053-893405	
Zeeuw, drs. P.M. de	CWI	020-5924113	pauldz@cwi.nl
Zegeling, dr. P.A.	UU	030-533720	zegeling@math.ruu.nl
Zijlema, ir. M.	TUD	015-787290	m.zijlema@twi.tudelft.nl
Zwier, dr.ir. G.	UT	053-893411	

8 Adressen

8.1 Instituten en bedrijven

- ACCU Academisch Computer Centrum Utrecht, Budapestlaan 6, 3584 CD Utrecht. Tel.: 030-531436.
- AKZO Akzo Research, Afd. CRS, Velperweg 76, 6824 BM Arnhem. Postbus 60, 6800 AB Arnhem. Tel.: 085-664433.
- CONVEX Computer B.V., Europalaan 514, 3526 KS Utrecht. Tel.: 030-888368, Fax: 030-892942.
- CWI Centrum voor Wiskunde en Informatica, Afdeling Numerieke Wiskunde, Kruislaan 413, 1098 SJ Amsterdam. Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam. Tel.: 020-5929333 of 592 en doorkiesnummer. Fax: 020-5924199.
- ECN Energieonderzoek Centrum Nederland, Postbus 1, 1755 ZG Petten. Tel.: 02246-4505.
- EDS EDS Nederland B.V., Postbus 406, 2260 AK Leidschendam. Tel.: 070-3014654. Fax: 070-3207999.
- EUR Erasmus Universiteit Rotterdam, Econometrisch Instituut, Burgemeester Oudlaan 50, 3602 PA Rotterdam. Postbus 1738, 3000 DR Rotterdam. Tel.: 010-4081111.
- IMAU Universiteit Utrecht, Instituut voor Marien en Atmosferisch Onderzoek Utrecht, Buys-Ballot Laboratorium, Princetonplein 5, 3584 CC Utrecht, Postbus 80.005, 3508 TA Utrecht. Fax: 030-543163.
- KNMI Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Wilhelminalaan 10, 3732 GK De Bilt. Postbus 201, 3730 AE De Bilt. Tel.: 030-206911.

- KSEPL Koninklijke/Shell Exploratie & Productie Laboratorium, Volmerlaan 6, 2288 GD Rijswijk. Postbus 60, 2280 AB Rijswijk. Tel.: 070-3113911 of 311 en doorkiesnummer.
- KSLA Koninklijke/Shell Laboratorium, Amsterdam, Badhuisweg 3, 1031 CM Amsterdam. Postbus 38000, 1030 BN Amsterdam. Tel.: 020-6309111 of 630 en doorkiesnummer.
- KUB Katholieke Universiteit Brabant, Subfaculteit Econometrie, Postbus 90153, 5000 LE Tilburg. Tel.: 013-669111 of 66 en doorkiesnummer.
- KUN Mathematisch Instituut der Katholieke Universiteit Nijmegen, Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen. Tel.: 080-652986.
- LUW Vakgroep Wiskunde van de Landbouw Universiteit Wageningen, De Dreijen 8, 6703 BC Wageningen. Postbus 8003, 6700 EB Wageningen. Tel.: 08370-84385.
- MARIN Maritiem Instituut Nederland, Postbus 28, 6700 AA Wageningen.
- NLR Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium,
 (a) Voorsterweg 31, 8316 PR Marknesse. Postbus 153, 8300 AD Emmeloord. Tel.: 05274-8444, Fax: 05274-8210.
 (b) Anthony Fokkerweg 2, 1059 CM Amsterdam. Tel.: 020-5113113, Fax: 020-5113210.
- PhMS Nederlandse Philips Bedrijven B.V., Philips Medical Systems, Postbus 10.000, 5680 DA Best. Tel.: 040-762014.
- PhNL Philips Research Laboratories, IST - Information and Software Technology, Applied Mathematics Group, Gebouw WL-p, Prof. Holstlaan 4, 5656 AA Eindhoven. Postbus 80.000, 5600 JA Eindhoven. Tel.: 040-744500, b.g.g. 744687 (IST) of 791111 (algemeen).
- RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven. Tel.: 030-749111 of 030-74 en doorkiesnummer.

