

Katholieke Universiteit Leuven
Departement Elektrotechniek ESAT
Onderzoeksgroep SCD (SISTA)

Persoonlijk doctoraal dagboek

Sven Maerivoet

<http://phdsven.dyns.cx>

Licentiaat Informatica
Universitaire Instelling Antwerpen

Promotor : prof. dr. ir. Bart De Moor
Datum laatste wijziging : 2 december 2004

Inhoudsopgave

I	Academiejaar 2001 - 2002	1
1	September 2001	2
1.1	Vrijdag 31/08 tot donderdag 06/09	2
1.1.1	On data acquisition, modelling and simulation of highway traffic	2
1.1.2	A Closer Examination of Overtaking Prohibitions for Trucks	2
1.1.3	The Free Speed Distribution of Drivers : Estimation Approaches	3
1.1.4	Road Pricing : An Introduction	3
1.1.5	Het fileprobleem in België : wiskundige modellen, analyse, simulatie, regeling en acties	3
1.1.6	Remarks on Traffic Flow Modelling and Its Applications	4
1.1.7	Analysis of Traffic Flow of Goods on Motorways by Means of Video Data-Chances and Limits	5
1.1.8	Online Traffic Simulation with Cellular Automata Evaluation of Cellular Automata for Traffic Flow Simulation on Freeway and Urban Streets	5
1.1.9	Korte studie van lusdetectoren	5
1.1.10	Drie-dimensionaal voorstellen van t-x grafieken	6
1.1.11	Planning	6
1.2	Vrijdag 07/09 tot donderdag 13/09	8
1.2.1	A Design of Lane Change Maneuver for Automated Vehicles	8
1.2.2	Sturen zonder Structuren	8
1.2.3	The Results of a Dutch Experiment with Floating Car Data	8
1.2.4	Teletravel Systems (TTS) – Telematic System for the Automatic Survey of Travel Behaviour	8
1.2.5	Combining Macroscopic and Microscopic Approaches for Transportation Planning and Design of Road Networks	9
1.2.6	Comparison of Freeway Simulation with INTEGRATION, KRONOS and KWaves	9
1.2.7	Microscopic Traffic Simulation : A Tool for the Analysis and Assessment of ITS Systems	9
1.2.8	License Plate Recognition – A Tutorial	10

1.2.9	Paramics-online v3 – System Overview	10
1.2.10	Standing Waves and the Influence of Speed Limits	10
1.2.11	Research Issues in Intelligent Transportation Systems	11
1.2.12	Traffic Flow Analysis Beyond Traditional Methods	12
1.2.13	A Further Investigation on Critical Gap and Follow-Up Time	12
1.2.14	Estimation of Critical Gaps and Follow-Up Times at Rural Unsignalized Intersections in Germany	12
1.2.15	Verkeersstroomtheorie	13
1.2.16	Allerlei	13
1.2.17	Planning	13
1.3	Vrijdag 14/09 tot donderdag 20/09	15
1.3.1	Explanation of Observed Features of Self-Organization in Traffic Flow	15
1.3.2	Recent Developments in Highway Cross Section Design in Germany	15
1.3.3	Simulating Dynamical Features of Escape Panic	15
1.3.4	Allerlei	16
1.3.5	Inschrijvingsprocedure K.U.Leuven	17
1.3.6	Planning	18
1.4	Vrijdag 21/09 tot donderdag 27/09	19
1.4.1	A Complete Fault Diagnostic System for Automated Vehicles Operating in a Platoon	19
1.4.2	Weekoverzicht	19
1.4.3	Planning	20
2	Oktober 2001	21
2.1	Vrijdag 28/09 tot donderdag 04/10	21
2.1.1	Idris Smart Loops - The Complete Answer	21
2.1.2	The Physics of Gridlock	21
2.1.3	Symposium on Chaos Theory and Management	22
2.1.4	Weekoverzicht	22
2.1.5	Planning	23
2.2	Vrijdag 05/10 tot donderdag 11/10	24
2.2.1	Weekoverzicht	24
2.2.2	Planning	25
2.3	Vrijdag 12/10 tot donderdag 18/10	26
2.3.1	Grafisch modelleren van verkeer op snelwegen	26
2.3.2	Weekoverzicht	26
2.3.3	Planning	28
2.4	Vrijdag 19/10 tot donderdag 25/10	29

2.4.1	Advanced traffic control on highways	29
2.4.2	Weekoverzicht	29
2.4.3	Planning	30
3	November 2001	31
3.1	Vrijdag 26/10 tot donderdag 01/11	31
3.1.1	Het heelal is een hologram	31
3.1.2	Traffic and Granular Flow '99 : Social, Traffic and Granular Dynamics .	32
3.1.3	Antwerpen is voorstander van tweede toltunnel onder Schelde	32
3.1.4	Weekoverzicht	32
3.2	Vrijdag 02/11 tot donderdag 08/11	34
3.2.1	Keeping Cars from Crashing	34
3.2.2	Anatomie van de file	34
3.2.3	Weekoverzicht	35
3.2.4	Planning	36
3.3	Vrijdag 09/11 tot donderdag 15/11	37
3.3.1	Verkeerscentrum Vlaanderen leidt verkeer in goede banen	37
3.3.2	Het Masterplan Antwerpen : ook voor Antwerpenaars ?	37
3.3.3	Weekoverzicht	38
3.3.4	Planning	39
3.4	Vrijdag 16/11 tot donderdag 22/11	40
3.4.1	The Octonions	40
3.4.2	Weekoverzicht	40
3.4.3	Planning	42
3.5	Vrijdag 23/11 tot donderdag 29/11	43
3.5.1	Autobelasting per kilometer in Nederland !	43
3.5.2	Micro-simulation of congested traffic flows	43
3.5.3	A Student's Guide to Research	43
3.5.4	Weekoverzicht	44
3.5.5	Planning	46
4	December 2001	47
4.1	Vrijdag 30/11 tot donderdag 06/12	47
4.1.1	Vehicle Detector Technologies for Traffic Management Applications - Parts 1 and 2	47
4.1.2	Car Following : A Historical Review	48
4.1.3	Weekoverzicht	48
4.1.4	Planning	50

4.2	Vrijdag 07/12 tot donderdag 13/12	51
4.2.1	Urban Traffic Simulation with Psycho-Physical Vehicle-Following Models	51
4.2.2	Driver-Model of Lane Change Maneuvers	51
4.2.3	Two-lane traffic rules for cellular automata : A systematic approach . . .	52
4.2.4	Models for traffic control	52
4.2.5	Analyse en Ontwerp van de Zuid-Oost toegang (Parkpoort) tot de stad Leuven	53
4.2.6	Weekoverzicht	54
4.3	Vrijdag 14/12 tot donderdag 20/12	56
4.3.1	The P versus NP Problem	56
4.3.2	Development and Evaluation of a Dynamic Ramp Metering Control Model	56
4.3.3	Quantum Yang-Mills Theory	57
4.3.4	Modelling Transport – Theory and Practice	58
4.3.5	Weekoverzicht	58
4.4	Vrijdag 21/12 tot donderdag 27/12	60
4.4.1	Weekoverzicht	60
4.4.2	Planning	60
5	Januari 2002	61
5.1	Vrijdag 28/12 tot donderdag 03/01	61
5.1.1	Weekoverzicht	61
5.1.2	Planning	62
5.2	Vrijdag 04/01 tot donderdag 10/01	63
5.2.1	Weekoverzicht	63
5.2.2	Planning	64
5.3	Vrijdag 11/01 tot donderdag 17/01	65
5.3.1	Transportation	65
5.3.2	Causes and Cures of Highway Congestion	65
5.3.3	Weekoverzicht	66
5.3.4	Planning	68
5.4	Vrijdag 18/01 tot donderdag 24/01	69
5.4.1	Weekoverzicht	69
5.4.2	Planning	70
5.5	Vrijdag 25/01 tot donderdag 31/01	71
5.5.1	Extraction of Driver Behavior Information from Traffic Video to Support Microscopic Traffic Simulation	71
5.5.2	Weekoverzicht	71

6	Februari 2002	73
6.1	Vrijdag 01/02 tot donderdag 07/02	73
6.1.1	Weekoverzicht	73
6.1.2	Planning	74
6.2	Vrijdag 08/02 tot donderdag 14/02	75
6.2.1	Weekoverzicht	75
6.3	Vrijdag 15/02 tot donderdag 21/02	76
6.3.1	Weekoverzicht	76
6.3.2	Planning	78
6.4	Vrijdag 22/02 tot donderdag 28/02	79
6.4.1	Improved Velocity Estimation Using Single Loop Detectors	79
6.4.2	Measuring vehicle driving patterns – estimating the influence of different measuring intervals	79
6.4.3	Sterkte-Zwakte Analyse van het Intermodaal Vervoer in Vlaanderen – Strategische Beleidsnota	79
6.4.4	Quantum Information Theory : Results and Open Problems	80
6.4.5	Digitale neurale netwerken in de bio-informatica	80
6.4.6	Traffic Flow Simulation for an Urban Freeway Corridor	80
6.4.7	Estimating Travel Times and Vehicle Trajectories on Freeways Using Dual Loop Detectors	81
6.4.8	Vehicle Reidentification and Travel Time Measurement on Congested Freeways	81
6.4.9	Fundamentals of Traffic Flow	81
6.4.10	An improved first-order macroscopic flow model for highway traffic simulation	81
6.4.11	Jams, Waves and Clusters	82
6.4.12	Equation de transport de Boltzman	82
6.4.13	A Stochastic Model of Platoon Formation in Traffic Flow	82
6.4.14	Micro- and Macrosimulation of Freeway Traffic	82
6.4.15	Numerical Simulation of Macroscopic Traffic Equations	83
6.4.16	Macroscopic traffic models from microscopic car-following models	83
6.4.17	Weekoverzicht	84
7	Maart 2002	87
7.1	Vrijdag 01/03 tot donderdag 07/03	87
7.1.1	Empirical traffic data and their implications for traffic modeling	87
7.1.2	Particle hopping models and traffic flow theory	87
7.1.3	The General Analytical Solution for the Burgers Equation	88

7.1.4	Traffic data and their implications for consistent traffic flow modeling . . .	88
7.1.5	Cellular Automata Simulating Experimental Properties of Traffic Flow . . .	88
7.1.6	Evaluation of Single Vehicle Data in Dependence of the Vehicle-Type, Lane and Site	88
7.1.7	A Traffic Detection Toolkit for Traveler Information Systems	89
7.1.8	Some Remarks on Macroscopic Traffic Flow Modelling	89
7.1.9	The NETCELL simulation package : technical description	89
7.1.10	TRANSIMS traffic flow characteristics	90
7.1.11	VISSIM Traffic Flow Simulation – Technical Description	90
7.1.12	Validation of the Microscopic Traffic Flow Model VISSIM in Different Real-World Situations	91
7.1.13	Weekoverzicht	91
7.2	Vrijdag 08/03 tot donderdag 14/03	94
7.2.1	Introduction to the Theory of Cellular Automata and One-Dimensional Traffic Simulation	94
7.2.2	Weekoverzicht	94
7.3	Vrijdag 15/03 tot donderdag 21/03	98
7.3.1	Weekoverzicht	98
7.4	Vrijdag 22/03 tot donderdag 28/03	101
7.4.1	Weekoverzicht	101
8	April 2002	102
8.1	Vrijdag 29/03 tot donderdag 04/04	102
8.1.1	All Questions Answered	102
8.1.2	Weekoverzicht	102
8.2	Vrijdag 05/04 tot donderdag 11/04	112
8.2.1	Cellular Automata for One-Lane Traffic Flow Modelling : Safety and Automation	112
8.2.2	CA Models for Traffic Flow : Comparison with Empirical Single-Vehicle Data	112
8.2.3	Weekoverzicht	112
8.3	Vrijdag 12/04 tot donderdag 18/04	121
8.3.1	Projective Mappings for Image Warping	121
8.3.2	ViVA Traffic Analysis Software – The Problem	121
8.3.3	Weekoverzicht	121
8.4	Vrijdag 19/04 tot donderdag 25/04	123
8.4.1	Weekoverzicht	123

9 Mei 2002	124
9.1 Vrijdag 26/04 tot donderdag 02/05	124
9.1.1 We all need a good reference	124
9.1.2 What does my molecule look like ?	124
9.1.3 Weekoverzicht	124
9.2 Vrijdag 03/05 tot donderdag 09/05	126
9.2.1 Weekoverzicht	126
9.3 Vrijdag 10/05 tot donderdag 16/05	127
9.3.1 Weekoverzicht	127
9.3.2 Planning naar aanleiding van de tweedaagse cursus te Amersfoort	128
9.4 Vrijdag 17/05 tot donderdag 23/05	130
9.4.1 Weekoverzicht	130
9.5 Vrijdag 24/05 tot donderdag 30/05	131
9.5.1 Weekoverzicht	131
10 Juni 2002	134
10.1 Vrijdag 31/05 tot donderdag 06/06	134
10.1.1 An introduction to the modeling and simulation of traffic flows	134
10.1.2 Weekoverzicht	134
10.2 Vrijdag 07/06 tot donderdag 13/06	136
10.2.1 Weekoverzicht	136
10.3 Vrijdag 14/06 tot donderdag 20/06	138
10.3.1 An Introduction to Chaos Theory and Fractal Geometry	138
10.3.2 Microscopic Traffic Simulation for ATT Systems Analysis – A Parallel Computing Version	138
10.3.3 Non-Linear Analysis of Traffic Flow	138
10.3.4 A Road Traffic Simulator – Car-Following and Lane-Changing	139
10.3.5 Time-Series Analysis	139
10.3.6 Weekoverzicht	140
10.3.7 Planning	143
10.4 Vrijdag 21/06 tot donderdag 27/06	144
10.4.1 Time Series Analysis	144
10.4.2 Time Series Analysis – A Part III Essay	144
10.4.3 Detection of Chaos and Fractals from Experimental Time Series	145
10.4.4 Chaotic Analysis of Internet Ping Data : Just a Random Number Gene- rator ?	146
10.4.5 Nonlinear Time-Series Analysis	146

10.4.6	The K.U.Leuven Competition Data : a Challenge for Advanced Neural Network Techniques	147
10.4.7	Recurrence Plots and Unstable Periodic Orbits	148
10.4.8	Recurrence plots	148
10.4.9	Recurrence plots of experimental data : To embed or not to embed ? . . .	149
10.4.10	sci.non-linear FAQ	149
10.4.11	Weekoverzicht	150
10.4.12	Planning	152
11	Juli 2002	153
11.1	Vrijdag 28/06 tot donderdag 04/07	153
11.1.1	Verkeersindices voor het gebruik van het autosnelwegennet in België . .	153
11.1.2	Folders Transport & Mobility Leuven	156
11.1.3	How to Prepare a Poster	156
11.1.4	Analysis of Patterns in Traffic Congestion	156
11.1.5	State-of-the-art of Vehicular Traffic Flow Modelling	157
11.1.6	Dynamisch Verkeersmanagement – Toepassing op de E17 met behulp van micro-simulatiemodel Aimsun2	158
11.1.7	Weekoverzicht	159
11.1.8	Planning	168
11.2	Vrijdag 05/06 tot donderdag 11/07	170
11.2.1	Reconstructing chaotic dynamics through spike filters	170
11.2.2	Chaos and noise in excitable systems	170
11.2.3	Attractor reconstruction through spike filters and phase locking	170
11.2.4	Kolmogorov Entropy from Time Series using Information-Theoretic Functionals	171
11.2.5	Weekoverzicht	171
11.2.6	Planning	172
11.3	Vrijdag 12/07 tot donderdag 18/07	177
11.3.1	Weekoverzicht	177
11.3.2	Planning	187
11.4	Vrijdag 19/07 tot donderdag 25/07	188
11.4.1	Vakantieperiode	188

12 Augustus 2002	189
12.1 Vrijdag 26/07 tot donderdag 01/08	189
12.1.1 Vakantieperiode	189
12.2 Vrijdag 02/08 tot donderdag 08/08	190
12.2.1 Cellular Automata for Traffic Flow Modeling	190
12.2.2 Weekoverzicht	191
12.3 Vrijdag 09/08 tot donderdag 15/08	195
12.3.1 Basic Concepts in Nonlinear Dynamics and Chaos	195
12.3.2 Weekoverzicht	195
12.3.3 Planning	199
12.4 Vrijdag 16/08 tot donderdag 22/08	200
12.4.1 Visual Reccurence Analysis Demonstration	200
12.4.2 Fingerprinting Traffic from Static Freeway Sensors	200
12.4.3 Weekoverzicht	201
12.5 Vrijdag 23/08 tot donderdag 29/08	206
12.5.1 Projectvoorstel reisinformatie en GSM	206
12.5.2 Extended Floating-Car Data for the Acquisition of Traffic Information	206
12.5.3 Floating Car Data on a Larger Scale	206
12.5.4 Floating Car Data Analysis of Urban Road Networks	207
12.5.5 Statistical Analysis of Floating Car Data Systems	208
12.5.6 Fusion of Local Traffic Data and Floating Car Data for Travel Speed Estimation by a Neuro Fuzzy Approach	208
12.5.7 Time Series Analysis – An Introduction	208
12.5.8 Time Series Prediction by Using Delay Coordinate Embedding	209
12.5.9 Practical implementation of nonlinear time series methods : The TI- SEAN package	210
12.5.10 Weekoverzicht	212
12.5.11 Planning	213
 II Academiejaar 2002 - 2003	 214
13 September 2002	215
13.1 Vrijdag 30/08 tot donderdag 05/09	215
13.1.1 The development of the space-time view of quantum electrodynamics	215
13.1.2 Recurrence Quantification Analysis and Principal Components in the Detection of Short Complex Signals	215
13.1.3 Recurrence quantification analysis as a tool for the characterization of molecular dynamics simulations	216

13.1.4	A Case where a Paradox Like Braess's Occurs in the Nash Equilibrium but Does Not Occur in the Wardrop Equilibrium – A Situation of Load Balancing in Distributed Computer Systems	216
13.1.5	Connexion and completion of traffic data recorded unevenly in space and time	217
13.1.6	On the Constructive Role of Noise in Spatial Systems	217
13.1.7	Theory of Cellular Automata	217
13.1.8	A Cellular Automaton Model for Bi-Directional Traffic	218
13.1.9	Towards a realistic microscopic description of highway traffic	218
13.1.10	Three Categories of Traffic Data : Historical, Current and Predictive	218
13.1.11	Weekoverzicht	219
13.2	Vrijdag 06/09 tot donderdag 12/09	221
13.2.1	Single-vehicle data of highway traffic : A statistical analysis	221
13.2.2	Statistical Physics of Cellular Automata Models for Traffic Flow	221
13.2.3	Weekoverzicht	222
13.3	Vrijdag 13/09 tot donderdag 19/09	233
13.3.1	Traffic at the edge of chaos	233
13.3.2	Life-times of simulated traffic jams	233
13.3.3	Weekoverzicht	234
13.4	Vrijdag 20/09 tot donderdag 26/09	247
13.4.1	Weekoverzicht	247
14	Oktober 2002	254
14.1	Vrijdag 27/09 tot donderdag 03/10	254
14.1.1	How NOT to write a paper	254
14.1.2	Weekoverzicht	254
14.1.3	Planning	265
14.2	Vrijdag 04/10 tot donderdag 10/10	266
14.2.1	Modelleren, simuleren en beheersen van verkeersstromen	266
14.2.2	Weekoverzicht	266
14.3	Vrijdag 11/10 tot donderdag 17/10	269
14.3.1	Weekoverzicht	269
14.4	Vrijdag 18/10 tot donderdag 24/10	273
14.4.1	Density Waves and Jamming Transition in Cellular Automaton Models for Traffic Flow	273
14.4.2	Modeling and simulation of traffic flow	273
14.4.3	Weekoverzicht	273
14.5	Vrijdag 25/10 tot donderdag 31/10	276
14.5.1	Weekoverzicht	276

15 November 2002	279
15.1 Vrijdag 01/11 tot donderdag 07/11	279
15.1.1 Weekoverzicht	279
15.2 Vrijdag 08/11 tot donderdag 14/11	280
15.2.1 Weekoverzicht	280
15.3 Vrijdag 15/11 tot donderdag 21/11	282
15.3.1 Traffic Jam Dynamics in Stochastic Cellular Automata	282
15.3.2 Evaluation of Cellular Automata for Traffic Flow Simulation on Freeway and Urban Streets	282
15.3.3 Weekoverzicht	283
15.4 Vrijdag 22/11 tot donderdag 28/11	294
15.4.1 Weekoverzicht	294
16 December 2002	307
16.1 Vrijdag 29/11 tot donderdag 05/12	307
16.1.1 Weekoverzicht	307
16.2 Vrijdag 06/12 tot donderdag 12/12	309
16.2.1 Weekoverzicht	309
16.3 Vrijdag 13/12 tot donderdag 19/12	311
16.3.1 Weekoverzicht	311
16.4 Vrijdag 20/12 tot donderdag 26/12	312
16.4.1 Weekoverzicht	312
17 Januari 2003	317
17.1 Vrijdag 28/12 tot donderdag 02/01	317
17.1.1 Still flowing : Old and new approaches to traffic flow and traffic jam modeling	317
17.1.2 Weekoverzicht	318
17.2 Vrijdag 03/01 tot donderdag 09/01	319
17.2.1 Can We Explain Traffic Congestion ?	319
17.2.2 LS-SVMlab Toolbox User's Guide	319
17.2.3 Traffic flow : A statistical physics point of view	319
17.2.4 Weekoverzicht	320
17.3 Vrijdag 10/01 tot donderdag 16/01	324
17.3.1 Metastable states in cellular automata for traffic flow	324
17.3.2 Weekoverzicht	324
17.4 Vrijdag 17/01 tot donderdag 23/01	326
17.4.1 Probabilistic traffic flow breakdown in stochastic car following models	326

17.4.2	Breakdown and recovery in traffic flow models	326
17.4.3	Weekoverzicht	327
17.5	Vrijdag 24/01 tot donderdag 30/01	328
17.5.1	Parallel Queue Model Approach to Traffic Microsimulations	328
17.5.2	Weekoverzicht	328
18	Februari 2003	330
18.1	Vrijdag 31/01 tot donderdag 06/02	330
18.1.1	Weekoverzicht	330
18.2	Vrijdag 07/02 tot donderdag 13/02	332
18.2.1	CIVE 440 – Transport Systems Analysis	332
18.2.2	Verkeersafwikkeling – Volume A – Traffic Flow Theory	332
18.2.3	Weekoverzicht	332
18.3	Vrijdag 14/02 tot donderdag 20/02	334
18.3.1	A cellular automaton model for freeway traffic	334
18.3.2	An improved cellular automaton model for traffic flow simulation	334
18.3.3	Cellular automata for traffic simulations	334
18.3.4	Weekoverzicht	335
18.4	Vrijdag 21/02 tot donderdag 27/02	336
18.4.1	Traffic Flow Simulation using Cellular Automata under Non-equilibrium Environment	336
18.4.2	Weekoverzicht	336
19	Maart 2003	338
19.1	Vrijdag 28/02 tot donderdag 06/03	338
19.1.1	Weekoverzicht	338
19.2	Vrijdag 07/03 tot donderdag 13/03	339
19.2.1	Dynamical phases and hysteresis in a simple one-lane traffic model	339
19.2.2	Vehicular Traffic : A System of Interacting Particles Driven Far From Equilibrium	339
19.2.3	Weekoverzicht	339
19.3	Vrijdag 14/03 tot donderdag 20/03	341
19.3.1	Weekoverzicht	341
19.4	Vrijdag 21/03 tot donderdag 27/03	342
19.4.1	Weekoverzicht	342

20 April 2003	343
20.1 Vrijdag 28/03 tot donderdag 03/04	343
20.1.1 Weekoverzicht	343
20.2 Vrijdag 04/04 tot donderdag 10/04	346
20.2.1 A Brief History of Cellular Automata	346
20.2.2 Cellular Automata in Mathematical Modeling	346
20.2.3 Weekoverzicht	346
20.3 Vrijdag 11/04 tot donderdag 18/04	348
20.3.1 Weekoverzicht	348
20.4 Vrijdag 11/04 tot donderdag 18/04	349
20.4.1 Weekoverzicht	349
21 Mei 2003	350
21.1 Vrijdag 25/04 tot donderdag 01/05	350
21.1.1 Weekoverzicht	350
21.2 Vrijdag 02/05 tot donderdag 08/05	352
21.2.1 Weekoverzicht	352
21.3 Vrijdag 09/05 tot donderdag 15/05	354
21.3.1 Weekoverzicht	354
21.4 Vrijdag 16/05 tot donderdag 22/05	355
21.4.1 Weekoverzicht	355
21.5 Vrijdag 23/05 tot donderdag 29/05	356
21.5.1 Small Time Scale Analysis of the Loop Data	356
21.5.2 Weekoverzicht	356
22 Juni 2003	357
22.1 Vrijdag 30/05 tot donderdag 05/06	357
22.1.1 Weekoverzicht	357
22.2 Vrijdag 06/06 tot donderdag 12/06	358
22.2.1 Visualizing Loop Detector Data	358
22.2.2 Weekoverzicht	358
22.3 Vrijdag 13/06 tot donderdag 19/06	360
22.3.1 Weekoverzicht	360
22.4 Vrijdag 20/06 tot donderdag 26/06	361
22.4.1 The Nuts and Bolts of Compiling and Running JavaSpaces Programs	361
22.4.2 A guide to starting a JavaSpace	361
22.4.3 Physical Modeling of Traffic with Stochastic Cellular Automata	361

22.4.4	Traffic flow models with ‘slow-to-start’ rules	361
22.4.5	Static Assignment versus Dynamic Simulation	362
22.4.6	Towards a benchmarking of microscopic traffic flow models	362
22.4.7	Simulation of Traffic Dynamics	363
22.4.8	A Minplus Derivation of the Fundamental Car-Traffic Law	363
22.4.9	Traffic Modeling on High Performance Computing Systems	363
22.4.10	Dynamic load balancing of parallel cellular automata	364
22.4.11	Parallel Simulation of Traffic in Geneva Using Cellular Automata	364
22.4.12	Information content in the Nagel-Schreckenberg cellular automata traffic model	365
22.4.13	From Linda to JavaSpaces – A Review of the Tuple Space Paradigm	365
22.4.14	Parallel Traffic Microsimulation by Cellular Automata and Application for Large-scale Transportation Modeling	366
22.4.15	Parallel implementation of the TRANSIMS micro-simulation	366
22.4.16	Distributed intelligence in large scale traffic simulations on parallel com- puters	366
22.4.17	Microscopic Simulation of Urban Traffic based on Cellular Automata	367
22.4.18	Deriving Traffic State Information in Urban Road Networks based with Microscopic Simulations based on Local Measurements	367
22.4.19	A Microscopic Simulator for Freeway Traffic	368
22.4.20	Traffic simulation using cellular automata and continuous models	368
22.4.21	Cellular automata explorations on a Beowulf cluster computer	368
22.4.22	Grids and Grid technologies for wide-area distributed computing	369
22.4.23	Coherent moving states in highway traffic	369
22.4.24	Weekoverzicht	370
23	Juli 2003	374
23.1	Vrijdag 27/06 tot donderdag 03/07	374
23.1.1	Traffic Simulation Based on the High Level Architecture	374
23.1.2	Weekoverzicht	374
23.2	Vrijdag 04/07 tot donderdag 10/07	376
23.2.1	Weekoverzicht	376
23.3	Vrijdag 11/07 tot donderdag 17/07	378
23.3.1	Weekoverzicht	378
23.4	Vrijdag 18/07 tot donderdag 24/07	379
23.4.1	Weekoverzicht	379
23.5	Vrijdag 25/07 tot donderdag 31/07	380
23.5.1	Vakantieperiode	380

24 Augustus 2003	381
24.1 Vrijdag 01/08 tot donderdag 07/08	381
24.1.1 Weekoverzicht	381
24.2 Vrijdag 08/08 tot donderdag 14/08	383
24.2.1 Gelijke behandeling voor verkeersstroommodellen	383
24.2.2 The Nagel-Schreckenberg model revisited	383
24.2.3 A Cellular Automata Model for Use with Real Freeway Data	383
24.2.4 Weekoverzicht	384
24.2.5 TCA modellen : micro of macro ?	385
24.2.6 Steekproefgemiddelde en -variantie	385
24.2.7 Enkele bedenkingen bij SISTA's werkwijze	385
24.3 Vrijdag 15/08 tot donderdag 21/08	387
24.3.1 Weekoverzicht	387
24.4 Vrijdag 22/08 tot donderdag 28/08	389
24.4.1 Weekoverzicht	389
III Academiejaar 2003 - 2004	392
25 September 2003	393
25.1 Vrijdag 29/08 tot donderdag 04/09	393
25.1.1 Weekoverzicht	393
25.2 Vrijdag 05/09 tot donderdag 11/09	398
25.2.1 Weekoverzicht	398
25.3 Vrijdag 12/09 tot donderdag 18/09	399
25.3.1 Weekoverzicht	399
25.4 Vrijdag 19/09 tot donderdag 25/09	400
25.4.1 Weekoverzicht	400
26 Oktober 2003	403
26.1 Vrijdag 26/09 tot vrijdag 03/10	403
26.1.1 Weekoverzicht	403
26.2 Maandag 06/10 tot donderdag 09/10	410
26.2.1 Distributions of Time- and Distance-Headways in the Nagel-Schreckenberg Model of Vehicular Traffic: Effects of Hindrances	410
26.2.2 Effect of Delay in Restarting of Stopped Cars in a One-Dimensional Traffic Model	410
26.2.3 Weekoverzicht	410
26.3 Vrijdag 10/10 tot donderdag 16/10	412

26.3.1	Weekoverzicht	412
26.4	Vrijdag 17/10 tot donderdag 23/10	414
26.4.1	Some Traffic Flow Models Illustrating Interesting Hyperbolic Behavior	414
26.4.2	Platoon formation in a traffic model with variable anticipation	414
26.4.3	Cluster formation and anomalous fundamental diagram in an ant trail model	415
26.4.4	Weekoverzicht	415
26.5	Vrijdag 24/10 tot donderdag 30/10	417
26.5.1	Cellular automaton rule 184 + + C. A simple model for the complex dynamics of various particles flow	417
26.5.2	Jamming transition in a cellular automaton model for traffic flow	417
26.5.3	Traffic Flow in 1D Cellular Automaton Model Including Cars Moving with High Speed	417
26.5.4	Weekoverzicht	417
27	November 2003	420
27.1	Vrijdag 31/10 tot donderdag 06/11	420
27.1.1	Weekoverzicht	420
27.2	Vrijdag 07/11 tot donderdag 13/11	425
27.2.1	Weekoverzicht	425
27.3	Vrijdag 14/11 tot donderdag 20/11	427
27.3.1	Weekoverzicht	427
27.4	Vrijdag 21/11 tot donderdag 27/11	429
27.4.1	Weekoverzicht	429
28	December 2003	433
28.1	Vrijdag 28/11 tot donderdag 04/12	433
28.1.1	Weekoverzicht	433
28.2	Vrijdag 05/12 tot donderdag 11/12	437
28.2.1	Weekoverzicht	437
28.3	Vrijdag 12/12 tot donderdag 18/12	439
28.3.1	A primer on distributed computing	439
28.3.2	Weekoverzicht	439
28.4	Vrijdag 19/12 tot donderdag 25/12	441
28.4.1	Weekoverzicht	441

29 Januari 2004	442
29.1 Vrijdag 26/12 tot donderdag 01/01	442
29.1.1 Weekoverzicht	442
29.2 Vrijdag 02/01 tot donderdag 07/01	443
29.2.1 Weekoverzicht	443
29.3 Vrijdag 09/01 tot donderdag 15/01	444
29.3.1 Weekoverzicht	444
29.4 Vrijdag 16/01 tot donderdag 22/01	446
29.4.1 Weekoverzicht	446
29.5 Vrijdag 23/01 tot donderdag 29/01	448
29.5.1 Weekoverzicht	448
30 Februari 2004	451
30.1 Vrijdag 30/01 tot donderdag 05/02	451
30.1.1 Weekoverzicht	451
30.2 Vrijdag 06/02 tot donderdag 12/02	454
30.2.1 Weekoverzicht	454
30.3 Vrijdag 13/02 tot donderdag 19/02	456
30.3.1 Weekoverzicht	456
30.4 Vrijdag 20/02 tot donderdag 26/02	458
30.4.1 Weekoverzicht	458
31 Maart 2004	460
31.1 Vrijdag 27/02 tot donderdag 04/03	460
31.1.1 Weekoverzicht	460
31.2 Vrijdag 05/03 tot donderdag 11/02	462
31.2.1 Weekoverzicht	462
31.3 Vrijdag 12/03 tot donderdag 18/02	466
31.3.1 Traffic Networks	466
31.3.2 Weekoverzicht	466
31.4 Vrijdag 19/03 tot donderdag 25/02	470
31.4.1 Java Performance – Reducing time and space consumption	470
31.4.2 Fluid Dynamics	470
31.4.3 Human behavior as origin of traffic phases	471
31.4.4 On kinematic waves : II. A theory of traffic flow on long crowded roads	471
31.4.5 Weekoverzicht	472

32.1	Vrijdag 26/03 tot donderdag 01/04	475
32.1.1	Why cars in the next lane seem to go faster	475
32.1.2	Parallel Traffic Simulation with an Algorithm for Adaptive Load-Balancing	475
32.1.3	The Development of Scalable Traffic Simulation based on Java Technology	476
32.1.4	$1/f$ Noise in a Traffic Model	476
32.1.5	Correlation functions in the Nagel-Schreckenberg model	477
32.1.6	Dynamic Load Balancing on Clusters of Heterogenous Workstations . . .	477
32.1.7	Mathematical Models for Vehicular Traffic	478
32.1.8	Traffic and related self-driven many-particle systems	478
32.1.9	Anisotropic property revisited – does it hold in multi-lane traffic ?	479
32.1.10	Computational Aspects in Traffic Simulation Problems	479
32.1.11	Traffic Simulations using Cellular Automata : Comparison with Reality .	479
32.1.12	Metastable States in a Microscopic Model of Traffic Flow	480
32.1.13	Effects of on- and off-ramps in cellular automata models for traffic flow .	480
32.1.14	Cellular automata models of traffic flow along a highway containing a junction	481
32.1.15	Convergence to equilibrium in a class of interacting particle systems evolving in discrete time	481
32.1.16	Cellular automata approach to three-phase traffic theory	481
32.1.17	The Ergodic Theory of Traffic Jams	482
32.1.18	Effects of anticipatory driving in a traffic flow model	482
32.1.19	Weekoverzicht	483
32.2	Vrijdag 02/04 tot donderdag 08/04	486
32.2.1	Three-Phase Traffic Theory and Highway Capacity	486
32.2.2	Weekoverzicht	487
32.3	Vrijdag 09/04 tot donderdag 15/04	494
32.3.1	Weekoverzicht	494
32.4	Vrijdag 16/04 tot donderdag 22/04	500
32.4.1	Dynamic User Equilibria in Traffic Simulation Models	500
32.4.2	A Driver's Utility Function and its Properties	500
32.4.3	Considering Risk Taking Behavior in Travel Time Reliability	500
32.4.4	Equilibrium, games, and pricing of transport and telecom networks . . .	501
32.4.5	Weekoverzicht	501
32.5	Vrijdag 23/04 tot donderdag 29/04	504
32.5.1	How Bad is Selfish Routing ?	504
32.5.2	An Algorithm for the Stochastic User Equilibrium Problem	504

32.5.3	Driver Route and Departure Time Choices – The Evidence and the Models	504
32.5.4	Real cases applications of the fully dynamic METROPOLIS tool-box – an advocacy for large-scale mesoscopic transportation systems	505
32.5.5	Heuristic Dynamic Assignment based on Microscopic Traffic Simulation	506
32.5.6	Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research	507
32.5.7	Weekoverzicht	508
33	Mei 2004	512
33.1	Vrijdag 30/04 tot donderdag 06/05	512
33.1.1	Sturen zonder Structuren	512
33.1.2	Het spel van de regels; Het richting geven aan chaotische maatschappelijke processen	512
33.1.3	Weekoverzicht	513
33.2	Vrijdag 07/05 tot donderdag 13/05	516
33.2.1	Car accidents and number of stopped cars due to road blockage on a one-lane highway	516
33.2.2	An agent-based microsimulation model of Swiss travel - First results . . .	516
33.2.3	Experiences with iterated traffic microsimulations in Dallas	516
33.2.4	Status of a TRANSIMS implementation for Switzerland	517
33.2.5	Weekoverzicht	517
33.3	Vrijdag 14/05 tot donderdag 20/05	521
33.3.1	The dynamics of iterated transportation simulations	521
33.3.2	Dynamic Traffic Assignment on Parallel Computers	521
33.3.3	Weekoverzicht	521
33.4	Vrijdag 21/05 tot donderdag 27/05	523
33.4.1	Weekoverzicht	523
34	Juni 2004	526
34.1	Vrijdag 28/05 tot donderdag 03/06	526
34.1.1	Weekoverzicht	526
34.2	Vrijdag 04/06 tot donderdag 10/06	534
34.2.1	Weekoverzicht	534
34.3	Vrijdag 11/06 tot donderdag 17/06	537
34.3.1	Weekoverzicht	537
34.4	Vrijdag 18/06 tot donderdag 24/06	539
34.4.1	TRANSIMS Travelogue	539
34.4.2	The State of Open Source GIS	539
34.4.3	Towards an hybrid macro-micro traffic flow simulation model	540
34.4.4	Weekoverzicht	540

35 Juli 2004	542
35.1 Vrijdag 25/06 tot donderdag 01/07	542
35.1.1 Weekoverzicht	542
35.2 Vrijdag 02/07 tot donderdag 08/07	544
35.2.1 Weekoverzicht	544
35.3 Vrijdag 09/07 tot donderdag 15/07	547
35.3.1 Weekoverzicht	547
35.4 Vrijdag 16/07 tot donderdag 22/07	549
35.4.1 Vakantieperiode	549
35.5 Vrijdag 23/07 tot donderdag 29/07	550
35.5.1 Vakantieperiode	550
36 Augustus 2004	551
36.1 Vrijdag 30/07 tot donderdag 05/08	551
36.1.1 Weekoverzicht	551
36.2 Vrijdag 06/08 tot donderdag 12/08	555
36.2.1 Traffic jams – Adapting to road conditions	555
36.2.2 Traffic flow – Cruising through congestion	555
36.2.3 Sound and vision	555
36.2.4 An empirical test for cellular automaton models of traffic flow	556
36.2.5 Weekoverzicht	557
36.3 Vrijdag 13/08 tot donderdag 19/08	558
36.3.1 Weekoverzicht	558
36.4 Vrijdag 20/08 tot donderdag 26/08	563
36.4.1 Distribution of time-headways in a particle-hopping model of vehicular traffic	563
36.4.2 Weekoverzicht	563
IV Academiejaar 2004 - 2005	572
37 September 2004	573
37.1 Vrijdag 27/08 tot donderdag 02/09	573
37.1.1 Pinch Effect in a Cellular Automaton (CA) Model for Traffic Flow	573
37.1.2 Cellular Automaton Modeling of the Autobahn Traffic in North Rhine-Westphalia	573
37.1.3 Weekoverzicht	574
37.2 Vrijdag 03/09 tot donderdag 09/09	576
37.2.1 Weekoverzicht	576

37.3	Vrijdag 10/09 tot donderdag 16/09	578
37.3.1	An Example of Microscopic Car Models Validation using the Open Source Traffic Simulation SUMO	578
37.3.2	New topologies in the fundamental diagram of a one dimensional traffic flow – A comparison with empirical results	578
37.3.3	Weekoverzicht	578
37.4	Vrijdag 17/09 tot donderdag 23/09	591
37.4.1	Weekoverzicht	591
37.5	Vrijdag 24/09 tot donderdag 30/09	593
37.5.1	Weekoverzicht	593
38	Oktober 2004	595
38.1	Vrijdag 01/10 tot donderdag 07/10	595
38.1.1	Weekoverzicht	595
38.2	Vrijdag 08/10 tot donderdag 14/10	597
38.2.1	Weekoverzicht	597
38.3	Vrijdag 15/10 tot donderdag 21/10	598
38.3.1	Weekoverzicht	598
38.4	Vrijdag 22/10 tot donderdag 28/10	599
38.4.1	Weekoverzicht	599
39	November 2004	601
39.1	Vrijdag 29/10 tot donderdag 04/11	601
39.1.1	Weekoverzicht	601
39.2	Vrijdag 05/11 tot donderdag 11/11	603
39.2.1	Weekoverzicht	603
39.3	Vrijdag 12/11 tot donderdag 18/11	605
39.3.1	Weekoverzicht	605
39.4	Vrijdag 19/11 tot donderdag 25/11	606
39.4.1	Weekoverzicht	606
40	December 2004	607
40.1	Vrijdag 26/11 tot donderdag 02/12	607
40.1.1	Weekoverzicht	607
V	Appendices	609
A	Lijst van afkortingen	610

Lijst van figuren

5.1	Kans op een priemgetal $\leq x$	67
5.2	Kans op een priemgetal $\leq x$	68
7.1	De teststrook voor het voertuig-volg experiment.	94
7.2	Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en versnelling van de leider en de volger.	95
7.3	De ruimte tussen de leider en volger.	95
7.4	Het t-x diagram van een TCA.	96
7.5	Een visuele weergave van de verkeerssituatie in een TCA.	97
7.6	Toepassen van het Furness-iteratieschema op een HB-tabel.	97
7.7	De uitvoer van lusdetectoren van een TCA.	98
7.8	De fundamentele diagrammen opgeleverd door de lusdetectoren van een TCA.	99
8.1	Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de CA-189.	104
8.2	Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,025$	105
8.3	Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,050$	106
8.4	Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,075$	106
8.5	Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,100$	107
8.6	Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,200$	107
8.7	Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,500$	108
8.8	Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,900$	108
8.9	Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor Cochinos' TCA.	109
8.10	De posities van de secondenwijzer op de ijkfoto's.	111

8.11	De invloed van verschillende meetperiodes (20 s, 60 s, 120 s en 240 s) voor de lusdetectoren.	113
8.12	Gebruik van een te kleine meetperiode (3 s) voor de lusdetectoren.	114
8.13	De invloed van v_{\max} op de fundamentele diagrammen voor de CA-189 en de STCA.	115
8.14	Het tx-diagram en de fundamentele diagrammen horende bij de ASEP-TCA. . . .	116
8.15	Het tx-diagram en de fundamentele diagrammen horende bij de CA-189.	116
8.16	Het tx-diagram en de fundamentele diagrammen horende bij Cochinos' TCA. . .	117
8.17	Het tx-diagram en de fundamentele diagrammen horende bij de STCA.	117
8.18	Het tx-diagram en de fundamentele diagrammen horende bij de STCA-CC. . . .	118
8.19	Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de ASEP-TCA.	118
8.20	De belangrijkste resultaten van de ijkfoto's.	119
8.21	Perspectief transformaties tussen twee convexe vierhoeken.	122
9.1	Calibratie in de <i>Rainbow</i> software.	132
10.1	Het testparcours voor Mitrasim 2000.	140
10.2	Het totaal aantal voertuigen op de autosnelweg.	141
10.3	De plotse stijging naar aanleiding van de aangelegde opstopping.	142
11.1	Het niet-uniform samplen van de tijdsas.	160
11.2	De evolutie van de doorstromingsgraad q (eerste deel test-parcours).	161
11.3	De evolutie van de doorstromingsgraad q (tweede deel test-parcours).	161
11.4	De evolutie van de dichtheid k (eerste deel test-parcours).	162
11.5	De evolutie van de dichtheid k (tweede deel test-parcours).	162
11.6	De evolutie van de gemiddelde snelheid \bar{v} (eerste deel test-parcours).	163
11.7	De evolutie van de gemiddelde snelheid \bar{v} (tweede deel test-parcours).	163
11.8	Het fundamentele diagram voor de dichtheid en de gemiddelde snelheid.	164
11.9	Het fundamentele diagram voor de dichtheid en de doorstromingsgraad.	165
11.10	Het fundamentele diagram voor de doorstromingsgraad en de gemiddelde snelheid.	166
11.11	Hysteresis in het fundamentele diagram voor de dichtheid en de doorstromingsgraad (eerste deel test-parcours).	167
11.12	Hysteresis in het fundamentele diagram voor de dichtheid en de doorstromingsgraad (tweede deel test-parcours).	167
11.13	De evolutie van de doorstromingsgraad q als contourplot.	168
11.14	De evolutie van de dichtheid k als contourplot.	169
11.15	De evolutie van de gemiddelde snelheid \bar{v} als contourplot.	169
11.16	De volledige fundamentele diagrammen na hersamplen van de tijdsas.	173

11.17	De volledige fundamentele diagrammen na hersamplen van de tijdsas en verwijderen van het eerste half uur simulatie.	174
11.18	Het verloop van de doorstromingsgraad q voor CLOF, beschouwd over een periode van vier dagen.	175
11.19	Het verloop van de dichtheid k voor CLOF, beschouwd over een periode van vier dagen.	175
11.20	Het verloop van de gemiddelde snelheid \bar{v} voor CLOF, beschouwd over een periode van vier dagen.	176
11.21	Het verloop van het aantal personenwagens en vrachtwagens, beschouwd over een periode van vier dagen.	176
11.22	Lokaties van de camera's CLOx langs de E17 richting Antwerpen.	177
11.23	De fundamentele diagrammen voor de minuutgegevens van de E17.	179
11.24	De fundamentele diagrammen voor de geaggregeerde kwartiergegevens van de E17.	180
11.25	De tijdsreeksen voor de doorstromingsgraden q gemeten door alle camera's langs de E17.	181
11.26	De tijdsreeksen voor de dichtheden k gemeten door alle camera's langs de E17.	182
11.27	De tijdsreeksen voor de gemiddelde snelheden \bar{v} gemeten door alle camera's langs de E17.	183
11.28	Tijdelijk falende detector CLO1 bij het meten van de gemiddelde snelheid \bar{v} gedurende de eerste nacht.	184
11.29	Niet-recurrente congestie gemeten als gemiddelde snelheid \bar{v} door CLO2.	184
11.30	De geschatte gemengde normaalverdelingen, uitgaande van de histogrammen van alle meetgegevens.	185
11.31	De geschatte gemengde normaalverdelingen, uitgaande van de histogrammen van alle meetgegevens (exclusief de nachtperiodes).	186
12.1	De periodelengte van de CA-189 (600 cellen) in functie van de globale dichtheid.	198
12.2	De exponentieel afnemende hoeken van de lineaire verbanden geordend van groot naar klein.	198
12.3	Uitgemiddelde periodelengtes voor 300, 100, 50 en 10 opeenvolgende intervallen voor de globale dichtheid.	199
12.4	Een deel van de tijdsreeks van de CA-189 (600 cellen) voor een globale dichtheid van 12%.	202
12.5	Een deel van de tijdsreeks van de STCA (600 cellen) voor een globale dichtheid van 12%.	202
12.6	De spectra van de CA-189 (600 cellen) in functie van een toenemende globale dichtheid.	203
12.7	De spectra van de STCA (600 cellen) in functie van een toenemende globale dichtheid.	204
13.1	De fundamentele diagrammen van de CA-189 na uitmiddeling van alle lusdetectors.	224

13.2	De fundamentele diagrammen van de STCA na uitmiddeling van alle lusdetectors voor <i>slowdown probabilities</i> van 0%, 10%, 50% en 90%.	225
13.3	De fundamentele diagrammen van de Fukui-Ishibashi TCA na uitmiddeling van alle lusdetectors voor <i>slowdown probabilities</i> van 10%, 50% en 90%.	226
13.4	De (k,q) fundamentele diagrammen van de Takayasu ² TCA na uitmiddeling van alle lusdetectors voor <i>slowdown probabilities</i> van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende <i>slow-to-start probabilities</i> van 10%, 50% en 90%.	227
13.5	De (k,\bar{v}) fundamentele diagrammen van de Takayasu ² TCA na uitmiddeling van alle lusdetectors voor <i>emphslowdown probabilities</i> van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende <i>slow-to-start probabilities</i> van 10%, 50% en 90%.	228
13.6	De (q,\bar{v}) fundamentele diagrammen van de Takayasu ² TCA na uitmiddeling van alle lusdetectors voor <i>slowdown probabilities</i> van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende <i>slow-to-start probabilities</i> van 10%, 50% en 90%.	228
13.7	De (k,q) fundamentele diagrammen van de VDR TCA na uitmiddeling van alle lusdetectors voor <i>slowdown probabilities</i> van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende <i>slow-to-start probabilities</i> van 10%, 50% en 90%.	230
13.8	De (k,\bar{v}) fundamentele diagrammen van de VDR TCA na uitmiddeling van alle lusdetectors voor <i>slowdown probabilities</i> van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende <i>slow-to-start probabilities</i> van 10%, 50% en 90%.	230
13.9	De (q,\bar{v}) fundamentele diagrammen van de VDR TCA na uitmiddeling van alle lusdetectors voor <i>slowdown probabilities</i> van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende <i>slow-to-start probabilities</i> van 10%, 50% en 90%.	231
13.10	De (k,\bar{v}) fundamentele diagrammen van de VDR TCA na uitmiddeling van alle lusdetectors voor <i>slow-to-start probabilities</i> van 10%, 30%, 60% en 90% met telkens een <i>slowdown probability</i> van 10%.	231
13.11	Ontdekken van meta-stabiliteit in het (k,q) fundamenteel diagram voor de VDR TCA.	232
13.12	Het verloop van de gemiddelde reistijd $\langle T_N(k) \rangle$ in functie van de globale dichtheid k	235
13.13	Het verloop van de standaardafwijking $s_N(k)$ van de reistijd in functie van de globale dichtheid k	236
13.14	Het verloop van de gemiddelde relatieve variatie $\langle \sigma_N(k) \rangle$ van de gemiddelde reistijd per voertuig in functie van de globale dichtheid k	236
13.15	De (k,q) fundamentele diagrammen voor de STCA en STCA-CC (links : het volledige bereik van de globale dichtheid, rechts : het gebied rond de kritische dichtheid).	237
13.16	De (k,\bar{v}) fundamentele diagrammen voor de STCA en STCA-CC (links : het volledige bereik van de globale dichtheid, rechts : het gebied rond de kritische dichtheid).	237
13.17	De (q,\bar{v}) fundamentele diagrammen voor de STCA en STCA-CC (links : het volledige bereik van de globale dichtheid, rechts : het gebied rond de kritische dichtheid).	238
13.18	De gemeten uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende globale dichtheden van de linkerhelft van de rijweg.	238

13.19	De gemeten uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende globale dichtheden van de linkerhelft van de rijweg (groter systeem).	239
13.20	De gemeten uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende uitmid- delingsperiodes bij een globale dichtheid van 100%.	240
13.21	De gemeten uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende <i>slow- down probabilities</i> bij een globale dichtheid van 100% in de linkerhelft van de rijweg.	240
13.22	De t-x diagrammen bij het meten van de uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende globale dichtheden van de linkerhelft.	242
13.23	De t-x diagrammen bij het meten van de uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende <i>slowdown probabilities</i> bij een globale dichtheid van 100% in de linkerhelft.	243
13.24	De t-x diagrammen bij het meten van de uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende maximale snelheden bij een <i>slowdown probability</i> van 10%.	244
13.25	De t-x diagrammen bij het meten van de uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende maximale snelheden bij een <i>slowdown probability</i> van 50%.	245
13.26	De t-x diagrammen bij het meten van de uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende maximale snelheden bij een <i>slowdown probability</i> van 90%.	246
13.27	De <i>Traffic Cellular Automata</i> software.	247
13.28	De (k,q) , (k,\bar{v}) en (q,\bar{v}) fundamentele diagrammen van de VDR TCA bij ver- schillende maximale snelheden.	248
13.29	Het spontaan ontstaan van een opstopping bij de kritische dichtheid voor de VDR TCA.	249
13.30	De capaciteitsval in het (k,q) fundamenteel diagram van de VDR TCA.	250
13.31	Lokale capaciteitsvallen in de buurt van de kritische dichtheid bij de VDR TCA.	250
14.1	Meta-stabiliteit in het (k,q) fundamenteel diagram van de VDR TCA (eerste en tweede experiment).	255
14.2	Meta-stabiliteit in het (k,q) fundamenteel diagram van de VDR TCA (derde en vierde experiment).	256
14.3	Verschillende verkeerstoestanden in het (k,q) fundamenteel diagram.	256
14.4	Meta-stabiliteit in het (k,q) fundamenteel diagram van de VDR TCA (bij een veel kortere simulatieduur).	257
14.5	De absolute afwijkingen van de berekende en gesimuleerde doorstromingsgraden voor de verschillende takken.	258
14.6	Closeups van de absolute afwijkingen voor de takken van vrij-stromend en op- gestopt verkeer.	259
14.7	Beide takken van vrij-stromend verkeer – van dichtbij bekeken – vertonen dis- cretisie-effecten.	260
14.8	Scatterplots van de gesimuleerde doorstromingsgraden \hat{q} en hun absolute afwij- kingen voor de takken van vrij-stromend en opgestopt verkeer.	261
14.9	Scatterplots van telkens 10000 pseudo-random getallen van diverse distributies.	263

14.10	De spectra van de takken van vrij-stromend en opgestopt verkeer bij de VDR TCA.	264
14.11	Het verloop van de gemiddelde reistijd $\langle T_N(k) \rangle$ in functie van de globale dichtheid k voor de VDR TCA.	270
14.12	Het verloop van de standaardafwijking $s_N(k)$ van de reistijd in functie van de globale dichtheid k voor de VDR TCA.	271
14.13	Het verloop van de gemiddelde relatieve variatie $\langle \sigma_N(k) \rangle$ van de gemiddelde reistijd per voertuig in functie van de globale dichtheid k voor de VDR TCA. . .	271
14.14	Het verloop van de gemiddelde reistijd $\langle T_N(k) \rangle$ in functie van de globale dichtheid k voor de STCA en de VDR TCA (closeup in onderste figuur).	272
15.1	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van p_a en p_d met $\bar{h} = 1, 12$ s en $v_{\max} = 1$ cel/s.	286
15.2	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van p_a en p_d met $\bar{h} = 1, 12$ s en $v_{\max} = 6$ cellen/s.	287
15.3	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van p_a en p_d met $\bar{h} = 2, 12$ s en $v_{\max} = 1$ cel/s.	287
15.4	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van p_a en p_d met $\bar{h} = 2, 12$ s en $v_{\max} = 6$ cellen/s.	288
15.5	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0, 1$ en $p_d = 0, 1$	289
15.6	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0, 1$ en $p_d = 0, 9$	289
15.7	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0, 9$ en $p_d = 0, 1$	290
15.8	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0, 9$ en $p_d = 0, 9$	290
15.9	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0, 1$ en $p_d = 0, 1$ (contourplot.	291
15.10	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0, 1$ en $p_d = 0, 9$ (contourplot.	291
15.11	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0, 9$ en $p_d = 0, 1$ (contourplot.	292
15.12	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0, 9$ en $p_d = 0, 9$ (contourplot.	292
15.13	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en k met $p_a = 0, 9$, $p_d = 0, 9$ en $v_{\max} = 6$ cellen/s.	293
15.14	De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en k met $p_a = 0, 9$, $p_d = 0, 9$ en $v_{\max} = 6$ cellen/s (contourplot).	293
15.15	De fundamentele diagrammen van de TOCA (vl.nr. (k, q) , (k, \bar{v}) en (q, \bar{v})), voor de combinaties $(p_a, p_d) = (0, 1; 0, 1)$, $(0, 1; 0, 9)$, $(0, 9; 0, 1)$ en $(0, 9; 0, 9)$, telkens met $\bar{h} = 1, 12$ s en $v_{\max} = 5$ cellen/s.	295
15.16	De fundamentele diagrammen van de TOCA (vl.nr. (k, q) , (k, \bar{v}) en (q, \bar{v})), voor $\bar{h} = 2, 12$ s en $\bar{h} = 4, 12$ s, telkens met $(p_a, p_d) = (0, 9; 0, 9)$ en $v_{\max} = 5$ cellen/s.	296

15.17	Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de CA-189 met $v_{\max} \in \{1 \dots 6\}$	297
15.18	Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de CA-189 met $v_{\max} \in \{7 \dots 10\}$	298
15.19	Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de STCA met <i>slowdown probabilities</i> van 1%, 10%, 25% en 50%.	299
15.20	Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de STCA met <i>slowdown probabilities</i> van 75% en 90%.	300
15.21	Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de VDR TCA met <i>slow to start probabilities</i> van 10% en 50% bij telkens een <i>slowdown probability</i> van 1%.	300
15.22	Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de VDR TCA met <i>slow to start probabilities</i> van 75% en 90% bij telkens een <i>slowdown probability</i> van 1%.	301
15.23	Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de TOCA met variatie van p_d en $p_a \in \{0, 1; 0, 9\}$ bij een constante $\bar{h} = 1, 12$ s.	302
15.24	Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de TOCA met $\bar{h} \leq 1, 00$ s bij constante $p_a = p_d = 0, 9$	303
15.25	Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de TOCA met $1, 0 \text{ s} \leq \bar{h} \leq 2, 0 \text{ s}$ bij constante $p_a = p_d = 0, 9$	305
15.26	Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de TOCA met $\bar{h} \geq 2, 0$ s bij constante $p_a = p_d = 0, 9$	306
16.1	De (k, q) fundamentele diagrammen van de STCA en de Fukui-Ishibashi TCA van de experimenten voor meta-stabiliteit.	312
16.2	De (k, q) fundamentele diagrammen van de T ² TCA en de TOCA van de experimenten voor meta-stabiliteit.	312
16.3	De (k, q) fundamentele diagrammen van de T ² TCA en de TOCA van de experimenten voor meta-stabiliteit (closeup).	313
16.4	Het tijd-ruimte diagram voor deeltjes met van links naar rechts $p = 0, 1, p = 0, 5$ en $p = 0, 9$ en van boven naar onder telkens een globale dichtheid van 10%, 50% en 90%.	315
16.5	Het tijd-ruimte diagram voor deeltjes met van links naar rechts $p = 0, 1, p = 0, 3, p = 0, 5, p = 0, 7$ en $p = 0, 9$ en van boven naar onder telkens een globale dichtheid van 10%, 30%, 50%, 70% en 90%.	316
17.1	De (k, q) fundamentele diagrammen van de STCA, de TOCA en de VDR TCA met telkens $v_{\max} \simeq \infty$	321
17.2	De (k, q) en (k, \bar{v}) fundamentele diagrammen van de STCA, de TOCA en de VDR TCA met telkens $v_{\max} \simeq \infty$	323
19.1	Het verloop van de gemiddelde tussentijd (en het histogram van de verdeling van de tussentijden) voor de STCA met een <i>slowdown probability</i> van 50%.	340

20.1	De drie clusters van de tijdens seminaries bestudeerde personen (PCA met SPlus uitgevoerd).	344
20.2	De datapunten uit de drie clusters van de tijdens de seminaries bestudeerde personen.	345
21.1	De drie clusters van de tijdens seminaries bestudeerde personen ten opzichte van de drie belangrijkste gedragscategorieën.	353
21.2	De drie clusters van de tijdens seminaries bestudeerde personen ten opzichte van de drie belangrijkste principaalcomponenten.	353
22.1	De ruwe tussenruimte-snelheidsdiagrammen voor de CA-184 en de STCA ($p = 0.01, p = 0.1, p = 0.5$ en $p = 0.9$).	371
22.2	De tussenruimte-snelheidsdiagrammen voor de CA-184 en de STCA ($p = 0.01, p = 0.1, p = 0.5$ en $p = 0.9$) met nu de snelheid telkens uitgemiddeld.	371
23.1	Om cellulaire automaten efficiënt te simuleren, worden twee lijsten bijgehouden : enerzijds het rooster van cellen (bovenaan) en anderzijds de lijst met voertuigen (onderaan).	376
23.2	De drie verschillende communicatiekanalen tussen de <i>master</i> , de <i>workers</i> en de <i>JavaSpace</i>	377
24.1	Volledige optimalisatie van een ML-TCA model waarbij enkel die cellen bezocht worden die een voertuig bevatten.	390
24.2	Hybride optimalisatie van een ML-TCA model waarbij enkel die <i>sites</i> bezocht worden die een voertuig bevatten.	391
25.1	De Java klasse hiërarchie van de <i>ML-TCA</i> software.	396
25.2	Vergelijking van de executietijden van de <i>ML-TCA</i> en <i>TCA</i> software.	400
25.3	Trajectories van de voertuigen in een t-x diagram op basis van het STCA model.	401
25.4	Spatio-temporele diagrammen voor de dichtheid van het STCA model (boven) en het LWR model (onder).	402
26.1	Geheugengebruik van een 2D-array als implementatie van het rooster in <i>ML-TCA</i>	404
26.2	Geheugengebruik van een 1D-array als implementatie van het rooster in <i>ML-TCA</i>	405
26.3	Opdeling van de gebruikte CPU-tijd per methode voor de <i>ML-TCA</i> software.	405
27.1	De ordeparameter M_2 die fase-transities kan detecteren.	421
27.2	Het verschil tussen willekeurige en homogene initiële condities voor de VDR-TCA met $p_0 = 0.0$ en $p = 1.0$ als parameters en $v_{\max} \in \{3, 4, 5\}$	426
27.3	De (k, \bar{v}) en (k, q) fundamentele diagrammen van de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cell/s.	430
27.4	De (k, \bar{v}) en (k, q) fundamentele diagrammen van de ASEP TCA met $v_{\max} = 5$ cell/s.	431

27.5	Het te gebruiken wegennetwerk als de gevalstudie voor het DWTC-project CP/40. 432	
27.6	De <i>open-loop</i> regelaar logica voor het DWTC-project CP/40.	432
28.1	De verdelingen van de snelheden v , van de <i>space gaps</i> g_s en van de <i>time gaps</i> g_t van de voertuigen in de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cell/s (linkerkolom) en $v_{\max} = 5$ cell/s (rechterkolom).	434
28.2	Een overzicht met Mitrasim 2000 van het artificieel wegennetwerk in de gevalstudie van het DWTC-project CP/40.	435
28.3	FriS (Universiteit Antwerpen).	439
29.1	De <code>JDateChooser</code> (links) en <code>JTimeChooser</code> (rechts) klassen van mijn Java <i>SMTools</i> software bibliotheek.	446
29.2	De <code>JAboutBox</code> klasse van mijn Java <i>SMTools</i> software bibliotheek.	447
29.3	De <code>JSplashScreen</code> klasse van mijn Java <i>SMTools</i> software bibliotheek.	449
29.4	De <code>JDerivedGUI</code> klasse van mijn Java <i>SMTools</i> software bibliotheek.	450
30.1	De <code>JGradientColorRamp</code> klasse van mijn Java <i>SMTools</i> software bibliotheek.	453
30.2	De <code>JLicenseDialog</code> klasse van mijn Java <i>SMTools</i> software bibliotheek.	455
31.1	Extrapolatie van de takken van vrij-stromend en opgestopt verkeer in de VDR-TCA (met $p_0 = 0.5$ en $p = 0.01$), uitgaande van een lineair model met geschatte variantie.	465
31.2	Uitleg geven op de " <i>Dag van de Technologie</i> ".	467
31.3	Het geven van een gastlezing voor " <i>Economische Sectoren en Technologie</i> " (D266).	467
31.4	De verdeling van de tussentijden g_t van de voertuigen, in functie van de globale dichtheid k in de VDR-TCA (met $p_0 = 0.5$ en $p = 0.01$). De dikke lijn toont de mediaan van alle tussentijden; de grijze gebieden geven de concentraties van kansdichtheid weer.	468
31.5	Antoine Martens, Ben Immers en Jos Ansoms als gastsprekers op het VILv-Forum.	473
31.6	Het transport planningspakket <i>OmniTRANS</i> met als voorbeeld de stad Delft.	474
32.1	De vernieuwde <code>JSplashScreen</code> klasse van mijn Java <i>SMTools</i> software bibliotheek.	483
32.2	Berekenen van de fundamentele diagrammen op basis van lokale (gekleurde datapunten) en globale (zwarte datapunten) metingen in mijn <i>Traffic Cellular Automata</i> + software.	495
32.3	Berekenen van het aantal voertuigen n_f in vrij-stromend verkeer (naïeve methode).	496
32.4	Berekenen van het aantal voertuigen n_f in vrij-stromend verkeer (correcte methode).	497
33.1	De (k, \bar{v}_s) fundamentele diagrammen van het originele (links) en het gewijzigde (rechts) Takayasu-Takayasu TCA model.	514

33.2	De (k, q) fundamentele diagrammen van het originele (links) en het gewijzigde (rechts) Takayasu-Takayasu TCA model.	515
33.3	De tijd-ruimte diagrammen van de CA-184 (links) en de FI-TCA (rechts) met een compacte opstopping als initiële configuratie van het systeem.	518
33.4	De (k, \bar{v}_s) fundamentele diagrammen van de FI-TCA voor $v_{\max} \in \{1, \dots, 5\}$ met telkens $p \in \{0.0, 0.1, 0.5, 0.9\}$	519
33.5	De (k, q) fundamentele diagrammen van de FI-TCA voor $v_{\max} \in \{1, \dots, 5\}$ met telkens $p \in \{0.0, 0.1, 0.5, 0.9\}$	519
34.1	De generatiezone \mathcal{G} aan de rand van een TCA model.	527
34.2	Twee verschillende maximale snelheden kunnen geassocieerd worden met dezelfde doorstromingsgraad.	529
34.3	Lokale metingen (blauwe punten) en globale metingen (rode lijnen) voor de (k, q) fundamentele diagrammen van de STCA voor $v_{\max} \in \{2, 5\}$ (links, respectievelijk rechts).	531
34.4	Een histogram van alle mogelijke instromen q_{in} in een TCA model.	532
34.5	De kwadratische en procentuele afwijkingen van de gevraagde en gemeten instromen in een TCA model.	533
35.1	Geven van een demonstratie van het <i>conference timing system</i> van Paul Bielen.	544
35.2	Mijn vaste ‘werkplek’ aan het onthaal in de Nieuwe Valk tijdens de MTNS04 conferentie.	545
35.3	De weinig resterende SISTA leden op de MTNS04 receptie.	545
36.1	De (k, \bar{v}) en (k, q) fundamentele diagrammen van de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cel/s.	552
36.2	De (k, \bar{v}) en (k, q) fundamentele diagrammen van de ASEP TCA met $v_{\max} = 5$ cellen/s.	552
36.3	De histogrammen van de snelheid v voor de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cel/s (links) en $v_{\max} = 5$ cellen/s (rechts).	553
36.4	De histogrammen van de tussenruimte g_s voor de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cel/s (links) en $v_{\max} = 5$ cellen/s (rechts).	553
36.5	De histogrammen van de tussentijd g_t voor de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cel/s (links) en $v_{\max} = 5$ cellen/s (rechts).	553
36.6	De (k, q) fundamentele diagrammen van de multi-cel STCA met fijnere celdiscretisaties.	559
36.7	De (k, q) fundamentele diagrammen van de multi-cel STCA met fijnere celdiscretisaties (vergroot).	560
36.8	De (k, q) fundamentele diagrammen van de multi-cel STCA met een fijnere celdiscretisatie van $\Delta X = 0.125$ m met verschillende voertuiglengtes (vergroot).	561
36.9	De (k, q) fundamentele diagrammen voor de CA-184, de STCA, de VDR-CC TCA, de TOCA, de oorspronkelijke Takayasu-Takayasu TCA en de ASEP TCA modellen.	565

36.10	De (k, q) fundamentele diagrammen voor de ER-TCA, de HS-TCA, de BL-TCA en de KKW-TCA modellen.	566
36.11	De (k, \bar{v}_s) fundamentele diagrammen voor de CA-184, de STCA, de VDR-CC TCA, de TOCA, de oorspronkelijke Takayasu-Takayasu TCA en de ASEP TCA modellen.	567
36.12	De (k, \bar{v}_s) fundamentele diagrammen voor de ER-TCA, de HS-TCA, de BL-TCA en de KKW-TCA modellen.	568
37.1	De histogrammen van de gemiddelde snelheid \bar{v}_s , de tussenruimte g_s en de tussentijd g_t voor de Helbing-Schreckenberg TCA (HS-TCA).	579
37.2	De histogrammen van de gemiddelde snelheid \bar{v}_s , de tussenruimte g_s en de tussentijd g_t voor de <i>brake light</i> TCA (BL-TCA).	579
37.3	De histogrammen van de gemiddelde snelheid \bar{v}_s , de tussenruimte g_s en de tussentijd g_t voor de Kerner-Klenov-Wolf TCA (KKW-TCA).	580
37.4	Een <i>onverkleind</i> tijd-ruimte diagram van de KKW multi-cel TCA.	581
37.5	De tijd-ruimte diagrammen van de HS-TCA, voor k gaande van 0.05 tot en met 0.50.	582
37.6	De tijd-ruimte diagrammen van de HS-TCA, voor k gaande van 0.55 tot en met 0.70.	583
37.7	De tijd-ruimte diagrammen van de BL-TCA, voor k gaande van 0.05 tot en met 0.50.	584
37.8	De tijd-ruimte diagrammen van de BL-TCA, voor k gaande van 0.55 tot en met 0.95.	585
37.9	De tijd-ruimte diagrammen van de KKW-TCA, voor k gaande van 0.05 tot en met 0.50.	586
37.10	De tijd-ruimte diagrammen van de KKW-TCA, voor k gaande van 0.55 tot en met 0.95.	587
37.11	Een ‘verkeersput’ in Texel.	591

Deel I

Academiejaar 2001 - 2002

Hoofdstuk 1

September 2001

1.1 Vrijdag 31/08 tot donderdag 06/09

1.1.1 On data acquisition, modelling and simulation of highway traffic

Referentie : [BSM00]

Dit is een vlot lezende algemene paper, hij leverde echter niet echt veel nieuwe informatie op.

Het hoofdstuk over *Data conditioning* behandelt onder andere ‘missing data’ waarbij men het concept van een ‘referentiedag’ introduceert. Dit lijkt een goed idee, maar ik heb hier wel een opmerking bij : het gebruik van slechts één referentiedag is te weinig. Er dient rekening gehouden te worden met vakanties, seizoenen, Het is dan ook aangewezen om meerdere referentiedagen op te stellen die elk in een bepaalde periode ‘geldig’ zijn, de software zou dan automatisch de juiste referentiedag kunnen gebruiken bij het interpoleren van de dataset.

De paragraaf over data standardizatie van verschillende sensoren was nieuw voor mij, het gebruik van filters in deze techniek lijkt me een goede zet.

In het hoofdstuk over *Modelling of Highway Traffic* liet men na om de mesoscopische simulators te vermelden. Het betreft hier een toch niet zo onbelangrijke categorie (cfr. DynaMIT, . . .).

1.1.2 A Closer Examination of Overtaking Prohibitions for Trucks

Referentie : [HB99]

Deze paper gaf een interessant inzicht dat ik tot nu toe nog niet had : bij voertuig-volg modellen (*car-following models*) kunnen verschillende tussenruimtes (zowel in ruimte als in tijd) genomen worden indien het bijvoorbeeld twee personenwagens betreft, of een personenwagen en een vrachtwagen. Deze veronderstelling werd niet gebruikt in mijn licentiaatsthesis ([Mae01a]).

De conclusie is dat het opsplitsen van de vlootmix in personenwagens, lichte vrachtwagens en zware vrachtwagens volgende resultaten oplevert : enkel de beperking van OPT (*Overtaking Prohibition for Trucks*) voor zware vrachtwagens kan een positief nut hebben (i.e. een hogere doorstromingsgraad). In mijn licentiaatsthesis werd een soortgelijk onderzoek verricht, al kon ik toen enkel iets zinnigs over de gemiddelde snelheid vertellen.

1.1.3 The Free Speed Distribution of Drivers : Estimation Approaches

Referentie : [Bot99]

Dit is de eerste paper die ik tegenkom die één welbepaald facet van de combinatie voertuig-bestuurder toelicht. Ik beoogde deze combinatie als redelijk statisch, weliswaar gekoppeld aan een zekere cumulatieve distributieverdeling die ongecorrleerd was met de agressiviteit. In deze paper heeft men het onder andere ook kort over een model met een twintigtal parameters, wat het uiteindelijk niet zo efficiënt en gebruiksvriendelijk maakt.

Het centrale probleem is vaststellen wanneer een voertuig vrij-stromend (*free-flowing*) is en wanneer het voertuig-volgend (*car-following*) is. Men raadt dan ook aan om de tussentijd in plaats van de volgfstand te gebruiken, iets wat ik ook in mijn licentiaatsthesis ([Mae01a]) deed. Er is echter wel een belangrijk verschil : ik gebruikte tussentijden gaande van een halve tot anderhalve seconde, terwijl de HCM (*Highway Capacity Manual*) waarden van om en bij de drie seconden voorstelt. Dit leidt mogelijk tot een significant verschil in uitvoer van de simulator.

Een vraag die ook rees, was de volgende : is een beperkt (*constrained*) voertuig ook echt beperkt indien er op het vak rechts van hem plaats is ? Dit is onder andere gerelateerd aan het concept van middenvakrijders.

1.1.4 Road Pricing : An Introduction

Referentie : [Emm98]

Dit hoofdstuk las ik uit nieuwsgierigheid om wat meer te weten te komen over het concept ‘rekeningrijden’. Het boek zelf richt zich hoofdzakelijk op de economische facetten van wegtransport. De conclusie in verband met rekeningrijden lijkt somber : het is niet per se de meest optimale oplossing om (randeffecten van) verkeersopstoppingen te minimaliseren (voorkomen), het is niet populair bij het grote publiek en het leidt niet tot een globaal optimum (immers, niet alle partijen zijn er bij gebaat). Belangrijk om te vermelden is het falen van de introductie van dit concept in Nederland.

1.1.5 Het fileprobleem in België : wiskundige modellen, analyse, simulatie, regeling en acties

Referentie : [MIBL01]

Dit onafgewerkt eindverslag vertoont nog enkele mankementen : naast de talrijke typ- en spelfouten, ontbreken er her en der ook gerichte conclusies (die nu als veel te beknopt worden ervaren).

Hoofdstuk twee (*Inventarisatie modellen*) behandelt de algemene theorie over verkeersstromen. Deze werd door mezelf al zo goed als volledig behandeld in mijn licentiaatsthesis ([Mae01a]).

Bij hoofdstuk drie (*Inventarisatie verkeerssituaties*) stel ik mezelf toch wel grote vragen bij het vrijelijk gebruik van de meetgegevens afkomstig van de verschillende camera’s (CLOx) langs de proefstrook van de E17 richting Antwerpen. Voor mijn licentiaatsthesis heb ik indertijd persoonlijk metingen bestudeerd, de conclusie was toen de ronduit slechte kwaliteit van de meetgegevens. Het DWTC-project werkt weliswaar met de ‘referentiedag’-oplossing om de corrupte data te corrigeren (zie paragraaf 1.1.1), maar de data zelf is niet per se correct. Bijvoorbeeld, de doorstromingsgraden worden stelselmatig onderschat en de gemiddelde snelheden zijn vaak onjuist. Daarenboven is er nog het feit dat de voertuigherkenning incorrect gebeurt gedurende periodes

van opstopping. Een mogelijke oplossing hier zou kunnen gevormd worden door het bedenken van een robuust algoritme om de beeldherkenning uit te voeren (bijvoorbeeld met behulp van templates en correlatie-technieken).

Belangrijk is dat er nog naar een verklaring gezocht moet worden voor de hogere orde effecten die gedurende periodes van opstopping optreden (cfr. de schokgolven die zich, zo werd empirisch waargenomen, met een zekere vaste snelheid stroomopwaarts verplaatsen).

Interessant en vernieuwend in hoofdstuk vier (*Inventarisatie DVM (dynamisch verkeersmanagement) maatregelen*) was de paragraaf die de juridische maatregelen behandelt. Men spreekt onder andere over het toestaan van rechts voorbijsteken, wat de veiligheid zou kunnen verhogen (let wel, er wordt een algemeen verbod op vakveranderen opgelegd). In dit kader is het de moeite om eens een kort onderzoek te verrichten naar de verandering van veiligheid met of zonder deze maatregel. De kans dat een middenvakrijder plots naar het rechtervak zou gaan is mijns insziens redelijk klein, anders zou het per definitie geen middenvakrijder zijn. Dus opper ik dat rechts voorbijrijden veiliger is dan een grote slalombeweging langs het uiterste linkse vak uit te voeren. Let wel dat ik een onderscheid maak tussen voorbijrijden en inhalen : het eerste impliceert *geen* vakverandering, het laatste *wel*.

Hoofdstuk vijf (*Microscopische modellering van de bestaande verkeerssituatie*) beschrijft onder andere hoe een sensitiviteitsanalyse van de parameters van een microscopisch model moet uitgevoerd worden. Dit lijkt me een reken-intensieve stap. Ik stel me echter nog wel volgende vraag bij de methode die gebruikt wordt : wat met parameters die op zich geen grote invloed op het model uitoefenen, maar in combinatie met andere parameters plotseling wel invloed gaan uitoefenen ?

1.1.6 Remarks on Traffic Flow Modelling and Its Applications

Referentie : [Dag99]

De in mijn ogen belangrijkste begrippen die in deze paper worden aangehaald, zijn *queue avoidance* en *containment*. Er wordt ook een goede definitie gegeven van vrij-stromend verkeer : als kleine storingen op een welbepaalde plaats geïntroduceerd worden en deze niet verder stroomopwaarts worden gedetecteerd. Men spreekt van een ‘actieve opstopping’ als er stroomopwaarts congestie is en stroomafwaarts vrij-stromend verkeer is.

Twee categorieën van opstoppingen worden aangehaald : de *merges* en de *diverges*. Bij de eerste soort is een maximale doorstromingsgraad bij de *capaciteit* (en niet per se bij de hoogste snelheid), bij de tweede soort kunnen spontaan wachtrijen ontstaan, ook al kan er niet echt een punt van oorzaak worden aangeduid (cfr. het verweven van verkeersstromen). Belangrijk is dat er bij merges nog onderzoek dient verricht te worden naar het langer behouden van de stroming aan overcapaciteit doordat men stroomopwaarts bepaalde maatregelen treft.

Conclusie : pak het probleem aan bij de opstoppingspunten zelf en niet per se bij de wachtrijen. De auteur is er ook van overtuigd dat de aandacht moet toegespitst worden op realistische modellen en niet op de standaard modellen (die onder andere op homogene wegen gebaseerd zijn).

1.1.7 Analysis of Traffic Flow of Goods on Motorways by Means of Video Data-Chances and Limits

Referentie : [HGS99]

Het concept van voertuigtellingen en snelheidsschattigen met behulp van camerabeelden is reeds uitvoerig in gebruik genomen. Interessant en nieuw voor mij is het automatisch detecteren en interpreteren van nummerplaten in een verkeersstroom. Me dunkt dat probe-voertuigen en GSM-tracking systemen overbodig (kunnen) zijn indien deze techniek aangewend wordt. Het bepalen van de OD-matrices gaat dan verrassend efficiënt in zijn werk en levert zeer goede resultaten.

Spijtig genoeg is de conclusie van de paper dat de herkenning van de nummerplaten op basis van de videobeelden nog niet optimaal werkt. Men beriep zich dan ook op manuele technieken die, inherent aan de mens, traag zijn.

1.1.8 Online Traffic Simulation with Cellular Automata Evaluation of Cellular Automata for Traffic Flow Simulation on Freeway and Urban Streets

Referenties : [BEF⁺99] en [BW99a]

Er worden twee modellen besproken : de STCA (oftewel de Nagel-Schreckenberg cellulaire automaten) en de TOCA (de tijdsgeoriënteerde cellulaire automaten). De voordelen van deze microscopische simulatiemodellen zijn :

- een hoge rekensnelheid,
- eenvoudige regels voor toestandsovergangen (voertuig-volg en vak-verander modellen)
- en gemakkelijk uitbreidbaar naar parallele berekeningen op verschillende computers.

Er wordt in de tweede paper wel geopperd dat de STCA niet zo goed zijn om het voertuig-volg gedrag op autosnelwegen te modelleren. De TOCA reproduceren daarentegen de macroscopische observaties van het echte verkeer veel beter.

Er is wel nog kalibratie en validatie van de modellen nodig door middel van een geschikte hoeveelheid velddata.

1.1.9 Korte studie van lusdetectoren

Er zijn twee soorten lusdetectoren : enkele en dubbele. Enkele lusdetectoren kunnen slechts een meting in een punt verrichten, wat hen enkel toestaat om een doorstromingsgraad te schatten. De snelheid van een voertuig kan niet vastgesteld worden op deze manier. Dubbele lusdetectoren kunnen dit wel : stel dat een voertuig op tijdstip t_1 over de eerste detector passeert en op tijdstip t_2 over de tweede detector (we werken met een dubbele lusdetector). De lusdetector meet ook de tijden $t_{o,1}$ en $t_{o,2}$ die de bezettingstijd van de respectievelijke detectoren voorstellen (i.e. de tijd dat een voertuig doorbrengt over een lusdetector). Stel verder nog dat Δx de afstand tussen de twee lusdetectoren is. We kunnen nu de snelheid v en de lengte L van het voertuig in kwestie als volgt afleiden :

$$\begin{aligned}
\Delta x = v\Delta t &\Rightarrow v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (\text{met } \Delta t = t_2 - t_1) \\
L &= v \langle t_o \rangle \\
&= v \cdot \frac{t_{o,1} + t_{o,2}}{2} \\
&\Downarrow \\
L &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \cdot \frac{t_{o,1} + t_{o,2}}{2}
\end{aligned}$$

waarbij $\langle t_o \rangle$ de gemiddelde bezettingstijd in de dubbele lusdetector is.

Het probleem met een enkele lusdetector is dat deze geen onderscheid kan maken tussen een snelle bus (grote L) en een trage personenwagen (kleine L), er wordt immers met een vooraf gedefinieerde gemiddelde lengte gewerkt.

Belangrijk om te vermelden is dat in het Belgische wegennetwerk vooral enkele lusdetectoren geplaatst zijn. Dit leidt tot problemen die onder andere aan het licht kwamen tijdens een bezoek aan het verkeerscentrum te Wilrijk. Er wordt dus al van ‘foutieve’ data vertrokken en het loont volgens mij de moeite om te zoeken naar een manier die uit deze data een goede set kan distilleren.

1.1.10 Drie-dimensionaal voorstellen van t-x grafieken

De meeste t-x grafieken geven een twee-dimensionaal beeld van de t-x ruimte die beschrijft hoe voertuigen zich verplaatsen met het verstrijken van de tijd. Een probleem hierbij is dat indien twee trajectlijnen elkaar snijden, er sprake is van inhalen. Strikt genomen is dit wel mogelijk, maar uit de grafiek is niet af te leiden langs welk rijvak er werd ingehaald. Een oplossing hiervoor kan gevonden worden in het gebruik van een extra dimensie, dewelke het vak beschrijft. Deze dimensie kan zelfs continu genomen worden, zodat een vloeiend beeld verkregen wordt van het vak-verander proces. Deze grafiek kan dan op allerhande manieren op een vlak geprojecteerd worden, wat een studie van vak-veranderingen gemakkelijk toelaat.

1.1.11 Planning

- Steven Logghe, Griet De Ceuster en Ben Immers contacteren om onder andere een demonstratie van Paramics en Aimsun2 te krijgen (alsook de documentatie van Paramics om modellen te programmeren). De simulatiesnelheid van beide pakketten dient ook nagevraagd te worden.
- Twee scenario’s, die het links en rechts inhalen van middenvakrijders omvatten, bestuderen en conclusies trekken in verband met de algemene veiligheid.
- Abonneren op de TRAIL Conference Proceedings (e.g. ISBN 90-5584-032-06), The Netherlands TRAIL Research School 1999.
- Bestuderen van de techniek *maximum likelihood estimates*.
- Een recente editie van de HCM ontvangen.

- Mitrasim 2000 testen met grotere tussentijden en volgafstanden en de uitvoer vergelijken met de reeds gedane experimenten.
- Status van de techniek bij het herkennen van nummerplaten op basis van videobeelden ?
- Steven Logghe naar de status van zijn studie in verband met voertuig-volg modellen vragen (en zijn gedachten rond de vak-verander modellen).
- Construeren van een drie-dimensionale t-x-vak grafiek op basis van een eenvoudig microscopisch verkeersmodel.

1.2 Vrijdag 07/09 tot donderdag 13/09

1.2.1 A Design of Lane Change Maneuver for Automated Vehicles

Referentie : [KS98]

Het betreft hier een nogal flauwe paper die een vak-verander model beschrijft voor het ontwijken van een obstakel door een geautomatiseerd voertuig. Zoals elk vak-verander model is ook dit model uitermate gebaseerd op enkele regels voor 'toestandsovergangen'. Het tegenvallende aan de paper is dat enkel het facet van de obstakelontwijking wordt besproken, vak-verander modellen dienen echter veel meer te behelzen : route-volging, persoonlijke voorkeuren van de bestuurder (e.g. een 'sneller' vak kiezen), dynamische wijzigingen omwille van verkeersmaatregelen, ...

1.2.2 Sturen zonder Structuren

Referentie : [IWdR98]

Dit is een redelijk 'vage' paper die op een algemeen niveau beschrijft hoe sturing van een systeem kan gebeuren door over te stappen van structuren (door middel van trendbreuken). Er wordt een korte toepassing geschetst met betrekking tot het sturen van een verkeersproces, al vind ik dat de uitwerking wel iets concreter en gedetailleerder mocht zijn.

Interessant is wel het verband dat wordt gelegd met de psychologie, iets wat veelal wordt nagelaten in de meeste verkeersmodellen die ik reeds ben tegengekomen (hetzelfde geldt voor de koppelingen naar de economie, sociologie, ...). Meer informatie over bestuurdersgedrag kan terug gevonden worden in hoofdstuk drie van [Mae01a] : *Modellen van bestuurdersgedrag*.

1.2.3 The Results of a Dutch Experiment with Floating Car Data

Referentie : [TdHST00]

Dit is een algemene paper die het gebruik van GPS (*positiebepaling*) en GSM (*communicatie*) beschrijft met als doel het bekomen van betere verkeersinformatie met betrekking tot wachtrijlengtes en reistijden. Het ziet er veelbelovend uit om de OD-matrices doeltreffend te berekenen, zowel in periodes van geen congestie als zware congestie.

1.2.4 Teletravel Systems (TTS) – Telematic System for the Automatic Survey of Travel Behaviour

Referentie : [WSW00]

In deze paper worden onder andere problemen besproken bij het gebruik van een panel van mensen die ondervraagd worden over hun verkeersgedrag (inclusief routekeuzes) :

- het vermoeidheidseffect (dit is een toename van ontbrekende en foutieve voorwendsels),
- het memoriseringseffect (de ondervraagden herinneren zich hun vorige antwoorden)
- en het spontaniteitseffect (de ondervraagden observeren hun eigen gedrag en verliezen spontaniteit).

Het blijkt dat (dergelijke) panels niet geschikt zijn om degelijke verkeersinformatie te bekomen. GSMs bieden hier een oplossing met als extra voordeel dat er nu een grote spreiding op de gebruikers in de populatie zit. Deze GSMs sturen periodisch hun data door naar een centrale (met behulp van SMS-berichten).

Het hart van het systeem wordt gevormd door het *lokalisatie-algoritme* voor GSMs, dit algoritme levert diverse nauwkeurige precisies. Me dunkt wel dat op serving-cell niveau de positiebepaling niet te ruw mag zijn, liefst in de orde van maximum tien tot vijftien meter.

1.2.5 Combining Macroscopic and Microscopic Approaches for Transportation Planning and Design of Road Networks

Referentie : [MCBB98]

In deze paper wordt het GETRAM (Generic Environment for TRaffic Analysis and Modelling) systeem toegelicht. GETRAM bestaat (voor het moment) uit twee componenten : AIMSUN2 en EMME/2. AIMSUN2 is een microscopische simulator terwijl EMME/2 macroscopisch is. Het is interessant om te zien hoe GETRAM succesvol werd gebruikt voor een studie ter bevordering van de verkeerssituatie in het zuiden van Barcelona, Spanje.

In beide modellen wordt aan elke link een zogeheten 'level-of-service' (LOS) toegekend, uitgedrukt in voertuigen/km, dit leent zich onder andere tot een grafische weergave waarbij elke link een kleur krijgt al naargelang zijn dichtheid. Deze categorieën worden ook gebruikt bij de evaluatie van de verkeerssituatie op een bepaald punt.

1.2.6 Comparison of Freeway Simulation with INTEGRATION, KRONOS and KWaves

Referentie : [PL00]

Opmerkelijk is dat hier melding wordt gemaakt van macroscopische verkeerssimulators waarvan sommige (KRONOS) een vak-verander model bezitten. Nieuw voor me is de incorporatie van verwevingsmodellen, vak-verander modellen en op- en afritten in een macroscopisch verkeersmodel (in KRONOS wordt er wel van uitgegaan dat dergelijke ingewikkelde verkeersfenomenen enkel voorkomen op bepaalde plaatsen op de autosnelweg).

Van de besproken low-budget simulators draaien INTEGRATION en KRONOS onder MS-DOS en KWaves98 draait onder MS-Windows (en crasht bij een zeer hoge verkeersdichtheid).

1.2.7 Microscopic Traffic Simulation : A Tool for the Analysis and Assessment of ITS Systems

Referentie : [Bar]

Deze paper bleek in heel algemene termen te spreken over wat een microscopische simulator zou moeten ondersteunen. Als voorbeeld wordt AIMSUN2 aangehaald. Overtuigend waren twee beelden van een stuk autosnelwegcomplex, het ene *zonder* en het andere *met* toeritdosering (*ramp metering*).

Het AIMSUN2-systeem wordt ook intensief gebruikt in Den Haag en Rijswijk sinds de in gebruik neming van tramlijn 17. De simulator staat voor het moment opgesteld in de stadshal van Rijswijk en wordt er gebruikt voor de evaluatie en optimalisatie van de achttien nieuwe gecontroleerde kruispunten.

1.2.8 License Plate Recognition – A Tutorial

Referentie : [Sol01]

De uitspraak die ik in paragraaf 1.1.7 deed, dient lichtjes gewijzigd te worden : de technieken voor LPR (*license plate recognition*) zijn reeds zeer goed uitgewerkt dankzij recente vooruitgang in software en hardware. Wat dit betreft is LPR volgens mij nog altijd mogelijk, een caveat hierbij is wel dat de databank die al deze informatie dient bij te houden immens groot is. Maar bij nader inzien geldt dezelfde opmerking ook voor het gebruik van GSM-systemen. Er is echter wel een belangrijk verschil : alle camerabeelden die door heel het netwerk vergaard worden, dienen vergeleken te worden om de OD-matrices te schatten. Dit kan weliswaar off-line gebeuren maar indien het real-time gebruik betreft dan dient er vooreerst gezocht te worden naar een efficiënt algoritme.

1.2.9 Paramics-online v3 – System Overview

Referentie : [Lim00]

Er wordt een volledige beschrijving gegeven van alle ondersteunde mogelijkheden : Paramics lijkt zeer krachtig te zijn. Wel stel ik me de vraag of de vijfenzeventig parameters van de combinatie voertuig-bestuurder allen even noodzakelijk zijn en grote invloed hebben (dit leent zich tot een zogeheten *sensitivity analysis*).

Interessant is *Incident Modelling* en *Public Transport (Transit) Modelling*. Het modelleren van voetgangers en interactie met het verkeer zit in Paramics ingebakken. Echter voor een simulatie van het stadsverkeer (e.g. Antwerpen) lijkt het me aangewezen om een zeker stochastisch gedrag te hebben (plots overstekende voetgangers en dergelijke). De vraag is nu wel tot op welke hoogte deze details nodig zijn om de simulatie dicht genoeg bij de realiteit te laten aanleunen.

De routing maakt handig gebruik van het concept van bestuurders die wel en niet vertrouwd zijn met het wegennetwerk. Vraag is hoe deze informatie efficiënt en accuraat uit een steekproef van de echte weggebruikers kan gehaald worden.

1.2.10 Standing Waves and the Influence of Speed Limits

Referentie : [LSL01]

In deze paper wordt geschetst hoe lokale maatregelen (met betrekking tot het opleggen van een snelheidsbeperking) tot stop-en-vertrek verkeersgolven in een verkeersstroom kunnen leiden. Sterker nog, deze golven kunnen overgaan in staande golven.

Als oplossing wordt een *controlewet* voorgesteld die de vorming van stop-en-vertrek verkeersgolven voorkomt en reeds bestaande dergelijke golven vlakker maakt. Dit leidt tot een meer homogene verkeersstroom (wat betreft de doorstromingsgraad).

De gebruikte methode is verrassend eenvoudig (dit was wel enigszins te verwachten aangezien er wordt uitgegaan van een macroscopisch model van de verkeersstroom) : de lokale controlewet, die op een bepaalde plaats zegt wat de op te leggen snelheidsbeperking is in functie van een zekere dichtheid, werkt nu met een gemiddelde dichtheid die afgeleid wordt uit het huidige segment en het eerstvolgende segment stroomafwaarts.

Een kritische opmerking die ik hierbij maak is dat in de vergelijkingen *enkel anticipatie* wordt geïncorporeerd. Termen zoals relaxatie en diffusie ontbreken, wat het model in mijn ogen maar half voltooid maakt. Daarenboven is er ook nog het feit dat er enkel simulaties voorhanden zijn en geen reële testen. En tot slot wordt er gewerkt met een gemiddelde (weliswaar een convex) om de dichtheid te berekenen en er een op te leggen snelheid uit af te leiden. Deze macroscopische term wordt microscopisch verklaard doordat men stelt dat bestuurders meer dan één voertuig voorop in beschouwing nemen.

1.2.11 Research Issues in Intelligent Transportation Systems

Referentie : [FJM⁺01]

In dit paper stonden opvallend veel taalfouten.

Er wordt een algemeen overzicht geschetst van hoe de toestand in verband met ITS was, is en kan zijn. ITS heeft klaarblijkelijk al drie fases doorgemaakt : voorbereiding, haalbaarheidsstudie en produktontwikkeling. De diverse categorieën waar ITS zich rond beweegt, zijn :

ATMS : *Advanced Traffic Management Systems*, houdt zich bezig met datacollectie, ondersteunende systemen (e.g. lusdetectoren) en real-time verkeerscontrolesystemen (de vergaarde informatie wordt ook doorgegeven aan ATIS). Interessant om weten is dat men op sommige autosnelwegen een methode heeft ontwikkeld om gedurende de piekuren de betonnen middenberm te verplaatsen zodat een vak van een onderbezette rijstrook kan benut worden door het verkeer in de tegengestelde rijrichting.

ATIS : *Advanced Travelers Information Systems*, het doel is om real-time verkeersinformatie aan de reizigers in het wegennetwerk te kunnen geven.

CVO : *Commercial Vehicle Operations*, het doel is een verhoging van de veiligheid en efficiëntie van commerciële voertuigen (van bedrijven) te bewerkstelligen.

APTS : *Advanced Public Transportations Systems*, het doel is om het massaverkeer van het openbaar vervoer zo optimaal mogelijk te benutten.

AVCS : *Advanced Vehicle Control Systems*, het doel is een verhoging van de veiligheid te bekomen en een vermindering van de opstoppingen door (automatische) voertuigaansturing.

ARTS : *Advanced Rural Transport Systems*, het doel is het zo optimaal mogelijk regelen van het verkeer in zones met minder dan vijftigduizend inwoners.

Toekomstig onderzoek dient zich te richten op *simulaties* voor verkeersbeheer (hierbij is een correcte parameteridentificatie noodzakelijk om fouten tot een minimum te herleiden) en het verlenen van geschikte reizigersinformatie.

Interessant om weten is het bestaan van een Internet-webapplicatie (WebFlow32) die on-line de verkeerssituatie op grote verkeersaders kan weergeven.

1.2.12 Traffic Flow Analysis Beyond Traditional Methods

Referentie : [Bri00]

Naast grootheden zoals de verkeersvraag, capaciteit en kwaliteit van de verkeersstroom (die apart worden beschouwd), spreekt men nu ook van de term ‘efficiëntie’ (deze wordt dan gemaximaliseerd wat dan meestal resulteert in een optimaal gebruik van het verkeer) :

$$E = q \cdot V_T \cdot T \quad (1.1)$$

met E de efficiëntie, q de doorstromingsgraad, T de grootte van het tijdsinterval van de meting en V_T de gemiddelde reissnelheid.

Gedurende de laatste jaren werd in de HCM melding gemaakt van diverse LOS- categorieën (*level of service*), deze werden LOS A tot LOS F gedoopt, in mate van toenemende dichtheid (zie paragraaf 1.2.5). Er zijn twee problemen aan deze manier van werken verbonden : het onderscheid tussen LOS D en LOS E werd eerder vastgelegd met behulp van inzichtelijk denkwerk dan vastomlijnde definities en de LOS F categorie is te omvattend, gezien de grote differentiatie in de huidige opstoppen in verkeersstromen.

Als oplossing wordt een WYA gesuggereerd (*Whole Year Analysis*) die de LOS-meting vervangt (die wordt immers slechts over één piek uur gemeten), dit maakt dat LOS F beter behandeld kan worden. Om een beter onderscheid tussen de overgang van LOS D naar LOS E te maken (en vice versa) kan het concept ‘efficiëntie’ gebruikt worden.

1.2.13 A Further Investigation on Critical Gap and Follow-Up Time

Referentie : [TTK⁺00]

De ‘maximum likelihood estimate’ methode is een van de meest veelbelovende manieren voor het schatten van de kritische openingsgrootte (*critical gap*). Men voerde een onderzoek uit naar de mate waarin bepaalde factoren de kritische openingsgrootte kunnen beïnvloeden. Voor de analyse werd eerst een macroscopische database gebruikt, daarna werd er ook een microscopische analyse van de effecten van bepaalde factoren uitgevoerd. Belangrijke factoren bleken :

- de geometrie van een kruispunt, de elevatie bij het naderen van een kruispunt, het type voertuig, het type beweging (e.g. gewone bestuurders die op grote wegen – die ze niet gewend zijn – rijden) en de wachttijd voor elk voertuig (wat zich uit door het verschil tussen trage en snelle voertuigen).
- Zware vrachtwagens hebben consistent grotere kritische openingsgroottes en langere volgtijden.

1.2.14 Estimation of Critical Gaps and Follow-Up Times at Rural Unsignalized Intersections in Germany

Referentie : [Wei00]

In deze paper wordt in detail uitgelegd hoe beide grootheden (kritische openingsgroottes en volgtijden) geschat worden en welke de kansverdelingen zijn die daarbij (kunnen) gebruikt worden.

1.2.15 Verkeersstroomtheorie

Referentie : [IL01]

Het betreft hier een algemene cursus die vooral over de macroscopische beschouwing van verkeer gaat (cfr. hoofdstuk twee van [Mae01a] : *Modellen van verkeersstromen*).

Interessant om lezen was de laatste paragraaf waar twee – nog reeds onverklaarde – effecten vermeld werden : *capaciteitsval* en *hysteresis*.

1.2.16 Allerlei

- In orde brengen van mijn netwerk-account bij ESAT (SISTA).
- Verhuizen van bureautafel sinds de terugkomst van Tom Bellemans.

1.2.17 Planning

- Bestuderen hoe ‘lineair programmeren’ als optimalisatietechniek nu weeral werkt.
- Uitvissen hoe ATMS gedistribueerd kan gebeuren.
- Onderzoeken wat de gevolgen zijn van het opleggen van een minimumsnelheid bij het inrijden van de Kennedytunnel, met als doel het tegengaan van het tunneleffect (dat opstoppingsgolven veroorzaakt).
- Het interne model opvragen waarmee AIMSUN2 werkt (misschien terug te vinden in [FB]).
- Wat is juist de ‘classical four-step approach’ ? Is dit planning, ontwerp, evaluatie en presentatie ?
- In Mitrasim 2000 kunnen de links eventueel wel correct aansluiten indien ze canonisch geplaatst worden en daarna geroteerd en naar de gewenste positie getranslateerd worden.
- Hoe worden OD-matrices efficiënt geschat ? Welk iteratieproces wordt gebruikt eer ze volledig in orde zijn om door microscopische verkeerssimulatie gebruikt te worden (i.e. hoe gebeurt de kalibratie opdat realistische doorstromingsgraden worden verkregen) ?
- Interessant is om in Mitrasim 2000 een gemiddelde bezetting voor elke link te specificeren en dan de simulatie te laten draaien. Dit kan twijfel wegnemen of bevestigen die tijdens de thesisverdediging ontstond toen werd geopperd dat de simulator nooit de volledige capaciteit had bereikt.
- Het model bestuderen dat KRONOS (macroscopische simulator) gebruikt.
- Een goede, duidelijke en volledige referentie zoeken voor het LWR-model (Lighthill, Whitham en Richards).
- Wat is AUTOSCOPE ? Dit heeft te maken met het meten van snelheden.
- Ik stel me ernstige vraagtekens qua bruikbaarheid bij het TRAQ-programma (en nTRAQ) van Tom Van Woensel (UFSIA) indien ik het vergelijk met andere pakketten/modellen.

- Diepgaande details met betrekking tot de voertuig-volg, vak-verander en openingsaanvaardingsmodellen (*gap acceptance models*) van Paramics zijn een must.
- Is er ergens een vergelijkbare studie te vinden tussen Paramics en DynaMIT (MITSIM, MesoTS en TMS) ?
- Interessante papers die de moeite (B.S. Kerner !) om te lezen zijn :
 - B.S. Kerner en F. Konhäuser, *Structures and Parameters of Clusters in Traffic Flow*, Physical Review E50, 54–83, 1994
 - B.S. Kerner en F. Konhäuser, *Experimental Features and Characteristics of Traffic Jams*, Physical Review E53, R1297-1300, 1996
- Hoe wordt ‘variantie-analyse’ in de statistiek beschreven/uitgevoerd ?
- Opfrissen hoe de t-test in statistiek werkt.
- Procedure voor mijn inschrijving aan de KUL als BAP laten versnellen daar dit noodzakelijk is om van de treinvoordelen te kunnen profiteren, boeken uit de bibliotheek te lenen en de aansluiting van KotNet te voltooien op mijn studio.

1.3 Vrijdag 14/09 tot donderdag 20/09

1.3.1 Explanation of Observed Features of Self-Organization in Traffic Flow

Referentie : [TH99]

Uitgaande van een microscopisch verkeersmodel (het IDM, *Intelligent Driver Model*) wordt de overgang van gesynchroniseerd verkeer naar stoppen-en-vertrekken verkeer verklaard (iets wat volgens mij een nogal logische overgang is). Er wordt een goede kwantitatieve benadering met de empirische resultaten bekomen. Deze overgang steunt op het bestaan van een gebied met een voldoende grote dichtheid van convex stabiel verkeer (dit wil zeggen dat de verkeersstroom instabiel is maar dat elke verstoring stroomopwaarts weg wordt geconvecteerd) en een doorstroming in een verkeersopstopping die veel lager is dan in gesynchroniseerd verkeer.

Het is heel mooi om op de t-x-k grafieken te zien hoe de opstoppingen zich vormen en hoe bepaalde empirische effecten (zoals bijvoorbeeld de met een constante snelheid stroomopwaarts propagerende stoppen-en-vertrekken golven) zich spontaan kunnen manifesteren.

Na het lezen van deze paper krijg ik de indruk dat het gebruik van microscopische verkeerssimulatie wel in orde is om hogere orde macroscopische effecten te bekomen, iets wat ik – iemand met een achtergrond in microscopische verkeerssimulatie – wel op prijs stel.

1.3.2 Recent Developments in Highway Cross Section Design in Germany

Referentie : [BW99b]

Deze paper besteedt aandacht aan de structuur van rijwegen (i.e. hun fysische dimensies). De manier waarop dit nu wordt geregeld, is met behulp van vooraf gedefinieerde standaarden. Deze zijn echter gebaseerd op afspraken tussen verkeersexperts en het zoeken naar een geïntegreerd concept is dan ook gewenst. Dat hierbij echter vele problemen optreden is geen verrassing : een bestuurder neemt de rijweg immers in zijn geheel waar en niet in afzonderlijke entiteiten (zoals vakbreedtes, middenbermgroottes, ...), wat maakt dat er een sterke behoefte is aan goede data die deze concepten in een algeheel kader omvat.

1.3.3 Simulating Dynamical Features of Escape Panic

Referentie : [HFV00]

Dirk Helbing is één van de tenoren in Duitsland die alles analytisch proberen af te leiden (zie bijvoorbeeld paragraaf 1.3.1). Ditmaal werkte hij mee aan een paper die onderzoek doet naar het gedrag van stappende mensen in situaties van paniek. Het model dat ze gebruiken is er een dat het gedrag van voetgangers simuleert met behulp van veel zelf-gedreven deeltjes.

Hun simulaties suggeren een praktische oplossing voor het gevaarlijke groepsgedrang. Ze presenteren daarenboven ook nog eens een optimale strategie voor het ontsnappen uit een met rook gevulde kamer (door middel van een mengeling van individueel gedrag en collectief groepsinstinct).

1.3.4 Allerlei

- Met Tom Bellemans (ESAT) samengezeten met als doel een opdracht te formuleren voor de studenten tweede kandidatuur Burgerlijk Ingenieur :

Statistische analyse van een databank met voertuigtellingen van snelwegverkeer.

Gedurende de laatste jaren zijn er reeds vele telgegevens beschikbaar. Het probleem hiermee is dat dit meestal een grote databank is waar (1) elk inzicht in ontbreekt en (2) men regelmatig te maken heeft met corrupte en/of ontbrekende meetgegevens. Verdere verwerking is hierbij een absolute noodzaak om deze gegevens concreet en gericht te gebruiken.

In praktijk bestaan de beschikbare gegevens uit tellingen van het aantal wagens, hun snelheid en de bezettingsgraad van het wegdek. Concreet zal er gewerkt worden met een reeks metingen verricht op de autosnelweg E17 Gent-Antwerpen.

Onderzoekers en overheid zijn geïnteresseerd in de kwaliteit van deze databank. Eén van de meest voor de hand liggende methodes om dit te doen is gebruik te maken van de statistische eigenschappen van de meetgegevens. Een voorbeeld is de detectie van duidelijk afwijkende datapunten.

Wegens de omvang van de databank dient de nodige aandacht besteed te worden aan de implementatie van de algoritmieken.

Als het onderwerp door studenten gekozen wordt dan dienen Tom en ik nog eens samen te zitten om gedetailleerd de opdracht uit te schrijven.

- Na een jaar in C++ geprogrammeerd te hebben, ben ik terug overgeschakeld naar Java. Aangezien ik hierin verder zal programmeren is het gewenst om er terug in te komen aan de hand van een 'klein' programma (*Financieel Beheer*) van mijn persoonlijke kosten als werkende kotstudent.
- Nieuw 'bureau' geïnstalleerd in het kot naast het bureau van Tom Bellemans *et al.* Er staat nu enkel een tafel en een stoel, maar het valt wel mee. Wat het PC-gebruik betreft, mijn login is reeds in orde en voorlopig heb ik enkel beschikking over de SISTA-multi-media computer waar ik geregeld op kan werken. Tot nu toe gebeurt veel van het typwerk 's avonds op de computer op mijn kot. Het is wat wennen, maar niet per se om over te klagen.
- Een poging tot het formuleren van mijn verdere onderzoeksrichting werd gedaan :
 - Integratie van metingen en algoritmen tot verkeersbeheer (aan de hand van incrementele verbeteringen).
 - Simulatietechnieken.
 - Visualisatie voor het grote publiek (onder andere verkeersinformatie).
 - Gebruik van nieuwe technieken (bijvoorbeeld GSM) voor data-acquisitie.
 - Opstellen van robuuste modellen.
 - Correlatie van verkeer en klimaateffecten onderzoeken.

- Optimalisatie op verschillende niveau's beschouwen.
- Economische haalbaarheid en maatschappelijke en infrastructurele toepasbaarheid.
- Op verschillende niveau's abstraheren (naar uitiem regeltechnisch systeem toe ?).
- Calibratie van benodigde en geïnfereerde data.
- Wat doen anderen ? Papers lezen, theoretische modellen beschouwen, het buitenland bestuderen, de werking van het LIN in het binnenland.
- **Bovenal : een breed perspectief aanhouden.**

Dit alles in een geïntegreerd kader zetten valt echter niet zo goed mee. Het lijkt voor het moment langs de ene kant te groot om aan te vatten, al vind ik langs de andere kant het niet persoonlijk lonend om me te verdiepen in één enkel facet (het grote overzicht is interessanter).

- Serge Demeyer (promotor licentiaatsthesis UIA) gecontacteerd (alsmede Frans Arickx, voormalige werkgever RUCA) en op de hoogte gesteld van de situatie hier aan de KUL. Hun tips zijn altijd nuttig en interessant.

1.3.5 Inschrijvingsprocedure K.U.Leuven

Bij het regelen van mijn personeelskaart kwam ik ongekende problemen tegen : ik had reeds begin augustus aan het ESAT-secretariaat gevraagd welke papieren allemaal door mij moesten getekend worden zodat de hele administratieve procedure zo snel mogelijk afgehandeld kon worden. Men vertelde mij dat dit geen enkel probleem was en men beloofde me dat alles klaar zou zijn voor mijn start op drie september.

Echter, na drie weken tijd ben ik nog steeds niet in de personeelsbestanden van de KUL verzeild geraakt. De dienst Academisch Personeel vertelde me dat ze niets konden doen zolang ze geen goedkeuring van de rector en dergelijke in handen krijgen, wat begrijpelijk is.