- RUG Mathematisch Instituut der Rijksuniversiteit te Groningen, Blauwborgje 3, Postbus 800, 9700 AV Groningen. Tel.: 050-639111, Fax: 050-633976.
- RUG-RC Rekencentrum der Rijksuniversiteit Groningen, Universiteitscomplex Paddepoel, Postbus 800, 9700 AV Groningen. Tel.: 050-639111.
- RUL Afdeling Wiskunde en Informatica der Rijksuniversiteit te Leiden, Niels Bohrweg 1, 2333 CA Leiden. Postbus 9512, 2300 RA Leider. Tel.: 071-272727 of 27 en doorkiesnummer. Fax: 071-276985.
- RWS/RIKZ Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ), Postbus 20907, 2500 EX Den Haag. Kortenaerkade 1, 2518 AX Den Haag. Tel.: 070-3114311. Fax: 070-3114321.
- TUD Technische Universiteit Delft, Technische Wiskunde en Informatica, Mekelweg 4, 2628 CD Delft. Postbus 5031, 2600 GA Delft. Tel.: 015-783833 of 78 en doorkiesnummer. Fax: 015-787209.
- TUD-EL Technische Universiteit Delft, Vakgroep Electromagnetisme, Mekelweg 4, 2628 CD Delft. Postbus 5031, 2600 GA Delft. Tel.: 015-786620, Fax: 015 - 783622.
- TUD-TA Technische Universiteit Delft, Vakgroep Toegepaste Analyse, Mekelweg 4, 2628 CD Delft. Postbus 5031, 2600 GA Delft.
- TUE Onderafdeling der Wiskunde, Technische Universiteit Eindhoven, Den Dolech 2, 5612 AZ Eindhoven. Postbus 513, 5600 MB Eindhoven. Tel.: 040-479111 of 47 en doorkiesnummer.
- TUE-IWDE Instituut Wiskundige Dienstverlening Eindhoven, Technische Universiteit Eindhoven, Den Dolech 2, 5612 AZ Eindhoven. Postbus 513, 5600 MB Eindhoven. Tel.: 040-474760.

- UT Faculteit der Toegepaste Wiskunde, Universiteit Twente, Drienerlo, Postbus 217, 7500 AE Enschede. Tel.: 053-899111 of 89 en doorkiesnummer, Fax: 053-324981.
- UT-RC Rekencentrum der Universiteit Twente, Postbus 217, 7500 AE Enschede. Tel.: 053-899111.
- UIA Universitaire Instelling Antwerpen, Departement Wiskunde, Campus UIA, Universiteitsplein 1, B-2610 Wilrijk, België. Tel.: + 32.38282528.
- UvA Vakgroep Wiskunde, Faculteit Wiskunde en Informatica, Universiteit van Amsterdam, Plantage Muidergracht 24, 1018 TV Amsterdam. Tel.: 020-5255200. Fax: 020-5255101.
- UU Mathematisch Instituut der Universiteit te Utrecht, Universiteitscentrum De Uithof, Budapestlaan 6, 3584 CD Utrecht. Postbus 80.010, 3508 TA Utrecht. Tel.: 030-531430 of 53 en doorkiesnummer. Fax: 030-531633.
- VUA Wiskundig Seminarium der Vrije Universiteit, De Boelelaan 1081, 1081 HV Amsterdam. Postbus 7161, 1007 MC Amsterdam. Tel.: 020-5489111 of 548 en doorkiesnummer.
- WL Waterloopkundig Laboratorium,
 (a) Rotterdamseweg 185, 2629 HD Delft. Postbus 177, 2600 MH Delft. Tel.: 015-569353. Fax: 015-619674.
 (b) Voorsterweg 28, 8316 PT Marknesse. Postbus 152, 8300 AD Emmeloord. Tel.: 05274-2922. Fax.: 05274-3573.

8.2 Overigen

1. FOM-Instituut voor Plasma-Fysica 'Rijnhuizen', Postbus 1207, 3430 BE Nieuwegein.
2. Vrije Universiteit Brussel, Departement Wiskunde, Pleinlaan 2, B-1050 Brussel, België.
3. Het Achtkant 8, 1906 GD Limmen.
4. Hollandse Signaalapparaten B.V., Zuidelijke Havenweg 40, 7550 GD Hengelo.
5. Nat. Lab. Philips, WY-5.05, Postbus 80.000, 5600 JA Eindhoven.

6. Ingenieursbureau Svasek B.V., Heer Bokelweg 145, 3032 AD Rotterdam. Fax.: 010-4674559.
7. Fokker Space & Systems B.V., Postbus 12222, A 312-500, 1100 AE Amsterdam Z.O., Tel.: 020-6056893 (Tel.: 020-6059111).
8. Laboratorium voor Fysiologie, Institute for Cardiovascular Research (ICaR-VU), Vrije Universiteit Amsterdam, Van der Boechorststraat 7, 1081 BT Amsterdam. Fax: 020-4448255.
9. School of Mathematics, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ, United Kingdom.
10. Heereweg 9, Castricum.
11. Hunzeweg 57, 9893 PB Garnwerd.
12. IPS-ETH Zurich, Swiss Federal Institute of Technology, ETH-Zentrum, CE-8092 Zürich, Zwitserland. Fax: +41.12610468
13. GMD, I1.T, Schloss Birlinghoven, Postfach 1316, D-53757 Sankt Augustin, Duitsland.
14. The University of Michigan, Department of Aerospace Engineering, François-Xavier Bagnoud Building, 1320 Beal Avenue, Ann Arbor, MI 48109-2118, USA.
15. Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Informatica, Buys Ballotlaboratorium, Princetonplein 5, 3584 CC Utrecht.
16. CERFACS, 42, Avenue Gustave Coriolis, 31057 Toulouse, Frankrijk.
17. Universiteit Utrecht, Faculteit Aardwetenschappen, Vakgroep Theoretische Geofysica, Budapestlaan 4, 3584 CD Utrecht, Postbus 80.021, 3508 TA Utrecht.
18. Technische Universiteit Delft, Faculteit Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor Aero- en Hydrodynamica, Rotterdamseweg 145, 2628 AL Delft. Fax: 015-782947.
19. Technische Universiteit Delft, Faculteit der Civiele Techniek, Sectie Vloeistofmechanica, Stevinweg 1, 2628 CN Delft.
20. Silicon Graphics, Veldzigt 2a, 3454 PW De Meern. Fax: 03406-21454.
21. Norsk Hydro a.s., Research Centre Porsgrunn, P.O. Box 2560, N-3901 Porsgrunn, Noorwegen.
22. Philips Research, Prof. Holstlaan 4, (Postbox WL 11) 5656 AA Eindhoven.

23. Vrije Universiteit Brussel, Dienst Stromingsmechanica, Pleinlaan 2, B-1050 Brussel, België. Fax: +32.26292880.
24. Technische Universiteit Delft, Faculteit der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek, Postbus 5058, 2600 GB Delft. Fax: 015-787077.
25. Katholieke Universiteit Leuven, Afdeling Numerieke Analyse en Toegepaste Wiskunde, Departement Computerwetenschappen, Celestijnenlaan 200A, B-3001 Leuven-Heverlee, België. Fax: +32.16327996.
26. Vakgroep Bodemkunde en Plantenvoeding van de Landbouw Universiteit Wageningen, Dreijenplein 10, 6703 HB Wageningen.
27. NAM-Assen, Afd. XEX/6, Schepersmaat 2, 9405 TA Assen.
28. CMG Den Haag B.V., Divisie Advanced Technology, Postbus 187, 2501 CD Den Haag. Fax: 070-3029300.
29. Faculteit der Werktuigbouwkunde, Universiteit Twente, Postbus 217, 7500 AE Enschede. Fax: 053-327861.
30. Computing & Systems Consultants B.V., Gebouw Vierlander, Fellenoord 19, 5612 AA Eindhoven. Fax: 040-333500.
31. SKF ERC B.V., Postbus 2350, 3430 DT Nieuwegein. Fax: 03402-43812.