Ondertussen levert dit wel enkele problemen op : ik kan geen voorlopig getuigschrift verkrijgen van noch de dienst Academisch Personeel, noch het ESAT-secretariaat. Dit is zeer lastig want dit wil immers zeggen dat ik geen boeken uit de bibliotheek kan ontlenen, niet goedkoper kan gaan eten in de universitaire Alma's, geen KotNet-aansluiting kan krijgen voor op mijn studio, niet kan genieten van het gratis openbaar vervoer in Leuven en geen korting kan krijgen voor een zeker treinabonnement voor de verplaatsing van mijn studio naar huis en vice versa. Ook mijn huurcontract kan nog niet naar de huisvestingsdienst gestuurd worden daar men dan mijn personeelsnummer nodig heeft.

Mijn conclusie is dat de KUL op dit gebied zich zeker niet van haar beste kant toont. Persoonlijke ervaring leert me daarenboven ook nog dat de opvang van nieuwe mensen (i.e. KUL-externen) niet zo spontaan gebeurt, het is alsof je alles maar zelf te weten moet komen. Al moet ik hier wel bij zeggen dat als ik me niet vergis er een zekere bijeenkomst voor alle nieuwelingen wordt gepland ergens in oktober. Ik kan me niet van de indruk ontdoen dat het in Antwerpen anders verloopt, al speelt het feit dat ik de infrastructuur en gewoontes daar al ken een grote rol.

1.3.6 Planning

- Programmeren in MatLab bestuderen.
- Formulering van SQL-queries opfrissen.
- Cursus lezen in verband met systemen (identificatie en controle).
- Het huurcontract laten registeren en naar de huisvestingsdienst sturen.
- Papier mutualiteiten terugvragen van de personeelsdienst.
- Een databank aanleggen met de plaatsgegevens van alle in mijn bezit zijnde papers om ze snel terug te vinden.
- Alle papers van mijn kot (zeven kaften) naar ESAT-bureau verhuizen.
- Alles in verband met de doctoraatsopleiding (DOCOP) regelen.
- Computer bestellen voor op bureau.
- Op vraag van Tom Bellemans het DWTC eindrapport (zie paragraaf 1.1.5) herlezen en de nog resterende fouten eruit halen.
- Griet De Ceuster, Tom Bellemans en Bart De Moor contacteren in verband met het aankomende congres te Brussel.
- Uitvissen waar de afkorting 'ESAT' eigenlijk voor staat.

1.4 Vrijdag 21/09 tot donderdag 27/09

1.4.1 A Complete Fault Diagnostic System for Automated Vehicles Operating in a Platoon

Referentie : [RCH⁺01]

Automatische voertuiggeleiding wordt verondersteld het neusje van de zalm te zijn. Om dit alles in goede banen te laten verlopen is het hierbij wel noodzakelijk dat de fouttolerantie zo laag mogelijk wordt gehouden. Rajamani *et al* ontwikkelden hiertoe een systeem dat in staat is een permanent oog te houden op de verschillende laterale en longitudinale sensoren en actuatoren. Er wordt gewerkt met een systeem van twaalf sensoren en drie actuatoren. Een fout in eender welke sensor kan direct waargenomen worden zonder extra hardware te voorzien.

Diverse simulaties bevestigen de werkbaarheid van het controlesysteem. Iets wat zeker niet vergeten mag worden is de introductie van ruis op de sensormetingen (wat dan ook in de simulaties gebeurt). Een peleton van vijf voertuigen wordt gebruikt met als speciale verandering de wijziging van de snelheid van het voorste voertuig volgens een gekende functie van de tijd.

1.4.2 Weekoverzicht

Vrijdag 21/09/2001 :

- op vraag van Tom Bellemans heb ik het eindverslag voor het DWTC Project MD/01/-024 en MD/01/025 (zie paragraaf 1.1.5) nagelezen en alle spel- en typfouten die ik ontdekte, aangeduid. Vervolgens heb ik met hem samengezeten om alle verbeteringen in het finale document aan te brengen.

Maandag 24/09/2001 :

- een hele tijd kroop in het kiezen van de vakken die ik in het kader van mijn doctoraatsopleiding wou volgen. Verder heb ik het reglement van de K.U.Leuven uitgepluisd naar de modaliteiten die er in de DOCOP gelden (alsmede de specifieke reglementering van het departement Elektrotechniek). Later op de dag was er een receptie voor de derdejaars-studenten waarop de wijn rijkelijk vloeide.

Dinsdag 25/09/2001 :

- het grootste deel van de dag ging naar het omzetten van mijn persoonlijke website van de Universitaire Instelling Antwerpen naar de K.U.Leuven.
- In de voormiddag heb ik ook een les van het vak "*Systeemtheorie en regeltechniek*" (gedoceerd door Josph Vandewalle) bijgewoond. Achteraf gezien bleek dit vak met een sterke basis elektriciteitsleer te starten, iets waar ik op dit moment nog niet direct behoefte aan heb. Ik heb dan ook besloten dit vak dit jaar niet verder te volgen (Ivan Goethals heeft me een cursus gesuggereerd).
- Verder heb ik met Bart De Moor en Tom Bellemans samengezeten om eens van gedachten te wisselen over het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*", waarvan ik samen met Tom Bellemans didactisch begeleider ben.
- Tenslotte heb ik al mijn kaften herschikt (nadat deze van mijn kot naar mijn bureau waren getransporteerd) en genummerd.

Woensdag 26/09/2001 :

- de eerste les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is doorgegaan (gastspreker was Jan Van Impe).

Donderdag 27/09/2001 :

- 's morgens heb ik de eerste les van "*Wavelets met toepassingen in signaal- en beeldverwerking*" (B-KUL-HG66, gedoceerd door Adhemar Bultheel) bijgewoond. Dit vak lijkt zeer interessant daar ik wel een goede achtergrond in signaalverwerking bezit en wavelets tot nu toe redelijk vaag voor me waren.
- Op de middag heb ik met Bart De Moor en Tom Bellemans samengezeten voor het uitstippelen van de verdere planning van onze doctoraten. Bij Tom gebeurde dit zeer concreet, iets waar ik mij ook aan verwachtte. Al snel bleek dat Bart me nog vrij los liet en suggereerde dat ik met diverse mensen eens zou gaan overleggen en eens zou moeten nadenken in welke richting ik verder wil gaan (i.e. programmatorisch, modellering, data-analyse, kwantitatieve benadering, optimalisatie, ...).
- Ik heb ook nog een e-mail ontvangen waarin me wordt gemeld dat mijn computer reeds binnen is maar nog niet geïnstalleerd (dit gebeurt pas nadat de openbare computers in orde zijn).

1.4.3 Planning

- Het aanmaken van een databank-applicatie waarin ik al de in mijn persoonlijk bezit zijnde papers kan onderbrengen voor snellere toegang.
- Van het Internet de volledige cursus "*Wavelets met toepassingen in signaal- en beeldverwerking*" afhalen.

Hoofdstuk 2

Oktober 2001

2.1 Vrijdag 28/09 tot donderdag 04/10

2.1.1 Idris Smart Loops - The Complete Answer

Referentie : [DCS]

Incident-detectiemechanismen maken een integraal deel uit van aan ATIS (Advanced Travelers Information System). Idris is een volledig systeem gebaseerd op tellussen (waarvan wordt gezegd dat zij superieur aan camera's zijn) en een volledig intra- en extra-communicerend netwerkstelsel. Daarenboven worden er ook nog eens talrijke algoritmes gebruikt ter bevordering van de kwaliteit van de data. Opvallend is dat er zeer weinig foute metingen optreden en dat Idris in staat is om onder andere een enkel gestopt voertuig bij lage doorstromingsgraden en diverse andere opstopings-gerelateerde observaties te detecteren.

De schatting van de lengte van een voertuig is een belangrijke component (om de voertuigen correct te kunnen classificeren). Dit kan op verschillende manieren gebeuren en gebleken is dat de calibratiefase hierbij zeer belangrijk is. Het systeem dat momenteel in Vlaanderen gebruikt wordt, is *ondermaats* en levert een zeer slechte datakwaliteit op. Verbetering is hier een primaire noodzaak wil men deze data op de een of andere manier gebruiken !

2.1.2 The Physics of Gridlock

Referentie : [Bud00]

Het betreft hier een paper met betrekking tot verkeersopstoppingen en chaos. De twee inleidende zinnen zijn zeer gevat :

Wat veroorzaakt verkeersopstopping ? Het deprimerende antwoord zou wel eens 'niets' kunnen zijn.

Al zeer snel wordt uiteengezet wat het verschil is tussen de Amerikanen en de Duitsers inzake onderzoeksmethoden en experimentaties. Vertrekkende van het standpunt van de Amerikanen ("Er is een opstopping met als gevolg een dalende doorstromingsgraad, wat doen we ? Kom, we elimineren de flessenhals, dan komt alles terug in orde."), wordt aangegeven hoe de wetenschappers allemaal optimistisch werden (men kon immers de meeste problemen oplossen aan de hand van modellen, simulaties, ...).

Maar toen kwamen de Duitsers op de proppen met hun macroscopische analytische modellen waarin zij tot de constatie kwamen dat onder de juiste omstandigheden opstoppingen *spontaan* kunnen ontstaan.

Een interessante opmerking is dat de systeemcomponenten en hun onderlinge reacties *zelf* aanleiding geven tot het niet-lineaire gedrag van het globale systeem.

Het concept *hysteresis* komt ook hier naar voor bij de beschrijving van de fase-overgangen van het verkeer (vrij stromend → gesynchroniseerd → opgestopt). Tot nu toe ging ik er van uit dat dit eerst aan de K.U.Leuven ontdekt was.

De reactie van de Amerikaanse wetenschappers op deze veronderstellingen van de Duitsers is op zijn minst gezegd hevig. Een meer gematigde en ‘geruststellende’ uitspraak is de volgende : *”De theorie van de Duitsers is één plausibele beschrijving, maar dat wil niet zeggen dat ze geverifieerd is.”* Er wordt ook vermeld dat de term ‘gesynchroniseerd verkeer’ *niet* nieuw is maar dat de Amerikanen er reeds vroeger al over spraken (onder de naam ‘snelheidssympatie’).

2.1.3 Symposium on Chaos Theory and Management

Referentie : [Gol97]

Een centraal thema doorheen dit artikel wordt gevormd door volgende vraag :

Is chaos-theorie slechts oude wijn in nieuwe flessen ?

Allereerst wordt geschetst welke pogingen ondernomen worden om het begrip chaos wat exacter te definiëren. Vervolgens wordt het klassiek voorbeeld gegeven van de logistieke afbeelding (spijtig dat het hier perfect op zijn plaats zijnde bifurcatiediagram ontbreekt). Tot slot wordt er kort uitgebreid over de rol van chaos in publiek beheer en organisatiestructuren.

2.1.4 Weekoverzicht

Vrijdag 28/09/2001 :

- in de voormiddag woonde ik een les bij van het vak *”Design and Analysis of Experimentation”*. Dit vak maakt deel uit van speciaal ingerichte vakken voor de doctoraatsopleiding. Het wordt in ‘creatief’ Engels gegeven en bestaat uit twee delen. Het eerste deel behandelt een introductie tot elementaire statistiek en een manier om experimenten op systematische wijze uit te voeren. Het tweede deel wordt gegeven in het tweede semester en behandelt onder andere ruis op een signaal. Ik ben van plan dit vak te blijven volgen aangezien de aan te leren technieken me wel eens van pas kunnen komen (niettegenstaande het feit dat ik een degelijke achtergrond in statistiek heb).
- Het verdere verloop van de dag bestaat uit het afwerken van de website voor het vak *”Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole”*. Hier blijkt een pak meer werk in te kruipen dan aanvankelijk gedacht.

Maandag 01/10/2001 :

- in de vroege ochtend heb ik een les van het vak "*Digitale signaalverwerking 2*" bijgewoond. Er werd op snelle wijze over FIR-filters gegaan. Me dunkt dat ik in Antwerpen genoeg technieken heb gezien dat dit vak achteraf beschouwd eigenlijk overbodig is, ik zal het dus niet verder volgen.
- De cursus van het vak "*Wavelets met toepassingen in signaal- en beeldverwerking*" is volledig afgedrukt.

Dinsdag 02/10/2001 :

- bijna de hele dag werd besteed aan het afwerken van de website voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*". Ik heb ook een flink pak kopies genomen voor de studenten opdat zij hiervoor zelf niet meer hoeven te zorgen.

Woensdag 03/10/2001 :

- de tweede les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is doorgedaan (gastdocenten waren Griet De Ceuster en Tom Bellemans). Griet gaf een inspirerende les en heeft me ook nog uitgelegd welk algoritme nu in Vlaanderen wordt gebruikt om de lengte van de voertuigen te bepalen met behulp van enkelvoudige lussen.
- Ik ben ook begonnen met een gedeelte van mijn persoonlijke website speciaal te wijden aan mijn doctoraat. Het is de bedoeling dat alle beschikbare informatie daar terecht komt ; het Internet is een grote troef (het is immers dat wat me in eerste plaats naar Leuven heeft gebracht).

Donderdag 04/10/2001 :

- de tweede les van het vak "*Wavelets met toepassingen in signaal- en beeldverwerking*" is doorgedaan. Het was zeer interessant daar het concept van filters en filterbanken met betrekking tot multiresolutie werd uitgelegd en gedemonstreerd aan de hand van MatLab-programma's.
- Verder heb ik al mijn papers die ik in elektronische vorm bezit aan mijn persoonlijke website toegevoegd. Het betreft nu al een redelijk uitgebreide literatuurlijst.

2.1.5 Planning

- Uitzoeken wat Kalman-filters zijn.

2.2 Vrijdag 05/10 tot donderdag 11/10

2.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 05/10/2001 :

- de tweede les van het vak "*Design and Analysis of Experimentation*" is doorgegaan. Vandaag werden zuivere schatters besproken en het gebruik van de (normale) Gauss-verdeling.
- Na lang overleg met Els Bogaert (die volgens haar eigen woorden ongeveer honderd emails achterstand had) is het eindelijk doorgedrongen dat de huidige situatie met betrekking tot mijn inschrijving niet langer houdbaar is. Toen ik met de kwestie van een voorschot op mijn verloning op de proppen kwam, bleek dat er nog drie andere beginnende doctoraatsstudenten dezelfde vraag hadden gesteld. Het resultaat is dat er een versnelde procedure op gang wordt getrokken : de verwachting is dat ik binnen ongeveer één week mijn studentenkaart kan gaan afhalen.
- Bart De Moor heeft abusievelijk mijn naam verkeerd gespeld doorgegeven aan Johan Suykens met als gevolg dat er enkele personen waren die mij niet konden bereiken. Ik heb de betrokken partijen gecontacteerd en gevraagd om er zo snel mogelijk iets aan te doen.
- Griet De Ceuster en Tom Bellemans brachten me gelijktijdig op de hoogte van een korte cursus over "*Dynamic Traffic Flow Modelling and Control*" die in Amersfoort zal gegeven worden door prof. Markos Papageorgiou, ik heb me direct laten inschrijven en samen met Tom al gezocht naar een hotel dat we ginder kunnen reserveren (het is het 'Best Western'-hotel geworden). De cursus zal doorgaan van donderdag 11/10 tot vrijdag 12/10. De verwelkomingsreceptie voor en gedeeltelijk door de nieuwkomers zal ik bijgevolg niet kunnen bijwonen.
- Bart De Moor is er weer ingeslaagd om mijn mailbox bijna te doen ontploffen. De reden hiervoor was dat er een heleboel nieuw materiaal beschikbaar was voor de website van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*". Het toevoegen van dit materiaal heeft bijna de hele dag gevergd.

Maandag 08/10/2001 :

- het 'onwaarschijnlijke' is gebeurd : ik heb nu in mijn bezit een papier (*met handtekening*) waarop staat dat ik toegelaten wordt een inschrijving te nemen tot de doctoraatsopleiding voor het academiejaar 2001-2002. Ik ga zo snel mogelijk mijn studentenkaart afhalen op het studentensecretariaat.
- Ik heb een kaft samengesteld voor Bart De Moor zodat hij op de voet kan volgen welke documenten wel en niet beschikbaar zijn voor de studenten van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*".
- In de late avond (lees : na vijf uur 's avonds) heb ik met Bart De Moor en Tom Bellemans samengezeten om eens van gedachten te wisselen over een van de laatste ingevingen van Bart : stel dat van elk voertuig in een netwerk de bestemming is geweten, kunnen we dan op een of andere efficiënte manier een optimalisatie op globaal niveau uitvoeren (aan de hand van de thesis en paper van Tom Schouwenaars).

Dinsdag 09/10/2001 :

- De website van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is aangepast, een proces waar een hele tijd ingekropen is.

Woensdag 10/10/2001 :

- de derde les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is doorgegaan, gastdocent was ir. Stijn Verbert. Daarnaast heeft collega Steven Bex besloten om dit vak in het kader van zijn doctoraatsopleiding verder te volgen.
- Ik heb een SISTA-seminarie, waarop onder andere Ivan Goethals kwam spreken, bijgewoond. Het handelde over de diverse servers die beschikbaar zijn en waarop zware berekeningen kunnen uitgevoerd worden. Interessant om weten is dat er een rekencluster beschikbaar zal worden gesteld die de rekencapaciteit van SISTA drastisch zal doen toenemen. Het viel me op dat het Engelse accent nog niet bij alle SISTA'ers is ingeburgerd en er wat dat betreft nog werk aan de winkel is.

Donderdag 11/10/2001 :

- de dag begon al redelijk vroeg vermits ik om 6u23 de trein naar Amersfoort (noord-Nederland) diende te nemen. Ik had op het station van Antwerpen-Berchem met Tom Bellemans, Steven Logghe en Filip Vanhove afgesproken. Rond 8u30 kwamen we in Amersfoort aan waar we enkele belachelijke momenten met een 'treintaxi' hebben meegemaakt. Rond 9u30 bevonden we ons in het DHV-gebouw waar de les van prof. dr. ir. Markos Papageorgiou reeds was gestart. Het was zéér interessant en de spreker wist exact de stof begrijpelijk over te brengen. Zelfs Steven en Tom, die al ruim drie jaar doctoreren op verkeer, vonden het de moeite om eens alles op een rijtje en duidelijk uitgelegd te krijgen. Interessant om te horen waren ook de modellen die in de vloeistofdynamica worden gebruikt (en die automatisch toegepast worden op verkeersstromen). Voor meer informatie, zie [Pap01].

Op de middag werd een groepsfoto gemaakt en werden de lessen verder gezet. 's Avonds zijn we gaan eten in 'Het Madammeke' alwaar we (ik en Tom) nog enkele vruchtbare conversaties gevoerd hebben met de gastspreker (die toch wel toevallig vlak over ons zat aan de tafel). Interessant om horen was de opinie van Papageorgiou over Helbing en Kerner (de man die iedereen koste wat kost probeert te overtuigen van zijn gelijk).

Ondertussen vond in het ESAT-gebouw de receptie voor de nieuwkomers plaats. Spijtig genoeg kon ik hier niet op aanwezig zijn. Ook heb ik de derde les van "*Wavelets met toepassingen in signaal- en beeldverwerking*" gemist.

2.2.2 Planning

- Het uitwerken van deze rapportering gaat niet zonder problemen. Vaak is er geen tijd omdat ik nog vanalles moet regelen voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*", al gaat dit de laatste tijd steeds sneller en efficiënter. Ook bij het lezen van papers geraak ik achterop aangezien er altijd iets tussenkomt. De administratie slurpt de laatste tijd nogal veel van mijn tijd op.

2.3 Vrijdag 12/10 tot donderdag 18/10

2.3.1 Grafisch modelleren van verkeer op snelwegen

Referentie : [Str01]

Dit eindwerk leek aanvankelijk veelbelovend, al ontnuchterde het vrij snel. Ik veronderstel dat dit in sterke mate te maken heeft met het feit dat ik in mijn laatste licentiejaar een redelijke hoeveelheid papers diende te schrijven zodat ik met iets andere ogen naar dit werk keek. Naast de af en toe aanwezig zijnde typfouten viel me ook een algemeen probleem op : niet iedereen is blijkbaar in staat zich gedegen uit te drukken in de Nederlandse taal, een kwaliteit waar men zeker aan moet werken.

De thesis zelf was in verschillende delen opgesplitst : wat ik echter miste was een degelijke literatuurstudie die volgens mijn hier wel ontbrak. Als referentie geef ik graag mijn eigen licentiaatsthesis (zie [Mae01a]) op. Zeer interessant was de koppeling met een GIS-databank, al bleek achteraf dat dit slechts zeer beperkt ondersteund werd. Het viel me tegen dat het niet mogelijk was om bestaande GIS-informatie te gebruiken als ‘template’ voor het definiëren van de wegenstructuur (in *Mitrasim 2000* werkte ik met satellietbeelden als achtergrond).

Het was ook duidelijk te zien dat de auteur in kwestie geen programmeur was : er stonden verkeerdelijke beweringen in over Java (de verschillen tussen *applets* en *applications*, de verschillen met C++, ...), de kwaliteit van de code was die van iemand die object-georiënteerd probeert te programmeren maar daar geen degelijke opleiding voor heeft gevolgd (of voldoende ervaring in heeft opgedaan). De auteur probeert zich hieruit te helpen door te stellen dat het doel van de thesis niet zozeer een programmeer-oefening is (iets wat volgens hem thuis hoort in het departement Computer Wetenschappen). Jammer genoeg is dit het enige dat zijn thesis als doel vooropstelt aangezien er geen oordeel wordt geveld over het gebruikte macroscopische model en er geen praktische implementatie aan de hand van een bestaande situatie wordt gegeven.

Me dunkt dat over de hele lijn gezien er wel potentieel in deze thesis zat maar dat dit er helemaal niet uitgehaald is. Daarenboven lijkt het me nogal belachelijk om in een dissertatie de helft van het aantal bladzijden te wijden aan automatisch gegenereerde code en alle Java-code.

2.3.2 Weekoverzicht

Vrijdag 12/10/2001 :

- en weerom begon na een nacht van weinig slapen de volgende sessie van de korte cursus "*Dynamic Traffic Flow Modelling and Control*" gegeven door prof. dr. ir. Markos Papageorgiou. Het ging vooreerst over detectoren en de metingen die ze opleveren en vervolgens ging het over dynamisch verkeersbeheer (met onder andere een uitgebreide noot over het regelen van verkeerslichten om kruispunten systeem-optimaal te laten functioneren). Voor meer informatie, zie [Pap01].

Vlak voor het begin van de middag-sessies werd ons kort het gebruik van AIMSUN getoond voor het werken met lusedetectoren in het wegdek. Het was bijzonder boeiend om nog eens een microscopische simulator in werking te zien.

De lessen waren redelijk zwaar : in totaal ruim zes uur per dag geconcentreerde stof krijgen is niet niks. Maar op het einde kregen we een gehandtekend certificaat van deelname aan de cursus.

's Avonds vertrokken we met de trein terug naar België (ik was thuis rond 21u00).

Spijtig genoeg kon ik niet aanwezig zijn op de derde les van het vak "*Design and Analysis of Experimentation*" en 's avonds heb ik ook het diner met TNO Intro gemist.

Maandag 15/10/2001 :

- gedurende de hele dag heb ik op Ludit een inleidende cursus S-PLUS gevolgd. Het software-pakket lijkt me zeer interessant daar het bijzonder geschikt is om op eenvoudige wijze zware statistische bewerkingen op data uit te voeren. Ook beschikt het over uitgebreide methodes om data in diverse grafiekvormen te visualiseren. Toen ik thuis kwam bleek dat er geen licentie-code met de gratis CD meegeleverd was.
- Er werd ook bekend gemaakt dat ons voorstel voor het vak "*Projectwerk*" niet gekozen is.

Dinsdag 16/10/2001 :

- het grootste deel van de dag ging naar het afwerken van de website voor mijn doctoraat (te vinden op <http://phdsven.dyns.cx>).
- Verder heb ik ook alle persoonlijke administratie afgehandeld (geboorte-uitreksel bekomen, attest van inschrijving aan de K.U.Leuven en een getuigschrift van het behaalde diploma *Licentiaat in de Informatica* aan de Universitaire Instelling Antwerpen). Daarnaast heb ik ook mijn onkostenvergoeding (F2-formulier) ingediend.
- De website van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is weer aangepast met de nieuwe gegevens.
- Normaal ging ik met Bart De Moor naar Brussel voor de DWTC-ontmoeting (hij had hiertoe een email rondgestuurd). Vlak voor het vertrek naar de vergadering meldde hij me dat dit enkel een administratieve vergadering zou zijn waar ik niets aan heb, zodat ik uiteindelijk dan maar niet ben gegaan (al vond ik dat Bart me dan in eerste instantie ook niet hoefde te verwittigen).
- Eindelijk nog eens een persoonlijk record : het aantal emails in mijn mailbox bedraagt nu exact vijf...

Woensdag 17/10/2001 :

- de vierde les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is doorgedaan, gastdocent was ir. Christiaan Moons. De deadlines voor het afhalen van de boeken, het inleveren van de eerste kladversie van de papers en het inleveren van de finale versie van de papers werden bekend gemaakt. De les zelf was zeer interessant en redelijk goed te volgen voor iemand die nog nooit iets met systemen en regelaars te maken heeft gehad. Vermeldenswaard was de korte demonstratie van regelsoftware die op het einde werd gegeven.
- Bart De Moor bracht mij en Tom Bellemans op de hoogte van een vergadering in Brussel die door zal gaan op vrijdag 16 oktober 2001. Ik heb uiteindelijk besloten om *niet* mee te gaan daar ik de volgende les van het vak "*Design and Analysis of Experimentation*" niet wil missen.

Donderdag 18/10/2001 :

- 's morgens ging normaal de vierde theorieles van "*Wavelets met toepassingen in signaal- en beeldverwerking*" door maar deze werd vervangen door een oefenzitting gegeven door Evelyne Vanraes. Deze bleek moeilijker dan aanvankelijk gedacht en we hebben dan ook met de hele klas collectief gezweet op de opgaves.

- Verder heb ik de licentiaatsthesis van Kristof Stroobants gelezen (zie paragraaf 2.3.1 voor meer details hieromtrent).
- Ik heb ook enkele onderzoeksdoelen geformuleerd die ik de komende maanden hoop te verwezenlijken. Deze werden met *beschrijving*, *details* en *tijdstabel* integraal op het Internet geplaatst. Een kort overzicht :
 - statistische analyse van een databank met voertuigtellingen van autosnelwegverkeer met behulp van S-PLUS,
 - beslommeringen en problemen bij de constructie van microscopische verkeerssimulators,
 - verhogen functionaliteit Mitrasim 2000 (door implementatie van toeritdosering en ‘turning fractions’)
 - en het ontwerpen van een rudimentaire macroscopische verkeerssimulator in MatLab.
- Bart De Moor heeft ook een SISTA-seminarie gegeven waarin hij allerhande aspecten van SISTA als onderzoeksgroep heeft belicht.

2.3.3 Planning

- Na de lessen van prof. dr. ir. Markos Papageorgiou heb ik enkele interessante ideeën gekregen :
 - in Mitrasim 2000 kan ik de routes opgeven met behulp van ‘turning fractions’ op elke splitsing. Daarnaast denk ik dat ik ook eenvoudig toeritdosering (*ramp metering*) kan incorporeren. Het doel is niet zozeer om Mitrasim 2000 dan verder te gaan gebruiken, maar eerder om wat meer praktisch gevoel met beide technieken te krijgen.
 - Vermits het projectvoorstel niet gekozen werd, ga ik me de komende maanden onder andere toeleggen op het statistisch analyseren van de teldata van enkele lusdetectoren. Mogelijk kan hier een paper uit volgen.
 - In MatLab een eenvoudig macroscopisch model programmeren om enerzijds met MatLab te leren werken en anderzijds om ervaring met macroscopisch modellen op te doen.
 - Ik kreeg een idee voor klein onderzoek (en ineens dan ook een paper) : beslommeringen en problemen bij het ontwerpen van microscopische verkeerssimulators. Dit onderwerp past zeer goed bij me aangezien ik één van de weinige mensen in dit onderzoeksveld ben die *zelf* een ‘complete’ microscopische verkeerssimulator heeft ontworpen.
- De technische beschrijving van NETCELL [CLD97] lezen.

2.4 Vrijdag 19/10 tot donderdag 25/10

2.4.1 Advanced traffic control on highways

Referentie : [SBL⁺99]

Deze paper gaat over *automated highway systems* (AHS). Er wordt onder andere gesproken over platoons van voertuigen die op minder dan twee meter van elkaar reizen. Menselijke bestuurders kunnen onder dergelijke omstandigheden niet snel genoeg reageren om de veiligheid te garanderen. Merk op dat AHS verschilt van ATMS (de intelligentie zit dan niet in de auto's zelf maar bevindt zich eerder op het niveau van de autosnelweg).

Er wordt uitgegaan van een modelgebaseerd denkbeeld waarbij sensoren, modellen en actuatoren benodigd zijn. Vermits er *lokale* regelingen kunnen getroffen worden die elkaar tegenspreken op *globaal* niveau, noodzaakt dit tot een controlesysteem dat hiërarchisch van aard is.

Daarnaast worden er in deze paper summier enkele wiskundige modellen besproken. Maar het handelt uiteindelijk eerder over wat deze modellen semantisch doen dan een beschrijving van de effectieve wiskundige achtergrond. Tot slot wordt er simulatiesoftware besproken.

Al bij al is dit een zeer algemene paper die me niet echt iets nieuws bijbrengt, maar eerder een overzicht schetst.

2.4.2 Weekoverzicht

Vrijdag 19/10/2001 :

- de vierde les van het vak "*Design and Analysis of Experimentation*" is doorgegaan. De les begon met enkele oefeningen, vervolgens werd het laatste deel van inleidende statistiek gegeven, met onder andere een korte uiteenzetting over residuals en variantie-analyse (ANOVA). Koen Nevelsteen heeft me tegen volgende week een kopie van de cursustekst beloofd (in ruil voor 150,- BEF).
- Verder heb ik de paper "*Advanced traffic control on highways*" (zie paragraaf 2.4.1) gelezen.
- Ik heb aan iedereen van SISTA gevraagd wie er nog een bureautafel op overschot had. Er reageerde vrij snel iemand met als gevolg dat ik nu een hoek heb waar ik me al heel wat comfortabeler voel. Van mijn collega's ving ik op dat het verhuizen van meubilair normaal niet mag ('dat is niet het beleid van SISTA'), maar dat staat nergens tussen de 'SISTA Do's and Don't's'.

Maandag 22/10/2001 :

- het grootste deel van de dag heb ik verder geprogrammeerd aan mijn software voor *Financieel Beheer* (een rapporteringsmodule voor leningen werd ingebouwd). Ik heb daarnaast ook nog eens nagedacht over het ontwerp van de software voor mijn paper-databank.
- 's Avonds ben ik naar Stephen Hawking geweest die kwam spreken aan de UCL in Brussel (al heb ik wel dankzij de nalatigheid van iemand de eerste 45 minuten gemist). De uiteenzetting had als titel "*A brane new world*".

Dinsdag 23/10/2001 :

- ik heb met Bart De Moor en Ilse Pardon samengezeten voor een informatieve sessie van het geaccepteerde DWTC-project CP-TR-18 (*Duurzaamheidseffecten van verkeersmanagementsystemen*). Het was een zeer algemene en administratieve sessie. Het blijkt dat de K.U.Leuven de rol als coördinator op zich neemt.
- De website voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is in orde gebracht voor de gastspreker van woensdag 24 oktober.

Woensdag 24/10/2001 :

- de vijfde les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is doorgedaan. Gastspreker was Christophe Traest (Sidmar) en hij had het voornamelijk over de controle van hoogovens.
- Ik heb een schets gemaakt van 't Torenke' op het vijfde verdiep, een plaats waar ik terecht zou komen. De effectief leefbare oppervlakte bedraagt ongeveer twaalf vierkante meter, wat te weinig is om comfortabel met drie personen te zitten.

Donderdag 25/10/2001 :

- de vierde les van het vak "*Wavelets met toepassingen in signaal- en beeldverwerking*" is doorgedaan. De onderwerpen waren diverse orthogonaliteitseisen, de lifting-techniek, de twee-dimensionale wavelet-transformatie en de continue wavelet-transformatie. Ik heb het idee opgevat om als een van de twee te bespreken papers, als onderwerp iets over compressie van meshes met behulp van wavelets te nemen.
- Ik heb een heel blok papier gelezen voor het DWTC-project CP-TR-18.
- Ik heb met Bart De Moor, Tom Bellemans en Ilse Pardon samengezeten voor weeral een administratieve vergadering voor het DWTC-project CP-TR-18.
- Geert Fannes werkt nu op een laptop en heeft me zijn vorige computer geleend om op te werken. Op deze computer staat Windows NT geïnstalleerd (ik heb de systeembeheerders ook de netwerkverbinding in mijn lokaal laten installeren). Mijn bureau is al iets krupper, maar het is nog redelijk doenbaar.

2.4.3 Planning

- Het zoeken van een goede paper die handelt over de compressie van meshes met behulp van wavelets.

Hoofdstuk 3

November 2001

3.1 Vrijdag 26/10 tot donderdag 01/11

3.1.1 Het heelal is een hologram

Referentie : [Dra01b]

Er wordt vooreerst geschetst wanneer juist de snaartheorie op de proppen kwam : tot de jaren tachtig worstelde men met het probleem dat volgens de quantummechanica alle informatie behouden blijft, maar dat contradictorisch er toch informatie in een zwart gat kan verdwijnen. Er wordt zeer kort verteld wat de onstaansgeschiedenis van de snaartheorie is, met de belangrijke opmerking dat op een gegeven moment er niet één maar meerdere parallel geldende snaartheorieën waren (allen met negen ruimtelijke en een tijdsdimensie). Het fenomeen van de ‘onwaarneembare’ dimensies wordt verklaard door het oprollen ervan. Echter, in 1995 stak een nieuw idee de kop op, namelijk de membraantheorie. De snaren bewegen zich nu met de snelheid van het licht in membranen en niet volledig vrij zoals men aanvankelijk dacht. Een groot succes werd geboekt doordat men ontdekte dat de voorheen verschillende snaartheorieën er eigenlijk slechts één is. Dit gaf aanleiding tot de zogenaamde M-theorie. Het succes van deze theorie ligt onder andere in het feit dat zij vlot het bestaan van zwarte gaten (met een quantummechanische beschrijving !) voorspelt. Niet alle problemen zijn echter van de baan en het is nog steeds wachten op een serieus gedegen kandidaat voor de TOE (*Theory Of Everything*). Een van de belangrijkste doorbraken de laatste jaren is het holografisch principe (het heelal wordt voorgesteld als een zeepbel met alle informatie vervat in de twee dimensies van het membraan).

Er wordt vervolgens overgegaan op het feit waarom de zwaartekracht als zo zwak wordt ervaren en dat Hawking zich hier nu actief mee bezig houdt : hoe is het leven op een membraan ? Zijn er meerdere membranen en leven wij slechts op één ervan ? Interessant om lezen zijn de mogelijke gevolgen van de M-theorie voor het ontstaan van het heelal, iets wat men de term ekpyrotisch (Grieks, ‘hevige brand’) toedicht; er wordt dan een beschrijving van de schepping/oerknal gegeven. Vermeldenswaard is de stelling dat onze wereld slechts maar een deel is van hetgeen er allemaal bestaat. Hawking is op dit moment niet te vinden voor het ekpyrotisch model. . .

3.1.2 Traffic and Granular Flow '99 : Social, Traffic and Granular Dynamics

Referentie : [HHSW99]

Er wordt in de bespreking hoofdzakelijk een overzicht gegeven van welke onderwerpen door welke auteurs werden aangekaart tijdens de internationale workshop. Dynamische systeemmodellen voor politieke partijen, gelijkaardige modellen voor de evolutie van oude naar nieuwe theorieën en Darwiniaanse evolutie, modellen voor groepsbeslissingen en het vormen van opinies, optimalisatiemethodes bekend als portfolio-strategieën die onder andere de reistijden in snelwegverkeer minimaliseren, de studie van fase-overgangen (door de bekende onderzoeker Kerner) als een verbinding tussen individueel en collectief gedrag wat zich manifesteert in de overgang tussen de verschillende verkeersregimes (vrij-stromend, gesynchroniseerd en opgestopt), modellen gebaseerd op individuele voertuigdynamica, thermodynamische modellen, modellen gebaseerd op cellulaire automaten, continuüm dynamische modellen, ...

3.1.3 Antwerpen is voorstander van tweede toltunnel onder Schelde

Referentie : [MDR01]

Dit artikel handelt over de Oosterweeltunnel en de repercussies daarvan op het verkeer (en de eventuele financiële aspecten die hierbij ook achteraf komen kijken). De studie wordt bekeken door de staten-generaal, een overlegplatform van een honderdtal Antwerpse politici, mensen uit het bedrijfsleven, de vakbonden en de actiegroepen. Er wordt vooreerst het tracé geschetst waarlangs de nieuwe oeververbinding loopt, daarnaast wordt er kort iets gezegd over de ondertunneling van de Singel en de heraanleg van de Leien en diverse andere infrastructurele maatregelen. Naar het einde toe wordt er wel gesproken over de tijd waarin al deze werken voltooid zullen zijn : de Oosterweelverbinding zal pas in 2009 gereed zijn.

Naar aanleiding van dit artikel, nam ik contact op met Griet De Ceuster om haar standpunt omtrent dit alles eens te horen. Algemeen gezien vindt ze het moeilijk om een mening te geven, er is bij haar weten maar een klein aantal zeer magere voorstudies geweest (met het macromodel Antwerpen). De aannames in dat model zijn vervoerseconomisch zeer slecht onderbouwd. Ze is er wel redelijk van overtuigd dat de Oosterweelverbinding in elk geval nodig lijkt. Tolheffing moet op alle vier de tunnels en liefst ook nog te Temse. Hoe lager de reistijd, hoe meer tol (met toltarieven die variabel gedurende de dag zijn).

3.1.4 Weekoverzicht

Vrijdag 26/10/2001 :

- de vijfde les van het vak "*Design and Analysis of Experimentation*" is doorgegaan. Het ging voornamelijk over regressie-analyse en een inleiding over *factorial design* (en dit laatste onderwerp is eigenlijk de reden waarvoor ik de cursus in eerste instantie volg). Merk op dat Koen Nevelsteen niet aanwezig was, met als gevolg dat ik nog steeds *geen* cursus heb.

Maandag 29/10/2001 :

- in Knack stond een artikel dat handelde over de voordracht "*A Brane New World*" gegeven door Stephen Hawking. Zie paragraaf 3.1.1 voor meer details hieromtrent.

Dinsdag 30/10/2001 :

- Bart De Moor gaf me een interessante bespreking van een boek ("*Traffic and Granular Flow '99 : Social, Traffic and Granular Dynamics*") dat de vorderingen van een internationale workshop weergeeft. Zie paragraaf 3.1.2 voor meer details hieromtrent.
- Verder heb ik ook de reisinformatie opgevraagd voor mijn trip naar het symposium ("*Missing Data*") te Utrecht volgende week, alsmede een begroting ingevuld voor mijn reisaanvraag. Ook werden nog enkele administratieve zaken geregeld met de organisatoren van het symposium.

Woensdag 31/10/2001 :

- er is geen les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" doorgegaan.
- Ik heb het krantenartikel "*Antwerpen is voorstander van tweede toltunnel onder Schelde*" gelezen (zie paragraaf 3.1.3 voor meer details hieromtrent).

Donderdag 01/11/2001 :

- de vijfde les van het vak "*Wavelets met toepassingen in signaal- en beeldverwerking*" ging niet door wegens collectief verlof (*Allerheiligen*) aan de K.U.Leuven.

3.2 Vrijdag 02/11 tot donderdag 08/11

3.2.1 Keeping Cars from Crashing

Referentie : [Jon01]

Opvallend is dat de inleidende paragraaf in dit artikel eindigt met de alomgekende toekomstvisie : voertuigen zullen aan snelheden die honderd kilometer per uur overschrijden zo goed als bumper tegen bumper zich op de autosnelweg voortbewegen terwijl de passagiers slapen, televisie kijken, ... Maar men maakt al direct hierna de opmerking dat dergelijke scenario's nog minstens twintig jaar van ons af liggen. Het concept van ACC (*adaptive cruise control*) wordt geïntroduceerd, de werking ervan doet sterk denken aan de regels waarop microscopische verkeerssimulators gebaseerd zijn. Veel sensoren zijn gebaseerd op radar- en lidar- (*light detecting and ranging*, het laser-gebaseerde analoge van radar) technieken. De lidar-techniek wordt als onvoldoende effectief ervaren aangezien deze onder slechte weersomstandigheden problemen oplevert. Opmerkelijk is het feit dat autoconstructeurs weigeren om hun ontwerp aan te passen aan ACC, met als gevolg dat de ontwikkelaars van ACC de toestellen zo klein moeten maken dat ze passen in de voorgrill van een auto. Dit leidt tot het gebruik van een korte antenne en dus een hoge frequentie (76-77 GHz).

Naast ACC wordt er tegenwoordig veel aandacht aan CACC (*cooperative adaptive cruise control*) besteed. Bij deze techniek wordt ook informatie tussen de voertuigen onderling uitgewisseld, wat aanleiding geeft tot een beter peleton-gedrag. Een prototype werd reeds geïmplementeerd in het California PATH-onderzoek. Daarnaast gaat er onder leiding van Fujitsu Ten Ltd. aandacht uit naar een alternatievere vorm van cruise control : het systeem werkt hoofdzakelijk in opgestopte verkeerstoestanden bij lagere snelheden. De basis heet fusion-sensortechnologie waarbij de standaard sensor gekoppeld wordt aan een 640x480 pixel stereo camera met een gezichtsveld van ongeveer veertig graden. Men hoopt in de toekomst nog meer bereikt te hebben, tot zelfs volledig autonome voertuigen (voorbeelden van onderzoek zijn VITA (*Vision Technology Application*), het *Intelligent Vehicle Initiative* in Amerika, ...).

In een korte zijnoot wordt er gesproken over automatische voertuigcontrole en waarschuwingssystemen bij vrachtwagens en sneeuwruimers. Er wordt vermeld dat het aantal ongevallen met zeventig procent verminderd is sinds deze systemen hun intrede deden.

3.2.2 Anatomie van de file

Referentie : [Dra01a]

Dit artikel bevat onder andere een interview met Griet De Ceuster en Steven Logghe van het departement Bouwkunde aan de K.U.Leuven. Als uitgangspunt van het artikel wordt gesteld dat de verkeersexperten veel van de auto maar weinig van de mens af weten. De oplossing voor de mobiliteitsproblematiek is een fundamentele mentaliteitswijziging en niet alleen technische oplossingen. Er wordt gesteld dat er in Vlaanderen slechts weinig bekwame verkeersdeskundigen zijn en waarom het zo moeilijk is om doortastende maatregelen te treffen. Van de vele probeersels (bijvoorbeeld het ozontarief voor treinen) wierpen er slechts weinig degelijke vruchten af (bijvoorbeeld het gratis openbaar vervoer in Hasselt geïntroduceerd door Steve Stevaert).

Er wordt ook kort een gesynchroniseerd stroommodel besproken : iedereen rijdt verstandig, zonder plots op te trekken of af te remmen en zonder van rijstrook te veranderen. In dit model wordt aangetoond dat één ongeduldige of verstrooide chauffeur volstaat om een drukke verkeerssituatie in een file te laten ontaarden.

Verder wordt gesteld dat een lage, uniforme snelheid in veel gevallen de gemiddelde reistijd verkort (iets wat Steve Stevaert graag hoort aangezien deze een snelheidsbeperking van zeventig kilometer per uur op alle gewestwegen wil inrichten).

Het artikel belicht slechts het topje van de wiskundige modellen achter verkeer (en files); er wordt kort ingegaan op hetgeen men als 'Logghes modellen' bestempeld (wat strikt genomen niet *zijn* modellen zijn). Belangrijk is dat men niet per se wil werken aan nieuwe infrastructurele werken, maar eerder gebaseerd op de huidige bestaande verkeerssystemen. Vooreerst dient er een beter begrip ontwikkeld te worden van het gedrag van het Vlaamse wegverkeer (cfr. E17). Een andere maatregel die in de nabije toekomst veel aandacht zal krijgen is het rekeningrijden waarbij men er uiteindelijk zal voor betalen om in de file te staan. Merk wel op dat Steve Stevaert uiteindelijk wel contra rekeningrijden is.

3.2.3 Weekoverzicht

Vrijdag 02/11/2001 :

- er is geen les van het vak "*Design and Analysis of Experimentation*" doorgestaan wegens collectief verlof (*Allerzielen*) aan de K.U.Leuven.

Maandag 05/11/2001 :

- ik heb in het station van Leuven een treinticket naar Utrecht voor het symposium op acht november gekocht.
- Het grootste deel van de dag ging naar het in orde brengen van allerhande administratie voor het aankomende symposium.
- 's Avonds was er een informatieve sessie in verband met doctoreren aan het departement Elektrotechniek, ESAT. Ronnie Belmans kwam spreken en gaf een redelijk boeiend overzicht van hetgeen er langs de wettelijke kant allemaal bij komt kijken qua statuten. Ik had echter wel al ongeveer hetzelfde te horen gekregen toen Frans Verbeure (departement Natuurkunde, UIA) eerder dit jaar een infosessie gaf. Ook waren er twee getuigenissen (Walter Daems en Leentje Vanhamme) over hetgeen er *rond* een doctoraat hangt en niet zozeer over het effectieve doctoraat zelf. De getuigenissen kwamen in mijn ogen wel redelijk spontaan over maar niet echt extreem goed voorbereid (er is altijd ruimte voor verbetering).

Dinsdag 06/11/2001 :

- ik heb volgende twee artikels gelezen : "*Keeping Cars from Crashing*" (zie paragraaf 3.2.1) en "*Anatomie van de file*" (zie paragraaf 3.2.2).
- Een redelijk deel van mijn tijd werd gespendeerd aan het in orde brengen van de website voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" en het maken en bundelen van kopies van de slides voor de studenten.
- Verder heeft Bart De Moor laten weten dat bijna iedereen in SISTA van bureau zal veranderen. Ik en Tom Bellemans worden samengezet in 05.08 op het vijfde verdiep.

Woensdag 07/11/2001 :

- in de voormiddag werd ik verwacht in het Universitair Centrum Antwerpen (RUCA) om te verschijnen voor de visitatiecommissie Informatica als afgevaardigde van de

studenten in de onderwijscommissies. Met mijn drie jaren ervaring had ik toch wel enige nuttige en inhoudelijke contributie te leveren.

- De zesde les van het vak "Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole" is doorgegaan. Het handelde over de integrale kwaliteitszorg bij de productie van verlichtingssystemen, gastsprekers waren Piet Bosmans, Piet Watté en Stefaan Van Haute. Spijtig genoeg kon ik niet aanwezig zijn.

Donderdag 08/11/2001 :

- De dag begon net zoals de cursus te Amersfoort weerom vrij vroeg met het doorbrengen van ruim twee uur op de trein richting Utrecht. Eenmaal daar aangekomen, begaf ik me naar het Beatrixtheater in de 'Jaarbeurs Utrecht'. Vervolgens mocht ik even aanschuiven in de rij voor de deelnemers die nog niet het inschrijvingsgeld betaald hadden, waarna ik mijn pakket in ontvangst mocht nemen (het belangrijkste hierin was [BvB01], dit is de bundel met alle papers erin vervat die door de gastsprekers werden aangekaart). Het symposium werd nogal groots aangekondigd wat werd bevestigd door de meer dan talrijke opkomst. De gastsprekers waren experts in hun vakgebied, met onder andere Joseph L. Schafer (die kwam spreken over multi-pele imputatie in multivariate problemen wanneer de imputatie- en analysemodellen verschillen), Geert Molenberghs (die het over sensitiviteits-analyse voor incomplete data had), Carl-Erik Särndal (die het over gewichten voor non-respondenten en de daarbij horende theoretische en computationele aspecten had), Susanne Raessler (die het voornamelijk over de fusie van verschillende data had) en Donald Rubin (die ook wel bekend staat als 'de vader van de multi-pele imputatie', hij gaf enkele algemene waardevolle opmerkingen met de speciale vermelding dat hij slechts twee slides gebruikte die hij op het moment zelf vol tekende). Gedurende de sessie werden de termen MAR (*missing at random*), MNAR (*missing not at random*) en MCAR (*missing completely at random*) frequent gebruikt.

Nadat alle gastsprekers de revue waren gepasseerd, heb ik nog kortelings met Donald Rubin gesproken en hem gevraagd naar het gebruik van multi-pele imputatie bij het behandelen van datasets afkomstig van lusdetectoren in het wegdek. Hij wist me onmiddellijk te vertellen dat hij iemand kende die daar mee bezig was geweest en na even na te denken ga hij me de naam door van de referentie bij wie ik te rade diende te gaan. Het betreft hier David Brownstone, professor in de economie aan de universiteit van California. Hij gebruikte zogenaamde *refreshment-samples* en multi-pele imputatie.

3.2.4 Planning

- Vragen aan de organisatoren om me een kopie op te sturen van de foto's die getrokken werden op het symposium.
- David Brownstone contacteren (op aanraden van Donald Rubin).

3.3 Vrijdag 09/11 tot donderdag 15/11

3.3.1 Verkeerscentrum Vlaanderen leidt verkeer in goede banen

Referentie : [GK01]

Dit artikel gaat dieper in op de functionele en systeemtechnische uitbouw van het Vlaams Verkeerscentrum. Er wordt uitgegaan van een globale verkeersbeheersstructuur die gebaseerd is op vier functionele lagen : de infrastructuur, de geautomatiseerde controle- en aansturingsinstallaties, de organisaties voor incidentenbeheer en de hulpdiensten (op lange termijn wordt gestreefd naar drie lokale verkeersbeheerscentra TCC (*Traffic Control Center*)) en de verkeersinformatielaag (voor Vlaanderen wordt dit één overkoepelend verkeersinformatiecentrum TIC (*Traffic Information Center*)). De oprichting van het verkeerscentrum te Antwerpen wordt als prioritair beschouwd.

Vervolgens wordt er wat dieper ingegaan op de verschillende manieren waarop verkeersgegevens bekomen worden (met onder andere een beschrijving van welke data de tellussen opleveren, *zonder* erbij te vermelden dat deze gegevens van zeer slechte kwaliteit zijn). Daarnaast wordt er besproken welke andere methodes er zijn : gladheidsmeetsystemen, Datex, RDS-TMC, COVID, Internet (real-time verkeersafwikkeling), verkeerslichtenbeïnvloeding, VMS, ... Daarna wordt er gedetailleerd uitgewijd over een *overkoepelend verkeersbeheer- en informatieplatform*. Functioneel zal de opbouw van zo'n centrum steunen op een real-time database, aggregatie van historische gegevens en een specifieke disseminatielaag die toelaat specifieke informatie al dan niet naar de buitenwereld te verspreiden. De real-time database steunt op een GIS-interface en dient op elk moment 'het beste beeld van de weg' weer te geven. Automatisatie (en een het streven naar een zelf-lerend systeem) is op alle niveau's belangrijk, alsmede de incorporatie van historische data (het oprichten van een data-warehouse waaruit de lokale data-marts hun informatie halen). Er wordt onder andere gebruik gemaakt van het transportplanningspakket VISUM met de module DYNEMO.

3.3.2 Het Masterplan Antwerpen : ook voor Antwerpenaars ?

Referentie : [VNP01]

Er wordt vooreerst uitgegaan van een multimodaal (men houdt rekening met de diverse transportvormen : privé-voertuigen, openbaar vervoer, ...) Masterplan Antwerpen. Verbetering van het woon-werk- en woon-school-verkeer staat daarbij centraal. Men spreekt over het sluiten van de Antwerpse Ring, grote ingrepen op de fietsinfrastructuur en de uitbreidingen van het tramnet. Prognoses van de verkeersvraag met als horizonjaar 2010 worden gegeven, na doortrekking van de trends uit het verleden. Een interessante studie is die van de mobiliteitspatronen, waar onder andere wordt gesteld dat de taalgrens een grote hindernis vormt om in het anderstalige gedeelte van het land te gaan werken (woon-werkverkeer). De mobiliteit rond Antwerpen getuigt van een groot knelpunt aan de Schelde, waardoor men ook oppert dat de sluiting van de Antwerpse Ring een juiste actie is. Men gaat er ook van uit dat de creatie van de nieuwe verbinding ook een groter verkeersvolume laat genereren doordat de mensen andere wegen gaan uitproberen en op deze manier meehelpen aan de congestie. Het verplaatsingsgedrag van de Antwerpenaar werd redelijk in kaart gebracht doordat men 2500 gezinnen hierover ondervraagd heeft (de resolutie van de plaatsbepaling is gebaseerd op postcodes). Belangrijk hierbij aansluitend is de verdeling van het wegverkeer gedurende de ochtend- en avondspitsen.

3.3.3 Weekoverzicht

Vrijdag 09/11/2001 :

- er is geen les van het vak "*Design and Analysis of Experimentation*" doorgestaan wegens (vooraf aangekondigde) afwezigheid van de docent.
- Ik heb een fax ontvangen van het afgelopen symposium over "*Missing Data*" te Utrecht. Men bracht me op de hoogte van het feit dat ik nog geen inschrijvingsgeld had gestort. Ik heb dit direct laten doen (via een overschrijving naar het buitenland waar de bank in mijn ogen excessief hoge kosten aanrekent die niet proportioneel met het gestorte bedrag zijn). Een F2-formulier werd ingevuld en ingediend op het ESAT-secretariaat.
- Er is op ESAT een pakket aangekomen met een CD in. Op deze CD staan alle foto's die getrokken zijn tijdens de cursus (gegeven door professor Markos Papageorgiou) die ik volgde in Amersfoort (zie paragrafen 2.2.1 en 2.3.2 voor meer informatie hieromtrent).
- Dit is trouwens de laatste dag dat ik op mijn huidig bureau op het tweede verdiep zit, aangezien ik vanaf maandag 'permanent' naar het vijfde verdiep verhuis (samen met Tom Bellemans).

Maandag 12/11/2001 :

- het grootste deel van de dag ging naar het, samen met Tom Bellemans, verhuizen van ons bureau op het tweede verdiep naar het bureau op het vijfde verdiep. Dit was geenszins een sinecure vermits we eerst wensten uit te werken hoe we de tafels en dergelijke zouden zetten. Veel plaats is er niet in bureau 05.08, en er zijn twee ramen met enkelglas wat de koude gemakkelijk doorlaat. Er is een airconditioning maar geen verwarming. Tegen het einde van de dag was het meeste van mijn materiaal geïnstalleerd en stonden onze bureau's naar onze zin. Er dient echter nog wel een pak materiaal aangekocht te worden voor de verdere inrichting. Voorlopig hebben we ook slechts één telefoon.

Dinsdag 13/11/2001 :

- Ik heb verder mijn bureau ingericht, al vind ik dat de bureau's op het vijfde zich in redelijk gebrekkige toestand bevinden.
- Uit 'Het Ingenieursblad' heb ik volgende artikels gelezen : "*Verkeerscentrum Vlaanderen leidt verkeer in goede banen*" (zie paragraaf 3.3.1) en "*Het Masterplan Antwerpen : ook voor Antwerpenaars ?*" (zie paragraaf 3.3.2). Gebaseerd op dit laatste artikel had ik een interessante discussie met Tom Bellemans : bij het maken van prognoses dient men een trend te extrapoleren op basis van enkele gemeten datapunten. Hoe geldig is deze extrapolatie ? Is het zo dat *alle* (of realistischer : *zeer veel*) factoren in rekening dienen gebracht te worden (bijvoorbeeld invloed van terroristische aanslagen op de economie) ? Een ander punt dat ik wel verdedig is het volgende : het fitten van de datapunten dient met verschillende modellen te gebeuren, vermits er geen uitschieters zijn (de data is over grote periodes uitgemiddeld), kan dat model gekozen worden dat bijvoorbeeld met de methode van de kleinste kwadraten de kleinste fout (residuele afwijking) oplevert. Extrapolatie kan dan *onder specifieke aannames* gebeuren.

- De website voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" werd aangepast en er werden kopies van de slides genomen en gebundeld voor de studenten.

Woensdag 14/11/2001 :

- de zevende les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is doorgedaan. Het handelde over het modelleren van structuurdynamisch gedrag van fysische tot virtuele prototypes. De gastspreker was Herman Vanderauweraer.

Donderdag 15/11/2001 :

- ik heb met Bart De Moor, Ilse Pardon en Tom Bellemans samengezeten voor een tweede informatieve sessie van het DWTC-project CP-TR-18 (*Duurzaamheidseffecten van verkeersmanagementsystemen*). Ik had toch wel een aantal vragen bij de werking en de doeleinden van dit project. Het voorstel zoals het geschreven werd, mag niet te concreet zijn aangezien men zichzelf dient in te dekken opdat men niet vastgepind kan worden (al durven experts in de gebruikerscommissie wel eens met de vinger wijzen).

De planning is om voor kerstmis al een kick-off meeting te hebben (waarop de agenda wordt voorgesteld). Het voorstel dient dan uit de doeken gedaan te worden en een takenmatrix opgesteld te worden. Wat de administratieve status betreft werken we het best met een checklist voor de participanten zodat ze weten wat ze nog in orde dienen te brengen.

- Koen Laurijssen (een student van HK05) was niet tevreden over het boek dat hij diende te lezen als basis voor de paper. Het boek ging over ATM en er zijn inderdaad wel interessantere, recentere ontwikkelingen daarnaast. Ik ging hem tegen maandag een ander boek bezorgen.

3.3.4 Planning

- Enkele foto's van de cursus van professor Markos Papageorgiou online zetten.
- Het pakket VISUM met de module DYNEMO bekijken.
- Wim Michiels contacteren (tel.: +32 (3) 443.63.94, email : wim@tritel.be) – hij is door Tritel de gedetacheerde op het verkeerscentrum te Antwerpen – en vragen naar de implementatie van de algoritmes die de data afkomstig van de tellussen filteren.

3.4 Vrijdag 16/11 tot donderdag 22/11

3.4.1 The Octonions

Referentie : [Bae01]

Deze algebraïsche handleiding omvat, uitgaande van de reële getallen, de constructie van de complexe getallen, de quaternionen en de octonen. Het behandelt onder andere de ontdekking van de quaternionen door Hamilton en die van de octonen door Graves (al werden ze achteraf meer bekend onder de naam ‘Cayley-getallen’). De auteur geeft een beschrijving beginnende met vier verschillende manieren om tot octonen te komen : (1) door hun vermenigvuldigingstabel, (2) door gebruik te maken van het Fano-vlak, (3) door gebruik te maken van de Cayley-Dickson constructie en (4) door gebruik te maken van Clifford-algebra’s, spinoren en een veralgemeend concept van trialiteit. Vervolgens worden de projectieve rechten en vlakken over de genormeerde divisie-algebra’s besproken en hun relatie met Bott-periodiciteit, de exceptionele Jordan algebra en de Lie algebra (die zoals iedereen weet aan de basis van de quantummechanica ligt).

Het interessante aan de Cayley-Dickson constructie is dat ze mooi weergeeft welke eigenschappen een algebra verliest wanneer ze verder wordt afgeleid : \mathbb{R} (reële getallen) is een reële, commutatieve en associatieve genormeerde $*$ -algebra¹, \mathbb{C} (complexe getallen) is een commutatieve en associatieve genormeerde $*$ -algebra, \mathbb{H} (quaternionen) is een associatieve genormeerde $*$ -algebra en \mathbb{O} (octonen) is een genormeerde $*$ -algebra (dus *niet* associatief).

Hetgeen me vooral bij blijft is het verband dat er bestaat tussen de verschillende wetenschappelijke disciplines en tussen de verschillende deelaspecten van deze disciplines. Een voorbeeld zijn de octoniaanse eigenschappen van tien-dimensionale supersnaartheorieën, van de tien-dimensionale super-Yang-Mills theorie en van de elf-dimensionale superzwaartekracht- en supermembraantheorie.

3.4.2 Weekoverzicht

Vrijdag 16/11/2001 :

- de zesde les van het vak *”Design and Analysis of Experimentation”* is doorgegaan. Zoals afgesproken heeft Koen Nevelsteen me een kopie van de cursus bezorgd. Eindelijk zijn we aanbeland waar we moeten zijn : factoriële analyse. Er werd vertrokken van een voorbeeld dat naderhand gedetailleerd uit de doeken werd gedaan. Het eigenlijke model waarop de factoriële analyse gebaseerd wordt, is voor de volgende les.
- Ik heb ook een ander boek voor Koen Laurijssen gezocht in Bart De Moor’s privé-bibliotheek : *”Mechatronics - Electronic Control Systems in Mechanical Engineering”* (W. Bolton, ISBN 0-582-25634-8). Voor zover ik nog weinig weet van systemen en dergelijke, vind ik dat toch wel een goeie keuze. De masterfile en de boekenlijst op de website werden aangepast.

Maandag 19/11/2001 :

- De website van het vak *”Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole”* werd aangepast en er werden kopies genomen van een groot aantal slides, papers en artikels voor de studenten, hier kroop enige tijd in. Verder kwam Peter

¹Een $*$ -algebra is een algebra waarvoor geldt dat ze is uitgerust met een conjugatie zodat $a^{**} = a$.

Slaets (een student van HK05) langs om een ander boek te vragen aangezien dat van hem over ATM-switching ging. Gezien het feit dat ik Koen Laurijssen al een ander boek had gegeven, kon ik dit verzoek niet weigeren. Ik ben in Bart De Moor's privé-bibliotheek volgend boek gaan opdiepen : "*Industrial Control and Instrumentation*". De masterfile en boekenlijst op de website werden ook aangepast.

- Ik ben in de diverse lokalen hier op het vierde en het vijfde (namelijk 04.08, 04.10, 05.08 en 05.10) verscheidene afmetingen gaan opmeten. Vervolgens heb ik een Microsoft Access-database aangemaakt met daarin de noden van de inwoners van elk bureau. Mijn bedoeling is dat van zodra ik alles binnen heb, ik iets laat weten (op aanraden van Bart De Moor). Ik heb de muuroppervlaktes zelf gaan opmeten om op deze manier een schatting te krijgen van de totale muuroppervlakte die beschilderd dient te worden.
- Daarnaast was er nog een hekelige kwestie met de sleutels van de bureau's. Jacqueline De Bruyn had volgens haar een sleutel aan Ida Tassens gegeven, maar deze laatste had ze verder doorgegeven maar wist niet meer aan wie. Uiteindelijk zijn we de kwestie met Lut Vanderbracht gaan regelen en alles is nu in orde : we hebben twee sleutels, een voor de toegangsdeur tot het vierde en een andere voor onze bureaudeur zelf.
- De elektriciteit is op bepaalde momenten uitgevallen. De oorzaak hiervan was de aanwezigheid van drie actieve oliekacheltjes die tezamen teveel stroom verbruikten. Als oplossing hebben we met behulp van verlengkabels het een en 't ander op verschillende stroomcircuits kunnen zetten.

Dinsdag 20/11/2001 :

- ik heb broodnodige administratie die niet meer kon wachten in verband met een F2-formulier afgehandeld.
- Het grootste deel van de dag heb ik gependeed aan het terug bestuderen van de door mijzelf geschreven microscopische verkeerssimulator *Mitrasim 2000*. De bedoeling was om de gebruikte tijdsstap (de kloktik) te verhogen tot bijvoorbeeld een halve seconde, een volle seconde en zelfs tien seconden. Dit draaide echter anders uit vermits de code waarin deze kloktik-grootte gebruikt wordt weliswaar gecentraliseerd is, maar de plaatsen in die code zelf nogal verspreid zijn. Een wijziging propageert meteen door het hele systeem, wat incorrecte resultaten oplevert (het viel me op dat naarmate ik de kloktik verhoogde, het aantal auto's in het snelwegennetwerk afnam, 't is te zeggen, ze werden niet meer zo frequent gegenereerd aan de netwerkbronnen). Een verdere studie is volgens mij hierop wel mogelijk, maar dan zal eerst het probleem van de verspreide code aangepakt dienen te worden (wat volgens mij op een dag kan gebeuren).

Woensdag 21/11/2001 :

- de achtste les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is doorgedaan. Pieter Van den Braembussche (Verhaert, Kruibeke) kwam spreken over het ontwerp, modelleren en regelen van mini-satellieten. Dit werd dan toegepast besproken op een Belgische satelliet, PROBA. Het werd een zeer interessante sessie met een lange uitloop (vraagstellingen, ...).
- Op een gegeven moment in de les van HK05 werd er over quaternionen gesproken en de reden van hun gebruik. Ik stelde daarenboven dat een extra reden het voorkomen van *gimbal-lock* is. Echter, niemand wist wat dit was, vandaar volgende korte uiteenzetting :

Wanneer men een lichaam roteert met behulp van Eulerhoeken, kan *gimbal-lock* altijd optreden. De reden hiervoor is dat Eulerhoeken elke as onafhankelijk in een bepaalde volgorde (bijvoorbeeld $X \rightarrow Y \rightarrow Z$) evalueren. Eerst zal dan bijvoorbeeld het lichaam langs de X-as reizen, vervolgens de Y-as en tenslotte de Z-as. Het probleem met *gimbal-lock* treedt op wanneer het lichaam over de Y-as wordt geroteerd (bijvoorbeeld negentig graden). Vermits de X-component dan al reeds geëvalueerd is, wordt deze niet megedragen met de andere twee assen. Het resultaat is dat de X-as en Z-as in dezelfde richting gaan wijzen. Opeenvolgende rotaties in een drie-dimensionale ruimte mappen op elkaar.

Om hieraan te verhelpen kunnen quaternionen gebruikt worden, deze zijn veel krachtiger en robuuster dan Eulerhoeken. Het voordeel is nu dat ze alle drie de assen op hetzelfde moment behandelen om te weten te komen in welke richting het lichaam moet reizen, en een vierde component gebruiken die aangeeft hoever het lichaam moet reizen. Het nadeel is dat ze veel gecompliceerder zijn om te lezen en te visualiseren dan Eulerhoeken.

De term *gimbal-lock* is onder andere afkomstig van het vroegere Apollo 13-ruimteveer. Men gebruikte een staaf met daaraan drie opeenvolgende beugels (*gimbals*), elk is een ring die kan roteren op een pivot dat ondersteund wordt door de volgende grotere ring. Drie dergelijke beugels zijn het minimum voor een vrije beweging in eender welke richting vermits er drie rotatie-assen zijn. Het is hier dat het kan gebeuren dat de opeenvolgende rotaties op elkaar mappen met als gevolg dat twee beugels dezelfde rotatie-as behandelen, de derde beugel behoudt zijn rotatie-as. Het uiteindelijke resultaat is dat er nu een rotatie-as is die door geen enkele beugel meer kan behandeld worden; dit is *gimbal-lock*. Een oplossing hiervoor bestaat door het toevoegen van een vierde beugel (maar dit werd niet op Apollo 13 geïntroduceerd aangezien het teveel extra complexiteit met zich zou meebrengen),

- Nadat Bart De Moor mijn verbeelding over quaternionen had geprikkeld, ben ik op zoek gegaan naar een paper dat alles eens klaar en duidelijk op een rijtje zet. De paper "*The Octonions*" (zie paragraaf 3.4.1) is hierbij een goed startpunt.

Donderdag 22/11/2001 :

- Het was weerom les van het practicum van het vak "*Wavelets met toepassingen in signaal- en beeldverwerking*". De moeilijkheidsgraad van de oefeningen valt wel mee, maar er wordt teveel tijd verspeeld met het opzoeken en dergelijke. Het lijkt me dan ook niet meer de moeite om verder met dit vak bezig te zijn, wavelets zijn interessante objecten en dankzij professor Bultheel weet ik er nu wat meer van. Maar de opzet van de lessen is te ontoereikend, het systeem faalt een beetje in de jungle van de grote cursus.
- Ik heb twee SISTA-seminaries bijgewoond, gegeven door Ivan Goethals ("*Elimination of mathematical modes using energy principles*") en Jeroen Buijs ("*Stability of Model Predictive Controllers using Lyapunov Functions*"). Vooral het seminarie van Jeroen Buijs is me redelijk bijgebleven, al had ik soms moeite om te volgen.

3.4.3 Planning

- Herprogrammeren van een klein, afgebakend stuk van *Mitrasim 2000*.

3.5 Vrijdag 23/11 tot donderdag 29/11

3.5.1 Autobelasting per kilometer in Nederland !

Referentie : [DB01]

Dit krantenartikel begint met de vermelding dat de autobelasting per kilometer rond 2004 in Nederland in werking treedt. Hiertoe wordt elk voertuig met een ‘mobimeter’ uitgerust : een toestel dat het aantal gereden kilometers en de daaraan gekoppelde autobelasting berekent. Na invoering van het systeem wordt in Nederland wel de motorrijtuigenbelasting afgeschaft, opdat de zuinige autogebruiker wordt beloond en de veelrijder meer betaalt.

Heel deze kwestie kan leiden tot immense discussies over het al dan niet invoeren van rekeningrijden in België. Me dunkt dat men hier niet zomaar over kan babbelen, zonder zich eerst te vergewissen van *alle* aspecten die hieraan gerelateerd zijn en er eventueel achteraf nog bij komen kijken.

3.5.2 Micro-simulation of congested traffic flows

Referentie : [LI]

Deze paper borduurt verder op hetgeen in het eerdere DTWC-project (*"Het fileprobleem in België : wiskundige modellen, analyse, simulatie, regeling en acties"*) aan bod kwam. In dit project werden micro-simulatiemodellen gebruikt om de impact van ITS-maatregelen te bestuderen.

Inhoudelijk worden eerst de verschillende verkeersregimes uit de doeken gedaan vanuit een theoretisch standpunt, daarna worden ze geïllustreerd met een gevalstudie van een proefstrook op de E17. Vervolgens worden de verkeersstromen microscopisch gemodelleerd door gebruik te maken van OD-matrices en kalibratie van de simulator.

Het betreft een nogal vrij summiere paper die een heel kort overzicht schetst van wat er bij micro-simulatie komt kijken.

3.5.3 A Student's Guide to Research

Referentie : [Ber99]

Dit algemeen artikel behandelt de verschillende aspecten waarmee een jonge doctoraal onderzoeker geconfronteerd wordt. Het beschrijft op een klare en luchtige manier hoe het proces dat onderzoeken is zich uitstrekt en wat er allemaal bij komt kijken. Het meeste is redelijk logisch en voor de hand liggend, maar het is niettemin de moeite om alles eens op een rijtje te zien. Het artikel kan als goede gids vol met tips en advies dienen voor beginnende (en toch ook wel voor gevorderde) onderzoekers.

3.5.4 Weekoverzicht

Vrijdag 23/11/2001 :

- de zevende les van het vak "*Design and Analysis of Experimentation*" is doorgegaan. Het ging voornamelijk over het statistische model dat aan de grondslag van factoriële analyse ligt. Zeer interessant was de koppeling van een dergelijke analysemethode aan een test (gebonden aan een zeker betrouwbaarheidsinterval) opdat een wetenschappelijk gefundeerde uitspraak kan gedaan worden of een welbepaalde factor al dan niet invloed heeft.
- 's Middags heb ik met Jeroen Buijs en Tom Bellemans samengezeten (op aanraden van Bart De Moor) om eens te babbelen over het gebruik van optimalisatie bij het dynamisch routeplannen van verkeer. Het idee was dat we uiteindelijk een soort van gemengde geheeltallige programmatie zouden gebruiken tijdens het optimalisatieproces. Tijdens onze brainstorm hierover kwamen we tot de conclusie dat de nadruk elders zou liggen, aangezien het gebruik van MPC in deze situatie niet zo evident is. De conclusie was dat ik een klein netwerkje (in de vorm van een graf) zou voorzien, alsmede de OD-matrix. In dit netwerk dient op elk tijdstip geweten te zijn wat de gemiddelde snelheid en de dichtheid per verbinding is. Van elk voertuig is de bestemming geweten en dus kunnen we algoritmes gebruiken die op elk moment elke gebruiker naar het systeem-optimum drijft. Het viel ons op dat dit zeer goed past bij het onderwerp waarover het doctoraat van Tom Bellemans handelt.

Een verdere snelle uitwerking leverde ons dat we dit eventueel hiërarchisch kunnen aanpakken, aangezien er op hoog niveau (snelwegen) niet veel mogelijke routekeuzes zijn, maar dat vanaf een voertuig zich in een stadskern begeeft, naar een lager niveau dus, het algoritme 'inzoomt' waarbij er dan meer routekeuzes mogelijk zijn.

In dit kader is het vermeldenswaard om eens dieper in te gaan op het Wardrop equilibrium, het Nash equilibrium en de Braess paradox :

Inefficiënties treden op wanneer routekeuzes in een netwerk worden overgelaten aan de gebruikers (reizigers) zelf. Dit vertaalt zich in de Braess paradox (die voortkomt uit wegverkeer) waarin wordt gesteld dat het toevoegen van extra capaciteit aan een netwerk kan leiden tot een nog slechtere algehele verkeerstoestand.

Deze paradox zit vervat in een raamwerk dat het Wardrop equilibrium wordt geheten. Hierin zijn een oneindig aantal individuen (i.e., reizigers) aanwezig en de beslissing van een enkel individu heeft een verwaarloosbaar effect op de performantie van andere individuen.

Het Nash equilibrium is gelijkaardig aan het Wardrop equilibrium met dat verschil dat er nu een eindig aantal individuen in het netwerk aanwezig zijn. Het Nash equilibrium convergeert naar het Wardrop equilibrium als het aantal individuen zeer groot wordt.

Maandag 26/11/2001 :

- ik heb het krantenartikel "*Autobelasting per kilometer in Nederland*" gelezen (zie paragraaf 3.5.1 voor meer details hieromtrent).
- Ik heb een afspraak met Steven Logghe gemaakt voor deze vrijdag.
- Ik heb de paper "*Micro-simulation of congested traffic flows*" gelezen (zie paragraaf 3.5.2 voor meer details hieromtrent).

Dinsdag 27/11/2001 :

- het grootste deel van de dag kroop in het aanpassen van de website van het vak "Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole". Er werden weerom een groot aantal kopies genomen van slides en artikels voor de studenten.

Woensdag 28/11/2001 :

- de negende les van het vak "Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole" is doorgegaan. Gastspreker was Michel Akkermans die oprichter van FICS is, partner in Capco en voor het moment een nieuwe firma Clear2Pay uit de grond aan het stampen is. Het was eigenlijk een hele peptalk waarin me wel duidelijk werd dat deze man blijft doorgaan en nieuwe uitdagingen zoekt. Eigenlijk is het voor ons een groot privilege : in HK05 krijgen we kans een aantal zeer belangrijke mensen te ontmoeten en er mee te babbelen. Iets wat volgens mij niet alle laatstejaars D&A-ingenieurs aan de K.U.Leuven ten volle beseffen.
- Het inleveren van de papers voor HK05 ziet er redelijk problematisch uit, er zijn nog maar acht van de zestien papers binnen.
- De toegangsrechten tot de slides van Michel Akkermans werden aangepast zodat deze enkel nog vanop het K.U.Leuven-domein toegankelijk zijn (ze bevatten immers een redelijk pak confidentiële informatie).
- Ook Pieter Van den Braembussche heeft de restanten van zijn slides doorgemailed, alsmede een artikel dat over PROBA handelt (en waaraan Jeroen Buijs heeft mee-geschreven). Alles werd op de website gezet en afgedrukt en gekopieerd voor de studenten.
- Daarnaast heb ik nog eens met Tom Bellemans gesproken in verband met de suggestie die Bart De Moor me had gedaan. Volgens Bart moet het mogelijk zijn om (uitgaande van een 'elektrische' versie van verkeer), eenmaal een bestemming voor een bepaalde bestuurder gekend is, een constante aantrekkingskracht van die bestemming op het voertuig vande bestuurder wordt uitgeoefend. De differentiaalvergelijking van het voertuig is dan gewoon $\bar{F} = m \cdot \bar{a} + \bar{F}_{\text{friction}}$, waardoor de snelheid van het voertuig, afhankelijk van het type weg, een bepaalde stationaire toestand bereikt. Files en allerlei obstakels kunnen dan gemodelleerd worden met afstotende krachten, die het voertuig vertragen naarmate het dichterbij komt, en die het voertuig ook een andere weg op kunnen sturen indien die mogelijkheid zich voortdoet. De vraag is dan of dit niet als een groot zelf-organiserend systeem kan worden gemodelleerd.
Na hier even over te brainstormen kwam ik tot de conclusie dat ik de hele theorie van het voertuig-volgen (*car-following*) terug opnieuw aan het uitvinden/afleiden was. De uiteindelijke vraag is dan volgens mij : levert het elektriciteitsnetwerk meer voordelen op qua gebruik dan het analoge verkeersmodel ?

Donderdag 29/11/2001 :

- al van 's morgens vroeg moesten we de paniek van de HK05-studenten aanhoren vermits zij hun deadline voor de draftversie van de paper niet zouden halen. Daarnaast waren er ook al enkelen die opperden de finale deadline te verschuiven tot na de kerstvakantie. Stelselmatig kwamen evenwel de draftversie van de nog niet aanwezige papers op ons bureau terecht.
- Bart De Moor heeft een artikel aan elk lid van SISTA gegeven, getiteld "A Student's Guide to Research" (zie paragraaf 3.5.3 voor informatie hieromtrent).

3.5.5 Planning

- Uitvissen wat nu juist het ‘mieren-probleem’ is (semantisch en wiskundig).
- Uitwerken van Bart De Moor’s idee in verband met elektriciteitsnetwerken en kijken naar de verschillen en gelijkenissen met voertuig-volg-modellen (*car-following models*).

Hoofdstuk 4

December 2001

4.1 Vrijdag 30/11 tot donderdag 06/12

4.1.1 Vehicle Detector Technologies for Traffic Management Applications - Parts 1 and 2

Referenties : [Kle97a] en [Kle97b]

Het eerste artikel behandelt de theorie van de werking en de sterke en zwakke punten van de verschillende detectietechnologieën. Er wordt gesproken over het ruimere toepassingsgebied dat de detectors in de toekomst dienen te bestrijken, een voorbeeld zijn de voertuigdraaibewegingen (*vehicle turning movements*) en dergelijke. Een belangrijke opmerking die gemaakt wordt, is het feit dat elke fabrikant zijn eigen software moet meegeven om de datastroom die een detector oplevert correct te interpreteren. Er wordt daarnaast ook een uitgebreid overzicht gegeven van welke detectors gebruikt werden in de veldtesten, men vermeldt de fabrikant, de detectietechnologie, het model en de types data die de detector oplevert. Vervolgens worden per technologie de sterke en zwakke punten aan het licht gebracht. Ook voor de verschillende soorten toepassingen wordt vermeld welke de aannames waarop ze gebaseerd zijn en de mogelijke technologie die hiervoor kan gebruikt worden. Het slot van het artikel wordt gevormd door een verklaring van de onderliggende werkingsprincipes voor detectors gebaseerd op microgolven, passief infrarood, actief infrarood, ultrasonie, passieve akoestiek en videobeeld-verwerking. Als laatste, toch niet zo onbelangrijke opmerking, wordt gesproken over het feit dat de uitvoer die de verschillende detectors geven zeer verschillend kan zijn (zowel qua aard als qua tijdsinterval) en dat bij een vergelijking van de verschillende toestellen hier wel degelijk rekening mee dient gehouden te worden.

Het tweede artikel geeft de resultaten van diverse veldtesten ter vergelijking van de verschillende beschikbare detectors weer, alsmede enkele algemene conclusies over de performantie van detectors en de toepassingen er van. Een van de conclusies was dat de inductieve lus detector (ILD) de meest consistent accurate detector was met betrekking tot voertuigtellingen.

4.1.2 Car Following : A Historical Review

Referentie : [BM00]

Dit artikel geeft een systematisch overzicht van de verschillende voertuig-volg modellen, hun kalibratie met tijdsreeksen en de evaluatie ervan. Vertrekkende van het Gazis-Herman-Rothery (GHR) model worden verschillende analoge modellen besproken, elk met hun eigen karakteristieke waarden voor sommige van de GHR-modelparameters. Vervolgens worden veiligheidsafstand- (*safety distance*) of botsingsvermijdingsmodellen (*collision avoidance*) besproken, daarna komen de lineaire (Helly) modellen die ook het tweede voertuig voorop in rekening brengen, dan de psychofysische of actiepuntnodellen die ervan uitgaan dat bestuurders een voertuig detecteren door een verandering in grootte (met behulp van de visuele hoek) en hun rijgedrag aanpassen volgens de opening met het voertuig voorop. Tenslotte worden nog de modellen gebaseerd op vage logica besproken. Bij deze laatste modellen werd geprobeerd het GHR-model na te bootsen maar dit leidde tot onrealistische resultaten.

De conclusies die in het artikel naar voren worden geschoven zijn dat de voertuig-volg modellen slechts langzaam evolueren en dat er maar een beperkt aantal pogingen ondernomen werden tot de constructie van een algeheel bestuurdersmodel. Daarnaast wordt ook vermeld dat het incorporeren van nieuwe technieken en ideeën in de voertuig-volg modellen vaak wordt gedaan, maar dat dit niet altijd kan gerelateerd worden aan het observeerbare dynamische gedrag.

4.1.3 Weekoverzicht

Vrijdag 30/11/2001 :

- er is geen les van het vak "*Design and Analysis of Experimentation*" doorgestaan wegens (vooraf aangekondigde) afwezigheid van de docent.
- Op de middag heb ik met Tom Bellemans samengezeten opdat hij me eens exact uitlegde waar hij mee bezig was op dit moment, hoe regelaars werken, hoe systeemidentificatie kan gebeuren en vooral hoe een model-predictieve regelaar (MPC) werkt.
- In de namiddag ben ik naar het departement Bouwkunde gegaan om er met Steven Logghe eens te babbelen en ideeën uit te wisselen. Ik werd er, zoals altijd, hartelijk met koekjes ontvangen. Al vrij snel kreeg ik de indruk dat er op het departement Bouwkunde fundamenteel anders over onderzoek naar verkeerskunde wordt gedacht dan hier op het departement Elektrotechniek.

Een eerste punt waar ik met Steven over praatte, was het gebruik van Paramics als microscopische verkeerssimulator en het feit dat de modellen waar deze op steunt onbekend zijn. Ik vond dit in eerste instantie niet kunnen, maar Steven stelde daarop de vraag of het echt wel nodig is deze modellen te kennen aangezien het kwalitatief wel in orde is en ze goede resultaten opleveren. Daarna ging het verder over de sensitiviteitsanalyses die de Bouwkunde had uitgevoerd op Paramics met als conclusie dat er slechts een klein aantal (variabele) parameters in de modellen zitten en dat er hiervan slechts een beperkt aantal is dat effectief invloedrijk is (waaronder als meest opvallende het random-zaadje).

Steven legde me uit hoe hij de OD-tabellen schatte en vervolgens kwamen we op het punt waarop ik vroeg waarom ze met de slechte data die de tellussen en camera's opleveren blijven werken. Uiteindelijk opperde Steven weer dat het niet per se noodzakelijk is om goede data te hebben als het op de huidige manier allemaal werkt en

dat het niet nodig is om vastomlijnde wiskundige vergelijkingsmethodes te gebruiken als je zo al kwalitatief op een grafiek kan zien wat de verkeerstendens is. Ik begreep zijn standpunt wel, maar ijverde ook voor het academische aspect aan onderzoek, het feit dat niet alles een maatschappelijk nut dient te hebben. Steven zei immers dat ze ingenieurs zijn en dat het academische aspect dan een beetje ‘nutteloos’ lijkt. Ook het gebruik van het dag- en/of weekprofiel bij het opvullen en extrapoleren van ontbrekende data (en filtering van de data) lijkt hem volslagen verkeerd aangezien je dan (zoals ik reeds stelde) veel categorieën nodig hebt en dit niet altijd mogelijk is, wat de statistische eigenschappen uiteindelijk wel zal beïnvloeden (voor sommige profielen heb je dan maar enkele meetgegevens terwijl je er voor andere een heel aantal hebt). Hetzelfde gold volgens hem voor het gebruik van historische data.

Markant was de opmerking dat men spreekt over DVM en dat mensen *enkel* geïnteresseerd zijn in maatregelen en *niet* graag in termen van kostfuncties en dergelijke spreken. Het gebruik van een microsimulatie kan volgens hem wel nuttig zijn bij het schatten van data (cfr. interpolatie), voor extrapolatie stelt hij evenwel het gebruik van een default algoritme voor.

Het dynamisch verkeersprobleem zoals het wordt uitgewerkt door Tom Bellemans, Jeroen Buijs en mezelf, ziet hij wel zitten. Al viel het me wel op dat hij het vanuit een andere hoek benadert. Voor mij is het onderliggende macroscopische verkeersmodel slechts een gebruiksmiddel en draait het uiteindelijk om de regelaar die ontwikkeld wordt, voor hem is het net omgekeerd. Hij stelde dan ook voor om in eerste instantie met het simpel driehoekig model van Daganzo te werken.

De plannen die ze op de Bouwkunde met mij hebben (dit klinkt raar om te lezen, maar om het zo te horen zeggen is nog straffer), omvatten onder andere het incorporeren van een dynamische routeringsmodule in TRANSCAD (een transportplanningspakket). Of met andere woorden : het academische gekoppeld aan het nuttige.

Maandag 03/12/2001 :

- in de voormiddag heb ik in de Rotonde de cursus "*Programmeren in MatLab*" (georganiseerd door LUDIT) gevolgd. Het was een typische LUDIT-les in die zin dat persoonlijke inzet heel belangrijk is opdat je de leerstof ten gronde zou begrijpen. Gewapend met deze kennis moet het mogelijk zijn om een eerste orde macroscopisch verkeersmodel in MatLab te programmeren en de resultaten ervan te interpreteren (een cyclus waar volgens mij elke verkeerskundige doorheen moet).
- Het verdere verloop van de dag omvatte het spelen en wennen aan MatLab met behulp van kleine ‘zinloze’ programma’s.
- Ik heb het lezen van de draftversies van de papers van de studenten voor HK05 zwaar onderschat, het gaat veel trager dan verwacht.

Dinsdag 04/12/2001 :

- De website voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" werd aangepast en voor de studenten werden diverse kopies genomen.
- De hele dag (en een stuk van mijn avond) kroop in het lezen van de draftversies van de papers voor HK05. Daarnaast heb ik ook een begeleidend document getypt (en gekopieerd) voor de studenten opdat hun papers aan enkele inhoudelijke en typografische criteria zouden voldoen. De aspecten die in "*HK05 : tips voor het schrijven van het artikel*" behandeld worden zijn : algemene inhoudelijke tips (de abstract, de inleidende paragraaf en de inhoudstafel), schrijftaal (hoe en waar Nederlands en Engels gebruiken), typografische tips (afkortingen, figuren, leestekens, opsommingen en enkele algemene opmerkingen) en het verschil tussen referenties en de bibliografie.

Woensdag 05/12/2001 :

- de tiende les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is doorgegaan. Gastspreker was Herman Verrelst (Data4s), hij had het over datamining in bankieren, Internet en telecommunicatie met als speciale toepassing de fraudedetectie voor GSMs. De les was redelijk interessant (al vond ik dat er niet veel nieuws werd verteld), maar op sommige momenten veel te beknopt in die zin dat wanneer het op algoritmes en dergelijke aankwam, we louter een opsomming kregen maar geen verdere details.
- Het verdere verloop van de dag ging naar het lezen van de artikels "*Vehicle Detector Technologies for Traffic Management Applications - Parts 1 and 2*" (zie paragraaf 4.1.1 voor meer details hieromtrent).

Donderdag 06/12/2001 :

- ik heb het artikel "*Car Following : A Historical Review*" gelezen (zie paragraaf 4.1.2 voor meer details hieromtrent).
- in de namiddag heb ik drie SISTA-seminaries bijgewoond : Tom Bellemans ("*An improved first order traffic model*"), Ivan Markovsky ("*The Element-Wise Weighted Total Least Squares Problem*") en Rene Boel ("*Bandwidth allocation for Internet routers based on traffic load predictions*"). Tom's seminarie leek me het meest interessante en best gepresenteerde van de drie. Ivan's seminarie was zeer wiskundig en enorm toegepast, wat het soms moeilijk maakte om goed te kunnen volgen. Toch heb ik veel respect voor mensen die erin slagen dergelijke seminars te geven. Het seminarie van Rene begon zeer goed, maar onttaarde mijns inziens al vrij snel in een technische kwestie waar ik niet volledig grip op had.

4.1.4 Planning

- Het driehoekig model van Daganzo beter begrijpen, uitgaande van de vernieuwde cursus van Steven Logghe.
- Het geven van een eigen seminarie dat kort belicht hoe macroscopische modellen werken maar dan vrij snel handelt over de implementatie en het gebruik van microscopische simulators (waarin ik kort Mitrasim 2000 als gevalstudie gebruik). Als afsluiter kan ik het hebben over mijn verdere onderzoeksrichting.

4.2 Vrijdag 07/12 tot donderdag 13/12

4.2.1 Urban Traffic Simulation with Psycho-Physical Vehicle-Following Models

Referentie : [SF97]

De psychofysische voertuig-volg modellen nemen een bijzondere plaats in. In dit artikel wordt duidelijk beschreven hoe een microsimulatie met dergelijke modellen werkt. Een essentieel aspect is dat ze gebaseerd zijn op de toestanden waarin voertuigen zich bevinden. Uitgaande van deze toestanden worden er overgangszones bepaald en het simuleren bestaat dan hoofdzakelijk uit het berekenen van de volgende toestandsovergang (in plaats van elke vaste tijdsstap de versnellingen voor alle voertuigen te berekenen). Het uiteindelijke doel van dit artikel was om te bepalen welke van beide strategieën (gebeurtenis-gedreven of met vaste tijdsstapen) computationeel het interessantst is. De conclusie is dat gebeurtenis-gedreven voertuig-volg modellen sneller kunnen werken dan de klassieke soort, maar dit op de voorwaarde dat er efficiënte algoritmes gebruikt worden voor het beheren van de lijst met gebeurtenissen.

4.2.2 Driver-Model of Lane Change Maneuvers

Referentie : [EH00]

Deze paper kadert in de submicroscopische snelwegsimulator PELOPS (*Program for the development of Longitudinal micrOscopic traffic Processes in a Systemrelevant environment*). Een toepassing van PELOPS was de beoordeling van ACC (*adaptive cruise control*) in het PROMETHEUS-project. Om redenen van een nieuwe onderzoeksrichting, diende PELOPS aangepast te worden om ook met kruispunten en dergelijke om te kunnen gaan. Een belangrijke plaats hierin wordt ingenomen door het bestuurdersmodel voor vak-veranderingen dat flexibel is omwille van zijn open structuur.

Als basis voor het vak-verander model werden testen uitgevoerd met een voertuig dat uitgerust is met vier sensoren die afstanden en differentiële snelheden detecteren. In de paper wordt gesteld dat de huidige vak-verander modellen geen rekening houden met de *verandering* van de wens tot vak veranderen in de tijd. Het is ook de eerste paper bij mijn weten waar melding wordt gemaakt van een wens tot vak veranderen naar aanleiding van een achterligger die te dicht rijdt. In PELOPS worden drie modellen beschouwd : het omgevingsmodel, het bestuurdersmodel en het voertuigmodel. Het bestuurdersmodel wordt opgedeeld in een beslissings- en uitvoeringsniveau. Het bestuurdersmodel zelf steunt op het psychofysische 'volg-de-leider'-model (ontwikkeld door Wiedemann in 1974). In het model worden vier verschillende rijssituaties onderscheiden : onbeïnvloed rijden, naderen, remmen in noodsituaties en het volgen van de leider. De factoren die hierbij betrokken worden, zijn zeer divers en gaan van reactietijden, reactie op de naburige voertuigen, . . . tot zelfs de zichtbaarheid. Er wordt uitgelegd in welke situaties een bestuurder overweegt om van vak te veranderen en om al deze oorzaken flexibel te kunnen modelleren, wordt aan elke bestuurder een niveau van tevredenheid toegekend. Eens de beslissing om van vak te veranderen, genomen is, wordt het klassieke openings-aanvaardingsgedrag (*gap-acceptance behaviour*) gemodelleerd. Tot slot wordt er nog kort gesproken over hoe bestuurders hun wens tot het van vak veranderen uiten.

4.2.3 Two-lane traffic rules for cellular automata : A systematic approach

Referentie : [NWWS98]

Het uitgangspunt van de paper wordt gevormd door te stellen dat de traditionele microscopische simulators in het vak-verander model een aantal heuristische regels veronderstellen, meestal echter met onbevredigende resultaten. Recentelijk echter bleek dat een model gebaseerd op cellulaire automaten enkele eerdere problemen overkwam. Men gaat uit van macroscopische observaties in verkeersstromen die gerelateerd worden met het vak-verander gedrag van bestuurders. Ook de fenomeen van *dichtheidsinversie* kan beter gemodelleerd worden (dit fenomeen manifesteert zich als volgt : bij lage dichtheden is het grootste deel van de verkeersstroom op het uiterst rechtse vak gelokaliseerd, echter bij steeds toenemende dichtheid zal uiteindelijk meer dan de helft van de verkeersstroom zich op de meer links gelegen vakken bevinden). Bij dichtheidsinversie zal de verkeersstroom in de meer links gelegen vakken uiteindelijk instorten en dit terwijl de meer rechtse vakken nog geen capaciteit bereikt hebben. Het is dit fenomeen dat niet gemodelleerd wordt door de klassieke vak-verander modellen die steunen op beslissingen en uitvoeringen.

Het gebruik van technieken gebaseerd op cellulaire automaten is ook niet vrij van zorgen. Indien dit rechttoe-rechtaan wordt gemodelleerd, dan gaat men in plaats van een continu model uit van een discreet model (gebaseerd op cellen) en worden de vak-overgangen gevormd door het uitvoeren van een verzameling regels. Echter, de eerder besproken dichtheidsinversie treedt ook hier *niet* op. Een betere manier is uitgaan van de statistische eigenschappen van een microscopische verkeersstroom, zodat deze macroscopisch gedrag kunnen voortbrengen. Ook de diverse wettelijke beperkingen worden in dit model in rekening gebracht (het kan soms verboden zijn om langs rechts voorbij te steken, het kan verplicht zijn om steeds ernaar te streven uiterst rechts te rijden).

De technieken werden geïmplementeerd en toegepast op de situatie op de Duitse autosnelwegen met als belangrijk resultaat dat de dichtheidsinversie nu *wel* optreedt. Eens dat dit eenvoudige model goede resultaten oplevert, worden veranderingen aangebracht opdat er meer realisme is en de resultaten nauwer aansluiten bij het oorspronkelijke model van Wiedemann.

Een finale vraag die de paper probeert de beantwoorden is of de instorting van een verkeersstroom veroorzaakt wordt door een instorting van de verkeersstroom in de meer links gelegen vakken. Met behulp van tijd-ruimte diagrammen wordt hier een affirmatief antwoord op gegeven.

4.2.4 Models for traffic control

Referentie : [BSM01b]

In deze paper wil men onder andere het probleem van congestie op snelwegen aanpakken door een kostfunctie op te stellen die uitgedrukt wordt in termen van de verkeerstoestand (doorstromingsgraden, dichtheden, gemiddelde snelheden, gemiddelde reistijden, ... Het probleem wordt dan vertaald in een optimalisatieprobleem. De controle-component zorgt dan voor regeling van het verkeer (zoals dat typisch in plant-systemen wordt gedaan).

Vervolgens wordt besproken welke diverse classificaties van verkeersmodellen er bestaan : er is de fysieke interpretatie (*white box* en *black box* modellen), het niveau van detail (microscopische en macroscopische modellen), discrete versus continue modellen (waarbij speciale aandacht moet gevestigd worden aan *aliasing*) en deterministische versus stochastische modellen.

Daarna wordt het fundamentele diagram besproken met aansluitend het macroscopische eerste-orde Lighthill, Whitham en Richards (LWR) model. Er wordt gemeld dat dit een continu model is dat om praktische redenen gepast gediscretiseerd dient te worden. Vervolgens wordt overgegaan op een tweede-orde model (Payne) met daarin extra termen voor convectie, relaxatie en anticipatie. Daarnaast worden er nog extra termen geïntroduceerd door Papageorgiou die rekening houden met samenvoegingen en verwevingen van verkeersstromen. Er wordt ook nog melding gemaakt van een hoger-orde model (Helbing) waar nu ook de variantie op de snelheid ingebakken zit.

De theorie wordt vervolgens begeleid door een voorbeeldsimulatie waarbij toeritdosering (*ramp metering*) wordt voorgesteld als een manier om de operatie van een autosnelweg efficiënter te regelen. Er wordt gebruik gemaakt van modelpredictieve regeling (MPC)

4.2.5 Analyse en Ontwerp van de Zuid-Oost toegang (Parkpoort) tot de stad Leuven

Referentie : [VG01]

Dit eindwerk heeft als doel het zoeken van het beste alternatief voor een aangepaste Parkpoort op de ring van Leuven. Wat me vooral interesseerde was dat er voor de studie gebruik gemaakt werd van de microscopische verkeerssimulator Aimsun2. Er wordt gesteld dat het model waarmee Aimsun2 werkt als volgt opereert :

*Als het noodzakelijk is om van rijbaan te veranderen
pas dan het vak-verander model toe.*

*Als het voertuig niet van rijbaan veranderd is
pas dan het voertuig-volg model toe.*

Deze manier van werken doet een beetje raar aan vermits ik het op een andere manier in Mitrasim 2000 geïmplementeerd heb : in Aimsun2 worden de modellen schijnbaar mutueel exclusief toegepast terwijl ze in mijn microsimulator sequentieel worden toegepast (weliswaar op verschillende momenten, al naargelang de reactietijd van een voertuigbestuurder). Het vak-verander model dat in Aimsun2 gebruikt wordt, is gebaseerd op het Gipps-model dat een empirisch model is dat het gedrag van bestuurders tracht na te gaan bij het beslissingsproces om al dan niet van rijvak te veranderen. Aimsun2 deelt de wegen op in secties en laat voertuigen slechts één sectie vooruit kijken om te beslissen of er al dan niet van vak veranderd dient te worden. Daarnaast worden ook nog de afstand tot het kruispunt in kwestie en de verkeerscondities in het huidige rijvak in beschouwing genomen. Het voertuig-volg model is in grote lijnen hetzelfde als hetgeen in Mitrasim 2000 gebruikt wordt (met de uitzondering dat in Mitrasim 2000 er met drie verschillende verkeersregimes wordt gewerkt) met als extra toevoeging dat bestuurders rekening dienen te houden met voertuigen die van vak willen veranderen (deze component zit in Mitrasim 2000 ingebakken in het vak-verander model). Het netwerk dat in Aimsun2 wordt gebruikt, is opgebouwd uit secties waarvan per vak de verbindingen dienen gespecificeerd te worden. Ook Aimsun2 ondervindt problemen bij het simuleren waarop men bedacht dient te zijn (sectie-layout en dergelijke).

4.2.6 Weekoverzicht

Vrijdag 07/12/2001 :

- er is geen les van het vak "*Design and Analysis of Experimentation*" doorgedaan wegens (vooraf aangekondigde) afwezigheid van de docent.
- Verder heb ik de paper "*Urban Traffic Simulation with Psycho-Physical Vehicle-Following Models*" gelezen (zie paragraaf 4.2.1 voor meer details hieromtrent).

Maandag 10/12/2001 :

- volgende papers heb ik gelezen : "*Two-lane traffic rules for cellular automata : A systematic approach*" (zie paragraaf 4.2.3 voor meer details hieromtrent), "*Models for traffic control*" (zie paragraaf 4.2.4 voor meer details hieromtrent) en "*Analyse en Ontwerp van de Zuid-Oost toegang (Parkpoort) tot de stad Leuven*" (zie paragraaf 4.2.5 voor meer details hieromtrent).

Dinsdag 11/12/2001 :

- bijna de hele dag ging naar het aanvullen van mijn persoonlijk doctoraal logboek waarin ik nu al bijna twee maanden achterstond. De reden hiervoor was een slechte planning door telkens maar dit proces uit te stellen. Vanaf nu speel ik echter korter op de bal en voeg ik elke avond kort aan het logboek toe wat er die dag gebeurd is. Dit spreidt de inspanning over meerdere korte periodes wat het bijhouden van een dergelijk logboek wat draaglijker maakt.
- Bart Hamers kwam me verrassen met een vraag over een bepaald type splines dat hij gebruikt. Voor negatieve getallen die bijna nul zijn vertonen zijn splines een nogal wild oscillerend gedrag. Mijn ervaring leert me dat de oorzaak hier wel eens zou kunnen liggen in het feit dat MatLab met floating-point aritmetiek werkt en dat er door afrondingsfouten en functiebenaderingen een soort Runge-Kutta effect zou kunnen optreden. Bart's oplossing was om de splines (die symmetrisch zijn), rond de Y-as te spiegelen (aangezien ze zich wel correct gedragen in het positieve deel van de X-as).

Woensdag 12/12/2001 :

- de elfde les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" is doorgedaan. Gastspreker was Frank Vermeulen (Elia), hij had het over data-analyse en modellen bij Elia. Spijtig genoeg kon ik niet aanwezig zijn vermits ik me op de Universitaire Instelling Antwerpen (UIA) bevond.
- In de namiddag werd ik uitgenodigd voor een nabespreking van de resultaten die de visitatiecommissie Informatica voor de Universiteit Antwerpen had opgeleverd. Een eerste aftasten bracht verscheidene onregelmatigheden aan het licht waar ruimte voor verbetering is. Er werd goed en positief gediscussieerd en geregeld goede oplossingen aangereikt; de uitwerking en beoordeling hiervan wordt in de onderwijscommissie verder geregeld. De aanpassingen die op curriculum-niveau zitten zullen waarschijnlijk pas volgend academiejaar pas bekeken worden.
Het deed goed om nog eens tussen enkele van mijn ex-klasgenoten en -proffen te zitten. Ik had er diverse goede gesprekken met het huidige docentencorps van de kandidaturen. Het was wel opvallend met welk een ongeloof en verbazing ze de werking van SISTA beschouwen, waarin Bart De Moor tientallen doctoraatsstudenten begeleid.

Donderdag 13/12/2001 :

- In de voormiddag heb ik de carpooling geregeld voor het ESAT-sportevenement op vrijdag 14/12/2001.
- Ik heb de paper *Driver-Model of Lane Change Maneuvers* gelezen (zie paragraaf 4.2.2 voor meer details hieromtrent).
- in de namiddag heb ik drie SISTA-seminaries bijgewoond : Geert Morren ("*Subspace-based decimation methods*"), Pieter Pels ("*Automatic processing of prostate spectroscopy data*") and Mia Hubert ("*Robust analysis of high-dimensional data*"). Het seminarie van Pieter Pels was algemeen en gaf een goed overzicht van het toepassingsgebied waarin hij werkt. Alles werkt zeer duidelijk geïllustreerd, ik had wel al soortgelijke methodes gezien bij de welbekende professor Dirk Van Dyck aan het Universitair Centrum Antwerpen. Mia Hubert gaf een interessant en overzichtelijk seminarie, het viel me op dat de wereld vrij klein is (Mia geeft ook les in Antwerpen en ik heb nog les van haar assistente en co-professor gehad). Het seminarie dat hier behandeld werd, is daarenboven exact het thesisonderwerp (robuuste PCA) waar mijn vriendin Sanne Engelen (tweede licentie toegepaste wiskunde) mee bezig is, haar promotor is Mia Hubert.

4.3 Vrijdag 14/12 tot donderdag 20/12

4.3.1 The P versus NP Problem

Referentie : [Coo]

Dit artikel heb ik gelezen naar aanleiding van een video van het Clay Mathematics Institute die handelde over een van de ‘Millennium Prize Problems’, namelijk het bepalen of elke taal die aanvaard wordt door een niet-deterministisch algoritme in polynomiale tijd ook aanvaard wordt door een (deterministisch) algoritme in polynomiale tijd. Deze kwestie komt aan bod in de theoretische Informatica waar men onder andere over contextvrije grammatica’s en taalbeslis-singsproblemen redeneert.

De studie in dit artikel sluit zeer nauw aan bij hetgeen ik in mijn opleiding heb gezien, men gaat uit van het theoretische model van Turingmachines en berekenbare functies. Er wordt een afleiding en definitie gegeven van de polynomiale klasse \mathbf{P} die alle talen bevat die door een Turing machine in polynomiale tijd geaccepteerd worden. Vervolgens wordt overgaan op de polynomiale klasse \mathbf{NP} die hetzelfde bewerkstelligt maar dan op niet-deterministische wijze. Het probleem dat uiteindelijk gesteld wordt, is of $\mathbf{P} = \mathbf{NP}$ (we weten al dat $\mathbf{P} \subseteq \mathbf{NP}$) ?

Er wordt een historisch overzicht gegeven van de wortels waaruit de probleemstelling ontstaan is, namelijk de theorie van de \mathbf{NP} -compleetheid die handelt over de beslisbaarheid van talen en het bekende *halting*-probleem. Er wordt ook gesproken over de *feasibility* thesis die stelt dat een natuurlijk probleem een doenbaar algoritme heeft als en alleen als het een polynomiaal tijdsalgoritme heeft. Een bezorgheid die wordt gesteld is het feit dat sommige quantum computer algoritmes in staat zijn om in polynomiale tijd gehele getallen te factoriseren, maar dat er geen enkel dergelijk polynomiaal tijdsalgoritme voor Turing machines gekend is. Verder geldt ook dat er duizenden problemen gekend zijn die allen \mathbf{NP} -compleet zijn en dat van zodra er één enkel probleem efficiënt opgelost kan worden, ze *allemaal* efficiënt opgelost kunnen worden.

Er wordt gesproken over de consequenties die de kop op steken indien $\mathbf{P} = \mathbf{NP}$ (met name het ‘gevaar’ voor het in polynomiale tijd breken van encrypties). Een verbluffende conclusie is dat men voor elke wiskundige stelling gemakkelijk een bewijs kan vinden door enumeratie van de gepaste bewijsstappen (wat dan in polynomiale tijd kan). En waarschijnlijk zullen deze afgeleide bewijzen niet door mensen begrepen worden, maar in dat geval wordt het probleem verlegd naar het vinden van herkenningsalgoritme voor begrijpbare bewijzen.

4.3.2 Development and Evaluation of a Dynamic Ramp Metering Control Model

Referentie : [CHBA]

In dit artikel wordt een dynamisch toeritdoseringsmodel besproken dat uit vier componenten bestaat : toestandsschatting, OD-predictie, lokale doseringscontrole en globale doseringscontrole (deze laatste twee worden geïntegreerd in een hiërarchische structuur). Men streeft ernaar om een systeem-optimaal evenwichtspunt te bereiken. Dit doet men door een combinatie van lokale en globale algoritmes te implementeren (die elk geschikt zijn voor hun specifiek toepassings-gebied). Voor de lokale controle wordt een lineair-kwadratisch terugkoppelingscontrolemodel gebruikt. Voor het globale geval wordt een controlemodel gebruikt dat enkele tekortkomingen van de bestaande modellen opvangt en rekening houdt met het verkeer op de snelweg en de

wachtrij dynamica op de oprit. Er wordt verder nog uitgegaan van een niet-lineaire snelheid-dichtheidsfunctie die in de meeste verkeerscondities geldig is.

Het hiërarchische systeem bestaat uit twee terugkoppelingslussen : een binnenlus die zich bezig houdt met lokale controle en een buitenlus die werkt voor de globale controle. De binnenlus is gedistribueerd over het wegennetwerk en de buitenlus is gecentraliseerd. De toestandsschatting gebeurt met behulp van de verschillende lusedetectoren en camera's. De OD-predictie levert de OD-matrices die als invoer aan de globale controlemodule worden gegeven.

Bij het combineren van de lokale en globale controlemodules worden een glijdende horizon gebruikt waarbij toekomstige verkeerscondities worden voorspeld en optimale controleplannen worden gevonden voor de hele predictiehorizon. Vervolgens wordt het controleplan voor een korte horizon geïmplementeerd. Vermits in elke cyclus van het model telkens de vernieuwde verkeerscondities gebruikt worden, zal deze glijdende horizontetechniek een robuuste terugkoppelingscontrole vormen die corrigeert voor exogene verstoringen en predictiefouten.

Als test werden de voorgestelde algoritmes geïmplementeerd in de microscopische verkeerssimulator MITSIM. De resultaten worden geïnterpreteerd aan de hand van dichtheidsprofielen, cumulatieve verwerkte hoeveelheid, de totaal verwerkte hoeveelheid en de reistijden. De conclusie is dat zowel het lokale als het globale controlemodel op zich goede, vergelijkbare resultaten geven en dat de combinatie van beide een aanzienlijke verbetering bieden.

4.3.3 Quantum Yang-Mills Theory

Referentie : [JW]

In dit artikel wordt ingegaan op een van de 'Millennium Prize Problems' uitgereikt door het Clay Mathematics Institute. Er wordt kort geschetst welke geschiedenis de quantummechanica doormaakte (vanuit zuiver wiskundig standpunt) vooraleer er sprake was van quantum veldtheorieën met een culminatie in de quantum chromodynamica. Hierbij worden enkele aannames gemaakt die van fundamenteel belang zijn, een daarvan is het 'massagat'. Het probleem in kwestie dat werd geformuleerd, behelst het wiskundig inzicht in de vier-dimensionale quantum ijktheorie. Er wordt redelijk diep ingegaan op de exacte problemen waar men mee te kampen heeft, alsmede enkele beschouwingen bij het zoeken naar een oplossing hiervoor.

Het probleem met het massagat is de volgende vraag : "waarom werken de fundamentele krachten op korte afstand en waarom zijn er geen massalozes gluonen ? Anders geformuleerd : waarom is het dat in een quantummechanisch systeem dat in een vacuum nul energie heeft maar alle andere energietoestanden massa hebben (er is dus een sprong) ? En bestaat er een volledige renormaliseerde quantumveldtheorie van de Yang-Mills theorie ?". Indien de gluonen massaloos zouden zijn, dan werken ze op lange afstand (aangezien dan hun verloop volgens de inverse van het kwadraat van de afstand gaat aangezien de flux nu verdeeld wordt over een sferisch oppervlak) zoals alle standaard elektromagnetische en gravimetrische verschijnselen.

Het geheel deed me denken aan een artikel (zie [Mae01b]) dat ik eerder dit jaar schreef voor het keuzevak *Studium generale* aan de Universitaire Instelling Antwerpen : het was getiteld "*Leidt het Standaardmodel in de elementaire deeltjesfysica tot een quantum veldentheorie van Alles ?*".

4.3.4 Modelling Transport – Theory and Practice

Referentie : [McC]

Dit artikel (terug te vinden als onderdeel van een website) beschrijft de werking van een typisch zonesysteem waarbij een grondgebied wordt ingedeeld in verschillende zones, elk met een nummer en een centrum. Daarnaast wordt een transport netwerk bestaande uit knooppunten (*nodes*) en verbindingen (*links*). Vervolgens wordt de koppeling tussen beide systemen besproken.

In een volgend deel wordt de structuur van een klassiek vier-stadia transport model besproken dat bestaat uit het genereren van reizen (*trip generation*), het verdelen van reizen (*trip distribution*), een modale opsplitsing (*modal split*) en de toekenning van de reizen (*trip assignment*) waarbij deze laatste drie stadia worden geïtereerd. De klassieke generatie van reizen gebeurt met functies die de generatie beschrijven in functie van de sociaal-economische eigenschappen van een zone en functies die de aantrekkingskracht van bepaalde zones beschrijven in functie van de eigenschappen van het geografisch gebruik). De verdeling van reizen leidt dan tot een OD-matrix (*origin-destination*). Een vaak optredend probleem is het ontbreken van geschikte gegevens, met als gevolg dat men vaak een model als verdeling gebruikt, bijvoorbeeld een of andere vorm van de zwaartekrachtsverdeling. In een dergelijk model kan dan een modale opsplitsing gebeuren die rekening houdt met de reizen die gemaakt worden door *verschillende* soorten voertuigen (i.e., openbaar vervoer (bus en trein), personenvervoer, ...). Men spreekt dan van openbaar en privaat transport. In zo'n model zit ook een veralgemeende reiskostfunctie ingebouwd die afhankelijk van het type verkeer is. De modale splitsing wordt dan gemodelleerd met behulp van bijvoorbeeld een (hiërarchisch) logit-model.

Tot slot wordt de toekenning van reizen belicht op snelwegen, waarbij men uitgaat van de fundamentele diagrammen. Er wordt gestreefd naar een Wardrop-equilibrium waarbij alle wegen uiteindelijk even veel benut worden en bestuurders er geen voordeel van kunnen ondervinden door andere wegen te kiezen.

4.3.5 Weekoverzicht

Vrijdag 14/12/2001 :

- praktisch de hele dag was ik aanwezig op het ESAT-sportevenement in "De Sportschuur" te Wilsele, alwaar ik samen met Gert Thijs toch vierde werd in de badmintoncompetitie voor beginners..
- de achtste les van het vak "Design and Analysis of Experimentation" is doorgegaan. Spijtig genoeg kon ik hier niet op aanwezig zijn wegens het ESAT-sportevenement.
- 's Avonds ben ik met mijn vriendin naar het ESAT-kerstdiner gegaan. Het spijtige was dat we met SISTA in een zijzaaltje zaten waardoor we zo goed als niets aan de speeche hadden en volgens mij ook een groot stuk van de algemene sfeer misten. Het viel me wel op dat er maar zeer weinig volk was dat ik kende.

Maandag 17/12/2001 :

- de negende les van het vak "Design and Analysis of Experimentation" is doorgegaan. Ik heb de les echter gemist vermits deze niet in het oorspronkelijke lokaal doorging. Deze verandering werd gemeld op de vorige les (waar ik niet op aanwezig kon zijn), maar niet rond gemailed. Ik vind dat voor een vak dat in de doctoraatsopleiding kadert

er toch wel wat meer moeite gedaan mocht worden om ons *allemaal* hiervan op de hoogte te brengen.

Vermoedelijk wordt op 21 januari 2002 een halve dag oefeningen voorzien zodat we de stof nog beter onder de knie kunnen krijgen. Het examen zal gesloten boek (met formularium) zijn en hoofdzakelijk uit oefeningen bestaan. Ik sta hier echter met gemengde gevoelens tegenover en het lijkt me op dit moment niet gepast om nog statistiek te moeten blokken voor mijn doctoraatsopleiding, dat is iets wat ik reeds in mijn eerste licentie moest doen en ik zie daar nu het nut niet meer van in.

- Verder heb ik ook al het materiaal van Frank Vermeulen (data-analyse en modellen bij Elia) op de website van het vak "*Gevallestudies van datamining en industriële procescontrole*" gezet (weliswaar beperkt tot het domein van de K.U.Leuven). Ik heb daarnaast ook al het materiaal voor dit vak geordend (wat nu reeds drie kaften bestrijkt).
- Ik heb ook een CD aangekregen van het symposium dat over "*Missing Data*" handelde (zie paragraaf 3.2.3 voor meer details). Een selectie van geretoucheerde foto's werd op mijn website voor mijn doctoraat ondergebracht.
- Samen met Tom Bellemans en Bart Hamers hebben we de printer voor het vierde en vijfde verdiep klaargezet (de systeembeheerders moeten hem nog wel installeren) alsmede twee dozen papier gaan halen.
- Tot slot heb ik nog twee afspraken voor aanstaande vrijdag gemaakt : met Bart De Moor en aansluitend met Ben Immers.

Dinsdag 18/12/2001 :

- ik heb de artikels "*The P versus NP Problem*" (zie paragraaf 4.3.1 voor meer details hieromtrent) en "*Development and Evaluation of a Dynamic Ramp Metering Control Model*" (zie paragraaf 4.3.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Woensdag 19/12/2001 :

- ik heb de artikels "*Quantum Yang-Mills Theory*" (zie paragraaf 4.3.3 voor meer details hieromtrent) en "*Leidt het Standaardmodel in de elementaire deeltjesfysica tot een quantum veldentheorie van Alles ?*" (zie [Mae01b] voor meer details hieromtrent) gelezen.

Donderdag 20/12/2001 :

- ik heb het artikel "*Modelling Transport – Theory and Practice*" gelezen (zie 4.3.4 voor meer details hieromtrent).
- vanaf 's middags was er de traditionele kerstreceptie van ESAT, georganiseerd door de studenten van 2e Ir.

4.4 Vrijdag 21/12 tot donderdag 27/12

4.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 21/12/2001 :

- In de voormiddag heb ik kortelings met Bart De Moor samengezeten. Het plan was om eens te babbelen over het verdere verloop van mijn doctoraal onderzoek en over de op stapel staande afspraak met Ben Immers op de bouwkunde. Over mijn onderzoek hebben we om redenen van tijdsgebrek niet echt kunnen praten en in verband met de komende afspraak met Ben Immers werd enkel het hoogstnodige gezegd.
- Later in de voormiddag, ben ik met Ben Immers, Jim Stada en Steven Logghe gaan babbelen over een tweede DWTC-project waar ik aan kan meewerken. Het betreft hier het schrijven van een koppeling om emissiemodellen te kunnen gebruiken in de Paramics-software. Dit geeft me ineens de mogelijkheid om eindelijk met Paramics te kunnen experimenteren en ervaring op te doen, iets wat me broodnodig lijkt, gezien mijn achtergrond in microscopische verkeerssimulatie. Ze kunnen me betalen voor bijvoorbeeld twee dagen per week, gedurende één jaar.

Daarnaast deed Ben me nog twee andere voorstellen : het ene had te maken met een onderzoek naar de veiligheid waarbij risico's gekoppeld worden aan OD-matrices (op dit moment werkt men vanuit een statistisch standpunt). Hiermee zou men dan kunnen bepalen hoe veilig een bepaald wegennetwerk wel is en veranderingen in een bestaand wegennetwerk kunnen dan doorgerekend worden qua veiligheid. Het andere voorstel had te maken met een virtueel netwerk waarbij men zowel een met een microscopisch model (zoals Paramics) als met een macroscopisch model (zoals TransCAD) de reistijden kan berekenen. Er is een dynamische toedielingscomponent nodig die met factoren op een hoger niveau rekening houdt. Van dit laatste heb ik echter weinig kaas gegeten en het lijkt me niet echt haalbaar om hier persoonlijk onderzoek op te doen.

Later op de middag heb ik nog een uitgebreidere vergadering met Bart De Moor gehad waarin we verschillende onderzoeksdomeinen binnen verkeer aangekaart hebben. Volgens hem is er nog een groot gat tussen de microscopische calibratie en de data-acquisitie. Onderzoek naar de statistische eigenschappen van dergelijke benodigde databanken is dan ook een must. Hij raadde me aan om Tony Van Gestel te contacteren.

Maandag 24/12/2001 tot donderdag 27/12/2001 :

- kerstverlof.

4.4.2 Planning

- Steven Logghe vragen voor het specifieke DWTC-voorstel en de licentie op de Paramics-software.
- Bart De Moor stelde voor om eens alle voorstellen die in mijn hoofd ronddwalen op papier te zetten.

Hoofdstuk 5

Januari 2002

5.1 Vrijdag 28/12 tot donderdag 03/01

5.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 28/12/2001 tot dinsdag 01/01/2002 :

- kerstverlof.

Woensdag 02/01/2002 :

- het begon me stilaan duidelijk te worden dat ik waarschijnlijk hier in Leuven nooit les zou kunnen geven (i.e., practica begeleiden of eventueel een vak zelf geven) aangezien ik in de faculteit Toegepaste Wetenschappen niet direct voor mij geschikte vakken vond. Ik vind ook dat iemand maar een vak kan geven indien hij er echt goed in is. Ik heb in Antwerpen reeds twee jaar ervaring met het begeleiden van de practica "*Programmeren in Oberon*" voor de studenten eerste kandidatuur Informatica, alsmede het opstellen van alle oefeningen en het begeleiden van hun project dat in het tweede semester plaatsvond. Daarnaast heb ik ook nog twee semesters les gegeven aan groepen volwassen bij de Open Universiteit voor het vak "*Kennismakingstraject ICT*".

Indien ik in Antwerpen zou gebleven zijn, dan zou ik al zeker drie tot vier vakken onder mijn hoede hebben (waarvan één vak zo goed als volledig, namelijk "*Computer Graphics 2*" waar ik 20 op haalde). Ik vond dat ik – gezien mijn kennis en ervaring – ook hier in Leuven een kans zou moeten krijgen. Dit blijkt echter niet zo evident aangezien Bart De Moor me bij aanvang had gezegd dat ik niet voor een andere faculteit les kon geven. Na wat onderzoekswerk bleek dat er voor mij twee vakken mogelijk zijn, H006 ("*Methodiek van de Informatica*") voor de eerstejaars burgerlijk ingenieur en H333 ("*Informatie- en programmastructuren*") voor de derdejaars burgerlijk ingenieur.

Na kort met Bart De Moor overlegd te hebben, raadde hij me aan om Karel De Vlaeminck (de professor van H006) te contacteren en eens te zien wat er mogelijk is. Er werd me duidelijk gemaakt dat deze nieuwe belasting niet bij mijn huidige belasting in het departement Elektrotechniek wordt geteld, een kwestie waar ik helemaal niet mee inzit daar ik enorm graag les wil geven.

Donderdag 03/01/2002 :

- Ik heb gevraagd om het boek "*JavaSpaces : Principles, Patterns and Practice*" te bestellen. Ik heb hiervoor een schriftelijke vraag aan Bart De Moor gericht aangezien expliciete toestemming van de promotor vereist is.

5.1.2 Planning

- Karel De Vlaminck van het departement Computerwetenschappen contacteren en een afspraak maken.

5.2 Vrijdag 04/01 tot donderdag 10/01

5.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 04/01/2002 :

- ik ben samen met Tom Bellemans naar het departement Bouwkunde gegaan om er eens met Steven Logghe samen te zitten en na te denken over het nieuwe DWTC-project (CP-TR-18). Onze discussies leverden veel stof tot nadenken op en ik denk dat er zelfs enkele voorstellen voor nieuwe projecten kwamen bovendrijven. Ook zeer interessant waren de diverse boeken over verkeerskunde die ze op Bouwkunde hebben (en die bij SISTA volledig ontbreken). Ik heb dan ook van zodra we terug op ESAT waren, enkele nieuwe boekbestellingen aan Bart De Moor gevraagd.
- De schriftelijke toestemming om het boek "*JavaSpaces : Principles, Patterns and Practice*" te bestellen, is goedgekeurd door Bart De Moor. Ik heb de bestelling doorgegeven aan Ida Tassens.

Maandag 07/01/2002 :

- het grootste deel van de dag ging naar het ontwikkelen van een geschikte structuur voor een relationele databank voor het bijhouden van alle in mijn bezit zijnde papers. De implementatie gebeurde in Microsoft Access 97, maar kan gemakkelijk omgezet worden naar standaard SQL-commando's.
De structuur gaat uit van een centrale tabel waarin alle sleutels van alle artikels zitten, alsmede een lokatiecode (die gekoppeld is aan een lokatietabel die beschrijvingen bevat). De specifieke gegevens van de diverse soorten artikels zelf zitten vervat in verschillende tabellen die elk overeenkomen met een specifieke soort van BibTeX-items.
- Steven Logghe heeft me een paper gegeven van Newell en het voorstel voor het DWTC-project waar Ben Immers aan verbonden is (het handelt over milieu).
- De boekbestellingen (verkeerskunde) zijn goedgekeurd door Bart De Moor en doorgegeven aan Ida Tassens.
- Ik heb de website van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" bijgewerkt.

Dinsdag 08/01/2002 :

- ik heb mijn weekverslagen afgewerkt en bij Bart De Moor ingediend.
- Ik heb de licentiaatsthesis van mijn collega Franky Backeljauw uitgelezen, hij legt deze af in de onderzoeksgroep *Computeraritmiek en Numerieke Technieken* (CANT) aan de Universitaire Instelling Antwerpen. Zijn onderwerp handelt over het beschrijven en implementeren van speciale waarden bij het rekenen met complexe getallen in floating-point aritmiek.
- Ik heb een poging ondernomen om uit de soep van de regelingen rond de doctoraatsopleiding te geraken. Het invullen van de papieren lijkt me geen triviale gelegenheid en de K.U.Leuven heeft deze papieren ook redelijk onhandig gemaakt (plaatsgebrek). Ik ben dan ook van plan om zelf een dossier samen te stellen en de nodige handtekeningen en bewijsstukken (attesten en dergelijke) te verzamelen.

- Nadat Olivier Rousseaux eindelijk zijn job gedaan heeft, kon ik mijn persoonlijke informatie op de SISTA-website aanpassen (alsmede een initiële beschrijving van mijn onderzoek).
- Het pijnlijk trage proces van het invoeren van alle informatie over mijn artikels in mijn sinds gisteren gecreëerde databank is begonnen.

Woensdag 09/01/2002 :

- het grootste deel van de dag ging naar het programmeren van een `export()`-functie die me toelaat artikels uit mijn databank om te zetten naar geldige BibTeX-items. Dit programmeren gebeurde in Visual Basic, een 'pseudoprogrammeertaal' waar ik tot op heden nog geen ervaring mee had.
- Ik heb het SISTA-seminarie van Jan Willens bijgewoond, het handelde over "*Dissipative Systems, The Behavioral Approach to Systems and Control*". Het was niet zo eenvoudig om te volgen en het leek me vrij ontoegankelijk voor iemand die nog nooit grondig met systemen en controle in aanraking is geweest. Het viel me wel op dat Jan Willems grondige kennis van zaken heeft en de stof zeer goed kan uitleggen.

Donderdag 10/01/2002 :

- ik heb enkele afspraken voor het vak "*Gevallestudies van datamining en industriële procescontrole*" wat fijner gesteld, onder andere het verplicht door de studenten laten afgeven van het boek samen met hun artikel.
- Het grootste deel van de dag ging naar het samen met Tom Bellemans maken van een presentatie voor de startvergadering volgende week van het DWTC-project (CP-TR-18), we hebben ervoor gekozen om dit in Microsoft PowerPoint te doen (een programma waar ik tot op heden nog niet mee gewerkt had). In de toekomst zal ik er wel naar trachten te streven bepaalde zaken vroeger af te werken (dit verlicht de werkdruk).

5.2.2 Planning

- De presentatie voor de startvergadering van het DWTC-project (CP-TR-18) afwerken.
- Verder invoeren van de gegevens in mijn artikels-databank.

5.3 Vrijdag 11/01 tot donderdag 17/01

5.3.1 Transportation

Referentie : [Bre99]

Dit artikel geeft algemeen weer welke vooruitgang er in de industrie wordt gemaakt met betrekking tot de transportsector (voornamelijk weg- en spoorverkeer).

Er wordt gesproken over de constante opstoppingen op de Amerikaanse verbindingswegen, opstoppingen die ook veroorzaakt worden door het tolheffen (waardoor bestuurders gaan vertragen). Een oplossing hiervoor ligt in elektronische tolheffing die automatisch kan gebeuren (ETC – *electronic toll collection*). Men maakt hierbij gebruik van transponders die deel van de voertuigen uitmaken en die een voertuig-ID versturen naar een elektronische tolheffer.

Over navigatietechnieken wordt ook uitgebreid, met onder andere de vermelding dat nog niet alle geografische informatie al beschikbaar is voor de navigatiesystemen. Interessant om weten is dat men tegenwoordig transparante, oprolbare schermen kan maken die men op de voorruit kan plakken (TOLED – *transparent organic light emitting diode*) en waarop dan verkeersinformatie en routeadvies kan weergegeven worden. Bijzonder om te vermelden is dat men in Japan bezig is met het duizend keer accurater maken van de bestaande GPS-technieken, door de signaalinformatie te corrigeren met grondstations waarvan de lokatie zeer nauwkeurig bepaald is (men spreekt dan van kinetisch-GPS). Een andere techniek is differentieel-GPS, met dat verschil dat de grondstations zich nu in het water bevinden. Men spreekt over een accuraatheid die beter is dan vijf centimeter.

In verband met hoge-snelheidstreinen worden ook de maglev-treinen (magnetische levitatie) aangehaald. Een probleem hiermee is dat de elektromagneten die gebruikt worden, sterk gekoeld moeten worden om supergeleidbaarheid te halen. Indien men dit niet doet dan is het stroomverbruik aanzienlijk. Een alternatief hiervoor is het gebruik van zogenaamde Halbach-magneten die eigenlijk permanente magneten zijn, maar dan zo opgesteld dat hun gecombineerd veld in één enkele richting ligt.

Een niet onbelangrijke zijnoot die wordt gemaakt is dat technologische kennis alleen niet voldoende is. Veelal is de juiste timing en de overtuigingskracht noodzakelijk om effectief gebruik te maken van nieuwe technologische concepten.

5.3.2 Causes and Cures of Highway Congestion

Referentie : [CJV01]

Dit artikel onderzoekt de opstopping van snelwegen vanuit een ander standpunt dan het klassieke denkbeeld dat deze zou veroorzaakt worden door het feit dat de verkeersvraag de snelwegcapaciteit overstijgt. Volgens de auteurs ligt de grootste oorzaak in het feit dat de operatie van snelwegen zeer inefficiënt gebeurt in periodes van opstopping.

De maat die men gebruikt om de wachttijden in opstopping te meten, is gebaseerd op een van twee standaarden : enerzijds is er reistijd in een vrij-stromend regime (waarbij de nominale snelheid rond de honderd kilometer per uur ligt), anderzijds is er de reistijd bij een maximale doorstromingsgraad. Studies gedaan op basis van de gegevens die lusdetectoren opleveren in Los Angeles tonen aan dat deze nominale snelheidsmaat daar gerechtvaardigd is. Vervolgens wordt een andere maat besproken, namelijk efficiëntie, die gedefinieerd wordt als de verhouding van de

invoer tot de uitvoer van een snelwegsectie (dit op een constante factor – namelijk de nominale snelheid – na).

Interessant om weten is de manier waarop men de statistische metingen doet van de verschillende snelwegsecties : eerst wordt voor elke lusdetector nagegaan wanneer deze de maximale doorstromingsgraad bereikt gedurende een lange periode. Vervolgens berekent men de gemiddelde snelheid in een tijdsinterval rond dit moment, waarna tot slot de verdeling van deze snelheden nader kan bestudeerd worden.

5.3.3 Weekoverzicht

Vrijdag 11/01/2002 :

- in de voormiddag had ik een afspraak met Karel De Vlaminck op het departement Computer Wetenschappen. Hij peilde naar mijn kennis en de reden waarom ik graag les zou geven. Uiteindelijk wist hij me te vertellen dat hij graag had dat ik een groep studenten voor het practicum van H006 (*"Methodiek van de Informatica"*) zou begeleiden (ik zou dan een van de ongeveer negen assistenten worden). Hij liet me ook verstaan dat deze extra onderwijsbelasting niet extra betaald zou worden en dat er daarnaast ook om de twee weken een vergadering met alle assistenten voor dit vak wordt gepland en ik daarmee rekening zou moeten houden.
- De rest van de hele dag ging naar het samen met Tom Bellemans afwerken van de slides voor de DWTC-vergadering van volgende week vrijdag. De slides werden ter inzage ook aan Bart De Moor gegeven.

Maandag 14/01/2002 :

- in de voormiddag woonde ik op de Universitaire Instelling Antwerpen de thesisverdediging van mijn collega Franky Backeljauw bij. Het handelde over het gebruik van floating-point aritmetiek bij complexe getallen en de verschillende uitzonderingen en speciale gevallen waarmee dan rekening dient gehouden te worden. Het was een zeer interessante sessie waar ik nog iets uit geleerd heb.
- Juist op de middag kwamen enkele eerstejaars doctoraatsstudenten bij elkaar om het komende SCD-weekend te plannen, spijtig genoeg kon ik hierbij niet aanwezig zijn. Gelukkig heeft Steven Bex een website ontwikkeld waar alle verslagen gepost worden en de laatste stand van zaken dus steeds kan opgevraagd worden.
- In de namiddag kwamen de laatstejaarsstudenten D&A hun papers (en boek) binnenbrengen voor het vak HK05, *"Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole"*.
- De rest van de dag bracht ik door op de departementele nieuwjaarsreceptie, alwaar de wijn rijkelijk vloeide.

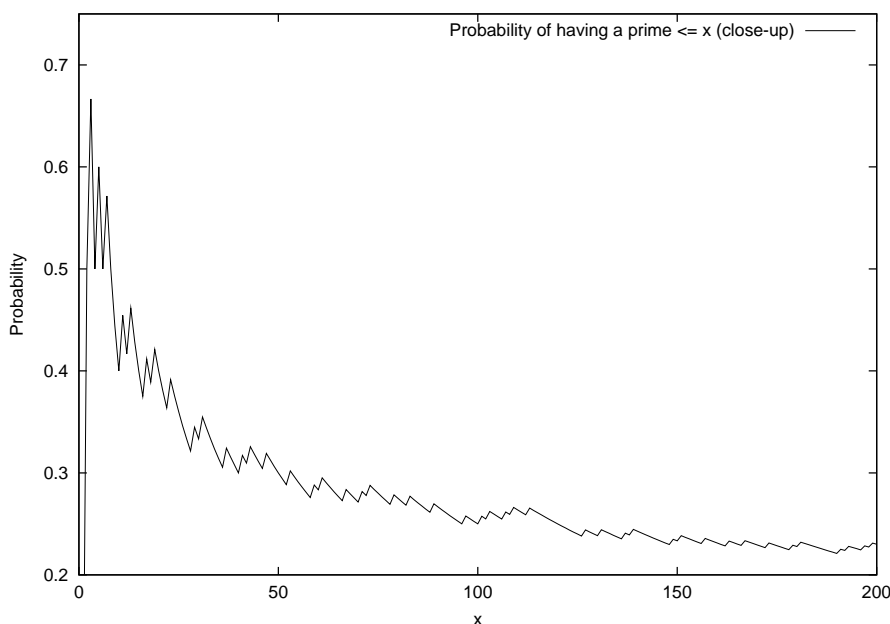
Dinsdag 15/01/2002 :

- zo goed als de hele dag kroop in het aanvullen van de gegevens in mijn artikelsdatabank (en het einde is zeker en vast nog niet in zicht).
- Gedurende enkele jaren was ik geïnteresseerd in de verdeling van de priemgetallen. Uiteindelijk besloot ik om het probleem eens te programmeren en zo tot een oplossing te komen. Beginnend van nul construeerde ik eerst een grafiek voor de strikt

positieve gehele getallen tot tien, ik was zeer verrast om onregelmatig gedrag van de geconstrueerde functie te aanschouwen. In Java heb ik dan een programma geschreven dat me de nodige datapunten in $O(n^2)$ gaf, wat eigenlijk geen schitterende tijdscomplexiteit is (vanaf $n = 400$ begon het programma al lang genoeg te duren). Na het programma te herontwerpen kon ik nu resultaten krijgen in $3 \cdot O(n)$ waarbij ik met gemak tot $n = 10^6$ kon gaan. De resultaten zijn te zien in figuren 5.1 en 5.2.

De gebruikte functie was :

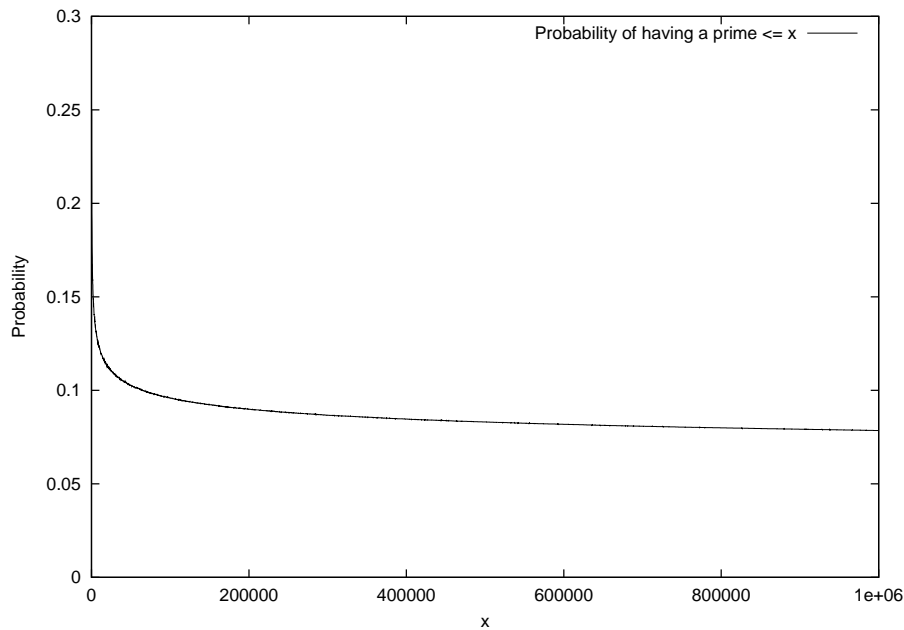
$$f : \mathbb{Z}_0^+ \rightarrow [0, 1] : x \mapsto \frac{\#\{v \in \mathbb{Z}_0^+ | (v \leq x) \wedge (v \text{ is priem})\}}{x} \quad (5.1)$$



Figuur 5.1: Kans op een priemgetal $\leq x$.

Woensdag 16/01/2002 :

- in de voormiddag heb ik de papers van de studenten HK05 afgedrukt en alles bij elkaar gebundeld en nagekeken. Het is zo goed als in orde, op twee boeken na.
- Op de middag heb ik samen met Tom Bellemans en Bart De Moor samengezeten om even te babbelen over de aanstaande DWTC-vergadering nu vrijdag. Bart vertelde me ook dat de combinatie van twee DWTC-projecten financieel moeilijk haalbaar is en ik dan eerder als 'losse medewerker' bij Ben Immers kan helpen.
- Ik heb het artikel "*Transportation*" (zie paragraaf 5.3.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Paul Van Houtte (de docent van het vak "*Design and Analysis of Experimentation*") heeft naar alle studenten een email gestuurd met daarin de melding dat er een oefenzitting zal plaatsvinden volgende week maandag. Voor deze oefenzitting dient iedereen twee oefeningen gemaakt te hebben en deze dan op het moment zelf uit te leggen aan de andere klasgenoten. Ik vind echter dat deze melding redelijk te laat komt aangezien me nog maximum een halve dag tijd voor dit alles rest en ik op deze korte tijd die taken niet afgewerkt krijg. Daarenboven neem ik ook geen deel aan



Figuur 5.2: Kans op een priemgetal $\leq x$.

het examen wat maakt dat ik de oefenzitting overbodig vind zolang ik de cursus niet volledig beheers.

- In de namiddag werd ik door Lut Vanderbracht gecontacteerd met de vraag of mijn naam mocht doorgegeven worden aan de krant De Morgen. Ik had hier geen bezwaar tegen en het resultaat is dat ik 's avonds gebeld werd door Nathalie Carpentier die me interviewde over recente technologische snufjes in de automarkt. Ik heb dan even al mijn literatuur geraadpleegd en haar teruggebeld en een uitgebreide uitleg gegeven. Het resultaat zou morgenvroeg in de krant moeten verschijnen.

Donderdag 17/01/2002 :

- het eerste wat ik 's morgens deed, was naar de krantenwinkel gaan om De Morgen te kopen. Op de voorpagina staat linksboven een referentie naar een door Nathalie Carpentier geschreven artikel op bladzijde zeven. Het meeste van hetgeen ik haar gisteren heb gezegd, staat erin, al is het me nu wel duidelijk dat je heel goed moet oppassen met wat je zegt aangezien sommige door mij aangehaalde voorbeelden er letterlijk in werden verwerkt. Al bij al is het een goed artikel en mag ik fier op mezelf zijn.
- Ik heb het artikel "*Causes and Cures of Highway Congestion*" (zie paragraaf 5.3.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Verder heb ik de presentatie voor de startvergadering van het DWTC-project afgewerkt, de slides naar PDF omgezet en voor alle partners gekopieerd en gebundeld.
- Tot slot heb ik nog een aantal artikels in mijn databank ingegeven.

5.3.4 Planning

- De papers voor HK05 verbeteren en examenvragen opstellen.

5.4 Vrijdag 18/01 tot donderdag 24/01

5.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 18/01/2002 :

- mijn nieuwe bureaustoel is eindelijk gearriveerd, ik heb de oude terug naar 02.12 gebracht. Ik had echter wel een bureaustoel *met* armleuningen gevraagd, maar door een in mijn ogen idiote regeling hebben enkel ZAP'ers en gehandicapten recht op een bureaustoel. Het tweede geval versta ik, het eerste lijkt me pure bureaucratie (die ze volgens mij rechtvaardigen met onkostennota's).
- De rest van de dag ging naar het geven van de startvergadering voor het DWTC-project CP-TR-18 die werd gepresenteerd door Tom Bellemans en mezelf. Interessant om te horen waren de expertises die de verschillende partners in huis hebben en hun visies op dit project.

Maandag 21/01/2002 :

- ik heb mijn vernieuwde personeelskaart ontvangen, ze is nu geldig tot 31 december 2003.
- De dienst voor kantoormaterialen heeft drie tafels geleverd, de twee die hier stonden hebben we terug naar de lokalen 02.12 en 02.84 gebracht. Daarnaast heb ik ook een ladenblok gekregen.
- Verder heb ik me bezig gehouden met het zo goed mogelijk begrijpen van de definitie van *space mean speed* (SMS).
- Ik met Tom criteria opgesteld om de papers van de studenten voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" te kunnen quoteren.

Dinsdag 22/01/2002 :

- zo goed als heel de dag ging naar het lezen van de papers die de studenten voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" indienden.
- Ik heb ook de presentatie van het DWTC-project CP-TR-18 aangepast aan de laatste wijzigingen.

Woensdag 23/01/2002 :

- ik heb naar alle partners voor het DWTC-project (CP-TR-18) een herinnering gestuurd voor het invullen van het aanvangsverslag.
- Weerom ging zo goed als heel de dag naar het lezen van de papers die de studenten voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" indienden.

Donderdag 24/01/2002 :

- de hele dag ging naar het lezen van de papers van de studenten voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*". Daarnaast heb ik samen met Tom Bellemans ook een systeem opgesteld dat als puntenverdeling op het examen kan dienen. Verder werden ook alle punten in een werkblad gegoten onder Microsoft Excel 97 zodat ik snel gemiddeldes en standaardafwijkingen kon berekenen, alsook een histogram van de puntenverdeling opstellen.

- In de namiddag ging er een SISTA-seminarie door. Gastspreker was Paul Van Dooren en zijn seminarie ging over "*Stabilization of Large Sparse Systems and the Riccati Difference Equation*". Wegens de verbeteringen van de papers kon ik hierbij niet aanwezig zijn en ik heb me dan ook verontschuldigd bij Johan Suykens, de coördinator van de seminars.

5.4.2 Planning

- SMS (*space mean speed*) verder gedetailleerd bestuderen.

5.5 Vrijdag 25/01 tot donderdag 31/01

5.5.1 Extraction of Driver Behavior Information from Traffic Video to Support Microscopic Traffic Simulation

Referentie : [CHC98]

In dit artikel wordt een methode besproken om verkeersgegevens af te leiden uit videobeelden van een wegsectie in Boston. Er wordt gebruik gemaakt van de ViVa Traffic Analysis software om de posities en snelheden van voertuigen automatisch te meten. Deze gegevens worden dan gebruikt om MITSIM te calibreren.

Er wordt uitgebreid besproken hoe en waar de camera's worden geplaatst en hoe door de software de beelddetectie optimaal kan worden uitgevoerd (ook het probleem van synchronisatie bij het bemonsteren van een videobeeld wordt belicht).

De resultaten leveren snelheidsverdelingen op voor vrij-stromend verkeer op verschillende locaties en dit telkens voor de verschillende vakken. Daarnaast worden er ook voertuig-trajecten afgeleid in een tx-diagram.

5.5.2 Weekoverzicht

Vrijdag 25/01/2002 :

- in de voormiddag heb ik *space mean speed* (SMS) verder bestudeerd en een vijftiental papers van het Internet afgehaald.
- Vermits Karel De Vlaminck maar niks van zich laat horen heb ik hem zelf gecontacteerd. Hij wist me te vertellen dat hij me juist ging bellen met de mededeling dat ik het lesgeven aan de studenten eerste kandidatuur Burgerlijk Ingenieur op mijn buik kon schrijven. Een echte reden gaf hij niet . . . , alleen dat het nogal moeilijk lag, maar daar ben ik vet mee.
Blijkbaar is de mentaliteit aan de K.U.Leuven zo'n probleem dat zelfs *sterk competente* mensen die *zwaar gemotiveerd* zijn geen kans krijgen . . .
- In de namiddag heb ik de voorstelling van Tom Bellemans' doctoraatsonderzoek bijgewoond. Interessant waren de diverse opmerkingen die de assessoren in zijn thesis-comité maakten.

Maandag 28/01/2002 :

- ik heb het artikel "*Extraction of Driver Behavior Information from Traffic Video to Support Microscopic Traffic Simulation*" gelezen (zie paragraaf 5.5.1 voor meer details hieromtrent).
- Het lijkt me interessant om een plan te formuleren zodat ik gemakkelijk de *space mean speed* kan bepalen voor een stuk autosnelweg. Deze gegevens kunnen me dan een distributie van de snelheden (snelheidsprofielen) geven en ik kan ze vergelijken met de gegevens die de klassieke, reeds aanwezige, lusedetectoren geven.
- Verder heb ik onze nieuwe printer (die hier al ruim een maand stof stond te vergaren) geïnstalleerd op mijn computer (Windows NT), dit bleek niet zo evident te zijn.

Dinsdag 29/01/2002 :

- ik heb de examenregeling voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" opgesteld (puntenverdeling, uren mondeling studenten, ...) en doorgestuurd naar alle betrokken studenten. Verder heb ik nagedacht over mogelijke meerkeuze-examenvragen.

Woensdag 30/01/2002 :

- de hele dag ging naar het samen met Tom Bellemans opstellen van gepaste meerkeuze-examenvragen voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*". Dit bleek een niet zo gemakkelijke taak te zijn aangezien we daarvoor al het studiemateriaal eerst zelf dienden te verwerken.

Donderdag 31/01/2002 :

- de hele dag ging naar het samen met Tom Bellemans opstellen van gepaste meerkeuze-examenvragen voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*".

Hoofdstuk 6

Februari 2002

6.1 Vrijdag 01/02 tot donderdag 07/02

6.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 01/02/2002 :

- de hele dag ging naar het afnemen van het examen "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*". Er was een schriftelijk deel 's morgens, gevolgd door een mondeling deel afgenomen door Tom Bellemans, Bart De Moor, Joos Vandewalle en mezelf.

's Avonds heb samen met Tom Bellemans nog de schriftelijke examens verbeterd en de punten in tabelvorm gezet. Het ESAT-netwerk lag echter plat aangezien het onderhoudsweekend inging waardoor de punten moeten wachten tot begin volgende week.

Maandag 04/02/2002 :

- collectief verlof van de K.U.Leuven.

Dinsdag 05/02/2002 :

- in de voormiddag heb ik de punten van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" gebundeld en doorgestuurd naar Bart De Moor. Het is wachten tot de deliberatie van dit vak om de definitieve punten toe te kennen.
- Mijn boek "*JavaSpaces : Principles, Patterns and Practice*" is aangekomen.

Woensdag 06/02/2002 :

- zo goed als heel de dag ging naar het afwerken van alle artikels in mijn databank; ze is nu bijna volledig, in die zin dat ze alles bevat dat ik reeds heb gelezen (alle andere, niet-gelezen artikels worden mettertijd ingevoerd).

Donderdag 07/02/2002 :

- ik heb samen met Bart De Moor en Tom Bellemans de puntentoedeling voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" definitief opgesteld. De 'nabewerking' hiervan had meer voeten in de aarde dan ik aanvankelijk dacht.

- Weerom ging het grootste deel van de dag naar het afwerken van alle artikels in mijn databank. Enkel de gegevens op mijn studio dienen nog ingevoerd te worden.

6.1.2 Planning

- Een artikel over het schatten van de *space mean speed* (SMS) schrijven.

6.2 Vrijdag 08/02 tot donderdag 14/02

6.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 08/02/2002 :

- persoonlijke verlofdag.

Maandag 11/02/2002 :

- in de voormiddag heb ik het DWTC-onderdeel van mijn website aangepast zodat de verschillende links nu wijzen naar de diverse deelnemende universiteiten, faculteiten en onderzoeksgroepen.
- 's Middags was er een bijeenkomst voor het SCD-weekend.
- Het verdere verloop van de dag ging naar het in elkaar steken van een artikel voor het schatten van de *space mean speed* (SMS).

Dinsdag 12/02/2002 :

- in de voormiddag heb ik in de Rotonde de cursus "*Programmeren in MatLab (deel twee)*" (georganiseerd door LUDIT) gevolgd. De les was vooral informatief en we werden dan ook overladen met allerhande wetenswaardigheden. Het was niettemin interessant om dit alles eens te horen, al blijft een concreet programma schrijven een noodzaak om een taal goed te beheersen.
- Verder heb ik het onderdeel "schatten van de gemiddelde snelheid van een enkel voertuig aan mijn artikel toegevoegd.

Woensdag 13/02/2002 :

- ik heb eens nagedacht om een klein stuk software te schrijven waarmee ik consecutive beelden van bijvoorbeeld een Kodak DC4800 kan gebruiken bij het bepalen van afstanden tussen voertuigen en hun snelheden. Dit zou dan kunnen gebruikt worden als vergelijking met de gegevens die de enkele lusdetectoren opleveren. Daarnaast heb ik ook eens uitgepluisd welke soorten harmonische gemiddeldes zoal mogelijk zijn.

Donderdag 14/02/2002 :

- in de voormiddag ben ik naar de eerste les van Ben Immers' cursus geweest : "*Verkeersmodellen*". Daarna ben ik op visite bij Steven Logghe geweest en hij heeft me het veelgezochte "*An Introduction to Traffic Flow Theory*" gegeven, met daarin het belangrijke artikel van Lighthill en Whitham : "*On kinematic waves II – A theory of traffic flow on long crowded roads*".
- 's Middags heb ik verder gewerkt aan mijn artikel over *space mean speed*, namelijk het samplen in de tijdsruimte, het samplen in de afstandsruimte en het eventueel simultaan samplen in beide ruimtes.
- Tot slot heb ik de SISTA-seminaries van Katrien De Cock ("*Principal angles in system theory, information theory and signal processing*") en Christophe Strobbe ("*The voice-enabled Web : VoiceXML and related standards for telephone access to web applications*") bijgewoond.

6.3 Vrijdag 15/02 tot donderdag 21/02

6.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 15/02/2002 :

- heel de dag ging naar het verder schrijven aan mijn artikel "*Estimating Space Mean Speed*". Ik heb het onderdeel '*de gemiddelde snelheid van een groep voertuigen*' volledig uitgewerkt.

Maandag 18/02/2002 :

- heel de dag ging naar het verder schrijven aan mijn artikel "*Estimating Space Mean Speed*". Ik heb het onderdeel '*samplen van de tijdsas*' beter uitgewerkt en enkele kleine semantische fouten verbeterd.
- Door rare omstandigheden is de email die Bart De Moor naar Ida Tassens begin januari had gestuurd, verloren gegaan met als gevolg dat we anderhalve maand voor niks op onze verkeersboeken zaten te wachten. De bestelling werd terug aan Ida doorgegeven.

Dinsdag 19/02/2002 :

- In de voormiddag heb ik het hele boek "*Introduction to Traffic Flows*" (zie [GC64]) dat Steven Logghe me had geleend, gekopieerd.
- de rest van de dag ging naar het verder schrijven aan mijn artikel "*Estimating Space Mean Speed*". Ik heb de onderdelen '*samplen van de ruimte-as*', '*simultaan samplen van de tijds- en ruimte-as*' en '*experimentele proefopstelling*' volledig uitgewerkt.
- Daarnaast zijn er verschillende studenten geweest die gedetailleerd hun puntenverdeling voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" wensten te weten. Ook heb ik Bert Pluymers gevraagd om me zijn paper toe te sturen zodat ik hem kan doorgeven aan de visitatiecommissie.

Woensdag 20/02/2002 :

- de hele voormiddag ging naar het op punt stellen van de administratie voor het DWTC-project CP-TR-18.
- In de namiddag heb ik een SISTA-seminarie bijgewoond van Jan Willems, "*Dissipative Systems - The Behavioral Approach to Systems and Control (part 2)*". Het eerste deel was zeer goed en redelijk te volgen, het tweede deel na de pauze (waar beduidend minder volk op aanwezig was) sloeg zwaar tegen voor iemand die niet direct een achtergrond in controle had.

Donderdag 21/02/2002 :

- in de voormiddag ben ik naar de tweede les van Ben Immers' cursus geweest : "*Verkeersmodellen*". Daarna ben ik op visite bij Jim Stada geweest om er de alom geciteerde paper "*Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research*" van James Wardrop (zie [War52]) te lenen. Ik ben hem 's middags gaan kopiëren.
- In de namiddag heb ik mijn onderzoeksdoelen op het Internet aangepast en overzichtelijk samengebracht. Volgende doelstellingen worden nu naar voor gebracht :

- statistische analyse van een databank met voertuigtellingen afkomstig van snelwegen,
 - het implementeren van een eenvoudige macroscopische verkeerssimulator,
 - het uitdiepen van de ontwerpbeschouwingen en problemen bij microscopische verkeerssimulators,
 - Mitrasim 2000 aanpassen,
 - een SISTA-seminarie geven,
 - een artikel over *space mean speed* schrijven,
 - het implementeren en bespreken van hiërarchische optimalisatie in een verkeersnetwerk
 - en het kwantitatief vergelijken van fundamentele grootheden in tx-diagrammen.
- Joseph Lano werd gecontacteerd met de vraag of hij zijn paper voor het vak "Geval-
lenstudies van datamining en industriële procescontrole" wou doormailen voor de
visitatiecommissie.
 - Daarnaast heb ik ook de tijdscomplexiteit van Mitrasim 2000 geschat. Volgende sym-
bolen worden hierbij gebruikt :
 - N is het aantal knooppunten in het wegennetwerk,
 - L is het aantal verbindingen in het wegennetwerk,
 - V_L is het aantal voertuigen dat zich op verbinding L bevindt op een zeker tijdstip,
 - R is het aantal routes mogelijk in het wegennetwerk
 - en S is het aantal voertuig-bronnen aan de randen van het wegennetwerk.

De totale computationeel dure tijdscomplexiteit per simulatie-tijdsstap bestaat uit volgende drie delen : α – het genereren van de voertuigen, β – het toepassen van de microscopische modellen (voertuig-volg model en vak-verander model) en γ – het verplaatsen van de voertuigen. Dit resulteert in een tijdscomplexiteit die $O(\alpha + \beta + \gamma)$ bedraagt, waarbij nu geldt dat :

$$\alpha = O(S) \tag{6.1}$$

$$\beta = O(LV_L(LV_L + LV_L)) \tag{6.2}$$

$$\gamma = O(L(V_L + V_L^2)). \tag{6.3}$$

Na herschikking resulteert dit in :

$$O(S + L^2V_L^2 + LV_L^2 + LV_L). \tag{6.4}$$

Indien we nu enkel de dominante, tijdsafhankelijke termen met V_L in beschouwing nemen, dan krijgen we :

$$O(L^2V_L^2). \tag{6.5}$$

Merk op dat ter voorbereiding van een simulatie er ook nog eens volgende tijdscomplexiteit additief bijkomt :

$$O(L^2) + O(RNL) = O(L^2 + RNL), \tag{6.6}$$

waarbij de eerste term staat voor het topologisch sorteren van de verbindingen in het wegennetwerk en de tweede term staat voor het opstellen van de routetabel.

- Tot slot heb ik nog een bijeenkomst met Bart De Moor gehad in verband met het onderzoek voor mijn doctoraat. Slotconclusie is dat we ons eens kunnen bezig houden met analyse van de bestaande verkeersgegevens, van belang hierbij zijn de technieken die voor het onderzoeksproject voor Elia werden gebruikt. Het loont de moeite om contact op te nemen met Tony Van Gestel en onder andere een proefdruk van zijn doctoraat en het rapport voor Elia te vragen.

6.3.2 Planning

- Een SISTA-seminarie geven met als mogelijke titel : "*Traffic Flow Modeling with a Nice Focus on Microscopic Models*".
- Uitvissen welke lusdetectoren snel data kunnen opleveren voor een dag in het weekend, zodat deze data als vergelijking kan dienen voor de te nemen digitale foto's in het kader van mijn artikel.

6.4 Vrijdag 22/02 tot donderdag 28/02

6.4.1 Improved Velocity Estimation Using Single Loop Detectors

Referentie : [Coi01a]

In dit artikel wordt ingegaan op de problematiek die verbonden is aan het gebruik van de data afkomstig van enkelvoudige lusdetectoren. Het grootste deel gaat over het schatten van de gemiddelde snelheid en de gemiddelde lengte van voertuigen.

Uitgaande van de metingen die enkelvoudige lusdetectoren opleveren (namelijk de doorstromingsgraad en de bezettingsgraad), kan ofwel de gemiddelde lengte van de voertuigen ofwel de *space mean speed* worden geschat.

De conclusies die in het artikel naar voor worden gebracht, zijn dat men er sterk rekening mee moet houden dat lusdetectoren *geen* precisie-instrumenten zijn en dat de schatting van de gemiddelde voertuiglengte sterke variantie vertoont bij een afnemende doorstromingsgraad. Er worden echter wel technieken besproken die de schattingen voor de gemiddelde voertuiglengte en voertuigsnelheid verbeteren, met als resultaat een methode die toelaat om op basis van de data een redelijk correcte uitspraak te doen of het verkeer al dan niet vrij-stromend is.

6.4.2 Measuring vehicle driving patterns – estimating the influence of different measuring intervals

Referentie : [BE99]

Dit artikel beschrijft op welke zaken men moet letten indien men een sampling in tijd en ruimte doet bij het meten van zekere parameters voor het bepalen van het bestuurdersgedrag. Deze parameters zijn typisch snelheids- en versnellingsmetingen en ze worden onder andere gebruikt om profielen op te stellen waarmee men verbruik en emissies kan schatten. De aandacht van het artikel gaat hoofdzakelijk uit naar het meten met behulp van een ronddraaiende magneet. De conclusies zijn dat het gebruik van verschillende tijdsintervallen voor het samplen kan leiden tot sterk verschillende resultaten. Daarentegen geldt dat het aantal pulsen per wielomwenteling (een puls wordt gegeven van zodra de ronddraaiende magneet een spoel passeert) niet zo determinerend is.

6.4.3 Sterkte-Zwakte Analyse van het Intermodaal Vervoer in Vlaanderen – Strategische Beleidsnota

Referentie : [Tec98]

Dit rapport bespreekt het intermodaal (= privé en openbaar op verschillende wijzen zoals fiets, tram, trein, bus, auto, boot, ...) vervoer in Vlaanderen. Vermits het een beleidsnota is, wil dit zeggen dat er vooral op *visie* gehamerd wordt, dit op (middel)lange termijn. Het basisprobleem dat aangekaart wordt, is het ontbreken van statistieken over intermodaal vervoer in Vlaanderen. Dit leidt dan tot een Vlaams plan van aanpak voor permanente statistische dataverzameling en -verwerking. Zowel krachtpunten als flessenhalzen van het intermodaal transport worden aangehaald, alsmede mogelijke oplossingen voor deze laatste. Dit alles leidt tot een classificatie van geselecteerde operationele maatregelen in hoofdcategorieën waarop de overheid zich kan baseren.

6.4.4 Quantum Information Theory : Results and Open Problems

Referentie : [Sho99]

Dit artikel schetst algemeen de vooruitgang die gemaakt werd sinds de start van de informatietheorie naar aanleiding van het beroemde artikel van Shannon. De twee hoofdtheorema's uit diens artikel worden aangehaald en er wordt een korte inleiding op quantumsystemen gegeven. Het gebruik van 'qubits' (een twee-dimensionaal quantumstelsel) wordt uitgelegd en de theoretische afwezigheid van 'verborgen variabelen' wordt aangetoond, dit alles aan de hand van het 'superpositie-principe'. Vervolgens wordt ingegaan op het 'lineariteitsprincipe' (dit aan de hand van matrixalgebra) en op een 'von Neumann meting'. Vanuit deze achtergrond wordt de quantum informatietheorie beschouwd, aansluitend hierop volgt de 'broncodering' van een signaal en het concept van 'toegankelijke informatie'. Tot slot wordt 'klassieke capaciteit van een quantumkanaal' afgeleid en 'quantumteleportatie' en 'superdichte codering' besproken.

6.4.5 Digitale neurale netwerken in de bio-informatica

Referentie : [Eec01]

Dit artikel beschrijft op heldere wijze het gebruik van de 'CAM-brain machine' die gespecialiseerde, op FPGA's gebaseerde, programmeerbare hardware bevat die neurale-netwerkmodules rechtstreeks in silicium kan evalueren. De planning die vooropgesteld wordt, is om op wetenschappelijk verantwoorde wijze uit te maken of het paradigma, zoals geïmplementeerd in de CBM, een valabel alternatief is voor de klassieke von Neumann architecturen. Dit met concrete toepassingen in de bio-informatica. Er wordt ingegaan op de werking van neurale netwerken, het trainen van deze netwerken en het gebruik van genetische algoritmen. Vervolgens wordt het neurale netwerkmodel van de CBM beschreven, met als vermelding dat de CBM eigenlijk als één groot artificieel brein werkt.

Het lijkt me ten zeerste interessant voor SISTA om contact met de mensen aan de Universiteit van Gent op te nemen en ideeën uit te wisselen. Veel technieken die SISTA gebruikt lijken me rechtstreeks toegepast te kunnen worden met behulp van de CBM.

6.4.6 Traffic Flow Simulation for an Urban Freeway Corridor

Referentie : [HL98]

Dit artikel bespreekt de simulatie van macroscopische verkeersmodellen voor snelwegen die unieke eigenschappen hebben en waarvoor grote hoeveelheden data nodig zijn om de simulaties realistisch te maken. Er worden vier verschillende modellen besproken (die gelijkaardig zijn aan het model dat Tom Bellemans gebruikt). Daarnaast wordt ook de snelheid-dichtheid relatie nader beschouwd. Alle modellen worden vervolgens toegepast en de resultaten besproken. Het beste model was datgene dat samenvoegen, divergeren en weven mee in rekening bracht.

6.4.7 Estimating Travel Times and Vehicle Trajectories on Freeways Using Dual Loop Detectors

Referentie : [Coi01b]

In dit artikel wordt een manier besproken waarmee het mogelijk is om reistijden te voorspellen, uitgaande van de gegevens van een dubbele lusdetector in plaats van correlaties tussen opeenvolgende lusdetectoren te gebruiken. De techniek maakt gebruik van het opstellen van voertuigtrajectories die de reistijden weergeven. De bekomen resultaten zijn vrij goed indien er zich geen incident op een verbinding voordoet.

6.4.8 Vehicle Reidentification and Travel Time Measurement on Congested Freeways

Referentie : [Coi99]

Dit artikel bespreekt een methode om *dezelfde* voertuigen te detecteren door twee opeenvolgende dubbele lusdetectoren. Deze identificatie gebeurt op basis van de gemeten lengte van een voertuig. Daartoe worden de lengtes van de voertuigen vergeleken met de data afkomstig van een snelheidsval (*speed trap*) en in een matrix gezet. Vervolgens wordt deze matrix gefilterd en wordt er rekening gehouden met eventuele vakveranderingen van de voertuigen tussen beide detectiepunten.

6.4.9 Fundamentals of Traffic Flow

Referentie : [Hel97b]

In dit artikel beschrijft Dirk Helbing hoe enkele macroscopische grootheden gedefinieerd worden en hoe dan vanuit een gas-kinetisch standpunt kan gekomen worden tot een meer correctere vorm voor de snelheid-dichtheid relatie. Veel nadruk wordt gelegd op de rechtvaardiging van de Gaussiaanse vorm voor de snelheidsverdelingsfunctie. De conclusies zijn verder dat de scheefheid van deze laatste verdeling verwaarsloosbaar is en dat er een welgedefinieerde variantie-dichtheid relatie bestaat die bekomen wordt uit de theoretische resultaten. De fluctuaties van de dichtheid in de tijd kunnen benaderd worden met witte ruis (wat blijkt uit het spectrum). Helbing benadrukt tot slot zeer sterk dat zijn resultaten noodzakelijk zijn wil men goede verkeerssimulaties maken.

6.4.10 An improved first-order macroscopic flow model for highway traffic simulation

Referentie : [BSM01a]

Dit artikel beschrijft op heldere wijze het Lighthill-Whitham-Richards (LWR) eerste-orde macroscopische verkeersmodel op basis van de aannames en de differentievergelijkingen. Vervolgens wordt ingegaan op enkele tekortkomingen die zich in dit model manifesteren (gerelateerd aan de stroomop- en stroomafwaartse koppelingen tussen opeenvolgende snelwegsecties) waarna enkele verbeteringen worden aangebracht met het oog op het verhelpen van deze tekortkomingen. Dit resulteert in het aanpakken van secties die overstromen en congestie die kan verdwijnen.

6.4.11 Jams, Waves and Clusters

Referentie : [HT98]

In dit korte artikel wordt een klein overzicht geschetst van de nieuwe theorieën voor verkeersstromen. De basis wordt gevormd door vergelijkingen die veel-deeltjessystemen beschouwen en de Navier-Stokes vergelijkingen voor visceuze samendrukbare vloeistoffen (met een additionele relaxatieterm voor de evenwichtssnelheid). Verder wordt het fenomeen van recurrente congestiegolven besproken en de hysteretische aard van deze golven. Belangrijk om weten is dat deze interpretatie van gesynchroniseerd verkeer aan opritten kwantitatief *niet* overeenstemt met de werkelijkheid (al komt ze er zeer dicht bij).

6.4.12 Equation de transport de Boltzman

Referentie : [Fai01]

Dit korte webextract beschrijft zeer summier de afleiding van de Boltzman-vergelijking en een benadering ervan (met behulp van een relaxatieterm). Deze vergelijking geeft weer hoe een systeem zich in de faseruimte gedraagt en vindt toepassingen in vloeistof- en gasdynamica alsmede de macroscopische verkeersmodellen.

6.4.13 A Stochastic Model of Platoon Formation in Traffic Flow

Referentie : [GL01]

Het gebruik van AHS leidt tot de vorming van voertuigpeletons. Een eenvoudig model dat deze vorming beschrijft, wordt in dit artikel geschetst. Er wordt uitgegaan van een enkel rijvak en een kansverdeling die weergeeft wanneer voertuigen kunnen inhalen (en van peleton veranderen). Het onderzoek zit volgens mij nog in het beginstadium en in hun conclusies halen ze ook aan dat er nog veel werk aan de winkel is (zoals het uitbreiden naar meer vakken et cetera).

6.4.14 Micro- and Macrosimulation of Freeway Traffic

Referentie : [HHST00]

In dit artikel wordt een niet-lokaal gaskinetisch verkeersmodel en een nieuw voertuig-volg model voorgesteld. Er wordt bij vermeld dat beide modellen eenvoudig te calibreren zijn, wat een must is.

Het gaskinetisch verkeersmodel wordt opgesteld uitgaande van de standaard continuïteitsvergelijking. Om de speciale congestie-effecten beter te modelleren, wordt er nog een snelheidsvergelijking aan toegevoegd waarin een niet-lokale relaxatieterm voor de evenwichtssnelheid wordt opgenomen. Daarna worden de eigenschappen van dit model besproken met aansluitend de test of bepaalde effecten in de verkeersstroom volgen uit het model. Aan dit aspect wordt veel aandacht besteed, aangezien deze effecten zo natuurlijk zijn dat elke verklaring van empirische data ze in beschouwing dient te nemen.

Verder wordt er een deel besteed aan het ontwikkelen van het microscopische *Intelligent Driver Model* (IDM) dat ongevals-vrij werkt, gemakkelijk te calibreren is en een equivalente vertaling naar een macroscopisch verkeersstroommodel heeft. Een verschil tussen hun model en het mijne is dat in mijn model voertuigen in een noodtoestandsregime verkeren van zodra een obstakel

wordt ontmoet, dit in tegenstelling tot het IDM waar voertuigen al meer anticiperend rijden en vroeger remmen zodat ze niet boven een bepaalde maximale waarde voor afremmen komen (wat het ‘intelligente’ aspect van het model vormt).

Tot slot slagen ze erin om zowel microscopische als macroscopische modellen te combineren voor eenzelfde situatie : als een van de mogelijke redenen hiervoor schetsen ze het gebruik van een macroscopisch model indien het microscopisch model een enkel vak beschrijft en men de ingewikkelde implementatie-details van het vak-veranderen bij op- en afritten wil vermijden.

6.4.15 Numerical Simulation of Macroscopic Traffic Equations

Referentie : [HT99]

Het eerste wat in dit artikel aan bod komt, is de basis waarop de meeste macroscopische modellen gebaseerd zijn, namelijk de continuïteitsvergelijking. In deze vergelijking wordt nu voor het gaskinetisch model de snelheidsfunctie vervangen door een dynamische vergelijking waarin drie duidelijk te onderscheiden termen vervat zitten : een ‘transport-term’, een ‘druk-term’ en een ‘relaxatie-term’. Belangrijk om weten is dat alle vormen van congestie dezelfde universele eigenschappen vertonen die grotendeels onafhankelijk zijn van de initiële condities. Een voorbeeld hiervan is de uitstroom van opstoppingen die ongeveer constant is en enkel afhankelijk is van de tussentijden waarmee voertuigen een opstopping verlaten.

Vanuit een gaskinetisch model (gebaseerd op een microscopisch model van bestuurder-voertuig gedrag) wordt een macroscopisch model afgeleid dat niet-lokaal is. Deze niet-lokaliteit zit vervat in de dynamische equilibriumsnelheid die gerelateerd is aan de dichtheid.

Het grote verschil tussen het gaskinetisch model en de andere macroscopische modellen is het niet-lokale karakter. Deze zorgt voor verzachtende eigenschappen die gelijkaardig met een viscositeitsterm zijn. Maar het effect hiervan is voorwaarts en meer realistisch, dit in tegenstelling tot modellen met een expliciete viscositeitsterm waarin onrealistische patronen kunnen opduiken.

Het grote voordeel van het gaskinetische model is dat de vergelijkingen kunnen herformuleerd worden zodat er kan gebruik gemaakt worden van de verschillende numerieke standaardmethodes ontwikkeld voor de hydrodynamica. Uitgaande hiervan, worden vier verschillende numerieke integratiemethodes besproken op basis van hun consistentie, accuraatheid en numerieke stabiliteit. Daarna worden verschillende grenscondities besproken (Dirichlet, von Neumann, vrije grenzen en grenzen voor op- en afritten) voor gesloten systemen.

Op het einde van het artikel worden nog een aantal denkpijpen voor verder onderzoek aangereikt.

6.4.16 Macroscopic traffic models from microscopic car-following models

Referentie : [LLK01]

Als eerste aanzet in dit artikel worden twee microscopische veldveranderlijken geïntroduceerd (namelijk het dichtheidsveld en het fluxveld). Deze velden worden dan op grove manier met een netfunctie bekleed. Dit leidt tot twee velden die de macroscopische toestand van de verkeersstroom weergeven. Uitgaande hiervan wordt de continuïteitsvergelijking opgesteld.

Vervolgens wordt een extra macroscopisch veld gegeven, dat de snelheid voorstelt. Dit veld kan op twee manieren ‘benet’ worden, namelijk in de ruimte en in de tijd, wat aanleiding geeft tot de *time mean speed*, respectievelijk de *space mean speed*.

Het optimale snelheidsmodel wordt besproken met een geldige benadering ervan (vermits dit voor het afleiden van een macroscopisch model in het lineair regime gebeurt) en hieruit vloeit dan de omzetting van een algemeen voertuig-volg model voort.

Tot slot worden op numerieke wijze de eigenschappen van de microscopische en macroscopische modellen vergeleken. Hiertoe wordt onder andere nagekeken of beide modellen het onstabiel gedrag van een verkeersstroom in een zeker dichtheidsinterval correct nabootsen.

6.4.17 Weekoverzicht

Vrijdag 22/02/2002 :

- in de voormiddag kregen we bezoek van Filip Vanhove die met ons van gedachten kwam wisselen rond het bestuderen van verkeersgegevens opgeleverd door de lus-detectoren en camera's om alzo op een goede manier verkeersindices op te kunnen stellen (wat door TM Leuven wordt gedaan).
Talrijke interessante technieken kwamen op de proppen, waaronder het gebruik van historische data en referentiedagen, het statistisch analyseren van de databank en het gebruiken van een vaag expertsysteem om het huidige systeem te beoordelen. Griet De Ceuster heeft me ook haar document in verband met het berekenen van verkeersindices opgestuurd.
- Verder heb ik de nodige papieren van HK05 voor de visitatiecommissie aan Chris Mertens (MICAS) doorgegeven. De namen van de studenten werden van de papers verwijderd.

Maandag 25/02/2002 :

- in de voormiddag ben ik bij Chris Mertens langs geweest in verband met de twee papers die ik haar voor het vak HK05 "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" voor de visitatiecommissie ging bezorgen. Ze wist me echter snel te vertellen dat dit niet meer nodig was aangezien het rapport al gepubliceerd was. Ik heb haar gezegd dat ik de opdracht voor die papers slechts enkele weken op voorhand (in het midden van de examens) heb gekregen en dat terwijl ze er al vanaf september mee bezig zijn. Weerom een treffend voorbeeld van een inefficiënte KUL-werking.
- Ik heb mijn artikel "*Estimating Space Mean Speed*" nagelezen en verbeterd.
- Ik heb het artikel "*Improved Velocity Estimation Using Single Loop Detectors*" gelezen (zie paragraaf 6.4.1 voor meer informatie hieromtrent). Daarnaast heb ik opgezocht wat een Model 170 controller is die gebruikt wordt als multi-doel microcomputer voor verkeerscontrole, toeritdosering, signalisatie-controle en sprinkler-controle (zie [Sys01a, Sys01b] voor meer details hieromtrent).
- Ik heb ook de artikels "*Measuring vehicle driving patterns – estimating the influence of different measuring intervals*" (zie paragraaf 6.4.2 voor meer informatie hieromtrent) en "*Sterkte-Zwakte Analyse van het Intermodaal Vervoer in Vlaanderen – Strategische Beleidsnota*" (zie paragraaf 6.4.3 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Dinsdag 16/02/2002 :

- ik heb de artikels "*Quantum Information Theory : Results and Open Problems*" (zie paragraaf 6.4.4 voor meer informatie hieromtrent), "*Digitale neurale netwerken in de bio-informatica*" (zie paragraaf 6.4.5 voor meer informatie hieromtrent), "*Traffic Flow Simulation for an Urban Freeway Corridor*" (zie paragraaf 6.4.6 voor meer informatie hieromtrent), "*Estimating Travel Times and Vehicle Trajectories on Freeways Using Dual Loop Detectors*" (zie paragraaf 6.4.7 voor meer informatie hieromtrent), "*Vehicle Reidentification and Travel Time Measurement on Congested Freeways*" (zie paragraaf 6.4.8 voor meer informatie hieromtrent), "*Fundamentals of Traffic Flow*" (zie paragraaf 6.4.9 voor meer informatie hieromtrent) en "*An improved first-order macroscopic flow model for highway traffic simulation*" (zie paragraaf 6.4.10 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.
- Ik heb opgezocht wat het traditionele vier-stappen planningsproces is :
 - reistrip generatie,
 - reistrip verdeling,
 - modale split
 - en verkeers/transport toewijzing.
- Op de middag ben ik naar een bijeenkomst geweest voor het SCD-weekend; het ging voornamelijk over de verzekeringen en de regeling van het verblijf ter plekke.
- René Boel heeft me zijn handtekening toegestuurd voor het DWTC-project CP-TR-18. Daarnaast heb ik een brief naar de personeelsdienst van de K.U.Leuven gericht met de vraag om de ontbrekende gegevens voor SCD's aanvangsverslag aan te vullen.

Woensdag 27/02/2002 :

- ik heb de artikels "*Jams, Waves and Clusters*" (zie paragraaf 6.4.11 voor meer informatie hieromtrent), "*A Stochastic Model of Platoon Formation in Traffic Flow*" (zie paragraaf 6.4.13 voor meer informatie hieromtrent) en "*Micro- and Macrosimulation of Freeway Traffic*" (zie paragraaf 6.4.14 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.
- Naar aanleiding van het artikel van Helbing [HHST00] heb ik het aantal parameters in mijn microscopische verkeerssimulator Mitrasim 2000 geteld. De totaalsom bedraagt 86 parameters, waarvan er 24 moeilijk te calibreren zijn en 50 voertuigafhankelijk zijn (de overige parameters werden niet meegerekend).
- Tot slot heb ik alle in mijn bezit zijnde aanvangsverslagen voor het DWTC-project CP-TR-18 gebundeld en naar Hilde Van Dongen opgestuurd.

Donderdag 28/02/2002 :

- in de voormiddag ben ik naar de derde les van Ben Immers' cursus geweest : "*Verkeersmodellen*".
- ik heb de artikels "*Numerical Simulation of Macroscopic Traffic Equations*" (zie paragraaf 6.4.15 voor meer informatie hieromtrent) en "*Macroscopic traffic models from microscopic car-following models*" (zie paragraaf 6.4.16 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.
- Verder heb ik drie SISTA-seminaries bijgewoond : Dirk van Ormondt ("*Signal Processing for Rapid MRI*"), Chuan Lu ("*Pre-operative prediction of malignancy of ovarian tumors using least squares support vector machines*") en Andy Devos ("*Quantification and Classification of Magnetic Resonance Spectroscopy signals from human*").

brain tumors”). Zoals gewoonlijk scheerde de saaiheid weer hoge toppen, al viel het eerste seminarie al bij al goed mee.

Hoofdstuk 7

Maart 2002

7.1 Vrijdag 01/03 tot donderdag 07/03

7.1.1 Empirical traffic data and their implications for traffic modeling

Referentie : [Hel97a]

In dit artikel wordt op heldere wijze geschetst hoe men uitgaande van de gegevens geleverd door lusedetectoren, verschillende typische verkeersfenomenen kan waarnemen. Er wordt besproken hoe men de correlatie tussen de gemiddelde snelheden op de verschillende naburige vakken kan berekenen, hoe het hysteresis-effect kan waargenomen worden (en waarom de typische Lighthill-Whitham-Richards modellen ontoereikend zijn), hoe stoppen-en-vertrekken verkeer tot uiting komt en wat de variantie op de snelheid is.

7.1.2 Particle hopping models and traffic flow theory

Referentie : [Nag96]

De start van dit artikel wordt gevormd door een historisch overzicht van diverse soorten verkeersstroommodellen : macroscopische verkeersstromen, voertuig-volg modellen en *particle hopping* modellen. Deze laatste soort modellen beschouwt een weg als een aaneengesloten ketting van cellen die elk een of geen deeltjes kunnen bevatten. Als alle cellen tegelijk behandeld worden, spreekt men van een cellulaire automaat (CA).

Er wordt uitgebreid ingegaan op de structuur van de macroscopische modellen voor verkeersstromen (algemene vergelijkingen, fluctuaties en de LWR-theorie) en hun diverse – niet altijd even voor de hand liggende – tekortkomingen.

Vervolgens komt de hoofdbrok van het artikel aan bod : *particle hopping* modellen gedefinieerd op een rooster (*lattice*) van cellen. Vervolgens worden de regels beschreven waarmee deze deeltjes zich verplaatsen. Dit laatste geeft aanleiding tot de verschillende types modellen. Ook wordt er uitgebreid aandacht besteed aan de introductie van kritische exponenten en de link met vloeistofdynamica.

Als conclusie worden de verschillende voordelen van *particle hopping* modellen besproken en enkele open vragen geformuleerd.

7.1.3 The General Analytical Solution for the Burgers Equation

Referentie : [Dav00]

Dit artikel beschrijft hoe een analytische oplossing voor de niet-lineaire partiële differentiaalvergelijking (PDE) van tweede orde (i.e. de Burgers vergelijking) kan geconstrueerd worden, door ze om te vormen tot een gewone differentiaalvergelijking (ODE) die steunt op het gebruik van een vierdimensionale complexe variabele. Deze kan terug tot een eendimensionaal geval gereduceerd worden door de gepaste componenten gelijk aan nul te stellen. Tot slot worden nog enkele eigenschappen besproken die gerelateerd zijn aan de fysische interpretatie en verklarende kracht van deze oplossing.

7.1.4 Traffic data and their implications for consistent traffic flow modeling

Referentie : [Hel97c]

Dit artikel gelijkt sterk op de uiteenzetting in [Hel97a] (zie paragraaf 7.1.1 voor meer details). Een centrale vraag die wordt gesteld, is : welke fenomenen en functionele relaties dienen door de verkeersmodellen voortgebracht te worden, uitgaande van een analyse van de beschikbare gegevens ? Dit leidt tot een definitie van de snelheidsverdeling, haar variantie, scheefheid (*skewness*) en vlakheid (*kurtosis*). Er wordt gesteld dat de normaalverdeling een goede benadering voor de snelheidsverdeling vormt. Een belangrijke opmerking die gemaakt wordt, is dat men niet over al te grote tijdsperiodes mag uitmiddelen, aangezien dit kan resulteren in een bimodale verdeling.

Er is echter een ding waar ik het niet eens ben met Dirk Helbing : volgens hem is een verkeersstroom reeds instabiel onder de kritische dichtheid (hij rechtvaardigt dit met het hysteresis effect). Me dunkt dat verkeer onder kritische dichtheid altijd stabiel is.

7.1.5 Cellular Automata Simulating Experimental Properties of Traffic Flow

Referentie : [HS99]

In dit artikel wordt een model ontworpen voor het beschrijven van een eendimensionale verkeersstroom die gediscrètiseerd is in tijd en ruimte. De opbouw van de cellulaire automaat is redelijk rechttoe-rechtaan en poogt de verschillende karakteristieke effecten die Kerner *et al* beschrijven, na te bootsen.

7.1.6 Evaluation of Single Vehicle Data in Dependence of the Vehicle-Type, Lane and Site

Referentie : [TH00]

Dit artikel sluit goed aan op [Hel97a] en [Hel97c]. Een heel interessante opmerking die gemaakt wordt, is dat men niet over een vast tijdsinterval moet uitmiddelen maar eerder over een vast aantal voertuigen. Dit om te voorkomen dat de statistische fout voor kleine aantallen voertuigen willekeurig groot wordt. Het resultaat is het gebruik van flexibele meetintervallen.

7.1.7 A Traffic Detection Toolkit for Traveler Information Systems

Referentie : [Sue00]

Dit artikel geeft een goed overzicht van welke detectietechnologieën er allemaal mogelijk zijn, welke parameters van een verkeersstroom ze kunnen detecteren, wat hun toepassingsgebied is, hoe de onderhoudskosten zich gedragen, . . .

7.1.8 Some Remarks on Macroscopic Traffic Flow Modelling

Referentie : [Pap98]

Dit artikel vormt een reactie van Markos Papageorgiou op "*Requiem for Second Order Fluid Approximations of Traffic Flow*", geschreven door Carlos F. Daganzo. Er wordt vooreerst gesteld dat men geen volledig beschrijvende macroscopische modellen uit microscopische modellen kan afleiden (sterker nog, het zou zelfs kunnen dat er nooit een volledige macroscopische theorie zal bestaan die dezelfde verklaringskracht als bijvoorbeeld Newtoniaanse mechanica zou hebben). Vervolgens wordt een korte bespreking van de voor- en nadelen van de eerste orde LWR-theorie gegeven, hetzelfde geldt voor het tweede orde model van Payne. Na deze bespreking volgt een nadere beschouwing van de digitale implementatie van dergelijke verkeersmodellen, door middel van gepaste discretisaties in tijd en ruimte van de oorspronkelijke partiële differentiaalvergelijkingen.

7.1.9 The NETCELL simulation package : technical description

Referentie : [CLD97]

Dit technisch rapport beschrijft de implementatie en het gebruik van het NETCELL-programma. De onderliggende theorie is het celtransmissiemodel dat consistent is met de macroscopische vloeistofdynamica modellen. Met elke verbinding in het wegennetwerk worden een klein aantal karakteristieken geassocieerd. Daarnaast is er ook sprake van driebenige cellen die op- en afritten voorstellen (elk met een zeer kleine verzameling parameters). De routekeuzes op kruispunten zijn allen tijdsinvariant en de netwerkconnectiviteit wordt volledig bepaald door de topologische verbindingen in de netwerkgraf.

Een automatische verfijning van deze graf splitst de verbindingen op in cellen. Er wordt de mogelijkheid voorzien om tijdsgebonden capaciteitsreducties (i.e. incidenten) te specificeren. Naast een klokgedreven cyclus is er ook de mogelijkheid om gebeurtenis-gedreven te werken (starten en stoppen van de simulatie, incidenten en *OD-updating*).

Daarnaast wordt een gedetailleerd overzicht gegeven van de tijds- en ruimtecomplexiteit geassocieerd met NETCELL's algoritme (al wordt geen geparаметriseerde bovengrens gegeven voor de tijdscomplexiteit). Hetzelfde geldt voor de specificaties van de invoer- en uitvoerbestanden (de door NETCELL gegenereerde uitvoer kan met NETVIEW bekeken worden). Als afsluiter wordt een eenvoudig voorbeeldnetwerk bestudeerd.

Op het einde van het rapport worden in de appendices nog enkele overzichtelijke stroomdiagrammen gegeven die de interne werking grafisch verduidelijken. Het updaten van de verbindingen gebeurt op basis van de volgorde waarin ze in het invoerbestand werden gedefinieerd. De volgorde van celbehandeling is irrelevant, behalve wanneer de cel in kwestie direct stroomopwaarts van een *merge*-cel zit.

7.1.10 TRANSIMS traffic flow characteristics

Referentie : [NSP⁺98]

Het uitgangspunt van dit artikel wordt gevormd door te stellen dat de meeste handleidingen van microscopische verkeerssimulators slechts een weergave zijn van een momentopname van de toestand van de simulator (die constant in ontwikkeling is). Het voorstel dat wordt gedaan, is om diverse verkeersmetingen toe te lichten en deze te koppelen aan praktische tests. De eerste stappen die worden besproken, zijn : verificatie, validatie, calibratie en accreditatie. Er wordt gesteld dat calibratie van microscopische verkeerssimulators *zeer* moeilijk is.

De basis voor TRANSIMS (*TR*ansportation *AN*alysis and *SIM*ulation *S*ystem) wordt gevormd door een minimale aanpak (i.e. niet alle facetten van het bestuurdersgedrag worden expliciet gemodelleerd en geparаметriseerd). Deze kleine verzameling regels wordt dan uitgebreid indien een bepaald verkeersfenomeen zich niet in de simulator manifesteert.

Vervolgens wordt ingegaan op de interne werking van de simulator, welke steunt op een cellulaire automaat waarin elke cel een of geen voertuig kan bevatten en de snelheden geheeltallig zijn (met een zekere bovengrens). De standaardwaarden die aangehaald worden, beschrijven een grove indeling van de tijds- en ruimteresolutie (en bijgevolg ook de snelheid). De regels van de voertuig-volg en vak-verander modellen worden uitgebreid besproken, met in het bijzonder de routeringslogica.

Interessant om weten is dat TRANSIMS geïmplementeerd werd om parallel te werken (de parallelisatie is gebaseerd op de verschillende geografische regio's in de simulator).

TRANSIMS voorziet ook gecontroleerde tests voor gedrag van de verkeersstromen in de microsimulator. Deze tests worden uitgevoerd op verschillende wegennetwerken die elk bepaalde aspecten/configuraties (*building blocks*) omvatten.

7.1.11 VISSIM Traffic Flow Simulation – Technical Description

Referentie : [PTV]

Deze technische handleiding geeft een kort overzicht van de interne werking van de microscopische verkeerssimulator VISSIM, specifiek toegepast op een kruispunt in Krakov (Polen). Het onderliggende model is gebaseerd op een psycho-fysiek voertuig-volg model (dat van Wiedemann) en een regelgebaseerd vak-verander model. Het eerste model deelt het snelheid-afstand vlak in een aantal gebieden in waar de bestuurder telkens een zekere actie kan ondernemen, het tweede model steunt op een hiërarchische verzameling van regels voor het uitvoeren van vak-veranderingen. Naast deze simulatiemodellen wordt er ook een signaalcontrole-component gebruikt die de geaggregeerde detector data gebruikt om beslissingen te nemen die de controle-signalen in de simulator regelen.

7.1.12 Validation of the Microscopic Traffic Flow Model VISSIM in Different Real-World Situations

Referentie : [FV]

In dit artikel wordt dieper ingegaan op Wiedemann's voertuig-volg model dat gebruikt wordt in de microscopische verkeerssimulator VISSIM. Volgens dit model kan een bestuurder zich in een van volgende vier modes bevinden : onbelemmerd rijdend, naderend, volgend of remmend. Voor elk van deze modes wordt de versnelling beschreven in termen van de snelheid, het snelheidsverschil, de afstand en de individuele karakteristieken van de bestuurder en het voertuig. Naast de parameters van het voertuig-volg model is het ook van belang een geschikte waarde te gebruiken voor de tijdsstap.

Tot slot worden nog twee experimenten beschreven, gebaseerd op het verkeer op een Duitse en Amerikaanse autosnelweg. Zelfs met een drastisch verschillend rijgedrag in beide regio's, slaagt VISSIM er toch in om realistische resultaten te bekomen.

7.1.13 Weekoverzicht

Vrijdag 01/03/2002 :

- ik heb de artikels "*Empirical traffic data and their implications for traffic modeling*" (zie paragraaf 7.1.1 voor meer informatie hieromtrent) en "*Particle hopping models and traffic flow theory*" (zie paragraaf 7.1.2 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Maandag 04/03/2002 :

- ik heb de artikels "*The General Analytical Solution for the Burgers Equation*" (zie paragraaf 7.1.3 voor meer informatie hieromtrent), "*Traffic data and their implications for consistent traffic flow modeling*" (zie paragraaf 7.1.4 voor meer informatie hieromtrent) en "*Cellular Automata Simulating Experimental Properties of Traffic Flow*" (zie paragraaf 7.1.5 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Dinsdag 05/03/2002 :

- ik heb de artikels "*VISSIM Traffic Flow Simulation – Technical Description*" (zie paragraaf 7.1.11 voor meer informatie hieromtrent), "*Validation of the Microscopic Traffic Flow Model VISSIM in Different Real-World Situations*" (zie paragraaf 7.1.12 voor meer informatie hieromtrent), "*The NETCELL simulation package : technical description*" (zie paragraaf 7.1.9 voor meer informatie hieromtrent) en "*TRANSIMS traffic flow characteristics*" (zie paragraaf 7.1.10 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Woensdag 06/03/2002 :

- ik heb de artikels "*Evaluation of Single Vehicle Data in Dependence of the Vehicle-Type, Lane and Site*" (zie paragraaf 7.1.6 voor meer informatie hieromtrent), "*A Traffic Detection Toolkit for Traveler Information Systems*" (zie paragraaf 7.1.7 voor meer informatie hieromtrent) en "*Some Remarks on Macroscopic Traffic Flow Modelling*" (zie paragraaf 7.1.8 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Donderdag 07/03/2002 :

- in de voormiddag ben ik naar de vierde les van Ben Immers' cursus geweest : "Verkeersmodellen" (Jim Stada kwam spreken over het gebruik van logit-modellen).
- Bijzondere aandacht ging uit naar het helpen van Emil Muresan bij het schrijven van zijn artikel (helpen met \LaTeX).
- Verder heb ik een SISTA-seminarie bijgewoond : Patrick Glenisson ("The MIAME Standard: Minimum Information about a Microarray Experiment").
- Ik heb ook contact gehad met twee bekende Duitse fysici, Dirk Helbing en Martin Treiber, die gas-kinetische modellen gebruiken en als pioniers beschouwd worden op het vlak van het verklaren van typische intrinsieke hogere-orde effecten in verkeersstromen. Dit was de vraag die ik aan beiden stelde :

Hello, my name is Sven Maerivoet and I'm a doctoral researcher at the K.U.Leuven (Belgium) where I deal with traffic operations et cetera. Recently, I started looking at the work of Dirk Helbing et al and I like the gaskinetic approach they've advocated. However, reading the paper "Traffic data and their implications for consistent traffic flow modeling", I have one question on my mind : they state that in figure 11 traffic flow breaks down at critical density which results in stop-and-go traffic. I agree. Then they state that traffic flow is already unstable BELOW this critical density, and they justify this by means of the hysteresis effect. However, I disagree : traffic flow is still stable and this lower density, but the hysteresis effect only has significance when RETURNING for stop-and-go traffic to a lower density, This doesn't imply that traffic is already unstable at densities below critical densities. It's always stable at these lower densities I believe.

Het antwoord van Martin Treiber was :

Hi Sven, there are three kinds of stabilities : (global) stability, metastability, and (convective or linear) instability. Before traffic breakdown, free traffic is typically metastable : stable with respect to small perturbations, but unstable with respect to large ones. That is why traffic breaks down at all (since there are always some perturbations, traffic flow typically does not reach the regime of linear instability).

So, both you and Prof. Helbing are right. By the way : If there is very little traffic, then free traffic, of course, is globally stable.

*Hope this will help you,
Martin.*

Dirk Helbing gaf volgend antwoord (begeleid met een recentelijk artikel van hem) :

I agree that traffic is still stable at densities of 10 veh/km. The splitting can be understood by means of the hysteresis effect as you indicate, but this has been only fully understood in 1998 with the simulation of the hysteretic breakdown from free to synchronized flow. The work you refer to goes back to 1997. I recommend to read my recent review for an up-to-date discussion of traffic dynamics on freeways (see attachment).

Daarnaast stelde ik nog volgende vraag :

Then I have one other question : do you think it is feasible to direct some research towards chaotic systems ? I mean, looking at a density-flow plot of

data, we see a very sharp one dimensional line at low densities where the relation is linear (cfr. Daganzo's and Newell's triangles), but when density increases beyond critical density, traffic flow breaks down and we enter an unstable region. I believe traffic is thus behaving like a strange attractor, and describing this attractor automatically incorporates all those various effects near ramps, ... So, my point is : Lighthill-Whitham-Richards models were the first step, Payne and Papageorgiou extended the work for higher order models, Helbing and Kerner et al went further using physics' approaches but in the end we should all end up with a strange-attractor-model. What is your opinion on this ?

Waarom Dirk Helbing antwoordde :

I am not convinced of the relevance of deterministic chaos for traffic flow. There have been contributions by Kühne et al, Koch et al, Low et al (some of which are mentioned in the above review). There was never clear empirical support for chaos. The theoretical publications have a speculative character. Low's publications discuss what you probably have in mind. Personally, I have always decided not to spend time on this subject, although I know quite a bit about chaos. Maybe, future work will change my mind.

Presently, the only operational (i.e. testable) interpretation for the wide scattering and complex dynamics is the heterogeneity of driver-vehicle parameters. That is, the scattering goes back to a statistical distribution of parameters, which is partly a statistical and partly a dynamical effect. This theory works quite well and is at least semi-quantitatively in agreement with empirical data, see the contribution by Treiber and Helbing to J. Phys. A.

7.2 Vrijdag 08/03 tot donderdag 14/03

7.2.1 Introduction to the Theory of Cellular Automata and One-Dimensional Traffic Simulation

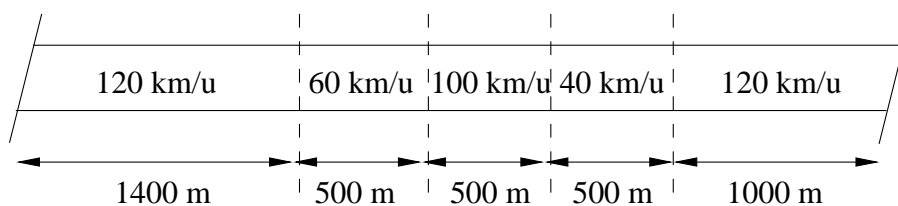
Referentie : [Coc00]

In dit artikel wordt bondig geschetst hoe cellulaire automaten geconstrueerd worden en welke verschillende soorten verzamelingen regels en grenscondities mogelijk zijn. Daarnaast wordt er ook aandacht besteed aan een 1-dimensionale cellulaire automaat die een verkeersstroom voorstelt. Het rare aan de verzameling regels zoals ze hier gedefinieerd worden, is het verschillend aanpassen van de snelheid : dit gebeurt voor zowel de huidige als de volgende rekenstap. Een opmerking die ik bij de verzameling regels heb, is dat zij onrealistische vertragingen toestaan (van bijvoorbeeld de maximumsnelheid naar nul op een tijdsspanne van slechts één tijdsstap, i.e. één seconde).

7.2.2 Weekoverzicht

Vrijdag 08/03/2002 :

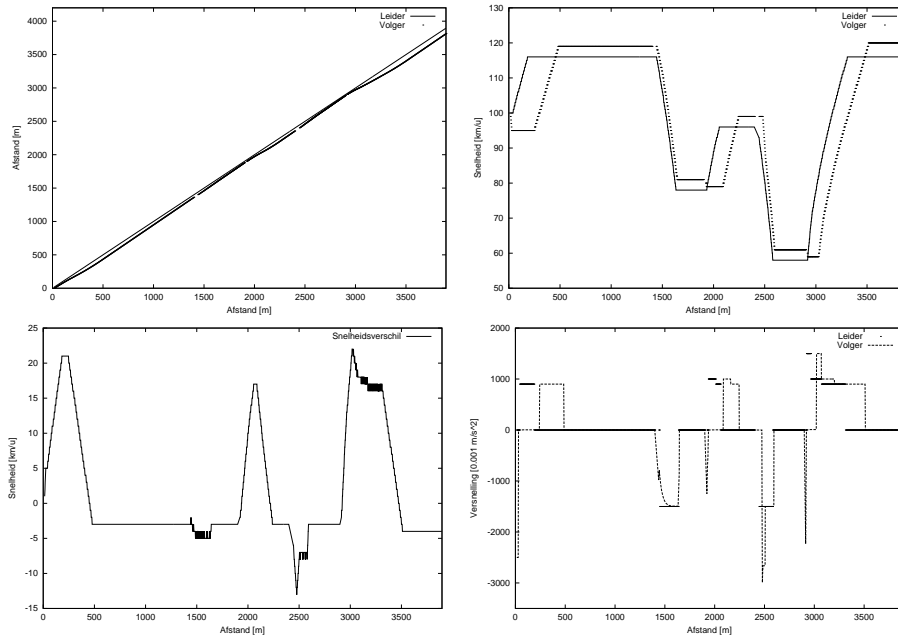
- zo goed als de hele dag ging naar het bestuderen van het voertuig-volg model in *Mitrasim 2000*, de microscopische verkeerssimulator die ik tijdens mijn licentiaatsthe-
sis heb ontwikkeld. Hiertoe dienden enkele programmatorische aanpassingen door-
gevoerd te worden zodat de simulator slechts twee voertuigen in het wegennetwerk
toeliet (en de rest blokkeerde). Vervolgens werden enkele verfijningen aangebracht
zodat de simulator elke kloktik de posities, snelheden en versnellingen van beide
voertuigen in een bestand bewaarde. De data in dit bestand kon dan achteraf gemak-
kelijk gevisualiseerd worden. De geometrie van de teststrook (alsmede de geldende
snelheidsbeperkingen) is te zien in figuur 7.1.



Figuur 7.1: De teststrook voor het voertuig-volg experiment.

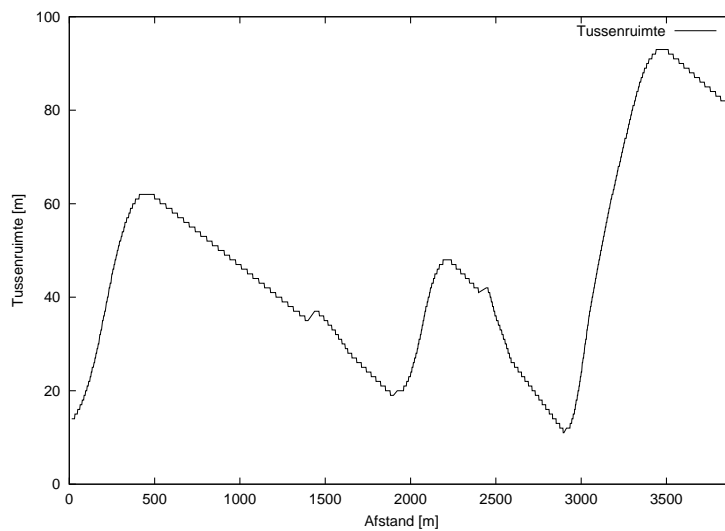
In de figuren in 7.2 is te zien hoe de *volger* zich gedraagt ten opzichte van de *leider*. De leider betreedt met een beginsnelheid van 100 km/u de rijbaan en trekt dan direct op tot de toegestane snelheid van ongeveer 120 km/u (merk op dat hij niet exact 120 km/u rijdt aangezien er een zekere statistische verdeling in rekening wordt gebracht bij het bepalen van zijn gewenste snelheid). Daarnaast is er te zien dat het versnellingsgedrag van de leider een zeer bruusk verloop kent, waarbij sprake is van maximale acceleratie en nominale deceleratie.

Het versnellingsgedrag van de volger daarentegen voorziet ons van interessante modelinformatie die niet direct intuïtief volgt uit de vergelijkingen. We zien bijvoorbeeld dat de volger met zijn reactie altijd ‘achterloopt’ op de leider. Dit resulteert in het doorschieten van de controlestrategie (zie bijvoorbeeld de scherpe neerwaartse piek



Figuur 7.2: Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en versnelling van de leider en de volger.

rond 2500 m in de versnellingsgrafiek). Wat ook zeer goed te zien is, is het gedrag in het voertuig-volg regime van Mitrasim 2000 : de regelaar past zich aan het gedrag van de volger goed aan op korte afstanden (i.e. van zodra de volger ‘gevangen’ zit in het voertuig-volg regime achter de leider). Het grillige verloop van het snelheidsverschil (zie de ‘kammen’ bij 1500 m, 2500 m en 3250 m) is volgens mij dan ook te wijten aan het feit dat de volger bij tijden constant fluctueert tussen het vrij-stromend en het voertuig-volg regime (tot stabilisatie bereikt is).



Figuur 7.3: De ruimte tussen de leider en volger.

Tot slot kan in figuur 7.3 gekeken worden naar het verloop van de tussenruimte tussen beide voertuigen. Merk op dat hier een stapsgewijs (cfr. de eerdere besproken fluctuaties) gedrag zichtbaar is.

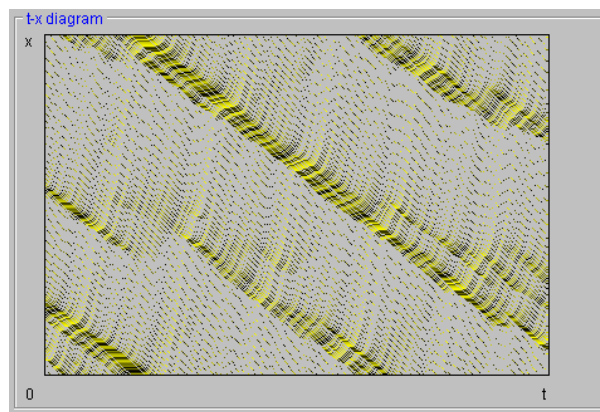
Maandag 11/03/2002 :

- Na het lezen van het artikel "*Introduction to the Theory of Cellular Automata and One-Dimensional Traffic Simulation*" (zie paragraaf 7.2.1 voor meer details hieromtrent), besloot ik om zelf eens een cellulaire automaat te bestuderen.

Een eerste aspect hierbij was het ontwerpen van de geschikte klassen : de bedoeling was om zo snel mogelijk resultaten te boeken (en een gemakkelijke implementatie te verzorgen voor diverse verzamelingen regels), wat resulteerde in het zorgvuldig ontwerpen van de onderliggende datastructuren. Een eerste testversie van mijn TCA (*traffic cellular automaton*) gaf enkel tekstuele uitvoer maar liet al zeer goed de lokale vorming van congestie zien die voortvloeide uit het zojuist besproken artikel. De baan waarop de voertuigen rondrijden is ringvormig met als gevolg dat de randvoorwaarden met elkaar geïdentificeerd dienen te worden.

Dinsdag 12/03/2002 :

- in de voormiddag ben ik begonnen aan de grafische gebruikersomgeving voor mijn cellulaire automaat. Dit leidde tot het weergeven van een tijd-ruimte diagram waarop de trajectories van alle voertuigen zichtbaar zijn. Een voorbeeld hiervan wordt getoond in figuur 7.4.



Figuur 7.4: Het t-x diagram van een TCA.

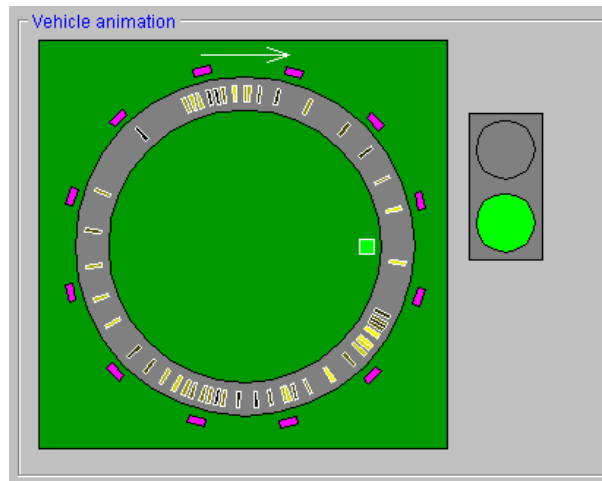
- 's Namiddags heb ik de doctoraatsverdediging van Koen Eneman bijgewoond. Het viel me op welk een verschil er is met Antwerpen : in Leuven wordt veel meer belang gehecht aan protocol.

Woensdag 13/03/2002 :

- na de simulators van Helbing bekeken te hebben, leek het me interessant om in mijn cellulaire automaat ook een 1-op-1 visuele weergave van de verkeerssituatie aan te bieden, dit leidde tot figuur 7.5. Ook werden regelaars geprogrammeerd die het online aanpassen van de modelparameters mogelijk maken.

Donderdag 14/03/2002 :

- in de voormiddag ben ik naar de vijfde les van Ben Immers' cursus geweest : "*Verkeersmodellen*", het ging over distributiemodellen en het berekenen van HB-tabellen uitgaande van voorspelde waarden met behulp van onder andere het Furness-iteratieschema en het zwaartekrachtmodel. Ik twijfelde aan het werken van de Furness-methode, met als gevolg dat ik een klein programma in Java heb geschreven dat dit



Figuur 7.5: Een visuele weergave van de verkeerssituatie in een TCA.

test. Al snel bleek dat de Furness-methode zeer snel goede resultaten kan geven (op voorwaarde dat er geen gedegeneerde rijen of kolommen met nullen in de matrix zitten). Een resultaat dat overeenkomt met het voorbeeld in de cursus is te zien in figuur 7.6.

```

C:\Program Files\Metrowerks\CodeWarrior\{Helper Apps}\runjava.exe
---< initial OD-table >---
I   5.0   50.0   100.0  200.0  | S=355.0   P=400.0
I   50.0   5.0   100.0   300.0  | S=455.0   P=460.0
I   50.0  100.0   5.0   100.0  | S=255.0   P=400.0
I  100.0  200.0  250.0   20.0  | S=570.0   P=702.0
-----
S =  205.0  355.0  455.0  620.0
P =  260.0  400.0  500.0  802.0
---< after Furness-processing >---
I   5.2   43.6   97.19  254.01  | S=400.0   P=400.0
I  44.71   3.77   83.63  327.89  | S=460.0   P=460.0
I   76.67  128.69   7.17  187.48  | S=400.001 P=400.0
I  133.42  223.94  312.01   32.61  | S=701.98  P=702.0
-----
S =  260.0  400.0  500.0  801.99
P =  260.0  400.0  500.0  802.0

Press Enter to continue

```

Figuur 7.6: Toepassen van het Furness-iteratieschema op een HB-tabel.

- Tot slot heb ik de SISTA-seminaries van Ann Spriet ("*A Novel Modelling-based Feedback Cancellation System for Hearing Aids*"), Simon Doclo ("*Design of far-field and near-field broadband beamformers*") en Geert Rombouts ("*Combination of acoustic noise and echo cancellation*") bijgewoond. Ze kwamen allemaal over als variaties op het thema dat aangesneden werd in Koen Eneman's doctoraat. Voor de verandering waren ze ook eens op tijd begonnen, al zorgden laptop-problemen voor een belachelijke onderbreking die met gewone slides had opgevangen kunnen worden (iets waar elke spreker aan zou moeten denken).

7.3 Vrijdag 15/03 tot donderdag 21/03

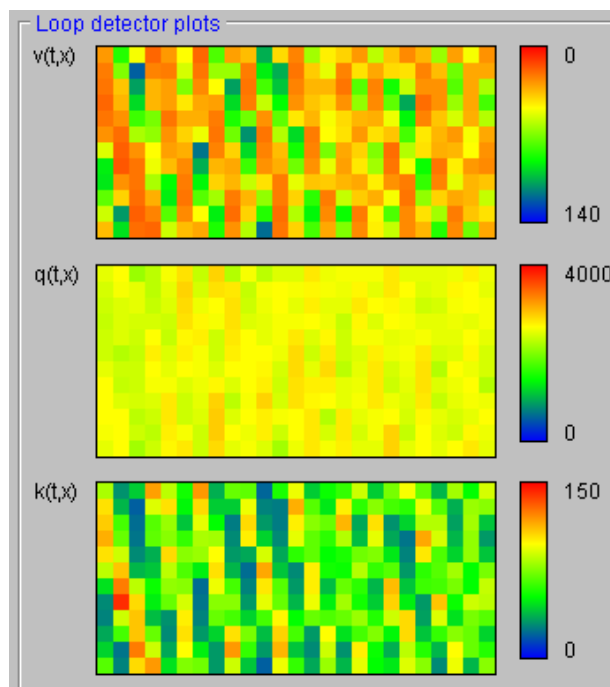
7.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 15/03/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het incorporeren van een stoplicht in mijn cellulaire automaat. De regeling hiervan kan enerzijds handmatig maar anderzijds ook automatisch gebeuren (dit laatste dan op basis van de lengte van de rood- en groencycli). De werking ervan kan goed bestudeerd worden aan de hand van het tijd-ruimte diagram en een weergave van de verkeerssituatie in kwestie.

Maandag 18/03/2002 :

- aan mijn cellulaire automaat werden lusdetectoren toegevoegd die elk de intelligentie bezitten om voertuigtellingen uit te voeren en uitgaande hiervan na een zeker (variabel) meetinterval deze te aggregeren in de macroscopische grootheden : gemiddelde snelheid (*time mean speed* en *space mean speed*), doorstromingsgraad en dichtheid. De resultaten hiervan worden daarna met kleurcodes weergegeven in $v(x, t)$, $q(x, t)$ en $k(x, t)$ diagrammen zoals te zien is in figuur 7.7.

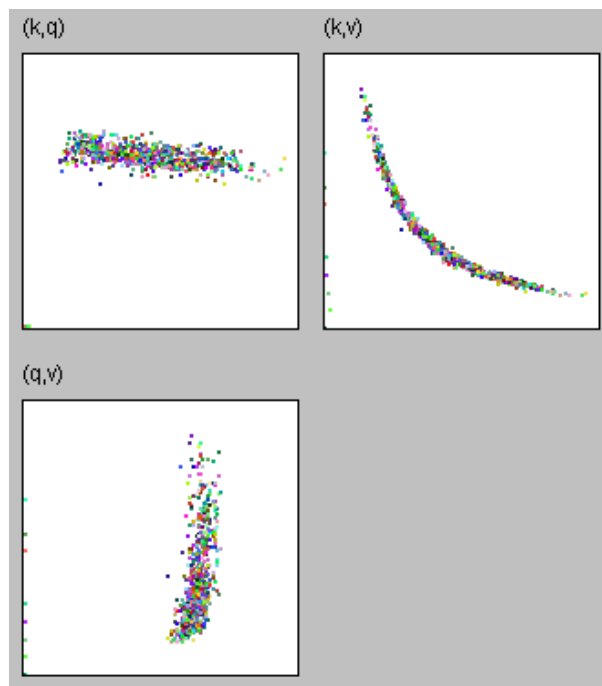


Figuur 7.7: De uitvoer van lusdetectoren van een TCA.

Dinsdag 19/03/2002 :

- het belangrijkste vandaag was het maken/voorbereiden van de presentatie die ik zal dienen te geven op de DWTC-ontmoetingsdagen voor ons project. Hilde Van Dongen wist me ook te melden dat het officiële projectnummer CP/40 is en niet CP-TR-18 (wat een DWTC-interne code is).

- Als laatste visualisatie-middel heb ik de fundamentele diagrammen aan mijn cellulaire automaat toegevoegd. Na elk afgelopen meetinterval worden de waarden van alle lusdetectoren gecorreleerd en in de diverse grafieken geplot. Een voorbeeld is te zien in figuur 7.8.



Figuur 7.8: De fundamentele diagrammen opgeleverd door de lusdetectoren van een TCA.

Woensdag 20/03/2002 :

- Bart De Moor vond mijn presentatie voor de DWTC-ontmoetingsdagen ok, hij had slechts twee kleine opmerkingen. De presentatie werd aangepast en direct doorgestuurd naar de verantwoordelijken.
- Tot slot werd de laatste hand aan mijn cellulaire automaat gelegd. Volgende soorten (gebaseerd op de beschrijvingen in [Nag96], cfr. paragraaf 7.1.2) werden als afgeleide klassen geïmplementeerd :
 - STCA (stochastic traffic cellular automaton),
 - CA-189 (zoals de STCA maar dan zonder randomisatie),
 - STCA-CC (zoals de STCA maar met cruise-control),
 - ASEP (asymmetric stochastic exclusion process),
 - en Cochinos TCA (een TCA-variant (door Richard Cochinos) zoals in paragraaf 7.2.1).

Donderdag 21/03/2002 :

- in de voormiddag heb ik de presentatie voor de DWTC-ontmoetingsdagen ingeoeffend.
- In de namiddag heb ik de presentatie op de DWTC-ontmoetingsdagen gegeven. Het was een leuke ervaring waarbij ik simultaan naar het Frans vertaald werd. Er waren ongeveer een veertigtal toeschouwers in het publiek. Op het einde van mijn presentatie heb ik nog vier vragen gekregen :

Zit er in de HB-tabellen ook afwikkeling naar gemeentelijke wegen ? Ja, deze bevindt zich in de HB-tabel op de diagonalen. Het is hierbij wel noodzakelijk dat de zone-indeling dan niet te grof gebeurt.

Worden zaken zoals verkeersarmoede ook in de kostfunctie gestoken ? Het was me niet helemaal duidelijk waar de vraagsteller op doelde, ik heb dan maar een voorlopig bondig *nee* geantwoord.

Hoe gaan jullie aan al die meetgegevens geraken ? Een hoogst interessant probleem dat opgelost wordt door het *strategisch onderhandelen* en het uitstippelen van een eenduidig routeplan waarin onze bedoelingen klaar en duidelijk geformuleerd worden.

Hoe wordt milieu behandeld als karakteristiek van duurzaamheid ? Dit wordt gewoonweg op gepaste wijze in de kostfunctie gestoken (cfr. emissies, geluidsoverlast, ...).

- 's Avonds heb ik nog een e-mail ontvangen van Yusen Chen (van DHV) om in Amersfoort (Nederland) een cursus te volgen over "*Traffic Study : from Static through Dynamic to Simulation*", gegeven door Jaime Barceló en Dirck Van Vliet. Het lijkt me uiterst interessant om hieraan deel te nemen. De cursus zal doorgaan op 14 en 15 mei 2002.

7.4 Vrijdag 22/03 tot donderdag 28/03

7.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 22/03/2002 :

- Zo goed als de hele dag ging naar het aanvullen van mijn website met onderzoeksresultaten. Deze omvatten het afwerken van mijn *Traffic Cellular Automata* software en het online plaatsen van de K.U.Leuven Internetadres-map en mijn programma voor het aanpassen van HB-tabellen met voorspellingen gebruik makend van Furness' iteratieschema.

Maandag 25/03/2002 :

- ik heb samen met Tom Bellemans een reisaanvraag ingevuld voor de cursus van DHV (zie donderdag 21 maart 2002).
- Het grootste deel van de dag ging naar het schrijven van mijn weekverslag waarbij bijzondere aandacht werd besteed aan het voertuig-volg model in *Mitrasim 2000* en mijn TCA (*Traffic Cellular Automata*) software.

Dinsdag 26/03/2002 :

- in de voormiddag ben ik bij Tony Van Gestel langsgeweest en we hebben het gehad over de mogelijke problemen bij het verwerken van de verkeersdataset, alsmede mogelijke oplossingstechnieken. Verder heeft hij me het eindverslag van het eerste ELIA-project gegeven.
- in de namiddag ben ik bij Bart De Moor geweest om verder te praten over mijn onderzoek. Er is niet veel anders gezegd dan de vorige bijeenkomst, met dat verschil dat ik nu de resultaten van mijn studie naar het voertuig-volg model in *Mitrasim 2000* en mijn cellulaire automaten getoond heb.
- Na goedkeuren van onze reisaanvraag door Bart De Moor, werd Yusen Chen gecontacteerd, die ons wist te melden dat er nog plaats voor de cursus in Amersfoort was.

Woensdag 27/03/2002 :

- heel de dag ging naar het bijprogrammeren aan mijn artikelsdatabank.

Donderdag 28/03/2002 :

- heel de dag ging naar het bijprogrammeren aan mijn artikelsdatabank.

Hoofdstuk 8

April 2002

8.1 Vrijdag 29/03 tot donderdag 04/04

8.1.1 All Questions Answered

Referentie : [Knu01]

Dit zeer algemene artikel (eigenlijk een neerslag) heeft een originele premisse (die haar oorsprong vindt bij Richard Feynman) : stel elke vraag die je wilt, Knuth zal proberen ze te beantwoorden. Interessant om lezen was het antwoord op de vraag welke de vijf belangrijkste problemen in de computer wetenschappen zijn. Volgens Knuth is het niet de moeite om deze al te bekijken, men kan beter beginnen met de vijf gemakkelijkste problemen op te lossen en zo naar boven toe te werken. Ook refereert hij naar het werk van Hans Moravec en Ray Kurzweil met betrekking tot artificiële intelligentie (een onderwerp dat ook vorige week woensdagavond aangekaart werd door prof. dr. Dirk Van Dyck aan het RUCA). Tot slot wordt er afgerond met de kwestie rond het in het wilde weg patenteren van allerhande mogelijke zaken.

8.1.2 Weekoverzicht

Vrijdag 29/03/2002 :

- heel de dag ging naar het afwerken van mijn artikelsdatabank. Het is nu eindelijk mogelijk om op auteur en/of titel te zoeken (er zitten reeds 369 artikels in de databank, allen in mijn bezit).

Maandag 01/04/2002 :

- collectief verlof aan de K.U.Leuven.
- In de namiddag ben ik rond half drie digitale foto's gaan trekken (met een Kodak DC4800 3,1 megapixels) van het verkeer dat de Kennedytunnel inrijdt in de koker richting Antwerpen. Daarnaast werd een meting verricht (voor de ijking van de foto's) van de afstand tussen twee verlichtingspalen (een heikel zaakje aangezien dit vereiste dat ik langs de flank van de koker afdaalde tot aan de rand van de autosnelweg). De afstand bedraagt 31,5 m, het zal misschien nodig zijn om ook de afstanden tussen de andere verlichtingspalen op te meten. De foto's zullen gebruikt worden in mijn artikel over "*Estimating Space Mean Speed*".

Dinsdag 02/04/2002 :

- ik heb het artikel "All Questions Answered" (zie paragraaf 8.1.1 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.
- In navolging van de studie naar het voertuig-volg model in Mitrasim 2000, werd een analogoog onderzoek gedaan naar het gedrag van een volger in een cellulaire automaat. Als teststrook werd dezelfde geometrische configuratie genomen als in figuur 7.1. Vermits de cellulaire automaat zeer discreet van aard is, werden enkele aanpassingen doorgevoerd. De maximale snelheden op de verschillende secties worden als volgt genomen : 120 km/u komt overeen met 5 cellen/seconde, 100 km/u komt overeen met 4 cellen/seconde, 60 km/u komt overeen met 2 cellen/seconde en 40 km/u komt overeen met 1 cel/seconde. Deze snelheden werden berekend met een vaste celgrootte van 7,5 m, het aantal cellen in de teststrook bedraagt 521 (wat ongeveer overeenkomt met 3,9 km).

De simulator gaf voor elke seconde de posities en snelheden van de twee voertuigen op de teststrook (er worden geen versnellingen gegeven aangezien deze geen deel uitmaken van de controle-logica bij een cellulaire automaat, dit in tegenstelling tot de expliciete modellering in Mitrasim 2000).

De initiële toestand van de simulator is in alle experimenten dezelfde : er zijn twee voertuigen aanwezig, de volger in de eerste cel en de leider in de tweede cel. Beide voertuigen hebben een initiële snelheid nul. De simulator laat de cellen per tijdsstap (die één seconde bedraagt) evolueren (dit zijn de toestandsveranderingen) en dit gebeurt voor alle cellen simultaan (i.e. parallel).

De eerste gebruikte automaat was de CA-189 die gebaseerd is op de STCA. De STCA is de *stochastic traffic cellular automaton* en werkt volgens de principes besproken in [Nag96] (zie paragraaf 7.1.2 voor meer details hieromtrent) : stel g is de ruimte (uitgedrukt in cellen) tussen een voertuig en zijn voorligger, ρ is de kans dat een voertuig dient af te remmen (de randomisatie), v_{\max} is de maximum snelheid op een bepaalde sectie en ξ is een pseudo-random getal met een uniforme verdeling op het interval $[0, 1]$, dan worden volgende twee regels toegepast alvorens een voertuig te verplaatsen over een afstand van v cellen :

Regel 1a :

$$\text{als } (v > g) \Rightarrow v = g$$

Regel 1b :

$$\text{anders, als } ((v < g) \wedge (v < v_{\max})) \Rightarrow v = v + 1$$

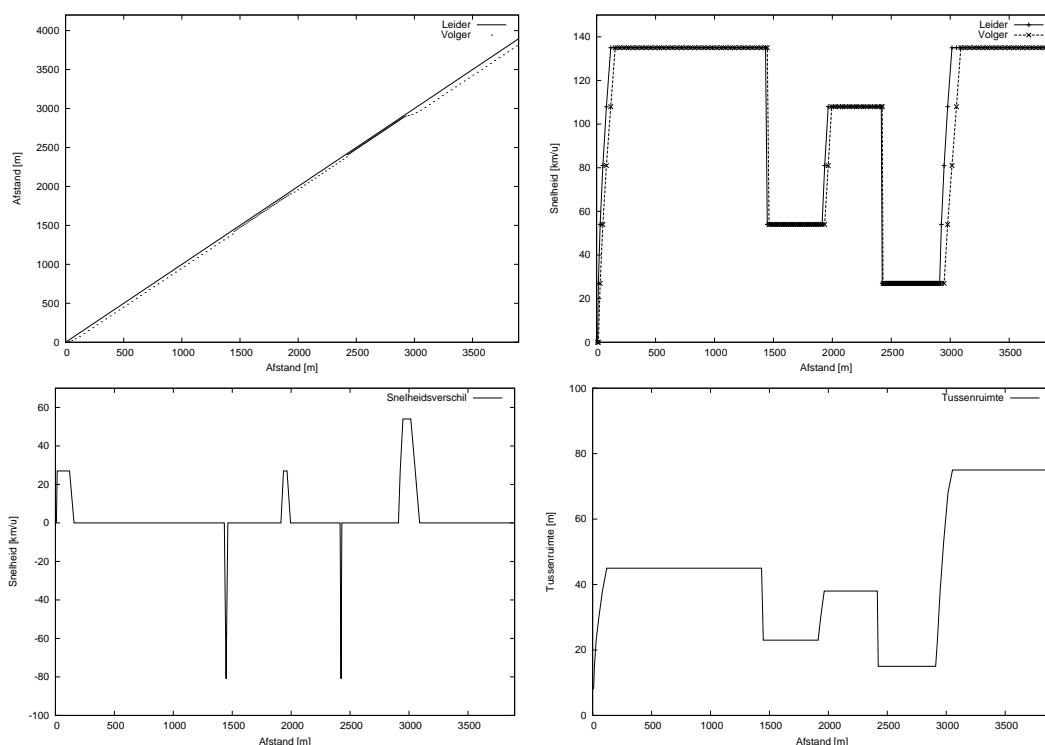
Regel 2 :

$$\text{als } ((v > 0) \wedge (\xi < \rho)) \Rightarrow v = v - 1$$

Merk op dat het pseudo-random getal ξ in regel 2 telkens opnieuw wordt gekozen voor elk voertuig apart. Indien de CA-189 gebruikt wordt, dan geldt dat $\rho = 0$, of met andere woorden : er zal geen randomisatie optreden.

Het gebruik van de CA-189 leidde tot de grafieken in figuur 8.1. We merken dat er een klein snelheidsverschil is, telkens bij de overgang van de leider naar een sectie waar een andere snelheidsbeperking geldt. Hierdoor zal de leider bijvoorbeeld vertragen waardoor de ruimte g voor de volger te klein wordt en regel 1b wordt toegepast zodat de snelheid van de volger afneemt. Het snelheidsverloop voor zowel leider als volger ondergaat geen plotse veranderingen (met uitzondering van de overgangen tussen de verschillende secties), het snelheidsverschil beschouwend, merken we dat dit enkel

opwaartse pieken vertoont bij de overgang naar een snellere sectie en neerwaartse pieken bij de overgang naar een tragere sectie.

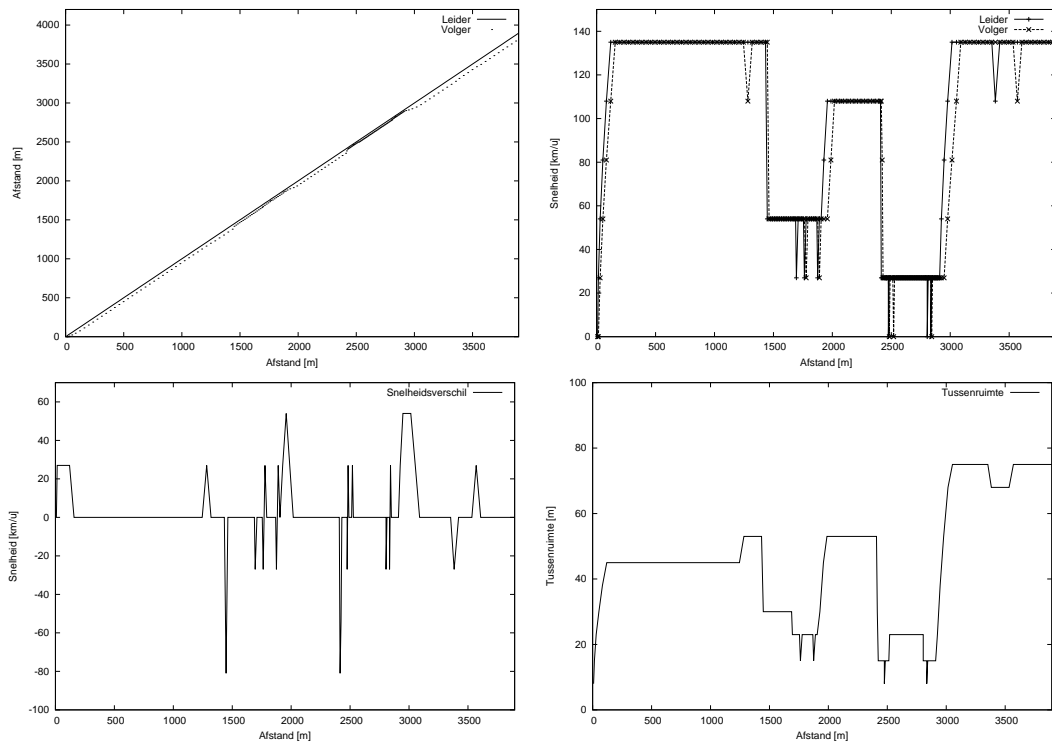


Figuur 8.1: Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de CA-189.

De tussenruimte blijft constant indien beide voertuigen zich met een constante snelheid voortbewegen, maar van zodra er één zijn snelheid verandert, is dit direct merkbaar in het bijna niet-differentieerbaar verloop van de tussenruimte. Merk op dat een tussenruimte van vijf en zeventig meter overeenkomt met tien cellen (dit treedt op vanaf ongeveer drie kilometer). Dit kan hier verklaard worden doordat de voertuigen vlak voor drie kilometer zich met een snelheid van één cel per seconde voortbewegen en er een tussenruimte van twee cellen is. Van zodra nu de leider kan versnellen zal deze tussenruimte stelselmatig groeien : eerst snel en daarna langzamer (want de volger kan dan ook beginnen versnellen van zodra hij de nieuwe sectie betreedt) om tot slot te stabiliseren van zodra beide voertuigen zich met een constante snelheid van vijf cellen per seconde voortbewegen.

In figuur 8.2 wordt de STCA gebruikt met $\rho = 0,025$. De grafieken zijn bijna identiek met die van de CA-189 in figuur 8.1, het verschil zit in de aanwezigheid van kleine 'subpieken' die gesuperponeerd zijn op het normale functieverloop. De lokatie van deze subpieken is willekeurig en vloeit voort uit de geïntroduceerde randomisatie van de STCA. Het aantal subpieken en hun respectievelijke amplitudes blijven echter klein.

In figuren 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7 en 8.8 neemt ρ respectievelijk de volgende waarden aan : 0,050; 0,075; 0,100; 0,200; 0,500 en 0,900. Opmerkelijk is de toename van het aantal pieken. De amplitude van deze pieken is zo goed als constant (een sporadische variatie is bijvoorbeeld te zien in het snelheidsverloop van figuur 8.7). De reden van deze constantheid van de amplitudes is dat de kans dat een voertuig zou vertragen (zie regel 2) al bijna dezelfde moet zijn als de kans waarmee een voertuig in het



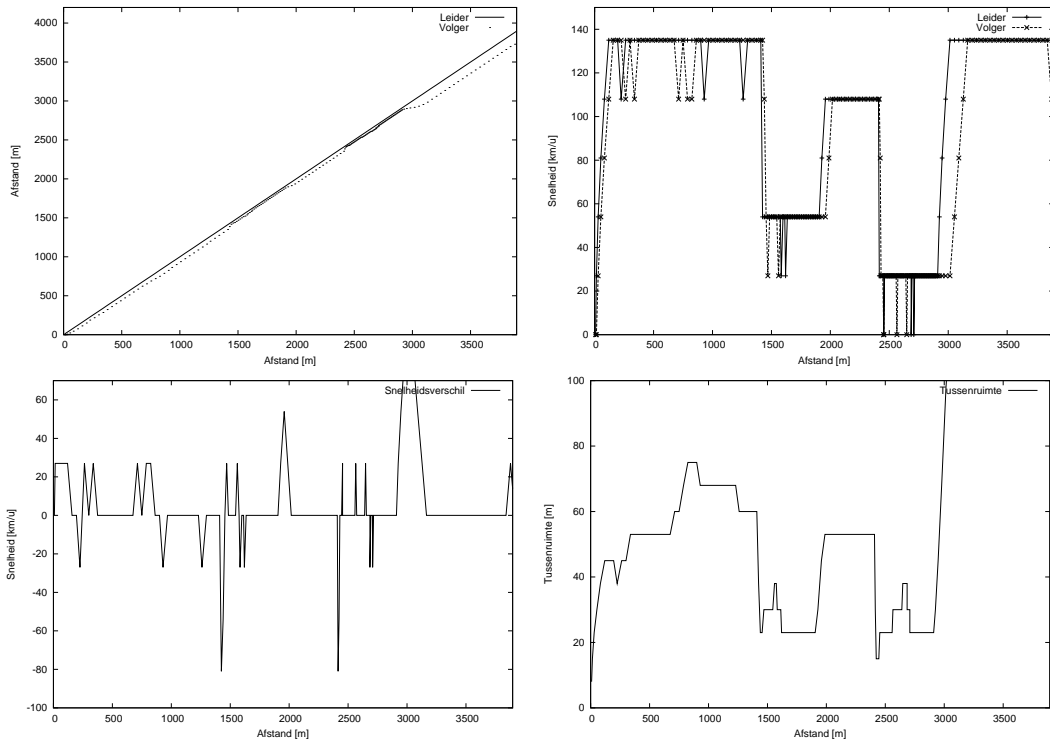
Figuur 8.2: Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,025$.

vrij-stromend regime kan versnellen (zie regel 1b).

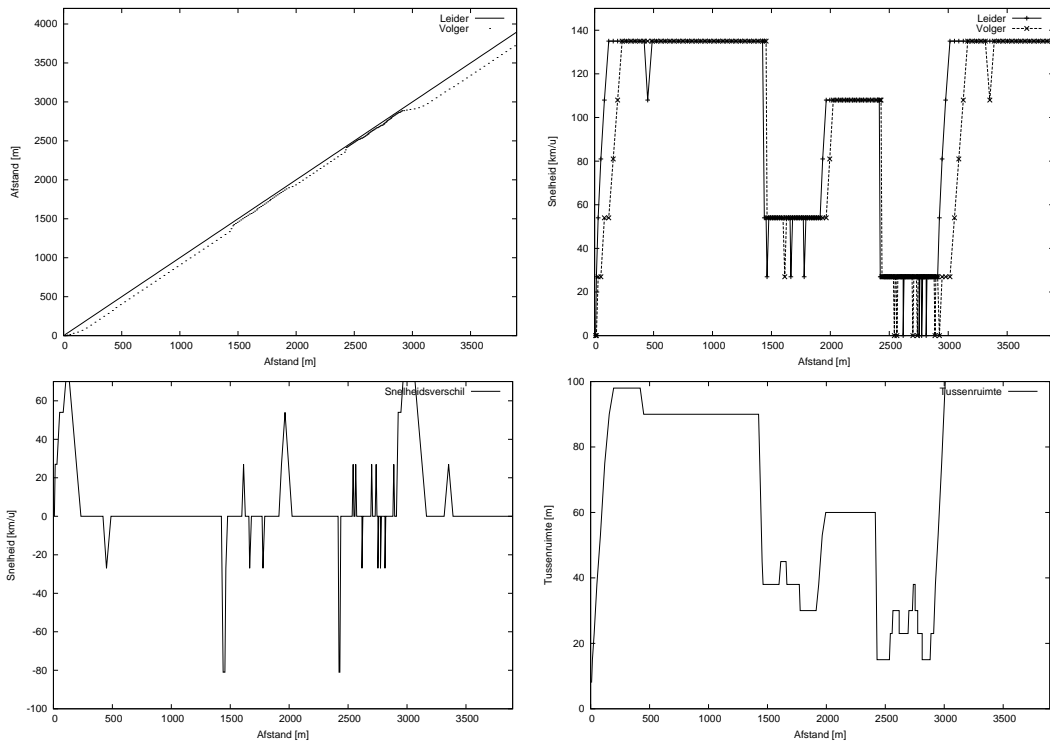
De initiële grote tussenruimte die optreedt in grafiek 8.4 is volledig te wijten aan het toeval : als we daar het snelheidsverloop beschouwen, dan merken we dat er al een sterke discrepantie optreedt bij de start van de simulatie, dit in tegenstelling tot de andere grafieken waar de snelheden in het begin van de simulatie relatief gelijk lopen.

Als we de grafieken in figuur 8.8 beschouwen, dan merken we dat het globale gedrag (zoals zichtbaar bij de CA-189 in figuur 8.1) zich nog redelijk opvallend manifesteert, ondanks de frequent optredende subpieken. Een mogelijke reden hiervoor werd hierboven al aangehaald. Merk op dat dat de tussenruimte nu wel in het algemeen zeer groot is aangezien het snelheidsverschil bijna altijd significant is, wat komt door de grotere stochastisiteit.

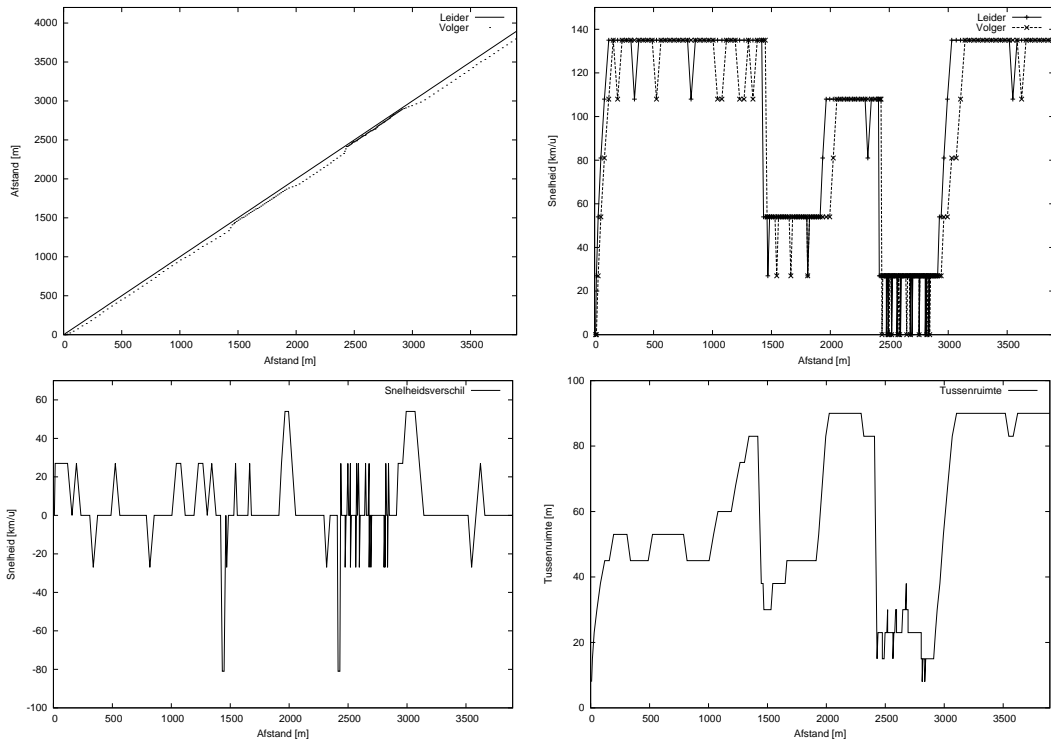
Tot slot is er nog figuur 8.9 waar de TCA van Richard Cochinos gebruikt werd (zie [Coc00] en paragraaf 7.2.1 voor meer details hieromtrent). Deze TCA bevat geen stochasticiteit en levert resultaten op vergelijkbaar met die van de CA-189. Het enige wat anders is, zijn de wat meer uitgesproken snelheidsverschillen (en overeenkomstig de grotere tussenruimtes).



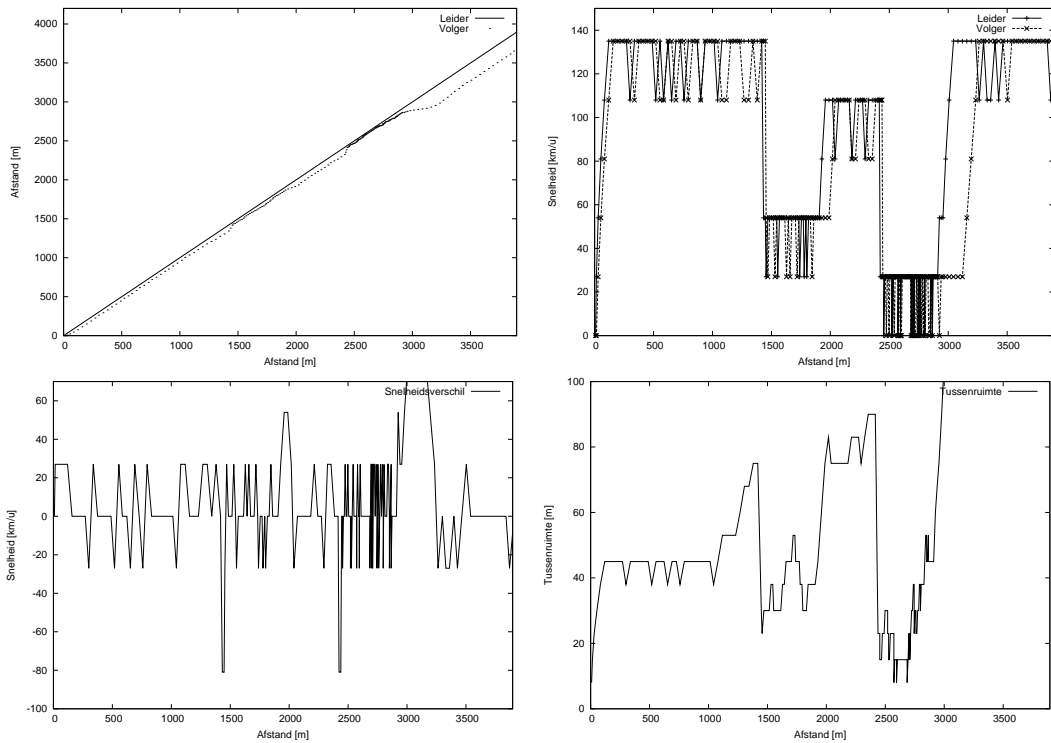
Figuur 8.3: Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,050$.



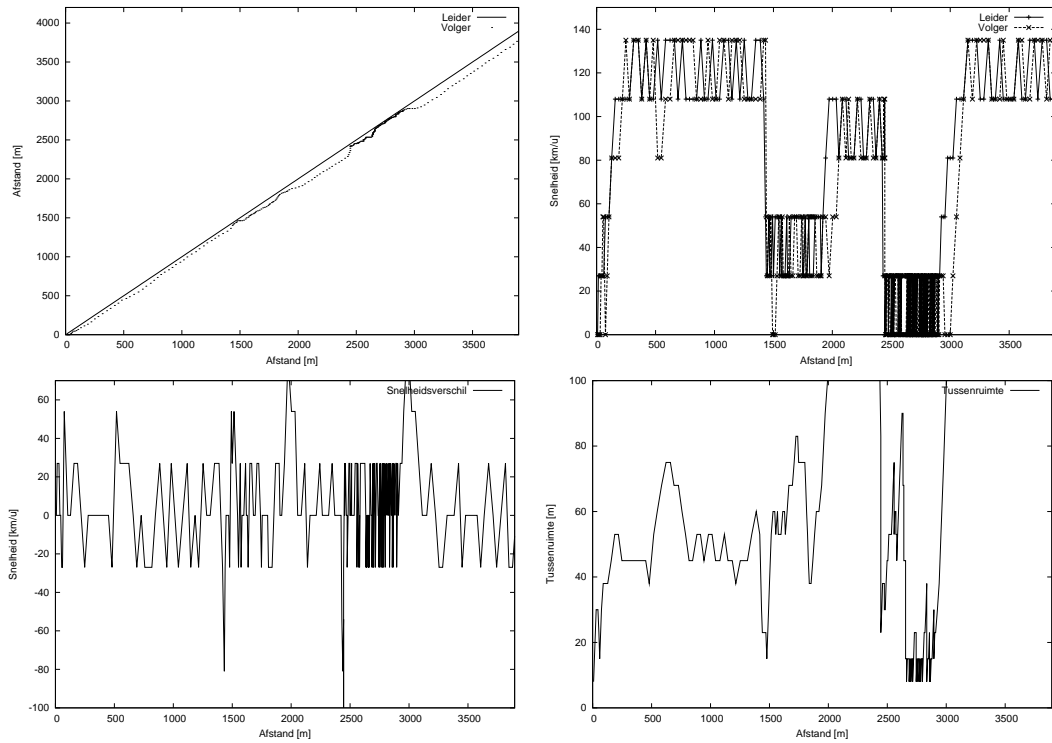
Figuur 8.4: Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,075$.



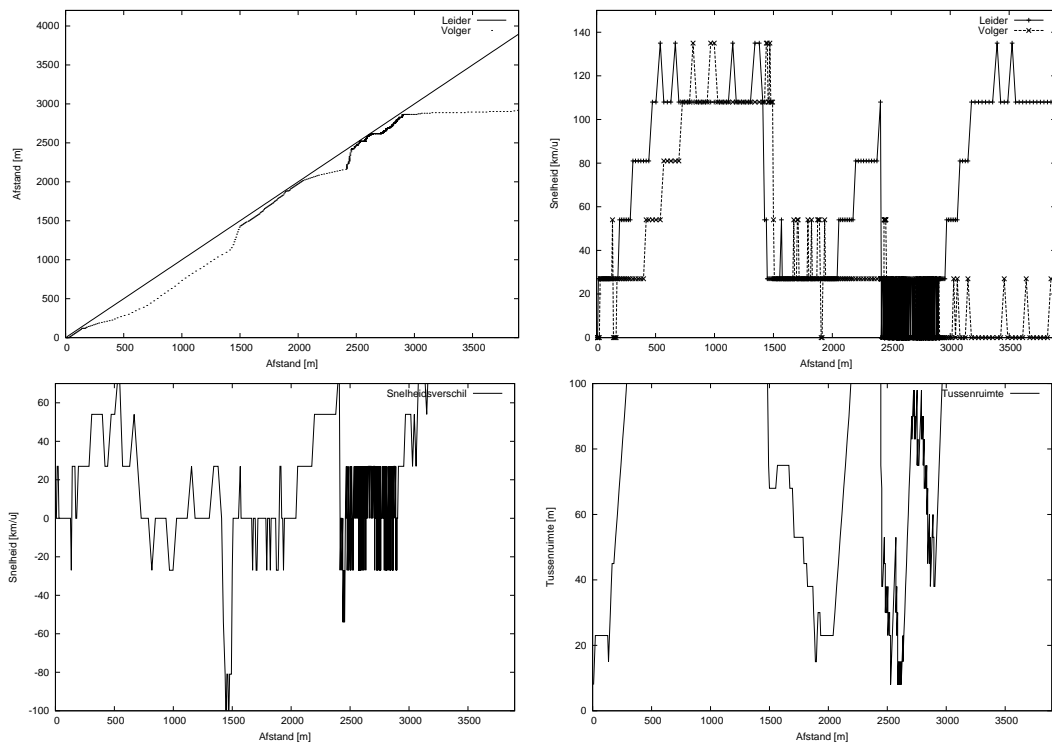
Figuur 8.5: Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0, 100$.



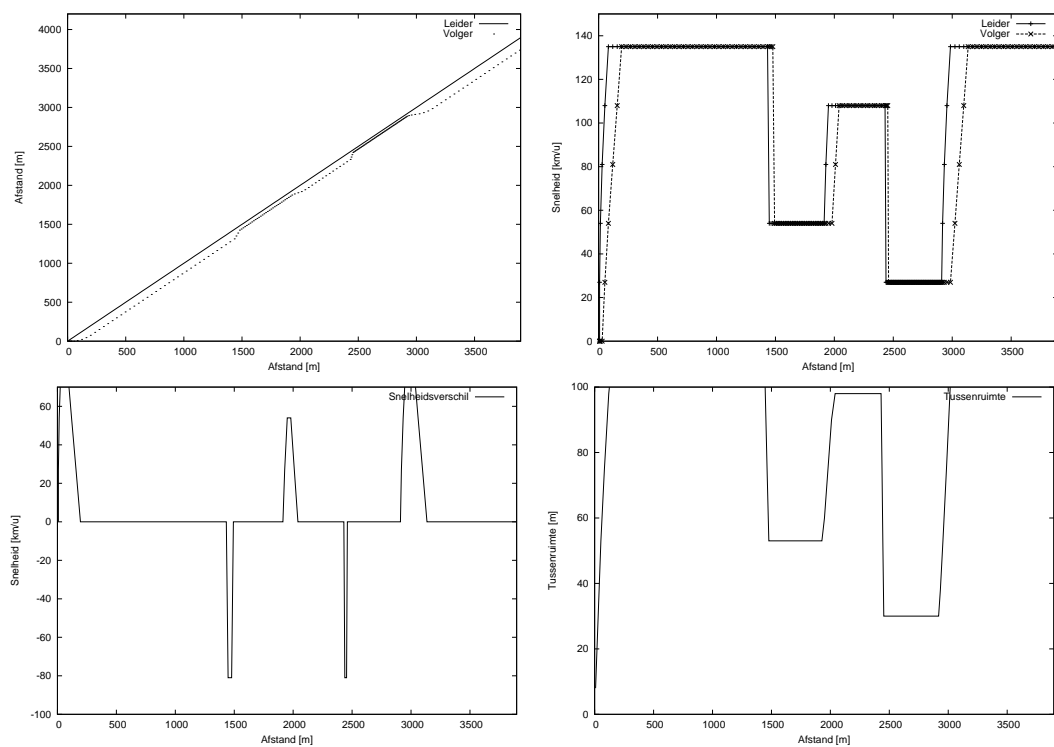
Figuur 8.6: Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0, 200$.



Figuur 8.7: Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,500$.



Figuur 8.8: Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de STCA met $\rho = 0,900$.



Figuur 8.9: Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor Cochinos' TCA.

Woensdag 03/04/2002 :

- in de voormiddag heb ik alle grafieken van gisteren onder de loep genomen en de conclusies uitgewerkt.
- In de namiddag heb ik het onderdeel "*Interesting papers*" van mijn website terug geopend (enkel door mezelf geschreven artikels zijn nog te downloaden, al de rest is gearchiveerd).
- Daarnaast heb ik nog een laatste onderdeel aan mijn *Financieel Beheer* programma afgewerkt : het is nu mogelijk om een kleinste kwadraten lineaire regressie op de tijdsreeksen uit te voeren, alsmede het tonen van de rechthoek die twee derde van alle datapunten omvat (met als grootte twee keer de standaardafwijking).

Donderdag 04/04/2002 :

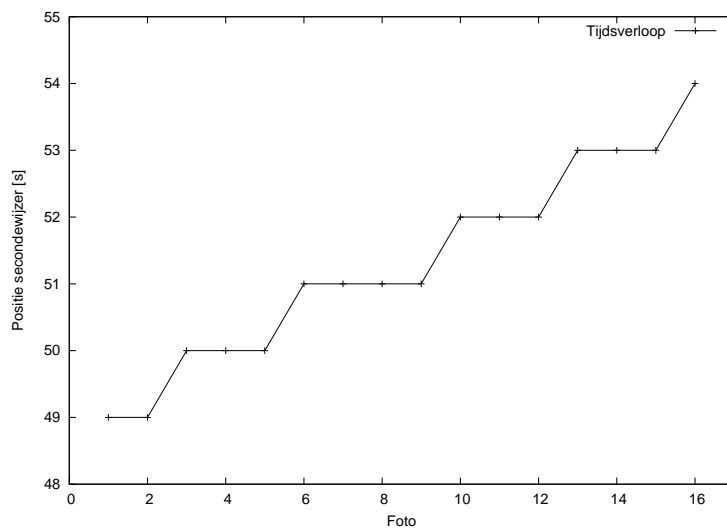
- ik heb de eerste twee hoofdstukken uit het boek "*Fundamentals of Transportation and Traffic Operations*" van Carlos F. Daganzo (zie [Dag97]) gelezen. Het eerste handelde over "*The time-space diagram*" en het tweede over "*Cumulative plots*". Interessant om te lezen waren de methodes die gebruikt kunnen worden voor het opstellen van de tx-diagrammen : deze waren net dezelfde als degene die ik een maand geleden in mijn artikel "*Estimating Space Mean Speed*" heb uitgewerkt. Een verontwaardigende regel echter is die waarin Daganzo stelt dat het verbinden van de meetpunten saai en onpraktisch is, al lijkt me dat eerder een subjectief bezwaar dat verwaarloosd kan worden.
- Daarnaast heb ik een ijking van het fototoestel, waarmee ik maandag foto's had getrokken aan de Kennedytunnel, uitgewerkt. Het fototoestel werkt in de zogenaamde *burst mode*, wat het mogelijk maakt om zestien foto's snel na elkaar te trekken. Weliswaar dient dit in een lage resolutie van 0,8 megapixels te gebeuren, wat neerkomt op foto's bestaande uit 1080×720 pixels. De ijkfoto's in kwestie geven opeenvolgende beelden van mijn horloge weer, zodat ik uit de beweging van de secondenwijzer de tijd die verloopt tussen twee foto's kan schatten.

Stel F is het aantal genomen foto's, \tilde{T} is de geschatte tijd verstreken tussen het trekken van de eerste en de laatste foto in de sequentie. Dan geldt dat :

$$\tilde{R} = \frac{\tilde{T}}{F - 1}, \quad (8.1)$$

waarbij de verhouding \tilde{R} nu de geschatte tijd is tussen twee opeenvolgende foto's (merk op dat we $F - 1$ beschouwen in plaats van F aangezien we de tijd *tussen* de eerste en laatste foto wensen). Indien we dit experiment uitvoeren, dan bekomen we de gegevens zoals af te lezen op de grafiek van figuur 8.10.

We vinden dat $F = 16$ en $\tilde{T} = 5$, wat maakt dat $\tilde{R} = \frac{1}{3}$. Merk op dat de secondenwijzer van mijn horloge discreet voortschrijdt, wat maakt dat er meetfouten optreden die we niet expliciet in rekening kunnen brengen. Als oplossing hiervoor zal volgende week een grotere reeks van ijkfoto's genomen worden zodat de resultaten uitgemiddeld kunnen worden.



Figuur 8.10: De posities van de secondewijzer op de ijkfoto's.

8.2 Vrijdag 05/04 tot donderdag 11/04

8.2.1 Cellular Automata for One-Lane Traffic Flow Modelling : Safety and Automation

Referentie : [Lár02]

Dit artikel bespreekt uitgebreid de STCA (*stochastic traffic cellular automaton*) die door Nagel en Schreckenberg werd ontwikkeld. Het hoofdpunt wordt echter gevormd door een kleine uitbreiding waar ik ook al aan gedacht had : wat als de voertuigen nu niet enkel met de vrije wegruimte g rekening houden maar met een zekere extra veiligheidsafstand α ? De α die ik in gedachten had is iets anders dan de α die in het artikel gebruikt wordt : daar wordt deze gerelateerd aan de snelheid van het huidige voertuig. Om de resultaten te bekomen werken ze met een snelweg van tienduizend cellen en simuleren ze gedurende zestigduizend seconden.

8.2.2 CA Models for Traffic Flow : Comparison with Empirical Single-Vehicle Data

Referentie : [KSS00a]

In dit artikel wordt de standaard Nagel-Schreckenberg cellulaire automaat (NaSch CA) aangepast met een *slow-to-start*-regel en een anticipatie-regel. De eerste regel laat toe het gedeelte stroomopwaarts van een opstopping beter af te stellen zodat de uitstroom van een opstopping niet aan capaciteit verloopt (een empirisch feit dat verantwoordelijk is voor het bestaan van de metastabiele toestanden). De tweede regel zorgt ervoor dat bestuurders ook rekening gaan houden met het gedrag van hun voorligger. De auteurs vermelden wel dat een correcte beschrijving van snelwegverkeer nog steeds kopzorgen baart : het is niet mogelijk om synchronisatie en peletons van traag rijdende voertuigen te incorporeren.

Om een meer realistischere modellering mogelijk te maken wordt de cellengte tot slechts anderhalve meter herleid (de snelheidsdiscretisatie gebeurt in stappen van ongeveer 5,4 km/u). Er wordt gebruik gemaakt van de cross-covariantie bij de interpretatie van verkeersregimes in het fundamentele (k,q) -diagram.

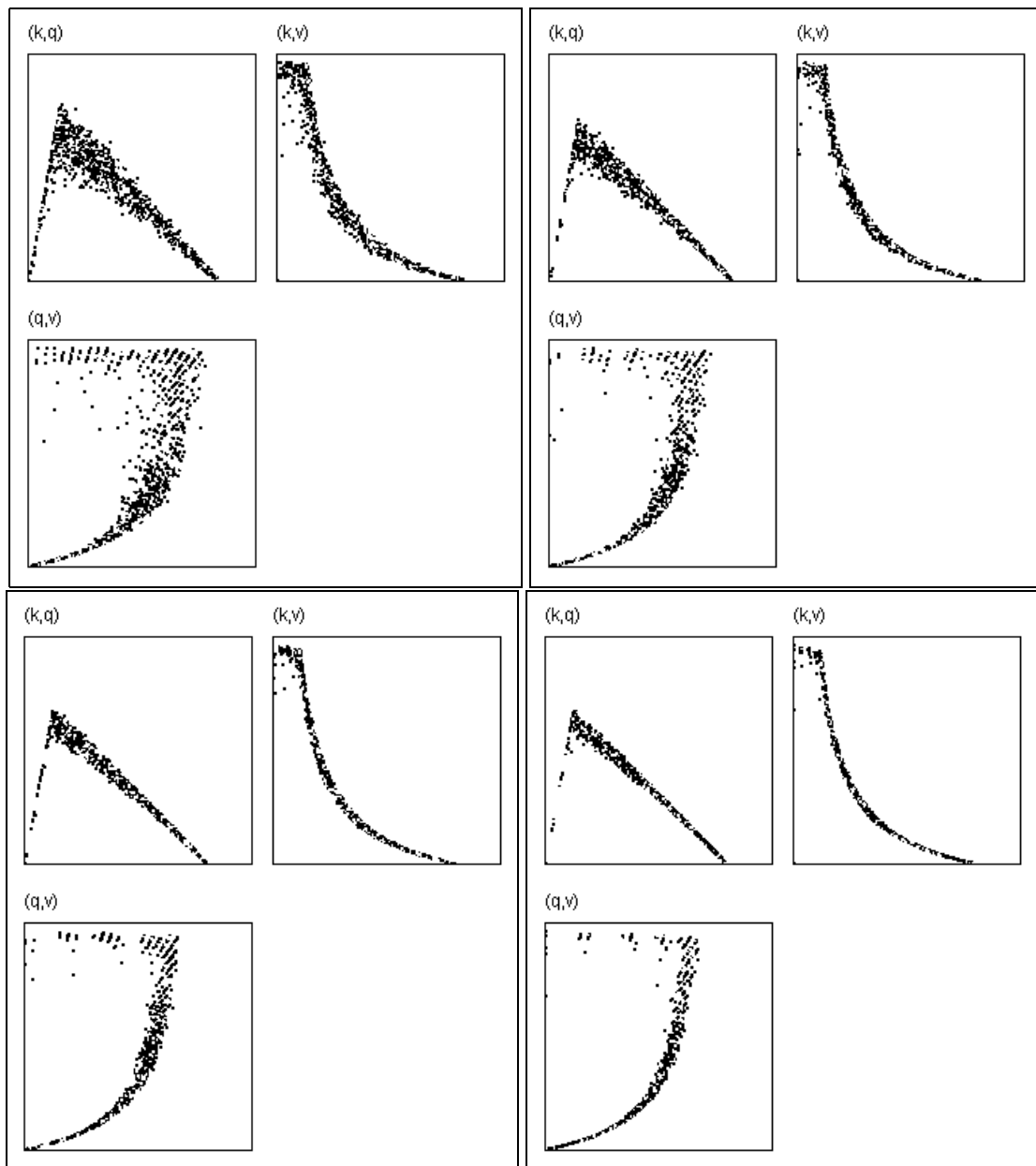
8.2.3 Weekoverzicht

Vrijdag 05/04/2002 :

- in de voormiddag ben ik samen met Tom Bellemans en Steven Logghe bij Ben Immers langsgeweest. We hebben er gebabbeld over de concrete uitwerking van het DWTC project CP/40. Daarnaast hebben we (naar aanleiding van mijn onderzoek) ook gesproken over enkele 'visionaire' ideeën inzake verkeerskunde.
- in de namiddag heb ik twee fouten in mijn TCA verbeterd : de fundamentele diagrammen zagen er soms raar uit, maar na aanpassing van de werking van de lusdetectoren klopten deze met de literatuur. Het valt op dat detectorwaarden van een enkel punt in de ruimte geaggregeerd in de tijd andere resultaten opleveren dan detectorwaarden van een enkel tijdstip geaggregeerd over een stuk van de ruimte (en dit dan uitgemiddeld in de tijd voor dergelijke metingen). De andere fout bestond uit een verkeerde uitwerking van de ASEP-TCA (*asymmetric stochastic exclusion process*).

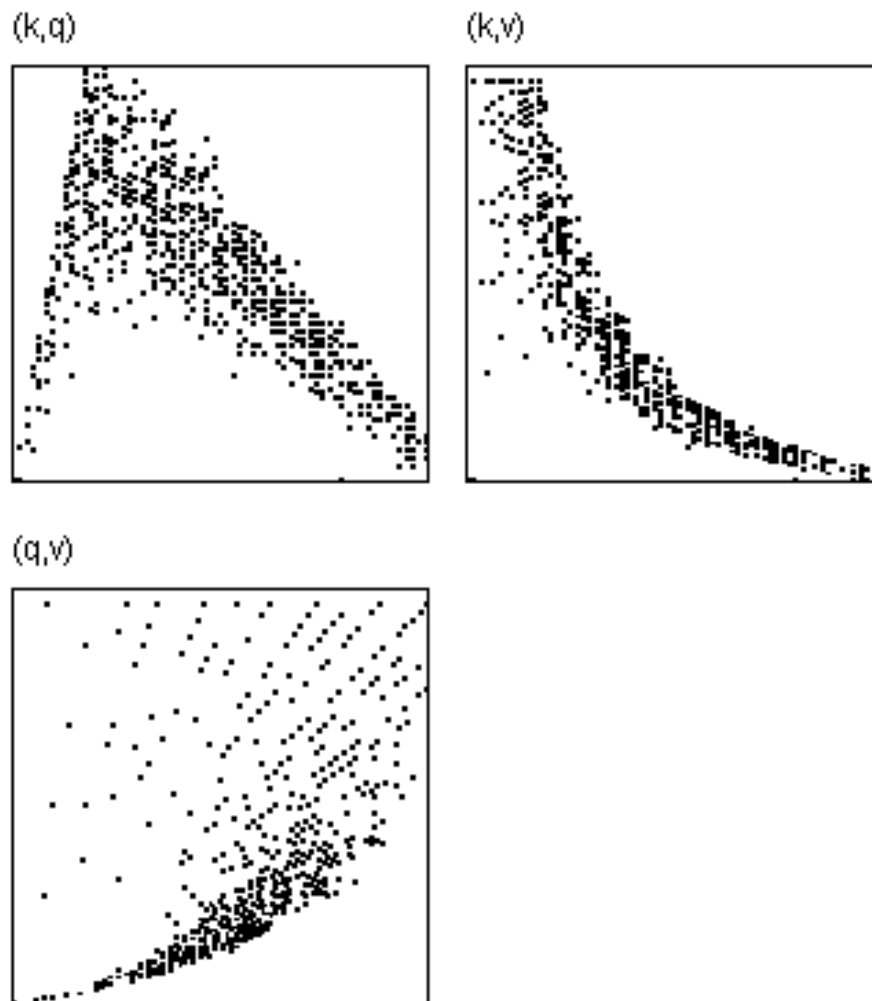
Maandag 08/04/2002 :

- De grafieken in figuur 8.11 geven de invloed van verschillende meetperiodes weer op de vorming van de fundamentele diagrammen. Volgende waarden worden gebruikt : 20 s, 60 s, 120 s en 240 s, er wordt telkens gewerkt met de STCA (waarbij $\rho = 0,1$ en $v_{\max} = 5$ cellen/s) op een ringvormige snelweg van twee kilometer lengte. Voor de constructie van de fundamentele diagrammen neemt de globale dichtheid toe van nul tot honderd procent (de theoretische opstopingsdichtheid) in vijftig stappen van telkens twee procent.



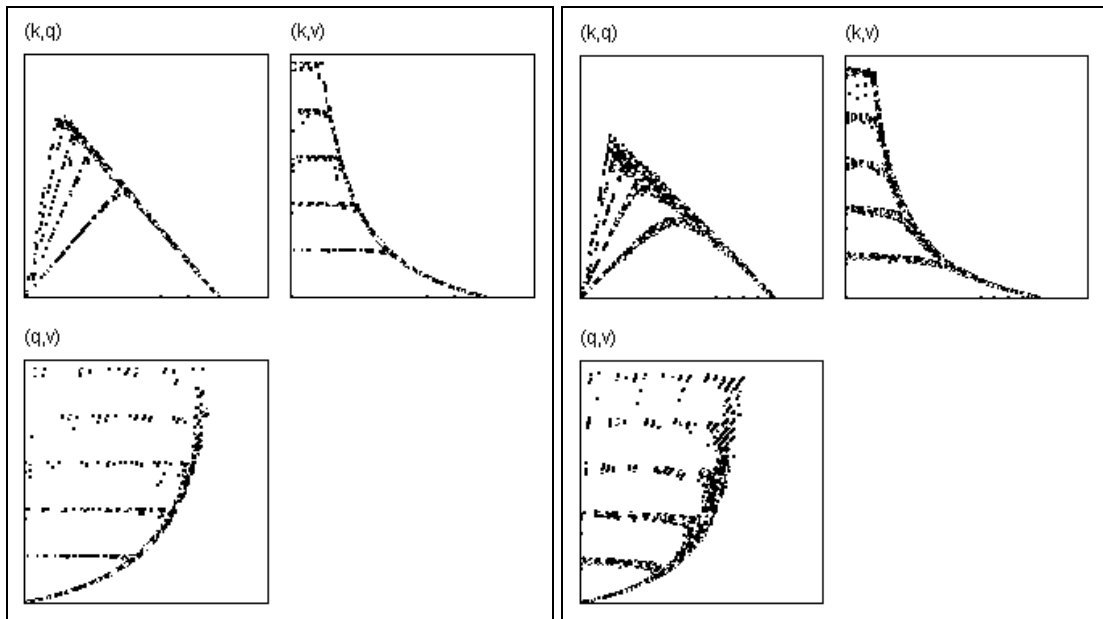
Figuur 8.11: De invloed van verschillende meetperiodes (20 s, 60 s, 120 s en 240 s) voor de lusdetectoren.

Merk op dat indien de meetperiode *te klein* wordt genomen, de metingen sterk aan betekenis inboeten (doordat de datapunten zich nu duidelijk op een heel grof rooster bevinden). Dit fenomeen kan waargenomen worden in figuur 8.12 waar de meetperiode slechts drie seconden bedraagt. Indien we de verdeling van de datapunten bekijken in figuur 8.11, dan merken we dat de punten op de (q,v) -diagrammen op een waai-er van rechten liggen, wat normaal is aangezien de doorstromingsgraad rechtstreeks berekend wordt als $q = kv$ met v de *space mean speed*. Merkwaardig echter zijn de kleine *boogpatronen* linksboven in het (k,v) -diagram van figuur 8.12, ik kan hier geen enkele verklaring voor vinden. Wel ben ik een dergelijk patroon al bij andere cellulaire automaten tegengekomen.



Figuur 8.12: Gebruik van een te kleine meetperiode (3 s) voor de lusdetectoren.

In figuur 8.13 wordt de invloed getoond die de verschillende maximale snelheden hebben op de vorm van de fundamentele diagrammen. De snelheid v_{\max} varieert van 1 tot 5 cellen/seconde (de ‘lagere’ curves corresponderen met de lagere snelheden). Er werden twee cellulaire automaten gebruikt : de CA-189 en de STCA (met $\rho = 0, 1$). De meetperiode van de lusdetectoren bedroeg 240 s.

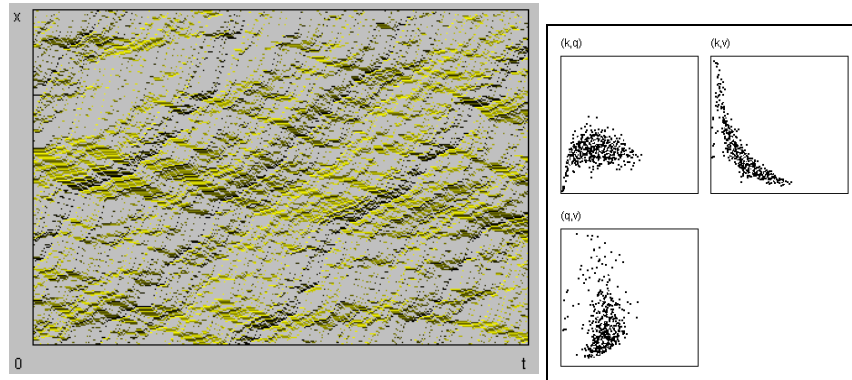


Figuur 8.13: De invloed van v_{\max} op de fundamentele diagrammen voor de CA-189 en de STCA.

Karakteristiek voor alle (k,v) -diagrammen zijn de kleine horizontale stukjes in de linkerbovenhoeken. Op deze rechten is de gemiddelde snelheid constant voor zekere dichtheden in de buurt van nul. Dit is logisch aangezien er bij zeer lage lokale dichtheden sprake is van een lage globale dichtheid, wat als gevolg heeft dat alle voertuigen zich in vrij-stromend verkeer bevinden en zich met de maximale snelheid kunnen voortbewegen (i.e. ze ‘passen’ nog op de baan). Van zodra echter de grens-dichtheid overschreden wordt (i.e. de maximale dichtheid die overeenkomt met vrij-stromend verkeer), zal de gemiddelde snelheid evenredig met de dichtheid beginnen af te nemen. Deze grens-dichtheid neemt af naarmate de maximaal toegelaten snelheid wordt opgedreven.

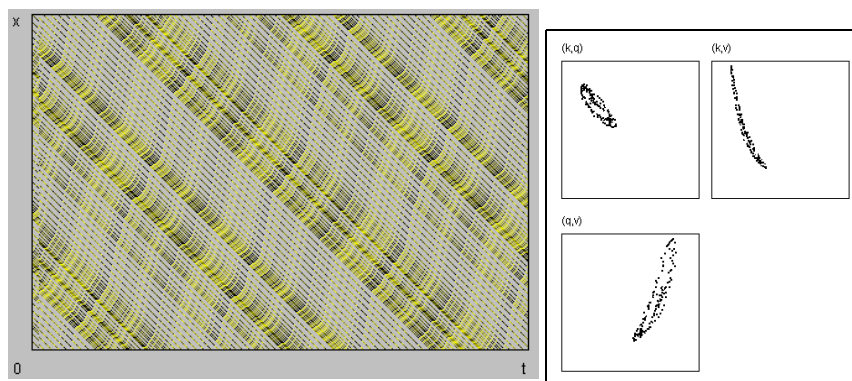
Tot slot worden in figuren 8.14, 8.15, 8.16, 8.17 en 8.18 telkens een mogelijk tx-diagram en de drie fundamentele diagrammen getoond voor de verschillende door mij geïmplementeerde cellulaire automaten (de diagrammen worden opgesteld op basis van een meetperiode van twintig seconden voor alle lusdetectoren).

In figuur 8.14 is het gedrag van de ASEP-TCA (*asymmetric stochastic exclusion process*) te zien. Opvallend is de ‘rafelige’ structuur van het tx-diagram en de grote spreiding op de datapunten in de fundamentele diagrammen (dit is vooral zichtbaar in de (k,q) - en de (q,v) -diagrammen).



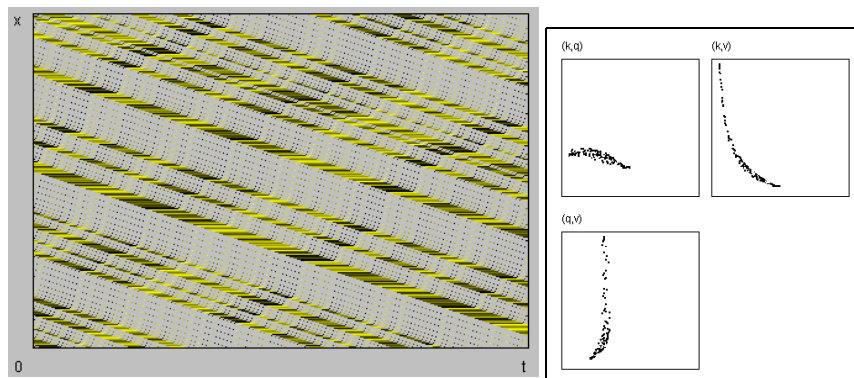
Figuur 8.14: Het tx-diagram en de fundamentele diagrammen horende bij de ASEP-TCA.

In figuur 8.15 is het gedrag van de CA-189 te zien. Zoals uit de regels van deze cellulaire automaat volgt, is er geen stochastisiteit. Dit maakt dat de structuur van het tx-diagram periodisch is (de opstoppingen blijven hun vorm behouden gedurende de hele simulatieperiode en verplaatsen zich aan dezelfde constante snelheid stroomopwaarts). Zeer opvallend zijn de vormen die de fundamentele diagrammen aannemen: het (k,q) -diagram bijvoorbeeld heeft een ellipsvorm (de reden hiervoor is dat de meetperiodes van de lusdetectoren slechts twintig seconden bedragen).



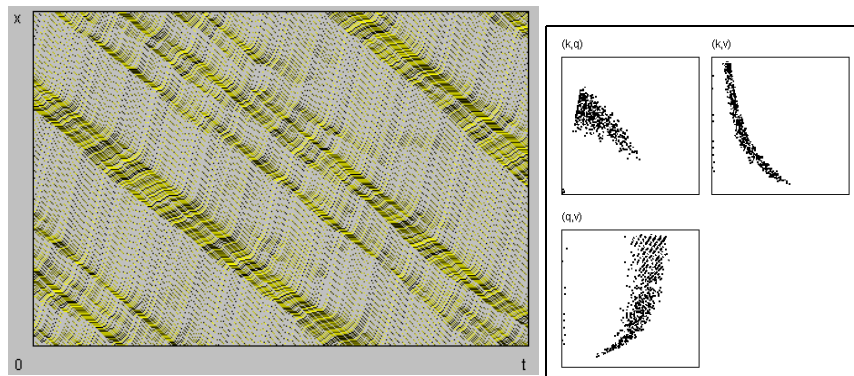
Figuur 8.15: Het tx-diagram en de fundamentele diagrammen horende bij de CA-189.

Richard Cochinos' TCA is zichtbaar in figuur 8.16. Net zoals de CA-189, hebben de opstoppingen ook hier een blijvend karakter en verplaatsen ze zich met een constante snelheid stroomopwaarts. Gezien de 'rare' verzameling van regels die gebruikt wordt, zijn de opstoppingen redelijk kwaadaardig, i.e. de voertuigen komen gedurende een zekere periode tot volledige stilstand.



Figuur 8.16: Het tx-diagram en de fundamentele diagrammen horende bij Cochinos' TCA.

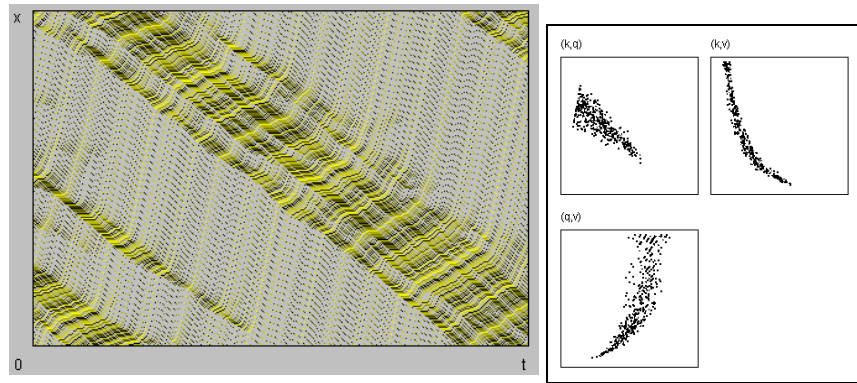
De STCA wordt getoond in figuren 8.17 en 8.18. De eerste figuur werd gemaakt met de gewone STCA en de tweede figuur met de STCA-CC (i.e. de *cruise-control* versie van de STCA). In beide figuren kan gezien worden hoe opstoppingen spontaan ontstaan en weer verdwijnen (correcter : oplossen). Het ontstaan van opstoppingen is bovendien afhankelijk van de amplitude (i.e. hoe hard de voertuigen moeten remmen).



Figuur 8.17: Het tx-diagram en de fundamentele diagrammen horende bij de STCA.

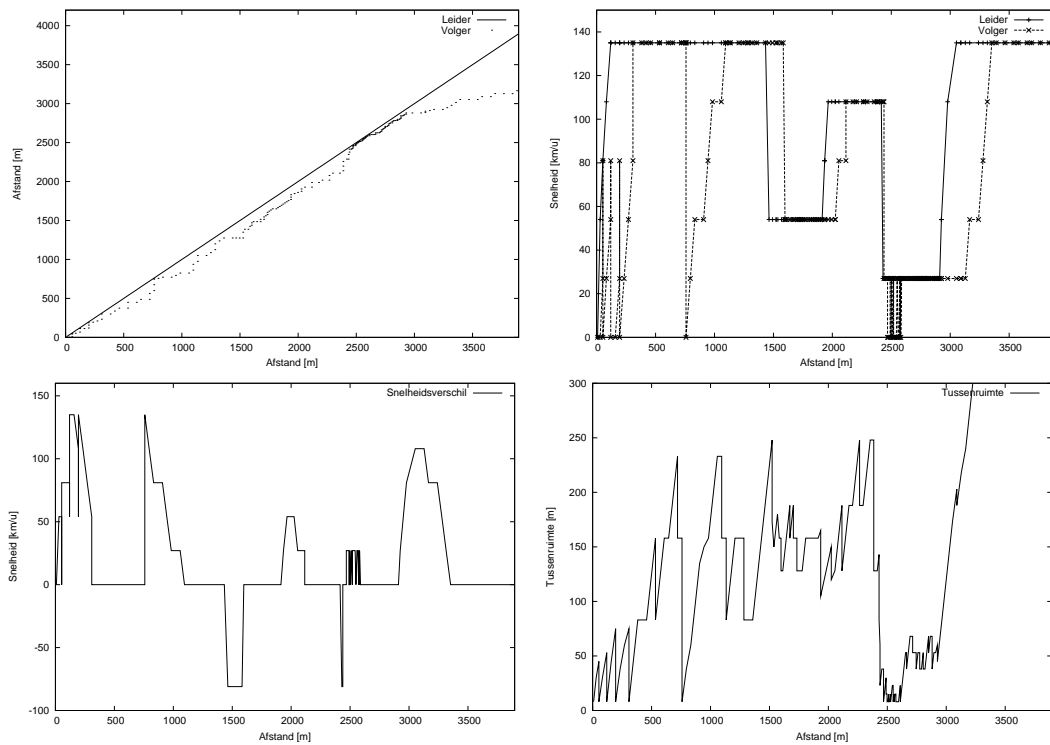
Dinsdag 09/04/2002 :

- Analoog aan de experimenten van vorige week, heb ik hetzelfde leider-volger experiment herhaald voor de ASEP-TCA. Deze cellulaire automaat werkt anders dan de vorige : daar waar vroeger alle regels elke tijdsstap (i.e. seconde) op *alle* voertuigen parallel werden toegepast, worden nu alle regels elke tijdsstap *gemiddeld gezien op alle* voertuigen toegepast. Dit maakt dus dat per tijdsstap elk voertuig met kans $\frac{1}{N}$ (gesteld dat er N voertuigen op de baan rijden) wordt beschouwd. In dit specifieke experiment worden leider en volger dus telkens met kans $\frac{1}{2}$ beschouwd per tijdsstap. Dit maakt dat op sommige momenten de leider twee keer per seconde wordt beschouwd, soms wordt de volger twee keer per seconde beschouwd en in het andere geval worden en leider en volger één keer per seconde beschouwd.



Figuur 8.18: Het tx-diagram en de fundamentele diagrammen horende bij de STCA-CC.

Zeer duidelijk verschillend van de vorige cellulaire automaten is het gedrag dat de grafiek van de tussenruimte in figuur 8.19 vertoont, deze kent een zeer grillig verloop met scherpe uitschieters. Het blijkt dat het gedrag van de ASEP-TCA *drastisch* verschilt van dat van de meer gewone STCA, een feit dat ook al in de literatuur vermeld wordt (zie [Nag96] voor meer details hieromtrent).



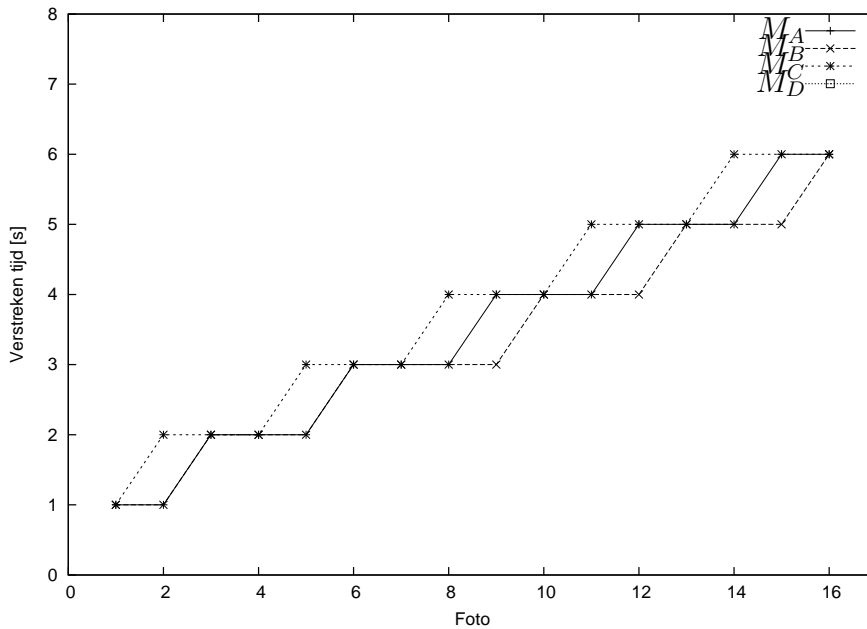
Figuur 8.19: Afgelegde afstand, snelheid, snelheidsverschil en tussenruimte van de leider en de volger voor de ASEP-TCA.

- In tabel 8.1 zijn de resultaten te zien van de nieuwe ijkfoto's : voor elke meting M_i werden zestien foto's genomen (F_1 tot en met F_{16}) en de verstreken tijd \tilde{T}_i tussen de eerste en laatste foto werd telkens berekend.

M_i	F_i															\tilde{T}_i	
M_1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	5
M_2	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	5
M_3	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	5
M_4	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	5
M_5	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	5
M_6	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	5
M_7	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	5
M_8	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	5
M_9	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	5
M_{10}	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	5
M_{11}	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	5
M_{12}	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	5
M_{13}	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	5
M_{14}	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	5

Tabel 8.1: De geschatte tijden \tilde{T}_i bij het nemen van de ijkfoto's.

In figuur 8.20 worden de belangrijkste resultaten van de ijkfoto's getoond (de metingen beslaan nu vier categorieën, M_A tot en met M_D).



Figuur 8.20: De belangrijkste resultaten van de ijkfoto's.

Vermits alle ijkfoto's dezelfde waarde voor de geschatte totale verstreken tijd \tilde{T} opleveren, geldt wegens vergelijking (8.1) dat :

$$\tilde{R} = \frac{1}{3} \text{ s.} \quad (8.2)$$

- Verder heb ik het artikel "*Cellular Automata for One-Lane Traffic Flow Modelling : Safety and Automation*" gelezen (zie paragraaf 8.2.1 voor meer details hieromtrent).
- Tot slot heb ik me ook als *community member* aangemeld op het Traffic Forum (<http://www.trafficforum.org>). Ik heb ook aan Martin Treiber (i.e. de webmaster(s)) gevraagd om eens te kijken naar mijn cellulaire automaten en mijn microscopische verkeerssimulator Mitrasim 2000, en om eventueel links ernaar toe te voegen aan het Traffic Forum.

Woensdag 10/04/2002 :

- Martin Treiber heeft Tom Bellemans en mij geaccepteerd als *community members* op het Traffic Forum. Daarnaast heeft hij, op mijn suggestie, een link toegevoegd naar mijn cellulaire automaten : "*Java (Swing) application for several cellular automata models*".
- Verder heb ik het artikel "*CA Models for Traffic Flow : Comparison with Empirical Single-Vehicle Data*" gelezen (zie paragraaf 8.2.2 voor meer details hieromtrent).

Donderdag 11/04/2002 :

- het was een zeer rustige dag aangezien ik vandaag 26 jaar word !

8.3 Vrijdag 12/04 tot donderdag 18/04

8.3.1 Projective Mappings for Image Warping

Referentie : [GVA96]

Dit artikel (geplukt uit Heckbert's excellente licentiaatsthesis van 1989) beschrijft op heldere wijze hoe de vergelijkingen worden opgesteld voor het in elkaar omzetten van twee convexe vierhoeken. De mapping hiertussen wordt beschouwd als een samenstelling van twee meer fundamentele mappings : van het eenheidsvierkant naar een willekeurige convexe vierhoek en de inverse transformatie die een willekeurige convexe vierhoek omzet in het eenheidsvierkant.

8.3.2 ViVA Traffic Analysis Software – The Problem

Referentie : [GVA96]

In dit webextract wordt vrij summier ingegaan op de mogelijkheden van *ViVA Traffic Analysis Software*. Er wordt uitgelegd welke metingen er mogelijk zijn (afstands-, snelheids- en versnelingsmetingen) en hoe die kunnen gebeuren. Ook wordt aandacht besteed aan het automatisch vergaren van metingen door het gebruik van een camera en een videokaart om real-time beelden mee te bewaren. Vermits volledige vergelijking van twee opeenvolgende beelden computationeel te zwaar is, wordt er gewerkt met een referentielijn die de voertuigen en/of voetgangers dienen te kruisen. Ook wordt kort ingegaan op het onderliggende systeem, namelijk de perspectief projectie (al ontbreekt elke wiskundige uitleg hier).

8.3.3 Weekoverzicht

Vrijdag 12/04/2002 :

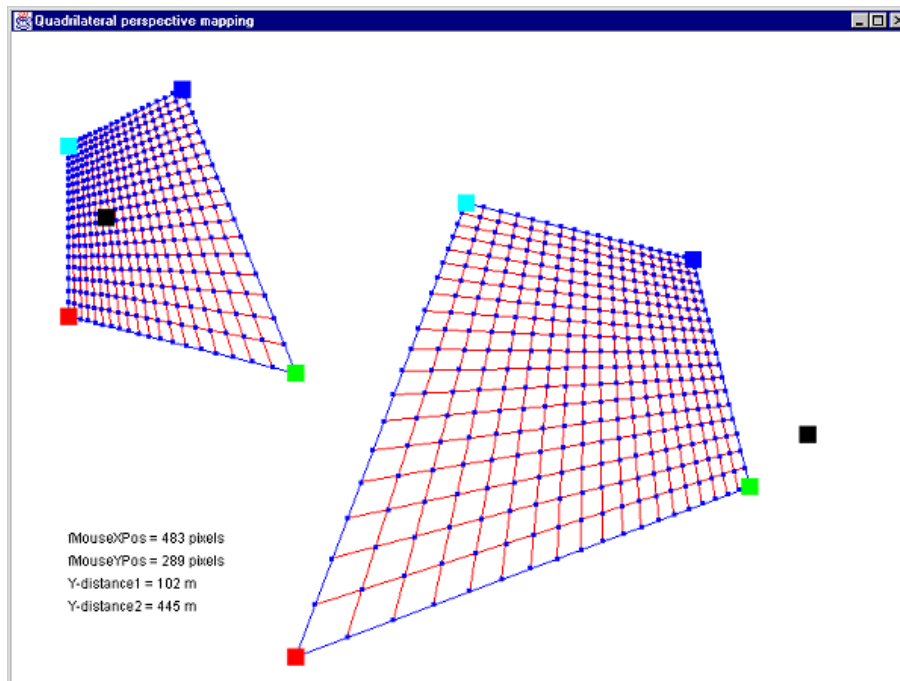
- zo goed als de hele dag ging naar het bestuderen van affiene en convexe combinaties en perspectief transformaties. Als basis voor het schrijven van Java-klassen heb ik het artikel "*Projective Mappings for Image Warping*" uitgelopen (zie paragraaf 8.3.1 voor meer details hieromtrent).

Maandag 15/04/2002 :

- gedurende de hele dag heb ik Java-klassen ontwikkeld om perspectief transformaties tussen twee *convexe* vierhoeken (*quadrilaterals*) gemakkelijk uit te voeren. Dit zal dan gebruikt worden in de software voor het meten van de *space mean speed* van voertuigen op basis van foto's. Het resultaat is te zien in figuur 8.21 waar punten in de linkse vierhoek gemapt worden op punten in de rechtse vierhoek en vice versa.

Dinsdag 16/04/2002 :

- in de voormiddag heb ik een fout verbeterd in mijn artikelsdatabank, het betrof een fout die optrad tijdens het doorzoeken van de databank op een gegeven stuk auteur en/of titel.
- Ik heb het artikel "*ViVA Traffic Analysis Software – The Problem*" gelezen (zie paragraaf 8.3.2 voor meer details hieromtrent).



Figuur 8.21: Perspectief transformaties tussen twee convexe vierhoeken.

Woensdag 17/04/2002 :

- in de loop van de dag ben ik gestart met het ontwikkelen van het programma *Rainbow*, dat het mogelijk moet maken om positie-, snelheids- en versnellingsmetingen te verrichten op beelden van een autosnelweg. De kern hiervan wordt gevormd door het mappen van convexe vierhoeken. In het opzetten van de juiste omgeving en het aanmaken van de initiële klassen kroop eventjes tijd.

Donderdag 18/04/2002 :

- in de voormiddag ben ik naar de les van Ben Immers' cursus geweest : "*Verkeersmodellen*". Het ging over het opstellen van transportnetwerken en de factoren waarmee men allemaal dient rekening te houden.
- Op de middag is Bart De Schutter langsgeweest, op afspraak met Tom Bellemans.
- Tot slot heb ik de SISTA-seminaries van Bart De Schutter ("*Model predictive control for discrete event systems and hybrid systems*") en Ton Van den Boom ("*Infinite-horizon model predictive control*") bijgewoond. Bart's seminarie was zeer toegankelijk en legde op heldere wijze het gebruik van een max-plus algebra uit (al vind ik deze algebra's nogal lastig om mee te werken omwille van de notatieverschillen). Ton's seminarie was echter zeer ontoegankelijk, de druppel was toen hij dieper inging op enkele bewijzen die mijns inziens niet nodig waren voor de opzet van het seminarie.

8.4 Vrijdag 19/04 tot donderdag 25/04

8.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 19/04/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het construeren van een verzameling standaardklassen en Swing-componenten, nuttig voor het ontwikkelen van toekomstige Java-programmatuur.

Maandag 22/04/2002 :

- de eerste fase van het *Rainbow* project is gestart : er werd nagedacht over functionaliteit en GUI-layout (die vervolgens werd geïmplementeerd).

Dinsdag 23/04/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het herinstalleren van ons bureau. We hebben eindelijk een kast gekregen en deze naar het vijfde verdiep verhuizen was een helse klus. Daarnaast hebben we, bij gebrek aan deftige Luxaflex, een groot karton voor het raam gehangen (weliswaar verwijderbaar).

Woensdag 24/04/2002 :

- Hilde Van Dongen heeft me gecontacteerd in verband met de juiste te volgen procedure omtrent de samenstelling van de gebruikersgroep. Ik zal haar op de hoogte houden van geïnteresseerde aangeschrevenen en de eerstvolgende vergadering voor de DWTC-gebruikersgroep.

Donderdag 25/04/2002 :

- het is me gelukt om een netwerkverbinding op te stellen met het netwerk dat op mijn kot aanwezig is. Vanaf nu kan ik dus mijn weekverslagen volledig in orde brengen vanop het werk in plaats van dit telkens 's avonds op mijn kot nog te moeten doen.
- Mijn nieuwe computer (een Intel PIII 1 GHz, 512 Mb RAM, 20 Mb HD) werd door de systeembeheerders op mijn bureau afgeleverd, hij is in het (lelijk) zwart en we zouden hem graag Darth heten maar de naam *Zodiak* lag al vast.

Hoofdstuk 9

Mei 2002

9.1 Vrijdag 26/04 tot donderdag 02/05

9.1.1 We all need a good reference

Referentie : [Gra02]

In dit artikel worden een vijftal professionele pakketten besproken die automatisch referenties kunnen beheren (alsmede citaties uitvoeren in elementaire tekstverwerking). Er wordt uitgebreid ingegaan op de import-export mogelijkheden van elk pakket en de efficiëntie waarmee een databank doorzocht kan worden. Er wordt ook ingespeeld op het feit dat velen zelf een systeem opbouwen om hun referenties te beheren, maar dat dit veelal individueel blijft. Een direct voorbeeld hiervan wordt gevormd door mijn zelf geprogrammeerde artikelsdatabank.

9.1.2 What does my molecule look like ?

Referentie : [Bra02]

Dit artikel bespreekt hoe de voorstelling van moleculen in het verleden gebeurde en welke de veranderingen zijn die nu plaatsvinden, met bijzondere aandacht voor de talrijke visualisatiepakketten. Er wordt begonnen met een overzicht van de standaard twee-dimensionale figuren waarna een bespreking komt van de typische *ball-and-stick* modellen. Tot slot wordt er kort gekeken naar de manieren waarop ruimte-vullende modellen gebruikt worden (met dichtste bolstapelingen en dergelijke) waarbij er rekening wordt gehouden met de Vanderwaals-radius (de radius gevormd door de orbit van de buitenste elektronen van een atoom). Indien ik in Antwerpen aan het RUCA zou doctoreren, dan had mijn onderwerp waarschijnlijk in deze richting gelegen.

9.1.3 Weekoverzicht

Vrijdag 26/04/2002 :

- in de voormiddag kwamen er twee geïnteresseerde D&A studenten langs die meer informatie wensten omtrent onze thesisvoorstellen voor verkeer, ik heb ze dan ook uitgebreid op de hoogte gesteld. Het uitleggen van de thesisvoorstellen die TNO voordroeg vond ik niet zo plezant (ik kon het wel maar praktisch gezien zit ik daar voor niks tussen).

- Gedurende de rest van de dag heb ik al mijn tijd gestoken in het (verder) installeren van mijn nieuwe computer.
- Ik heb de artikels "*We all need a good reference*" (zie paragraaf 9.1.1 voor meer details hieromtrent) en "*What does my molecule look like ?*" (zie paragraaf 9.1.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Maandag 29/04/2002 :

- het grootste deel van de dag ging naar het afwerken van de installatie van mijn nieuwe computer en het overzetten van mijn bestanden. Extra moeite was nodig om de computer proper te laten communiceren met ons digitaal fototoestel.

Dinsdag 30/04/2002 :

- de hele dag ging naar het implementeren van het inladen van sequenties van beelden in mijn *Rainbow* software.

Woensdag 01/05/2002 :

- collectief verlof aan de K.U.Leuven.

Donderdag 02/05/2002 :

- in de voormiddag ben ik naar de laatste les van Ben Immers geweest voor de cursus "*Verkeerskunde*". Het ging over ontwerpmethodieken van netwerken met bijzondere aandacht voor openbare vervoersnetwerken. Daarnaast wist hij te melden dat het volgende week geen les is en de twee weken daarop door Steven Logghe worden gegeven (voor het onderdeel "*Verkeersstroomtheorie*").
- Op de middag heb ik met enkele eerstejaars samengezeten voor de planning van de zondagochtend wandeling voor het SCD-weekend.
- 's Namiddags heb ik een SISTA-seminarie bijgewoond van Manfred Deistler ("*Linear Systems Identification – A Survey*"). Voor de verandering waren ze op tijd begonnen maar net zoals zoveel sprekers ging ook deze schandelijk een kwartier over tijd. Daarnaast deed Klaas Vaak bijna zijn intrede in mijn hoofd . . .
- Verder heb ik me ook geabonneerd op het gratis te verkrijgen wetenschappelijk magazine "*Scientific Computing World*".

9.2 Vrijdag 03/05 tot donderdag 09/05

9.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 03/05/2002 :

- ik heb nog steeds geen definitieve versie van het DWTC-voorstel van Ben Immers ontvangen. Ondertussen zijn we al twee weken na de afgesproken datum.
- In de namiddag ben ik naar de doctoraatsverdediging van Tony Van Gestel geweest, het was redelijk goed te volgen en Tony speelde het slim door geregeld te vermelden wat er allemaal innoverend aan was. Ik vond het echter wel raar dat de graad die hij kreeg, verschilde van die van Koen Eneman, en dat in een systeem waar de graden normaal afgeschafte werden.

Maandag 06/05/2002 :

- na overleg met Ben Immers is het me toch gelukt om achter hem te zitten en hem te ‘dwingen’ het definitieve voorstel zo snel mogelijk af te werken.
- Het grootste deel van de dag ging naar het debuggen van de interface van mijn *Rain-bow* software, er bleken namelijk nog problemen te bestaan bij het toevoegen van beelden en het inladen en bewaren van projecten.

Dinsdag 07/05/2002 :

- op de middag was het de *SISTA Systems and Control* brainstorm waarop iedereen kon te weten komen wat de interne kennis van SISTA juist is. Het was een krachtige vergadering, al bleek het af en toe een ver van mijn bed show te zijn. Ook werd ons – zonder er doekjes om te winden – duidelijk gemaakt dat al wat onderzoek is zonder systemen en/of controle geen plaats in SISTA krijgt.
- In de namiddag heb ik eindelijk Ben Immers’ definitieve voorstel gekregen. Nu is het enkel nog wachten op de vertaling naar het Engels door Jim Stada zodat deze naar alle partners in het DWTC-project kunnen gestuurd worden.

Woensdag 08/05/2002 :

- De sleutelkwesie met Bart De Schutter is redelijk langdradig, de beruchte inefficiëntie van de K.U.Leuven scoort weer hoog. Lut Vanderbracht wist me te melden (na vier weken sinds de heraanvraag) dat de sleutelafdeling van de technische dienst twee weken ziek was en dat het ziekenhuis Gasthuisberg zou worden heringericht, wat maakt dat onze vraag een lagere prioriteit krijgt. Uiteindelijk was ik het beu en heb ik die twee mensen van de sleuteldienst zelf gecontacteerd met de uitdrukkelijke vraag om alsnog een extra sleutel te maken. Mijn vraag werd echter doorgestuurd naar de centrale dispatch die ze dan terug stuurde naar de gebouwencoördinator van ESAT. Deze laatste wist me te melden dat ik bij de departementssecreresse diende te zijn, wat me na een lange omzwerving terug bij Lut Vanderbracht deed aanbellen. Zij heeft in extremis alsnog een nieuwe vraag gestuurd naar de technische dienst.

Donderdag 09/05/2002 :

- collectief verlof aan de K.U.Leuven.

9.3 Vrijdag 10/05 tot donderdag 16/05

9.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 10/05/2002 :

- het was een kalme dag op ESAT, zo goed als iedereen was afwezig (of dit gewettigd is laat ik in het midden). Er was echter een netwerkprobleem zodat ik geen toegang had tot het Internet en ook geen toegang kreeg tot het lokale netwerk (met als gevolg dat ik niet aan mijn *homedirectory* kon). Ik heb dan maar wat DWTC- en persoonlijke administratie in orde gebracht.

Maandag 13/05/2002 :

- in de voormiddag heb ik naar ons hotel in Nederland gebeld ter bevestiging van onze reservatie, men wist me te melden dat alles in orde was. Daarnaast heb ik met Tom Bellemans nog een treinticket gaan kopen in het station van Leuven en heb ik onze volledige reisplanning uitgewerkt.
- Verder heb ik nog enkele leden van de toekomstige gebruikersgroep van het DWTC-project een bundeltje met informatie gestuurd en hun namen doorgegeven aan Hilde Van Dongen die de personen in kwestie door het DWTC laat goedkeuren (zij krijgen elk van het DWTC een intentieverklaring toegestuurd die ze dienen te ondertekenen). Van alle aangeschreven personen zijn er slechts een handvol respondenten, ik vraag me af of dit bij het vorige DWTC-project ook zo was.

Dinsdag 14/05/2002 :

- de ochtend begon al heel vroeg aan het station van Antwerpen-Berchem waar ik met Tom Bellemans had afgesproken om de trein naar Amersfoort te nemen. Eens daar aangekomen reden we snel naar DHV, de plaats waar de cursus "*Traffic Study : from Static through Dynamic to Simulation*" doorging (zie [BV02] voor de cursustekst). Gedurende de hele dag sprak Dirck Van Vliet die het vooral had over statische 'simulatie' (voor zover iets statisch als simulatie kan beschouwd worden). De spreker was echter zeer chaotisch en alle structuur ontbrak : er werd van het ene naar het andere deel in de cursus gesprongen, slides ontbraken en werden ter plekke getekend. De nadruk lag vooral op het uitleggen van het onderliggende model van SATURN, een statisch toedelingsmodel voor het opstellen van verwachte netwerkbelastingen. Spijtig genoeg had ik het meeste van de leerstof reeds gezien bij Jim Stada in de cursus "*Verkeerskunde*". De spreker werd geregeld onder vuur genomen maar gaf niet altijd een goed antwoord : op een vraag die ik stelde antwoordde hij met een flauwe one-liner wat als gevolg had dat de vraag in kwestie radicaal werd ontweken. Al bij al was het een teleurstellende dag, aangezien ik niet bijster veel had bijgeleerd. Interessant daarentegen waren de discussies met Andreas Hegyi (de tegenhanger van Tom Bellemans), Kristof Carlier (die nu een deeltijdse doctoraatsstudent is) en Tjeu Giessen (die enorm veel van AIMSUN2 afweet en met DHV optreedt als verdeler voor de Benelux).

Woensdag 15/05/2002 :

- de gastspreker was Jaime Barceló die het eindelijk had over microscopische modellering van verkeersstromen. Ook hier bleek een ‘commercieel’ aspect aan te kleven, in die zin dat hij het voornamelijk had over de implementatie van AIMSUN2. Spijtig genoeg werd er zoals zoveel mensen al voor hem gedaan hadden veel gesproken over de voertuig-volg modellen, maar bleven de vak-verander modellen zwaar in gebreke qua gedetailleerde uitwerking. Gelukkig had hij echter een goed artikel bij zijn slides gevoegd zodat ook dit laatste model alsnog betere aandacht kreeg.

Zeer interessant om weten was dat het AIMSUN2-model getest werd met de Bosch-dataset die het gedrag van een leider-volger duo omvat en met de modeluitvoer vergeleken kan worden. De spreker wist me de naam (D. Manstetten) te geven van de contactpersoon die deze dataset beheert. Daarnaast heeft hij me ook afdoende antwoord gegeven op enkele lastige vragen die de kop opsteken bij het praktisch implementeren van een microscopische verkeerssimulator (informatie die ik twee jaar geleden goed had kunnen gebruiken).

Donderdag 16/05/2002 :

- in de voormiddag heb ik de voorlaatste les van "Verkeerskunde" bijgewoond; Steven Logghe kwam geboeid spreken over "Verkeersstroomtheorie". Er werd met de studenten ook afgesproken dat de les van volgende week twee uur vroeger zal beginnen.
- De rest van de dag ging naar het uitwerken van de presentatie voor de DWTC-vergadering morgen. De reden hiervoor is dat Ben Immers deze normaal ging geven maar door persoonlijke omstandigheden er niet bij kan zijn. Dit had als gevolg dat ik de hele aanpak opnieuw in detail diende te bestuderen en om te werken tot presenteerbare slides. In de namiddag heb ik dan met Ben Immers en Steven Logghe samengezeten om nog enkele vragen uit te klaren.

9.3.2 Planning naar aanleiding van de tweedaagse cursus te Amersfoort

- De routeringslogica in Mitrasim 2000 aanpassen om naast een vaste routing per voertuig ook een routing gebaseerd op *turning fractions* te ondersteunen. Daarnaast dient ook eens nagekeken te worden of er slechts één link vooruit gekeken wordt bij het zoeken van naburige voertuigen.
- De implementatie van toeritdosering in Mitrasim 2000 dient eens kort overwogen te worden. Hetzelfde dient te gebeuren voor Paramics.
- De modellering van het te bestuderen stuk van de E17 in Mitrasim 2000 uitwerken en de lusdetectoren herprogrammeren volgens de werking zoals die geïmplementeerd in mijn *Traffic Cellular Automata*.
- Een verfijnde definitie van het Wardrop-equilibrium vinden (alsmede voor het Nash-equilibrium).
- Een verfijnde definitie van Pipes' theorema vinden (in het boek van Adolf May).
- De metingen in mijn *Rainbow* software dienen ook het schatten van tx-trajectories te ondersteunen.

- Een interessant SISTA-seminarie geven over microscopische modellering van verkeersstromen.
- Contact opnemen met D. Manstetten om de Bosch-dataset in handen te krijgen. Deze dataset kan dan vergeleken worden met de resultaten opgeleverd door *Mitrasim 2000* en mijn *Traffic Cellular Automata*.

9.4 Vrijdag 17/05 tot donderdag 23/05

9.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 17/05/2002 :

- gedurende de voormiddag heb ik de slides voor de DWTC-presentatie op punt gesteld en gebundeld. Daarnaast heb ik ze op de SISTA-laptop gezet (die geen netwerkconnectie meer ondersteunt) en in de namiddag begon de presentatie. Eerst heb ik ruim een half uur gesproken over een ‘plan van aanpak’ waarna de discussie kon losbarsten. Bart De Moor vestigde onze aandacht op het voorstel zoals bij het DWTC ingediend, iets dat we uit het oog verloren waren. Iedereen bleek wel min of meer akkoord te zijn met de huidige planning, al ontstonden er enkele meningsverschillen inzake het al dan niet introduceren van de algemene kostfunctie in de dynamische verkeerstoewijzing. Het viel me op dat we enkele zaken nog dienden uit te leggen (Wardrop equilibrium, dynamische verkeerstoewijzing, HB-tabellen, . . .) en dat voor onderzoeksgroepen die te kennen geven zich met verkeerskunde bezig te houden. Niettemin was dit een goede ervaring voor mij, immers als je iets uitlegt dan begrijp je het achteraf des te beter.

Maandag 20/05/2002 :

- collectief verlof aan de K.U.Leuven.

Dinsdag 21/05/2002 :

- in de voormiddag heb ik mijn F2-formulier ingevuld om mijn reisonkosten van ESAT terug te trekken.
- Daarnaast heb ik, zoals gevraagd, mijn eindwerkvoorstel naar het Engels vertaald.
- Verder heb ik op aanraden van Bart De Moor Georges Bastin gecontacteerd met de vraag om als extra assessor in mijn doctoraatscommissie op te treden.
- Tot slot heb ik professor Jaime Barceló gecontacteerd met de vraag of hij het e-mail adres van Dietrich Manstetten wist. Deze laatste beheert immers de fel begeerde Bosch-dataset voor het uitvoerig testen van voertuig-volg modellen.

Woensdag 22/05/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het nalezen van de thesis van Sanne Engelen, die handelt over *”Robuuste PCA en PCR in hoge dimensies”*.

Donderdag 23/05/2002 :

- het grootste deel van de dag ging naar het concipiëren en uitschrijven van een SISTA-seminarie. Het zal handelen over de manier waarop verkeersstromen wiskundig kunnen gemodelleerd worden.

9.5 Vrijdag 24/05 tot donderdag 30/05

9.5.1 Weekoverzicht

Vrijdag 24/05/2002 :

- vandaag kwam Giorgio Picci langs op ons bureau. Volgens de planning zou hij om 11u00 bij ons zijn, het mocht echter niet zijn : SISTA is zo luizig slecht in plannen dat niemand zich klaarblijkelijk aan een schema kan houden. Daarenboven bleek nog eens dat Sabine Van Huffel te lui was om de gast naar ons te brengen (zoals afgesproken), en ze hem gewoonweg bij Ida Tassens dropte zodat wij hem zelf konden gaan halen. . . bureaucratie van kan niet meer.

Ik begon onze voorstelling met uit te leggen wat verkeersmodellering juist inhoudt en welke diverse soorten modellen er bestaan. Ik concentreerde me hierbij voornamelijk op de microscopische modellen met als afsluiter enkele voorbeelden op computer : *Mitrasim 2000* (met modellering van de Antwerpse Ring) en *Traffic Cellular Automata*. Vervolgens ging Tom Bellemans verder met macroscopische modellen en de fundamentele diagrammen. Vrij snel ging hij over op MPC-geregelde toeritdosering. Achteraf gezien leek Giorgio Picci volgens mij meer geïnteresseerd in de toepassing van MPC en minder in de microscopische verkeersachtergrond (misschien omdat hij regeltechniker is).

- In de namiddag presenteerde Katrien De Cock haar excellente doctoraatsverdediging. Deze nieuwe voordracht was een stuk beter te begrijpen dan haar vorig SISTA-seminarie (dat over hetzelfde onderwerp handelde). Gezien de bijdragen tot de verschillende vakdomeinen die ze leverde, dacht ik dat ze net zoveel punten als Tony Van Gestel verdiende, blijkbaar dacht ik verkeerd.

Maandag 27/05/2002 :

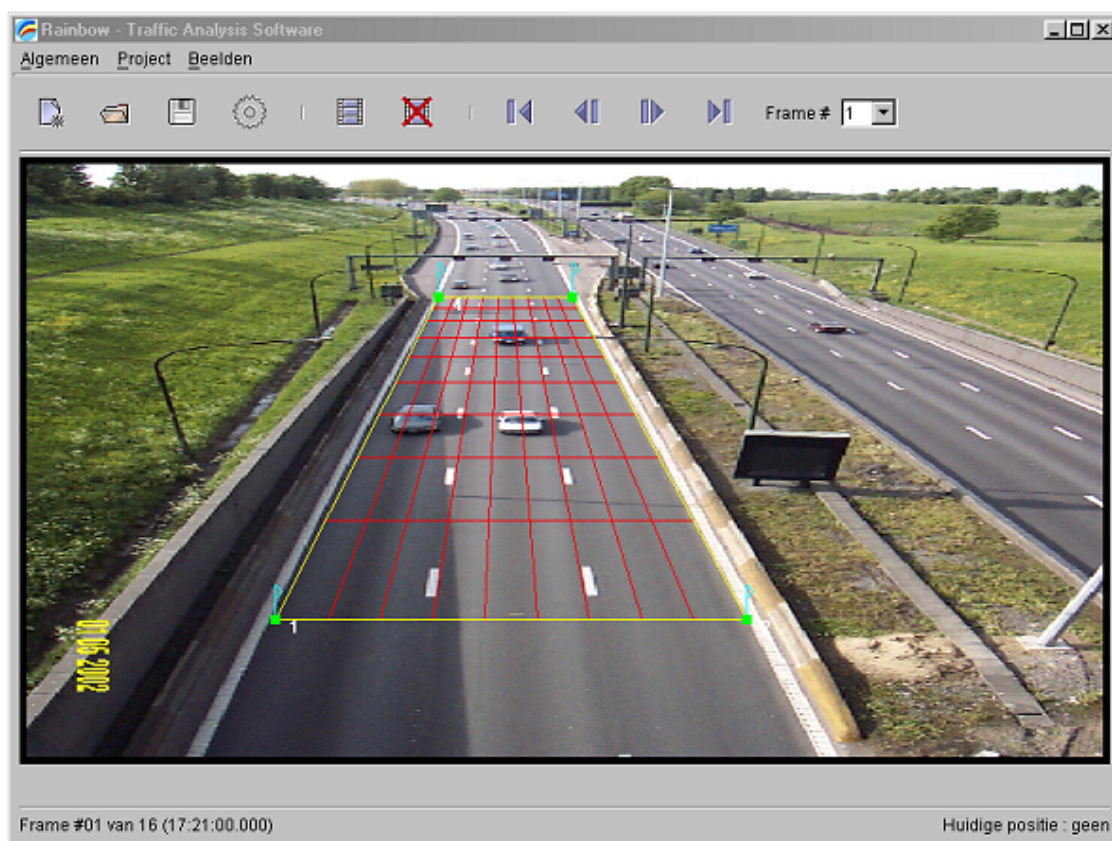
- de hele dag ging naar het ontwerpen van slides voor mijn aankomend SISTA-seminarie. Het eerste afgewerkte deel behandelt de verkeerskundige variabelen en de verschillende soorten macroscopische modellen (empirische modellen en modellen gebaseerd op partiële differentiaalvergelijkingen).

Dinsdag 28/05/2002 :

- het grootste deel van de dag ging naar het afwerken van de slides voor mijn eerste SISTA-seminarie. Dit tweede deel behandelt microscopische modellen waarbij bijzondere aandacht wordt besteed aan *Mitrasim 2000* en *Traffic Cellular Automata*.
- Daarnaast ben ik met Johan Suykens gaan praten en hij was prettig verrast dat er een vrijwilliger uit de eerstejaarsrangen zich aanbood. Ik heb gevraagd om een half uur te spreken op donderdag 6 juni 2002. Na enige nadenken werd besloten om volgende titel te gebruiken : "*An introduction to the modeling and simulation of traffic flows*".
- Verder heb ik ook de brief opgesteld die naar de leden van de gebruikersgroep van het DWTC-project dient gestuurd te worden, dit naar aanleiding van de bijeenkomst op donderdag 13 juni 2002. Ik heb ook aan Ida Tassens gevraagd om een lokaal, de laptop en projector te reserveren (en koffie te voorzien). De laptop was echter al door iemand anders gereserveerd.

Woensdag 29/05/2002 :

- in de voormiddag heb ik nog enkele kleine wijzigingen aan mijn slides voor mijn SISTA-seminarie aangebracht.
- In de namiddag heb ik de uitnodigingen voor de gebruikersgroep van het DWTC-project verstuurd.
- Een leuke verrassing was toen professor Jaime Barceló me terugmailde met het e-mail adres van Dietrich Manstetten, dit tot het bekomen van de Bosch-dataset voor voertuig-volg modellen. Het bleek echter al vrij snel dat dit e-mail adres niet langer meer in gebruik was, met als gevolg dat ik maar een nieuwe e-mail naar Barceló heb gestuurd met de vraag of hij de dataset niet zelf naar me kon doorsturen.
- Tot slot heb ik ook nog de calibratie-informatie van mijn *Rainbow* software afgewerkt (zie figuur 9.1 als voorbeeld).



Figuur 9.1: Calibratie in de *Rainbow* software.

Donderdag 30/05/2002 :

- ik heb de evaluatie van de afgelopen cursus te Amersfoort voor Yusen-Chen ingevuld en teruggestuurd.
- Naar aanleiding van de e-mail van Johan Suykens in verband met de vooruitgang van de eerstejaars, heb ik eens samengevat wat ik de afgelopen drie kwart jaar zoal heb gedaan :
 - verzamelen en inventariseren van ongeveer 400 artikels (waarvan de meeste gelezen),
 - opstellen voorstel project 2e kandidatuur,
 - opstellen eindwerkvoorstellen,
 - gevolgde vakken/cursussen :
 - * *Verkeerskunde* (H111, IR),
 - * *Wavelets met toepassingen in signaal- en beeldverwerking* (HG66, LIC)
 - * *Design and Analysis of Experimentation* (HG15, DOC),
 - * *SISTA-seminaries* (DOC),
 - * *Programmeren in MatLab (2 delen)* (LUDIT, DOC),
 - * *Introduction to S-Plus* (LUDIT, DOC),
 - * *Dynamic Traffic Flow Modelling and Control* (Amersfoort, DOC),
 - * *Traffic Study : from Static through Dynamic to Simulation* (Amersfoort, DOC)
 - * en *Symposium on Missing Data* (Utrecht, DOC).
 - Gegeven vakken (inclusief examen)/seminaries :
 - * *Gevallestudies van datamining en industriële procescontrole* (HK05, IR)
 - * en een SISTA-seminarie *Traffic Flow Seminar I, Spring 2002* (DOC).
 - Project DWTC-CP40 (cluster 7) : *Duurzaamheidseffecten van verkeersmanagementsystemen* (reeds 3 presentaties gegeven).
 - Software :
 - * *Financieel Beheer*,
 - * *Traffic Cellular Automata* (gerefereerd op Traffic Forum),
 - * *SMTTools* (Java applicatie-framework met onder andere Swing-componenten),
 - * *Rainbow* (nog niet afgewerkt),
 - * *Mitrasim 2000* (updated)
 - * en *Advanced Computer Graphics using OpenGL*.
 - Voertuig-volg experimenten met *Mitrasim 2000* en *Traffic Cellular Automata*,
 - lid van studentenvertegenwoordiging in visitatiecommissie Informatica, departement Wiskunde-Informatica, UIA,
 - papers (first stage) :
 - * *Estimating Space Mean Speed*
 - * en meegewerkt aan krantenartikel *Zonder handen in haarspeldbocht* (De Morgen, 17/01/2002).
- Verder heb ik ook nog een probleem met onze netwerkprinter `u1tower` opgelost, de systeembeheerders hadden hier geen oog voor.
- Tot slot heb ik nog een UNIX-script samengesteld dat het mogelijk maakt om een PostScript document om te zetten naar een A5-recto-verso boekje.

Hoofdstuk 10

Juni 2002

10.1 Vrijdag 31/05 tot donderdag 06/06

10.1.1 An introduction to the modeling and simulation of traffic flows

Referentie : [Mae02a]

Engelse samenvatting :

In this talk we'll give a general introduction to the field of modeling and simulation of real-life traffic flows. We won't discuss traffic control/management but instead we'll focus on some approaches possible for modeling traffic flows. Based on certain considerations, traffic flows can be thought of being macroscopically or microscopically in nature. A small overview of the main variables is given, followed by some of the different models which give rise to modeling traffic flows macroscopically (these include empirical models with their fundamental diagrams and models based on partial differential equations). The main focus, however, will be on the microscopic models, consisting of car-following and lane-changing submodels, which will explicitly model the vehicles' dynamics and interactions. We'll finish by giving two visually interesting examples of possible simulators.

10.1.2 Weekoverzicht

Vrijdag 31/05/2002 :

- ik heb opgezocht wat Pipes' voertuig-volg theorie juist omvat (zie "Traffic Flow Fundamentals", [May90] voor meer details) :

Een goede regel om een voertuig op veilige afstand te volgen is ervoor te zorgen dat men op zijn minst een volledige voertuiglengte laat tussen het eigen voertuig en dat van de voorligger, dit voor elke tien mijl per uur waaraan je reist.

De minimale veilige tussenafstand neemt lineair toe met de snelheid. De geassocieerde minimale veilige tussentijd neemt af met de snelheid en bereikt een theoretisch minimum bij een oneindige snelheid. Het is gebleken dat, ondanks dit eenvoudige voertuig-volg model, de overeenkomst met de werkelijke situatie verrassend groot is.

Maandag 03/06/2002 :

- Ik heb deel I ("*Introduction*") gelezen uit Dirk Helbing's "*Traffic and related self-driven many-particle systems*".

Dinsdag 04/06/2002 :

- kort op de middag was er een finale SCD-weekend bijeenkomst waarop de laatste details in orde werden gebracht.
- Eric Kenis heeft zich laattijdig aangemeld om deel uit te maken van de gebruikersgroep voor het DWTC-project CP/40. Ik heb hem het voorstel en een uitnodiging per post opgestuurd, alsmede Hilde Van Dongen op de hoogte gebracht.

Woensdag 05/06/2002 :

- in de voormiddag heb ik mijn SISTA-seminarie ingeoeffend.
- Ik heb een extra test aan mijn *Rainbow* software toegevoegd : bij het specificeren van de calibratie vierhoek op het scherm, wordt nagegaan of deze wel convex is (er kunnen anders immers problemen optreden bij het opstellen van de projectieve mapping).

Donderdag 06/06/2002 :

- in de voormiddag heb ik mijn SISTA-seminarie nog een laatste keer bekeken. Om 16u00 ging ik dan van start onder de titel "*An introduction to the modeling and simulation of traffic flows*" (zie paragraaf 10.1.1 voor meer details hieromtrent).
Opmerkingen die ik achteraf kreeg, waren onder andere dat dit een van de beste seminaries tot nu toe gegeven was (omdat ik de essentie aankaartte maar af en toe ook wat dieper op de details inging), dat ik nogal snel met mijn slides overweg ging, dat het allemaal vrij vlotjes ging en dat ik sommige vraagstellers halverwege onderbrak van zodra ik wist wat ze gingen vragen (wat ook positief wordt ervaren om geleuter tegen te gaan).
De vragen die ik kreeg hebben ongeveer een half uur geduurd en toen iedereen doorging bleven Jan Willems en Yves Moreau nog napraten over allerhande details omtrent microscopische en macroscopische modellering.
Het seminarie kan een succes genoemd worden.

10.2 Vrijdag 07/06 tot donderdag 13/06

10.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 07/06/2002 :

- in de voormiddag ben ik samen met Mik Staes inkopen gaan doen voor het SCD-weekend. Kort op de middag zijn we met de auto vertrokken richting Noorbeek, waar het SCD-weekend doorging.

Maandag 10/06/2002 :

- ik heb Guy Campion gevraagd om als assessor in mijn doctoraatscommissie te zeten, hij stemde vereerd toe.
- Daarnaast ben ik ook begonnen om de slides voor de komende DWTC-presentatie voor de gebruikersgroep in elkaar te steken. Dit was echter geen eenvoudige taak aangezien zowel het indertijd ingediende voorstel als de meer recentere uitwerking samen aan bod dienden te komen.

Dinsdag 11/06/2002 :

- ik heb de slides voor de komende DWTC-presentatie afgewerkt.
- Verder heb ik deel II ("*Empirical Findings for Freeway Traffic*") gelezen uit Dirk Helbing's "*Traffic and related self-driven many-particle systems*". Het handelde voornamelijk over de specifieke statistische eigenschappen van de verkeersmeetgegevens en de verschillende soorten regimes die optreden en zichtbaar zijn na data-analyse.

Woensdag 12/06/2002 :

- in de voormiddag vroeg ik me af hoe voorwaarts stromende schokgolven zich in een verkeersstroom manifesteren. Al vrij snel bleek dat deze nauwelijks waarneembaar zijn. Simulaties met mijn *Traffic Cellular Automata* leverden als conclusie op dat een lagere toegestane snelheid een meer gestroomlijndere verkeersstroom oplevert (die uiteraard wel trager stroomt en bijgevolg een lagere doorstromingsgraad heeft). Een duidelijk voorbeeld is zichtbaar bij het oplossen van een wachtrij van voertuigen na een rood licht bij de overgang naar de groene fase. Bij lage dichtheden kunnen we de nauwelijks waarneembare voorwaarts stromende schokgolven zien als zijnde schokgolven die een grotere dichtheid/doorstromingsgraad/snelheid met zich meedragen.
- In de namiddag heb ik gepoogd *Mitrasim 2000* aan te passen zodat deze met initiële gemiddelde dichtheden per link kan werken. Het doel was om het wegennetwerk ab initio te bezetten, wat me dunkt in een meer realistische simulatie resulteert. Spijtig genoeg is dit onmogelijk gebleken, aangezien de programmacode zich er niet toe leende om dergelijke aanpassingen vlot uit te voeren, zonder grote stukken te herschrijven (wat in dit geval niet loont). De reden voor deze starheid is dat ik indertijd niet genoeg achtergrond had om op dergelijke zaken te anticiperen.

Donderdag 13/06/2002 :

- in de voormiddag heb ik de slides voor de DWTC-presentatie voor de gebruikersgroep gekopieerd en gebundeld en de presentatie kort ingeoeffend. In de namiddag heb ik de presentatie voor de gebruikersgroep gegeven, met aansluitend een vragensessie. Spijtig genoeg was de opkomst aan de lage kan; er was slechts één lid van de gebruikersgroep aanwezig. Tom Bellemans heeft verslag van de vergadering genomen.

10.3 Vrijdag 14/06 tot donderdag 20/06

10.3.1 An Introduction to Chaos Theory and Fractal Geometry

Referentie : [Don97]

In dit artikel wordt algemeen ingegaan op de verschillende aspecten die geassocieerd worden met chaostheorie. Uitgaande van de Lorenz attractor wordt overgegaan op fractale geometrie (naar aanleiding van Julia en Mandelbrot). Er wordt besloten met Cantor stof en de trends in de aandelenkoersen.

10.3.2 Microscopic Traffic Simulation for ATT Systems Analysis – A Parallel Computing Version

Referentie : [BFGG98]

Naar aanleiding van een persoonlijk gesprek met professor Barceló, besloot ik om een artikel van hem te lezen dat handelt over de parallellisatie van de microscopische verkeerssimulator AIMSUN2. In dit artikel wordt vooreerst kort geschetst op welke manier dergelijke simulatoren werken en hoe de klassieke lineaire voertuig-volg modellen algemeen in elkaar zitten. Er wordt vermeld dat deze eenvoudige modellen stabiliteitsproblemen hebben (iets wat kan nagegaan worden door een treintje van voertuigen achter elkaar te laten rijden) en dat niet-lineaire modellen hier beter op inspelen. Als voorbeeld wordt het voertuig-volg model van Gipps besproken, dat ook geïmplementeerd werd in AIMSUN2.

Vervolgens wordt algemeen beschreven hoe de sequentiële versie van AIMSUN2 werkt en welke strategie gevolgd kan worden voor de parallellisatie. Voor dit laatste wordt gesteund op zaken zoals het partitioneren van het netwerk in verschillende blokken en verschillende lagen.

10.3.3 Non-Linear Analysis of Traffic Flow

Referentie : [NLRG]

Dit artikel boeide me sterk, aangezien ik kort onderzoek wil verrichten naar het stochastisch karakter van diverse verkeersgegevens. Het uitgangspunt van dit artikel wordt gevormd door het beschouwen van de tijdsreeksen als een deterministisch systeem, wat aanleiding geeft tot het bestaan van een onderliggende structuur. De volgende stap is dan een faseruimte inbeddingstechniek toepassen op de analyse van de niet-lineaire tijdsreeksen. De gebruikte meetgegevens zijn afkomstig van de San Antonio verkeersdatabank. Een eerste analyse wordt gedaan door de typische dichtheid-snelheid en doorstromingsgraad-snelheid fundamentele diagrammen op te stellen. Vervolgens wordt een klassieke cross-correlatie analyse uitgevoerd om de consistentie van de verkeersstroom van alle weekdays (e.g. alle maandagen) en tussen alle weekdays (e.g. van maandag tot dinsdag) te valideren.

Om de faseruimte op te stellen, wordt, bij gebrek aan een wiskundig model van het systeem, een *delay reconstruction* methode gebruikt (zoals Takens en Ruelle dat deden voor de metingen van de druppelende kraan). Tot slot wordt de Lyapunov-exponent geschat, deze blijkt positief te zijn wat ons ertoe aanzet om het systeem een sterk chaotisch karakter toe te kennen.

10.3.4 A Road Traffic Simulator – Car-Following and Lane-Changing

Referentie : [JMS]

Dit artikel behandelt zeer algemeen de voertuig-volg en vak-verander modellen zoals geïmplementeerd in vier verschillende simulators : Paramics, MITSIM, AIMSUN2 en HUTSIM. Eerst wordt kort geschetst hoe de lineaire voertuig-volg modellen werken waarna zeer kort wordt ingegaan op de achtergrond van vak-verander modellen. De basis van de keuze voor de vier simulators werd gelegd door de bekende Smartest-studie in 1997. Tot slot wordt ingegaan op de gebruikte modellen in de Hipertrans simulator. Het kiezen tussen het gebruik van het voertuig-volg of vak-verander model erft karakteristieken over van AIMSUN2. Belangrijk om weten is dat de voertuigen enkel naar vakken gaan waar een hogere gemiddelde snelheid heerst (indien ze niet van vak *moeten* veranderen) en dat eerst de snelste en dan pas de traagste vakken door de algoritmes onder de loep worden genomen.

10.3.5 Time-Series Analysis

Referentie : [Bra99]

Dit **excellente** artikel beschrijft op zeer heldere wijze de verschillende aspecten die verbonden zijn aan de analyse van tijdsreeksen. Er wordt gestart met een overzicht van lineaire systemen (impulsrespons en transfer functie) die lineair en tijdsinvariant zijn. Het schatten van de uitvoer (op basis van de invoer), kan gebeuren met behulp van een *moving average* (MA) FIR-filter, een *autoregressive model* (AR) dat een IIR-filter is of een combinatie van beiden (ARMA modellen).

Vervolgens wordt de aanzet tot niet-lineaire systemen gegeven : de belangrijke frequenties hiervan zitten meestal verspreid over het hele spectrum. Dynamische systemen hebben een aantal toestandsvariabelen die de dimensie van het systeem bepalen. Indien deze dimensie eindig is, dan kan het systeem met een gewone differentiaalvergelijking worden beschreven, indien ze oneindig is, dan zegt men dat het systeem spatiotemporeel is en dient men partiële differentiaalvergelijkingen te gebruiken. Dissipatieve dynamische systemen hebben attractoren, waarvan er vier verschillende soorten te onderscheiden zijn : evenwichtspunten, periodische orbits (limitcycli), quasiperiodische attractoren en chaotische (of ‘vreemde’) attractoren. Drastische topologische veranderingen in de attractoren worden bifurcaties genoemd. Ook wordt besproken welke mogelijke dynamische invarianten er zoal bestaan, met als belangrijkste de Lyapunov-exponent die weergeeft hoe snel naburige trajectories zich van elkaar scheiden.

Een belangrijk deel in het artikel wordt gevormd door een uiteenzetting van de *delay-coordinate embedding* techniek. Belangrijk hierbij om weten is dat twee parameters zorgvuldig dienen geschat te worden : de vertragingfactor τ en de dimensie D_E van de reconstructieruimte. Een belangrijke eigenschap is dat indien deze dimensie gelijk is aan $2n + 1$ (met n de *echte* dimensie van het systeem), dan is de reconstructieruimte diffeomorfisch (de transformaties zijn inverteerbaar, differentieerbaar en hebben differentieerbare inversen) met de trajectories in de toestandsruimte. Er worden verschillende technieken aangehaald om beide parameters te schatten : een gemiddelde autocorrelatie van opeenvolgende punten in de tijdsreeks, het Pineda-Sommerer (P-S) algoritme, de *false near neighbor* (FNN) methode en de *recurrence plots*.

Als afsluiter worden twee voorbeelden gegeven : de vergelijkingen van Lorenz die een eenvoudig model vormen van de fysica die schuilgaat achter een vloeistof die langs onderen wordt opgewarmd en een aangedreven slinger. Voor beide voorbeelden wordt de *delay-coordinate embedding* techniek duidelijk geïllustreerd, waarbij terecht wordt opgemerkt dat een te kleine waarde

voor τ ervoor kan zorgen dat de diffeomorfische attractor te dicht bij de diagonaal in de reconstructieruimte ligt (grotere waarden voor τ blazen deze attractor op zodat hij duidelijker wordt).

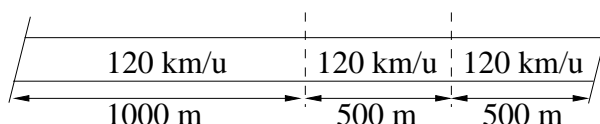
10.3.6 Weekoverzicht

Vrijdag 14/06/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het aanpassen van Mitrasim 2000 met als doel het vergaren van gegevens om fundamentele diagrammen op te stellen. Het bleek echter niet zo evident om opzettelijk opstopping te veroorzaken (en dan nog opstopping van de juiste grootte en duur). Tegen het einde van de dag had ik eindelijk een stramien gevonden dat redelijk werkbaar was.

Maandag 17/06/2002 :

- in de voormiddag heb ik de administratie voor het DWTC project CP/40 geregeld : het verslag alsmede een begeleidende brief en extra bijlages werden naar alle leden van de gebruikersgroep per post opgestuurd.
- in de namiddag heb ik diverse simulaties met Mitrasim 2000 op SISTA's supercluster laten draaien. De gebruikte weglayout bestond uit vier nodes en drie links. De eerste node was een *origin*-node, de vierde een *destination*-node, daartussen lagen twee *junction*-nodes. De links bestonden elk uit drie unidirectionele (vlakke) vakken waarop een snelheidsbeperking van 120 km/u gold. De totale lengte van het testparcours bedroeg twee kilometer. LUSDetectoren werden geplaatst op 1000 m en 1500 m en zij aggregeren de gegevens over tijdsperiodes van telkens twintig seconden. Een schematisch overzicht is terug te vinden in figuur 10.1.



Figuur 10.1: Het testparcours voor Mitrasim 2000.

Er werden vier verschillende experimenten uitgevoerd :

Experiment 1 : vakveranderingen zijn toegestaan en er rijden enkel personenauto's.

Experiment 2 : vakveranderingen zijn niet toegestaan en er rijden enkel personenauto's.

Experiment 3 : vakveranderingen zijn toegestaan en er rijden 75% personenauto's en 25% vrachtwagens.

Experiment 4 : vakveranderingen zijn niet toegestaan en er rijden 75% personenauto's en 25% vrachtwagens.

Voor elk van deze experimenten werd volgend stramien gevolgd :

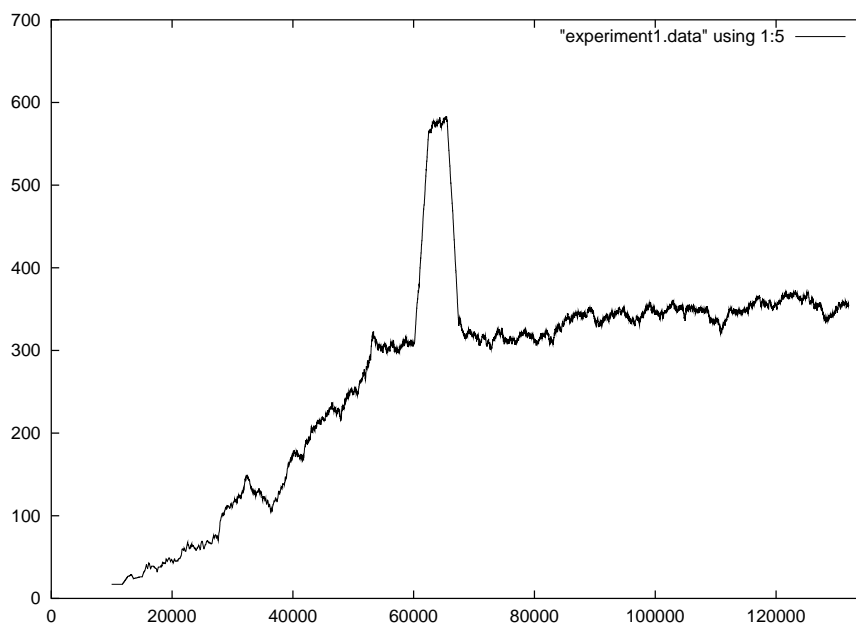
- de snelheid van een voertuig bij het betreden van het netwerk bedraagt 100 km/u,
- de initieel aangelegde doorstromingsgraad q_{origin} bedraagt 1000 voertuigen per uur,
- de verdeling van de tussentijden van de voertuigen bij het betreden van het netwerk wordt constant genomen (dus geen Poisson-verdeling),
- gedurende het eerste kwartier van de simulatie geldt dat $q_{\text{origin}} = 1000$,

- vanaf dan wordt deze q_{origin} elke vijf minuten met 500 voertuigen per uur verhoogd,
- na 85 minuten simuleren wordt de maximaal toegelaten snelheid op alle links gedurende vijf minuten verlaagd (van 120, naar 100, naar 80, naar 60, naar 40, naar 30 en tenslotte naar 20 km/u), daarna wordt de maximaal toegelaten snelheid op alle links terug 120 km/u,
- na 100 minuten simuleren wordt de maximaal toegelaten snelheid op de laatste (derde) link gedurende vier minuten steevast op 5 km/u gehouden (dit om een congestiegolf te introduceren).

Merk op dat alle gegevens eerst voorverwerkt werden door alle tekststrings te vervangen door 0, alle kolomhoofdingen te verwijderen en vervolgens alle opeenvolgende dubbele datalijnen (i.e. datalijnen met dezelfde tijdsindex) uit het bestand te filteren met een zelf geschreven MATLAB programma *FilterDuplicates*.

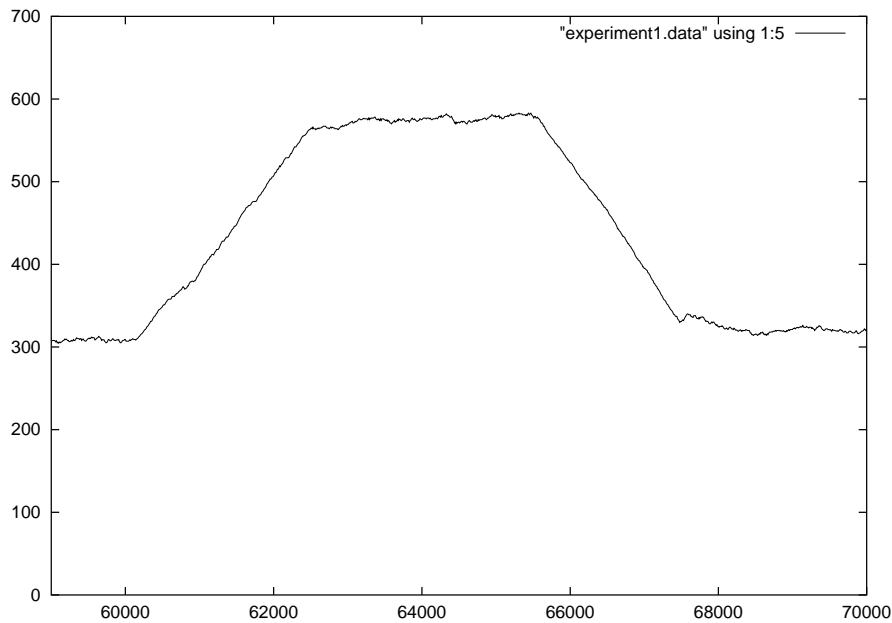
Dinsdag 18/06/2002 :

- het eerste experiment simuleerde drie uur en veertig minuten snelwegverkeer. Het aantal voertuigen op elk moment beschouwend, verkrijgen we de grafiek in figuur 10.2 (de tijdsas werkt met tienden van een seconde).



Figuur 10.2: Het totaal aantal voertuigen op de autosnelweg.

Opvallende zaken hierbij zijn : het aantal voertuigen is het eerste kwartier (< 9000) zeer weinig (omwille van de lage aangelegde $q_{\text{origin}} = 1000$), na 100 minuten (> 60000) zien we een plotse verdubbeling van het aantal voertuigen (die zakt na ongeveer een zestal minuten (> 63600)) waarna het aantal voertuigen min of meer stabiliseert. De plotse stijging is uiteraard een rechtstreeks gevolg van de aangelegde opstopping op de derde link. Indien we dit in meer detail bekijken, dan verkrijgen we de grafiek in figuur 10.3.



Figuur 10.3: De plotse stijging naar aanleiding van de aangelegde opstopping.

Vermits deze opstoppingsgolf zich voorwaarts in de tijd maar achterwaarts in de ruimte beweegt, zal deze op een gegeven moment de *origin*-node bereiken. Dit heeft als gevolg dat er geen voertuigen meer het netwerk kunnen betreden (de toevoer wordt verstopt) en dat het blok met opgestopte voertuigen vooraan langzaam kan oplossen. Dit proces (achterwaarts verplaatsen en volledig oplossen) duurt hier een zestal minuten.

Woensdag 19/06/2002 :

- ik heb mijn reisaanvraag voor een bezoek aan de Verkeerscentrale van Utrecht ingediend.
- Zo goed als de hele dag kroop in het uitschrijven van de benodigde informatie om te vermelden op de projectfiches van het DWTC (Nederlandstalig en Engelstalig).
- Daarnaast heb ik ook de officiële stickers ontvangen om op mijn vakantiekaart te kleven (al zijn het maar een magere tien dagen).

Donderdag 20/06/2002 :

- bij het bestuderen van de data die tijdens de experimenten door de artificiële lusdetectors van Mitrasim 2000 werd vergaard, viel me plots op dat de tijdsas *niet uniforme bemonsterd* werd ! Dit maakt dat het opstellen van histogrammen van de snelheden een onbetrouwbare zaak wordt. Dit in gedachten houdend, schreef ik een MATLAB programma *ResampleTimeAxis*. Alle data wordt in een grote matrix ingelezen, waarna de elementen hiervan kolomsgewijs worden geïnterpoleerd volgens een nieuwe, ditmaal *uniforme*, bemonstering van de tijdsas. Als neveneffect worden hierdoor wel enkele artefacten geïntroduceerd : de eerste meting is namelijk altijd nul en de volgende meting gebeurt pas een hele poos later, waardoor voor alle tussenliggende waarden een lineaire interpolatie gebeurt. Dit resulteert echter in verkeerde initiële waarden voor de dichtheid, doorstromingsgraad en gemiddelde snelheid. Ter compensatie verwijderde ik dan ook manueel alle tijdsgegevens van het eerste kwartier

van de simulatie. De nieuwe bemonstering gebeurde voor tijdstappen van 1, 5, 10, 20, 60 en 120 seconden.

- Ik heb, op aanvraag van het DWTC, Guy Campion gecontacteerd en hem gevraagd om de informatie voor de projectfiches naar het Frans te vertalen. Hij stemde toe en beloofde dit tegen maandag aanstaande in orde te brengen.
- Verder heb ik de artikels "*An Introduction to Chaos Theory and Fractal Geometry*" (zie paragraaf 10.3.1 voor meer details hieromtrent), "*Microscopic Traffic Simulation for ATT Systems Analysis – A Parallel Computing Version*" (zie paragraaf 10.3.2 voor meer details hieromtrent), "*A Road Traffic Simulator – Car-Following and Lane-Changing*" (zie paragraaf 10.3.4 voor meer details hieromtrent) en "*Time-Series Analysis*" (zie paragraaf 10.3.5 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Tot slot heb ik het SISTA-seminarie "*The MAD Architecture, a Software Environment for Integrated Analysis of Microarray Data*" gegeven door Bert Coessens, bijgewoond.

10.3.7 Planning

- De stabiliteit van *Mitrasim 2000* en *Traffic Cellular Automata* testen met een treintje van voertuigen.
- Uitwerken hoe canonieke correlatie analyse (CCA) werkt.
- Uitwerken hoe *independent component analysis* (ICA) werkt en dit toepassen op de verkeersmeetgegevens om 'verborgen componenten' te ontdekken.
- Covariantiematrices opstellen voor de verkeersmeetgegevens en histogrammen met corresponderende verdelingen opstellen voor de gemeten gemiddelde snelheden.
- Een spectraalontbinding van de verkeersmeetgegevens uitvoeren en kijken welke typische frequenties onder bepaalde omstandigheden optreden.
- Dezelfde analyses uitvoeren op echte meetgegevens van de E17 in plaats van enkel op de meetgegevens opgeleverd door de vier experimenten met *Mitrasim 2000*.
- Tijdsreeks analyses (onder andere *delay-coordinate embedding* en *recurrence plots*) loslaten op de meetgegevens en de stochastische eigenschappen ervan onderzoeken.

10.4 Vrijdag 21/06 tot donderdag 27/06

10.4.1 Time Series Analysis

Referentie : [Sta02]

Dit uitgebreide elektronisch boek behandelt de diverse methodes waarmee men analyse van tijdsreeksen kan uitvoeren. Er wordt slechts weinig gedetailleerd uitgelegd, maar eerder per methode beschreven onder welke omstandigheden deze kan uitgevoerd worden en welke resultaten ze kan opleveren. Er worden ab initio twee hoofddoelstellingen van de analyse van tijdsreeksen geformuleerd : enerzijds inzicht geven in de natuur van het te bestuderen fenomeen (identificatie) en anderzijds voorspellen van toekomstige waarden (predictie). Daarnaast worden ook twee belangrijke aspecten van patronen in tijdsreeksen aangehaald : *trend* en *seasonality* (het eerste beschrijft een algemene systematische component die over de tijd evolueert, de tweede is een karakteristiek die zichzelf herhaalt in systematische tijdsintervallen).

Fourier spectrumanalyse wordt aangeraden om cyclische patronen in data te zoeken. Het doel is dan om de seizoensgebonden fluctuaties van verschillende lengtes te identificeren. Cross-spectrum analyse biedt daarenboven de mogelijkheid om correlaties tussen twee verschillende tijdsreeksen op verschillende frequenties te ontdekken.

10.4.2 Time Series Analysis – A Part III Essay

Referentie : [Eng91]

Dit zeer wiskundig essay beschrijft op heldere wijze hoe de *delay-coordinate embedding* techniek werkt en waar men zoal op dient te letten bij het gebruik ervan. Er wordt beschreven hoe de ingebedde attractor diffeomorfisch is met de oorspronkelijke werkelijke attractor in de faseruimte. Naast het verschuiven van de waarden in de tijdsreeks, is het ook mogelijk om de hogerdimensionale vectoren te construeren met behulp van de tijdsafgeleiden van de gemeten variabele, wat tot dezelfde resultaten leidt als de eerste methode. Twee kritische vragen staan centraal in dit essay : wat is een goede waarde voor τ , de vertragingfactor, en hoe groot dient m , de dimensie van de ruimte waarin de attractor ingebed wordt, te zijn ? Wat m betreft, geeft Floris Takens een zeer formeel resultaat : $m \geq 2n + 1$ met n de dimensie van de ruimte waarin de echte attractor zich bevindt. Voor τ wordt gesteld dat te kleine waarden aanleiding geven tot het ‘pletten’ van de attractor tot een eendimensionale diagonaal in de inbeddingsruimte, terwijl te grote waarden geen goed inzicht meer geven. Tot slot wordt ook kort stilgestaan bij de minimum lengte van de tijdsreeks in kwestie, waarbij wordt gesteld dat deze afhankelijk is van de fractaliteit van de attractor. Daarentegen heeft Albano geobserveerd dat verrassend genoeg meestal een weinig aantal datapunten volstaan om een goed beeld van de attractor te geven, en zeker om robuuste waarden zoals de correlatiedimensie te berekenen.

10.4.3 Detection of Chaos and Fractals from Experimental Time Series

Referentie : [Yam99]

Het uitgangspunt van dit hoofdstuk wordt gevormd door te bespreken welke verschillende typische numerieke technieken er zijn waarmee detectie van chaos en fractaliteit uit tijdsreeksen kan gebeuren. Het eerste dat dient te gebeuren is een spectrumanalyse om eventuele verborgen periodiciteiten aan het licht te brengen (deze kunnen een verklaring bieden voor de bron van de variabiliteit van het signaal). In een niet-lineair systeem zal de trajectorie grilliger van vorm zijn en zal het spectrum hogere harmonieken bevatten (wat dan aanleiding geeft tot een limietcyclus). In hogere dimensies kan het gebeuren dat het aantal pieken in het spectrum nog steeds weinig is, maar dat de attractor nu wordt gevormd door een quasi-periodische beweging in de faseruimte. Indien het een niet-lineair chaotisch systeem betreft, dan kan spreken men van een vreemde attractor, die als eigenschap heeft dat geen enkel punt erop twee keer wordt bezocht door een trajectorie (wat wil zeggen dat het systeem aperiodisch is), maar dat de attractor wel gebonden is. Het valt dan ook op dat het spectrum een breedbandkarakteristiek vertoont die een stochastisch signaal nabootst.

Vervolgens wordt besproken hoe naburige trajectories zich exponentieel snel van elkaar verwijderen, een effect dat wordt gevat in de Lyapunov-exponent. Chaotische systemen worden gekarakteriseerd door het feit dat ze op zijn minst één positieve Lyapunov-exponent bevatten (de Lyapunov-exponenten voor stochastische signalen zijn nul). Belangrijk op om te merken is dat chaotische systemen op zijn minst ook één negatieve Lyapunov-exponent bevatten, wat ervoor zorgt dat de attractor tot een deelruimte beperkt blijft (waardoor de trajectories op een fractal verblijven). Voor deze laatste kan men dan de fractaaldimensie berekenen.

Indien de dimensie van de faseruimte niet a priori vastligt, dan kan men de inbeddingstechniek van Packard en Takens gebruiken die M -dimensionale vectoren construeert door middel van vertraagde samples te nemen. Er wordt opgemerkt dat deze techniek perfect werkt indien er een oneindig aantal oneindig accurate tijdssamples beschikbaar zijn. In praktijk is dit echter veelal niet het geval, wat maakt dat de keuze van M en de vertragingfactor een belangrijke rol gaan spelen. Een te kleine vertragingfactor geeft aanleiding tot grote correlaties tussen de componenten van de vectoren en een te grote waarde vervuult de attractor met zelf-snijdende banen. De keuze wordt dan gemaakt door de autocorrelatie tijd te bestuderen, of het tijdstip waarop het eerste lokale minimum van wederzijdse informatie-inhoud wordt geobserveerd. Een te kleine waarde voor M resulteert in het optreden van valse buren, wat met de *false nearest neighbours* (FNN) vermeden kan worden.

Tot slot worden twee voorbeelden uitgewerkt, waarin diverse technieken worden aangekaart en toegepast voor de detectie van chaos in tijdsreeksen. De fractaal-aard van de tijdsreeksen wordt gequantificeerd aan de hand van de correlatiedimensie ν , die computationeel gezien zeer efficiënt berekend kan worden. Ook de grootste Lyapunov-exponent wordt telkens berekend. Ook de techniek van niet-lineaire voorspellingen wordt gebruikt, die bestaat uit twee contradictorische gegevens : korte termijnvoorspellingen kunnen *wel* gedaan worden vanwege de deterministische aard van het systeem, maar lange termijnvoorspellingen kunnen *niet* gedaan worden vanwege de exponentieel uitdijende trajectories.

De auteur besluit met de vraag : ‘Is mijn irregulier of complex systeem nu chaotisch en/of fractaal van aard ?’. Het antwoord hierop kan gegeven worden met bovenstaande technieken, indien de onderliggende dynamica schijnt gegenereerd te worden door een laag-dimensionale attractor. Indien de hulpmiddelen het bestaan van een hoog-dimensionale attractor suggereren, dan dient men op zijn tellen te letten (aangezien deze technieken dan misleidende conclusies kunnen opleveren).

10.4.4 Chaotic Analysis of Internet Ping Data : Just a Random Number Generator ?

Referentie : [KB98]

De analyse van de data opgeleverd door het ping-commando zou in dit artikel uitspraak moeten geven of de tijdsreeks in kwestie enige structuur bezit (er zijn met andere woorden correlaties aanwezig in de data) of dat deze volledig willekeurig is. Als lineaire analysetechnieken worden de autocorrelatie, het spectrum en de voorspellingen met AR-modellen gebruikt, voor de niet-lineaire technieken worden de vertragingmethode, mutuele informatie, FNN, de correlatiedimensie, de grootste Lyapunov-exponent en lokale lineaire predictie gebruikt.

De karakteristieken van de dataset vertonen volgens het histogram een lognormale verdeling. Alle toegepaste technieken worden duidelijk geïllustreerd, wat maakt dat dit artikel een leidraad kan zijn bij het interpreteren van de resultaten opgeleverd door andere datasets.

10.4.5 Nonlinear Time-Series Analysis

Referentie : [Par98]

Dit hoofdstuk uit het boek "*Nonlinear Modelling – Advanced Black-Box Techniques*", beschrijft welke diverse aspecten zoal komen kijken bij het analyseren van eendimensionale tijdsreeksen. Eerst en vooral worden de twee hoofdmethodes besproken om de toestandsruimte te reconstrueren : *delay coordinates* en *derivative coordinates*. Vermits deze laatste soort coördinaten (de afgeleiden) zeer gevoelig voor ruis zijn, worden ze niet zo frequent gebruikt. Er wordt ook gesproken over de zogenaamde Broomhead-King-coördinaten die handig kunnen zijn indien de data gemeten werd aan een hoge samplefrequentie. Interessant om weten is dat indien de tijdsreeks veel opeenvolgende pieken bevat, men beter kan uitkijken naar een reconstructie van de toestandsruimte gebaseerd op *interspike intervals*.

Er wordt ook gesteld dat verschillende waarden voor τ , de vertragingstijd/-factor, aanleiding geven tot diffeomorfisch dezelfde maar geometrisch verschillende attractors. Bij te kleine waarden zit de attractor te dicht bij de diagonaal in de inbeddingsruimte. Met toenemende τ zal de attractor zich 'ontvouwen' zodat haar interne structuur (beter) zichtbaar wordt. Indien τ echter te groot wordt, dan resulteert dit in zelf-intersecties van de attractor (die men kan wegwerken door ofwel de dimensie van de inbeddingsruimte te verhogen, ofwel τ terug kleiner te maken). Indien de dimensie van de inbeddingsruimte te klein is dan wordt er niet voldaan aan alle condities van de inbeddingstheorema's, een te grote waarde resulteert in een te dunne spreiding van de nieuwe datapunten. Diverse technieken om beide parameters optimaal te schatten worden bondig besproken.

Om de ruis uit de data te verwijderen, worden twee filtertechnieken aangehaald : lineaire filters en speciale niet-lineaire ruisonderdrukkingmethoden. Er wordt gesteld dat, alhoewel FIR-filters de inbedding bewaren, deze aanleiding kunnen geven tot neveneffecten (te grote aantrekking van datapunten in de buurt van de diagonaal). Het is dan ook aangewezen om altijd eerst onderzoek uit te voeren op de ruwe data. Niet-lineaire methodes bestaan erin dat ze de toestanden en waarden van de tijdsreeksen corrigeren door gebruik te maken van een lokaal of globaal model dat eerder gefit werd op de (ruwe) data.

Het is ook belangrijk om a priori eens te kijken naar de eventuele niet-lineariteiten die vervat zitten in de tijdsreeks. Hiertoe kan een hypothese gesteld worden omtrent de vorm van de data, waarna gepoogd wordt deze te falsifiëren. Hiertoe kan men bijvoorbeeld een Fouriertransformatie

op de data uitvoeren, de fases vervangen door willekeurige waarden en daarna terug invers te transformeren, wat een andere tijdsreeks oplevert die wel hetzelfde spectrum als de originele tijdsreeks zal hebben.

De (fractale) dimensie van een attractor karakteriseert haar complexiteit en geeft een ondergrens voor het aantal vergelijkingen of variabelen die nodig zijn om het onderliggend dynamisch proces te modelleren. Voor het berekenen van deze dimensie wordt meestal de correlatiedimensie gebruikt. Een andere methode bestaat uit het berekenen van de informatie-dimensie.

Het Lyapunov-spectrum bestaat uit de geordende verzameling van alle Lyapunov-exponenten. Indien de grootste Lyapunov-exponent positief is, dan wordt het systeem geacht chaotisch van aard te zijn. Er bestaan twee hoofdklassen van methodes om de Lyapunov-exponenten van een tijdsreeks te berekenen : methodes gebaseerd op de Jacobiaan en directe methodes. De eerste soort steunt op het initieel fitten van een model op de data waarna de Jacobiaanmatrices gebruikt worden om de Lyapunov-exponenten te berekenen. Directe methodes daarentegen schatten de divergerende beweging van de gereconstrueerde toestanden zonder dat een model op de data gefit dient te worden.

Het linken van chaotische systemen is ook mogelijk door middel van bijvoorbeeld een unidirectionele koppeling (zoals in het geval waarbij een gemeten tijdsreeks een computer model aandrijft). Ook een veralgemeende koppeling is mogelijk om twee verschillende systemen te laten synchroniseren.

Tot slot wordt er bestudeerd hoe de huidige technieken uitgebreid kunnen worden naar data afkomstig van spatiaal uitgebreide systemen (dus meer dan enkel maar een meting in de tijd). Een mogelijkheid hierbij bestaat uit het lineair decomponeren in verschillende spatiale modes (met behulp van bijvoorbeeld SVD). Een alternatief kan gevonden worden in methodes die een lokale niet-lineaire reconstructie van toestanden uitvoeren (er wordt dan gewerkt met *coupled map lattices*).

10.4.6 The K.U.Leuven Competition Data : a Challenge for Advanced Neural Network Techniques

Referentie : [SV00]

Dit artikel las ik naar aanleiding van een gesprek met Johan Suykens en de literatuur die hij me toen meegaf. Het behandelt hier een tijdsreeks op basis van een 5-scroll attractor, gegenereerd uit een veralgemeende versie van Chua's circuit. De tijdsreeks bestaat uit 2000 punten, waarna 200 punten zo goed mogelijk voorspeld dienen te worden. De basis werd echter al eerder gelegd, met name ten tijde van de Santa Fe tijdsreeks voorspellingscompetitie. Er wordt gesteld dat, alhoewel chaotische systemen een beperkte voorspelbaarheid hebben gerelateerd aan hun eerste Lyapunov-exponent, het toch mogelijk is om goede voorspellingen *op korte termijn* te maken.

10.4.7 Recurrence Plots and Unstable Periodic Orbits

Referentie : [BM02]

Er wordt gesteld dat onstabiele periodische orbits (*unstable periodic orbits*, UPOs) het skelet van een chaotische attractor vormen, waarbij een orbit op zo'n attractor de sluiting is van een verzameling onstabiele periodische orbits en een trajectorie van de ene UPO naar de andere springt. Een robuuste manier om het gedrag van een chaotische attractor te onderzoeken, is door het bestuderen van een *recurrence plot* (RP). Deze tweedimensionale figuren geven voor elk punt (i, j) met een kleur weer hoe groot de afstand tussen de *inbedde* vectoren i en j is (deze kleur kan binair gemaakt worden om duidelijker het verschil tussen bepaalde zones te accentueren). Het grote voordeel is dat deze techniek onafhankelijk van de dimensie M van de inbeddingsruimte is. Momenteel wordt nog gewerkt aan een methode om twee verschillende RPs kwalitatief met elkaar te vergelijken, al blijkt dit geen sinecure te zijn (men spreekt van *recurrence quantification analysis*, RQA). Het feit dat RPs de dynamische invarianten van een systeem behouden, leent zich er toe dat men zinnige kwalitatieve conclusies kan trekken bij het vergelijken van twee verschillende systemen door hun RPs te onderzoeken.

10.4.8 Recurrence plots

Referentie : [Bou98]

Dit Internet-artikel beschrijft hoe *recurrence plots* (RP) gebruikt kunnen worden om de niet-stationariteit van een tijdsreeks te onthullen, alsmede de graad van aperiodiciteit. Voor een stationair systeem zou de RP algemeen gezien homogeen moeten zijn langsheen de diagonaal. In dit artikel worden de RPs opgesteld door punten slechts te tekenen indien hun berekende overeenkomstige afstand minder dan een zekere waarde bedraagt, wat aanleiding geeft tot zwart/wit RPs. Het artikel beschrijft kwalitatief de verschillende vormen die een RP kan aannemen en illustreert dit op heldere wijze met relevante figuren.

Indien de RP een homogene maar onregelmatige verdeling van punten bevat, dan wordt de tijdsreeks in kwestie geacht stochastisch van aard te zijn (bijvoorbeeld witte ruis). Indien er lange evenwijdige rechten te zien zijn, dan is de tijdsreeks zeer periodisch. Horizontale en verticale rechten duiden op toestanden die onveranderd blijven gedurende zekere periodes. Indien er een verandering in de dikte van de lijnen te zien is, dan duidt dit op een afnemende amplitude.

Chaotische tijdsreeksen kunnen korte lijnstukjes bevatten, die duiden op korte periodische verschijnselen. Indien er opvallende veranderingen in de dichtheid zijn langsheen de diagonaal, dan duidt dit op niet-stationariteit. De correlatie-integraal komt dan overeen met de globale dichtheid van de punten in een RP. Ook de correlatiedimensie kan efficiënt afgeleid worden van een kleuren RP. Er wordt opgemerkt dat de vertragingfactor wordt gevonden aan de hand van het eerste nulpunt van de autocorrelatie functie.

10.4.9 Recurrence plots of experimental data : To embed or not to embed ?

Referentie : [IB98]

Dit artikel beschrijft het gebruik van *recurrence plots* (RPs) met als onderliggende gedachte dat het niet altijd noodzakelijk is om de tijdsreeks in kwestie in een hoger dimensionale ruimte in te bedden. Dit is goed nieuws aangezien het niet altijd zo evident is om een correcte inbedding te verzekeren. De reden achter hun stelling, is dat het hen opviel dat het uitzicht van een RP kwalitatief onveranderd leek te blijven indien ze de inbeddingsdimensie veranderden, wat de vraag deed rijzen of de kwantitatieve aspecten van RPs onafhankelijk zijn van de inbeddingsdimensie.

Als afstandsmaat voor de RPs in hun artikel, gebruiken ze de maximum-norm omdat deze ongeacht de dimensie altijd hetzelfde resultaat teruggeeft. Op basis van de afstanden wordt een *recurrence matrix* A opgesteld en een *thresholded recurrence matrix* B . Bij deze laatste zit de moeilijkheid vervat in het kiezen van de juiste *threshold corridor* $[\delta_l, \delta_h]$, die kritiek blijkt te zijn (en er blijkt geen unanimitie in de literatuur omtrent deze keuze te bestaan).

Vervolgens wordt besproken hoe *recurrence quantification analysis* (RQA) werkt. Dit is gebaseerd op vijf te meten statistische eigenschappen : REC, DET, ENT, TREND en $1/line_{max}$. Van de laatste statistische grootheid wordt beweerd dat ze direct gerelateerd is aan de inverse van de grootste positieve Lyapunov-exponent. Het grote voordeel van deze grootheden is dat ze zeer eenvoudig te berekenen zijn. Een caveat echter is dat twee structureel verschillende RPs wel dezelfde waarden voor RQA kunnen opleveren, wat maakt dat RQA niet veel van de kwalitatieve structuur van een RP meet.

Tot slot wordt de techniek toegepast op een aantal (chaotische) systemen : de Lorenz- en Rössler-attractors, de gedreven pendule en een eenvoudige sinus-tijdsreeks. Hierbij wordt vermeld dat de keuze van de inbeddingsdimensie weinig invloed heeft op de kwalitatieve analyse van de RPs (dus er is een zekere structurele stabiliteit). Het enige zichtbare verschil bij het gebruik van verschillende inbeddingsdimensies is een ‘verlichting’ van de TRPs met toenemende inbeddingsdimensie. Ook de bifurcaties in de logistische afbeelding kunnen met de RQA-techniek zeer goed bestudeerd worden. Er dient wel voorzichtig omgesprongen te worden met het kiezen van de parameters voor RQA, wat maakt dat een grote tekortkoming van RQA het intelligent kiezen van de parameters is.

10.4.10 sci.non-linear FAQ

Referentie : [Mei00]

Deze FAQ (*frequently asked questions*) beantwoordt onder andere interessante vragen over de basis theorie achter niet-lineaire dynamische systemen. Daarnaast worden ook toepassingen en een stuk geavanceerdere theorie besproken. Het meeste kende ik echter al (dankzij het inwerken in de materie door het lezen van alle eerder aangetipte artikels). Een interessante zin om te onthouden in verband met de aandelenkoersen was de volgende : *”In short, anyone who tells you about the secrets of chaos in the stock market doesn’t know anything useful, and anyone who knows will not tell. It’s an interesting question, but you’re unlikely to find the answer.”*

10.4.11 Weekoverzicht

Vrijdag 21/06/2002 :

- door gebruik te maken van de *delay-coordinate embedding* methode, toegepast op de doorstromingsgraden van een dataset van de E17, verscheen er plots in MATLAB een driedimensionale ringachtige figuur op mijn scherm : verbazing alom.
- In de voormiddag ben ik bij Johan Suykens langsgeweest om enkele door hem aangeraden boeken in verband met niet-lineaire modellering en predictie op te vragen. Het zal even inwerken worden om mee te zijn en exact te weten wat ik wil bereiken met de analyse van de tijdsreeksen van verkeersgegevens.
- Verder heb ik René Boel gevraagd om inzicht te geven in eventuele vreemde attractoren in verkeersdata. Hij is er echter niet van overtuigd of deze (mogen) bestaan en stuurde een hele reeks vragen terug. De centrale vraag blijft nu : vanwaar komen mijn lustrajectories (volgens Johan Suykens duidt dit op een limietcyclus) ? Waarschijnlijk zal ik volgende week vrijdag even met hem samenkomen om dit fenomeen wat nader te onderzoeken.
- Ik heb met succes Ulf Martin Engel gecontacteerd met de vraag om de PostScript versie van zijn essay (zie paragraaf 10.4.2 voor meer details hieromtrent) te krijgen.
- Mijn eerste exemplaar van *Scientific Computing World* (zie [Wil02a]) is aangekomen.

Maandag 24/06/2002 :

- in de voormiddag heb ik de noodzakelijke informatie op de SCD website aangevuld om op te nemen in het jaarverslag. Het lijkt me nogal raar dat ik, net nu ik goed op dreef ben, al dien in te vullen wat ik gedurende 2001-2002 heb gedaan, terwijl dat academiejaar nog niet afgelopen is.
- Op de middag was er een korte bijeenkomst met een groot aantal leden van SISTA, waarop de structuur van onze website onder de loep werd genomen.
- In de namiddag ben ik samen met Tom Bellemans een treinticket gaan kopen voor de reis naar de verkeerscentrale van Utrecht aanstaande woensdag.
- Ik heb de artikels "*Time Series Analysis*" (zie paragraaf 10.4.1 voor meer details hieromtrent), "*Time Series Analysis – A Part III Essay*" (zie paragraaf 10.4.2 voor meer details hieromtrent) en "*Detection of Chaos and Fractals from Experimental Time Series*" (zie paragraaf 10.4.3 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Dinsdag 25/06/2002 :

- ik heb de vertaalde versie van de projectfiches voor DWTC CP40 van Guy Campion ontvangen en ze doorgestuurd naar Monique Blanken van het DWTC.
- Ik heb de artikels "*Chaotic Analysis of Internet Ping Data : Just a Random Number Generator ?*" (zie paragraaf 10.4.4 voor meer details hieromtrent), "*Nonlinear Time-Series Analysis*" (zie paragraaf 10.4.5 voor meer details hieromtrent) en "*The K.U.Leuven Competition Data : a Challenge for Advanced Neural Network Techniques*" (zie paragraaf 10.4.6 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Ik heb van het Internet de software *Visual Recurrence Analysis v4.2* afgehaald. Deze software laat toe om op eenvoudige wijze *recurrence plots* van datasets op te stellen. Daarna heb ik de dataset van Johan Suykens afgehaald die gebruikt werd tijdens de

K.U.Leuven tijdsreeks competitie en de software gebruikt om voorspellingen te doen zoals voorgeschreven door de competitie. Het bleek dat de standaardtechnieken niet echt schitterende resultaten opleveren voor predicties vanaf tijdsindex 2000 voor de 5-scroll attractor van het gebruikte veralgemeende Chua's circuit. Niettemin was het een boeiende ervaring.

- Op de middag had ik een vergadering met Bart De Moor, Griet De Ceuster en Filip Vanhove in verband met het opstellen van een nieuw voorstel voor de technologische attractiepolen van het DWTC. Het voorstel zou handelen over het gebruik van telecommunicatietechnologie bij het informeren van de gebruikers over opstoppingen op autosnelwegen (ik had de indruk dat het niet per se ook zou zijn om opstoppingen te detecteren). Ergens in de loop van volgende week proberen we het voorstel wat diepgaander uit te werken. Eén punt waar echter niet op doorgegaan werd, was het volgende : wat als er volgend jaar niemand extra op verkeer bij SISTA komt werken ? Indien dit voorstel dan wordt goedgekeurd, dan treedt dit project volgend jaar in werking, wat maakt dat dit allemaal op mijn schouders terecht komt en dat is geen optie aangezien ik mijn handen al vol heb aan het huidige DWTC project CP40.

Woensdag 26/06/2002 :

- samen met Tom Bellemans was ik uitgenodigd voor een bezoek aan de verkeerscentrale van Utrecht (waar naast enkele geïnteresseerden ook Bart De Schutter en Andreas Hegyi aanwezig waren). Zo goed als de hele dag werd gespendeerd aan het reizen op het traject Heverlee-Leuven-Antwerpen-Utrecht-Antwerpen. Een bom op het stuk traject in Nederland leidde tot herroutering waardoor we een kleine vertraging ondervonden. Rond de middag kwamen we aan in het Verkeerscentrum van Utrecht waar net een kleine presentatie begonnen was. Al vrij snel werden we naar de informatiekamer geloodsd en werden we zwaar geïmponeerd door de daar aanwezige infrastructuur (Antwerpen is er niks tegen, maar ik denk niet dat we een dergelijk kostenplaatje in België kunnen verantwoorden) : vier grote consoles die elk bestaan uit drie blokken van telkens twee boven elkaar geplaatste flat-screens geven elk een volledig zicht op een specifiek deel van Nederland. Een vijfde console kan als oefenplateau gebruikt worden. In dit centrum wordt *alle data* van Nederland vergaard en aan een bedrag van 12000 euro doorverkocht in zijn geheel (Radio M is daar onder andere grote afnemer, alsmede bedrijven die de hele data opkopen en dan in stukken verder doorverkopen). Merk op dat er geen echte actie wordt ondernomen : het is puur passief observeren (de regeling wordt elders verzorgd). De rondleiding zelf viel een beetje tegen aangezien er niet echt over de technische en theoretische kant werd gesproken.

Vervolgens werden we naar Mobilion gereden, waar we onder een gigantische glazen vloer de infrastructurele herinrichting van Midden-Nederland konden aanschouwen. Dit centrum leek me eerder voor kinderen bedoeld dan voor volwassenen.

Donderdag 27/06/2002 :

- Ik heb de artikels "*Recurrence plots of experimental data : To embed or not to embed ?*" (zie paragraaf 10.4.9 voor meer details hieromtrent), "*Recurrence Plots and Unstable Periodic Orbits*" (zie paragraaf 10.4.7 voor meer details hieromtrent), "*Recurrence plots*" (zie paragraaf 10.4.8 voor meer details hieromtrent) en "*sci.non-linear FAQ*" (zie paragraaf 10.4.10 voor meer details hieromtrent) gelezen.

10.4.12 Planning

- Ik zou zeer graag het artikel van Packard hebben (N.H. Packard, J.P. Crutchfield, J.D. Farmer, R.S. Shaw, 1980, "Geometry from a time series", Physical Review Letters, 45, pagina's 712–716).
- Enkele alternatieve regels voor cellulaire automaten (Takayasu en Takayasu, het VDR-model en het Fukui-Ishibashi-model) implementeren en hun gedrag bestuderen.
- Uitvissen hoe reconstructie van de toestandsruimte gebaseerd op *interspike intervals* werkt.

Hoofdstuk 11

Juli 2002

11.1 Vrijdag 28/06 tot donderdag 04/07

11.1.1 Verkeersindices voor het gebruik van het autosnelwegennet in België

Referentie : [Leu01]

Dit rapport in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Infrastructuur, uitgevoerd door Transport & Mobility Leuven, beschrijft het ontwerp van een systeem van indices om de mobiliteit op het Belgische autosnelwegennet in kaart te brengen. Vooreerst worden de macroscopische eigenschappen van het verkeer besproken (dit op basis van trajectories). Samenvattend, verkrijgen we het volgende beeld : de doorstromingsgraad (intensiteit) q wordt redelijk betrouwbaar gemeten :

$$q = \frac{N}{\Delta T}, \quad (11.1)$$

waarbij N het aantal voertuigen is dat wordt geteld gedurende een tijdsinterval ΔT . De dichtheid (die theoretisch gedefinieerd wordt over een niet-infinitesimaal klein plaatsinterval) kan echter niet rechtstreeks gemeten worden aangezien lusedetectoren puntmetingen in de ruimte voorstellen. Het is echter wel mogelijk de individuele bezettingstijden occ_j te meten waartoe de passerende voertuigen j aanleiding geven. Dit resulteert in een meting van enerzijds de bezettingsgraad b :

$$b = \frac{1}{\Delta T} \sum_j occ_j \quad (11.2)$$

en anderzijds de gemiddelde bezettingstijd \overline{occ} :

$$\overline{occ} = \frac{1}{N} \sum_j occ_j. \quad (11.3)$$

Voor de gemiddelde snelheid u_s (*space mean speed*) geldt nu dat :

$$u_s = \frac{q}{k} \quad (11.4)$$

en voor de dichtheid k geldt benaderend dat :

$$k \approx \frac{b}{\bar{L}}, \quad (11.5)$$

waarbij \bar{L} de gemiddelde voertuiglengte is. Dit levert dus dat :

$$u_s = \frac{q\bar{L}}{b}. \quad (11.6)$$

Om nu het onderscheid te maken tussen personenwagens en vrachtwagens, gaan de lusdetectoren uit van de gemiddelde duur $\overline{oc\bar{c}}$ van een puls bij een zekere gemeten snelheid. Indien de gemeten pulstijd voor een voertuig groter is dan twee keer de gemiddelde duur, dan wordt het voertuig in kwestie als vrachtwagen beschouwd, anders als personenwagen.

Het gebruik van bovenstaande methode is incorrect, aangezien vergelijking 11.5 slechts geldt indien de verkeersstroom homogeen is samengesteld (wat *niet* het geval is) en de classificatie niet geldig is in congestieregimes.

Het rapport bespreekt vervolgens drie verschillende verkeersregimes : *vrij verkeer* (maximale snelheid), *congestie* (dichtheid tussen kritische en maximale dichtheid) en *capaciteitsverkeer* (maximale doorstromingsgraad). Deze regimes worden dan toegelicht op basis van metingen op het traject Kruibeke-Antwerpen op de E17. Effecten zoals capaciteitsval en hysteresis worden besproken (merk op dat er wordt gewerkt met *personenwagen equivalenten* wat neerkomt op het feit dat een vrachtwagen dan als meerdere personenwagens wordt beschouwd). Er wordt besloten met te stellen dat de doorstromingsgraad q geen goede indicator voor file is (aangezien er onder andere zowel hoge als lage verkeersvolumes onder congestie optreden). Ook het effect van het uitmiddelinginterval op de resultaten die een lusdetector oplevert, worden onder de loep genomen. De conclusie is dat een zekere aggregatie van data weinig invloed heeft op de globale indices voor files. De verschillende rijstroken hebben vaak een licht afwijkend gedrag.

De start van een file wordt geacht plaats te vinden wanneer de genormaliseerde snelheid (genormaliseerd naar een referentiesnelheid van 100 km/u) onder de 50 km/u zakt. Het verloop van een file kan fluctueren met golfbewegingen tussen capaciteitsverkeer en congestieverkeer (merk op dat deze golven in het congestieregime niet verklaard kunnen worden door het standaard eerste-orde model van Lighthill, Whitham en Richards, maar wel met hogere orde modellen zoals de gas-kinetische modellen van Helbing). Vermits de doorstromingsgraad uit een flessenhals lager ligt dan de maximale doorstromingsgraad tijdens vrij verkeer, treedt er capaciteitsval op. Het oplossen van file gaat dan nog eens gepaard met een hysteresis-effect, wat maakt dat files langer duren dan strikt noodzakelijk.

Het onderscheid naar oorzaak van een file is van geen direct belang voor de reizigers, maar kan wel belangrijk zijn om actief aan filebestrijding te doen. Er worden twee hoofdtypes onderscheiden : *structurele* en *incidentele* files (en combinaties van beiden). Het eerste type treedt op wanneer de vraag groter is dan het standaard aanbod (en de doorstromingsgraad groter dan de capaciteit). Detectie van dit type gebeurt door elke lusdetector in te laten staan voor een heel deel van de rijbaan (deze indeling gebeurt met behulp van de middelpunten tussen twee opeenvolgende lusdetectoren). De start van een file wordt dan gekenmerkt zoals reeds hoger vermeld (met behulp van de genormaliseerde snelheid), dit voor elke minuut. Het einde van een file wordt ook volgens dergelijke regels gedetecteerd.

Detectie van incidentele files ligt echter een stuk moeilijker. Meestal probeert men niet het incident zelf maar de invloed hiervan op het rijgedrag te detecteren. Het *Los Angeles Freeway Surveillance and Control Project* werkt met behulp van drie logische tests die door een computer op de verkeersdata worden uitgevoerd. Dit systeem werkt echter niet bij lage volumes omdat de bezettingsgraden dan te laag worden om nog als maatstaf te kunnen dienen. Als oplossing hiervoor kan overgeschakeld worden op het *low-density* programma van Payne.

Het rapport geeft vervolgens een overzicht van de data acquisitie-, interfacing en voorbeweringsstappen. Er wordt opgemerkt dat de gegevensbank en de communicatie tussen sensoren en computer gestandaardiseerd is. Ook wordt vermeld hoe corrupte data omgevormd wordt tot ontbrekende data zodat ze in een volgende stap bewerkt kan worden. Het invullen van deze ontbrekende waarden kan op diverse manieren gebeuren. Kleine gaten kunnen bijvoorbeeld opgevuld worden met lokale (kleinste kwadraten) regressiemethodes. Ook invulmethodes gebaseerd op historische data kunnen gebruikt worden (het Ministerie heeft zelf al een negentigtal typische dagen gecatalogeerd, voor sommige dagen komt men echter niet tot voldoende statistische relevantie waardoor andere toegevoegd dienen te worden, weliswaar maar voor een half gewicht). Me dunkt dat dit soms wel sterk 'natte vingerwerk' is. Een verdere verfijning met de methode van de referentiedagen is ook mogelijk. Hierbij wordt dan gesteund op herschaling van de waarden in een andere dag (er kan ook nog een variantieanalyse uitgevoerd worden). Praktisch gezien kan men dan gaten kleiner dan twaalf minuten opvullen met een regressietechniek, grotere gaten met de methode van de referentiedagen. Als voorbeeld wordt het probleem aangekaart met het stijgend aantal vrachtwagens telkens de gemiddelde snelheid daalt. De gemiddelde lengte van de voertuigen wordt immers elke minuut berekend en deze waarde wordt voor de volgende minuut gebruikt. Als mogelijke oplossing wordt het gebruik van een *exponentially weighted moving average* voorgesteld. Het feit dat er een andere vlotmix berekend wordt, wil ook zeggen dat de snelheid overeenkomstig zal veranderen (en herberekend dient te worden met behulp van vergelijking 11.6).

Het tweede significante deel van het rapport wordt gevormd door de *regionale congestieindices* die een algemeen beeld geven van de verkeersafwikkeling in een gebied. Het zijn macroscopische indices waarmee regio's met elkaar vergeleken kunnen worden (dus niet voor het opsporen van knelpunten). Ook het maken van tijdsreeksen is mogelijk. Belangrijk bij dit alles is de keuze van de grenzen van de regio's (wat hun invloed bepaalt). Er worden een volumeindex, wegvakindex, hinderindex en snelheidsindex berekend, alsmede het aantal verliesuren in een bepaalde regio. Als conclusie wordt opgemerkt dat de Antwerpse ring sterker gecongesteerd is dan de Brusselse ring.

Tot slot worden verschillende *lokale congestieindices* besproken. Zij beschrijven per wegvak de evolutie van de verkeersafwikkeling en geven bijgevolg een goed beeld van de lokale knelpunten. Volgende indices komen aan bod : het aantal filedagen op een wegvak, de filekans op een wegvak, de duur van een structurele file op een wegvak en de zwaarte van de files.

11.1.2 Folders Transport & Mobility Leuven

Referentie : [Leu02]

Al deze folders zijn terug te vinden op de website van T.M. Leuven en bestaan allemaal uit twee bladzijden waarop alle informatie kort en bondig aangereikt wordt. Volgende thema's komen onder andere aan bod : CO₂-emissies van lichte commerciële voertuigen, incident management, kosten-batenanalyses, lerende logistiek, Paramics, personenvervoer te water, reisinformatie, Route 26, scenarioverkenner Vlaanderen, Singel Antwerpen, verkeersindices, verkeersmanagement en vervoersconcepten.

11.1.3 How to Prepare a Poster

Referentie : [HH96]

Dit artikel las ik naar aanleiding van de aankomende postersessie voor het K.U.Leuven Faculty of Engineering PhD Symposium. Er wordt op duidelijke wijze geschetst aan welke vereisten een goede poster dient te voldoen. Meestal worden deze opgebouwd uit losse vellen A4-papier (of A3) en in een logische volgorde gerangschikt. Interessant om weten is dat een verticale leesvolgorde gemakkelijker voor het publiek is aangezien ze dan niet de hele tijd van links naar rechts voor het posterbord dienen te lopen (en dus elkaar ook niet constant hinderen). Belangrijk is het gebruik van grote letters en het vertellen van een 'verhaal' (probleemstelling, oplossingsmethodes, werkwijze en resultaten). Daarnaast is het ook goed om het publiek te woord te staan enkel indien zij dat wensen.

11.1.4 Analysis of Patterns in Traffic Congestion

Referentie : [IN]

Deze presentatie gaat uit van volgende algemene vragen : 'Van wat is de doorstromingsgraad een functie (naast de dichtheid) ?' en 'Hoe gebeuren de fase-overgangen ?'. Er worden signaalanalyse-technieken gebruikt waarbij een *template convolutie* wordt toegepast op piek-patronen in de verkeersdata (de convolutie is dan de inverse Fouriergetransformeerde van het produkt van de Fouriertransformaties van het signaal en het patroon). Een patroon waarnaar gezocht wordt is bijvoorbeeld het plots scherp pieken van de dichtheid en het overeenkomstig sterk dalen van de gemiddelde snelheid. Het resultaat is een scheiding van twee fases : vrij verkeer en congestie (in het eerste regime volgt de doorstromingsgraad de dichtheid en gebeurt dit ongecorrleerd met de gemiddelde snelheid, in het tweede regime is de snelheid omgekeerd evenredig met de dichtheid en is de doorstromingsgraad ongeveer constant).

11.1.5 State-of-the-art of Vehicular Traffic Flow Modelling

Referentie : [HB]

Dit artikel schetst een breed overzicht van vijftig jaar modelleren van verkeersstromen. Er wordt een typische onderverdeling gegeven :

microscopische modellen : deze beschouwen het tijd-ruimte gedrag van individuele bestuurders onder de invloed van de voertuigen in hun nabijheid,

mesoscopische modellen : deze beschouwen het gedrag van de bestuurders zonder dat hun tijd-ruimte gedrag expliciet van elkaar wordt onderscheiden, dus er wordt geen onderscheid gemaakt tussen verschillende individuele voertuigen maar er wordt wel gekeken naar het gedrag van deze individuen (dit bijvoorbeeld met behulp van probabilistische uitdrukkingen),

macroscopische modellen : deze beschouwen alles vanuit het standpunt de collectieve voertuigstroom.

Daarnaast wordt ook een ander type vermeld, namelijk het submicroscopische model waarbij als extra het voertuigcontrole gedrag gedetailleerd wordt gemodelleerd.

Uitgaande van Papageorgiou (*"het is onwaarschijnlijk dat verkeersstroomtheorie de beschrijvende accuraatheid van andere domeinen zal bereiken"*), wordt gesteld dat de enige accurate wet in de verkeersstroomtheorie de wet van het behoud van het aantal voertuigen is.

Een verdere indeling wordt gevormd door het onderscheid tussen continue en discrete modellen, deterministische en stochastische modellen, oplossingen als analytische oplossingen van vergelijkingen of simulatiemodellen en het niveau van detail.

Daarna wordt zeer uitgebreid op de drie hogergenoemde modelklassen ingegaan. Voor (sub)microscopische modellen worden de veilige-afstandsmodellen, de stimulus-respons modellen en de psycho-fysieke modellen besproken. Ook cellulaire automaten en deeltjesmodellen worden kort aangeraakt. Van de mesoscopische modellen worden de tussenruimte-verdelingsmodellen, clustermodellen en gas-kinetische modellen toegelicht. Van de continuum macroscopische verkeersmodellen met als de voor de partiële differentiaalvergelijkingen onafhankelijke variabelen tijd en plaats, worden het Lighthill-Whitham en Richards model besproken, alsmede de hogere orde modellen volgens Payne en volgens Helbing. Op overzichtelijke wijze wordt vervolgens het verband tussen de drie modelklassen geschetst.

Tot slot wordt nog kort ingegaan op de verschillende toepassingsgebieden die de microscopische en macroscopische modellen hebben (waarbij extra aandacht wordt besteed aan de moeilijkheden bij het calibreren van microscopische modellen en het uitvoeren van krachtige sensitiveitsanalyses). Ook wordt stilgestaan bij de opmerkingen die Daganzo en Papageorgiou hebben op hogere-orde modellen enerzijds en eerste-orde modellen anderzijds.

11.1.6 Dynamisch Verkeersmanagement – Toepassing op de E17 met behulp van micro-simulatiemodel Aimsun2

Referentie : [CV00]

Dit eindwerk geeft vooreerst een overzicht van de dynamische verkeersmaatregelen die mogelijk zijn : informatiesystemen, snelheidsbeïnvloeding, toeritdosering, doelgroepmaatregelen, organisatorische maatregelen, infrastructurele maatregelen en juridische maatregelen. Daarna worden de mogelijke effecten van dergelijke maatregelen besproken (met onder andere de opmerking dat de capaciteit van een autosnelweg momenteel op ongeveer 2100 voertuigen per uur per rijstrook wordt geschat). Ook worden kort de begrippen generatie, distributie, tijdskeuze, modekeuze en routekeuze toegelicht. Qua modellen wordt gekeken naar macroscopische toedelingenmodellen, meso-modellen en micro-modellen.

In een tweede deel wordt ingegaan op trajectories, fundamentele diagrammen en bottlenecks. Daarna wordt een toepassing uitgewerkt aan de hand van verkeersdata van de E17 op het traject Kruikebeke-Antwerpen. Ook de posities van de camera's CLO1 tot en CLOF worden gegeven (zie tabel 11.1). Camera's CLO1 tot en met CLO3 behoren tot de R1, de anderen tot de E17 (de nummering is aflopend vanaf Kruikebeke). De gegevens die door de camera's zijn vergaard, worden vervolgens grafisch voorgesteld en uitgebreid besproken.

Camera	Relatieve afstand (m)	km-paal
CLOF	0	94,00
CLOE	600	94,60
CLOD	1200	95,20
CLOC	1800	95,80
CLOB	2300	96,30
CLOA	2850	96,80
CLO9	3450	97,40
CLO8	3950	97,90
CLO7	4650	98,60
CLO6	5250	99,20
CLO5	5800	99,70
CLO4	5950	99,85
CLO3	7000	14,90
CLO2	7400	14,50
CLO1	7550	14,35

Tabel 11.1: De posities van de camera's langs de E17.

Daarna wordt Aimsun2 uitgebreid toegelicht waarbij getoond wordt op welke modellen het gebaseerd is. Er worden drie soorten parameters gebruikt : globale parameters, wegeigenschappen en voertuigeigenschappen. Alle parameters worden afzonderlijk besproken waarna een gevoeligheidsanalyse op bepaalde parameters wordt uitgevoerd. Voor de calibratie wordt gekozen deze op basis van het golfpatroon in de doorstromingsgraad te verrichten (aangezien deze meer genuanceerd verloopt dan de snelheid). Vervolgens wordt een validatie-stap gedaan en wordt de gekozen oplossing geanalyseerd aan de hand van het gewogen gemiddelde van de reistijden over alle verplaatsingen. Om deze reistijden te vergelijken met realistische gegevens, wordt een schatting van de reistijd gemaakt door de trajectories te berekenen voor elk 'gemiddeld' voertuig dat gedurende een bepaalde minuut door een detector werd gemeten.

Vervolgens worden verschillende maatregelen die in Aimsun2 geïmplementeerd zijn onder de loep genomen. Ook enkele gevalstudies worden uitgewerkt, waaronder toeritdosering, het opleggen van een inhaalverbod, een *fly-over* (dit is in dit geval een rechtse in plaats van linkse oprit), een combinatie van de eerste twee en een combinatie van de laatste twee.

11.1.7 Weekoverzicht

Vrijdag 28/06/2002 :

- ik heb de verschillende onderzoeksgroepen van onze partners in het DWTC project CP40 toegevoegd aan de website.
- Daarna heb ik een aantal MATLAB-programma's geschreven die gebruikt kunnen worden voor de analyse van tijdsreeksen : *AverageVector* dat een kolomvector omzet in een andere kolomvector door verschillende opeenvolgende waarden uit te middelen, *EmbedTimeSeries* dat een kolomvector omzet in een twee-dimensionale matrix (met als breedte m) door de tijdsreeks in te bedden met vertragingfactor τ in een m -dimensionale ruimte en *FrequencyAnalysis* dat de FFT en PSD van een kolomvector berekent/schat.
- Op de middag is René Boel langsgeweest en hebben we het uitgebreid gehad over de diverse stochastische eigenschappen van verkeersdata. Enkele belangrijke aangehaalde punten zijn :
 - beschouw ook de correlatie tussen opeenvolgende camera's in de ruimte in plaats van enkel dezelfde camera te beschouwen op opeenvolgende dagen in de tijd. Doe dit wel voor de verschillende verkeersregimes apart.
 - Hoe ziet een 'karakteristiek' verkeerspatroon (qua data) er uit in de buurt van incidenten ?
 - Kan incidentdetectie onder andere gebeuren op basis van de cycli die zichtbaar zijn in de verkeersattractoren ?
 - Is *independent component analysis* (ICA) wel een robuuste techniek als ze gebruikt wordt met bijna-Gaussische componenten ?
 - Kunnen we één camera uitbreiden zodat deze ook de variantie van de snelheid meet (bijvoorbeeld door de som van de kwadraten ook door te sturen) ?
 - Hoe is de correlatie van de verkeersdata met de weergegevens ?
 - Hoe wordt de (automatische) voorbewerking gedaan bij de verkeersdata ?
 - Hoe bouwt de attractor zich op en wat is de trajectorie-snelheid overal ?

Maandag 01/07/2002 :

- ik heb het artikel "*Verkeersindices voor het gebruik van het autosnelwegennet in België*" (zie paragraaf 11.1.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Ik heb mijn vakantiekaart ingevuld voor mijn kamp en aan Bart De Moor gegeven om te ondertekenen.

Dinsdag 02/07/2002 :

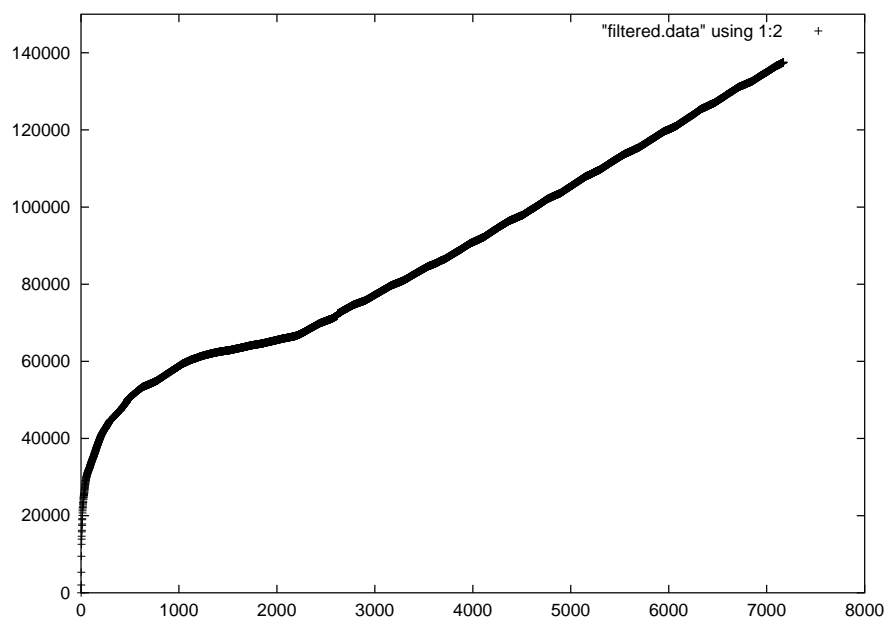
- ik heb de artikels "Folders Transport & Mobility Leuven" (zie paragraaf 11.1.2 voor meer details hieromtrent), "How to Prepare a Poster" (zie paragraaf 11.1.3 voor meer details hieromtrent), "Analysis of Patterns in Traffic Congestion" (zie paragraaf 11.1.4 voor meer details hieromtrent) en "State-of-the-art of Vehicular Traffic Flow Modelling" (zie paragraaf 11.1.5 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Woensdag 03/07/2002 :

- ik heb het artikel "Dynamisch Verkeersmanagement – Toepassing op de E17 met behulp van micro-simulatiemodel Aimsun2" (zie paragraaf 11.1.6 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Bart De Moor heeft mijn vakantiekaart ondertekend teruggegeven.

Donderdag 04/07/2002 :

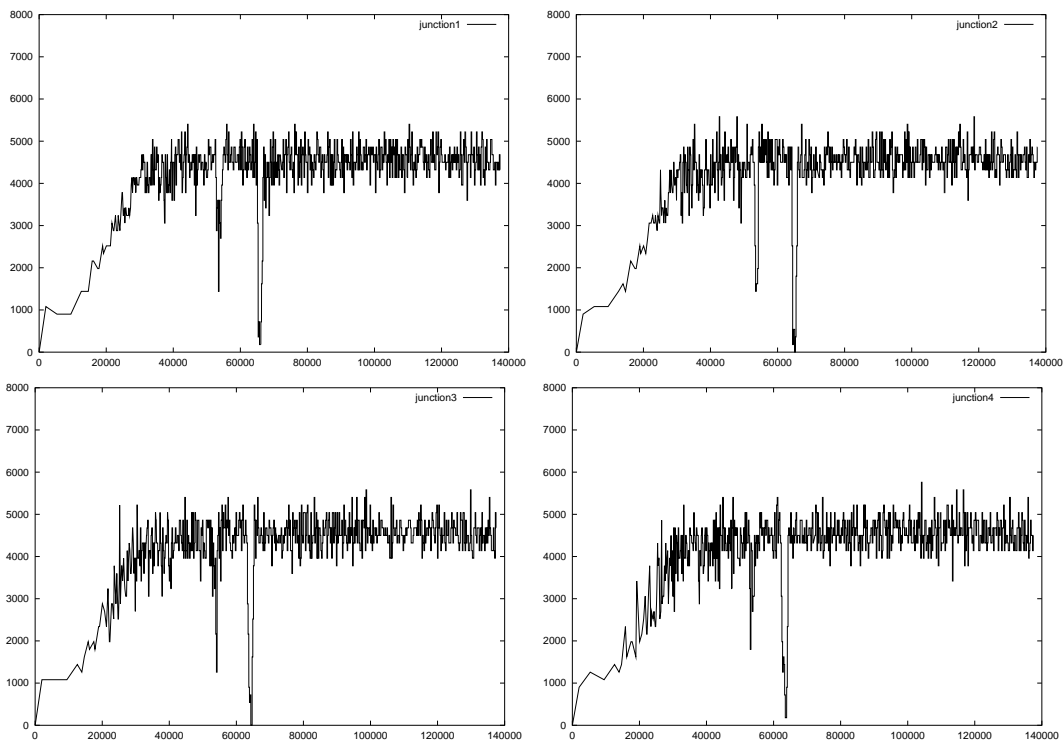
- in paragraaf 10.3.6 werd reeds aangehaald dat de tijdsas bij het uitvoeren van de experimenten met Mitrasim 2000 hersampled diende te worden. Indien dit niet gebeurt, dan blijkt dat er maar zeer weinig meetgegevens voorhanden zijn voor het eerste deel van de simulatie. Onderzoek van de grafiek in figuur 11.1 levert echter nog een ander inzicht op : als we de rij-index van de matrix met meetgegevens uitzetten tegen de tijds waarde die daarmee overeenkomt, dan zien we dat er eerst een forse stijging optreedt, vervolgens neemt deze af en neigt naar een asymptoot. Er treedt echter plots een 'breekpunt' op waarop de grafiek ineens een lineaire rechte vormt, wat wil zeggen dat het vergaren van de meetgegevens op een *constante* factor na gelijk loopt met het simuleren.



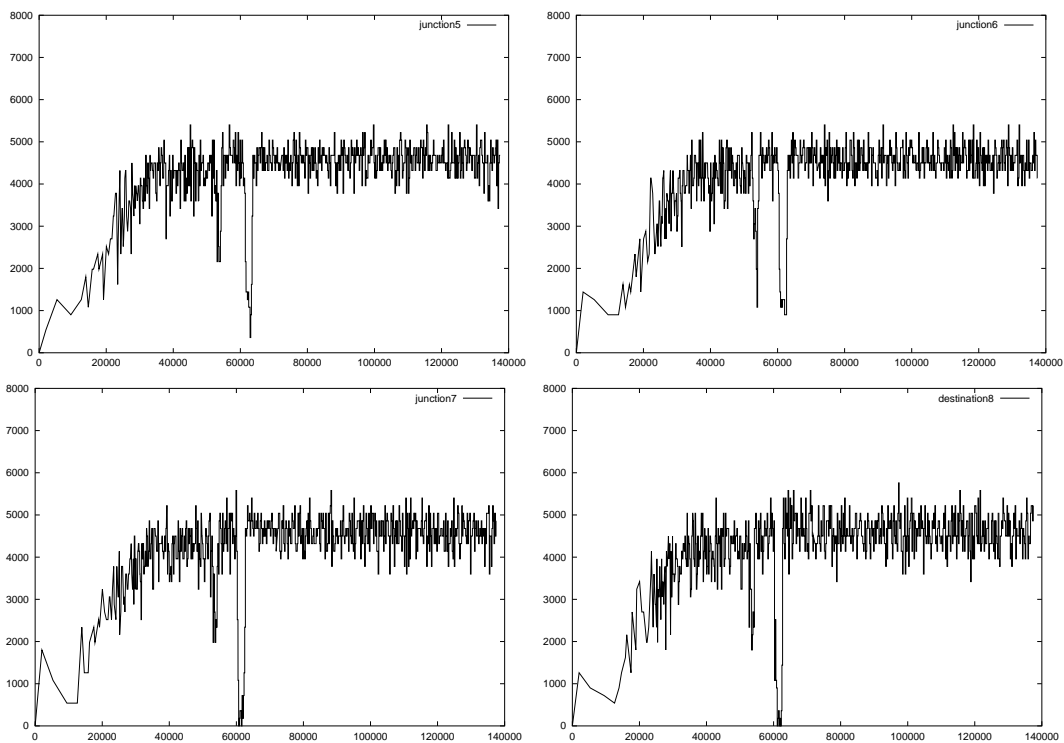
Figuur 11.1: Het niet-uniform samplen van de tijdsas.

- Indien we het test-parcours uitrusten met om de 250 m geplaatste lusdetectoren en de evolutie van de doorstromingsgraad q uitzetten ten opzichte van de tijd, dan verkrijgen we de grafieken in figuren 11.2 en 11.3 voor alle meetpunten. Analoog hiermee

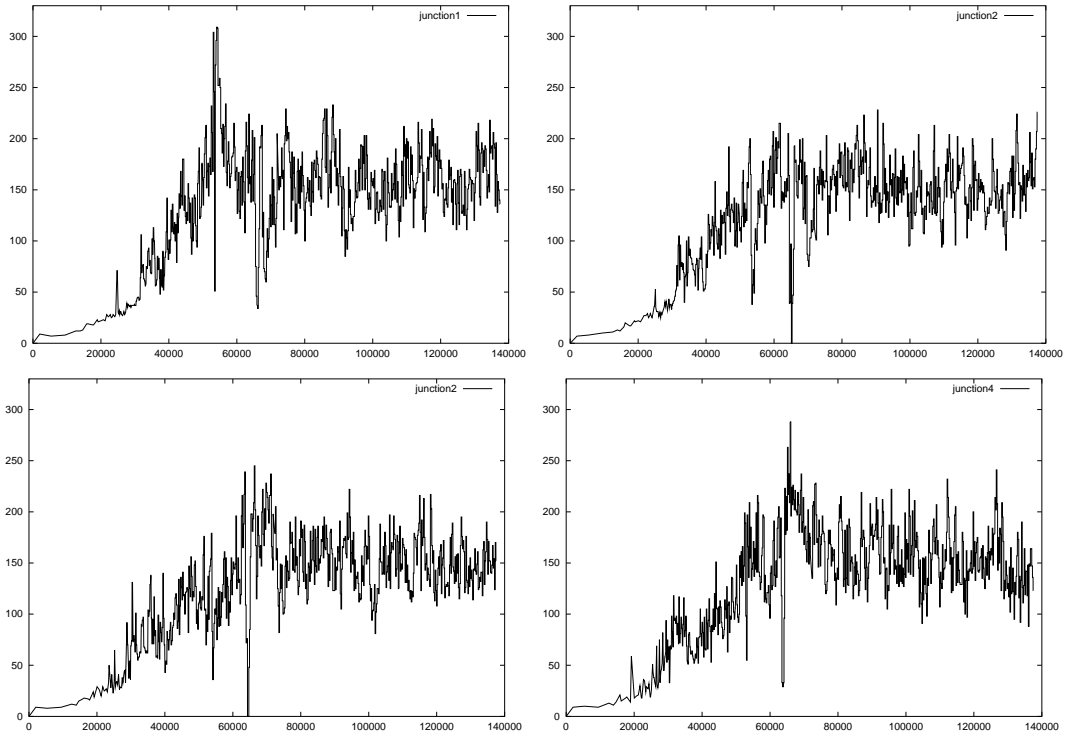
zijn de grafieken voor de dichtheid k en de gemiddelde snelheid \bar{v} in figuren 11.4, 11.5, 11.6 en 11.7.



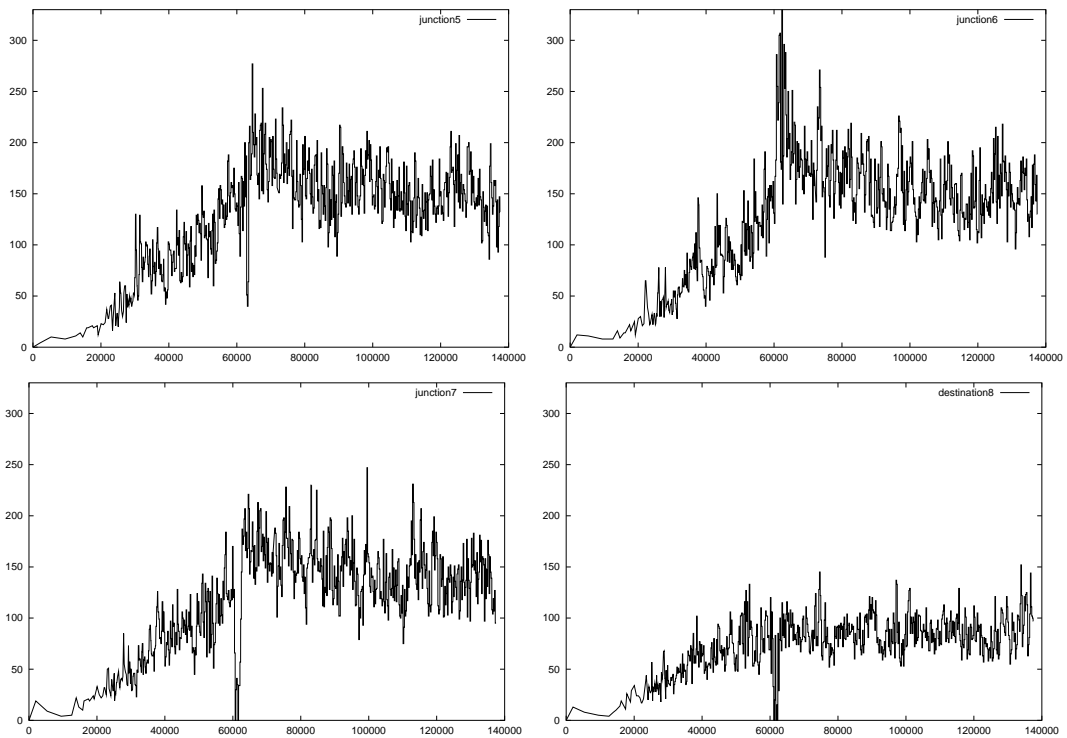
Figuur 11.2: De evolutie van de doorstromingsgraad q (eerste deel test-parcours).



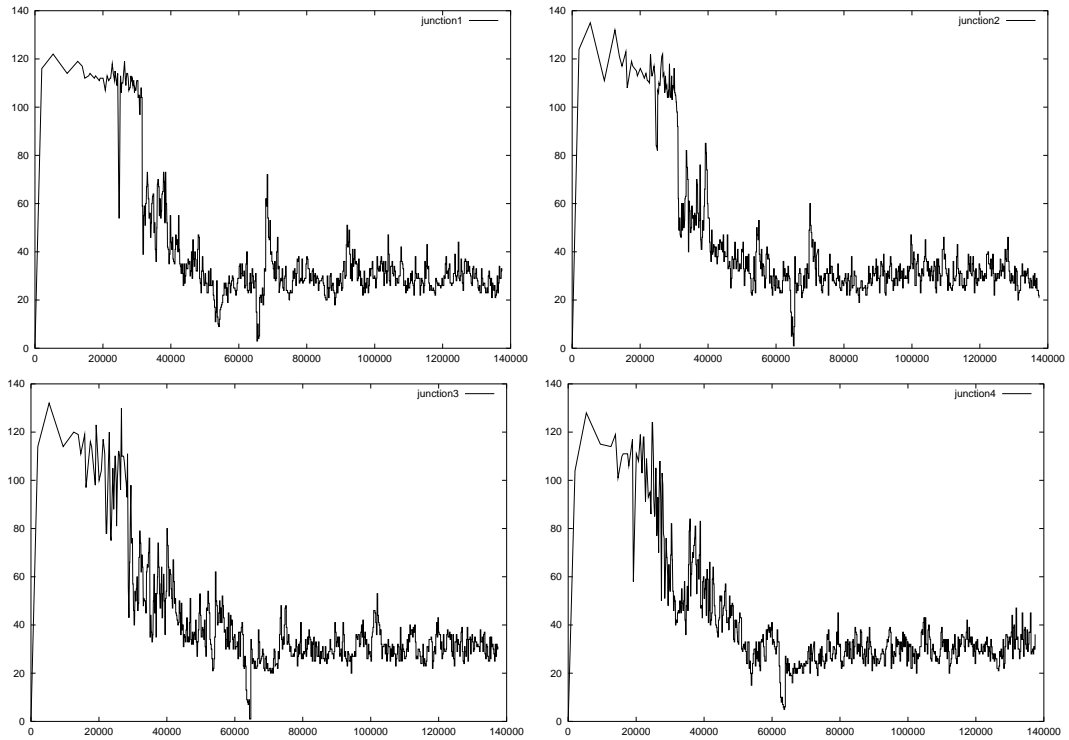
Figuur 11.3: De evolutie van de doorstromingsgraad q (tweede deel test-parcours).



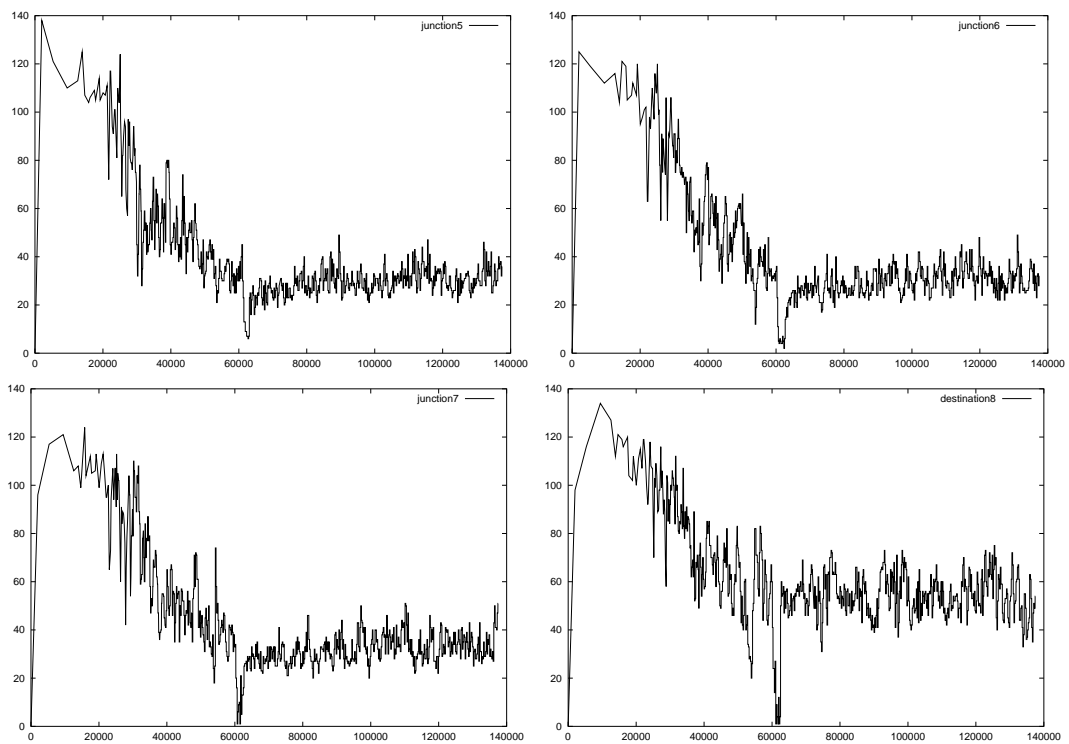
Figuur 11.4: De evolutie van de dichtheid k (eerste deel test-parcours).



Figuur 11.5: De evolutie van de dichtheid k (tweede deel test-parcours).

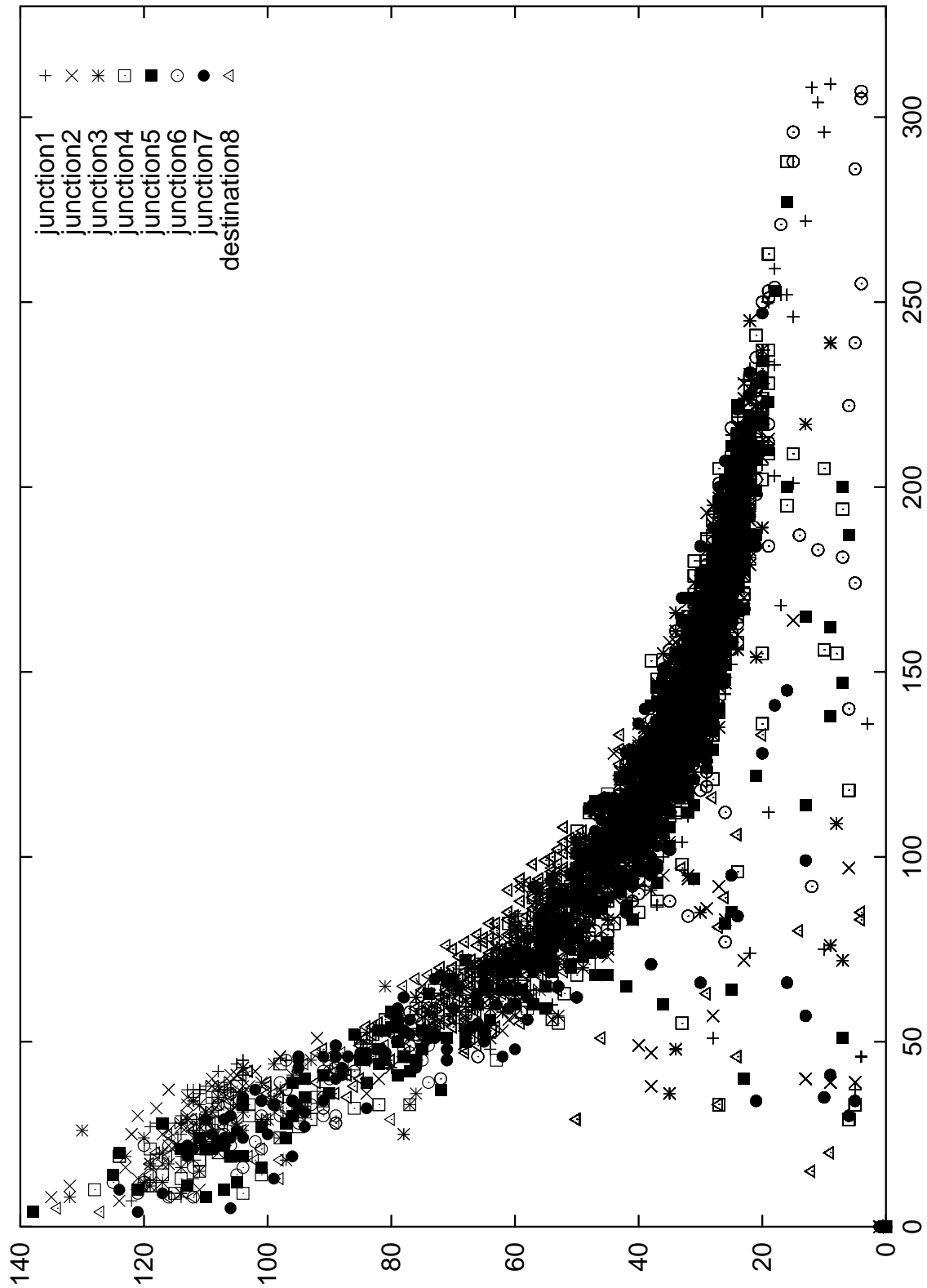


Figuur 11.6: De evolutie van de gemiddelde snelheid \bar{v} (eerste deel test-parcours).

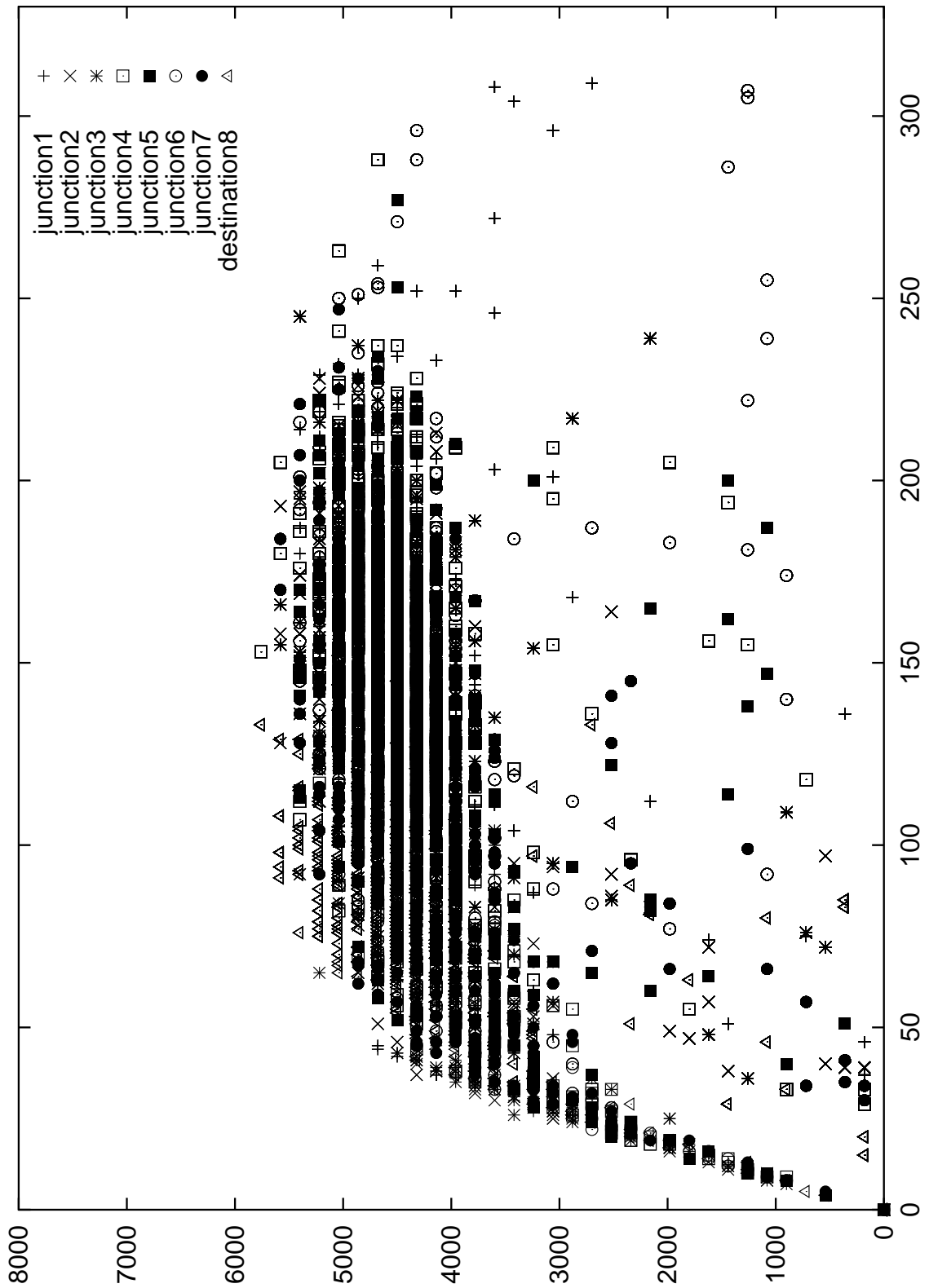


Figuur 11.7: De evolutie van de gemiddelde snelheid \bar{v} (tweede deel test-parcours).

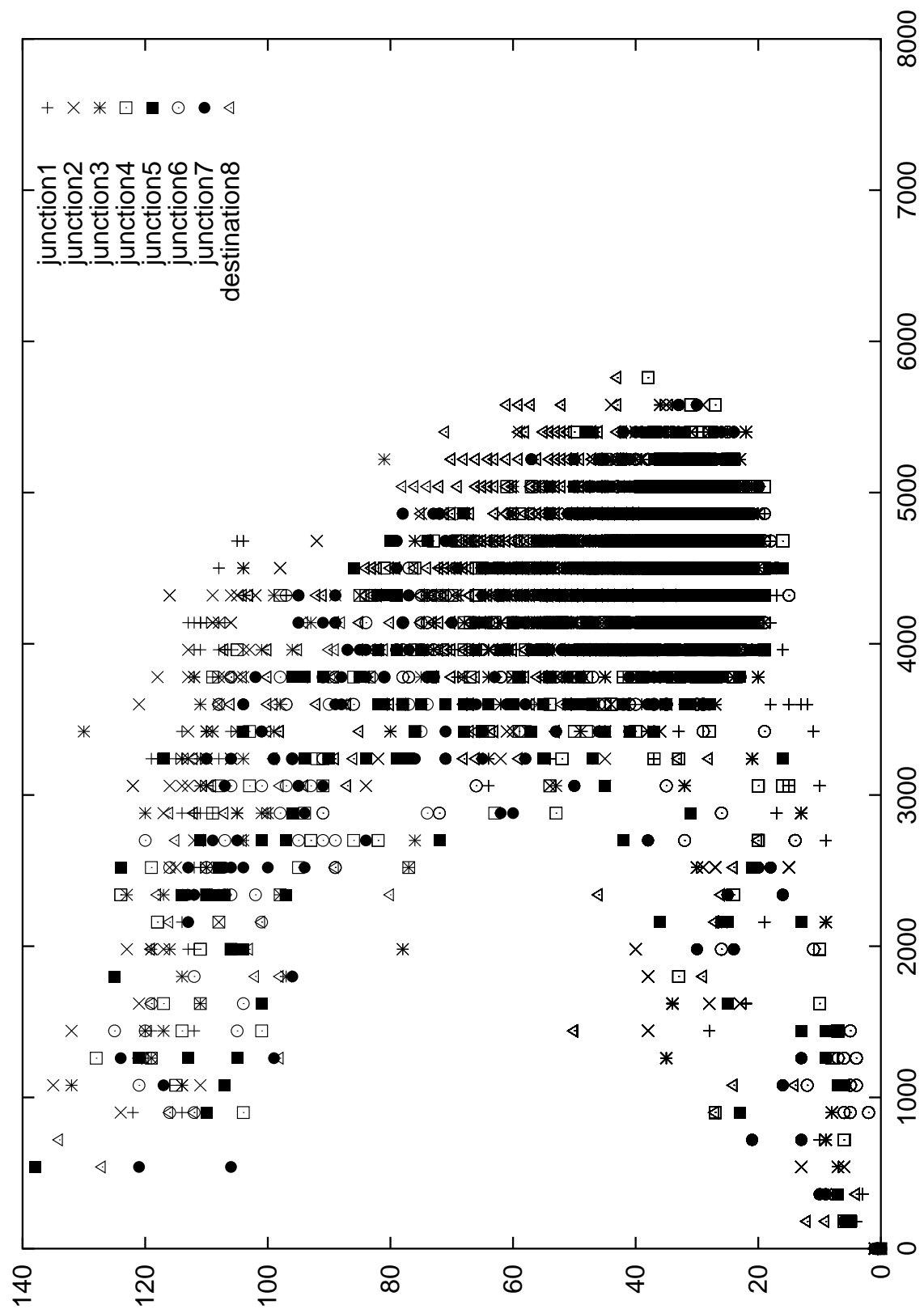
- We kunnen nu op basis van de vergaarde gegevens de fundamentele diagrammen opstellen. Deze zijn te zien in figuren 11.8, 11.9 en 11.10.



Figuur 11.8: Het fundamentele diagram voor de dichtheid en de gemiddelde snelheid.

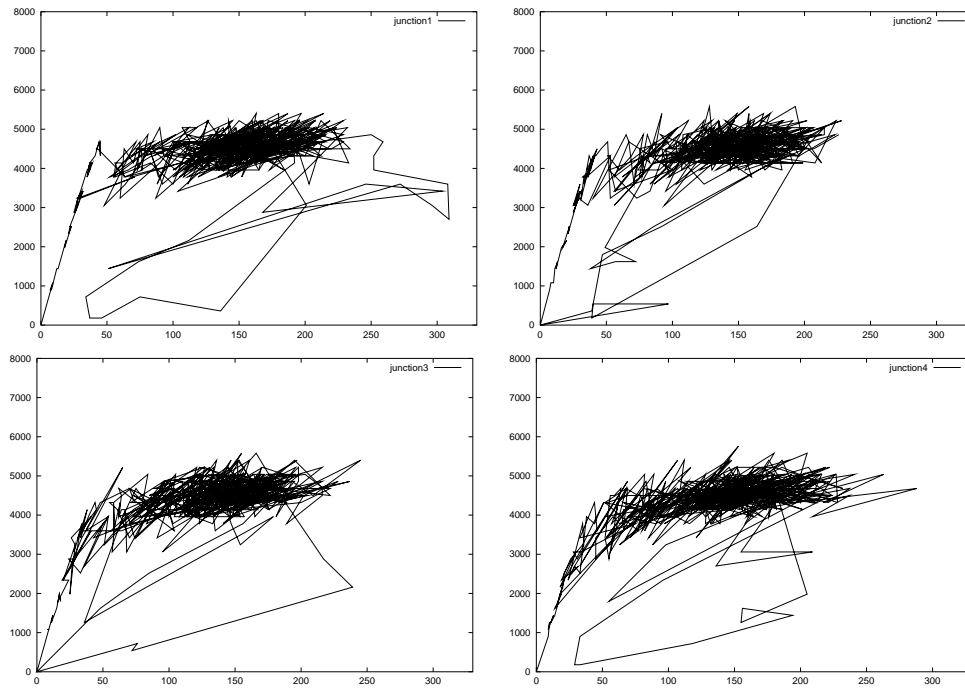


Figuur 11.9: Het fundamentele diagram voor de dichtheid en de doorstromingsgraad.

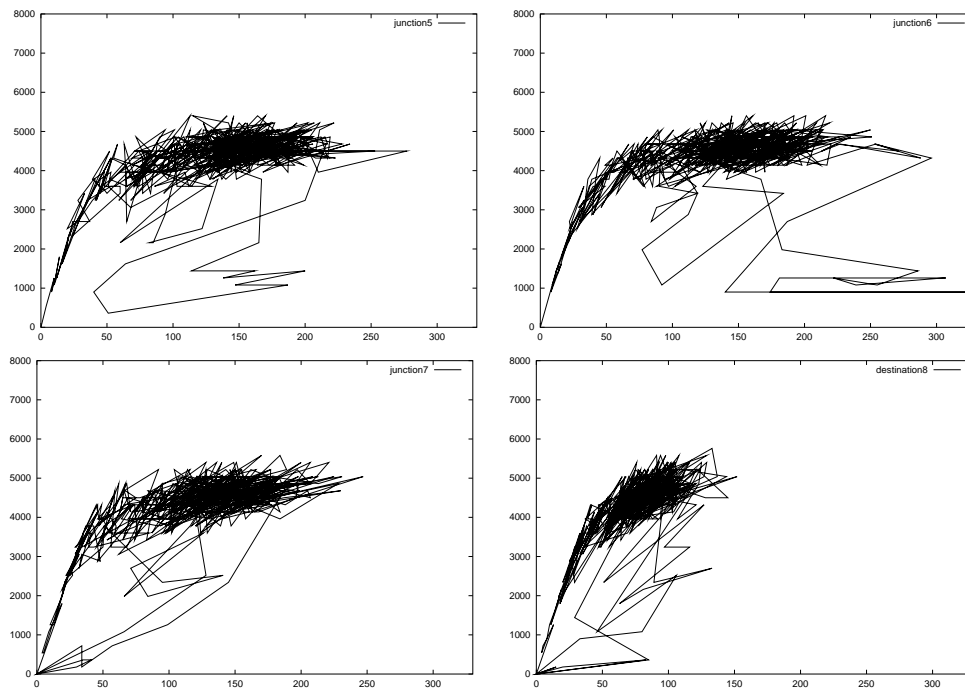


Figuur 11.10: Het fundamentele diagram voor de doorstromingsgraad en de gemiddelde snelheid.

- Ook het hysteresis-effect kunnen we waarnemen indien we voor het fundamentele diagram van de dichtheid en de doorstromingsgraad opeenvolgende punten met elkaar verbinden (zie figuren 11.11 en 11.12).



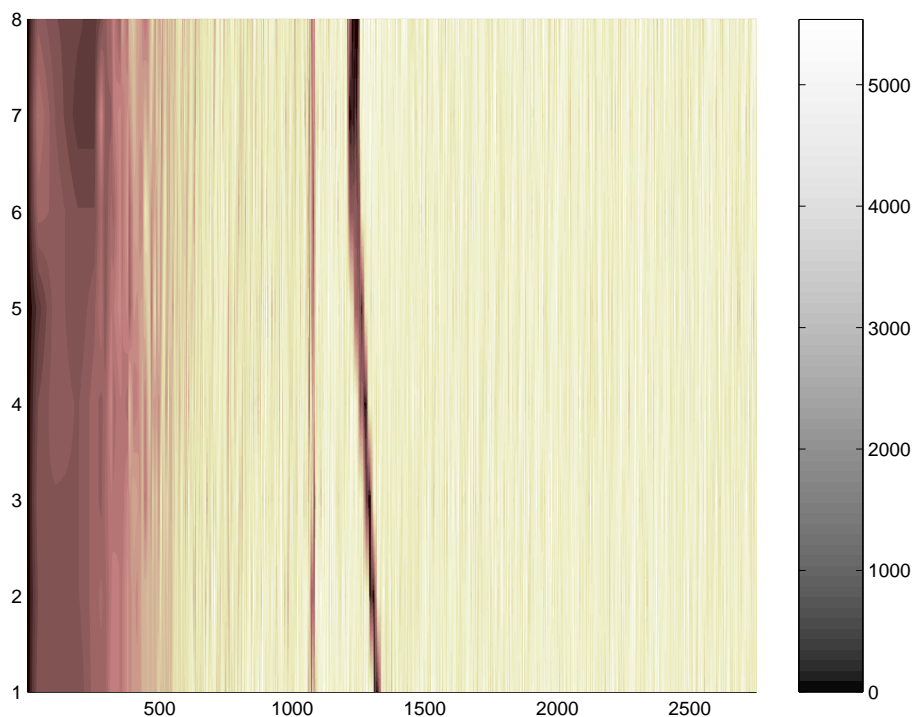
Figuur 11.11: Hysteresis in het fundamentele diagram voor de dichtheid en de doorstromingsgraad (eerste deel test-parcours).



Figuur 11.12: Hysteresis in het fundamentele diagram voor de dichtheid en de doorstromingsgraad (tweede deel test-parcours).

- Indien we in MATLAB een contourplot maken van de geaggregeerde gegevens dan krijgen we zo een duidelijker inzicht in de evolutie van de verkeerstoestand. Figuur 11.13 geeft weer hoe de doorstromingsgraad q verloopt tijdens de simulatie, figuren 11.14 en 11.15 geven een analoog verloop weer voor de dichtheid k , respectievelijk de gemiddelde snelheid \bar{v} .

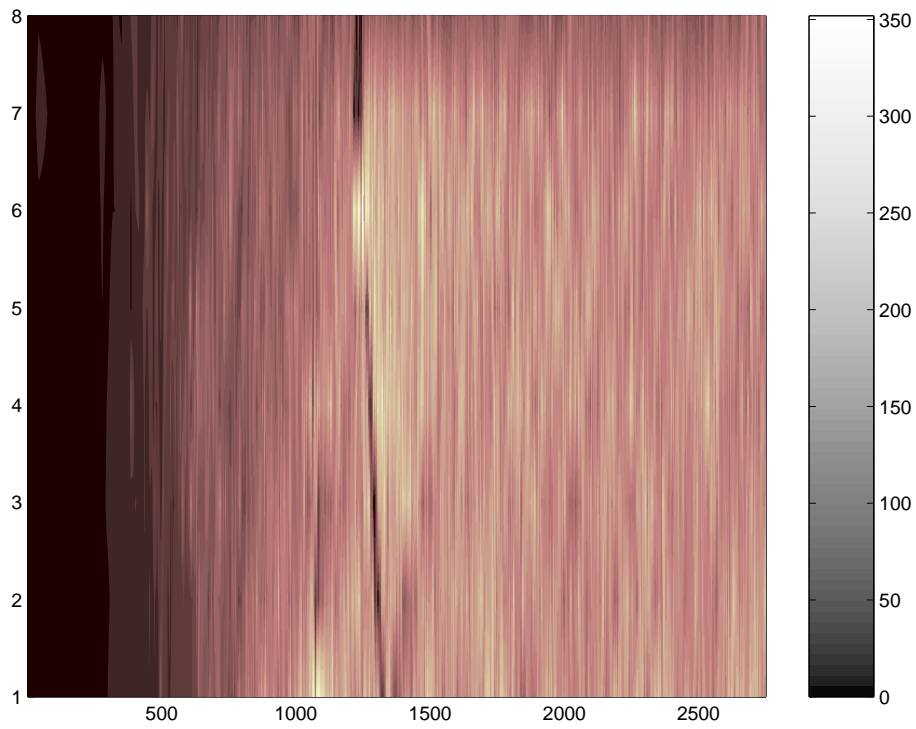
Uit de grafiek voor de doorstromingsgraad q maken we op dat eerst langzaam aan toeneemt om vervolgens min of meer constant te blijven (in de buurt van het capaciteitsregime van de autosnelweg). De tijdelijke opstoppingsgolf is zeer duidelijk te zien als een donker gekleurde sliert die zich voorwaarts in de tijd en achterwaarts in de ruimte verplaatst. Ook bij de dichtheid k merken we dat deze een inzinking vertoont bij de opstoppingsgolf, net als bij de gemiddelde snelheid \bar{v} . We zien ook dat deze laatste aanvankelijk een hoge waarde over het hele test-parcours kent, maar eens de congestie zich inzet, niet meer volledig terugkeert naar deze waarde maar eerder fluctueert in het capaciteitsregime.



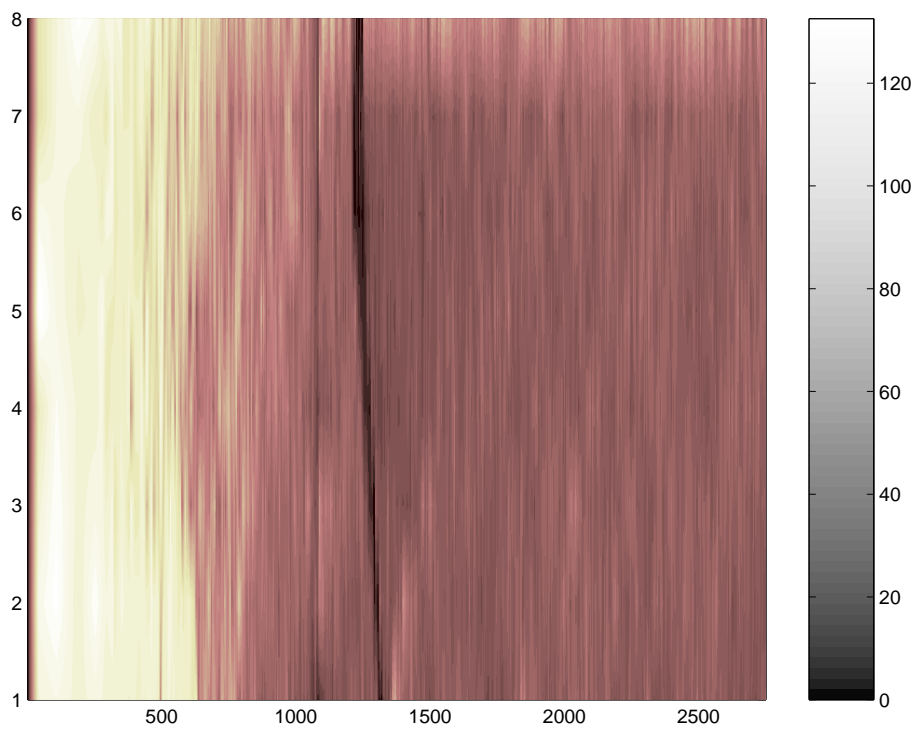
Figuur 11.13: De evolutie van de doorstromingsgraad q als contourplot.

11.1.8 Planning

- Een (hopelijk winnende) posterbijdrage leveren aan het PhD Symposium op 11 december 2002. De online registratie dient te gebeuren voor 1 december 2002. De poster zelf dient Engelstalig te zijn en qua niveau technisch en begrijpbaar voor niet-specialisten. Het formaat is A0 (90x120 cm), portret.
- Een voorstel indienen voor de *SIAM Conference on Computational Science and Engineering 2003*.
- Een voorstel indienen voor de *First International Conference Physics and Control 2003*.



Figuur 11.14: De evolutie van de dichtheid k als contourplot.



Figuur 11.15: De evolutie van de gemiddelde snelheid \bar{v} als contourplot.

11.2 Vrijdag 05/06 tot donderdag 11/07

11.2.1 Reconstructing chaotic dynamics through spike filters

Referentie : [CSb]

De reconstructie van chaotische attractoren kan ook gebeuren door middel van *spike trains* (dit zijn pulsen van pieken). Het probleem dat zich stelt is dat deze reconstructie niet altijd goed werkt en vaak aanleiding geeft tot zeer slechte resultaten. In dit artikel wordt een methode besproken, namelijk de periode/parameter plot, die gebruikt kan worden om goede resultaten te bekomen. Als voorbeeld wordt het Fitzhugh-Nagumo model gegeven dat neural excitatie simuleert door middel van twee partiële differentiaalvergelijkingen. Een verandering naar een drie-dimensionaal model levert nog betere resultaten op (de bedoeling is dat men een monotoon invoerbereik gebruikt zodat de attractor goed wordt gereconstrueerd).

11.2.2 Chaos and noise in excitable systems

Referentie : [CSa]

Dit artikel beschrijft hoe het toevoegen van ruis aan het proces waarbij *spikes* worden gecreëerd, een positief effect kan hebben op de kwaliteit van de (partiële) reconstructie van de attractor. De reconstructie van een attractor kan beschouwd worden als een uitwisseling van informatie. In het geval het een topologische inbedding betreft, gaat er geen informatie verloren. Indien het signaal echter door een drempelwaarde-detector filter wordt gestuurd om pieken (*spike trains*) te genereren, dan gaat er wel informatie verloren, waardoor de reconstructie meer weg heeft van een Poincaré-sectie van de oorspronkelijke attractor.

Weerom wordt uitgegaan van het Fitzhugh-Nagumo model waarbij dit model (of de drie-dimensionale variant ervan) nu als filter fungeert voor bijvoorbeeld de Rössler-attractor. Het blijkt dat het toevoegen van ruis een gunstig effect heeft op de voorspelbaarheid van het aldus resulterende systeem.

11.2.3 Attractor reconstruction through spike filters and phase locking

Referentie : [GHP02]

In dit artikel wordt gekeken naar de problemen die optreden bij het reconstrueren van een attractor uitgaande van *inter-spike times* die geproduceerd worden door een *integrate-and-fire* model van neurale activiteit. Om het falen van een goede reconstructie te verklaren, wordt gesteld dat dit altijd zo zal zijn indien de attractor van een afgeleid discreet systeem een strikte deelverzameling is van de volledige attractor. Dit alles wordt volledig aangetoond aan de hand van de Rössler-attractor en het concept *phase-locking*.

11.2.4 Kolmogorov Entropy from Time Series using Information-Theoretic Functionals

Referentie : [Pal97]

In dit artikel wordt een techniek voorgesteld voor de identificatie en quantificatie van chaotische dynamica in tijdsreeksen. Deze techniek is gebaseerd op het meten van de Kolmogorov-Sinai entropie. Vooreerst wordt besproken hoe de standaardopstelling in ergodische theorie (dit is de studie van de statistische eigenschappen van deterministische dynamische systemen waarbij statistisch duidt op eigenschappen die worden geuit door het gedrag van tijdsgemiddelden over trajectories van de dynamische systemen) is, waarna deze wordt gerelateerd aan de standaard theorie van dynamische systemen die uitgaan van een diffeomorfisme op een differentieerbare manifold om zo de gezochte invarianten te bekomen. Vervolgens worden elementen van informatietheorie besproken. Vanaf dan wordt het artikel redelijk moeilijk om nog gemakkelijk te begrijpen.

Wat de aanwezigheid van chaos in tijdsreeksen betreft, wordt gesteld dat alle reeds bestaande typische eigenschappen van chaotische systemen noodzakelijke maar niet voldoende condities zijn om over chaos te kunnen spreken. Daarnaast wordt ook gezegd dat een te grote aanwezigheid van ruis ertoe kan leiden dat het signaal eerder stochastisch dan chaotisch wordt/blijft.

11.2.5 Weekoverzicht

Vrijdag 05/07/2002 :

- ik heb de artikels "*Reconstructing chaotic dynamics through spike filters*" (zie paragraaf 11.2.1 voor meer details hieromtrent) en "*Chaos and noise in excitable systems*" (zie paragraaf 11.2.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- De grafiek in figuur 11.1 die aantoont hoe de gemeten tijdswaarden verlopen indien de tijdsas niet-uniform gesampled wordt, kan als volgt verklaard worden : er draaien twee programma's simultaan; één (*Visualizer*) lokaal en één (*Mitrasim*) op de SISTA-supercluster. Dit laatste programma is de simulator en deze staat ook in voor het vergaren van de meetgegevens door de artificiële lusdetectoren. Het programma *Visualizer* collecteert alle meetgegevens en schrijft deze weg naar een bestand, dit gebeurt *asynchroon* van de simulator. Het 'pollen' van de simulator door *Visualizer* gebeurt wel aan een ongeveer vaste frequentie. De simulator draait trager naarmate er meer voertuigen in het netwerk aanwezig zijn. Dit is te zien in het eerste deel van de grafiek, waar een logaritmisch verloop merkbaar is. Van zodra het netwerk echter vol zit zal de performantie van de simulator constant blijven, wat dan weer merkbaar is aan de sterke lineaire correlatie tussen *Visualizer* en de simulator.

Maandag 08/07/2002 :

- Ik heb Yusen-Chen gecontacteerd (DHV cursus) om de resultaten van de evaluatie te krijgen, alsmede een CD-ROM met alle foto's van de twee-daagse cursus. Hij ging het zo snel mogelijk regelen.
- Ter illustratie van het resamplen van de tijdsas, kan gekeken worden naar de fundamentele diagrammen in figuur 11.16. Het verloop van q , k en \bar{v} is zo goed als identiek met dat in figuren 11.2, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6 en 11.7. De resampling gebeurde met nieuwe intervallen van telkens 5 seconden. Het valt op dat de diagrammen nu meer

‘opgevuld’ zijn dan voorheen, dit komt door het interpoleren van de datapunten. Een artefact van de interpolatie is wel te zien bij lage tijdsindices waarbij geïnterpoleerd wordt tussen nul en telkens groter wordende waarden. Dit resulteert in veel datapunten die op een rechte liggen, dit voor alle drie de fundamentele diagrammen. Om hieraan tegemoet te komen, werden de meetresultaten van ongeveer het eerste half uur van de simulatie verwijderd. Het resultaat is te zien in de fundamentele diagrammen in figuur 11.17.

Dinsdag 09/07/2002 :

- ik heb de artikels "*Attractor reconstruction through spike filters and phase locking*" (zie paragraaf 11.2.3 voor meer details hieromtrent) en "*Kolmogorov Entropy from Time Series using Information-Theoretic Functionals*" (zie paragraaf 11.2.4 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- 's Avonds ben ik een kijkje gaan nemen naar de postersessie naar aanleiding van de NATO-conferentie (gehouden te ESAT).

Woensdag 10/07/2002 :

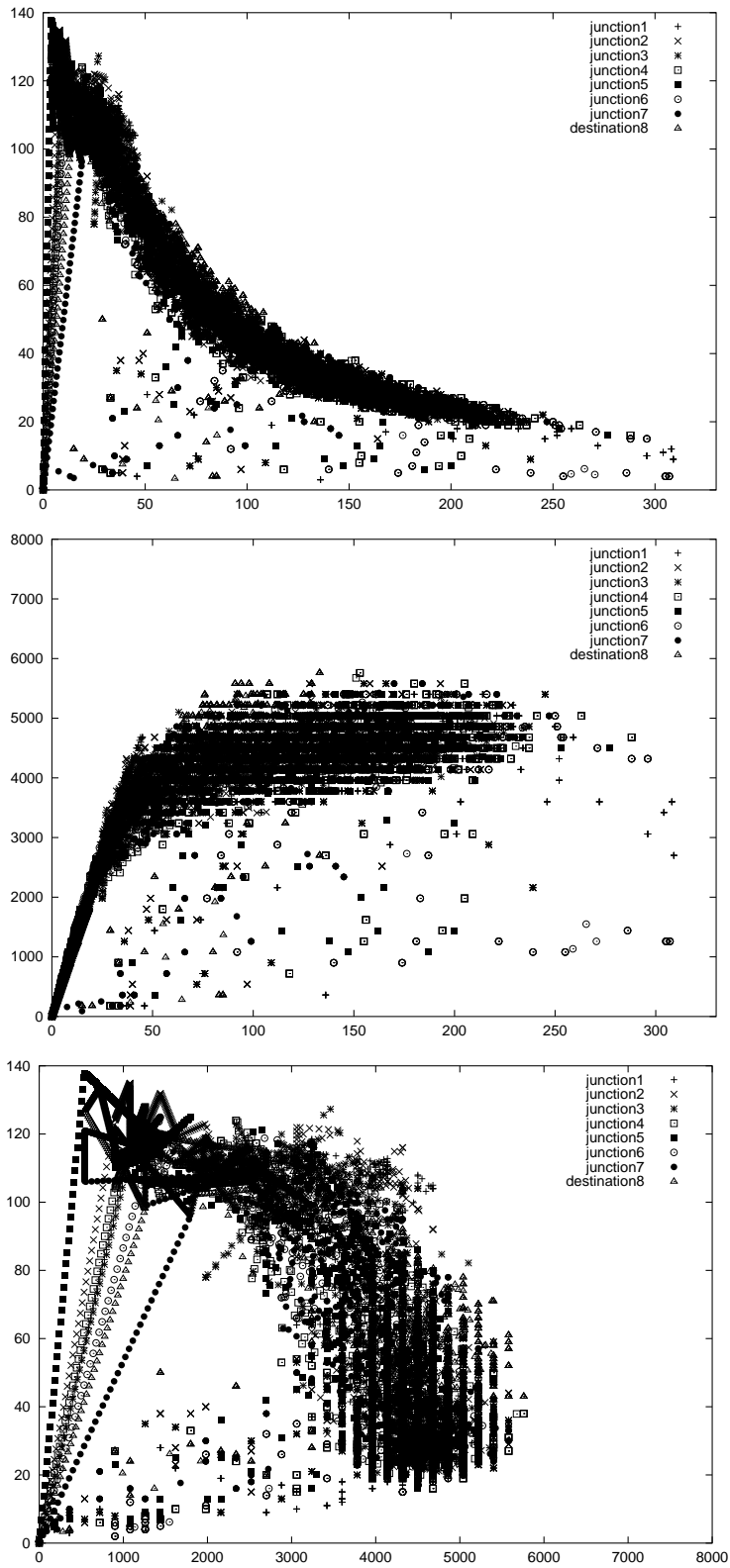
- Tom Bellemans heeft me een stuk van de meetgegevens van de E17 gegeven. Het betreft metingen gedaan door onder andere de camera's CLO1 tot en met CLOF. De metingen bestaan uit minuutgegevens, gemeten van dinsdag 22 februari 2002 00:00:00 tot en met vrijdag 25 februari 2002 23:59:00. Indien we deze gegevens uitmiddelen over 1 minuut (dus geen uitmiddeling), 5 minuten, 20 minuten en een uur dan verkrijgen we de grafieken in figuren 11.18, 11.19 en 11.20. Merk op dat er telkens de laagste waarde wordt getoond, alsmede de hoogste waarde, de gemiddelde waarde en tot slot onderaan een herschaalde waarde die de kwadratische afwijking van het gemiddelde ten opzichte van de mediaan weergeeft. In figuur 11.21 wordt tot slot het verloop getoond van het aantal personenwagens en vrachtwagens, beschouwd over een periode van vier dagen en uitgemiddeld over 5 en 20 minuten.

Donderdag 11/07/2002 :

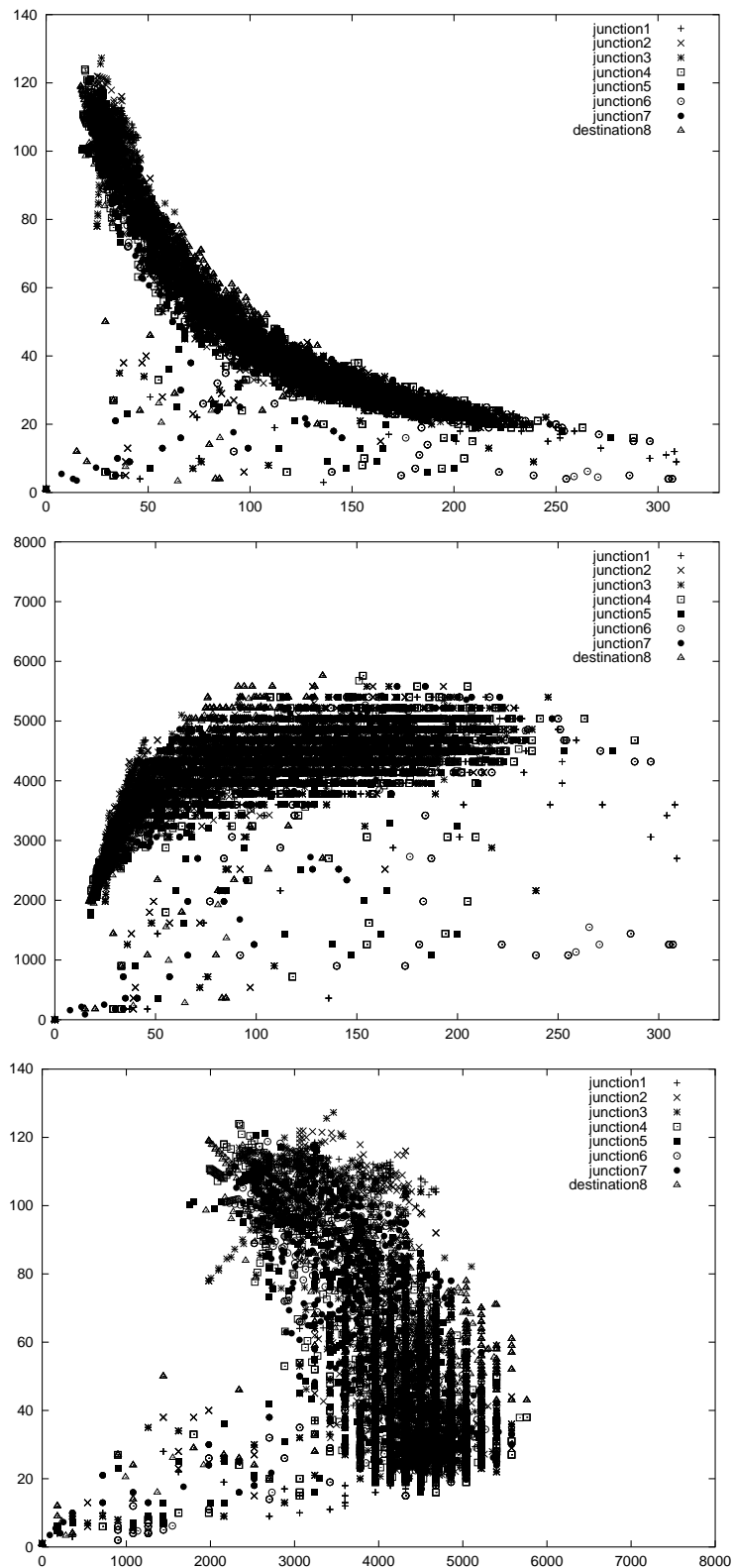
- collectief verlof aan de K.U.Leuven.

11.2.6 Planning

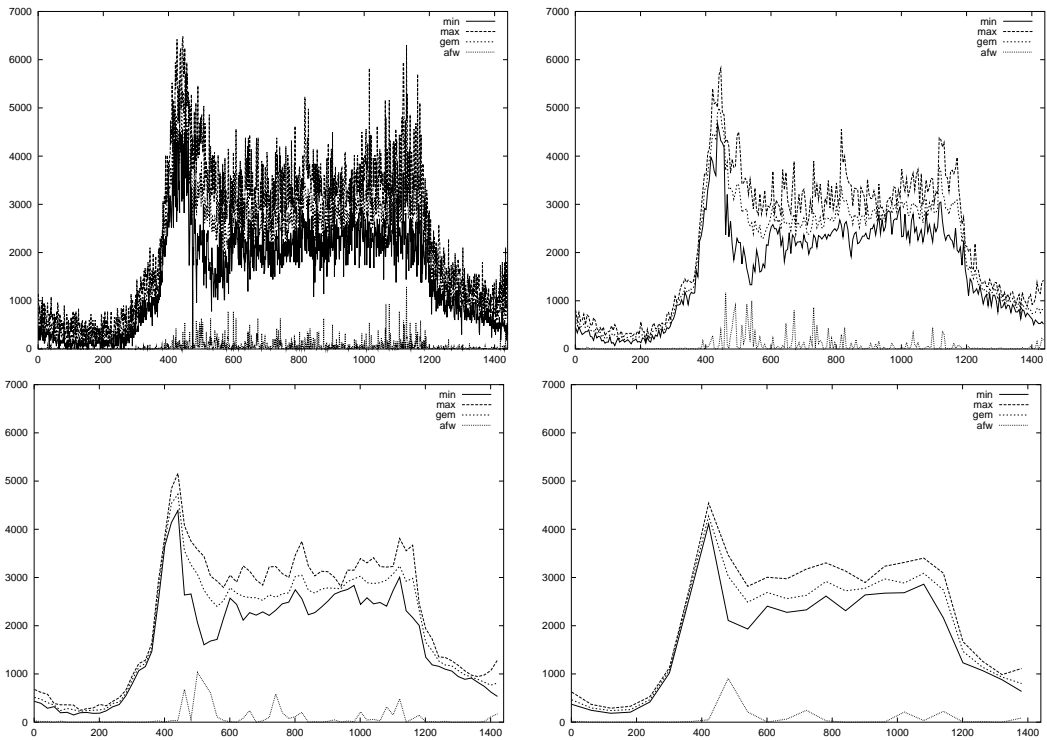
- Ik zou graag het artikel "*Measuring the Strangeness of Strange Attractors*" van P. Grassberger en I. Procaccia hebben (Physica D 9, 189–208, 1983a).



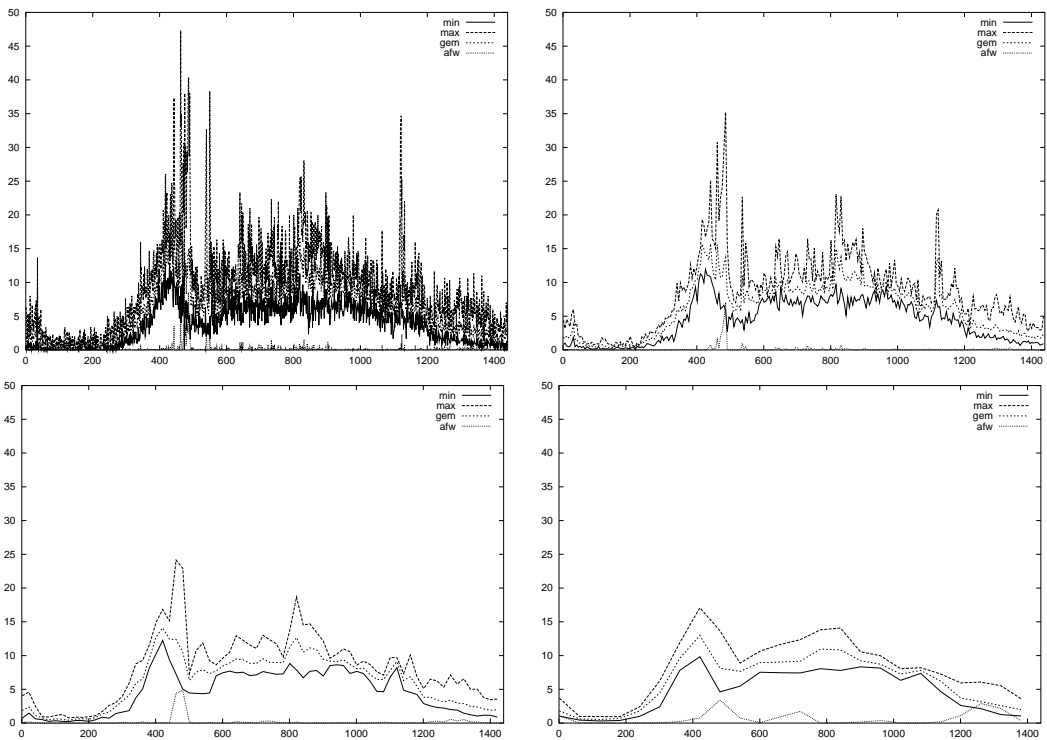
Figuur 11.16: De volledige fundamentele diagrammen na hersamplen van de tijdsas.



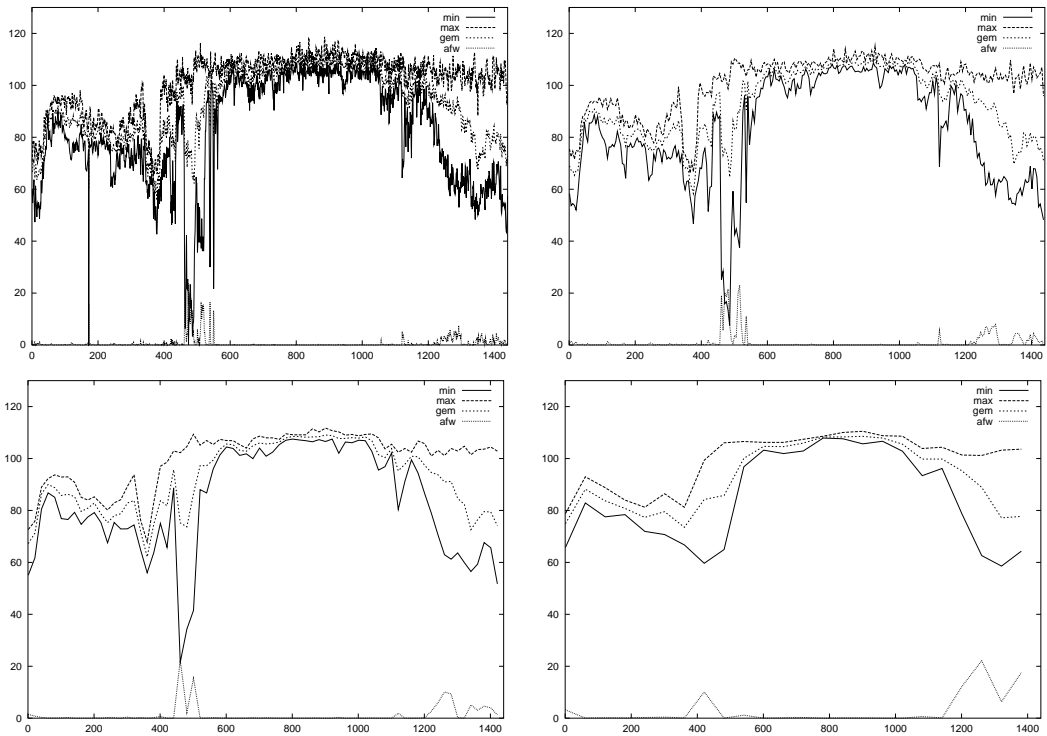
Figuur 11.17: De volledige fundamentele diagrammen na hersamplen van de tijdsas en verwijderen van het eerste half uur simulatie.



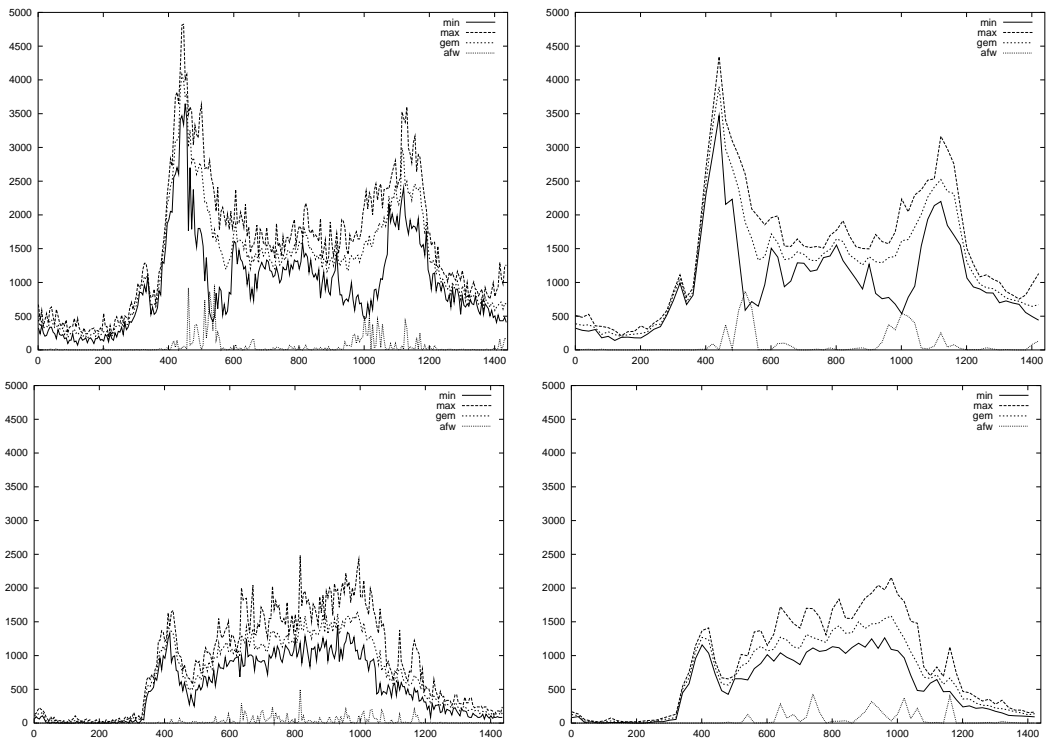
Figuur 11.18: Het verloop van de doorstromingsgraad q voor CLOF, beschouwd over een periode van vier dagen.



Figuur 11.19: Het verloop van de dichtheid k voor CLOF, beschouwd over een periode van vier dagen.



Figuur 11.20: Het verloop van de gemiddelde snelheid \bar{v} voor CLOF, beschouwd over een periode van vier dagen.



Figuur 11.21: Het verloop van het aantal personenwagens en vrachtwagens, beschouwd over een periode van vier dagen.

11.3 Vrijdag 12/07 tot donderdag 18/07

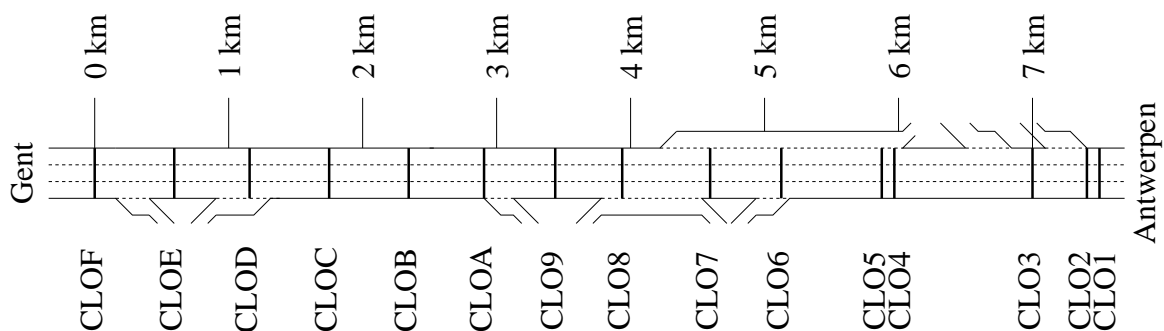
11.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 12/07/2002 :

- het valt niet mee om de telgegevens van alle 15 camera's (CLO1 tot en met CLOF) op een intuïtieve manier met elkaar te vergelijken. Het plotten van bijvoorbeeld alle fundamentele diagrammen in een drie-dimensionale grafiek is niet echt overzichtelijk. Het blijft zoeken naar een alternatieve manier tot voorstelling.

Maandag 15/07/2002 :

- in het stuk van de databank met de tellingen van de E17, ontbreekt de bezettingsgraad van vak 3 van detector CLO5. Er bleek echter een probleem met de CD-ROM te zijn waardoor ik genoodzaakt ben om de bezettingsgraad van vak 2 in te vullen voor vak 3. Dit om het stuk databank snel terug compleet te maken.
- Naar aanleiding van de massa telgegevens van de E17, heb ik op basis van tekeningen van Tom en Steven de lokaties van de camera's langs de E17 weergegeven in figuur 11.22.

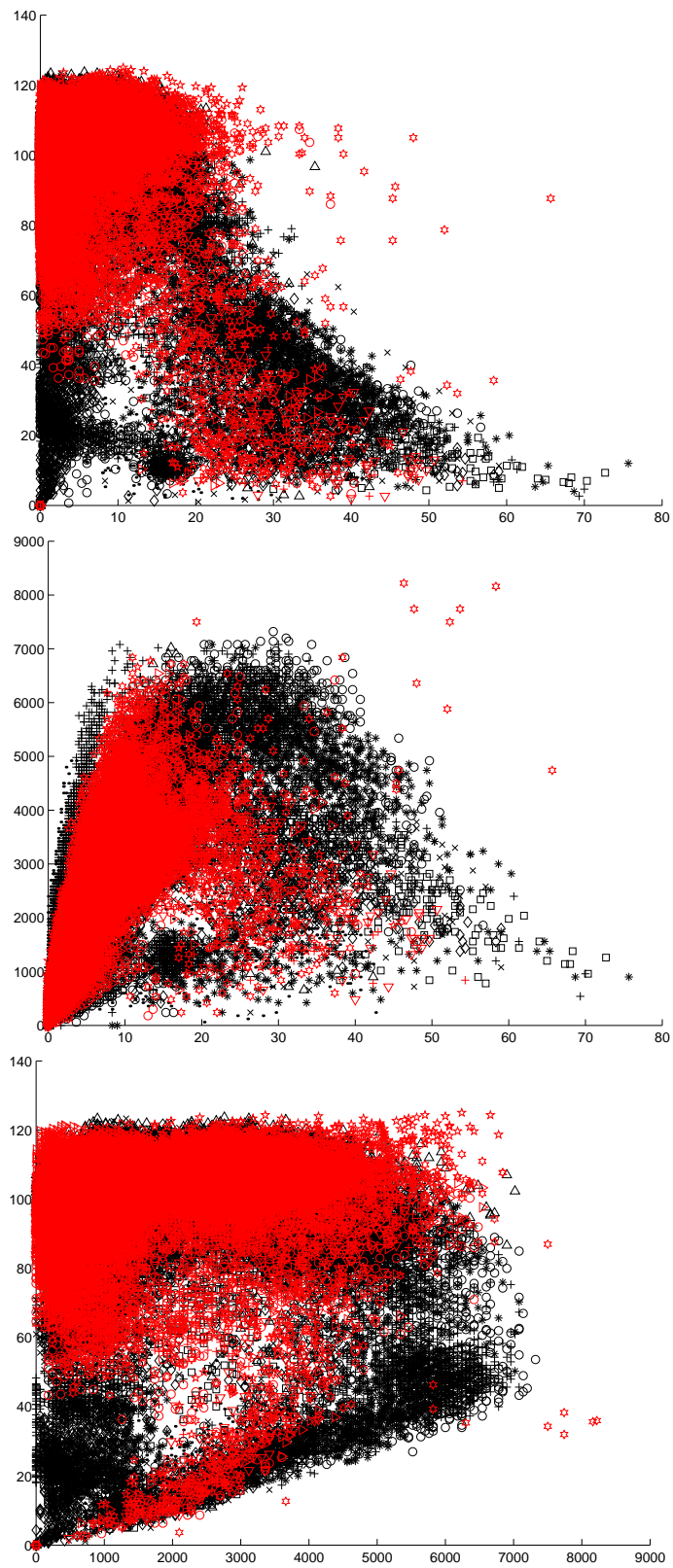


Figuur 11.22: Lokaties van de camera's CLOx langs de E17 richting Antwerpen.

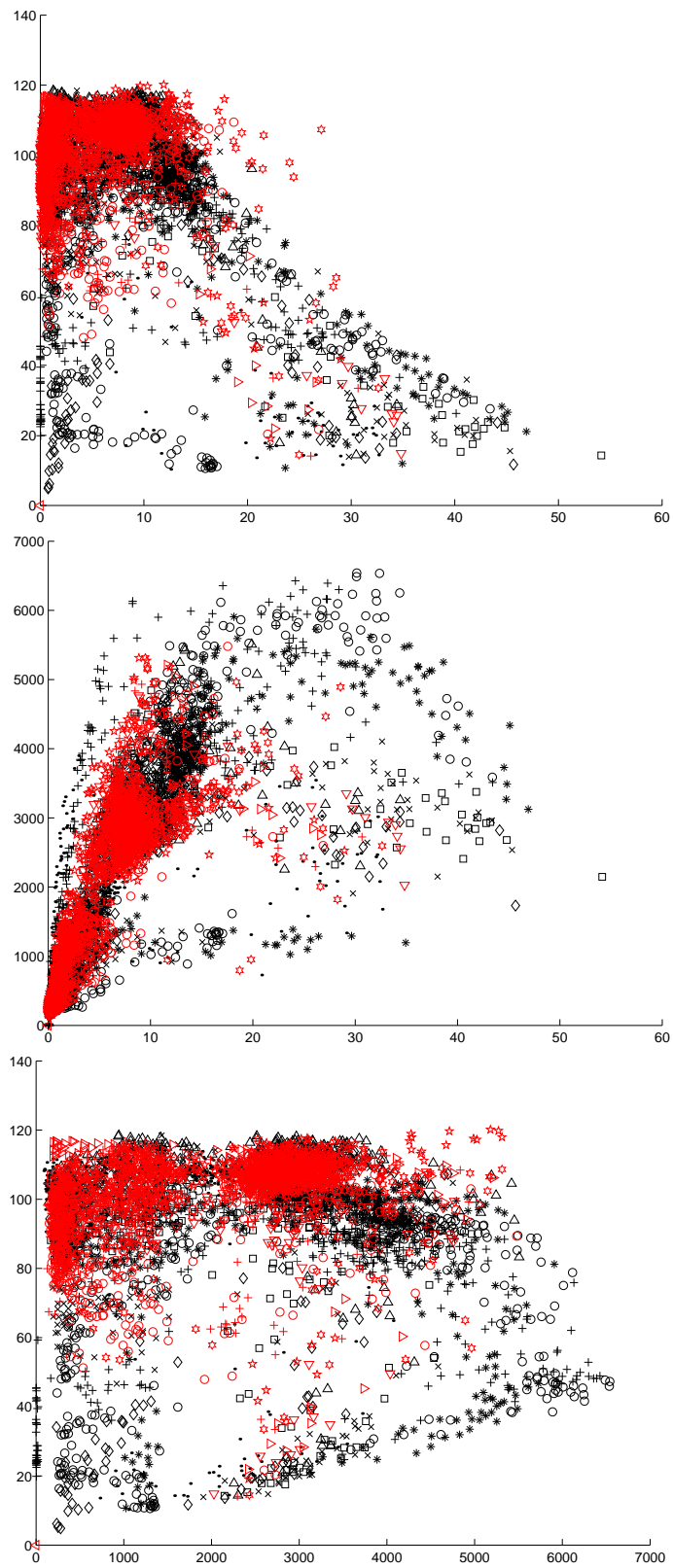
Dinsdag 16/07/2002 :

- indien we alle gegevens van de camera's in fundamentele diagrammen gieten, dan verkrijgen we de grafieken in figuren 11.23 en 11.24. Het valt op dat er een zeer grote diversiteit is tussen de camera's onderling.
- Daarnaast kan men opmerken dat er in de (k, \bar{v}) -diagrammen een gebied linksonder te zien is, wat overeenkomt met een lage dichtheid *en* een lage gemiddelde snelheid. Analoog hiermee kunnen we in de (k, q) -diagrammen een gebied linksonder waarnemen dat overeenkomt met een lage dichtheid *en* een lage doorstromingsgraad. Gezien de hoge verkeersvolumes die over de E17 passeren, wil dit zeggen dat er hier sprake is van niet-recurrente congestie.
- Indien we de tijdsreeksen van alle camera's vergelijken (zie figuren 11.25, 11.26 en 11.27), dan merken we dat er tussen dag 1 en dag 2 en tussen dag 3 en dag 4 's nachts iets gebeurt op verschillende detectorlokaties (dit is te zien aan bijvoorbeeld de opvallend lage waarden voor de gemiddelde snelheid). Of dit óf ongevallen óf wegenwerken zijn is moeilijk uit te maken.

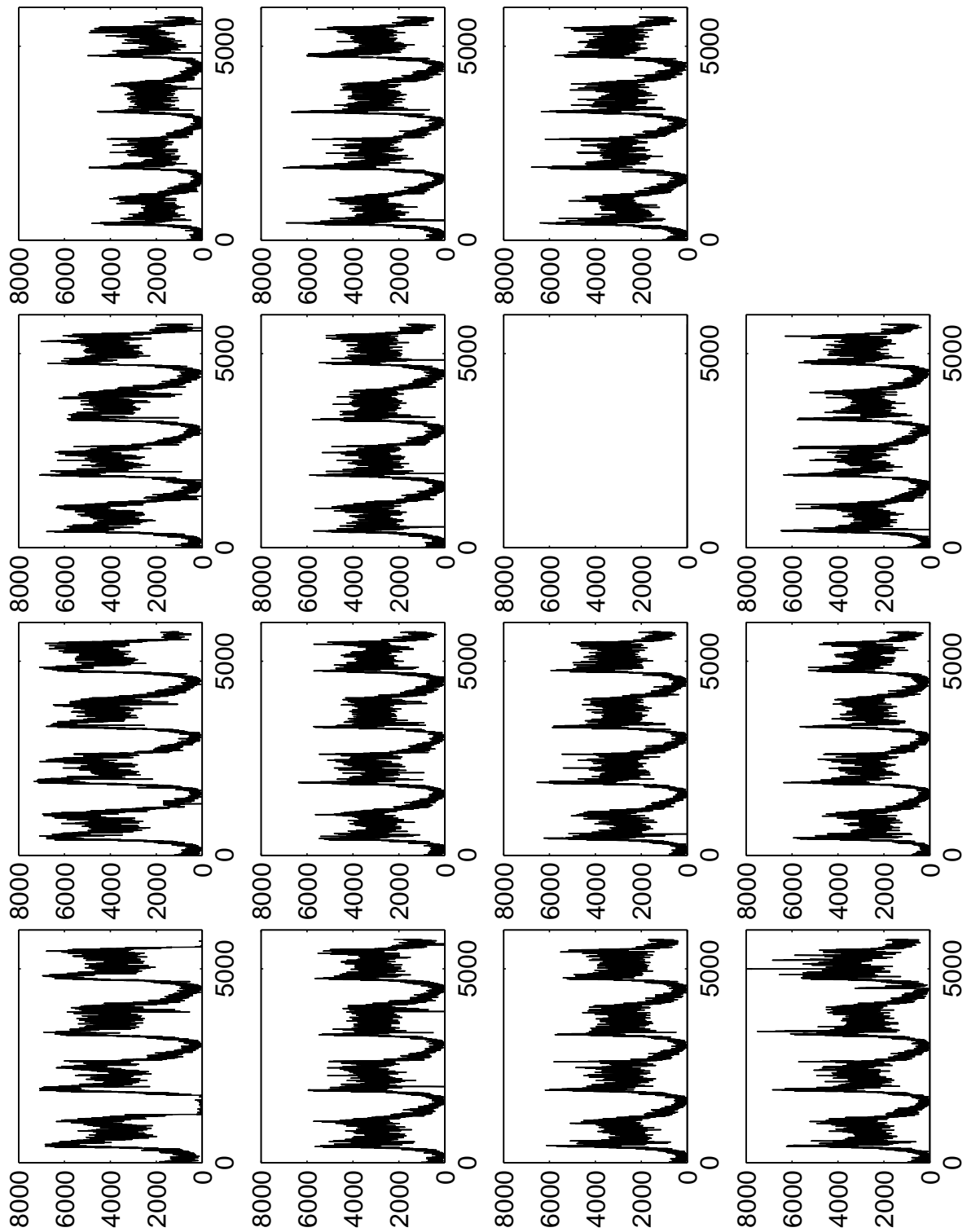
- Daarnaast merken we ook op dat de elfde camera CLOB gedurende de ganse vier dagen defect was en geen enkele meting doorstuurde. Uitgaande van de situatieschets in figuur 11.22 constateren we echter dat dit niet zo erg is aangezien CLOB enkel maar gegevens op een recht stuk tussen kilometer 2 en 3 vergaart.
- Tegen de avond heb ik nog kort met Bart De Moor kunnen samenzitten in verband met mijn onderzoek. Vermits hij weg moest, beloofde hij me om morgen terug samen te komen.
- René Boel vroeg indirect om stappen te ondernemen voor het bekomen van de telgegevens. Ik heb hem op de hoogte van mijn vakantieperiode gesteld en gevraagd om in augustus bijeen te komen en te overleggen wat er zoal mogelijk is op het vlak van data-analyse.



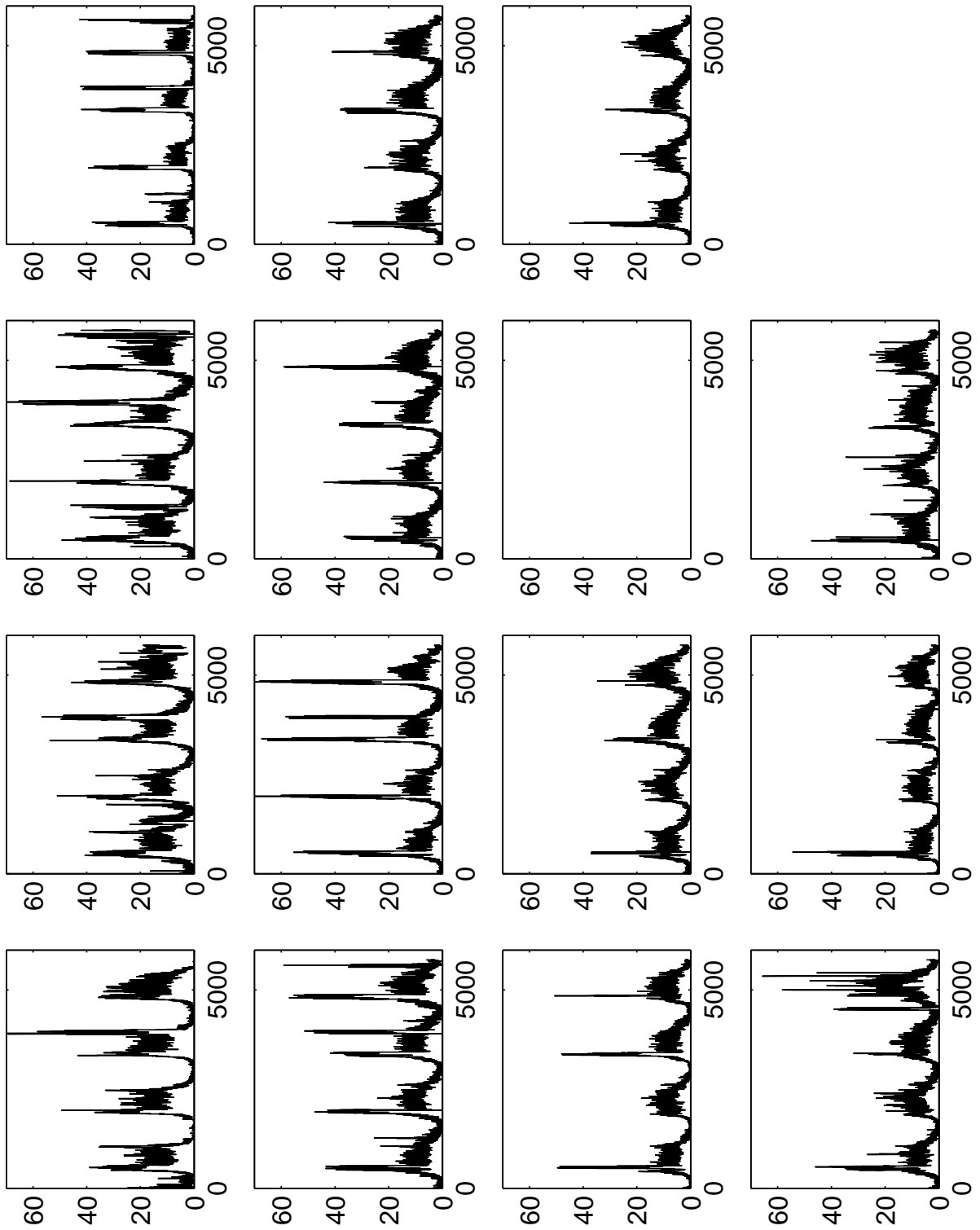
Figuur 11.23: De fundamentele diagrammen voor de minuutgegevens van de E17.



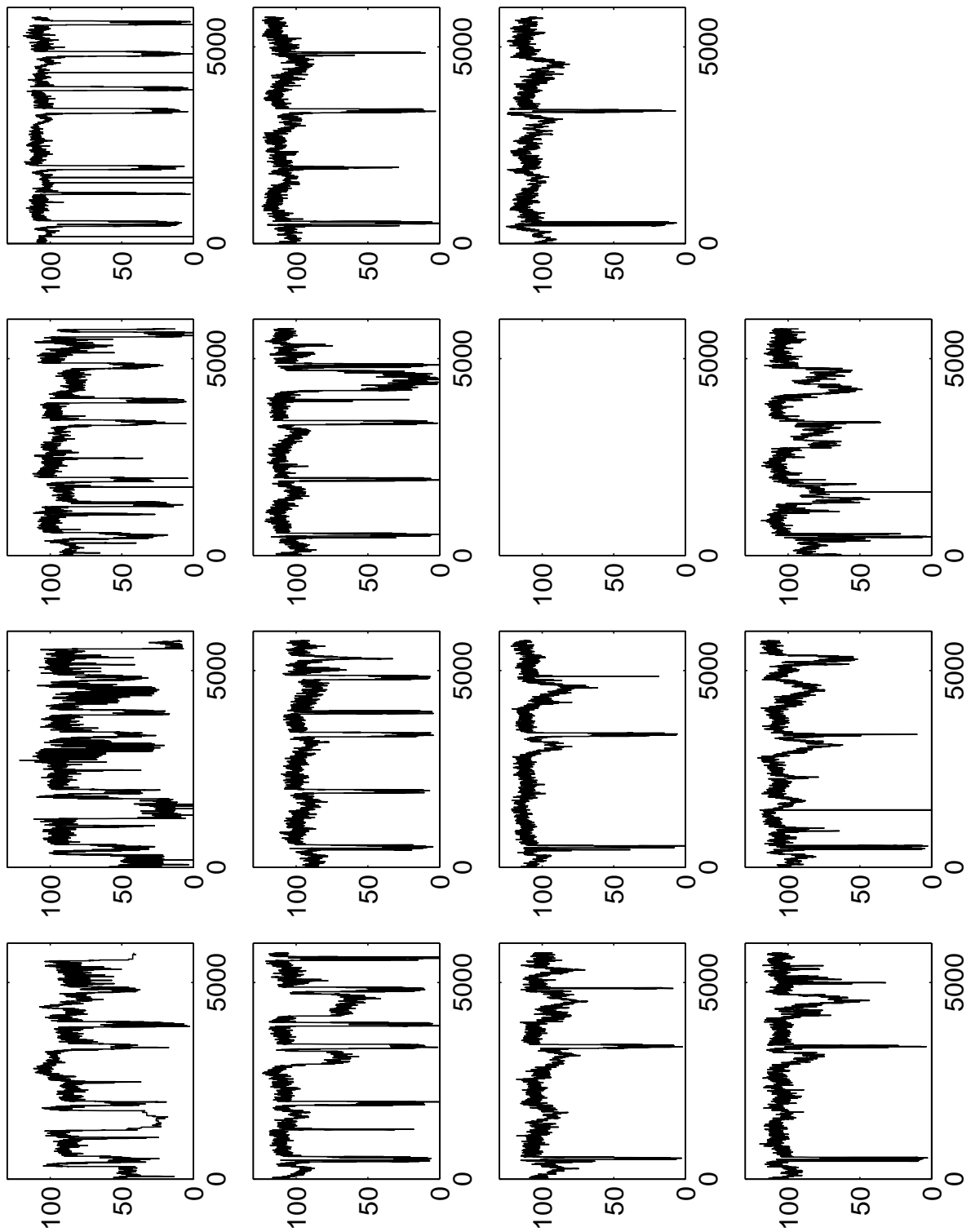
Figuur 11.24: De fundamentele diagrammen voor de geaggregeerde kwartiergegevens van de E17.



Figuur 11.25: De tijdsreeksen voor de doorstromingsgraden q gemeten door alle camera's langs de E17.



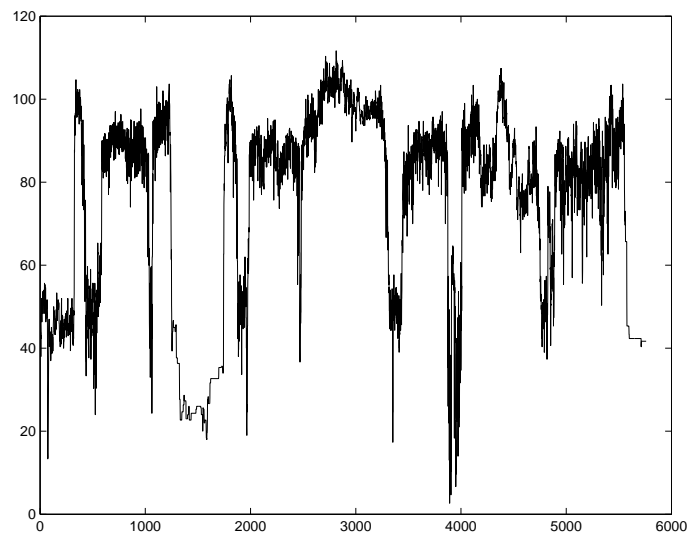
Figuur 11.26: De tijdsreeksen voor de dichtheden k gemeten door alle camera's langs de E17.



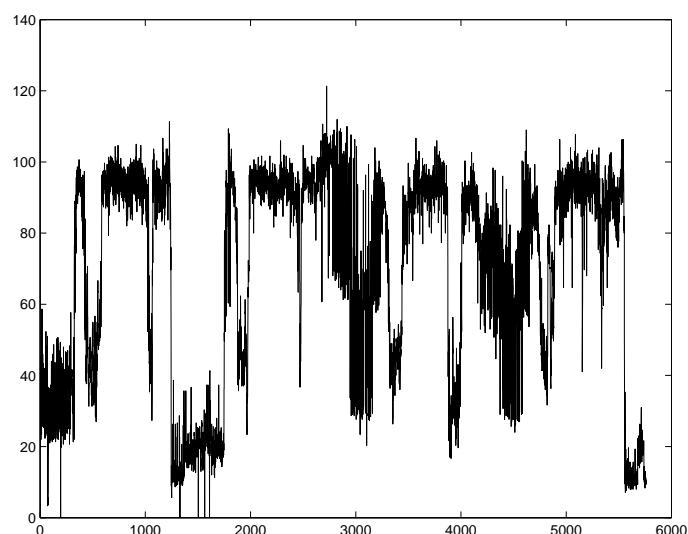
Figuur 11.27: De tijdsreeksen voor de gemiddelde snelheden \bar{v} gemeten door alle camera's langs de E17.

Woensdag 17/07/2002 :

- Normaal had ik een afspraak met Bart De Moor maar hij heeft ze weerom niet kunnen naleven, met als gevolg dat alles uitgesteld is tot na 20 augustus... hopeloos...
- Als we de gemiddelde snelheid beschouwen, dan kunnen we een aantal belangrijke indicaties van problemen zien, uitgaande van de grafieken. Detector CLO1 geeft een tijdelijke faling, te zien in figuur 11.28. De faling is duidelijk te zien aan de scherpe daling en stijging aan beide flanken van de periode en aan het ontbreken van enige 'stochasticiteit' in de gemeten data (de detector geeft dus gedurende korte periodes constant dezelfde waarde). Merk op dat dit *niet* wil zeggen dat de gemeten data volledig incorrect is. Dit wordt gerechtvaardigd door te kijken naar de gegevens van camera CLO2 die op 150 m van CLO1 is gesitueerd en die wel lage waarden (*met* een stochastisch karakter) weergeeft (zie figuur 11.29).

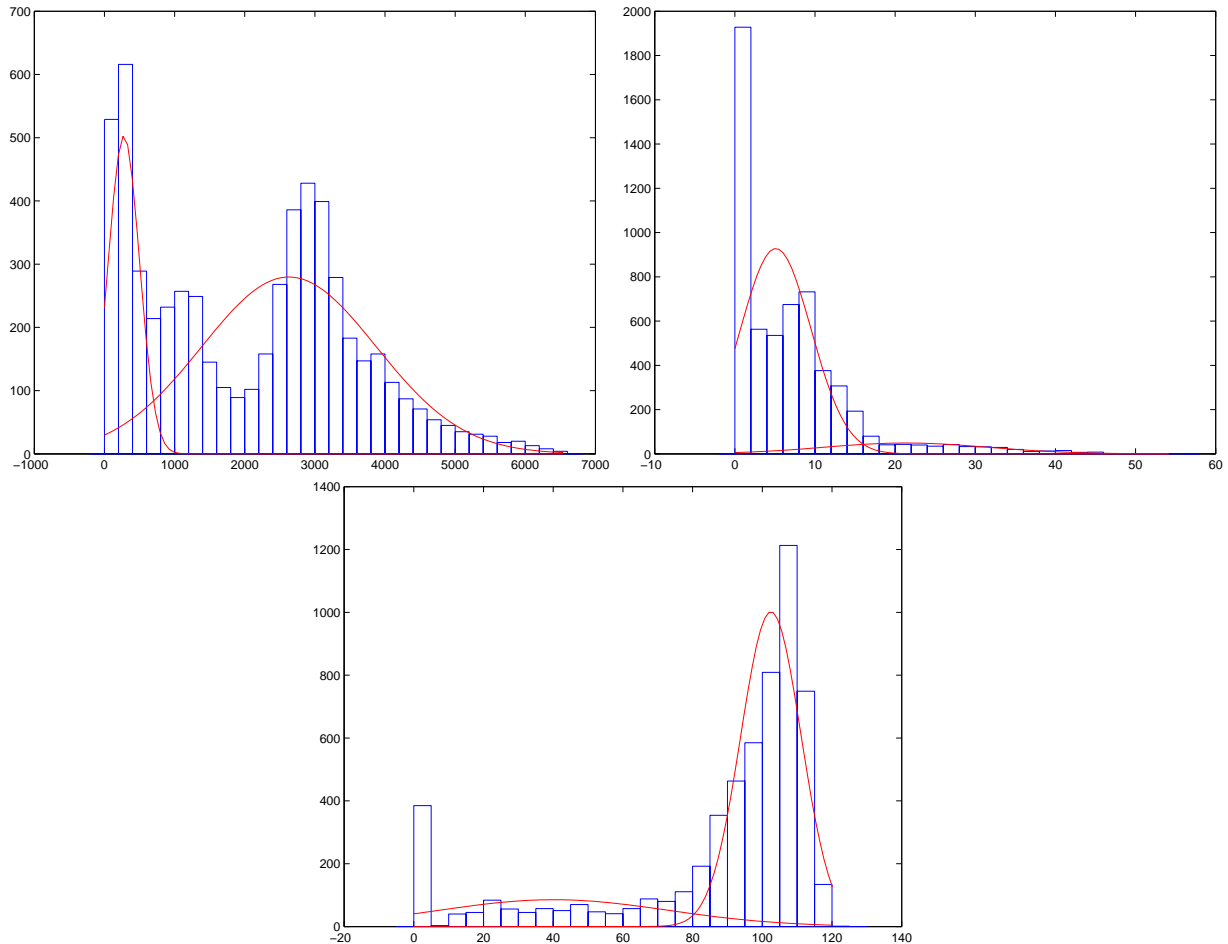


Figuur 11.28: Tijdelijk falende detector CLO1 bij het meten van de gemiddelde snelheid \bar{v} gedurende de eerste nacht.



Figuur 11.29: Niet-recurrente congestie gemeten als gemiddelde snelheid \bar{v} door CLO2.

- Een interessante statistische eigenschap die we kunnen nagaan wordt gevormd door de histogrammen van de gemeten variabelen q , k en \bar{v} . Indien we deze opstellen voor alle minuutgegevens, over de vier dagen beschouwd, voor alle camera's, dan verkrijgen we de grafieken in figuur 11.30. Merk op dat ook de verdelingsfuncties worden geschat, dit met behulp van het MATLAB programma `normmix` (in de toolbox *Stix-box*) dat een mengeling van twee normaalverdelingen schat. De gegevens werden eerst geaggregeerd voor elk kwartier.

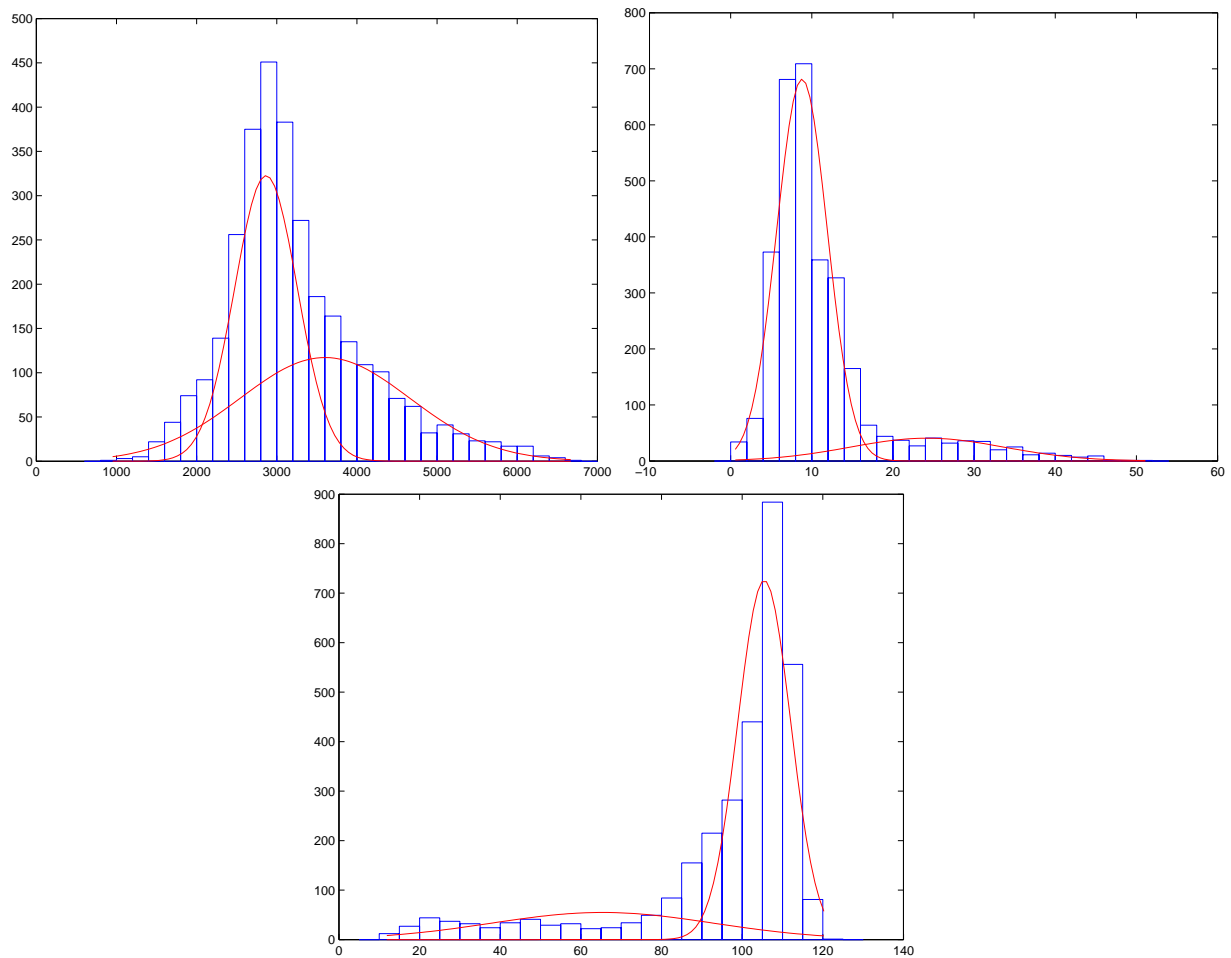


Figuur 11.30: De geschatte gemengde normaalverdelingen, uitgaande van de histogrammen van alle meetgegevens.

Het resultaat van de schatting is (de indices bij de variabelen geven de gewichten van de mengeling weer) :

$$\begin{aligned}
 q_{20\%} &= 277 \pm 222 \text{ voertuigen/uur} \\
 q_{80\%} &= 2631 \pm 1243 \text{ voertuigen/uur} \\
 k_{89\%} &= 5 \pm 4 \text{ voertuigen/kilometer/vak} \\
 k_{11\%} &= 21 \pm 10 \text{ voertuigen/kilometer/vak} \\
 v_{24\%} &= 40 \pm 33 \text{ kilometer/uur} \\
 v_{76\%} &= 102 \pm 9 \text{ kilometer/uur}
 \end{aligned}
 \tag{11.7}$$

Indien we voor elke camera telkens de nachtelijke periodes weglaten (dus enkel de periodes na 6 uur 's morgens en 20 uur 's avonds worden in rekening gebracht), dan verkrijgen we de histogrammen in figuur 11.31. De gegevens werden eerst geaggregeerd voor elk kwartier.



Figuur 11.31: De geschatte gemengde normaalverdelingen, uitgaande van de histogrammen van alle meetgegevens (exclusief de nachtperiodes).

Het resultaat van de schatting is (de indices bij de variabelen geven de gewichten van de mengeling weer) :

$$\begin{aligned}
 q_{50\%} &= 2866 \pm 391 \text{ voertuigen/uur} \\
 q_{50\%} &= 3602 \pm 1060 \text{ voertuigen/uur} \\
 k_{85\%} &= 9 \pm 3 \text{ voertuigen/kilometer/vak} \\
 k_{15\%} &= 24 \pm 9 \text{ voertuigen/kilometer/vak} \\
 v_{24\%} &= 65 \pm 27 \text{ kilometer/uur} \\
 v_{76\%} &= 105 \pm 7 \text{ kilometer/uur}
 \end{aligned}
 \tag{11.8}$$

Donderdag 18/07/2002 :

- start vakantieperiode.

11.3.2 Planning

- Een methode ontwikkelen om t-x diagrammen beter op te stellen dan gedaan werd door Steven Logghe en Tom Bellemans in het eindverslag van het vorige DWTC-project. Me dunkt dat er ook rekening dient gehouden te worden met de lokale dichtheden in plaats van enkel maar de tijdsas uniform te samplen.

11.4 Vrijdag 19/07 tot donderdag 25/07

11.4.1 Vakantieperiode

Hoofdstuk 12

Augustus 2002

12.1 Vrijdag 26/07 tot donderdag 01/08

12.1.1 Vakantieperiode

12.2 Vrijdag 02/08 tot donderdag 08/08

12.2.1 Cellular Automata for Traffic Flow Modeling

Referentie : [BDS]

Centraal in dit artikel staat het onderzoek naar de hogere orde momenten van de metingen die gedaan worden op verkeersstromen gemodelleerd door cellulaire automaten. Van de bestaande microscopische modellen wordt gesteld dat zij te beperkt zijn vermits zij een uniform gedrag voor alle voertuigen veronderstellen (iets waar ik niet akkoord mee ben). Voor de macroscopische modellen geldt dan weer dat zij niet de discrete dynamiek kunnen vatten die voortvloeit uit de interacties tussen individuele voertuigen. In dit artikel wordt een excellente algemene beschrijving van cellulaire automaten gegeven.

Voor een eerste reeks experimenten wordt een volledig deterministische cellulaire automaat gebruikt die voertuigen op een ring laat rijden. Voor elk gesimuleerd dichtheidsregime worden verschillende metingen gedaan (doorstromingsgraad, gemiddelde snelheid, variantie van de snelheid, periodiciteit van het verkeer, ...). De klassieke fundamentele diagrammen worden bekomen (iets dat ik empirisch kan bevestigen met mijn zelf geschreven *Traffic Cellular Automata*), maar als verrassend resultaat wordt het gedrag van de variantie van de snelheid beschreven. De periodiciteit van de automaat wordt gemeten door het tijdsinterval te meten tussen twee volledig identieke toestanden (iets wat bij een deterministische automaat gemakkelijk meetbaar is). Er wordt opgemerkt dat deze periodelengte niet monotoon is in functie van de verkeersdichtheid.

Vervolgens worden dezelfde metingen gedaan, maar dan voor een stochastische cellulaire automaat. Hierbij wordt dan als conclusie opgemerkt dat de aanwezigheid van eender welke hoeveelheid variabiliteit (zoals bijvoorbeeld de *slow-down probability*) voldoende is om te resulteren in een grote variantie voor de snelheid.

De volgende stap bestaat eruit om tweevaksverkeer te simuleren waarbij dan een eenvoudig vak-verander model wordt gebruikt. Ook bij het veranderen van vak wordt stochasticiteit geïntroduceerd. Het valt op dat het maximaal aantal vak-veranderingen pas een hele tijd na de kritische dichtheid optreedt.

Tot slot wordt besproken op welke manieren de tijdsschaal kan geïnterpreteerd worden. Een eerste manier is gebaseerd op de maximaal toegelaten snelheid en de voorafgedefinieerde lengte van elke cel. Een tweede manier gaat uit van een met behulp van het doorstromingsgraad-dichtheid fundamenteel diagram geschaald model. Een derde manier gaat uit van de gekende waarde voor de achterwaarts stromende schokgolven. Er wordt finaal wel gesteld dat de manier waarop de tijdsschaal geïnterpreteerd wordt tot geen veranderingen leidt voor de aard van de macroscopische inzichten in de simulaties.

12.2.2 Weekoverzicht

Vrijdag 02/08/2002 :

- einde vakantieperiode.

Maandag 05/08/2002 :

- ik heb de administratie voor mijn inschrijving voor de doctoraatsopleiding Toegepaste Wetenschappen voor het academiejaar 2002–2003 in orde gebracht. Daarnaast heb ik mijn nieuw huurcontract van mijn kot naar de huisvestingsdienst opgestuurd.
- Ik heb het artikel "Cellular Automata for Traffic Flow Modeling" (zie paragraaf 12.2.1 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Dinsdag 06/08/2002 :

- naar aanleiding van het artikel [BDS] ben ik beginnen nadenken over hoe men de periodiciteit van een cellulaire automaat (CA) voor verkeer kan berekenen/schatten. Voor een deterministische CA kan dit eenvoudig gebeuren aangezien deze *altijd* een vaste periode heeft waarna de CA zich terug in de uitgangspositie bevindt. Voor een stochastische CA (bijvoorbeeld de STCA) zie ik echter niet in hoe men hier de periodiciteit kan berekenen. Het leek me dan ook gepast om de auteurs van het artikel te contacteren (vermits professor Saifallah Benjaafar niet aanwezig is, heb ik de vraag ook gericht naar Kevin Dooley die tweede auteur is) :

Hello, my name is Sven Maerivoet and I'm a doctoral student working at the department of Electrical Engineering at the K.U.Leuven university in Belgium. My research is traffic-related and lately I've been wandering into CA-simulations.

Reading one of your papers, a question rose in my mind. The paper I've read is "Cellular Automata for Traffic Flow Modeling" (with Benjaafar and Setyawan as co-writers).

You investigate various traffic flow measures such as average speed, . . . One of these measures is 'traffic periodicity'. In the first part you are working with a finite CA with a finite number of vehicles on it. The whole CA operates in a strictly deterministic way. So it is my guess that you measure the 'traffic periodicity' by recording the time interval that elapses between the occurrences of two exactly the same states (which can be done easily).

However, how do you accomplish this for the stochastic CAs ? Because it is my opinion that the word exactly can no longer be used (I think you have to derive a measure for finding out how "close" two states are to each other, i.e., how much they resemble one another). It is not at all clear to me how this is done, i.e., how do you measure 'traffic periodicity' for a stochastic CA ? It was not explained in the paper.

Woensdag 07/08/2002 :

- Kevin Dooley heeft gereageerd op mijn e-mail van gisteren :

Dr. Benjaafar is more directly associated with this paper right now, but I can certainly answer your specific question.

One can examine a time series of time-between-cars passing a particular point in the CA. Whether the CA is deterministic or stochastic in nature, this time series can be examined in standard ways – performing ARMA modeling, frequency domain analysis, and/or attractor construction. A system with cars moving at constant speed would show, for example, a point attractor if all the cars were the same distance from one another to start, or a perfect limit cycle if they were unequally spaced.

Dit is een interessant gegeven, namelijk het gebruik van de tussentijden van de voertuigen. Toen ik dit echter wou implementeren, stootte ik al vrij snel op een praktisch probleem : welke waarden gebruiken we voor de tussentijden ? Het is duidelijk dat deze uitgedrukt worden in iteratiestappen (dus in seconden) en dat deze vrij eenvoudig kunnen gemeten worden. Voor het opstellen van de tijdsreeks dient echter wel elke seconde een meting te gebeuren, wat maakt dat we verschillende scenario's kunnen hebben. Daarom stuurde ik terug een vraag naar Kevin Dooley :

I've ran simulations with two CA-models. Cars drive on a ring road of 300 cells, each cell is 7.5 meter and each car traveling at $\{0, \dots, 5\}$ cells/second. One iteration is one second. It ran for 10000 iterations.

The first rule-set I used is CA-189 (a classic one). I immediately stumbled upon a problem trying to FFT the extracted time-series. I recorded the time-interval between two consecutive cars and this gave rise to a time-series. Did/would you :

- *enter a value (= measurement) in the time-series when a new vehicle passes and thus record the new inter-delay time ? This gives rise to a time-series that is not uniformly sampling the time-axis (since values are only stored when a vehicle passes).*
- *or record the current elapsed time continuously (i.e., each CA-iteration) ? This gives rise to sequences like 0,1,2,3,0,1,2,0,1, 0,1,2,3,4,0,1,2,3,4 (for delay times 3, 2, 1, 4 and 4).*
- *or record the last passing time, resulting in 0,0,0,0,3,3,3,3,2,2, ... ?*

I used all three measurements. Using the second method, in MATLAB I loaded my time-series, resulting in 10000 values. A FFT of these values at various densities resulted in several sharp peaks (primarily in the laminar flow region under critical density), which is ok. Higher densities resulted in more small peaks, spaced closely to each other.

Looking at the frequencies at which these peaks appear, I found them to be at 0.5, 0.33 and 0.17 Hz, corresponding to 2s, 3s and 6s period lengths. It is clear to me that in order to get the higher period lengths, much more smaller frequencies should appear in the FFT-spectrum. These peaks are however absent in my simulations.

Another problem is the following : using the STCA instead of the deterministic CA-189, I got so many small peaks (much like white noise), I couldn't faithfully derive the period length. In your paper you claim to observe period lengths of 300 up until 18300.

So I'm a bit puzzled at how you derived your results so exactly. I'm very interested to learn and know this, because it (i.e., the period length) seems a nice way to characterize a CA for traffic. There are of course other ways (using ARMA and delay coordinate embedding and the likes), but I focused on FFT. Perhaps you used another method for deriving the CA's period length ?

One final thing : could you please e-mail me the complete paper ? I have it here in PDF but all figures, except the first one, are missing from it and I'm very interested in these graphical results.

Donderdag 08/08/2002 :

- Kevin Dooley stuurde volgend antwoord op mijn laatste vragen :
 - *Re how to collect the data ? I would agree that your second option is the way to go.*
 - *Re how did we identify such long periodicities ? It was through simple phase space analysis. If we represent the (in your case) 300 cell CA as a 300-state system, then we can identify when the system returns to its initial state (or some previous state) – this becomes the length of the limit cycle. The program simply stored all (i.e.) 300-cell states, and found the first time a state repeated.*
 - *Re copy of the paper ? I actually don't have one – this work took place 7 years ago and we didn't publish; you'll need to contact Dr. Benjaafar (I have cc-ed him).*

Dit antwoord stelde me een beetje teleur aangezien het volgens mij uitgaat van een veel te simpele wereld. Ik stuurde daarom maar een nieuwe vragenreeks :

Hmm, I agree your course of action can be followed in the case of a deterministic CA. But if you use a stochastic one (like the STCA), then the chances that the system returns to the same exact state are rather small (because of the stochasticity). So I think the above method doesn't work for a STCA, because you need a measure of periodicity (like FFT) but not one that searches for exact state-matches. It's like I said before : many small peaks arise in a FFT (cfr. white noise), so the period length is buried in the FFT-spectrum. I don't exactly see how you accomplish the search. If I understand correctly : you just store the 300-cells for each time-step and figure out when the same configuration is encountered again ... a cumbersome process I presume.

Al vrij snel kreeg ik terug een antwoord van Kevin Dooley :

Determining when the 300-cell vector repeats is not cumbersome at all, nor computationally intensive. With a STCA, you're right, it won't repeat. Nor will it be easy to visualize ! I do think though there are methods out there to do the trick – I'd look at concepts aimed at attractor reconstruction.

Of course, Takens' theorem tells us that a large enough lag-embedded single cell vector will tell us the same information as the 300 cell vector. In which case you have a binary time series, and you could possibly use some binary time series models, or maybe even some type of Markov chain analysis ? Not sure

Dit antwoord deed een vermoeden bij mij rijzen : hij weet zelf niet exact hoe de vork aan de steel zit. Ook denk ik dat Takens' theorema eerder van toepassing is op de dimensie van de reconstructieruimte en niet zozeer op de vertraging die op de tijdsreeks zit (zijn antwoord is niet echt ondubbelzinnig verwoord). Hoedanook, het blijkt dat Kevin Dooley het antwoord schuldig blijft en het is dan ook wachten tot wanneer professor Saifallah Benjaafar terug is en deze mij een meer gedetailleerd antwoord kan geven.

- Ik heb ook een afspraak gemaakt met het Verkeerscentrum te Wilrijk¹ (ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, departement Leefmilieu en Infrastructuur, administratie Wegen en Verkeer, afdeling Verkeerskunde) om hen een bezoekje te brengen en enkele vragen te stellen in verband met het bekomen van de data die door de lusedetectoren en camera's vergaard worden. De afspraak is voor vrijdag 9 augustus 2002.

¹Telefoon : 03/443.63.69

12.3 Vrijdag 09/08 tot donderdag 15/08

12.3.1 Basic Concepts in Nonlinear Dynamics and Chaos

Referentie : [Cla97]

In dit artikel wordt vooreerst besproken wat chaostheorie allemaal inhoudt en wat de gebruikte terminologie is. Vervolgens wordt gekeken naar hetgeen vroeger reeds bestond en hetgeen er nieuw aan is (namelijk het niet-lineaire aspect van de functie die de verandering in een systeem modelleert). Dit wordt onder andere geïllustreerd aan de hand van de logistische afbeelding (met een één-punts attractor, niet-nul één-punts attractoren en n-punts attractoren met bifurcaties). Er wordt opgemerkt dat een systeem (onder niet-lineaire dynamica) op een attractor tot rust komt, maar dat deze attractor niet per se stabiel hoeft te zijn. Ook de gevoeligheid van het systeem ten opzichte van de initiële condities wordt besproken, dit met behulp van het grafisch vergelijken van tijdsreeksen en scatterplots. Daarna komt het roofdier-prooi systeem aan bod in de faseruimte (met limietcycli). Vervolgens wordt het buigende-kolom model besproken wat aanleiding geeft tot verschillende faseportretten. Hierbij wordt het basin van de attractor uitgelegd (namelijk alle punten die met een gegeven attractor overeenkomen). Als drie-dimensionaal model wordt het Lorenz-systeem toegelicht.

In een tweede deel wordt ingegaan op fractalen en de fractaaldimensie (de Hausdorff dimensie). Hierbij wordt het Richardson-effect besproken en worden enkele voorbeelden van geometrische objecten met niet-gehele dimensies gegeven (de Koch curve, Cantor stof, de Sierpinski driehoek en de Mandelbrot set).

Tot slot wordt afgerond met een overzicht van enkele niet-lineaire statistische hulpmiddelen bij het analyseren van tijdsreeksen. Centraal hierin zijn de volgende opmerkingen : er wordt getracht om (1) chaotische tijdsreeksen te onderscheiden van willekeurige data (ruis), (2) om na te gaan in hoeverre de data voortvloeit uit een deterministisch systeem en (3) om de dimensionaliteit van de data te schatten. Een eerste hulpmiddel wordt gevormd door de *return maps*. Deze afbeeldingen plotten x_t versus $x_{\Delta t}$ en laten toe de structuur van een gemeten trajectorie in de faseruimte te evalueren (dit wordt treffend geïllustreerd met witte ruis, exponentieel verdeelde ruis en de logistische afbeelding). Andere hulpmiddelen zijn de inbeddingsdimensie en het soort ruis (dit laatste wordt met Fourier analyse bewerkstelligt). Er wordt afgesloten met een uitgebreide verklarende woordenlijst.

12.3.2 Weekoverzicht

Vrijdag 09/08/2002 :

- in de voormiddag ben ik op bezoek bij *Transport & Mobility Leuven* geweest. Ik heb er met Griet De Ceuster gesproken naar aanleiding van mijn bezoek aan het Verkeerscentrum te Wilrijk.
- In de namiddag ben ik op het Verkeerscentrum te Wilrijk langsgeweest. Ik heb er gesproken met Stefaan Hoornaert².

Het blijkt dat alle data onvoorbewerkt opgeslagen wordt in een databank. De data is beschikbaar vanaf september 2000 (alle data van de periode daarvoor is niet direct omzetbaar). De lokatie van alle sensoren zit in een andere databank en deze kunnen

²Telefoon : 03/443.63.86

we al zeker krijgen (we hebben dan wel een plattegrond van alle Belgische wegen nodig in de vorm van een ArcView GIS-databank, iets wat we volgens Tom Bellemans al in huis hebben).

Er werken ginder ook een aantal mensen van Tritel (waaronder een van mijn ex-klasgenoten uit mijn laatste graad van het middelbaar). Ze houden zich bezig met het opstellen van korte prognosemodellen die toelaten om acties te ondernemen, gebaseerd op voorspellingen van de verkeersstoestand 5 tot 30 minuten in de toekomst (hiervoor worden telgegevens gebruikt en OD-matrices opgesteld).

In verband met de kwaliteit van de data hebben ze een rapport geschreven waarin typische falingen van de detectors aan het licht worden gebracht (met behulp van kleur-gecodeerde wegenkaarten van België). De toestand met de camera's van Traficon is een beetje onrustwekkend aangezien deze laatste weigert zijn originele specificaties uit handen te geven, blijkt daarenboven nog eens dat deze specificaties waarschijnlijk wel te vinden zijn bij de afdeling Elektriciteit en Mechanica maar dat deze ook niet vrijkomen. Interessant om weten is dat men een dubbele lusdetector heeft ingebed vlak voor de Kennedytunnel richting Gent. Dit zal toelaten om met de reeds aanwezige enkele lusdetector en camera (en een extra Gatsometer) een vergelijking op te stellen.

Stefaan bood me, naar aanleiding van mijn (toekomstig) werk met mijn *Rainbow* software, aan om bij het onderhoud van de Kennedytunnel eens aanwezig te zijn en ter plekke bepaalde zaken (zoals vakbreedte en dergelijke) op te meten terwijl de tunnelkoker voor verkeer afgesloten wordt.

De komende twee weken zijn de belangrijkste personen (inzake de telgegevens) in verlof, maar vanaf 26 augustus zou Stefaan me terug contacteren zodat ik kan samenzitten met André Nysten (de persoon die instaat voor het opslaan van de telgegevens en ook de nodige technische achtergrondkennis hieromtrent heeft).

- Ik heb ook mijn informatie doorgegeven aan René Boel (die me begin deze week had gecontacteerd met de vraag hoever de onderhandelingen stonden) en ineens gevraagd wat zijn studenten concreet gaan doen met de verkeersdata.

Maandag 12/08/2002 :

- ik heb op de valreep nog een voorstel ingediend voor de *2003 SIAM Conference on Computational Science and Engineering*. De opgegeven auteurs zijn Sven Maerivoet en Bart De Moor, het voorstel valt in de categorie "*contributed presentations in lecture format*".

Het is getiteld "*Analysis of Characteristic Patterns in Road Traffic Data*" en de samenvatting is als volgt :

Studying road traffic data, we'll investigate the presence and absence of some characteristic patterns. The data is gathered by loop detectors and computer simulations and is regarded upon from a macroscopic point of view (i.e., flow, density and mean speed).

For an investigation of these patterns we use several methods, ranging from linear statistical methods to chaotic nonlinear analyses (more examples are estimations of the Fourier spectra and time series analyses).

- Ik heb alle interessante deadlines eens op een rijtje gezet :
 - 13/08/2002** : SIAM Conference on Computational Science and Engineering (CSE03)
 - 01/11/2002** : K.U.Leuven Faculty of Engineering PhD Symposium
 - 01/12/2002** : European Control Conference (ECC03)
 - 15/11/2002** : First International Conference "Physics and Control"(PhysCon 2003)

Dinsdag 13/08/2002 :

- Naar aanleiding van één van de antwoorden van Kevin Dooley heb ik eens gekeken hoe de periodelengte van de CA-189 zich gedraagt ten opzichte van de globale dichtheid. De manier waarop dit gebeurde was door de simulator (600 cellen) eerst 1000 seconden te laten simuleren (transiënte periode), vervolgens de 1001e toestand te onthouden en dan te blijven simuleren totdat deze toestand terug optrad. Vermits we met de CA-189 werken zal de gemeten periodelengte altijd eindig zijn. De globale dichtheid werd telkens met 1 voertuig verhoogd, totdat alle 600 cellen volzaten.

In het artikel (zie paragraaf 12.2.1 voor meer details hieromtrent) wordt gesteld dat de periodelengte bij een deterministische cellulaire automaat niet monotoon is in de globale dichtheid. Kleine veranderingen in deze globale dichtheid kunnen resulteren in grote fluctuaties in de periodelengte. Verder wordt er in het artikel met geen woord meer over gerept, maar na mijn onderzoek heb ik de indruk dat de kous hiermee nog niet af is.

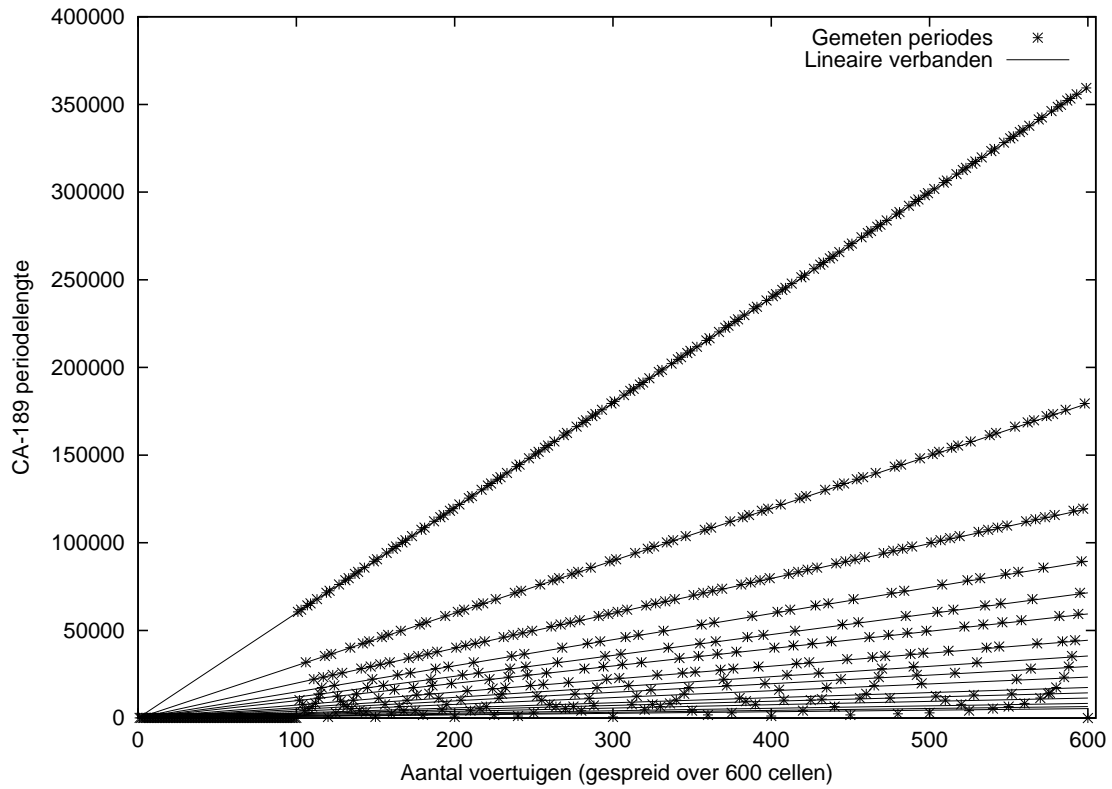
In de grafiek in figuur 12.1 wordt de periodelengte uitgezet in functie van de globale dichtheid. Vermits de CA deterministisch en eindig (hij bestaat uit 600 cellen) is, heeft het geen zin de dichtheid te laten variëren met meer dan 600 stappen. Ook zal eenzelfde globale dichtheid *altijd* aanleiding geven tot eenzelfde periodelengte (dit heb ik empirisch vastgesteld), dit maakt dus dat we 600 verschillende periodes waarnemen. De figuur toont een duidelijk *speciaal* verband tussen de globale dichtheid en de periodelengte. Het golfpatroon onderaan kan ik niet verklaren, maar een nadere studie bracht me op een ander idee : volgens mij liggen er telkens reeksen punten op een rechte door de oorsprong. Bevestiging van dit feit kreeg ik doordat ik ter illustratie deze rechten op de grafiek superponeerde (dit zijn de lineaire verbanden).

Indien we de hoeken die deze rechten met de horizontale as maken, onder de loep nemen, dan krijgen we de grafiek in figuur 12.2 (hierbij werd als referentie de rechte met de grootste richtingscoëfficiënt naar 45 graden geschaald). We zien dat deze hoeken exponentieel afnemen (waarbij ze geordend werden van groot naar klein).

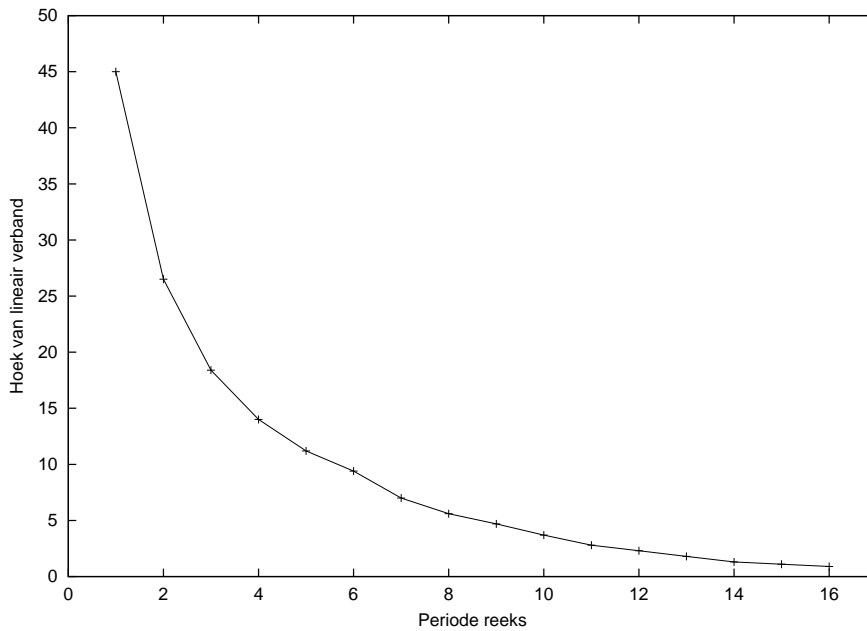
Indien we in MATLAB deze gemeten periodelengtes uitmiddelen (dit telkens voor opeenvolgende dichtheidsintervallen), dan verkrijgen we de grafieken in figuur 12.3 (hiertoe werd het script `averageDensitiesPeriodLengths.m` geschreven). Hierbij werd de uitmiddeling gedaan over respectievelijk 300, 100, 50 en 10 opeenvolgende intervallen voor de globale dichtheid).

We kunnen dus wel stellen dat, hoe groter de globale dichtheid, des te groter de gemiddelde periodelengte zal zijn ! Iets wat in het artikel niet werd aangestipt.

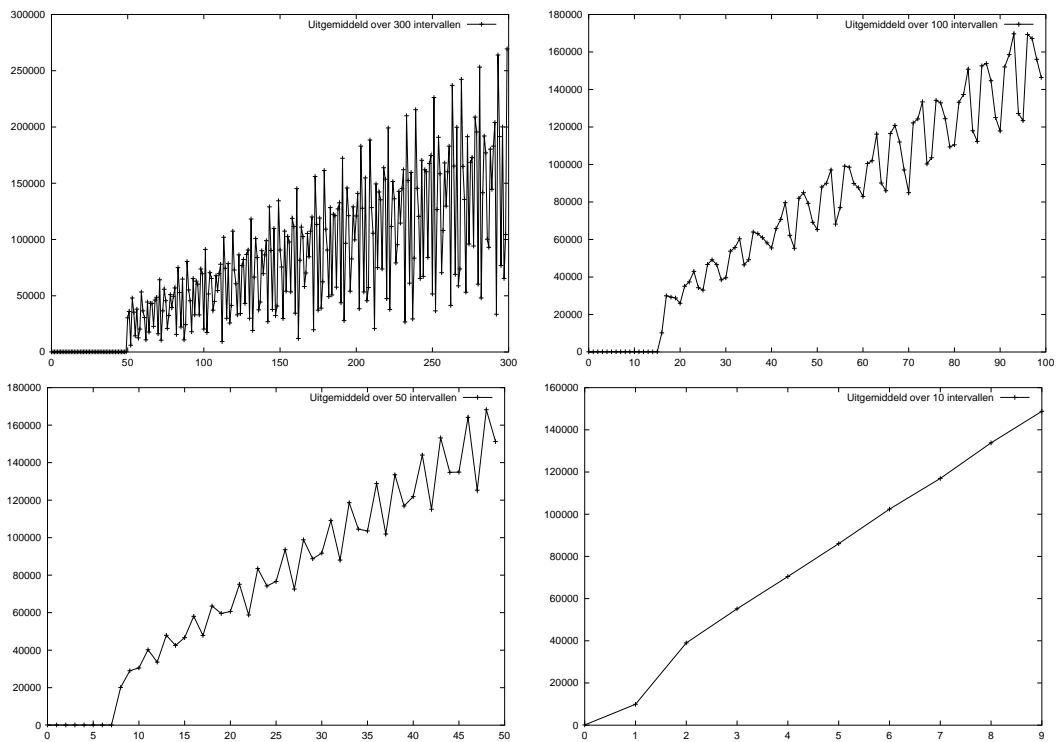
- Mijn tweede exemplaar van *Scientific Computing World* (zie [Wil02b]) is aangekomen.
- Ik heb het artikel "*Basic Concepts in Nonlinear Dynamics and Chaos*" (zie paragraaf 12.3.1 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.



Figuur 12.1: De periodelengte van de CA-189 (600 cellen) in functie van de globale dichtheid.



Figuur 12.2: De exponentieel afnemende hoeken van de lineaire verbanden geordend van groot naar klein.



Figuur 12.3: Uitgemiddelde periodelengtes voor 300, 100, 50 en 10 opeenvolgende intervallen voor de globale dichtheid.

Woensdag 14/08/2002 :

- Zo goed als de hele dag ging naar het aanvullen van mijn weekverslag met mijn recente onderzoeksresultaten in verband met de periodiciteit van cellulaire automaten voor verkeer.

Donderdag 15/08/2002 :

- collectief verlof aan de K.U.Leuven.

12.3.3 Planning

- Eric Vandermeersch contacteren en vragen hoe ze OD-matrices opstellen.
- Het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI) contacteren om historische weersgegevens te bemachtigen.
- Uitvissen wat ik met CCA en ICA kan bereiken.
- String-stabiliteit testen van *Mitrasim 2000* en *Traffic Cellular Automata*.
- Enkele andere (Takayasu-Takayasu en Fukui-Ishibashi) cellulaire automaten implementeren.
- t-x diagrammen van de E17 (en gesimuleerde data) opstellen.
- N-curves van de E17 (en gesimuleerde data) opstellen.

12.4 Vrijdag 16/08 tot donderdag 22/08

12.4.1 Visual Recurrence Analysis Demonstration

Referentie : [Kon99]

Dit artikel behandelt een kort overzicht van hetgeen met het programma *Visual Recurrence Analysis* zoal mogelijk is. Er wordt uitgegaan van een enkele tijdsreeks van een (mogelijk) multi-dimensionale attractor. De gedachte hierachter (dus achter de *delay coordinate embedding*) is dat de effecten van alle andere (ongekende) variabelen reeds in de uitvoer (namelijk het geobserveerde signaal) van het systeem gereflecteerd wordt. De *recurrence plot* (RP) is in essentie eigenlijk maar een grafische voorstelling van de correlatie-integraal, met dat verschil dat een RP de temporele afhankelijkheid in de tijdsreeks bewaart.

Er wordt gesteld dat voor een goede RP er op gelet dient te worden dat de keuze van de kleurcodering *zinvol* wordt gekozen. Voor een willekeurig signaal zal de RP een uniforme verdeling van de kleuren bevatten, terwijl voor een deterministische deze meer structuur zal bevatten.

De gemiddelde wederzijdse informatie (*average mutual information*, AMI) kan gebruikt worden om de optimale waarde voor de tijdsvertraging te schatten. Het idee hierachter is dat een goede keuze voor deze tijdsvertraging τ er een is die gegeven de toestand van het systeem op tijdstip t , deze een maximum aan nieuwe informatie kan opleveren op tijdstip $t + \tau$. Er wordt gesteld dat voor τ men best het eerste minimum van de AMI-functie neemt.

Met de *false nearest neighbors* (FNN) methode kan gezocht worden naar de optimale inbeddingsdimensie. Er zijn echter nogal wat caveats aan het standaard gebruik van deze methode, met als gevolg dat men in de software een alternatieve versie heeft geïmplementeerd (deze versie heeft geen vrije parameters om arbitrair te kiezen, is robuust in geval er ruis aanwezig is en ze is niet gevoelig voor de bemonsteringsfrequentie).

Tot slot wordt afgesloten met methodes voor niet-parametrische tijdsreeksvoorspellingen (dit wordt onder andere gedaan aan de hand van lokale polynomiale modellen) en *recurrence quantification analysis* (RQA). Ook een *recurrence histogram* kan getoond worden waarin de karakteristieke periodiciteit van de tijdsreeks wordt voorgesteld.

12.4.2 Fingerprinting Traffic from Static Freeway Sensors

Referentie : [MD02]

In dit artikel wordt besproken hoe op een eenvoudige wijze inzicht kan verkregen worden in de detectordata voor de doorstromingsgraden. Dit gebeurt aan de hand van de N -curves die de detectordata cumulatief voorstellen (het zijn dus monotoon stijgende functies). De reistijden zijn af te lezen als de horizontale afstand tussen twee N -curves, de voertuigopstapeling is af te lezen als de verticale afstand. De gemiddelde doorstromingsgraad wordt gegeven door de richtingscoëfficiënt van een N -curve.

Bij realistische data is er echter een probleem : omwille van de schaal van de grafiek gaat veel informatie verloren met betrekking tot subtiele details in het verkeerspatroon (en het is net om deze details te doen). Als oplossing wordt overgeschakeld op een schuin (*oblique*) assenstelsel waarbij de Y-as zeer plat wordt gelegd en de X-as behouden. Dit heeft als gevolg dat de subtiele details nu volledig zichtbaar worden (in het artikel wordt dit vrij treffend geïllustreerd). Het

overschakelen op dit nieuwe assenstelsel werd in het verleden reeds indirect gedaan met de methode van Cassidy-Windower, waarbij een achtergrond-doorstromingsgraad van de data wordt afgetrokken.

12.4.3 Weekoverzicht

Vrijdag 16/08/2002 :

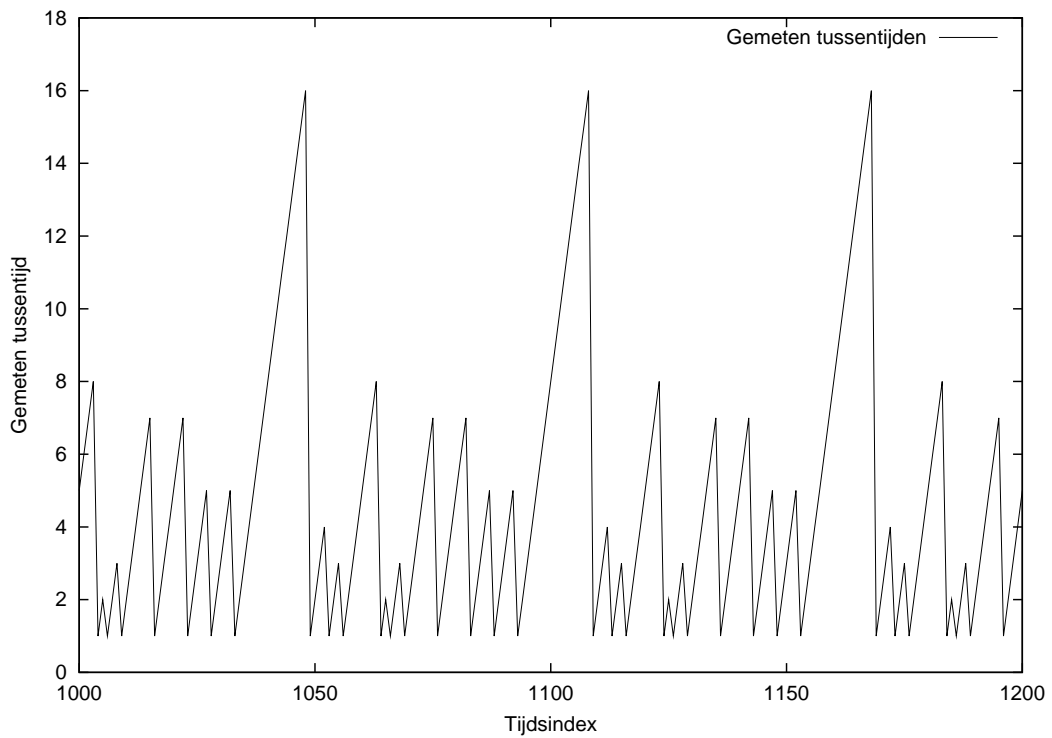
- ik ben bij Steven Logghe langsgeweest om GIS-data, *ArcView* en *MapInfo* in handen te krijgen. De GIS-data hadden we al liggen, en *ArcView* heb ik van Transport & Mobility Leuven gekregen. *MapInfo* is nog steeds zoek. Het lijkt me ook aangewezen om eerder voor *ArcView* en corresponderende GIS-data te kiezen dan voor *MapInfo* en onze reeds beschikbare data. De GIS-data voor *ArcView* dient echter nog wel bekomen te worden.

Maandag 19/08/2002 :

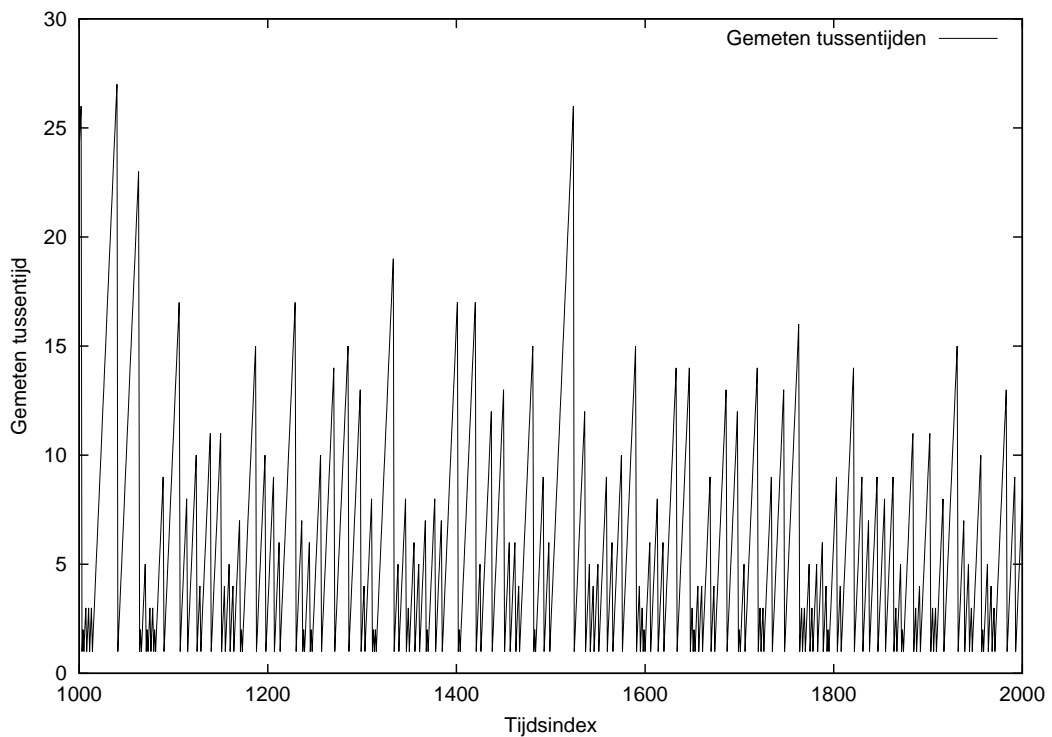
- ik heb het artikel "*Visual Recurrence Analysis Demonstration*" (zie paragraaf 12.4.1 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.
- ik heb twee reeksen simulaties gedraaid (voor de CA-189 en de STCA) met 300 cellen op een ring. De globale dichtheid werd voor beide reeksen met stappen van vier procent verhoogd. De totale simulatieduur was telkens 400000 seconden. Dit leverde in totaal 52 bestanden op met telkens 400000 getallen. Het duurde minstens 8 uur vooraleer mijn *Traffic Cellular Automata* deze databestanden had aangemaakt.
- Verder heb ik het *TISEAN (Time Series Analysis)* softwarepakket van het Internet afgehaald.

Dinsdag 20/08/2002 :

- ik heb het artikel "*Fingerprinting Traffic from Static Freeway Sensors*" (zie paragraaf 12.4.2 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.
- Met behulp van MATLAB heb ik alle databestanden die ik gisteren heb aangemaakt, gecombineerd in twee grote bestanden (elk 25 Mb) voor de data van de CA-189 en de STCA. Deze bestanden bevatten de gemeten tussentijden voor opeenvolgende voertuigen, gemeten op 1 punt in de ruimte. Deze tussentijden worden incrementeel voorgesteld, zoals besproken in paragraaf 12.2.2. Een voorbeeld van deze tussentijden is te zien in figuur 12.4 waar tijdsindex 1000 tot 1200 is weergegeven voor de CA-189 bij een globale dichtheid van 12%. Ook voor de STCA wordt een tijdsreeks getoond in figuur 12.5, dit voor eenzelfde globale dichtheid maar van tijdsindex 1000 tot 2000.



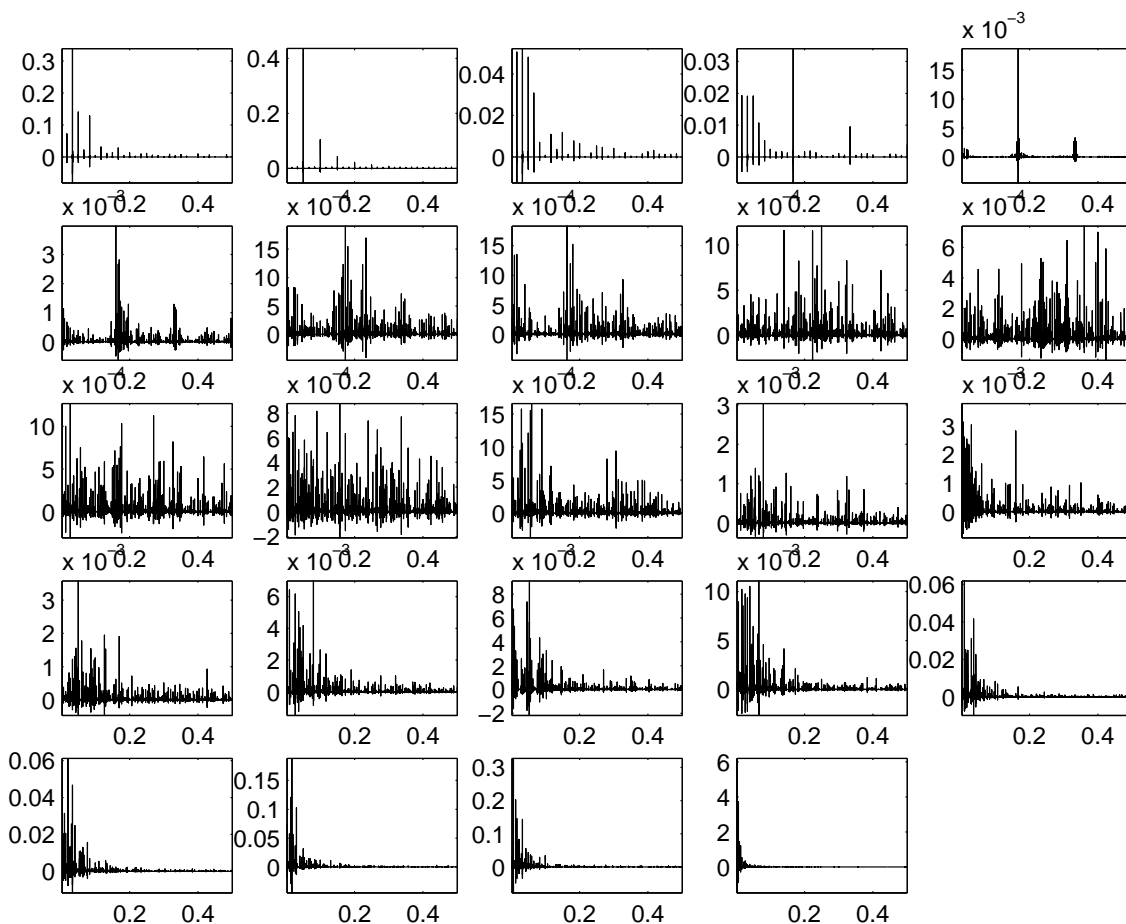
Figuur 12.4: Een deel van de tijdsreeks van de CA-189 (600 cellen) voor een globale dichtheid van 12%.



Figuur 12.5: Een deel van de tijdsreeks van de STCA (600 cellen) voor een globale dichtheid van 12%.

- Vervolgens heb ik twee batch-bestanden geschreven (`extract-ca189-psds.bat` en `extract-stca-psds.bat`) die de spectra berekenen (met behulp van het spectrum programma van het *TISEAN* softwarepakket) van alle tijdsreeksen. Daarna werden deze spectra in MATLAB ingelezen en gevisualiseerd, het resultaat is te zien in figuur 12.6 voor de CA-189 en in figuur 12.7 voor de STCA.

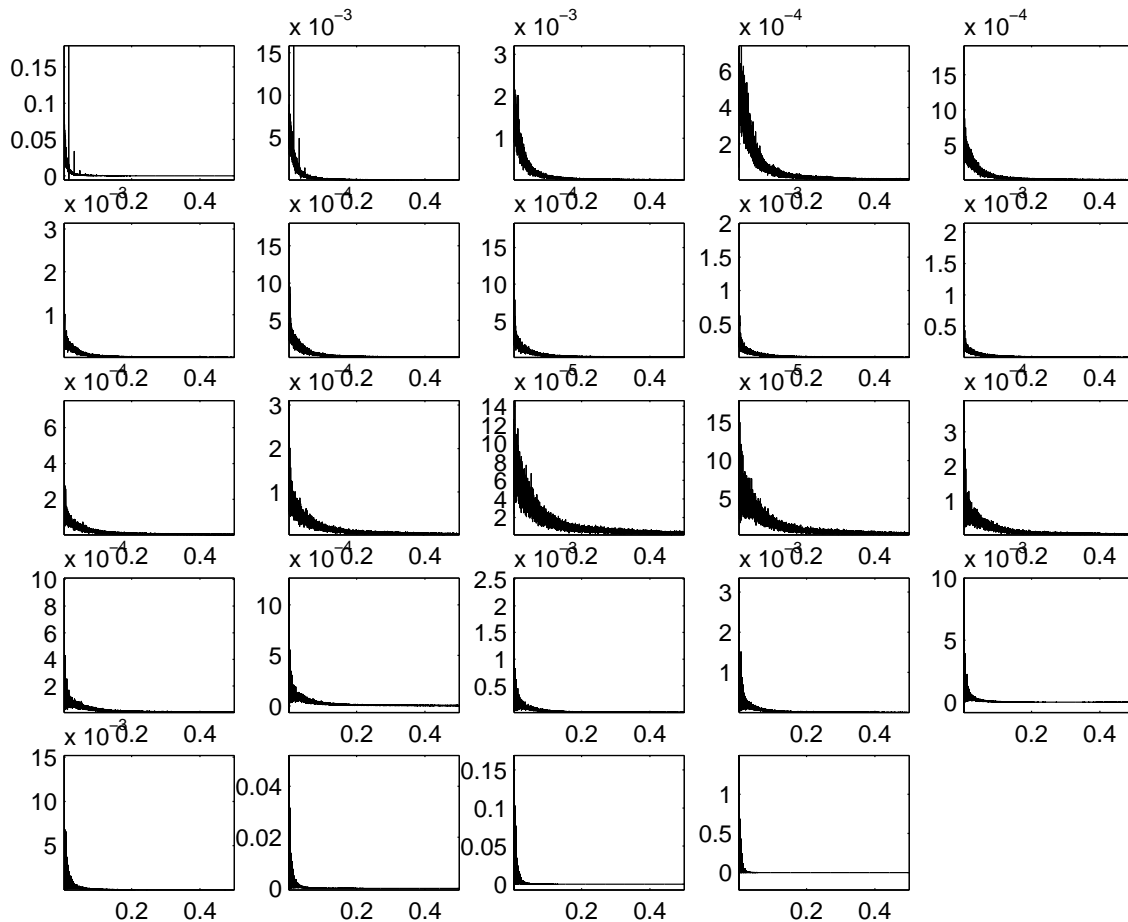
Het MATLAB-programma `PlotPSDs.m` dat deze spectra toont, verwerkt alle spectra, behalve het eerste en laatste spectrum (corresponderend met een globale dichtheid van respectievelijk 0% en 100%). Verder worden ook de eerste 1000 gemeten frequenties weggelaten (deze gaan van 0 Hz tot 0,0025 Hz), dit om de DC-component en te sterke lage frequenties uit de grafieken te weren. De reden hiervoor is dat er zeer grote schaalverschillen in de sterktes van de spectra zitten, wat maakt dat deze zonder voorbewerking niet meer zichtbaar zouden zijn op de grafieken. Ook werd het spectrum gedecimeerd omdat MATLAB problemen heeft om 199000 verschillende frequenties te plotten.



Figuur 12.6: De spectra van de CA-189 (600 cellen) in functie van een toenemende globale dichtheid.

- Als we figuur 12.6 beschouwen, dan merken we enkele interessante gegevens op : bij lage waarden voor de globale dichtheid (vooral onder de kritische dichtheid), zien we duidelijk afgebakende frequenties optreden in het spectrum. Ook de aanwezigheid van de 0,0167 Hz frequentie wordt vastgesteld; deze komt overeen met een periode van 60 s (wat de periode is die de voertuigen nodig hebben om de 600 cellen volledig rond te rijden).

Naarmate de globale dichtheid toeneemt, merken we dat het aantal frequenties eerst drastisch toeneemt en vervolgens terug afneemt. Bij dit laatste zien we dat de sterktes van de hogere frequenties sterk afnemen. In het middengedeelte blijven steeds enkel discrete pieken waarneembaar. Merk op dat er grote schaalverschillen optreden tussen de verschillende grafieken, wat maakt dat ze niet zomaar rechtstreeks met elkaar vergeleken mogen worden.



Figuur 12.7: De spectra van de STCA (600 cellen) in functie van een toenemende globale dichtheid.

- Analooq aan de vorige grafiek, zien we ook enkele interessante gegevens in figuur 12.7 : in tegenstelling tot de CA-189, merken we hier *geen* manifestaties van discrete, geïsoleerde pieken op. We zien telkens wel een soort ‘karakteristiek’ spectrum optreden, een dat sterk gelijkt op $1/f$ -ruis. Zoals reeds eerder gesteld, is het zo goed als onmogelijk (en zinloos) om geïsoleerde pieken in deze spectra te vinden, juist omdat de hele CA zich stochastisch gedraagt. Dit heeft als gevolg dat de berekende spectra slechts een indicatie van quasi-periodisch gedrag kunnen geven.

Woensdag 21/08/2002 :

- de hele dag ging naar het opzetten van een GIS-databank waarbij we het hele Vlaamse wegennet in kaart kunnen brengen. Dit proces ging in verschillende stappen :
 - we hebben een CD-ROM met daarop allerhande data (oorspronkelijk afkomstig van het departement Burgerlijke Bouwkunde).
 - Via Internet vond ik het programma *MapInfo Proviewer* waarmee ik een gedeelte van de data (BLNET10) kon bekijken. GIS-data wordt in verschillende lagen opgeslagen en dit programma liet slechts 1 laag tegelijk zien (en het is de bedoeling dat alle lagen gecombineerd worden).
 - Dankzij het departement Burgerlijke Bouwkunde heb ik bij Transport & Mobility Leuven het programma *ArcView GIS 3.1* kunnen bemachtigen. Dit programma kan echter enkel de StatSec databank op het scherm zetten, maar niet de GIS-data die de ligging van de alle autowegen, spoorwegen en waterwegen (namelijk de BLNET10 data) bevat.
 - Tom Bellemans heeft het programma *MapInfo 3.0.5* gegeven waarmee ik alle lagen van de BLNET10 data kan combineren.
 - De BLNET10 data zit in het standaard tabelformaat van *MapInfo* opgeslagen. Ik heb ze met behulp van *MapInfo* geëxporteerd naar MIF bestanden (*MapInfo Interchange Format*). Deze werden vervolgens geconverteerd naar *ArcInfo GIS* shape-bestanden en dan ingelezen als aparte lagen in *ArcView GIS*.
 - Deze nieuwe GIS-data werd vervolgens aangevuld met de reeds beschikbare StatSec data. In deze laatste databank is Vlaanderen in sectoren opgedeeld.
 - Vervolgens heb ik leren werken met *ArcView GIS* (identificatie-informatie opvragen, automatische labeling, ...).
 - Er is echter wel nog een probleem : de meeste *MapInfo* data werd zonder problemen geconverteerd naar *ArcView GIS* data. De coördinaten van de wegendata worden echter opgeslagen als meter, terwijl die van de geografische informatie van heel België worden opgeslagen in centimeter. Dit schaalverschil wordt bij de conversie echter niet in rekening gebracht, wat problemen bij visualisatie in *ArcView GIS* geeft.
 - Ik heb Jim Stada gecontacteerd om informatie omtrent de BLNET10 databank te weten te komen. Hij heeft me een extract uit een verslag [Tri95] van het studie-bureau Tritel gegeven; hierin staat beschreven welke de verschillende lagen juist zijn.

Donderdag 22/08/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het afwerken van de GIS-databank. Het schaalprobleem werd uiteindelijk opgelost, na eerst tientallen programma's afkomstig van het Internet te proberen die het mogelijk maken om GIS-data te herschalen. Echter, de meeste programma's werkten niet met onze versies van *MapInfo* en *ArcView GIS*, een ander programma werkte maar op 5/6 van de data, ... Dit alles zette me ertoe aan om zelf in Java een conversie-programma te schrijven dat alle GIS-data (in MIF-formaat) kan vermenigvuldigen met een schaalfactor.

De databank is nu volledig en het is enkel nog wachten op het Verkeerscentrum te Wilrijk om ons de data laag met de lokaties van alle lusedetectoren en camera's te geven.

12.5 Vrijdag 23/08 tot donderdag 29/08

12.5.1 Projectvoorstel reisinformatie en GSM

Referentie : [Leu]

Dit intern rapport van Transport & Mobility Leuven kan als een voorstudie beschouwd worden van het nakende DWTC project dat onder de ‘Technologische Attractie Polen’ (TAP) valt. In dit rapport worden diverse mobiele operatoren besproken die inhoud aanbieden met betrekking tot verkeersinformatie voor de gebruikers. Besproken produkten zijn die van Mobistar, CellPoint, RAM, ICS, Mobitex, Webraska, Decell, VTT, ...

Sommige zaken worden duidelijk op een rijtje gezet : GSM is *circuit-switched* (goed voor spraak), GPRS is *packet-switched* (goed voor data), WAP is een protocol (in tegenstelling tot GPRS dat een netwerktechnologie is), idem dito voor SMS en UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) is een nieuw netwerk met veel grotere bandbreedte dan klassieke GSM. Ook diverse manieren tot lokalisering worden besproken, alsmede de gepatenteerde methodes om dit nauwkeurig uit te voeren (met betrekking tot ruisfiltering en dergelijke).

12.5.2 Extended Floating-Car Data for the Acquisition of Traffic Information

Referentie : [HLO]

Dit artikel beschrijft een mogelijk gebruik van *extended floating car data* (XFCD). De basisfunctionaliteit wordt gevormd door het versturen van snelheids- en positieinformatie waardoor de reis van een voertuig op een digitale wegenkaart kan gevolgd worden (en opstoppingen aan het licht worden gebracht). Belangrijk om op te merken is dat men niet enkel de gemiddelde snelheid voor een stuk van het traject berekent, maar ook de variantie aangezien deze laatste informatie kan geven over de mate waarin een verstoring zich manifesteert in de verkeersstroom.

De uitgebreide data (XFCD) omvat bijvoorbeeld ook de toestand van de ruitenwissers, de buitentemperatuur, de toestand van de lichten van het voertuig, ... De bedoeling is dat deze data door het voertuig zelf omgezet wordt in verschillende boodschappen zodat deze laatste naar het centrale datacentrum kunnen gestuurd worden.

Het artikel sluit af met een korte bespreking van de veldtesten met het LoCoMoTiV systeem, wat in verschillende fases zal gebeuren. Concreet zal dit leiden tot de demonstratie van een aan te bieden dienst, namelijk de *Local Danger Warning*, die bestuurders in staat stelt te anticiperen op de verkeerssituaties (met betrekking tot de weerstoestand) voorop.

12.5.3 Floating Car Data on a Larger Scale

Referentie : [Fas]

Hier wordt besproken hoe de onderzoekers bij Mannesmann Autocom omgaan met de problemen die rijzen bij het uitwerken van een systeem dat met *floating car data* (FCD) werkt, en dit aan de hand van Europa's grootste veldtest : VERDI (*VEhicle Relayed Dynamic Information*). Opmerkelijk is dat wordt vermeld dat de meeste gebruikers van een FCD systeem (direct of indirect) weten dat hun voertuig in principe data *kan* versturen, en dat het voertuig deze data ook *mag*

versturen (de bestuurder ondertekende immers een overeenkomst toen hij deze boorbaarheid kocht).

In het artikel staat beschreven dat de FCD op zijn minst door een GSM verzameld kan worden en de lokalisatieinformatie door GPS. Omwille van de te grote overhead bij de datatransmissie (en de te grote hoeveelheid aan te versturen data), wordt er geopteerd om de intelligentie en expertkennis over het verwerken, evalueren en comprimeren van de ruwe data voor de FCD, te decentraliseren (met andere woorden, dit alles gebeurt in het voertuig zelf). Praktische problemen die rijzen van zodra de FCD op het datacentrum binnenkomt, zijn onder andere de correcte plaatsbepaling van het voertuig op een digitale wegenkaart en het feit dat er rekening dient gehouden te worden met voertuigen die zich met een lage snelheid voortbewegen, zij het dan wel op de pechstrook of een parking.

Wat de privacy betreft, kan een speciaal toestel (de A-doos met de A van Anonimiteit) geplaatst worden tussen het GSM netwerk en de aanbieder van de diensten, zodat alle informatie gerelateerd aan de identiteit van de gebruiker (bijvoorbeeld het telefoonnummer), onderdrukt kan worden.

Interessant om lezen was de veldtest die uitgevoerd werd op een stuk autostrade waar een opstopping in kaart werd gebracht met behulp van de verschillende lusdetectoren. Verbluffend was dat diezelfde opstopping vrij nauwkeurig werd weergegeven door middel van de FCD, en dit door slechts een 200-tal metingen (in tegenstelling tot de ruim 20000 metingen die gedaan werden met de lusdetectoren). Dit laatste doet bij mij wel de vraag rijzen of diezelfde opstopping ook niet nauwkeurig vastgesteld kon worden met *minder* metingen met de lusdetectoren, wat een mogelijk oneerlijke vergelijking uit de weg ruimt.

Een belangrijke opmerking waarmee het artikel afsluit is dat er nog werk aan de winkel is : het grootste probleem zit in het gebruik van de FCD in stedelijke gebieden, waar tal van andere problemen de kop opsteken. En tot nu zal een gebruiker het niet aanvaarden dat zijn persoonlijke verkeersinformatie gewoon stopt van zodra hij de autosnelweg verlaat en het stedelijk gebied binnen rijdt.

12.5.4 Floating Car Data Analysis of Urban Road Networks

Referentie : [KL]

Het gebruik van *floating car data* (FCD) in een stedelijk gebied vergt een stuk meer inspanning dan het gebruik ervan op autosnelwegen. Een van de redenen (naast alle technische perikelen omtrent de signaalsterktes, weerkaatsingen, ...) hiervoor is dat er in een stedelijk gebied sprake is van verkeerslichten, wat aanleiding tot wachtrijen geeft. Om dit te modelleren wordt in dit artikel voorgesteld om het wegennetwerk op te delen in verschillende segmenten, waarvoor dan een 'karakteristiek' wordt berekend. Deze berekening steunt dan weer op het feit dat het model dat gebruikt wordt zal bestaan uit een deel voor vrij-stromend verkeer en een deel voor opgestopt verkeer (namelijk het deel van het verkeer op een segment dat voor het licht in een wachtrij staat). Belangrijk om te onthouden is dat het voorgestelde model geen te fitten parameters bevat, maar slechts twee 'universele' constantes (namelijk de effectieve voertuiglengte en de oplossingsgraad van een wachtrij).

12.5.5 Statistical Analysis of Floating Car Data Systems

Referentie : [Mic01]

Dit is een bijzonder interessant artikel aangezien het vanuit een zeer duidelijke vraagstelling vertrekt : wat is het minimum aantal voertuigen, uitgerust om *floating car data* (FDC) te versturen, dat nodig is om – gegeven een betrouwbaarheidsinterval voor de gemiddelde snelheid en de huidige situatie op de weg – een betrouwbare schatting voor de gemiddelde snelheid te geven ? Vooreerst wordt uitgelegd wat het verschil is tussen een collectiegraad (GPS bemonsteringspunten) en een evaluatiegraad (voorafgedefinieerde checkpunten). Dan wordt gesteld dat de snelheid van een voertuig in een segment willekeurig is (omwille van verschillende niet-voorspelbare invloeden), wat maakt dat deze als een statistische verdeling dient gemodelleerd te worden. Aansluitend hierop worden enkele belangrijke standaard statistische grootheden gedefinieerd, met als laatste de variatiecoëfficiënt. Het blijkt dat voor verkeer deze coëfficiënt nogal typische waarden kan aannemen die de toestand van het verkeer kunnen karakteriseren. Na de schatting van de gemiddelde snelheid van alle voertuigen in een segment, wordt een verband opgesteld met het aantal voertuigen in dit segment. Hierbij wordt dan een betrouwbaarheidsinterval gebruikt en uitgaande van dit laatste kan een minimum aantal voertuigen bepaald worden om een nauwkeurige schatting van de gemiddelde snelheid te maken.

12.5.6 Fusion of Local Traffic Data and Floating Car Data for Travel Speed Estimation by a Neuro Fuzzy Approach

Referentie : [Off]

Dit artikel beschrijft hoe een implementatie eruit kan zien om de lokale verkeersdata (gemeten door de lusdetectoren) en de *floating car data* (FCD) te fusioneren. De geldigheid van de FCD is hierbij afhankelijk van de grootte van de sample-set. Er wordt gesteld dat, uitgaande van een statistische analyse, de FCD enkel als een extra parameter kan/mag beschouwd worden voor de schatting van de reissnelheid (dit omwille van het feit dat in de nabije toekomst slechts een vijftal procent van de verkeersstroom met FCD uitgerust zal zijn). Praktisch gezien zal in deze aanpak de reissnelheid constant geschat worden (in intervallen van vijf minuten), waarna deze in een vage-logica module wordt verwerkt. Er wordt een classificatie van de verkeerstoestand opgemaakt, uitgaande van de beste voorstelling van deze toestand door de aanwezige gegevens. Het systeem wordt vervolgens nog automatisch gecalibreerd met behulp van een neurale trainingsprocedure die een snelle en continue convergentie garandeert.

12.5.7 Time Series Analysis – An Introduction

Referentie : [Ave]

Dit vrij inleidend webextract begint al direct met een basisveronderstelling : de tijdsintervallen tussen verschillende observaties dienen constant te zijn. Verder wordt er besproken wat stationariteit van een tijdsreeks inhoudt en hoe door middel van transformaties de trends en het seizoens-effect omgezet kunnen worden. Als belangrijke techniek wordt de autocorrelatie aangehaald, met wel één belangrijke caveat : trends in de tijdsreeks dienen a priori verwijderd te worden anders kunnen deze te sterk het correlogram domineren en een vals beeld opleveren. Vervolgens wordt er kort ingegaan op de ARIMA (*AutoRegressive Integratieve Moving Average*) modellen van Box-Jenkins. Er wordt afgesloten met analyse in het frequentiedomein met behulp van het periodogram en een spectraalanalyse.

12.5.8 Time Series Prediction by Using Delay Coordinate Embedding

Referentie : [Sau93]

In de inleiding van dit artikel wordt gesteld dat de analyse van een tijdsreeks, zoals geproduceerd door een lineair proces, gebaseerd is op het feit dat een eindig-dimensionaal lineair systeem een signaal produceert dat gekarakteriseerd wordt door een eindig aantal frequenties. Dit in tegenstelling tot een chaotisch signaal dat meestal een continu Fourier spectrum heeft. Als interessante oplossing hiervoor kan de toestandsruimte gereconstrueerd worden door gebruik te maken van *delay coordinate embedding*. Men kan zelfs nog verder gaan en het verband onderzoeken tussen de coördinaten van een punt op de attractor en die van een punt dat een tijd later optreedt (dit met behulp van Lyapunov exponenten).

In dit artikel wordt een implementatie uitgewerkt die gebruik maakt van conventionele filters, interpolatie en een eigenwaarde ontbinding (*singular value decomposition*, SVD). In hun methode, wordt de informatie van de tijdsreeks met een venster met lengte w gebruikt om een m -dimensionale vector te berekenen die de huidige toestand van het systeem voorstelt. De dynamica in deze m -dimensionale ruimte wordt dan lokaal gemodelleerd met een l -dimensionale lineaire mapping (waarbij dan de meest geschikte l -dimensionale deelruimte wordt gebruikt).

Vervolgens wordt ingegaan op de grondslag van hun methode tot het voorspellen van tijdsreeksen : de huidige toestand van het systeem wordt geïdentificeerd en vervolgens wordt het reeds verlopen verleden afgezocht voor gelijkaardige toestanden. Er wordt uitgelegd hoe de attractor gereconstrueerd wordt en hoe op lange termijn de klassieke filtertechnieken kunnen blijven gebruikt worden (om bijvoorbeeld eerst ruis weg te filteren).

Het lokale model van de dynamica in de buurt van de huidige toestandsvector wordt geconstrueerd door de dichtste burens van deze toestand te gebruiken. In praktijk is dit echter niet altijd mogelijk aangezien er misschien niet genoeg burens zijn of er geen burens zich in een zekere straal bevinden. Om hieraan tegemoet te komen, wordt de tijdsreeks geïnterpoleerd om op deze manier de bemonsteringsfrequentie artificieel te laten toenemen.

Het artikel gaat vervolgens verder met een bespreking van hoe de predictiefunctie kan geschat worden. Hiertoe wordt in de trainingsset gezocht naar de dichtste buur op elk trajectoriesegment. Van al deze burens wordt vervolgens het massamiddelpunt bepaald, de beste laag-dimensionale lineaire deelruimte door dit punt gezocht (hierbij wordt SVD gebruikt). Daarna worden de datapunten geprojecteerd op deze deelruimte en het model erop geëvalueerd.

Ter afsluiting wordt een bespreking gegeven van enkele details en worden er voorbeelden uitgewerkt die het voorspellingsproces duidelijk illustreren (dit op basis van de Santa Fe laserdata en data opgeleverd door de Lorenz-vergelijkingen). Er wordt besloten met te stellen dat in hun methode de parameters onafhankelijk te kiezen zijn, wat essentieel is aangezien ze alle drie redelijk verschillende aspecten van de toestandsruimte en de voorspelling behandelen.

12.5.9 Practical implementation of nonlinear time series methods : The TISEAN package

Referentie : [HKS99]

”Introduction”

Het uitgangspunt van dit artikel wordt gevormd door te stellen dat het noodzakelijk is dat de methodes voor niet-lineaire analyse van tijdsreeksen wijd verspreid en gebruikte dienen te worden. Als bijdrage tot dit proces bespreekt het artikel de implementatie van dergelijke algoritmes en het gebruik ervan. Dit resulteerde in het *TISEAN* softwarepakket (beschikbaar voor Windows, Unix en Linux) dat werkt met tijdsreeksen in ASCII-formaat.

”Phase Space Representation”

Een deterministisch dynamisch systeem beschrijft de evolutie van een systeem in de tijd (dit in een zekere toestandsruimte). Dit kan gebeuren aan de hand van gewone differentiaalvergelijkingen (continue tijd) of met behulp van een mapping (discrete tijd). De tijdsreeks is dan een sequentie van observaties die op de een of andere manier gebruikt worden om de multidimensionale structuur van de toestandsruimte te reconstrueren. De belangrijkste methode hiertoe is door middel van *delay coordinate embedding*. De waarden van de parameters m (de inbeddingsdimensie) en τ (de tijdsvertraging) hangen grotendeels af van de toepassing. Voor deze inbedding kunnen de programma's `delay` en `embed` gebruikt worden.

Een keuze voor de tijdsvertraging τ kan gemaakt worden met de programma's `autocor`, `corr` en `mutual`. Een te kleine waarde zorgt dat alle geconstrueerde vectoren rond de diagonaal liggen, terwijl een te grote waarde alle vectoren schijnbaar willekeurig in de ruimte distribueert. Een keuze voor de waarde van de inbeddingsdimensie m kan gevonden worden met het programma `false_nearest`. Het gebruik van de mutuele informatie kan gerechtvaardigd worden vermits deze ook niet-lineaire correlaties in rekening brengt, in tegenstelling tot de autocorrelatiefunctie. Indien de inbeddingsdimensie strikt kleiner dan drie is, dan bestaan er goede argumenten om het eerste minimum van de mutuele informatie te gebruiken als waarde voor de tijdsvertraging. Indien men principaal component analyse wilt toepassen (dit kan gedaan worden met de programma's `svd` en `pc`) dan is het aangeraden om een korte tijdsvertraging te nemen en een grotere inbeddingsdimensie. Het gebruik van een SVD-filter is gerechtvaardigd wanneer men de optimale tijdsvertraging wilt bepalen of wanneer men de signaal/ruisverhouding wilt optimaliseren.

Hoog bemonsterde data van een tijdsreeks wordt gekarakteriseerd door het feit dat ze een Lyapunov exponent gelijk aan nul hebben in de richting tangentieel aan de trajectories (i.e., marginaal stabiele richtingen). Deze specifieke richting elimineren gebeurt door middel van een Poincaré-sectie (met behulp van het programma `poincare`). Als een van de gevoelige parameters dient de positie van een hypervlak opgegeven te worden, dit kan gezocht worden met behulp van het programma `extrema`.

”Visualization, Non-Stationarity”

Opstellen van *thresholded recurrence plots* (TRP) kan met behulp van het programma `recurr`. Dit programma levert wel zwart/wit beelden af waarbij de drempelwaarde zelf dient gekozen te worden. Er wordt opgemerkt dat wat het testen op stationariteit betreft, de TRP niet echt gevoelig is voor de keuze van de inbeddingsdimensie m . Visualisatie van de TRPs kan gebeuren met behulp van de *Recurrence Quantification Analysis* software van Charles L. Webber, Jr. In tegenstelling tot een *recurrence plot* die absolute tijden toont, kan men een ruimte-tijd scheidingsplot (*space-time separation plot*) gebruiken die enkel relatieve tijden toont, dit kan met behulp van

het programma `stp`. Een dergelijke plot toont hoe groot de afstand (in tijd) tussen punten zou moeten zijn opdat we kunnen aannemen dat ze onafhankelijke samples vormen (overeenkomstig de invariantie-meting natuurlijk).

”Nonlinear Prediction”

Het uitgangspunt is dat het kunnen voorspellen van een tijdsreeks één van de manieren is waarop correlaties tussen de gegevens zich kunnen uitdrukken. Het eerste waarover gesproken wordt is model validatie, die een quantificatie van voorspelbaarheid kan geven. Een eerste eenvoudige niet-lineaire voorspelling kan gedaan worden met het programma `zeroth` dat enkel een nulde-orde lokale benadering gebruikt (hierbij wordt dan geadviseerd om een omgeving te gebruiken die minstens zo groot is als het niveau van de ruis, mogelijk nog groter). Het zoeken naar niet-stabiele periodische orbits (UPOs) kan gebeuren met het programma `upo`, waarbij dan wel een gladde kernel gebruikt wordt (omdat een afleidbare versie, in tegenstelling tot de nulde-orde voorspelling, een vereiste is). Er wordt wel gesteld dat het vinden van deze UPOs geen garantie voor determinisme is. Lokale lineaire benaderingen kunnen gebeuren met het programma `one-step`. Als tegenhanger hiervan kan men een globale niet-lineaire fit op de gegevens uitvoeren met behulp van radiale basisfuncties en polynomen (met de programma's `rbf` en `polynom`). Een belangrijke slotopmerking is dat deze globale benaderingen het geobserveerde proces slechts beschrijven in het gebied waar er datapunten zijn, daarbuiten is de vorm van het model afhankelijk van de aannames die voor de benadering gemaakt werden.

”Nonlinear Noise Reduction”

Het filteren van signalen van niet-lineaire systemen vereist het gebruik van speciale methodes aangezien de gebruikelijke technieken een ongunstige interactie met de niet-lineaire structuur kunnen hebben. De spectra van dergelijke signalen zijn nogal breedband en er bestaat geen rechtvaardiging om een ruiscomponent gemakkelijk te onderscheiden. In plaats van structuur in het Fourier spectrum te gebruiken, wordt de structuur in de niet-lineaire faseruimte gebruikt. Een voorbeeld hiervan is lineaire geometrische filtering waarbij in de faseruimte de hoofdrichtingen van de verdeling van de datapunten wordt gezocht, waarna de datapunten op deze hoofdrichtingen geprojecteerd worden. Als eerste eenvoudige methode wordt de centrale coördinaat van elke inbeddingsvector vervangen door het lokaal gemiddelde van deze coördinaat (dit kan met het programma `lazy`). Een andere methode gaat uit van de veronderstelling dat de gemeten data afkomstig is van een laag-dimensionaal dynamisch systeem en hoog-dimensionale ruis. Hierbij wordt dan een laag-dimensionale manifold gezocht waarop de data ligt terwijl de ruis deze data van de manifold zal afdrijven. Er dient een notie van orthogonaliteit gebruikt te worden en het is aangewezen om *niet* de Euclidische metriek te gebruiken aangezien we meestal met temporele data werken en we de dynamiek van het systeem zelf niet mogen wegfilteren. De programma's `ghkss`, `project` en `noise` kunnen hiertoe gebruikt worden.

”Lyapunov Exponents”

Chaos komt voort uit de exponentiële groei van infinitesimaal kleine verstoringen, te samen met opbouw-mechanismes die de gebondenheid van oplossingen karakteriseren. Het Lyapunov spectrum geeft weer in welke ruimtelijke richting (in de faseruimte) en in welke mate de attractor zich uitstrekt of samenbalt. Aangezien de echte faseruimte niet altijd gekend is en deze wordt gemimiceerd door de reconstructieruimte, kan het gebeuren dat er meer Lyapunov exponenten berekend worden dan er fysisch zijn (men noemt deze dan valse exponenten). Met behulp van de programma's `lyap_k` en `lyapunov` kan men met een robuust consistente en vrij-van-bias schatter de maximale Lyapunov exponent schatten. Een voorwaarde voor het exponentieel divergeren van trajectories is dat er een lineair stuk aanwezig is in de grafiek die met beide programma's kan geconstrueerd worden. Berekenen van het volledige Lyapunov spectrum gebeurt

met het programma `lyap_spec`. Er wordt opgemerkt dat blindelings toepassen van deze methodes tot zinloze resultaten kan leiden en dat een goede test mogelijk is aangezien het Lyapunov spectrum en de fractale dimensie van de attractor sterk aan elkaar gerelateerd zijn.

”Dimensions and Entropies”

Als eerste invariante maatstaf wordt de correlatiedimensie besproken (hiervoor komen de programma's `d2`, `c2` en `c2naive` in aanmerking). De informatie-dimensie D_1 (die wordt benaderd door de Kaplan-Yorke dimensie) kan berekend worden met het programma `c1`. Entropieën zijn informatie-theoretische concepten die karakteriseren welke hoeveelheid informatie nodig is om een volgende meting met een zekere nauwkeurigheid te kunnen voorspellen. De Kolmogorov-Sinai entropie wordt ook berekend met het programma `d2`. De correlatie-entropie is een ondergrens voor de KS-entropie, die op haar beurt weer kan geschat worden als de som van de positieve Lyapunov exponenten.

”Testing for Nonlinearity”

Meestal wordt aangeraden om het voordeel uit te buiten van de goed-bevonden spectrale methodes en dergelijke en om dan pas (na positief bewijs hiervoor) rond te duinen in de wereld van de niet-lineaire technieken. De mate van niet-lineariteit kan op verschillende manieren berekend worden. Een van deze is de methode met de surrogate data waarbij een nulhypothese wordt voorop gesteld en *constrained realizations* van deze nulhypothese worden gebruikt. Niet-Gaussiaans zijn is de eenvoudigste soort handtekening van niet-lineariteit, maar ze kan wel een triviale reden hebben (namelijk dat de data tijdens het meten vervormd werd). Het programma `surrogates` meet dit met behulp van de *amplitude adjusted Fourier transform* (AAFT). Naast de vele bestaande methodes kan men ook geavanceerdere statistische methodes gebruiken, zoals de hogere orde autocorrelatiefunctie (met behulp van het programma `autocor3`).

12.5.10 Weekoverzicht

Vrijdag 23/08/2002 :

- ik heb – op vraag van Stefaan Hoornaert – een e-mail gestuurd naar het Verkeerscentrum te Wilrijk met daarin een concretere vraagstelling. Hierin vraag ik naar de modaliteiten omtrent het bekomen van de telgegevens, de GIS-datalaag met de locaties van de lusdetectoren en camera's, de voorbewerking die op de telgegevens wordt uitgevoerd en de specificaties omtrent de nauwkeurigheid van de sensoren. Ook heb ik voorgesteld om eens met André Nysten samen te zitten, hij is verantwoordelijk voor de technische kant aan de databank met telgegevens.
- Ik heb de artikels *”Projectvoorstel reisinformatie en GSM”* (zie paragraaf 12.5.1 voor meer informatie hieromtrent), *”Extended Floating-Car Data for the Acquisition of Traffic Information”* (zie paragraaf 12.5.2 voor meer informatie hieromtrent), *”Floating Car Data on a Larger Scale”* (zie paragraaf 12.5.3 voor meer informatie hieromtrent) en *”Floating Car Data Analysis of Urban Road Networks”* (zie paragraaf 12.5.4 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Maandag 26/08/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het afwerken van het DWTC voorstel voor TAP (Technologische Attractie Polen), dit op vraag van Transport & Mobility Leuven. Ik heb de belangrijkste stukken aangedikt en het overzicht van het voorstel uitgeschreven (alsmede vertaald naar het Engels).

Dinsdag 27/08/2002 :

- ik heb de artikels "*Statistical Analysis of Floating Car Data Systems*" (zie paragraaf 12.5.5 voor meer informatie hieromtrent) en "*Fusion of Local Traffic Data and Floating Car Data for Travel Speed Estimation by a Neuro Fuzzy Approach*" (zie paragraaf 12.5.6 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Woensdag 28/08/2002 :

- ik heb de artikels "*Time Series Analysis – An Introduction*" (zie paragraaf 12.5.7 voor meer informatie hieromtrent) en "*Time Series Prediction by Using Delay Coordinate Embedding*" (zie paragraaf 12.5.8 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Donderdag 29/08/2002 :

- indirect antwoordend op mijn vraag, heeft Bart De Moor me de opdracht gegeven om uit te vissen hoe we HK05 "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" volgend academiejaar 2002 – 2003 gaan aanpakken. Ik heb mijn didactische gegevens van dit academiejaar gegeven, alsmede die van volgend academiejaar. Daarnaast heb ik samen met Patrick Glenisson een document afgewerkt dat richtlijnen voor de gastdocenten uitschrijft, dit met betrekking tot de materiële kant van hun presentaties. Tot slot heb ik ook het Toledo-systeem bestudeerd, maar hier rees al direct het probleem dat HK05 nog niet in de databank zit (en ik er dus ook geen docent van ben).
- Ik heb delen 1 ("*Introduction*") en 2 ("*Phase Space Representation*") van het artikel "*Practical implementation of nonlinear time series methods : The TISEAN package*" (zie paragraaf 12.5.9 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

12.5.11 Planning

- Ik zou graag volgend artikel hebben : M. Casdagli, *Recurrence plots revisited*, Physica D – Nonlinear Phenomena, volume 108 (1–2), pagina's 12–44, januari 1997. Ik heb de aanvraag per e-mail doorgestuurd naar Guy Hermans (contactpersoon ex-bibliotheek TELE).

Deel II
Academiejaar 2002 - 2003

Hoofdstuk 13

September 2002

13.1 Vrijdag 30/08 tot donderdag 05/09

13.1.1 The development of the space-time view of quantum electrodynamics

Referentie : [Fey65]

Dit document is een neerschrift van het verhaal dat Richard Feynman vertelde toen hij de Nobelprijs opgedragen kreeg. Het vertelt op een menselijke manier hoe hij tot zijn uiteindelijke QED theorie kwam en met welke mensen hij destijds in contact trad. De inleidende paragraaf is bijzonder aantrekkelijk om te lezen, aangezien hier wordt verteld dat men, bij het schrijven van artikels, meestal de gewoonte heeft om alle paden te volgen en alles uit te spitten tot er geen ruimte voor twijfel meer is en dat men (spijtig genoeg) nooit volledig kan vertellen welke paden men volgde om tot de uiteindelijke resultaten te komen. In zware tegenstelling tot het vorige gegeven, vertelt Feynman zijn volledige verhaal (met alle dalen en pieken) aangezien hij het nergens anders dan op de lezing van de Nobelprijs kan doen.

13.1.2 Recurrence Quantification Analysis and Principal Components in the Detection of Short Complex Signals

Referentie : [ZGW98]

In de context van chaotische signalen blijken methodes zoals klassieke Fourier analyse te falen. Nieuwere methodes zoals (*thresholded*) *recurrence plots* (TRPs) leveren andere inzichten op. In deze TRPs wijzen lijnsegmenten parallel met de hoofddiagonaal op punten die elkaar kort opeenvolgen in de tijd (en in theorie niet in willekeurige signalen voorkomen). Om TRPs te analyseren werden een hele reeks variabelen bedacht (zoals REC, DET, ENT, DIV, TREND en DIS), deze variabelen zijn op de een of andere manier met elkaar gecorreleerd en toepassing van PCA lijkt dan ook niet zo ver uit de lucht gegrepen. Om dit te doen werden diverse tijdsreeksen aan de berekeningen onderworpen, waarna met een eenvoudige binaire discriminantanalyse gekeken werd in hoeverre de signalen goed geclassificeerd werden (hiertoe werd PCA uitgevoerd en werd enkel de eerste principaal component overgehouden). Het is gebleken dat de classificatie zeer goed gebeurde, dit voor een reeks van zestien tijdsreeksen.

13.1.3 Recurrence quantification analysis as a tool for the characterization of molecular dynamics simulations

Referentie : [MGWZ99]

Dit artikel bespreekt het gebruik van RQA bij de quantitative analyse van de trajectories van moleculen (onderhevig aan een zekere dynamica). Belangrijk bij het kiezen van een analyse-methode, is dat deze methode afhankelijk dient te zijn van de dynamische componenten in de data en de relatieve onafhankelijkheid van de zuiver statistische karakteristieken. Dit kan uitgedrukt worden als de gevoeligheid voor de zogeheten ‘fase-informatie’. Een manier om dit te definiëren is door de tijdsreeks door elkaar te schudden. De teststrategie voor RQA in dit artikel is zeer eenvoudig : de RQA-metingen voor een bepaalde vloeistofsimulatie dienen enerzijds invariant te blijven na het door elkaar schudden van de tijdsreeks, terwijl deze voor een andere vloeistofsimulatie drastisch dienen te veranderen.

Bij het toepassen van RQA wordt gesteld dat indien er ruis in de tijdsreeks zit, men de inbeddingsdimensie beter te hoog dan te laag kan nemen. Daarnaast is het zo dat bij de interpretatie van een TRP, men kan zien dat elementen dichtbij de hoofddiagonaal overeenkomen met correlaties over korte afstanden. Eén van de resultaten in het artikel is dat RQA metingen van een bepaalde door elkaar geschudde tijdsreeks statistisch niet veel verschillen van de oorspronkelijke tijdsreeks, wat duidt op een willekeurige bemonstering van de faseruimte door het systeem, zelfs indien de bemonstering gedreven wordt door een deterministische ‘motor’.

13.1.4 A Case where a Paradox Like Braess’s Occurs in the Nash Equilibrium but Does Not Occur in the Wardrop Equilibrium – A Situation of Load Balancing in Distributed Computer Systems

Referentie : [KAK]

De Braess paradox (in de context van verkeer) stelt dat door het toevoegen van capaciteit aan het netwerk, het kan gebeuren dat de performantie van alle gebruikers erin verslechtert. Het kader van het Wardrop equilibrium werkt met een oneindig aantal individuen waar de beslissing van elk individu afzonderlijk een verwaarloosbaar effect op de performantie van de anderen heeft. In het kader van het Nash equilibrium wordt met een eindig aantal individuen gewerkt en zal de beslissing van een afzonderlijk individu een niet-verwaarloosbaar effect op de performantie van de anderen hebben. Men stelt dat de Braess paradox optreedt voor een Nash equilibrium indien het aantal individuen zeer groot wordt (en indien de paradox in het overeenkomstige Wardrop equilibrium optreedt). In dit artikel wordt een gevalstudie uitgewerkt waarin deze paradox *wel* in het Nash equilibrium optreedt maar *niet* in het Wardrop equilibrium.

In de inleiding wordt duidelijk weergegeven welke drie verschillende optima mogelijk zijn :

- (1) **Systeemoptimum** : voldoet aan één enkele totale kost die geoptimaliseerd moet worden.
- (2) **Gebruikersoptimum** : een oneindig aantal individuen waarvan geen enkele een voordeel kan halen uit het veranderen van zijn beslissing.
- (3) **Nash niet-coöperatief optimum** : een eindig aantal individuen waarvan geen enkele een voordeel kan halen uit het veranderen van zijn beslissing.

Er geldt dat (3) zich herleidt tot (1) indien het aantal individuen één wordt en (3) benadert (2) indien het aantal individuen oneindig wordt.

13.1.5 Connexion and completion of traffic data recorded unevenly in space and time

Referentie : [AS]

Dit artikel beschrijft een drie-stappenplan om verkeersdata (die niet-uniform bemonsterd werd in tijd en ruimte) aan te vullen en te gebruiken voor eventuele voorspellingen. In een eerste fase wordt zuiver theoretisch gewerkt (klassieke statistische methodes worden herbekeken en veralgemeend naar niet-lineaire stochastische problemen met behulp van methodes voor de analyse van tijdsreeksen). In een tweede fase worden modellen vanuit de fysica gebruikt (zoals bijvoorbeeld cellulaire automaten die artificiële data opleveren naast de te capteren reële data) en in een derde fase wordt de synthese van de eerste twee fases bewerkstelligt.

13.1.6 On the Constructive Role of Noise in Spatial Systems

Referentie : [GCBZ98]

In dit artikel wordt uitgewerkt hoe het toevoegen van ruis aan een principaal component analyse van een geografisch probleem ertoe leidde dat een onderscheid kon gemaakt worden tussen de hele zwakke, maar informatieve, componenten en de ruis die inherent aan de data is. De klassieke filtertechnieken die men gebruikt om een verschil te maken tussen signaal en ruis, kunnen ervoor zorgen dat semantisch belangrijke informatie, die verborgen zit in zwakke signalen, weggefilterd wordt. De techniek van stochastische resonantie (SR) baseert zich op de samenwerking met een niet-lineair coöperatief effect, dat optreedt wanneer een zwak periodisch signaal in resonantie treedt met willekeurige fluctuaties. De test die hier uitgevoerd werd, bestond uit het meten van de afstanden van 33 Europese steden, ten opzichte van 5 punten in een centraal gebied in Italië. De eerste PC verklaarde meer dan 99% van de variantie (de zuivere afstand, i.e. het sterkste signaal), de tweede en derde PC leverden de angulaire informatie (i.e., het zwakke signaal) en de vierde en vijfde PC leverden ruis op. Door toevoeging van ruis aan de metingen, en het opnieuw berekenen van de principaal componenten, kon men een herkenningstest (gebaseerd op Pearson's correlatie coëfficiënt) uitvoeren die duidelijk aan het licht bracht dat de vierde en vijfde PCs zuivere ruis waren.

13.1.7 Theory of Cellular Automata

Referentie : [Avn00]

Dit artikel bekijkt cellulaire automaten vanuit een ander standpunt : eerst wordt kort een inleiding gegeven van wat een CA juist is en hoe definities ervan uitzien (regelverzamelingen), waarna over wordt gegaan op de kwalitatieve regeling met behulp van Chris Langton's parameter λ . Al vrij snel wordt vervolgens naar het hoofddeel van het artikel overgegaan : de relatie met dynamische systemen en de karakterisatie van het gedrag van een CA (hierbij worden onder andere de vier klassen van CAs besproken die Stephen Wolfram destijds identificeerde). Ook wordt de vraag gesteld welke de criteria zijn die nodig zijn om een systeem te hebben dat in staat is om universele berekeningen uit te voeren (zoals bijvoorbeeld de universele Turingmachine). Het antwoord hierop wordt geformuleerd aan de hand van drie regels : de dynamica van het systeem dient informatie te kunnen opslaan en versturen en de opgeslagen en verstuurd informatie dienen in staat tot interacties te zijn zodat ze kunnen overgaan in elkaar.

13.1.8 A Cellular Automaton Model for Bi-Directional Traffic

Referentie : [SG98]

In dit artikel laat men voertuigen met behulp van een cellulaire automaat over twee vakken in tegengestelde richting bewegen. Vooreerst wordt het model met een enkel vak van Nagel en Schreckenberg uitgelegd, waarna het twee-vaks (unidirectioneel) model aan bod komt (hierbij wordt door de voertuigen eerst eventueel van vak veranderd, waarna de klassieke regels van het voertuig-volg model voor de CA worden uitgevoerd). Van dit laatste model bestaat zowel een symmetrische als een asymmetrische versie (in deze laatste is langs rechts inhalen niet toegestaan).

In het in dit artikel ontwikkelde model worden het vak-verander en voertuig-volg model volledig uitgewerkt, met in begrip neming van bepaalde beperkingen (zoals het verbod van twee naburige voertuigen op de verschillende vakken die tegelijkertijd een verandering van vak wensen uit te voeren). Merk op dat men in het artikel vaste waarden toekent aan de parameters van de CA (zoals de *slowdown probability*, iets wat ik niet zou doen).

Als conclusie wordt aangestipt dat het ontwikkelde CA-model kwalitatief correct gedrag vertoont. Er wordt aangetoond dat inhalen de fluïditeit van een verkeersstroom drastisch kan laten toenemen. Alhoewel blijkt dat inhalen een zwak effect heeft op het dichtheid-doorstromingsgraad diagram, dient men wel op te letten voor de veiligheid aangezien bij het hele proces hoge relatieve snelheden betrokken zijn.

13.1.9 Towards a realistic microscopic description of highway traffic

Referentie : [KSS00b]

Het uitgangspunt van dit artikel wordt gevormd door te stellen dat de (toenmalig) bestaande CA-modellen voor verkeer een slechte vergelijking maakten met de empirische data op een microscopisch niveau. Er wordt een nieuw model voorgesteld dat anticipatie-effecten, mogelijkheden tot gereduceerde versnelling en een verbeterde interactiehorizon voor het remmen incorporeert. Er wordt gewerkt met een fijne discretisatie van 1.5 m per cel (waarbij een voertuig dan vijf opeenvolgende cellen inneemt).

13.1.10 Three Categories of Traffic Data : Historical, Current and Predictive

Referentie : [CKWS00]

In dit artikel worden drie soorten verkeersgegevens besproken : historische data van de stad Duisburg, een *on-line* simulatie van een stad en een autosnelweg en het gebruik van deze informatiebronnen voor een haalbaar algoritme om betrouwbare voorspellingen te doen.

Het eerste deel handelt over het gebruik van historische data. Al direct wordt vermeld dat het handig is om bepaalde dagen en gebeurtenissen in verschillende categorieën onder te verdelen. Daarbij geldt dat er twee karakteristieken (dagelijkse en seizoensgebonden) onderscheiden kunnen worden. Bij het indelen in verschillende klassen valt op te merken dat men *alle* data van *alle* lusedetectoren over periodes van tien minuten uitgemiddeld heeft (ik stel me hier toch wel vragen bij). Een verdere opdeling gedurende werkdagen reflecteert dan realistisch het dagelijkse leven. Er wordt opgemerkt dat de avondpiek veel hoger dan de ochtendpiek is aangezien er dan 'winkel'-verkeer bijkomt. Ook de verschillende kleine subpieken, om redenen van de mensen

die in ploegen in de industrie werken, zijn goed te zien. Voor de vrijdagen wordt opgemerkt dat de avondpiek vroeger ligt aangezien de mensen vroeger stoppen met werken met het weekend in het vooruitzicht. Om de seizoensgebonden fluctuaties te onderzoeken, werd enkel gekeken naar de gegevens gedurende de werkdagen. Speciale gebeurtenissen (zoals een belangrijke voetbalwedstrijd en de zonne-eclips) komen ook aan het licht in de verkeersdata.

Vermits de gemeten verkeersdata van *alle* lusedetectoren afkomstig is en dus een beeld geeft van de verkeerspatronen voor de hele stad, werd een enkele typische straat (omdat ze typische commuterende stromen bevat) er uit gelicht. Men kan op de grafieken zeer goed het verschil zien tussen verkeer dat van en naar de stad reist.

Om de huidige data te berekenen/simuleren, werd het klassieke CA-model van Nagel en Schreckenberg gebruikt, op punt gesteld met behulp van GIS-data (hierbij werd uit hetgeen ik opmaak enkel gekeken naar de primaire en secundaire wegen). Informatie van ongeveer 2500 inductieve lussen wordt elke minuut geaggregeerd en gebruikt om het model af te stellen en om de dynamische *turning probabilities* te berekenen. Het routeren van voertuigen wordt op deze laatste manier gedaan aangezien er geen herkomst-bestemmingsgegevens beschikbaar zijn met een voldoende fijne resolutie in ruimte en tijd.

Wat gebruik van predictieve data betreft, wordt vermeld dat een bestuurder ofwel zijn route links kan laten liggen, overschakelen op een ander transportmedium (*modale keuze*), een andere route volgen (*spatiale keuze*) of op een ander tijdstip vertrekken (*temporele keuze*). Bij het gebruik van de huidige data, kan enkel maar een verandering in de spatiale verdeling van het verkeer geïntroduceerd worden, aangezien dit veel gemakkelijker is dan bestuurders te adviseren om op een ander tijdstip te vertrekken. Over de manier waarop de toekomstige data voorspeld wordt, laat het artikel echter nog twijfel bestaan. Er wordt wel gesteld dat om een meer betrouwbare voorspelling te geven, de huidige data dient gecombineerd te worden met de historische data (en dus niet zomaar *enkel* het eerdere model toepassen). Als laatste probleem wordt aangehaald dat er een ongewenste terugkoppeling kan optreden doordat de bestuurders reageren op de boodschappen die ze ontvangen, waardoor een anticiperend model voor de verkeersprognose nodig is.

13.1.11 Weekoverzicht

Vrijdag 30/08/2002 :

- ik heb Stefaan Hoornaert van het Verkeerscentrum te Wilrijk gecontacteerd met de vraag of hij mijn vorige e-mail ontvangen heeft (hij heeft al vijf dagen niks van zich laten horen). Hij stuurde prompt terug dat hij wachtte op antwoord van Brussel (en dat hij daarnaast ook meer concreet wou weten welke projecten en onderzoek we doen).
- Ik heb deel 3 ("*Visualization, Non-Stationarity*") van het artikel "*Practical implementation of nonlinear time series methods : The TISEAN package*" (zie paragraaf 12.5.9 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Maandag 02/09/2002 :

- collectief verlof voor het K.U.Leuven personeel wegens Leuven Kermis.

Dinsdag 03/09/2002 :

- ik heb delen 4 ("*Nonlinear Prediction*"), 5 ("*Nonlinear Noise Reduction*"), 6 ("*Lyapunov Exponents*"), 7 ("*Dimensions and Entropies*"), 8 ("*Testing for Nonlinearity*") en 9 ("*Conclusions and Perspectives*") van het artikel "*Practical implementation of nonlinear time series methods : The TISEAN package*" (zie paragraaf 12.5.9 voor meer informatie hieromtrent) gelezen, alsmede "*The development of the space-time view of quantum electrodynamics*" (zie paragraaf 13.1.1 voor meer informatie hieromtrent) en "*Recurrence Quantification Analysis and Principal Components in the Detection of Short Complex Signals*" (zie paragraaf 13.1.2 voor meer informatie hieromtrent).

Woensdag 04/09/2002 :

- ik heb de artikels "*Recurrence quantification analysis as a tool for the characterization of molecular dynamics simulations*" (zie paragraaf 13.1.3 voor meer informatie hieromtrent), "*A Case where a Paradox Like Braess's Occurs in the Nash Equilibrium but Does Not Occur in the Wardrop Equilibrium – A Situation of Load Balancing in Distributed Computer Systems*" (zie paragraaf 13.1.4 voor meer informatie hieromtrent) en "*Connexion and completion of traffic data recorded unevenly in space and time*" (zie paragraaf 13.1.5 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.
- Vermits ik op dit moment niks met het Toledo-systeem kan doen (HK05 dient omgezet te worden), heb ik Leen Van Rentergem gevraagd welke maatregelen getroffen dienen te worden opdat Bart De Moor mij als *teaching assistant* mee op dit vak zet (maar vooreerst of dit vak bij de Toledo-cursussen kan staan).
- Tot slot heb ik nog *business-cards* gemaakt voor mezelf.

Donderdag 05/09/2002 :

- ik heb de artikels "*On the Constructive Role of Noise in Spatial Systems*" (zie paragraaf 13.1.6 voor meer informatie hieromtrent), "*Theory of Cellular Automata*" (zie paragraaf 13.1.7 voor meer informatie hieromtrent), "*A Cellular Automaton Model for Bi-Directional Traffic*" (zie paragraaf 13.1.8 voor meer informatie hieromtrent), "*Towards a realistic microscopic description of highway traffic*" (zie paragraaf 13.1.9 voor meer informatie hieromtrent) en "*Three Categories of Traffic Data : Historical, Current and Predictive*" (zie paragraaf 13.1.10 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

13.2 Vrijdag 06/09 tot donderdag 12/09

13.2.1 Single-vehicle data of highway traffic : A statistical analysis

Referentie : [NSSS99]

Dit artikel bespreekt op zeer heldere wijze hoe de verschillende verkeersregimes in de verkeers-tellingen kunnen onderscheiden worden. De belangrijkste regimes waarmee men werkt zijn vrij stromend, gesynchroniseerd en stoppen-en-vertrekken verkeer. De analyse gebeurt aan de hand van twee detectors die voor en na een *bottleneck* gesitueerd zijn.

In een eerste fase wordt een onderscheid gemaakt tussen vrij stromend en opgestopt verkeer, dit door te kijken naar het plotse verschil in de tijd van de gemiddelde snelheid. Men kijkt onder andere ook naar de verdeling van de gemeten tussentijden en de karakteristieken van de snelheid ten opzichte van de tussenafstand (wat aanleiding geeft tot de zogeheten optimale snelheidsfunctie).

Het fundamentele diagram wordt opgesteld uitgaande van een uitmiddeling van de data (waarbij wordt vermeld dat een uitmiddeling over periodes van één minuut goed is vermits deze dan nog de intrinsieke eigenschappen van de verkeersdynamica kan vatten). Op basis van al deze gegevens wordt een stationair fundamenteel diagram opgesteld (dat discontinu *moet* zijn om het grote verschil in doorstromingsgraad in de omgeving van de kritische dichtheid goed te vatten).

Vervolgens worden analysetechnieken voor tijdsreeksen losgelaten op de data en kan men heel duidelijk een onderscheid maken tussen de verschillende verkeersregimes, dit op basis van de autocorrelatiefunctie en de kruiselingse correlaties tussen de macroscopische grootheden (gemiddelde snelheid, dichtheid en doorstromingsgraad). Tot slot wordt ook nog kort naar de correlaties tussen de verschillende naburige rijvakken (in dezelfde richting) gekeken.

13.2.2 Statistical Physics of Cellular Automata Models for Traffic Flow

Referentie : [SRKK01]

Dit artikel begint met een bespreking van de ‘globale’ metingen die gedaan kunnen worden met behulp van cellulaire automaten. Om deze metingen te vergelijken met de bestaande gegevens, wordt volgend scenario voorgesteld : meet de tussentijden tussen de verschillende voertuigen (alsmede hun individuele snelheden) en middel deze uit over een zeker tijdsinterval. Hieruit kan men dan eenvoudig de doorstromingsgraad q en de gemiddelde snelheid \bar{v} berekenen. De dichtheid k wordt dan berekend aan de hand van de standaardvergelijking : $k = q/\bar{v}$. Merk op dat ik het in mijn *Traffic Cellular Automata* software andersom doe : ik meet k en \bar{v} en bereken hieruit $q = k\bar{v}$, zodat ik geen praktische problemen krijg indien de snelheid nul is.

Daarna wordt het Nagel-Schreckenberg (NaSch) model uit de doeken gedaan (waarbij wordt vermeld dat dit onder de categorie één-dimensionaal gedreven roostergassen (*lattice gasses*) valt en dat het een ‘minimaal’ model is in die zin dat elke vereenvoudiging van de regels niet langer tot realistische resultaten zal leiden). Het transitiepunt van laminair naar turbulent is enorm afhankelijk van de *slowdown probability* p . Daarnaast zullen de opgestopte toestanden in dit model clusters bevatten met een exponentiële verdeling van hun grootte. Merk op dat dit model geen meta-stabiele toestanden bevat en ook geen aanleiding tot hysteresis kan geven.

Om een meer realistisch fundamenteel diagram te verkrijgen (met een meta-stabiele toestand rond de kritische dichtheid), wordt het VDR (*velocity-dependent-randomization*) model besproken. Hierin wordt de *slowdown probability* p (die voor het NaSch model constant was), vervangen door een functie die afhankelijk van de snelheid van het huidige voertuig is (en deze regel

dient dan ook als eerste geëvalueerd te worden). Een realistisch voorbeeld is om p zeer groot te nemen voor gestopte voertuigen, wat aanleiding geeft tot *slow-to-start* gedrag. Het fundamenteel diagram vertoont in dit geval dan ook duidelijk het meta-stabiel gedrag (men vindt er een fasescheiding in terug). Ook de uitstroomsnelheid van een opstopping zal – in tegenstelling tot het klassieke NaSch model – lager liggen dan de maximaal mogelijke doorstromingsgraad onder vrij-verkeer omstandigheden. De groei van de clusters in de opgestopte toestanden verloopt nu lineair in plaats van exponentieel.

Om een hoog-betrouwbaar CA-model te hebben, wordt tot slot het gebruik van een extra anticipatie-term aangeraden. Ook wordt de lengte van een cel van 7,5 m herleid tot 1,5 m. Het afleiden van karakteristieke tussentijden en de optimale snelheidsfunctie leidt hier dan tot vrij realistische resultaten.

13.2.3 Weekoverzicht

Vrijdag 06/09/2002 :

- ik heb Stefaan Hoornaert terug gecontacteerd om eens te vragen hoever de onderhandelingen met Brussel staan met betrekking tot het bekomen van de databank met verkeerstellingen. Daarnaast heb ik ook ons onderzoek toegelicht (de twee DWTC-projecten, Tom's en mijn onderzoek).
- Ik heb het artikel "*Single-vehicle data of highway traffic : A statistical analysis*" (zie paragraaf 13.2.1 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.
- Ik heb mijn databank met artikels verder aangevuld (er zitten voor dit jaar reeds 489 artikels in gecatalogeerd) en al mijn kaften op mijn bureau op orde gezet.

Maandag 09/09/2002 :

- ik heb het artikel "*Statistical Physics of Cellular Automata Models for Traffic Flow*" (zie paragraaf 13.2.2 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Naar aanleiding van het artikel heb ik een nieuwe cellulaire automaat in mijn *Traffic Cellular Automata* software geïmplementeerd. Er kan nu ook gekozen worden voor de VDR (*velocity-dependent-randomization*) cellulaire automaat, die gebaseerd is op de klassieke STCA (NaSch) waarbij als extra parameter de *slowdown probability* voor stilstaande voertuigen geïntroduceerd wordt. Dit geeft aanleiding tot het zogeheten *slow-to-start* gedrag.

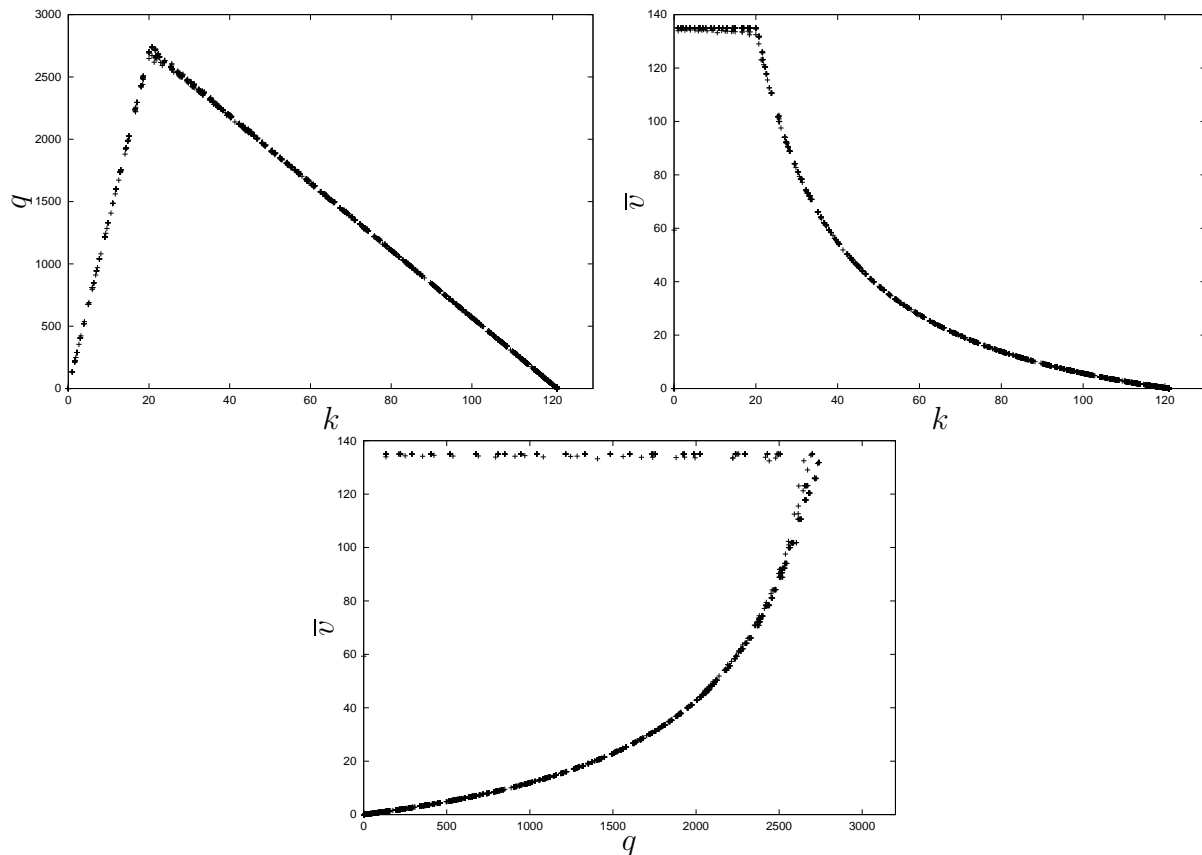
Verder heb ik ook een kleine aanpassing gedaan : het is nu mogelijk om de gemeten (lokale) macroscopische grootheden over alle lusdetectoren uit te middelen, wat zou moeten resulteren in punten op de fundamentele diagrammen die fijnere en meer continue structuren vormen.

- Stefaan Hoornaert heeft me terug gemailed met informatie omtrent het bekomen van de verkeerstellingen van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Hij heeft contact gehad met het afdelingshoofd te Brussel (waar de officiële huisvesting van de afdeling Verkeerskunde is en het Verkeerscentrum in Wilrijk deel van uitmaakt). Het goede nieuws is dat we toegang tot de minuutgegevens krijgen, mits we volgende voorwaarden in acht nemen :
 - de gegevens zijn enkel bedoeld voor verwerking in deze studie, ze worden niet als dusdanig gepubliceerd (dus niet gepubliceerd enkel als lijsten),
 - ze worden niet aan derden doorgegeven,
 - de afdeling Verkeerskunde krijgt een kopie van het eindverslag van de studie
 - en er moet rekening worden gehouden met een aantal beperkingen en onvolkomenheden van die resultaten (deze beperkingen en onvolkomenheden zijn, door ons, op te geven samen met de gegevens).

Dinsdag 10/09/2002 :

- Leen Van Rentergem (LUDIT) heeft me teruggemailed met de melding dat het vak HK05 via Toledo beschikbaar zou zijn. Het is dan aan Bart De Moor om me *teaching assistant* van dit vak te maken.
- Ik heb de Fukui-Ishibashi cellulaire automaat geïmplementeerd. Deze werkt zoals de klassieke STCA (NaSch), met dit verschil dat voertuigen nu instantaan kunnen versnellen in plaats van gradueel. Daarnaast is de stochastische vertraging enkel van toepassing op de zeer snelle voertuigen in plaats van op alle voertuigen. Merk op dat indien $v_{\max} = 1$, dan zijn de STCA en de Fukui-Ishibashi TCA functioneel hetzelfde (dit heb ik empirisch vastgesteld).
- Verder heb ik de Takayasu-Takayasu (soms ook wel genoteerd als Takayasu²) cellulaire automaat geïmplementeerd. Hierin wordt een graduele versnelling van de voertuigen gebruikt (in beschouwing nemende de maximaal toegestane snelheid en de tussenruimte met de voorligger), maar wordt de stochasticiteit nu niet op basis van de huidige snelheid (zoals in de Fukui-Ishibashi CA) maar op basis van de huidige tussenruimte met de voorligger bepaald. Hierbij is er dus ook sprake van *slow-to-start* gedrag, aangezien er twee parameters gebruikt worden : enerzijds is er de kans dat een voertuig vertraagt indien de tussenruimte met de voorligger kleiner dan of gelijk aan 1 cel is en anderzijds is er de kans dat een voertuig vertraagt indien de tussenruimte met de voorligger strikt groter dan 1 cel is.
- Tot slot heb ik een aanpassing gedaan waardoor het mogelijk is dat de gegenereerde datapunten voor de fundamentele diagrammen in een ASCII-bestand bewaard worden (met het oog op een eventuele nabewerking of alternatieve visualisatie). Gezien de lange berekeningstijden voor deze datapunten, wordt er een voortgangsindicator getoond, alsmede een (nauwkeurige) schatting van de resterende tijd (deze schatting van de werkelijke tijd wordt constant herberekend).

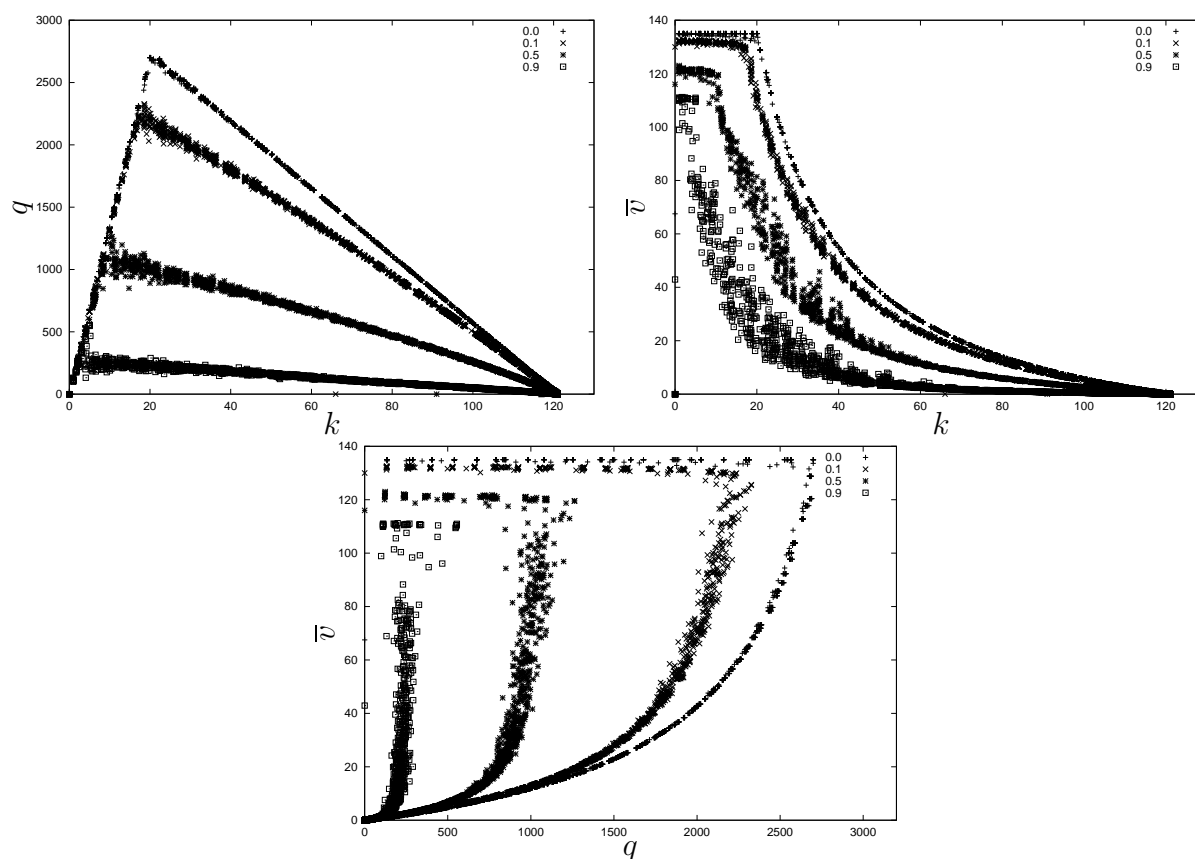
- Een voorbeeld (voor de klassieke CA-189) van de uitmiding over alle lusdetectoren in mijn *Traffic Cellular Automata* is te zien op de fundamentele diagrammen in figuur 13.1. Voertuigen rijden rond op een ring van 300 cellen (elk 7,5 m dus 2,25 km lengte), de maximale snelheid is 5 cellen/seconde, er liggen 14 lusdetectoren uniform verdeeld langs de ring, elke lusdetector produceert metingen na periodes van telkens 240 seconden (al deze metingen worden over alle lusdetectoren uitgemiddeld). Om de grafieken op te stellen werd de dichtheid gevarieerd in 300 stappen (dus telkens 1 voertuig meer), en voor elke stap werd de simulatie gedurende $10 \times 240 = 2400$ seconden (i.e., tijdsstappen) gedraaid.



Figuur 13.1: De fundamentele diagrammen van de CA-189 na uitmiding van alle lusdetectoren.

Woensdag 11/09/2002 :

- Patrick Glenisson heeft me (met behulp van het paswoord van Bart De Moor) als *teaching assistant* voor het vak HK05 in de Toledo-databank opgegeven; ik krijg nu toegang.
- Net zoals ik gisteren de gegevens van de lusdetectoren voor de CA-189 heb uitgemiddeld, geven de fundamentele diagrammen in figuur 13.2 het resultaat voor de klassieke STCA (NaSch). De *slowdown probability* werd op 0%, 10%, 50% en 90% ingesteld. Op de figuur is duidelijk te zien wat het effect van deze kans is : hoe groter de kans, hoe 'platter' het (k, q) fundamenteel diagram. Vermits de tak van het vrijstromend regime een stabiel gebied is met een lineair toenemende doorstromingsgraad q waarvan de richtingscoëfficiënt gelijk is aan de snelheid voor vrij-stromend verkeer (i.e., 5 cellen/seconde) en deze maximale snelheid in alle scenario's dezelfde is, zal het punt van de kritische dichtheid zich op deze rechte richting de oorsprong verplaatsen, wat maakt dat de kritische dichtheid bij een hogere *slowdown probability* veel sneller bereikt wordt.

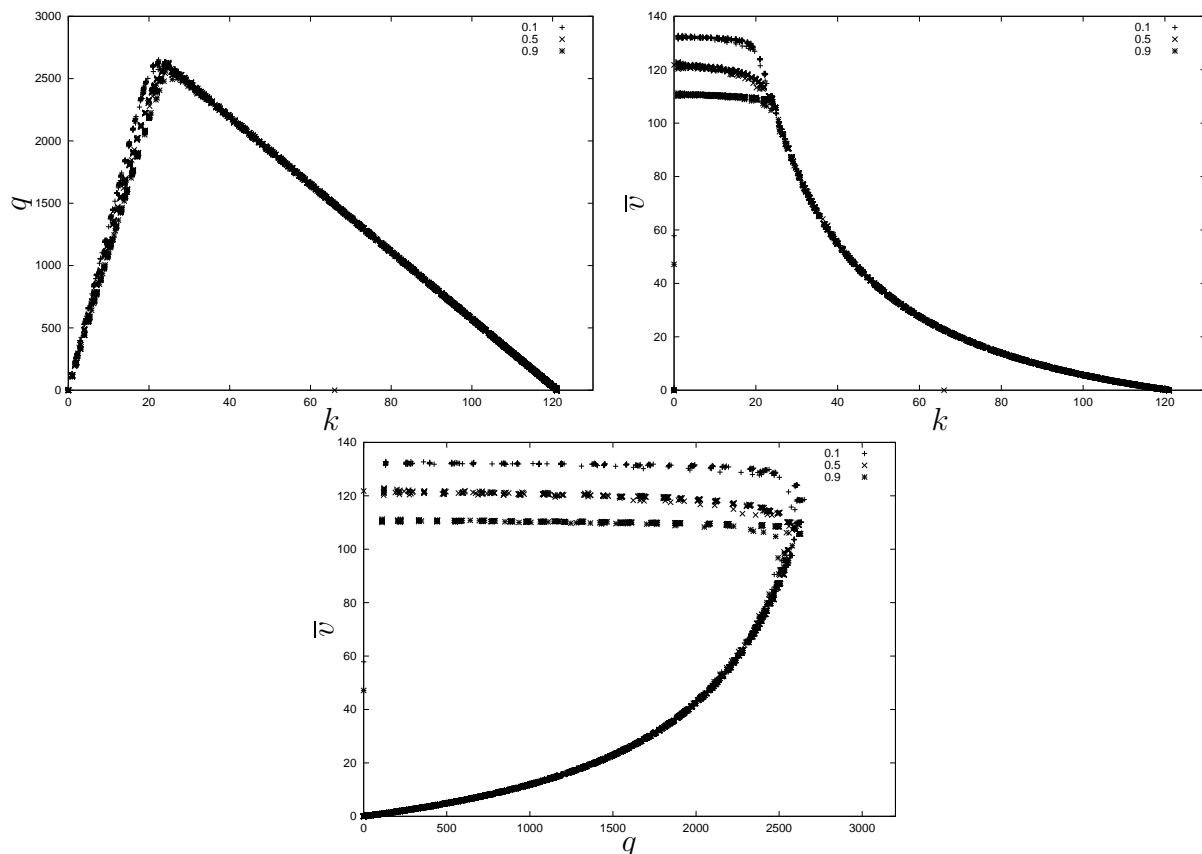


Figuur 13.2: De fundamentele diagrammen van de STCA na uitmiddeling van alle lusdetectoren voor *slowdown probabilities* van 0%, 10%, 50% en 90%.

- De fundamentele diagrammen in figuur 13.3 geven het resultaat weer van een variërende *slowdown probability* voor de Fukui-Ishibashi cellulaire automaat. Merk op dat het geval met 0% niet werd opgenomen in de grafieken aangezien dit volledig equivalent is met de STCA voor 0% die op zijn beurt dan weer volledig equivalent is met de CA-189 (waarvan het resultaat te zien is in figuur 13.1).

Opmerkelijk voor deze cellulaire automaat is de vorm van het (k, q) fundamenteel diagram : het blijkt dat de kritische dichtheid zo goed als dezelfde is voor alle scenario's. Meer nog, zelfs de doorstromingsgraad blijft voor alle scenario's zo goed als dezelfde (voor overeenkomstige globale dichtheden). Het minieme verschil in dit diagram is het verschil in de richtingscoëfficiënten van de tak voor vrij-stromend verkeer. Deze verschillende waarden zijn duidelijk te zien in het (k, \bar{v}) fundamenteel diagram waar we de snelheid voor vrij-stromend verkeer telkens lichtjes zien zakken. Overeenkomstig zal er dan ook een iets lagere doorstromingsgraad zijn.

De verklaring voor deze minieme verschillen ligt in het feit dat deze cellulaire automaat een instantane versnelling van de voertuigen toelaat en omdat de vertragingfactor enkel maar van toepassing is op voertuigen die zich met de hoogste snelheid voortbewegen (dus in het rechtse deel van de opgestopte tak zal de vertragingfactor er bijna nooit toe leiden dat voertuigen spontaan gaan vertragen). Merk ook op dat indien we de maximale snelheid verlagen er meer voertuigen zich in vrij-stromend verkeer kunnen bevinden (in de t-x diagrammen duurt het langer vooraleer we schokgolven zien optreden).

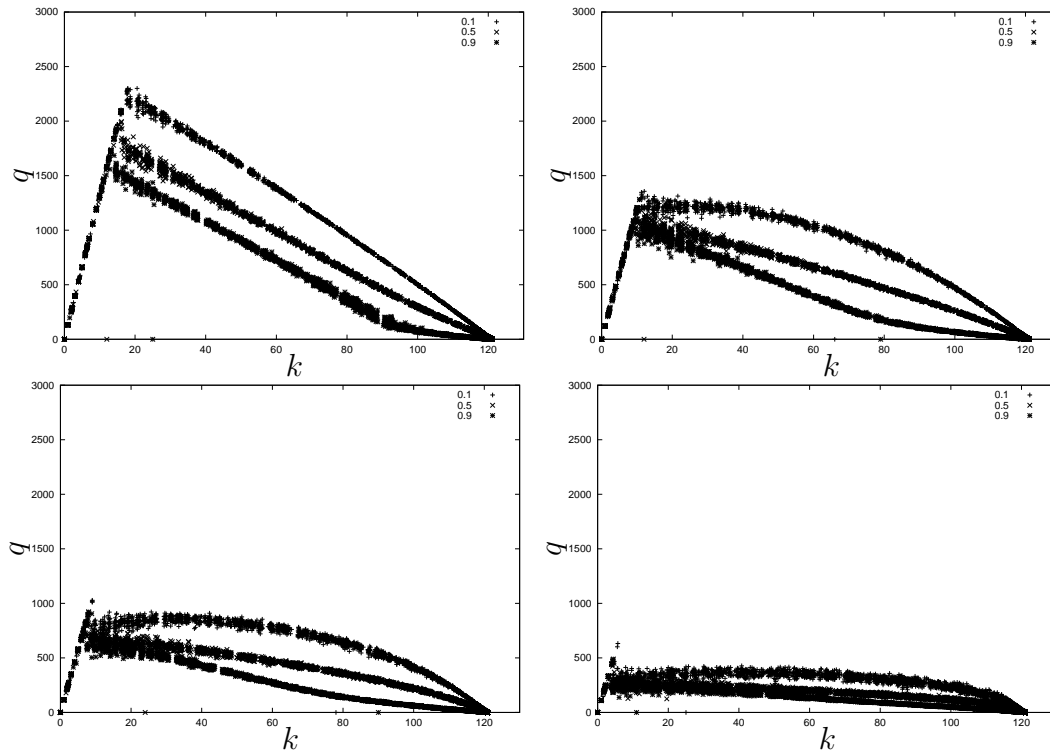


Figuur 13.3: De fundamentele diagrammen van de Fukui-Ishibashi TCA na uitmiddeling van alle lusdetectoren voor *slowdown probabilities* van 10%, 50% en 90%.

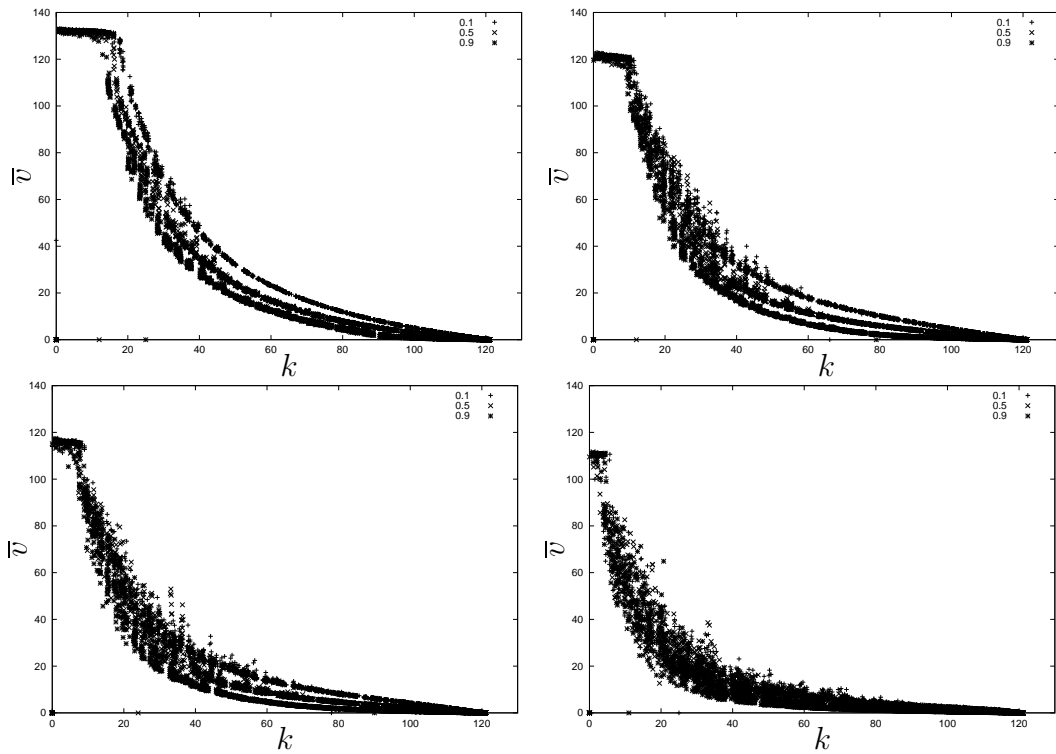
- Vermits er twee parameters in de Takayasu² cellulaire automaat zitten, werd telkens één parameter (namelijk de *slowdown probability*) constant gehouden terwijl de andere (de *slow-to-start probability*) varieerde. In figuren 13.4, 13.5 en 13.6 worden de respectievelijke (k, q) , (k, \bar{v}) en (\bar{v}, q) fundamentele diagrammen getoond voor steeds toenemende *slowdown probabilities* van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende *slow-to-start probabilities* van 10%, 50% en 90%.

Indien we de *slowdown probability* laag houden (10%) dan krijgen we fundamentele diagrammen die vergelijkbaar zijn met de meeste voorgaande besproken cellulaire automaten (dit voor alle *slow-to-start probabilities*). We merken dat bij een toenemende *slow-to-start probability* de kritische dichtheid sneller bereikt wordt en de maximale doorstromingsgraad lager wordt. Dit is normaal aangezien het Takayasu² model iets ‘scherper’ is in de reacties van de bestuurders : voertuigen hebben een grotere kans om spontaan af te remmen indien de tussenruimte met de voorligger te klein wordt.

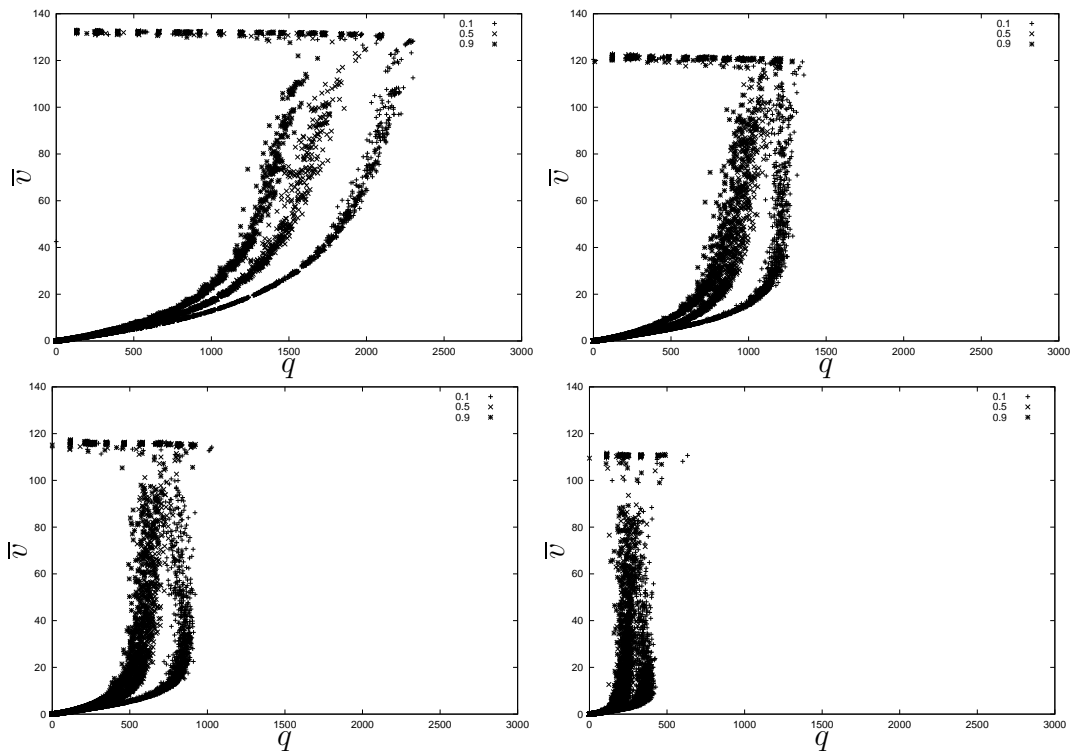
‘Abnormaal’ gedrag treedt op wanneer de *slow-to-start probability* kleiner is dan de *slowdown probability* (wat niet gebruikelijk is) : voertuigen remmen normaal spontaaner (zoals in de STCA) bij grotere tussenruimtes, maar bij te kleine tussenruimte gebeurt dit niet meer (dit is een soort omgekeerd gedrag). Het gevolg hiervan is dat de ‘kleine gaatjes’ in de verkeersstroom sneller opgevuld zullen worden, wat maakt dat bij grotere dichtheden er toch nog gedurende lange tijd een hoge doorstromingsgraad (en hiermee corresponderende een redelijk hoge gemiddelde snelheid) wordt vastgesteld. In de fundamentele diagrammen is dit te zien als de extreme concaviteit van de opgestopte tak (terwijl, zoals verwacht, de tak van vrij-stromend verkeer onveranderd blijft).



Figuur 13.4: De (k, q) fundamentele diagrammen van de Takayasu² TCA na uitmiddeling van alle lusdetectoren voor *slowdown probabilities* van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende *slow-to-start probabilities* van 10%, 50% en 90%.



Figuur 13.5: De (k, \bar{v}) fundamentele diagrammen van de Takayasu² TCA na uitmiddeling van alle lusdetectoren voor emphslowdown probabilities van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende *slow-to-start probabilities* van 10%, 50% en 90%.



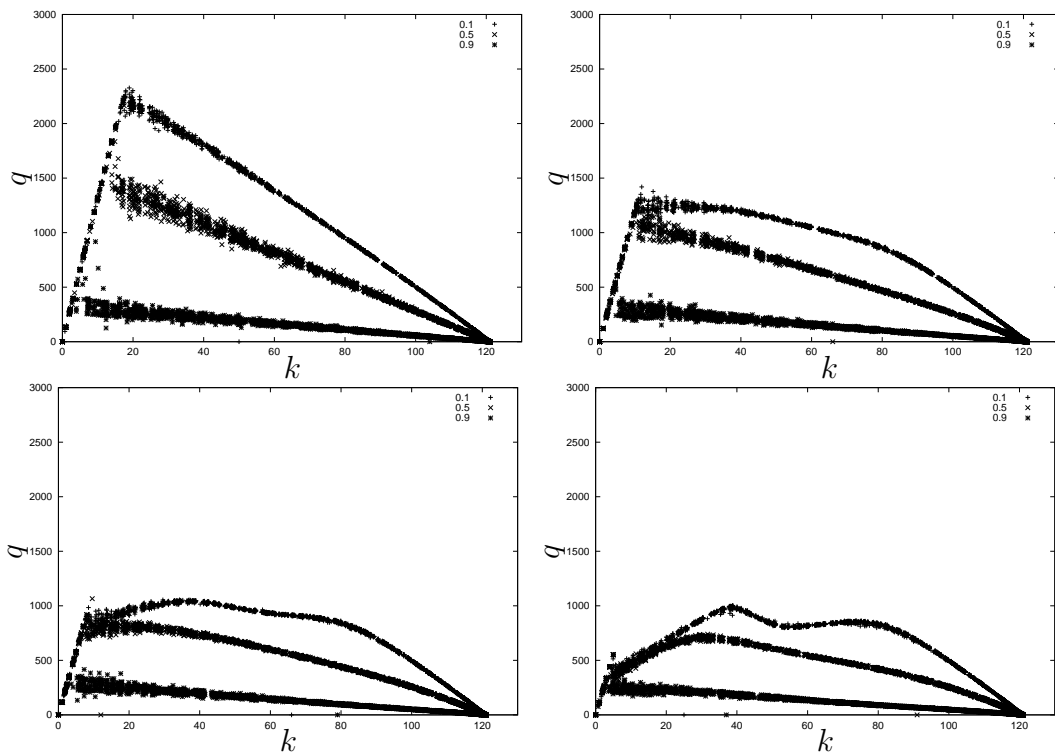
Figuur 13.6: De (q, \bar{v}) fundamentele diagrammen van de Takayasu² TCA na uitmiddeling van alle lusdetectoren voor *slowdown probabilities* van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende *slow-to-start probabilities* van 10%, 50% en 90%.

- Net zoals in de Takayasu² cellulaire automaat zitten er twee parameters in de VDR TCA (*velocity-dependent-randomization*). Analooq hiermee werd telkens één parameter (namelijk de *slowdown probability*) constant gehouden terwijl de andere (de *slow-to-start probability*) varieerde. In figuren 13.7, 13.8 en 13.9 worden de respectievelijke (k,q) , (k,\bar{v}) en (\bar{v},q) fundamentele diagrammen getoond voor steeds toenemende *slowdown probabilities* van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende *slow-to-start probabilities* van 10%, 50% en 90%. Deze laatste parameter geeft dan weer hoe groot de kans is dat een stilstaand voertuig blijft stilstaan gedurende de volgende iteratiestap.

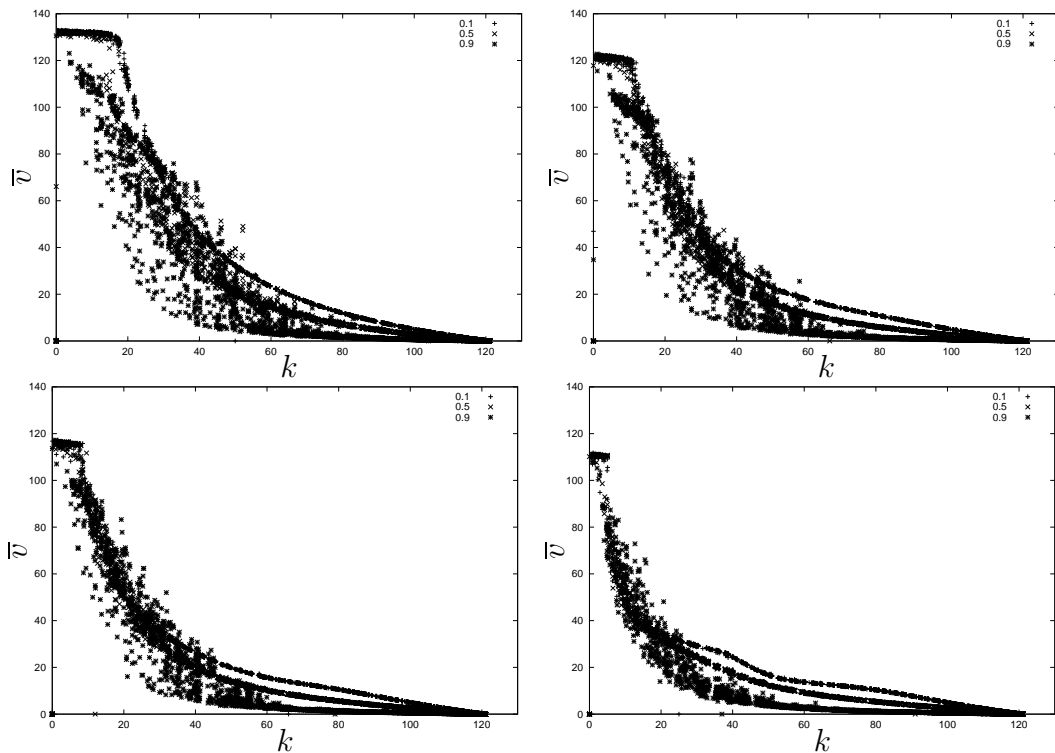
Indien we de *slowdown probability* laag houden (10%) dan krijgen we fundamentele diagrammen die vergelijkbaar zijn met de meeste voorgaande besproken cellulaire automaten (dit voor alle *slow-to-start probabilities*). We merken dat bij een toenemende *slow-to-start probability* de kritische dichtheid sneller bereikt wordt en de maximale doorstromingsgraad lager wordt. De reden hiervoor ligt in het feit dat eens een voertuig gestopt is, het een zeer grote kans heeft om gedurende ‘lange’ tijd stil te blijven staan, wat als onmiddellijk gevolg heeft dat er zich een grote opstopping achter dit voertuig kan vormen. Opvallend is wel dat in het (k,\bar{v}) fundamenteel diagram een sterk lineair verband te zien is tussen de dichtheid en de gemiddelde snelheid (dit fenomeen wordt verderop nog besproken).

Heel belangrijk is het meta-stabiel gedrag dat optreedt in de buurt van de kritische dichtheid : er horen nu meerdere waarden voor de doorstromingsgraad bij eenzelfde waarde voor de dichtheid (een effect dat in het STCA model (NaSch) niet optrad). Deze meta-stabiliteit is ook te zien in het transiënte gebied rond de kritische dichtheid waar de datapunten veel *scatter* vertonen (terwijl ze buiten dit gebied op een ‘continue’ rechte/kromme (vrij-stromende/opgestopte tak) liggen).

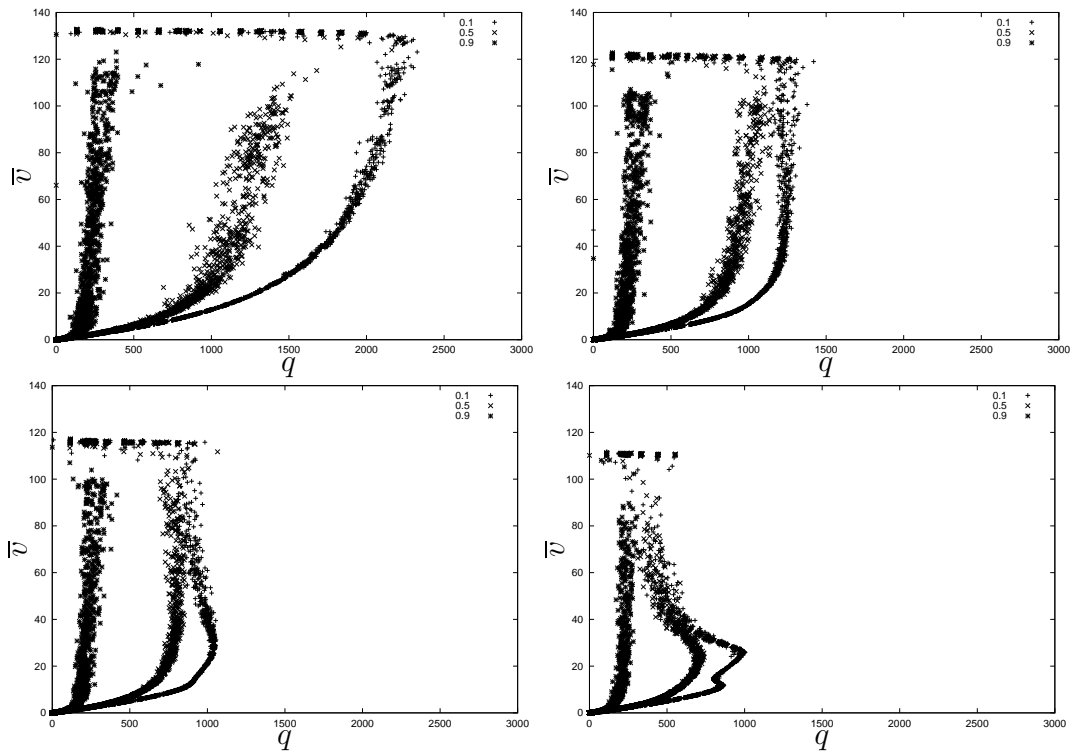
Ook in de VDR TCA treedt ‘abnormaal’ gedrag op wanneer de *slow-to-start probability* kleiner is dan de *slowdown probability* : voertuigen remmen weerom spontaner (zoals in de STCA), maar nu bij grotere snelheden. Gestopte voertuigen zullen minder lang stilstaan (indien er genoeg tussenruimte is), wat maakt dat ook hier de ‘kleine gaatjes’ in de verkeersstroom sneller opgevuld kunnen worden. Het resultaat is een concave vorm van de opgestopte tak in het (k,q) fundamentele diagram. Belangrijk om op te merken is dat de vorm van de tak voor vrij-stromend verkeer onveranderd blijft in alle scenario’s maar dat de opgestopte tak *meerdere maxima* voor de doorstromingsgraad vertoont. Eens de kritische dichtheid voorbij, neemt de doorstromingsgraad nog steeds lineair toe (al is de toename zwakker dan voor vrij-stromend verkeer), waarna een tweede lokaal maxima bereikt wordt. Dit wil zeggen dat er meerdere dichtheden bestaan waarvoor de doorstromingsgraad (lokaal gezien) optimaal is. Dit is duidelijk een volledig andere dynamica van het systeem dat nu onrealistisch gedrag vertoont (indien we de *slow-to-start probability* op nul zetten dan zal dit tweede maxima een sterke, niet-afleidbare driehoekige piek vormen).



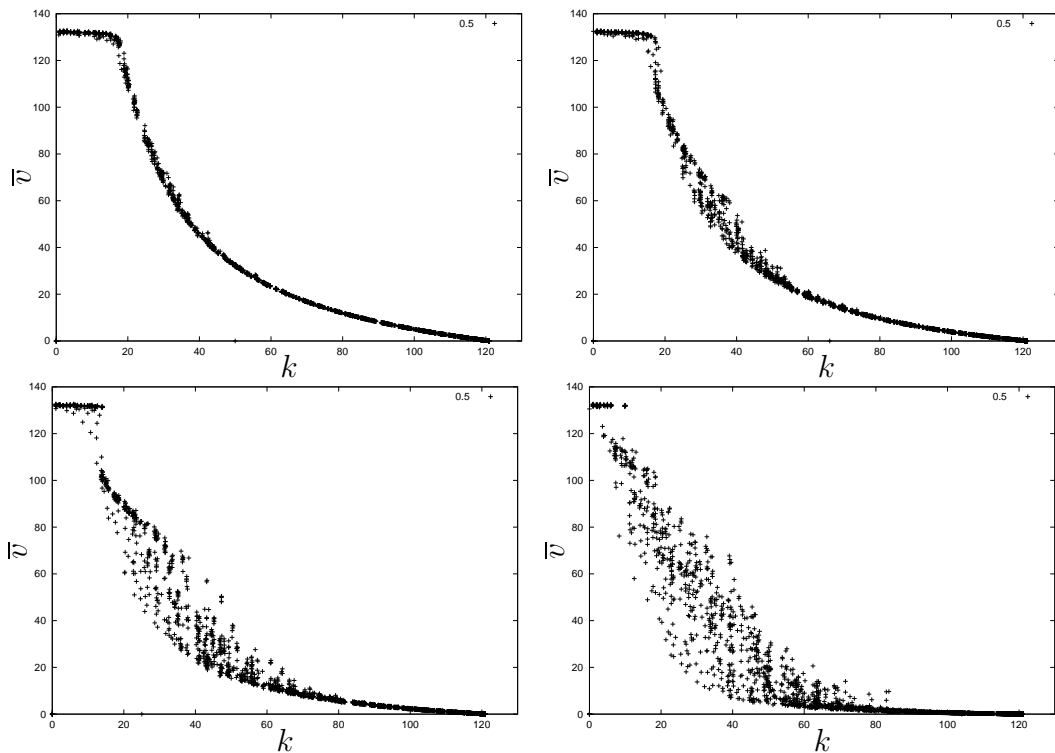
Figuur 13.7: De (k, q) fundamentele diagrammen van de VDR TCA na uitmiddeling van alle lusdetectoren voor *slowdown probabilities* van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende *slow-to-start probabilities* van 10%, 50% en 90%.



Figuur 13.8: De (k, \bar{v}) fundamentele diagrammen van de VDR TCA na uitmiddeling van alle lusdetectoren voor *slowdown probabilities* van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende *slow-to-start probabilities* van 10%, 50% en 90%.



Figuur 13.9: De (q, \bar{v}) fundamentele diagrammen van de VDR TCA na uitmiddeling van alle lusdetectoren voor *slowdown probabilities* van 10%, 50%, 70% en 90% met telkens variërende *slow-to-start probabilities* van 10%, 50% en 90%.



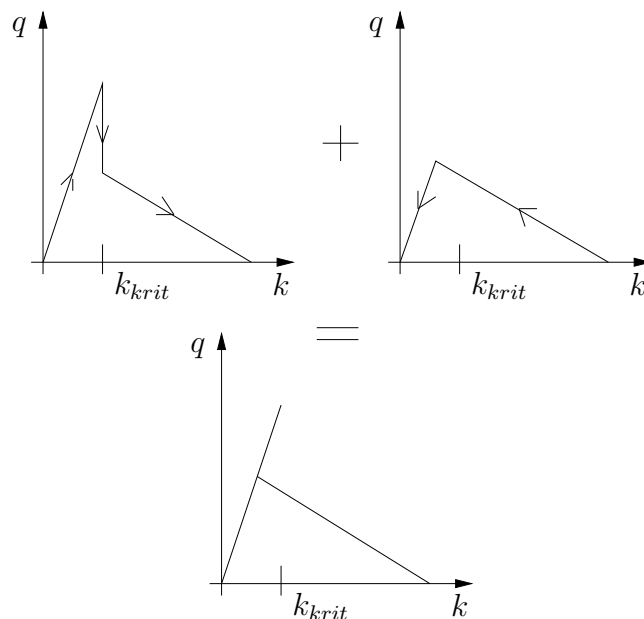
Figuur 13.10: De (k, \bar{v}) fundamentele diagrammen van de VDR TCA na uitmiddeling van alle lusdetectoren voor *slow-to-start probabilities* van 10%, 30%, 60% en 90% met telkens een *slowdown probability* van 10%.

In figuur 13.10 zien we de (k, \bar{v}) fundamentele diagrammen voor toenemende *slow-to-start probabilities* van 10%, 30%, 60% en 90% met telkens een *slowdown probability* van 10%. We zien dat indien de *slow-to-start probability* toeneemt er meer *scatter* op de datapunten zit. Bij 60% merken we een ‘plotse discontinue val’ van de gemiddelde snelheid van zodra de kritische dichtheid overschreden wordt. De voertuigen hebben weliswaar een kleine kans van 10% om te vertragen, maar van zodra er een voertuig gestopt is kan er direct een hele opstopping achter gevormd worden aangezien de kans groter wordt dat het in een volgende iteratiestap stil zal blijven staan, wat de val in het fundamenteel diagram verklaart.

Donderdag 12/09/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het proberen op te stellen van een ‘correct’ (k, q) fundamenteel diagram voor de VDR TCA. Correct hier wil zeggen dat er een duidelijk meta-stabiel gebied rond de kritische dichtheid is (waar de doorstromingsgraad meerdere waarden kan aannemen).

Mijn plan was om de dichtheid in twee richtingen te laten variëren : enerzijds vertrekkende van een volledig lege ring en telkens één voertuig erbij te plaatsen (waarbij we dan naar de capaciteit worden gedreven en vlak na de kritische dichtheid een plotse val van de doorstromingsgraad krijgen), en anderzijds te vertrekken van een volledig opgestopte ring en er telkens één voertuig van te verwijderen (waarbij we dan via de gereduceerde capaciteit verder zakken). De combinatie van beide methodes wordt geïllustreerd in figuur 13.11.



Figuur 13.11: Ontdekken van meta-stabiliteit in het (k, q) fundamenteel diagram voor de VDR TCA.

Volgens mij zou dit scenario in theorie moeten werken, maar dit is tot op heden nog niet gelukt. Ik heb dezelfde parameters als in het artikel “*Statistical Physics of Cellular Automata Models for Traffic Flow*” [SRKK01] gebruikt, maar zonder succes. Uiteindelijk heb ik dan maar Schreckenberg en Barlović gemailed, het is nu wachten op antwoord.

13.3 Vrijdag 13/09 tot donderdag 19/09

13.3.1 Traffic at the edge of chaos

Referentie : [NR94]

Dit artikel gaat uit van een op het eerste zicht nogal contradictorische stelling : het is niet per se goed om al het verkeer naar het punt van maximale doorstromingsgraad te sturen. Er wordt uitgegaan van de klassieke NaSch STCA. In de eerste experimenten laat men verkeer op een unidirectionele ring rondrijden (enkel vak) waarbij zowel de grootte van de ring als die van de meetperiodes wordt gevarieerd. Quantitatief gezien meten ze ook de verdeling van de levenscycli van opstoppingen in een gesloten systeem bij verschillende globale dichtheden. Vervolgens wordt gekeken naar de variabiliteit en de voorspelbaarheid van reistijden, waarbij wordt vastgesteld dat de eerste sterk stijgt (en de tweede sterk daalt) naarmate het systeem dichter in de buurt van het kritische regime wordt geduwd. Ook schadespreiding wordt geëvalueerd door twee perfect gelijklopende systemen te beschouwen, vervolgens een kleine verstoring in één systeem aan te brengen en tot slot te kijken naar het verschil in gedrag van de twee systemen. Tot slot wordt een beschouwing gegeven van hoe toeritdosering met cellulaire automaten kan gebeuren en hoe de keuze tussen alternatieve routes gekoppeld wordt aan bepaalde kostfuncties. Bij dit laatste wordt opgemerkt dat indien elke bestuurder voor zichzelf de laagste kost kiest, een volledig uniform en deterministisch dynamisch verkeerssysteem automatisch naar het gebruikersoptimale Nash-equilibrium wordt gedreven (en een manier om naar het systeemoptimum te gaan is door bijvoorbeeld de dichtheid op elke weg op of onder de kritische dichtheid te houden).

Ook belangrijk is het onderscheid tussen ATIS (van de bestuurders uit) en ATMS (van de beheerders uit), wat tot een gebruikers- dan wel systeemoptimum leidt. Er wordt opgemerkt dat ATMS het verkeer meer efficiënt kan maken, maar dit kan dan wel tot grotere fluctuaties leiden en een mindere voorspelbaarheid aangezien het systeem dichter naar de capaciteit wordt gedreven (i.e., de rand van de chaos).

13.3.2 Life-times of simulated traffic jams

Referentie : [Nag94]

Dit artikel handelt voornamelijk over de uitstroom van opstoppingen, en het feit dat deze convergeert naar een zekere waarde. Hiertoe worden twee modellen gebruikt : het klassieke STCA (NaSch) model en het STCA-CC (met cruise-controle) model. Dit laatste model heeft als eigenschap dat de kans dat voertuigen spontaan vertragen zeer klein is indien ze met de maximale snelheid rijden.

Opmerkelijk is de notie van *fractal self-similarity* indien men opstoppingen bekijkt op diverse schalen van uitmiddeling. Een meer interpreteerbare maat wordt gevormd door het meten van de verdeling van de leventijden van opstoppingen (hiertoe wordt een algoritme opgesteld dat gedurende 5 dagen op 512 parallele microprocessors draait). Het blijkt dat boven de kritische dichtheid de opstoppingen een oneindige levensduur kunnen hebben (let wel dat deze kunnen oplossen indien een nieuwe opstopping zich stroomopwaarts bevindt en ervoor zorgt dat er niet voldoende voertuigen aan de oude opstopping kunnen toegevoegd worden). Daarnaast is het ook zo dat indien men cruise-controle gebruikt, dit enkel een verhogend effect op de doorstromingsgraad heeft indien er zich *geen* opstoppingen in het systeem voordoen.

13.3.3 Weekoverzicht

Vrijdag 13/09/2002 :

- ik heb het artikel "*Traffic at the edge of chaos*" (zie paragraaf 13.3.1 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Maandag 16/09/2002 :

- ik heb per e-mail enkele concrete vragen in verband met de Nash- en Wardrop-equilibria en gebruikers- en systeemoptimale punten aan Bart De Schutter gesteld (vooral het onderscheid ertussen en de context ervan is me nog altijd een beetje vaag). Vermits Bart pas vanaf 30 september terug beschikbaar is, heb ik mijn vragen ook aan Ben Immers gericht.
- Naar aanleiding van het artikel "*Traffic at the edge of chaos*" heb ik eens gekeken hoe de gemiddelde reistijd in een cellulaire automaat verloopt met betrekking tot de globale dichtheid. Hiertoe werd, net zoals in het artikel, een gesloten unidirectionele ring van 1000 cellen gebruikt. Het traject waarop de reistijd werd berekend maakt hier deel van uit en bedraagt 100 cellen. De dichtheid varieert in 100 stappen van 0% tot 100%. Voor elke dichtheid werden de eerste 1000 iteraties als transiënte periode beschouwd en niet meegerekend in de simulatieresultaten. Daarna werden gedurende 100000 iteraties gegevens verzameld. Deze gegevens omvatten voor alle voertuigen in het netwerk de reistijd om het traject van 100 cellen af te leggen. Voor elk voertuig i werd gekeken wanneer het de reiszone betrad en op het moment dat het deze zone verliet werd de j -e reistijd $t_{i(j)}$ berekend en omgezet naar een gemiddelde reistijd voor het voertuig in kwestie. Deze 'lopende' uitmiddeling gebeurt aan de hand van volgende recursieve formule :

$$\langle t_{i(\rightarrow n)} \rangle = \frac{\langle t_{i(\rightarrow n-1)} \rangle \cdot (n-1) + t_{i(n)}}{n}, \quad (13.1)$$

waarbij de notatie $\langle t_{i(\rightarrow n)} \rangle$ duidt op het gemiddelde van alle n tot nu toe gemeten reistijden voor het afleggen van traject door het i -e voertuig (merk op dat n van voertuig tot voertuig *kan* verschillen). De gemiddelde reistijd $\langle T_N(k) \rangle$ voor *alle* N voertuigen (gegeven een bepaalde globale dichtheid k), wordt berekend aan de hand van het steekproefgemiddelde :

$$\langle T_N(k) \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \langle t_{i(\rightarrow n)} \rangle. \quad (13.2)$$

Daarnaast wordt ook de steekproefvariantie berekend :

$$s_N^2(k) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\langle t_{i(\rightarrow n)} \rangle - \langle T_N(k) \rangle)^2. \quad (13.3)$$

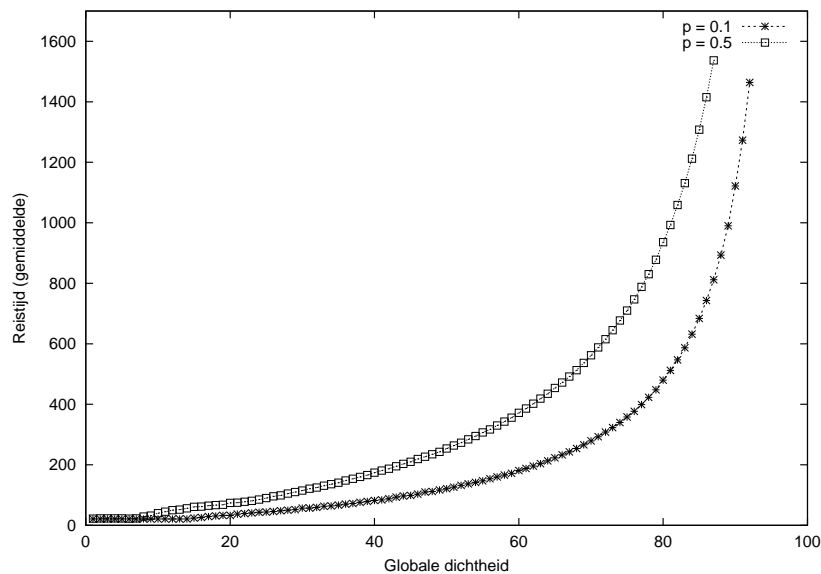
De relatieve variatie van de gemiddelde reistijd per voertuig is gebaseerd op [NR94] :

$$\begin{aligned} \sigma_{i,N}(k) &= \frac{\sqrt{(\langle t_{i(\rightarrow n)} \rangle - \langle T_N(k) \rangle)^2}}{\langle t_{i(\rightarrow n)} \rangle} \\ &= \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \langle t_{i(\rightarrow n)} \rangle^2 - 2 \langle T_N(k) \rangle \sum_{i=1}^N \langle t_{i(\rightarrow n)} \rangle \right) + \langle T_N(k) \rangle^2}}{\langle t_{i(\rightarrow n)} \rangle}. \end{aligned} \quad (13.4)$$

De term onder de wortel geeft eigenlijk weer hoe sterk de individuele gemeten gemiddelde reistijden variëren met betrekking tot de gemiddelde reistijd $\langle T_N(k) \rangle$ (er wordt immers een gemiddelde van een spreiding/variantie berekend). De wortel wordt getrokken om een relatieve vergelijking met de meting (i.e., de individuele gemiddelde reistijd $\langle t_{i(\rightarrow n)} \rangle$) mogelijk te maken. Uit vergelijking (13.4) berekenen we dan tot slot de gemiddelde relatieve variatie van de gemiddelde reistijd per voertuig (voor N voertuigen bij een globale dichtheid k) :

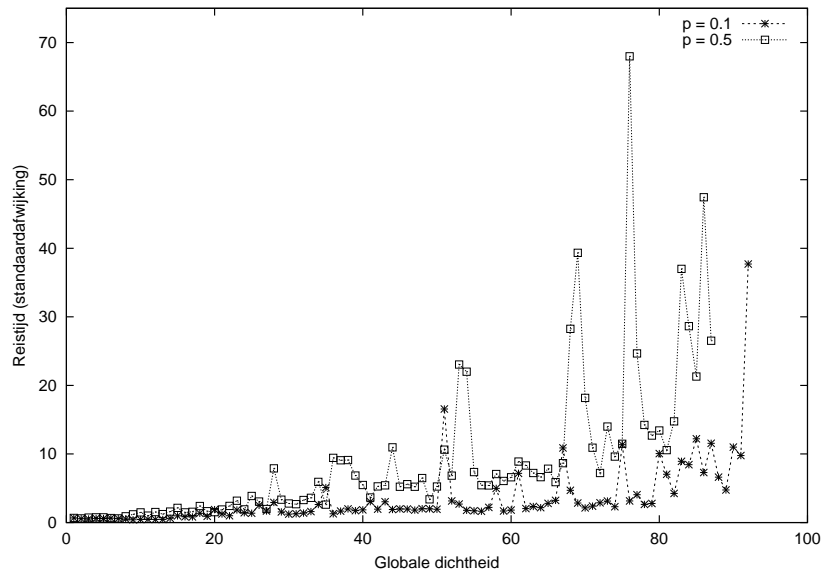
$$\langle \sigma_N(k) \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sigma_{i,N}(k). \quad (13.5)$$

Indien we de experimenten uitvoeren (zoals eerder beschreven), dan verkrijgen we onder andere de grafiek in figuur 13.12 voor het verloop van de gemiddelde reistijd $\langle T_N(k) \rangle$. Er werden twee simulaties uitgevoerd waarbij de *slowdown probability* 10% en 50% bedroeg. We merken dat de gemiddelde reistijd exponentieel toeneemt naarmate de globale dichtheid op de ring de opstopingsdichtheid nadert en naarmate de *slowdown probability* toeneemt. Niet onbelangrijk hierbij is dat de gemiddelde reistijd in het gebied van vrij-stromend verkeer (volledig linksonder op de grafiek) constant blijft.



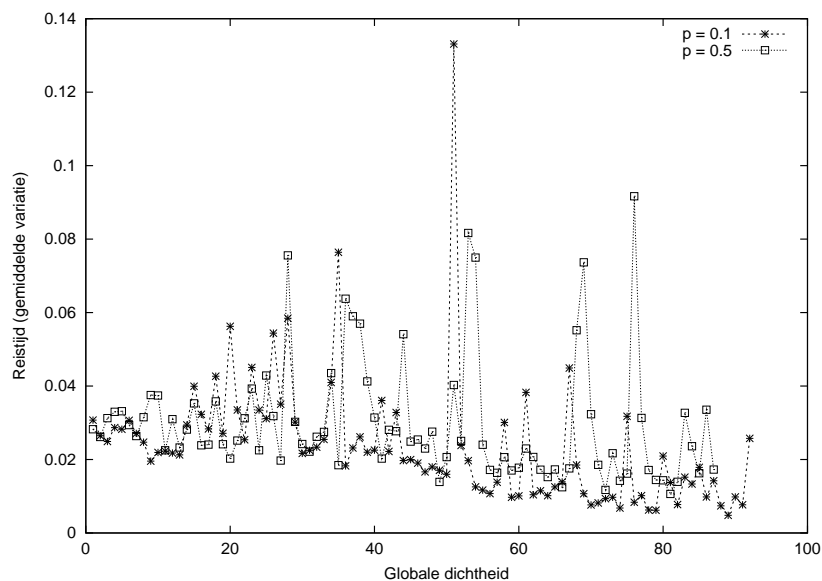
Figuur 13.12: Het verloop van de gemiddelde reistijd $\langle T_N(k) \rangle$ in functie van de globale dichtheid k .

Op de grafiek in figuur 13.13 zien we het verloop van de standaardafwijking ten opzichte van de gemiddelde reistijd. Algemeen valt op dat deze toeneemt naarmate de dichtheid toeneemt en naarmate de *slowdown probability* toeneemt.



Figuur 13.13: Het verloop van de standaardafwijking $s_N(k)$ van de reistijd in functie van de globale dichtheid k .

Op de grafiek in figuur 13.14 zien we tot slot het verloop van de gemiddelde variatie van de gemiddelde reistijd. Algemeen kunnen we stellen dat deze variatie *afneemt* naarmate de dichtheid toeneemt (wat logisch is aangezien dan het verkeer meer gehomogeniseerd is naarmate de opstoppsdichtheid wordt genaderd). Echter, in tegenstelling tot de in het artikel aangehaalde resultaten, merken we *geen* plotse stijging in de buurt van de kritische dichtheid.

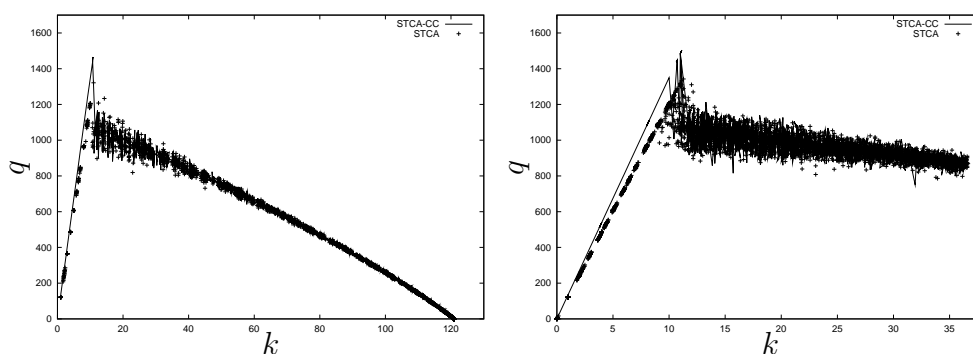


Figuur 13.14: Het verloop van de gemiddelde relatieve variatie $\langle \sigma_N(k) \rangle$ van de gemiddelde reistijd per voertuig in functie van de globale dichtheid k .

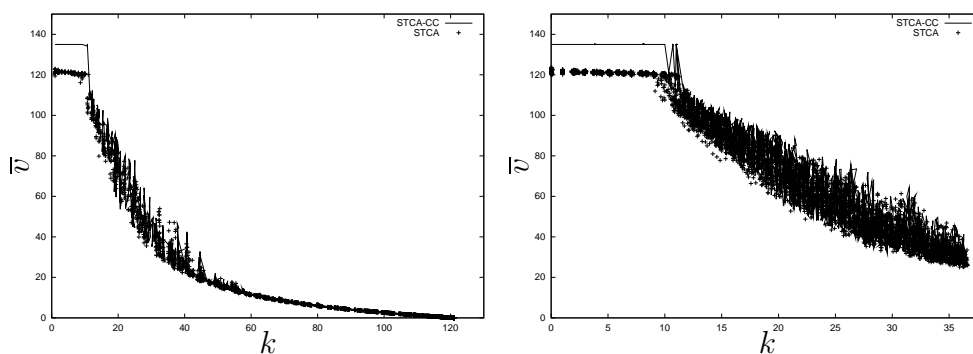
Dinsdag 17/09/2002 :

- ik heb het artikel "Life-times of simulated traffic jams" (zie paragraaf 13.3.2 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.
- In het artikel "Life-times of simulated traffic jams" wordt het gebruik van de STCA (NaSch), aangevuld met cruise-controle, besproken. Er wordt vermeld dat dit niet echt significante verschillen oplevert met het gebruik van de klassieke STCA (NaSch). Zelf uitgevoerde experimenten op een ring van 300 cellen bevestigen dit. De globale dichtheid varieert in 300 stappen, de transiënte periode bedraagt telkens 1000 iteraties en de simulatieduur bedraagt telkens 10000 iteraties. Er liggen 14 detectoren uniform verspreid die elke 240 iteraties hun gemeten waarden uitmiddelen en doorgeven. De *slowdown probability* bedroeg telkens 10%.

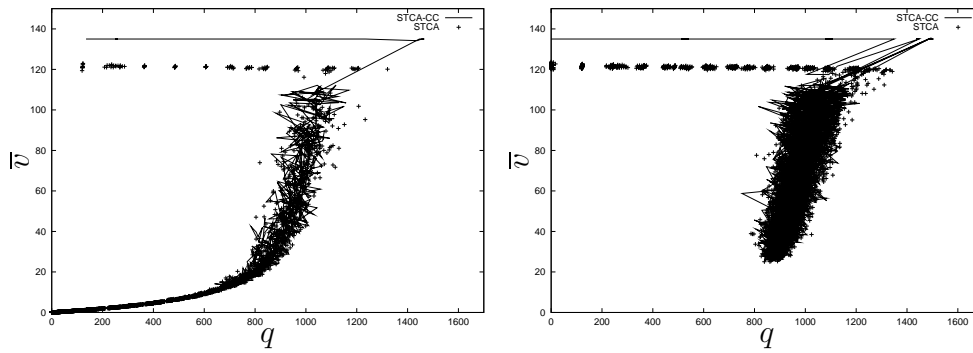
De vaststellingen in het artikel vermeld, worden duidelijk geïllustreerd in de (k, q) , (k, \bar{v}) en (q, \bar{v}) fundamentele diagrammen in figuren 13.15, 13.16 en 13.17 (de linkerfiguur geeft telkens een beeld over het volledige bereik van de globale dichtheid, terwijl de rechtse figuur een close-up geeft van het gebied rond de kritische dichtheid). We zien in figuur 13.15 dat de kritische dichtheid voor de STCA-CC lager ligt, maar dat er overeenkomstig een hogere doorstromingsgraad (de capaciteit) is, in tegenstelling tot de klassieke STCA. Daarnaast ligt de gemiddelde snelheid voor vrijstromend verkeer iets hoger (iets wat in figuren 13.16 en 13.17 duidelijk zichtbaar is).



Figuur 13.15: De (k, q) fundamentele diagrammen voor de STCA en STCA-CC (links : het volledige bereik van de globale dichtheid, rechts : het gebied rond de kritische dichtheid).



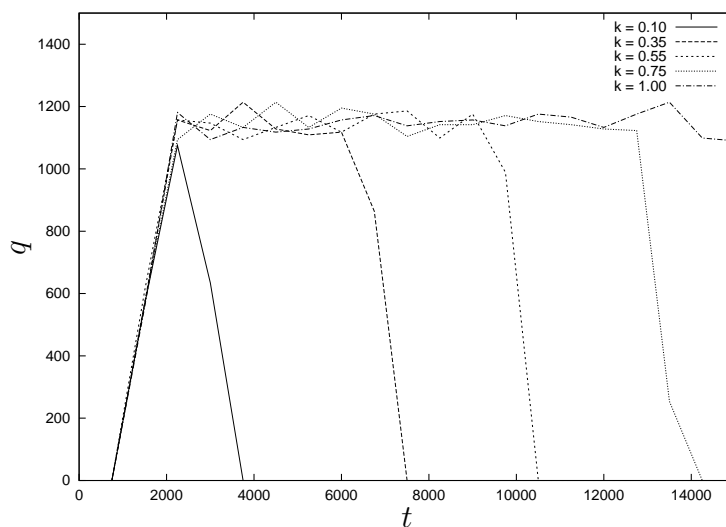
Figuur 13.16: De (k, \bar{v}) fundamentele diagrammen voor de STCA en STCA-CC (links : het volledige bereik van de globale dichtheid, rechts : het gebied rond de kritische dichtheid).



Figuur 13.17: De (q, \bar{v}) fundamentele diagrammen voor de STCA en STCA-CC (links : het volledige bereik van de globale dichtheid, rechts : het gebied rond de kritische dichtheid).

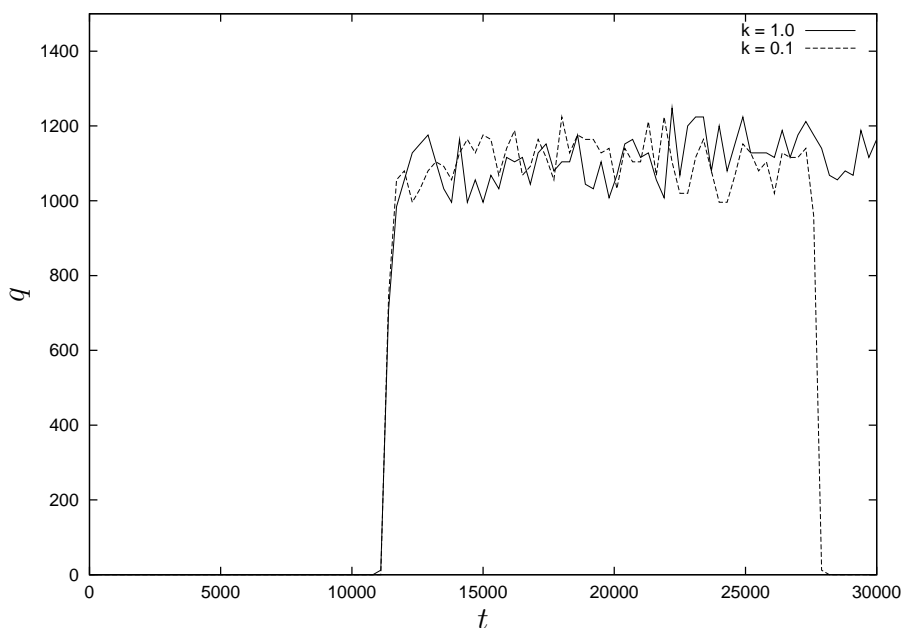
Woensdag 18/09/2002 :

- net zoals in het artikel "*Life-times of simulated traffic jams*" heb ik een speciale situatie gecreëerd : een stuk unidirectionele snelweg wordt specifiek geïnitieerd, waarbij de linkerhelft voertuigen met een zekere dichtheid bevat en de rechterhelft leeg is. De totale lengte van de rijweg bedraagt 10000 cellen, er werd telkens gedurende 15000 iteraties gesimuleerd (met het klassieke STCA (NaSch) model). Aan het rechtereinde van de rijweg werd gemeten hoeveel voertuigen er per uur passeren (i.e., de uitstroom van de initiële opstopping), waarbij de uitmiddeling telkens over 750 iteraties geschiedde. De *slowdown probability* bedroeg 50% en de globale dichtheid voor de linkerhelft van de rijweg nam volgende waarden aan : 10%, 35%, 55%, 75% en 100%. Het resultaat is te zien op de grafiek in figuur 13.18. Opmerkelijk is dat, net zoals in het artikel werd gepostuleerd, de (helemaal rechts van de rijweg) gemeten doorstromingsgraad al vrij snel naar een constante waarde neigt en daar min of meer rond fluctueert (de neerwaarts gerichte stukken met doorstromingsgraad nul ontstaan doordat er zich na een bepaalde duur geen voertuigen meer op de rijweg bevonden, i.e., de opstopping loste op).



Figuur 13.18: De gemeten uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende globale dichtheden van de linkerhelft van de rijweg.

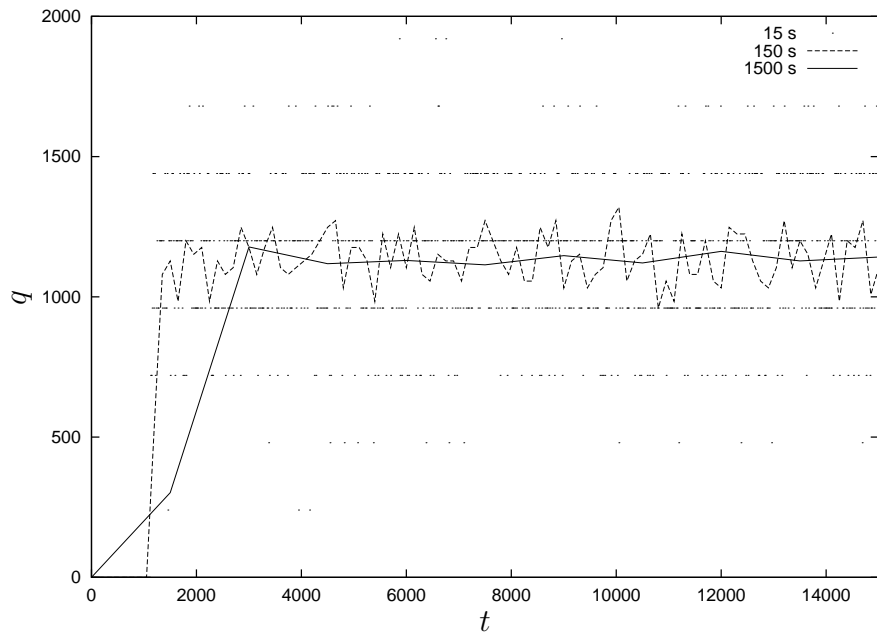
Op de grafiek in figuur 13.19 werd een analoog experiment uitgevoerd, ditmaal met een rijweg met een lengte van 100000 cellen en een simulatieduur van 30000 iteraties waarbij de uitmiddellingsperiode 300 iteraties bedroeg. De *slowdown probability* bedroeg weerom 50% en voor de globale dichtheid van de linkerhelft van de rijweg werden de waarden 10% en 100% gekozen. Wetende dat een ongehinderd voertuig aan maximaal 5 cellen/seconde kan rijden en dat het eerste voertuig aan de kop van de opstopping nog 50000 cellen dient af te leggen, kunnen we berekenen dat het *minstens* 10000 iteraties zal duren vooraleer er een voertuig aan de rechterkant wordt geteld (het duurt iets langer aangezien er spontane willekeurige fluctuaties op de snelheid van de voertuigen zitten), iets wat we ook duidelijk op de grafiek zien. Weerom blijkt dat, ongeacht de lengte van de rijweg en ongeacht de initiële globale dichtheid van de linkerhelft, de uitstroom rond een constante waarde fluctueert (die dezelfde is als het systeem gebruikt in figuur 13.18).



Figuur 13.19: De gemeten uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende globale dichtheden van de linkerhelft van de rijweg (groter systeem).

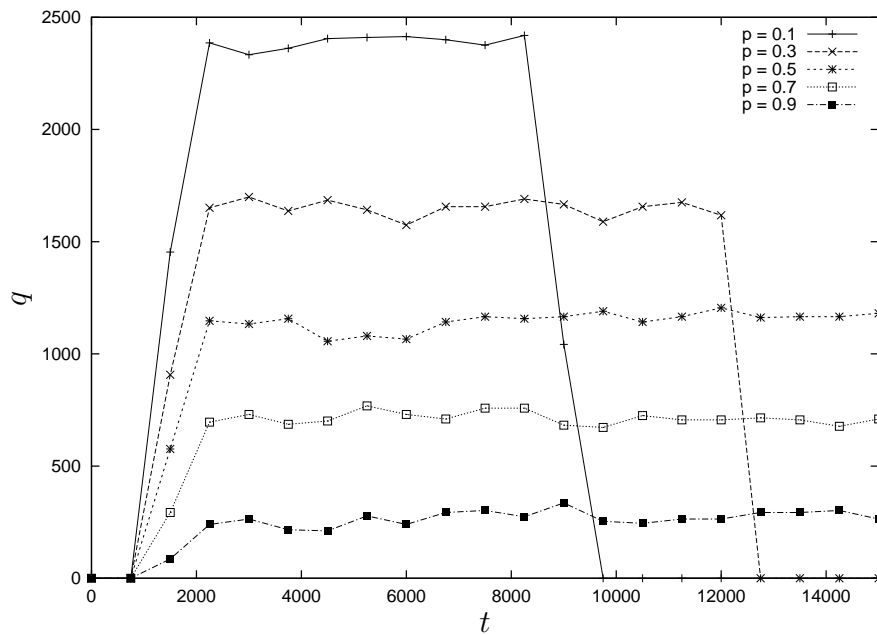
Op de grafiek in figuur 13.20 kunnen we de invloed zien van verschillende uitmiddellingsperiodes op de uitstroom. Er werd, net zoals in het eerste experiment, gewerkt met een rijweg met een lengte van 10000 cellen, de simulatieduur bedroeg 15000 iteraties, de *slowdown probability* bedroeg 50% en de globale dichtheid van de linkerhelft bedroeg 100%. De verschillende uitmiddellingsperiodes waren 15 s, 150 s en 1500 s.

Gebruik van een te kleine periode (15 s) resulteert in een grote spreiding van de gemeten doorstromingsgraad (de fijne punten op de grafiek) die dan slechts een klein aantal discrete waarden aanneemt. Gebruik van een grotere periode (150 s) resulteert in de eerder waargenomen fluctuaties zoals te zien in figuren 13.18 en 13.19. Indien we de meetperiode nog groter nemen (1500 s), dan verkrijgen we een redelijk stabiel resultaat voor de gemeten doorstromingsgraad.



Figuur 13.20: De gemeten uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende uitmiddelingsperiodes bij een globale dichtheid van 100%.

Op de grafiek in figuur 13.21 is te zien wat het effect is van een variërende *slow-down probability* (voor waarden van 10%, 30%, 50%, 70% en 90%) op de uitstroom van een artificiële opstopping met een globale dichtheid van 100% in de linkerhelft. We zien dat het punt waarop het eerste voertuig de rechterkant bereikt min of meer hetzelfde is, maar dat de uitstroom duidelijk afneemt naarmate de *slowdown probability* toeneemt (al blijft ze voor een bepaalde waarde hiervan wel fluctueren rond een constante doorstromingsgraad).



Figuur 13.21: De gemeten uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende *slowdown probabilities* bij een globale dichtheid van 100% in de linkerhelft van de rijweg.

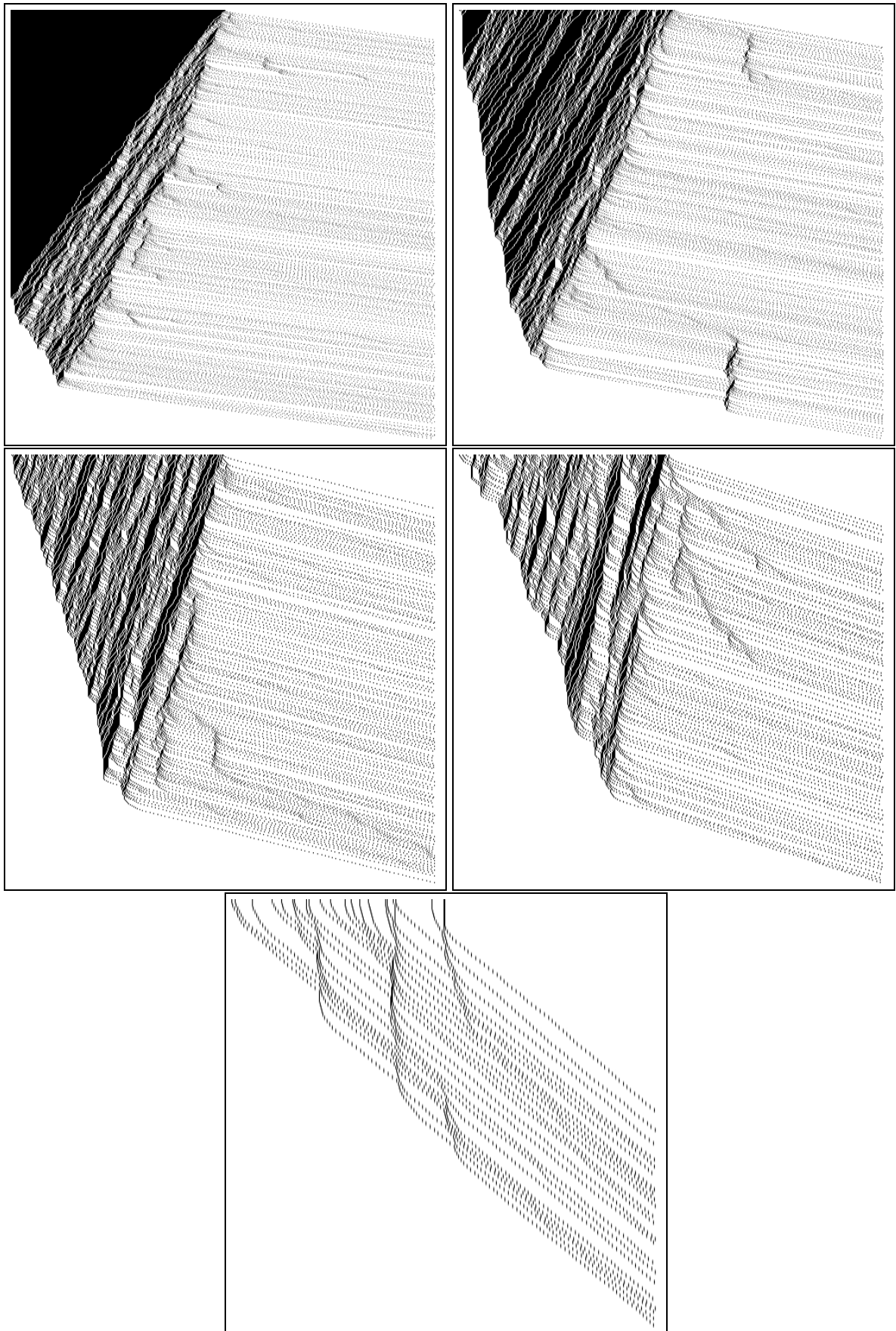
In figuur 13.22 zijn de t-x diagrammen te zien, gebaseerd op de eerder beschreven experimenten. Horizontaal staat de ruimte (waarbij nu een rijweg van 500 cellen wordt gebruikt) uitgezet, verticaal de tijd. De globale dichtheid in de artificiële opstopping bedraagt 100%, 75%, 55%, 35% en 10% (de *slowdown probability* bedroeg telkens 50%). Merk op dat alle figuren verticaal herschaald werden om er even groot uit te zien, wat dus eigenlijk betekent dat het veel langer duurt vooraleer de volledig opgestopte linkerhelften leegstromen (en bijgevolg de tijdsas dus verticaal gecompriemd werd).

In figuur 13.23 zijn weerom de t-x diagrammen te zien (dezelfde configuratie als voorheen), met dit verschil dat de globale dichtheid in de linkerhelft van de rijweg telkens 100% bedroeg. De *slowdown probability* varieerde met waarden van 10%, 30%, 50%, 70% en 90%. Ook hier wordt de tijdsas gecompriemd om de figuren op dezelfde grootte weer te geven. Merk op dat, overeenkomstig de gegevens op de grafiek in figuur 13.21, de uitstroom kleiner is naarmate de *slowdown probability* toeneemt, wat zich uit in het feit dat de individuele trajectories van de voertuigen verder uit elkaar komen te liggen aan de rechterkant (en er meer spontane tussentijdse opstoppingen zich voordoen in de rechterhelft).

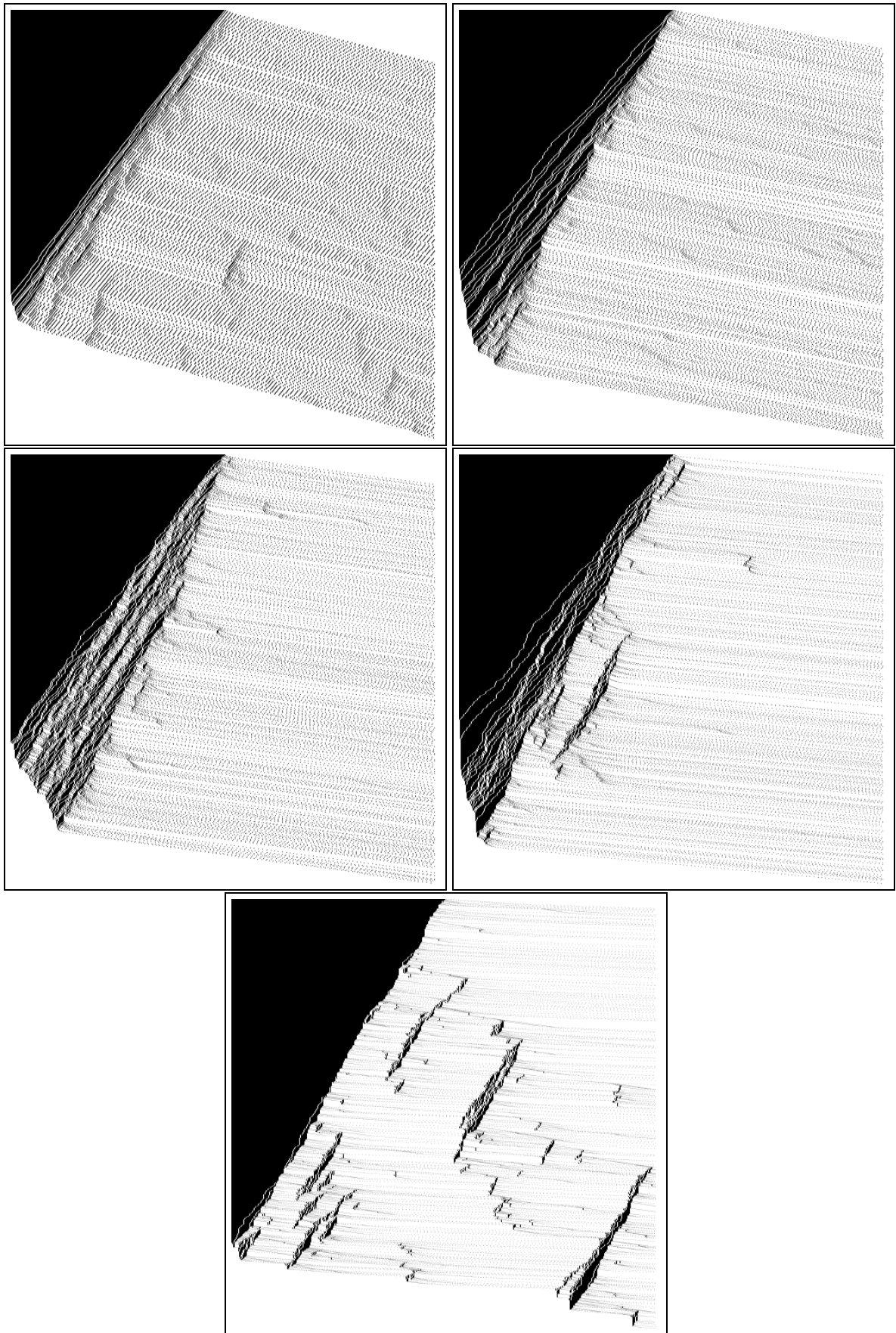
In figuren 13.24, 13.25 en 13.26 worden de t-x diagrammen getoond die horen bij verschillende maximale snelheden v_{\max} van 1, 2, 3, 4 en 5 cellen per seconde (de drie figuren werden gemaakt met *slowdown probabilities* van 10%, 50% en 90%). Merkbaar is de toename van het aantal spontane (tijdelijke) opstoppingen in het rechtergebied, naarmate de *slowdown probability* toeneemt. Het valt ook op dat er kwalitatief weinig verschil te zien is tussen de maximale snelheden van 3, 4 en 5 cellen per seconde (en in zekere mate ook bij 2 cellen per seconde).

Donderdag 19/09/2002 :

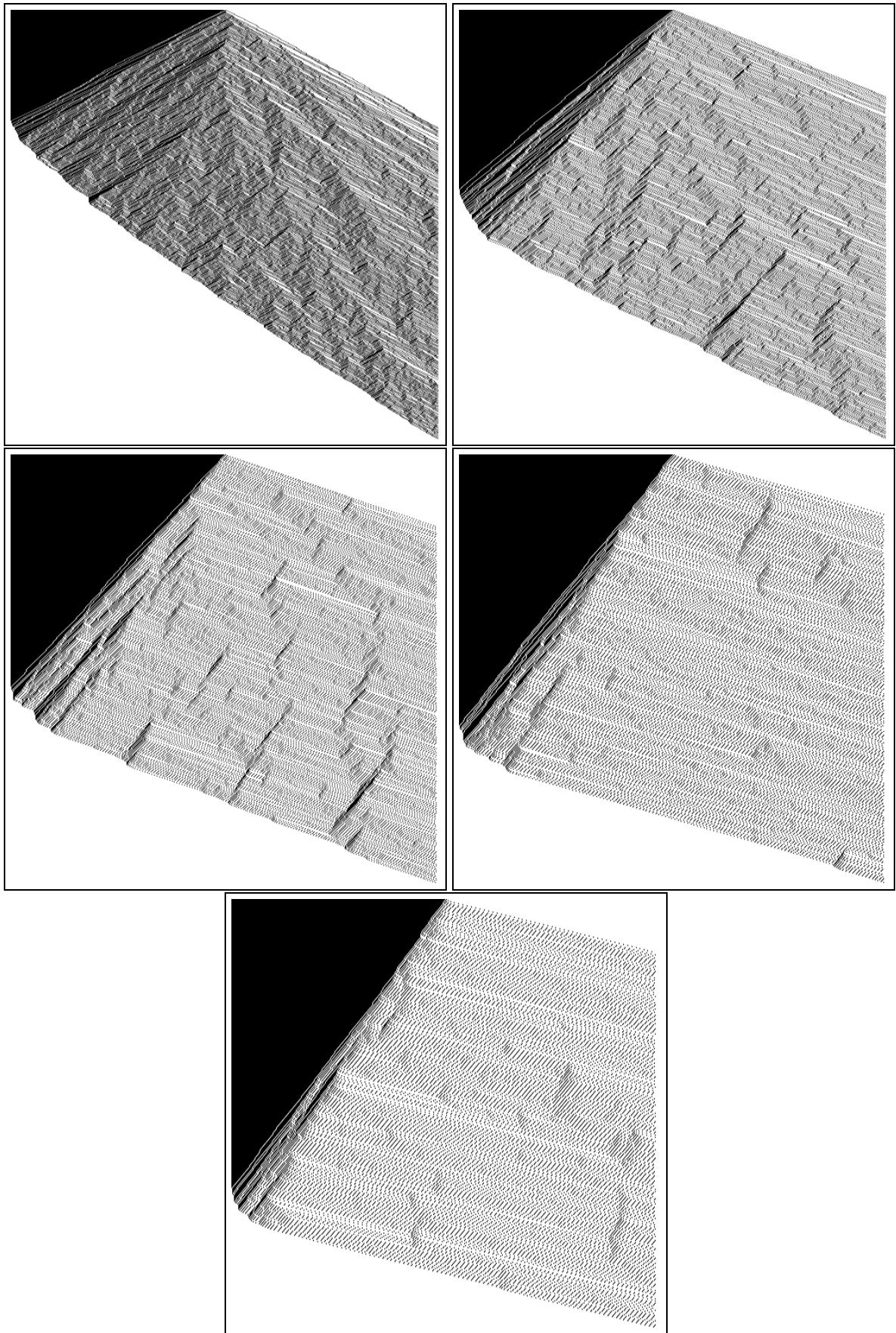
- ik heb mijn weekverslag aangevuld (bespreken en interpreteren van de simulatiere-sultaten) en het corrigeren van mijn artikelsdatabank (nu reeds 509 artikels) waar enkele fouten in bleken te zitten.
- Aangezien Bart De Moor nog niks van zich liet horen voor HK05 (en vermits het volgende week woensdag al de eerste les is), heb ik samen met Tom Bellemans een nagedacht over de eventuele vakinhoud voor dit academiejaar. We stellen voor om of een paper en praatje te houden of een presentatie in kleine groepjes. Het is nu wachten op antwoord van Bart.



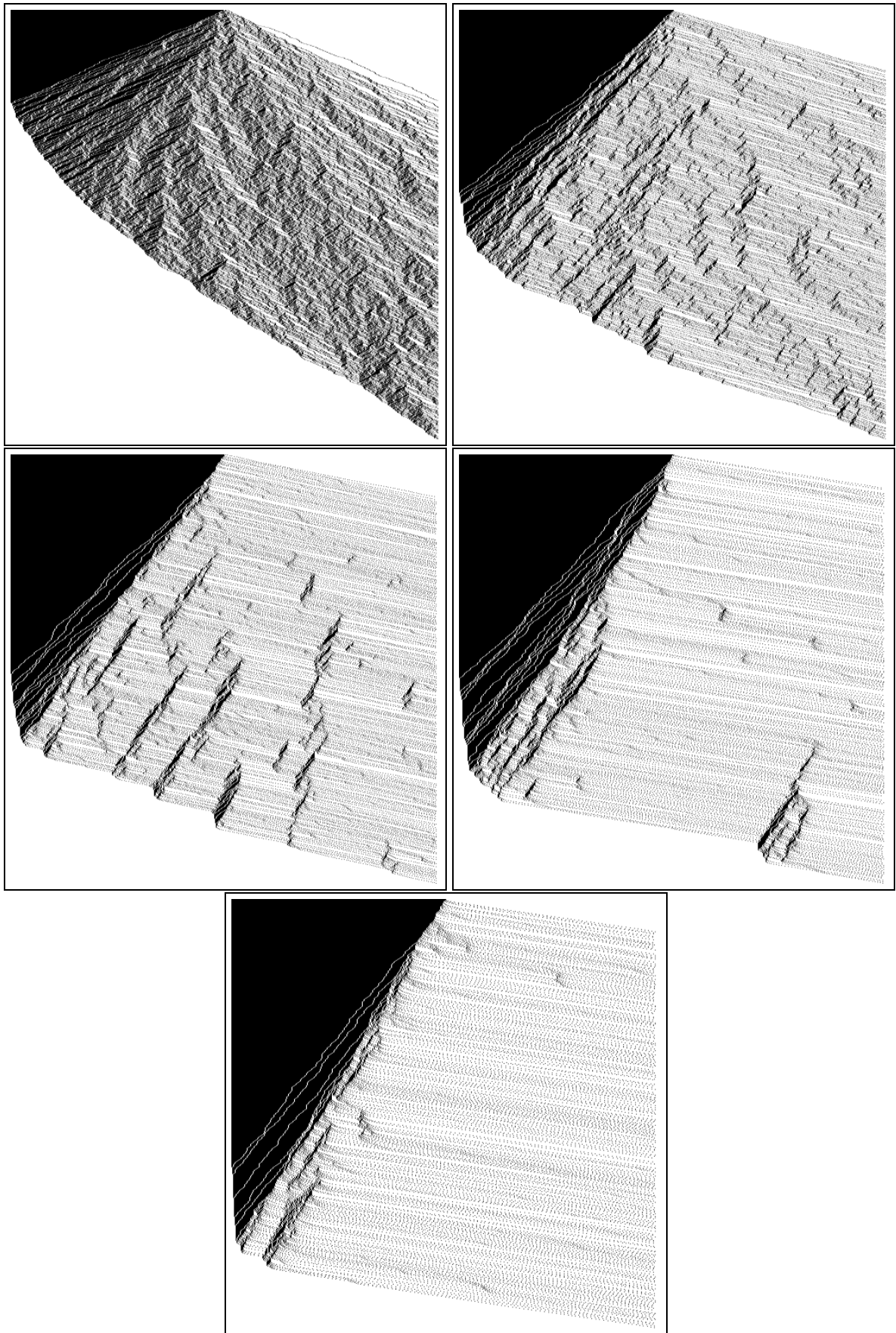
Figuur 13.22: De t-x diagrammen bij het meten van de uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende globale dichtheden van de linkerhelft.



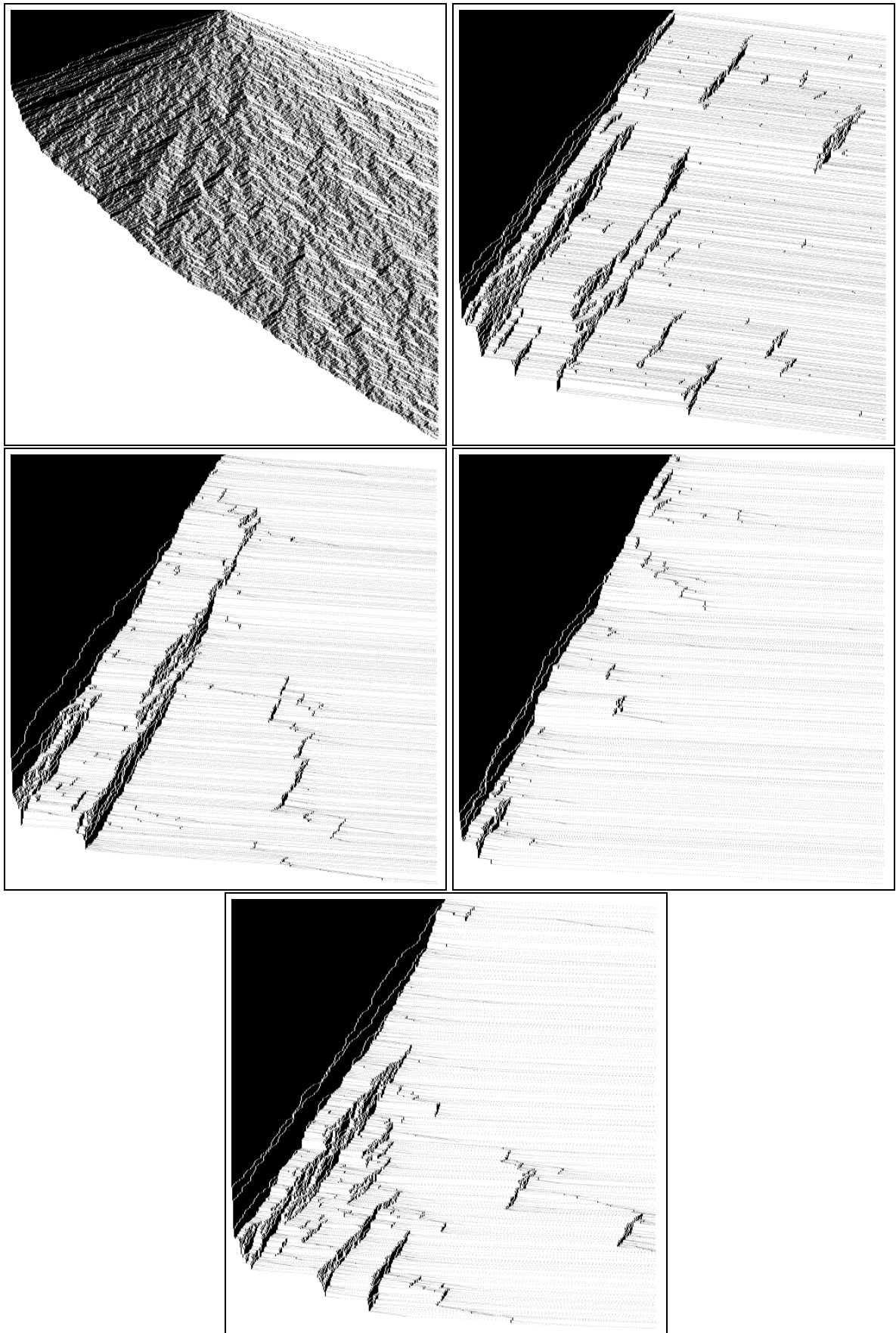
Figuur 13.23: De t-x diagrammen bij het meten van de uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende *slowdown probabilities* bij een globale dichtheid van 100% in de linkerhelft.



Figuur 13.24: De t-x diagrammen bij het meten van de uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende maximale snelheden bij een *slowdown probability* van 10%.



Figuur 13.25: De t-x diagrammen bij het meten van de uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende maximale snelheden bij een *slowdown probability* van 50%.



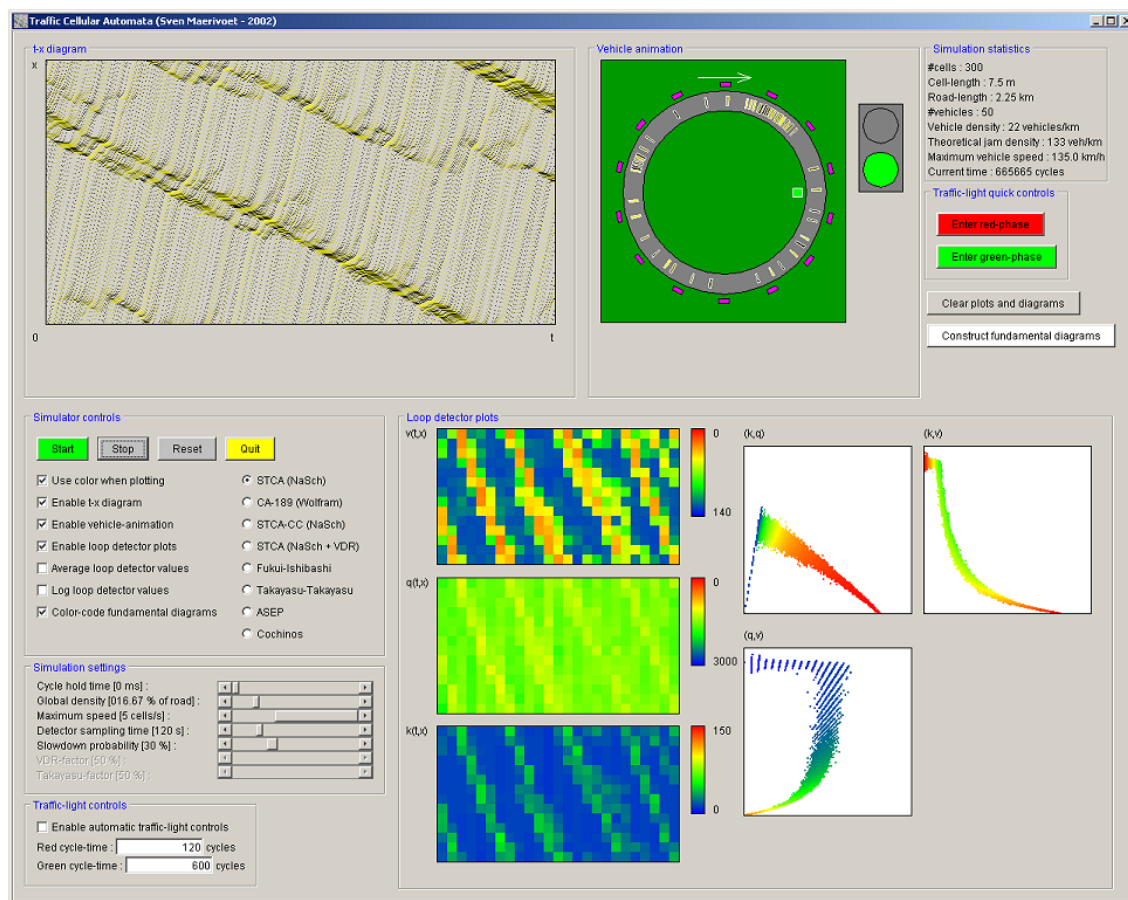
Figuur 13.26: De t-x diagrammen bij het meten van de uitstroom van een artificiële opstopping voor verschillende maximale snelheden bij een *slowdown probability* van 90%.

13.4 Vrijdag 20/09 tot donderdag 26/09

13.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 20/09/2002 :

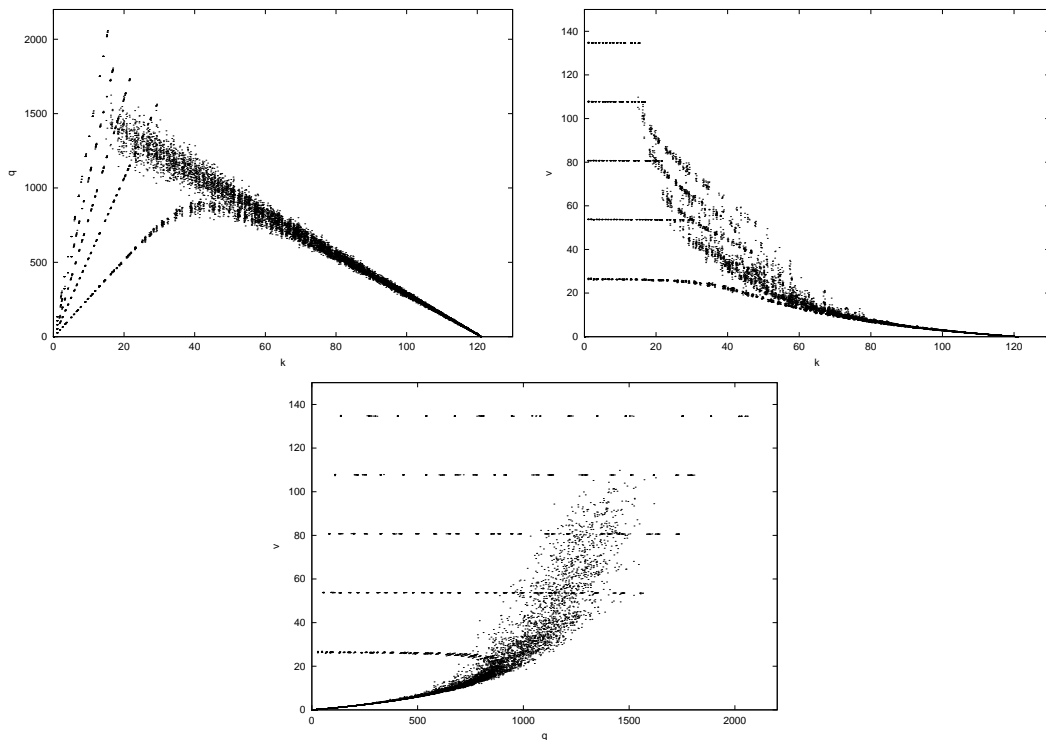
- ik heb mijn *Traffic Cellular Automata* software op het Internet aangepast. De laatste versie is nu beschikbaar (zowel het gecompileerde Java archief als de volledige broncode). Daarnaast werden ook screenshots toegevoegd en een bespreking van de implementatie (zowel de onderliggende TCA modellen als de grafische gebruikersomgeving). Alles is terug te vinden op <http://smtca.dyns.cx>, een voorbeeld van de grafische gebruikersomgeving is te zien in figuur 13.27.



Figuur 13.27: De *Traffic Cellular Automata* software.

Maandag 23/09/2002 :

- in figuur 13.28 is te zien wat het effect van de maximale snelheid op de fundamentele diagrammen van de VDR-TCA is. Buiten het triviale feit dat de gemiddelde snelheid telkens significant hoger zal liggen, merken we dat er kwalitatief niet echt een verschil zit tussen de hogere maximale snelheden. Enkel bij een maximale snelheid van 1 cell/seconde krijgen we 'continue' fundamentele diagrammen, hetgeen erop wijst dat de overgang van vrij-stromend verkeer naar opgestopt verkeer eigenlijk 'kalm' gebeurt (er is immers geen plotse capaciteitsval en dergelijke).
- In de namiddag was het de ESAT welkomstreceptie.



Figuur 13.28: De (k, q) , (k, \bar{v}) en (q, \bar{v}) fundamentele diagrammen van de VDR TCA bij verschillende maximale snelheden.

Dinsdag 24/09/2002 :

- Robert Barlović heeft me van antwoord gediend naar aanleiding van mijn gestelde vraag (ik kreeg geen zuivere metastabiliteit in het (k, q) fundamenteel diagram van de VDR TCA) :

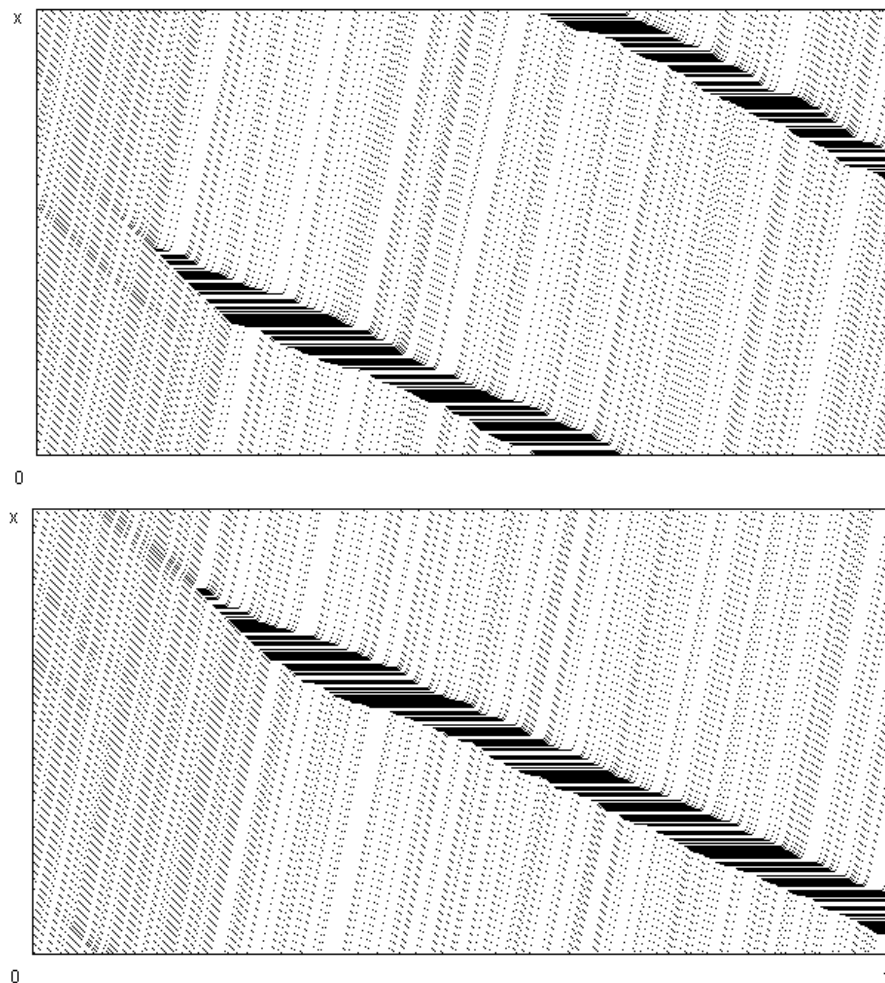
First of all the fluctuation parameter has to be assigned before the acceleration step 1. After acceleration the information if a car is at rest vanishes ! Furthermore, we measured the global flow. If the local flow is measured, as it seemed to me in your case, the jammed branch cannot be obtained at all. Instead of only in the area at ρ_1 and for very high densities (about 1.0) values can be obtained for the flow ! However, the metastable highflow state exists anyhow also in the case of local measurement.

Als antwoord op mijn probleem met het aflopen van enerzijds de vrij-verkeer tak en anderzijds de opgestopte tak, schrijft hij :

Maybe your system is too small ! For small systems the jams in the jammed state are relatively small so that, due to the statistics, such a jam could dissolve and a transition to the highflow state may occur.

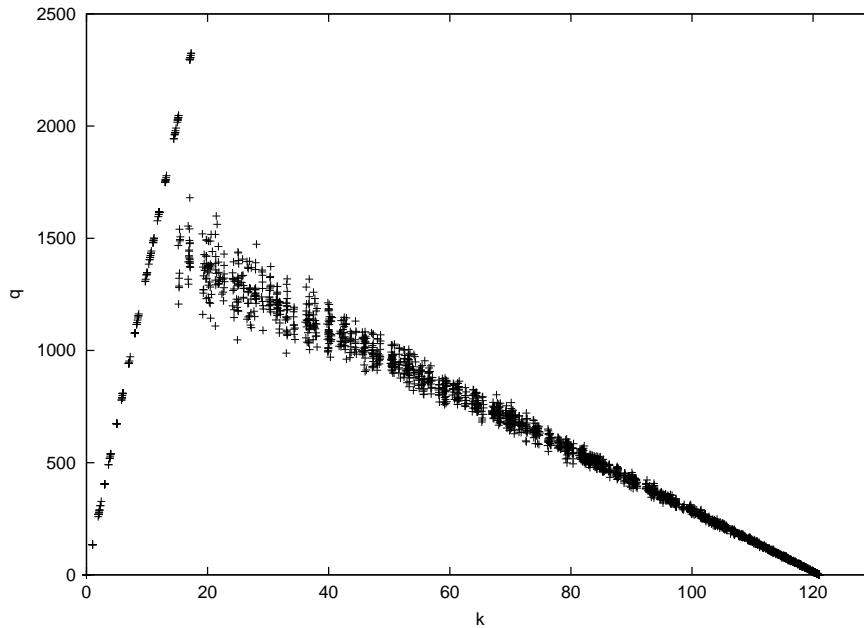
Ik veronderstel dat in zijn laatste uitspraak wel waarheid zit : in een te klein, opgestopt systeem kan een plotse overgang naar de vrij-verkeer toestand wel gebeuren. Het is raadzaam om de experimenten opnieuw te doen, ditmaal echter voor een (veel) groter systeem en een globale berekening van de macroscopische variabelen doorstromingsgraad, dichtheid en gemiddelde snelheid.

- Naar aanleiding van het antwoord van Robert Barlović heb ik eens *gekeken* naar ‘spontane’ opstoppingen. De t-x diagrammen in figuur 13.29 tonen het verkeer op een unidirectionele ring van 300 cellen waarbij de globale dichtheid iets over de kritische dichtheid werd genomen. Het resultaat is een metastabiele toestand waarin een zeer hoge doorstromingsgraad wordt waargenomen. De *slowdown probability* bedroeg 1%, de *slow-to-start probability* bedroeg 50%. Het is duidelijk te zien dat er een punt komt waarop de schaarse stochastische fluctuaties (slechts 1%) van de snelheid er plots toe leiden dat een voertuig dient te stoppen. Onmiddellijk hierna ontstaat er een lange wachtrij van voertuigen (vermits de kans dat een voertuig blijft stilstaan gedurende de volgende iteratie 50% bedraagt). We merken ook dat de dichtheid van de uitstroom van de opstopping lager is dan de dichtheid die gold voor het plaatsvinden van de opstopping (de trajectories van de voertuigen liggen nu verder uit elkaar).

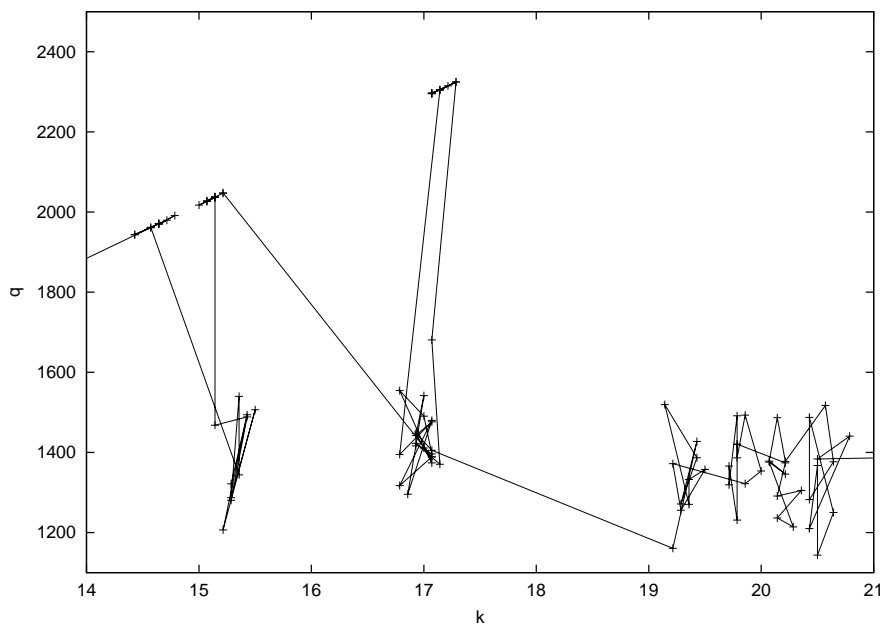


Figuur 13.29: Het spontaan ontstaan van een opstopping bij de kritische dichtheid voor de VDR TCA.

Op het moment dat de opstopping optreedt, krijgen we een *capaciteitsval* te zien : de doorstromingsgraad zakt plotselings sterk naar beneden bij eenzelfde globale dichtheid. Dit fenomeen is duidelijk te zien op het (k,q) fundamenteel diagram in figuur 13.30 waar een discontinuïteit optreedt bij de kritische dichtheid (de uitmiddeling van de detectorwaarden gebeurde elke 240 s). Indien we het gebied rond de kritische dichtheid van dichtbij bekijken, dan kunnen we lokale kleine capaciteitsvallen waarnemen die zich terug herstellen : de doorstromingsgraad springt van de vrij-verkeer tak naar de opgestopte tak en terug.



Figuur 13.30: De capaciteitsval in het (k,q) fundamenteel diagram van de VDR TCA.



Figuur 13.31: Lokale capaciteitsvallen in de buurt van de kritische dichtheid bij de VDR TCA.

Woensdag 25/09/2002 :

- ik ben bij de personeelsdienst langsgeweest en heb er al mijn treinticketten en GO-PASSen ingediend. Met de loonbrief van oktober zal ongeveer de helft van de vervoersonkosten worden teruggestort.
- Ik heb opnieuw geprobeerd om metastabiliteit in het (k,q) fundamenteel diagram van de VDR TCA te meten. De *slowdown probability* bedroeg 1%, de *slow-to-start probability* 50%. De lengte van de rijbaan is 10000 cellen en er werd telkens voor 5000 iteraties gesimuleerd (na eerst 500 iteraties als transiënte periode te beschouwen). De gesimuleerde globale dichtheid bestrijkt slechts het gebied tussen 6,68 en 33,32 voertuigen per kilometer (dit omdat beide takken van vrij en opgestopt verkeer toch zo goed als op rechtes liggen buiten dit gebied).

Het berekenen van de vrij-stromend verkeer tak geschiedde door aan vrij-stromend verkeer telkens een voertuig op een willekeurige vrije positie toe te voegen (waarbij dit voertuig dezelfde snelheid kreeg als zijn voorligger, ongeacht de tussenruimte). Het berekenen van de opgestopte tak geschiedde door uit opgestopt verkeer telkens één voertuig willekeurig te kiezen en dit vervolgens te verwijderen; dit proces draaide ook op SISTA's supercluster. Het feit dat er lange berekeningstijden en een massaal aantal cellen in het systeem zijn, alsmede de lange iteratiecycli, maakt dat het geen trivialiteit is en de software zeer lang op een Windows machine (of op SISTA's supercluster) moet draaien.

Robert Barlović raadde me ook aan om globale in plaats van lokale metingen te gebruiken. Dit had als gevolg dat ik ook geen artificiële lusdetectoren meer nodig had. De globale dichtheid $k \in [0, 1]$ wordt eenvoudigweg gedefinieerd als :

$$k = \frac{N}{L}, \quad (13.6)$$

waarbij N het aantal voertuigen op de rijbaan is en L de lengte van de rijbaan (uitgedrukt in cellen). De gemiddelde snelheid op de rijbaan wordt berekend als :

$$\bar{v} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i, \quad (13.7)$$

waarbij v_i de snelheid van het i -de voertuig is. Uit vergelijkingen (13.6) en (13.7) leiden we tot slot de gemiddelde globale doorstromingsgraad af :

$$q = k \cdot \bar{v}. \quad (13.8)$$

Deze waarden gelden telkens voor een totale simulatiecyclus (i.e., 5000 iteraties) waarbij de snelheid van alle voertuigen elke iteratie wordt gemeten. Het is nu wachten tot wanneer de experimenten beëindigd zijn.

- Ik heb een afspraak met André Nysten gemaakt om morgen langs te komen in het Verkeerscentrum te Wilrijk.

- Jim Stada heeft een antwoord gegeven op mijn vragen inzake het verschil tussen een Wardrop- en een Nash-equilibrium. Blijkt dat ik er niet ver naast zat; er is geen verschil tussen beiden aangezien een Nash-equilibrium in speltheorie één-op-één overeenkomt met een Wardrop-equilibrium in verkeer. Daarenboven is het niet nodig dat er voor een Wardrop-equilibrium een oneindig aantal individuen zijn (belangrijk hierbij is dat deze niet-coöperatief werken). Tot slot gaf hij me nog een duidelijke uiteenzetting over het verschil tussen een gebruikersevenwicht en een systeemoptimum voor een wegennetwerk.

Donderdag 26/09/2002 :

- in de voormiddag ben ik mijn nieuw paspoort gaan afhalen om het lokaal gemeentehuis.
- Tijdens de namiddag ben ik bij André Nysten op het Verkeerscentrum te Wilrijk langsgeweest. Daar hebben we concrete afspraken gemaakt omtrent het bekomen van de verkeersgegevens opgeleverd door de sensoren in het Vlaamse wegennet. Enkele losse weetjes :
 - er zijn 48 meetpunten in Vlaanderen die weersgegevens opleveren (onder andere ook de temperatuur van het wegdek).
 - In Vlaanderen liggen ongeveer ruim 1500 tellussen en er staan ongeveer 200 camera's opgesteld.
 - De geregistreerde bezettingsgraad van camera's ligt hoger dan die voor tellussen. Het feit dat de tellussen wel enige standaard volgen is enerzijds wel een goede zaak, maar anderzijds is de diversiteit aan lussen een probleem : te korte lussen tellen te veel 'assen' van de vrachtwagens, te lange lussen kunnen geen opeenvolgende voertuigen onderscheiden. De tijdsresolutie van de camera's bedraagt 20 ms.
 - In Nederland gebruikt men een systeem waarbij de bezaaiing van de tellussen fijner gemaasd is : men kan dan nauwkeuriger berekenen hoeveel voertuigen in een 'vak' (i.e., het gebied tussen twee lussen) zitten om alzo een beter inschatting van de lokale verkeerssituatie te maken (in plaats van enkel maar de gemeten gemiddelde snelheid als ab initio schatting te gebruiken).
 - De tellussen converteren de getelde voertuigen zelf naar een categorie (personenwagen of vrachtwagen). De som van beide individuele categorieën zou het werkelijk totaal aantal voertuigen moeten opleveren.
 - De verkeersgegevens worden door de sensoren vergaard en komen dan in een telcomputer terecht (één per weg). De gegevens van deze computers worden vervolgens gecentraliseerd in het Verkeerscentrum te Wilrijk, waarna zij verdeeld worden over de verschillende gewesten (met een aftakking naar Brussel waar de federale dienst zit). Intern in het Verkeerscentrum wordt ook nog afgetakt en het is deze laatste databank die we in handen kunnen krijgen.

Afgesproken is dat we alle verkeersgegevens van het vorige jaar (2001) via CD-ROMs toegestuurd krijgen (per jaar zal het ongeveer 3 Gb) zijn. Deze zullen we dan lokaal stockeren.

Daarenboven krijgen we van Stefaan Hoornaert ook nog het Excel bestand waarin de lokaties van de sensoren (en hun IDENT8) staan; deze kunnen we dan koppelen aan onze reeds bestaande GIS databank (gebaseerd op BLNET10) als een extra data laag. Op het Verkeerscentrum zal een wiskundige komen werken en het is de bedoeling dat wij die persoon in kwestie ook meehelpen met de dataminingskant. Daarnaast wordt ook gehamerd op ‘open onderzoek’, in die zin dat het een vereiste is dat, in ruil voor het verkrijgen van de verkeersgegevens, wij ook terugkoppeling voorzien en hen rapporteren over onze voortgang.

Ik heb ook de vraag gesteld of we hun specifieke software mochten gebruiken (voor een snelle indicatieve visualisatie van de verkeersgegevens); deze vraag zal aan Eric Kenis worden voorgelegd (indien het niet mag, dan dienen we zelf snel een visualisatie programma te schrijven). De gegevens zouden binnen twee tot drie weken aan ons geleverd worden.

Hoofdstuk 14

Oktober 2002

14.1 Vrijdag 27/09 tot donderdag 03/10

14.1.1 How NOT to write a paper

Referentie : [Gol96]

Het belangrijkste aspect dat in dit artikel naar voor wordt geschoven is dat de sleutel tot goed schrijven een volledige bewustheid is van de rol die artikels in het wetenschappelijke proces hebben. Eerst en vooral dient men zich af te vragen *wat* het idee juist is dat het artikel wilt overbrengen. Daarnaast is het ook belangrijk om te weten wat het relevante doelpubliek is en welke hun behoeften zijn. Zeer belangrijk is dat men duidelijk aangeeft waar het vernieuwende juist in zit. Het artikel geeft vervolgens een lijst van allerhande zaken waarop men dient te letten (zowel inhoudelijk als qua vormgeving).

14.1.2 Weekoverzicht

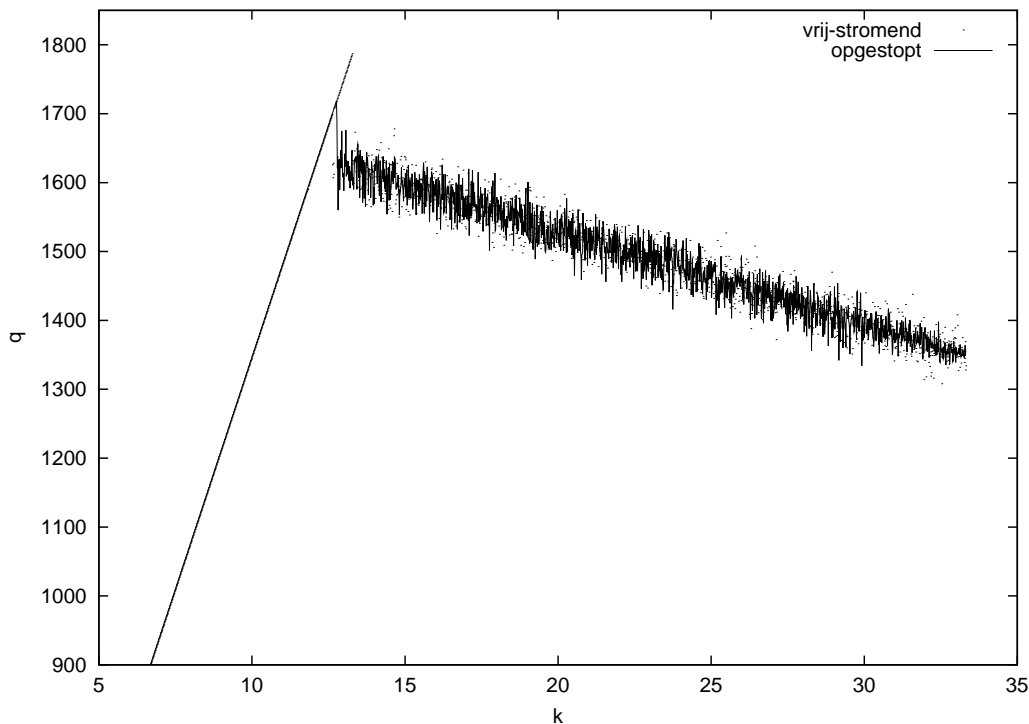
Vrijdag 27/09/2002 :

- de Campusbibliotheek Arenberg heeft me het artikel "*Recurrence Plots Revisited*" (Physica D 108 (1997) 12–44) van M.C. Casdagli toegestuurd.
- André Barbé heeft de lijst met de toewijzing van de didactische taken voor 2002–2003 rondgestuurd; ik ben samen met Tom Bellemans verantwoordelijk voor HK05 (*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*).
- Ik heb het artikel "*How NOT to write a paper*" (zie paragraaf 14.1.1 voor meer informatie hieromtrent) gelezen.

Maandag 30/09/2002 :

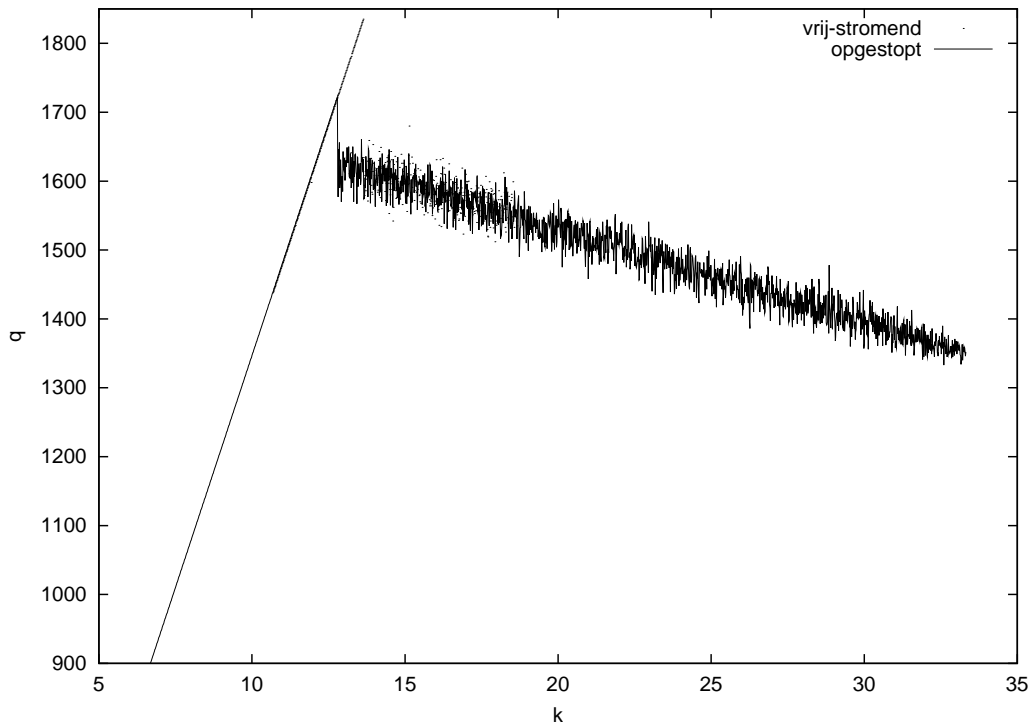
- ik heb een e-mail ontvangen van de nieuwe assistent van professor Frans Arickx (RU-CA) met de vraag of ze mijn broncode en website voor het vak "*Computer Graphics 2*" voor tweede licentie Informatica mogen gebruiken.

- Na vier en een halve dag rekenwerk op zowel de PC op mijn bureau als op SISTA's supercluster, zijn alle gegevens binnen van de simulaties die vorige woensdag werden gestart. Het doel was om de meta-stabiliteit in de VDR TCA te reproduceren, maar dit was enige tijd geleden mislukt. Volgens Robert Barlović lag dit aan het feit dat mijn systeem misschien te klein was. Het blijkt dat hij juist was en ik ben geslaagd in mijn opzet om de meta-stabiliteit in (k, q) fundamenteel diagram aan te tonen. Er werden vooreerst vier experimenten uitgevoerd die elk een transiënte periode van 500 s hadden en een simulatieduur van 5000 s (voor een systeem van 10000 cellen met een *slowdown probability* van 1% en een *slow-to-start probability* van 50%). Het eerste experiment liet de globale dichtheid toenemen, vertrekkende van vrij-stromend verkeer, door telkens een voertuig aan het systeem op een willekeurige vrije positie toe te voegen. Het tweede experiment liet de globale dichtheid afnemen, vertrekkende van opgestopt verkeer, door telkens een voertuig uit het systeem te verwijderen. Het derde en vierde experiment zijn een reproductie van het eerste en tweede experiment. De resultaten van de vier experimenten zijn te zien in figuren 14.1 en 14.2.



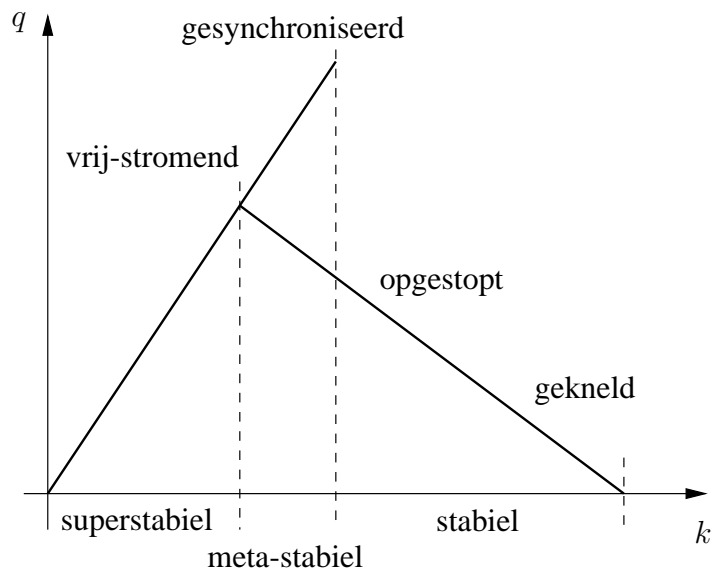
Figuur 14.1: Meta-stabiliteit in het (k, q) fundamenteel diagram van de VDR TCA (eerste en tweede experiment).

We zien duidelijk dat in beide figuren er een verschil is in de buurt van de kritische dichtheid (daar waar de trendbreuk plaatsheeft). Indien we van de tak van vrij-stromend verkeer vertrekken, dan stijgt de doorstromingsgraad tot aan de capaciteit om dan drastisch terug te vallen (één voertuig meer of minder in het systeem maakt hier een drastisch verschil uit) en vervolgens via de tak voor opgestopt verkeer terug af te nemen. Indien we daarentegen van deze laatste tak vertrekken (we gaan dus in de richting van afnemende dichtheid, i.e., van rechts naar links), dan stijgt de dichtheid en van zodra we aan de kritische dichtheid komen stijgt deze sterker maar haalt zeker niet meer de capaciteit van weleer (merk op dat er nog steeds een kleine sprong plaatsvindt; we naderen de tak van vrij-stromend verkeer dus niet zachtjes).



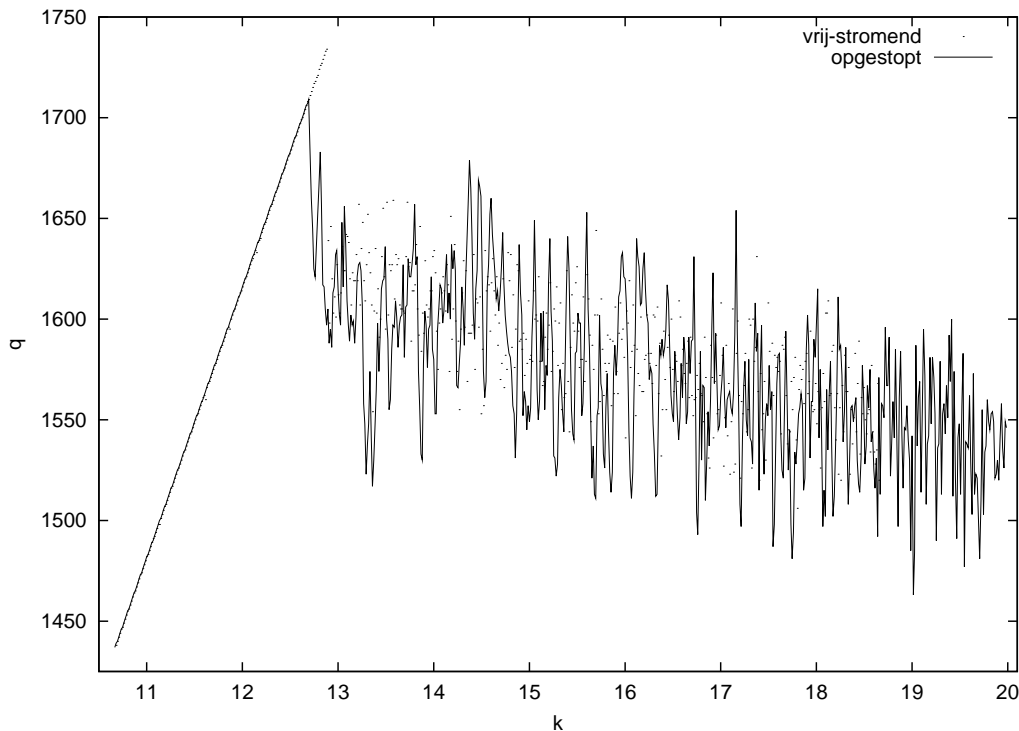
Figuur 14.2: Meta-stabiliteit in het (k,q) fundamenteel diagram van de VDR TCA (derde en vierde experiment).

Samenvattend kunnen we zeggen dat verkeer zich in vier regimes kan bevinden voor drie verschillende toestanden : superstabil (vrij-stromend verkeer), meta-stabil (gesynchroniseerd verkeer) en stabiel (opgestopt en gekneld verkeer), zoals weergegeven op het overzicht in figuur 14.3.



Figuur 14.3: Verschillende verkeerstoestanden in het (k,q) fundamenteel diagram.

- Ik heb ook nog twee extra experimenten uitgevoerd met dit verschil : de transiënte periode bedraagt nu maar 50 s en de simulatieduur slechts 500 s. Het resultaat is te zien in figuur 14.4. We zien duidelijk dat ook hier meta-stabiliteit optreedt in het (k,q) fundamenteel diagram, hetgeen me tot de conclusie leidt dat het niet de simulatieduur maar de systeemgrootte is die verantwoordelijk is voor het kunnen constateren van meta-stabiliteit.



Figuur 14.4: Meta-stabiliteit in het (k,q) fundamenteel diagram van de VDR TCA (bij een veel kortere simulatieduur).

- 's Avonds ontving ik een e-mail van Connie Young van de SIAM 2003 Computational Science and Engineering conferentie in San Diego, California. Mijn voorstel tot lezing is geaccepteerd ("*Analysis of Characteristic Patterns in Road Traffic Data*").

Dinsdag 01/10/2002 :

- het leek me interessant om eens te kijken naar de afwijking van de datapunten ten opzichte van de 'werkelijke waarden' in zowel de tak van vrij-stromend verkeer als die van opgestopt verkeer. Ik baseerde me op de eerste twee datasets (die van het eerste en tweede experiment). Voor beide datasets werden alle punten afgezonderd op basis van de tak waartoe ze behoorden.

Voor de eerste dataset – laat ons ze D1 noemen – (vertrekkende van vrij-stromend verkeer) werden de datapunten gesplitst voor beide takken. In de tak van vrij-stromend verkeer werd als grens het punt net voor de capaciteitsval gekozen (met een maximale doorstromingsgraad van 1787 voertuigen/uur). Met het statistisch softwarepakket S-PLUS 2000 werden vier punten als *outliers* geïdentificeerd en uit de dataset verwijderd. Ook werden beide datasets even lang gemaakt door enkel die punten met dezelfde dichtheid over te houden en werden ze gesorteerd in opklimmende volgorde met het UNIX commando `sort -n`.

Voor de tweede dataset – laat ons ze D2 noemen – (vertrekkende van opgestopt verkeer) werd hetzelfde procédé toegepast. Ditmaal werden de punten met doorstromingsgraad van 1675 voertuigen/uur tot en met 1689 voertuigen/uur uit de dataset verwijderd vermits zij tot zeer sterke fluctuaties leiden bij de overgang van de opgestopte tak naar de tak van vrij-stromend verkeer. Ook hier werden beide datasets even lang gemaakt en gesorteerd.

Na de splitsing houden we dus vier takken over : twee van vrij-stromend verkeer (D1vsv en D2vsv) en twee van opgestopt verkeer (D1ov en D2ov) waarbij de dataset D1 door het eerste experiment van lage naar hoge dichtheid werd uitgevoerd en dataset D2 door het tweede experiment van hoge naar lage dichtheid werd uitgevoerd. Voor elk van de takken met S-PLUS 2000 een lineaire regressie uitgevoerd, wat resulteerde in volgende vergelijkingen :

$$q_{D1vsv} = 134,6257 \cdot k + 0,6379 \quad (452 \text{ datapunten}) \quad (14.1)$$

$$q_{D2vsv} = 134,6309 \cdot k + 0,5919 \quad (452 \text{ datapunten}) \quad (14.2)$$

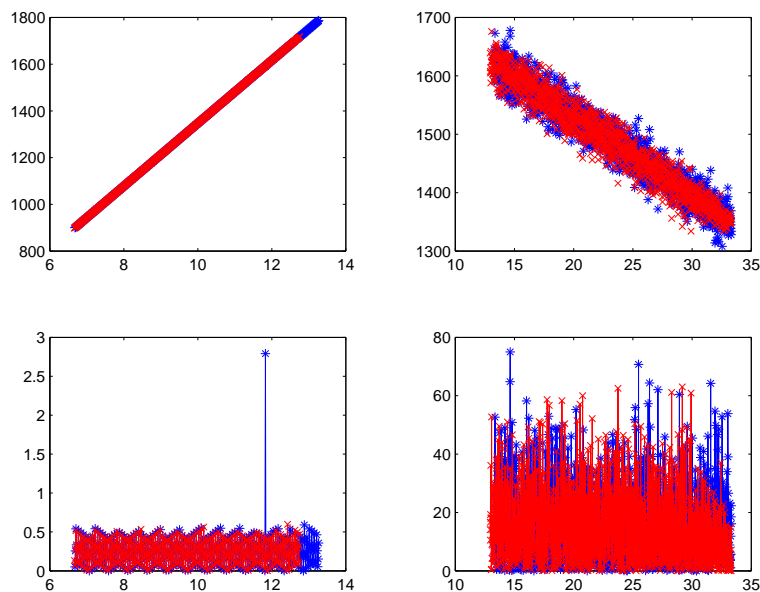
$$q_{D1ov} = -13,5363 \cdot k + 1801,1773 \quad (1504 \text{ datapunten}) \quad (14.3)$$

$$q_{D2ov} = -13,5663 \cdot k + 1800,7399 \quad (1504 \text{ datapunten}). \quad (14.4)$$

We overlopen nu per tak alle relevante waarden voor k en berekenen voor elke berekende doorstromingsgraad q (met behulp van de vorige vier formules) volgende absolute afwijking van de gesimuleerde doorstromingsgraad \hat{q} :

$$|q - \hat{q}| = |(a \cdot k + b) - \hat{q}|, \quad (14.5)$$

waarbij a en b de regressiecoëfficiënten zijn (merk op dat deze voor elke tak anders zijn !). In MATLAB programmeerde ik dan de scripts `ComputeDeviations.m` en `ComputeAllDeviations.m` die dan voor elk datapunt het resultaat van vergelijking (14.5) berekenden. Het resultaat is te zien in figuur 14.5.



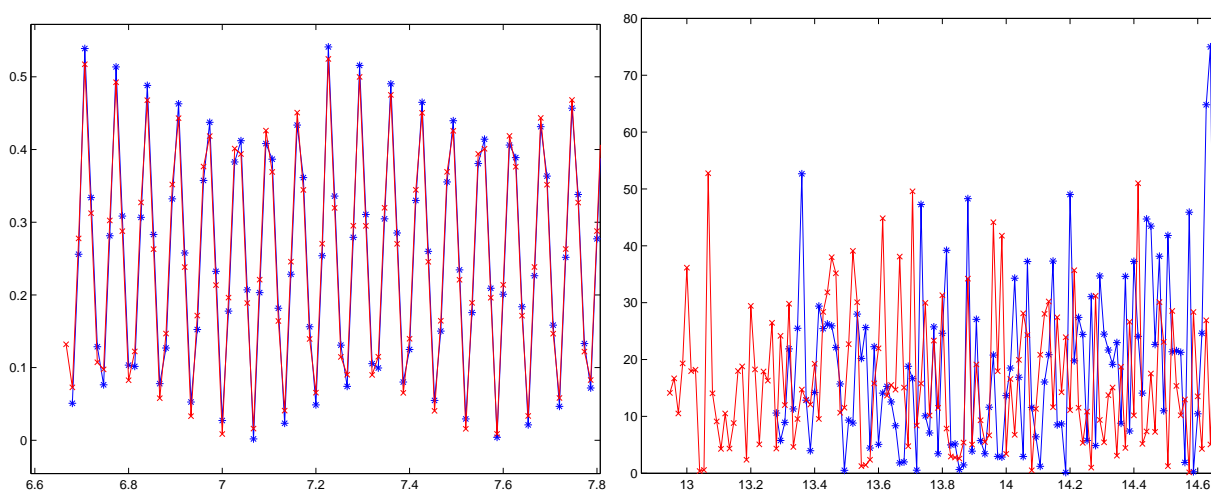
Figuur 14.5: De absolute afwijkingen van de berekende en gesimuleerde doorstromingsgraden voor de verschillende takken.

De figuren in de linkerhelft van figuur 14.5 geven de situatie weer voor beide takken van vrij-stromend verkeer (lage dichtheden op de horizontale as), die in de rechterhelft voor beide takken van opgestopt verkeer (hogere dichtheden op de horizontale as). De bovenste figuren geven op hun beurt dan telkens de gesimuleerde doorstromingsgraden \hat{q} weer, de onderste figuren geven de absolute afwijking ten opzichte van de, met behulp van kleinste kwadraten lineaire regressie, berekende regressierechte.

We zien dat in het geval van vrij-stromend verkeer, de absolute afwijking zeer klein is (slechts 0,5), ongeacht of we van vrij-stromend verkeer of opgestopt verkeer beginnen. Merk op dat er wel een enkele uitschieter is : dit is een lokale fluctuatie die zeer groot is (ongeveer 3) vergeleken met de andere berekende afwijkingen, toch is deze verwaarloosbaar.

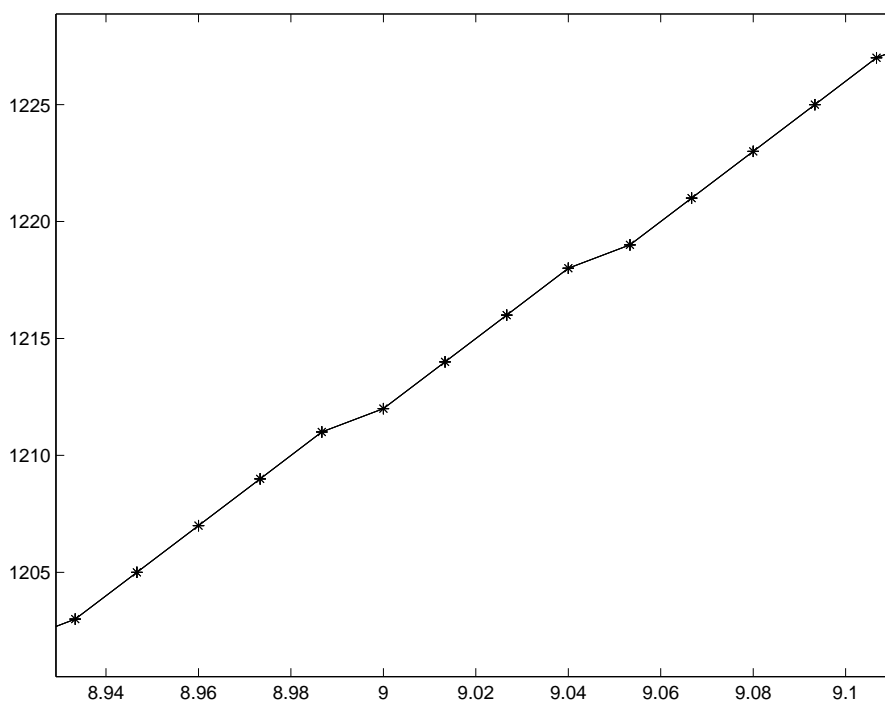
In het geval van opgestopt verkeer is de situatie drastisch verschillend : hier treden zeer grote absolute afwijkingen op, hetgeen ook te zien is als veel *scatter* op de gesimuleerde datapunten in de figuur rechtsboven. Merk op dat, gemiddeld gezien, de absolute afwijkingen voor zowel de opgestopte tak als de vrij-stromend verkeer tak even groot zijn (per tak apart gezien natuurlijk) en niet toe- of afnemen met een variërende globale dichtheid.

- Een eigenaardigheidje kwam wel aan het licht toen ik de absolute afwijkingen van dichtbij bekeek. De linkergrafiek in figuur 14.6 geeft een closeup weer van de absolute afwijkingen in de vrij-stromend verkeer tak (voor dichtheden gaande van ongeveer 6,7 tot 7,8), de rechtergrafiek geeft een closeup weer van de absolute afwijkingen in de opgestopte tak (voor dichtheden gaande van ongeveer 13 tot ruim 14,6). Bij vrij-stromend verkeer merken we dat er een *sterk periodisch gedrag* waarneembaar is, terwijl dit bij opgestopt verkeer *eerder stochastisch* (of misschien chaotisch ?) van aard blijkt te zijn. Sterker nog, ongeacht of we van een vrij-stromend op opgestopt regime vertrekken, de absolute afwijkingen van de tak van vrij-stromend verkeer blijken *dezelfde* periodische functie te volgen, terwijl dit voor de tak van opgestopt verkeer niet geldt !



Figuur 14.6: Closeups van de absolute afwijkingen voor de takken van vrij-stromend en opgestopt verkeer.

Indien we de datapunten van beide vrij-stromend verkeer takken bekijken, dan blijkt dat deze *zo goed als allemaal* paarsgewijs dezelfde waarden hebben, af en toe verschillen ze (omwille van lokale fluctuaties die te sterk optreden). Indien we deze takken van zeer dichtbij bekijken (zoals in figuur 14.7), dan merken we dat telkens de globale dichtheid toeneemt of afneemt met 1 voertuig, de doorstromingsgraad met 2 voertuigen/uur verandert. Ook merken we dat na 4 tot 5 veranderingen van de globale dichtheid, het karakter van de doorstromingsgraad lichtjes verandert : de datapunten liggen in groepjes van 4 tot 5 telkens perfect op een rechte, waarna deze rechte iets verschoven wordt in de horizontale richting. Dit is logisch aangezien er 10000 cellen in het systeem zitten en voertuigen zich in vrij-stromend verkeer met een snelheid van 5 cellen/seconde voortbewegen. Het duurt dus $10000 \div 5 = 2000$ seconden vooraleer een voertuig rond is. Wetende dat de simulatieduur 5000 seconden bedraagt, kan een voertuig dus $5000 \div 2000 = 2,5$ keer rond rijden per simulatie. Dit heeft als effect dat de doorstromingsgraad telkens met 2 voertuigen per uur verhoogt (bij een toename of afname van de globale dichtheid met 1 voertuig) : de eerste 4000 seconden leveren op dat elk voertuig 2 keer kan rondrijden en bijgevolg ook 2 keer wordt gemeten. De laatste 1000 seconden geven een half voertuig, maar vermits de doorstromingsgraad gediscretiseerd wordt zal dit de ene keer wel meegerekend worden, de andere keer niet, wat maakt dat er telkens een horizontale verschuiving optreedt. Deze redenering is dan ook ineens een verklaring voor het verloop van de absolute afwijkingen in de linkerhelft van figuur 14.6.



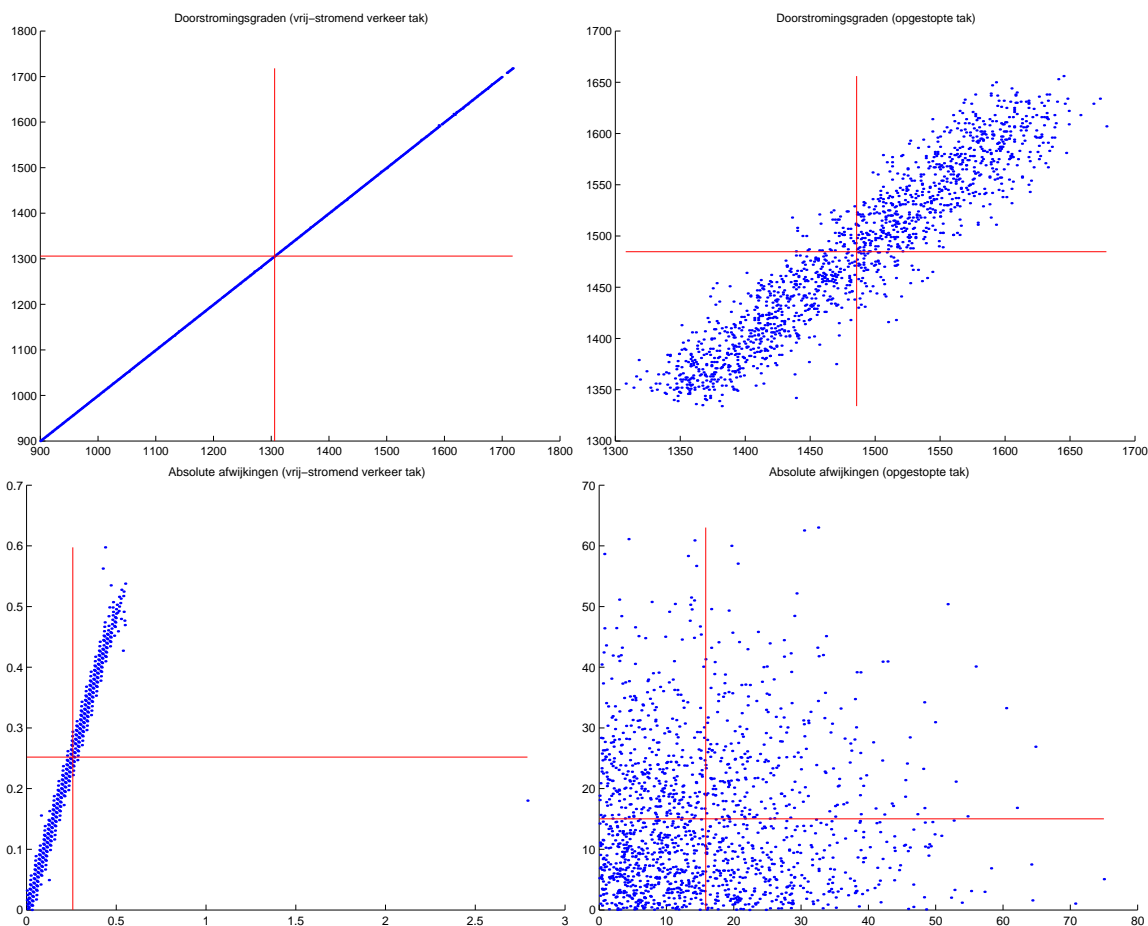
Figuur 14.7: Beide takken van vrij-stromend verkeer – van dichtbij bekeken – vertonen discretisatie-effecten.

- Uitgaande van de linkergrafiek in figuur 14.6, besloot ik om de gesimuleerde doorstromingsgraden \hat{q} en de absolute afwijkingen van beide vrij-stromend verkeer takken en beide opgestopte takken telkens met elkaar te correleren.

MATLAB gaf als correlatiecoëfficiënt 1,0 terug voor de doorstromingsgraad van de vrij-stromend verkeer tak (en 0,9429 voor die van de opgestopte tak) voor respectie-

velijk 452 en 1504 datapunten. Voor de absolute afwijkingen bedroegen de correlatiecoëfficiënten 0,7547 en -0,0065 voor de vrij-stromend verkeer tak en de opgestopte tak. Indien we de uitschieter in de absolute afwijking in de vrij-stromend verkeer tak D1vsv verwijderen (en dus ook de corresponderende gegevens in D2vsv), dan neemt de correlatiecoëfficiënt toe tot 0,9882 (voor 451 datapunten) ! Al deze resultaten wijzen op afwezigheid van enige correlatie tussen de twee absolute afwijkingen van de gesimuleerde doorstromingsgraden in de tak van opgestopt verkeer (merk op dat de doorstromingsgraden *wel* met elkaar gecorreleerd zijn).

Dit maakt dat vrij-stromend verkeer zeer stabiel is en het absoluut niet uitmaakt of we vertrekken van een situatie met vrij-stromend verkeer of opgestopt verkeer : de resultaten zullen altijd hetzelfde zijn. In het geval van opgestopt verkeer geldt dit echter niet meer : hier is geen enkel causaal verband te merken tussen opeenvolgende waarden van de absolute afwijkingen, hetgeen een indicatie kan zijn van het feit dat in dit verkeersregime het verkeer zich weliswaar op een keurige rechte bevindt (i.e., de opgestopte tak waarin de doorstromingsgraad sterk gecorreleerd is) maar dat er extra ‘grote ruis’ aan toegevoegd wordt die maakt dat de absolute afwijkingen van deze rechte stochastisch zijn.



Figuur 14.8: Scatterplots van de gesimuleerde doorstromingsgraden \hat{q} en hun absolute afwijkingen voor de takken van vrij-stromend en opgestopt verkeer.

Een goede visuele indicator van correlaties zijn de *scatterplots* in figuur 14.8 (gemaakt met het MATLAB script `CreateBranchesScatterplots.m`). De bovenste

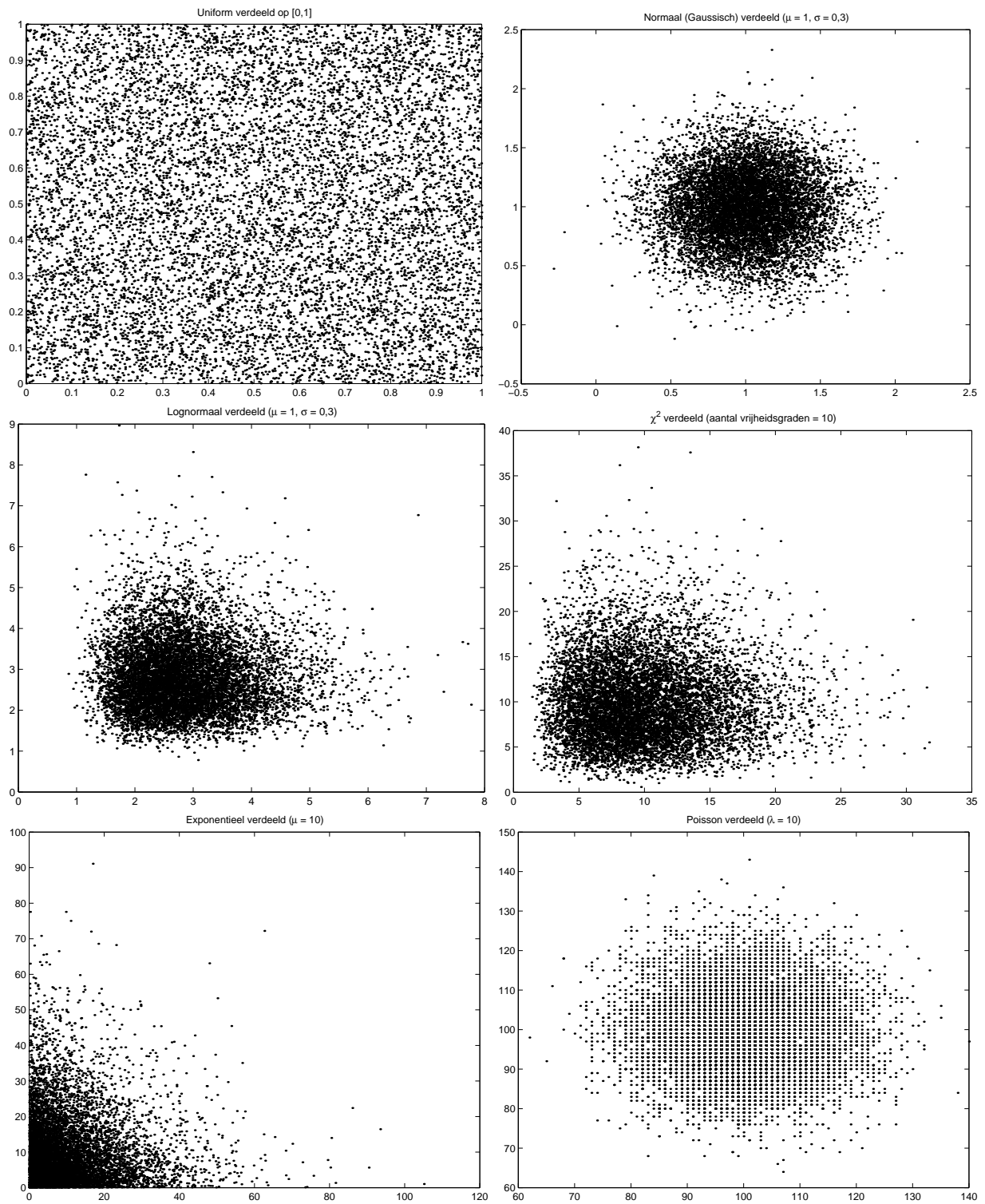
plots geven de gesimuleerde doorstromingsgraden \hat{q} weer, de onderste plots de absolute afwijkingen. De linkerhelft geeft dan telkens de situatie voor vrij-stromend verkeer weer, de rechterhelft voor opgestopt verkeer. De horizontale en verticale lijnen stellen de gemiddeldes voor.

We zien duidelijk dat er sterke lineaire verbanden zijn voor de doorstromingsgraden in beide soorten takken. Daarnaast bestaat er een groot lineair verband voor de absolute afwijkingen van de tak van vrij-stromend verkeer (met een enkele uitschieter helemaal rechts). We kunnen ook stellen dat er enige vorm van homoscedasticiteit is (de variatie van de responsvariabele is onafhankelijk van die van de predictorvariabele): voor een zekere waarde op de horizontale as kunnen we *binnen een zeker interval* een waarde op de verticale as voorspellen. Ook geldt voor deze drie *scatterplots* dat er altijd sprake is van sterke positieve covariantie (de datapunten liggen telkens in het gebied linksonder of rechtsboven de lijnen van de gemiddeldes). De plot voor de opgestopte tak daarentegen duidt op een afwezigheid van enige correlatie. We merken bij dit laatste wel dat er meer punten in de buurt van de oorsprong liggen, iets waar ik later nog op terugkom.

- Ik heb met Connie Young van de SIAM 2003 Computational Science and Engineering conferentie gemailed: blijkbaar is het niet nodig om een volledig artikel te schrijven en wordt enkel de elektronisch toegestuurde samenvatting gebruikt in de afdruk van het uiteindelijke programma. Er zullen geen *proceedings* zijn.

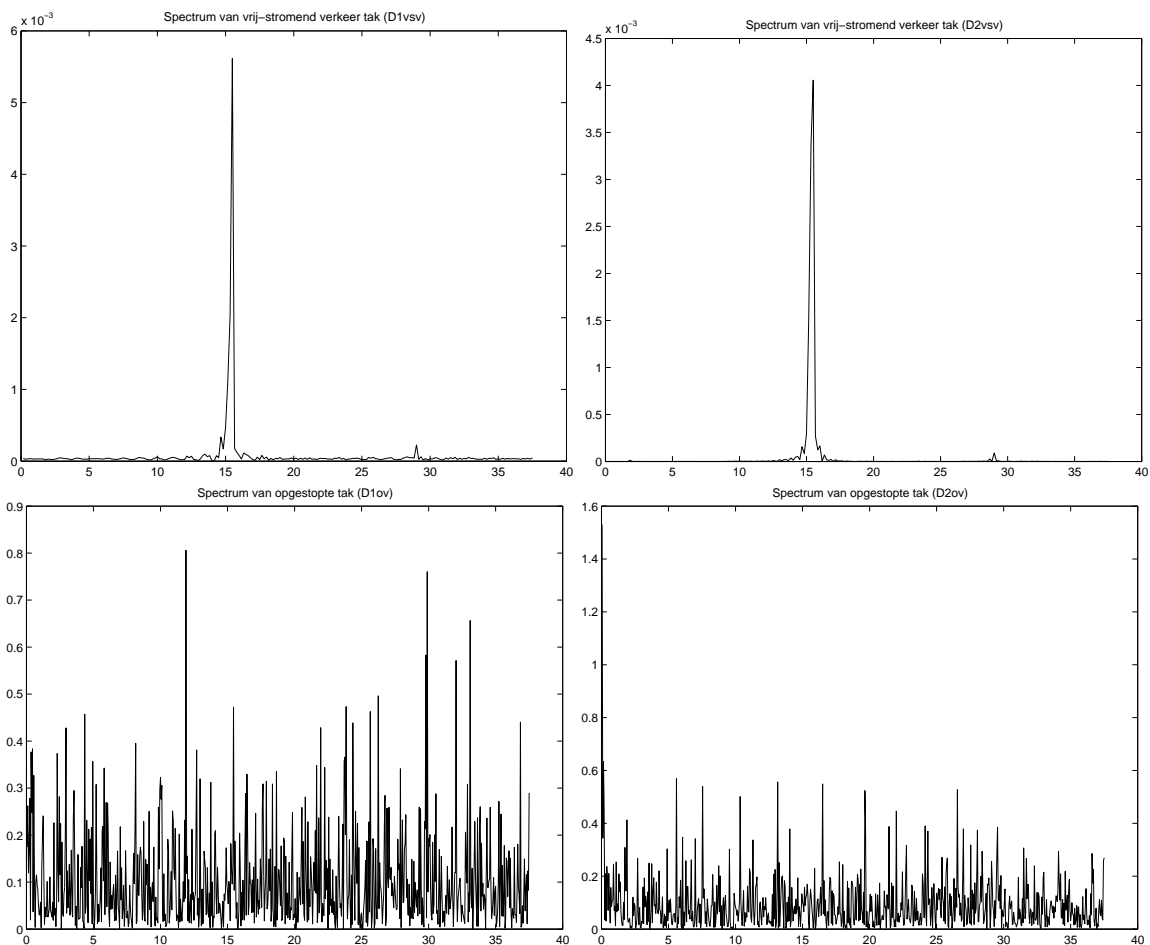
Woensdag 02/10/2002 :

- Aangezien het interpreteren van *scatterplots* niet direct mijn specialiteit is, heb ik besloten om eens te kijken naar ‘typische’ *scatterplots* van diverse verdelingen. Volgende verdelingen zijn als resultaat te zien in figuur 14.9 (gemaakt met het MATLAB script `RandomScatterplots.m`): de uniforme verdeling (op het interval $[0,1]$), de normale (Gaussische) en lognormale verdelingen (met $\mu = 1$ en $\sigma = 0.3$), de χ^2 verdeling met 10 vrijheidsgraden, de exponentiële verdeling (met $\mu = 10$) en de Poisson verdeling (met $\lambda = 1$). Deze figuren beschouwend, kunnen we stellen dat de *scatterplot* van de absolute afwijkingen in de opgestopte tak het karakter van een exponentiële verdeling hebben. Men mag hierbij niet vergeten dat voor de *scatterplot* van de exponentiële verdeling in figuur 14.9 er 10000 punten geplotted werden, wat maakt dat er een zeer hoge concentratie terug te vinden is vlakbij de oorsprong; indien het aantal punten in figuur 14.8 opgedreven wordt (nu worden er ‘slechts’ 1504 gebruikt), dan zullen deze volgens mij ook het gebied rond de oorsprong dicht bezetten.



Figuur 14.9: Scatterplots van telkens 10000 pseudo-random getallen van diverse distributies.

- Figuur 14.6 beschouwend, leek het me interessant om eens een Fourier spectrum analyse van de absolute afwijkingen te doen. Ik gebruikte het spectrum programma van het *TISEAN* softwarepakket met het batch-bestand `extract-vdrtca-branches-psds.bat` en vervolgens werden de spectra in MATLAB gevisualiseerd met het script `PlotBranchesPSDs.m`. In figuur 14.10 zijn deze spectra te zien : de bovenste twee figuren gelden voor de tak van vrij-stromend verkeer, de onderste twee figuren voor de tak van opgestopt verkeer. De bemonsteringsfrequentie bedraagt 75 Hz (we vinden immers 75 samples terug tussen twee opeenvolgende gehele waarden voor de globale dichtheid k), wat maakt dat de Nyquist frequentie $75 \div 2 = 37,5$ Hz is (we kunnen dus frequenties tot 37,5 Hz ontdekken, wat overeenkomt met een dichtheidsstap van $1 \div 37,5 = 0,0267$). De eerste frequentie (de DC-component) werd weggelaten om de details in de spectra nog overzichtelijk weer te kunnen geven.



Figuur 14.10: De spectra van de takken van vrij-stromend en opgestopt verkeer bij de VDR TCA.

Voor het vrij-stromend verkeer zien we duidelijke afgebakende frequenties optreden (een grote piek bij ongeveer 15 Hz en een kleine piek bij ongeveer 29 Hz), wat ook zichtbaar is in de linkercloseup van figuur 14.6 die heel periodisch gedrag vertoont (ongeacht de enkele uitschieter van D1vsv). Het feit dat deze ‘zuivere’ afbakening ontbreekt voor het opgestopt verkeer laat me concluderen dat in deze tak enkel stochasticiteit in de absolute afwijkingen zit (het hele spectrum is immers gevuld).

- Verder heb ik nog een verbetering aan mijn *Traffic Cellular Automata* software aangebracht : nu kunnen de fundamentele diagrammen gekleurd worden met een kleur-codering zoals die gebruikt voor de tijdsafhankelijke plots voor q , k en \bar{v} . Het is nu dus met andere woorden mogelijk om op eender welk fundamenteel diagram dat twee macroscopische grootheden met elkaar correleert, de waarde van de derde grootheid als een bepaalde kleur af te lezen.
- Ik heb met Peter Hellinckx, de nieuwe assistent van professor Frans Arickx (RUCA), afgesproken om volgende week maandagvoormiddag in Antwerpen eens bijeen te zitten voor de vakinhoud van "*Computer Graphics 2*".

Donderdag 03/10/2002 :

- Bart De Moor is te laat met het vastleggen van de sprekers voor HK05 ("*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*"), met als gevolg dat Tom en ik op de valreep nog een presentatie in elkaar moeten steken voor volgende week woensdag. Het blijkt dat er bij de aangeschreven gastdocenten niemand van Opel Belgium tussenzit en dat het dezelfde van vorig jaar zijn.

Daarnaast is het ook zo dat de vakinhoud nog steeds niet vaststaat. Tom en ik opteren voor een presentatie door de studenten (dit voorstel werd ook aan Bart overgemaakt), waarbij we ons het recht behouden een presentatie van bepaalde gastdocenten te weren (vermits ze toch a priori allemaal werden aangeschreven).

Ook heb ik in de verslagen van de Permanente Onderwijscommissie (POC) van vorig jaar eens liggen neuzen naar vermeldingen omtrent problemen met HK05. Dit leverde echter niets op, maar Lut Vanderbracht wist me te zeggen dat deze informatie waarschijnlijk bij de ombudsmensen te vinden zou zijn. Jeroen Buijs wist ons te vertellen dat het grote probleem vorig jaar bij het schrijven van het artikel zat (de studenten zagen er niet ten volle het nut van in); een situatie die we met ons nieuw voorstel hopen te vermijden.

- Op de middag heb ik met Tom Bellemans en Steven Logghe samengezeten om eens van gedachten te wisselen rond het DWTC-project CP/40. We zullen waarschijnlijk nog eens met de mensen van de duurzame kostfunctie samenzitten.
- In de namiddag vonden het SISTA-seminarie plaats waarbij de eerstejaars doctoraatsstudenten zich voorstelden; aansluitend was er een goede receptie.

14.1.3 Planning

- Een scatterplot maken van de vertraagde vectoren gevormd uit de doorstromingsgraden en de absolute afwijkingen van de VDR TCA experimenten. Hiervoor dient onder andere de lineaire trend weggefilterd te worden (met behulp van *successive differences*). Daarnaast onderzoeken hoe met autocorrelatie kan gewerkt worden en hoe dit kan leiden tot Box-Jenkins modelidentificatie en predictie.
- De gegevens bundelen in een *recurrence plot* en deze analyseren (ook met RQA).
- De asymptotische stabiliteit van een treintje van voertuigen bestuderen.
- De experimenten met de reistijden doen voor de VDR TCA.
- Een presentatie in elkaar knutselen voor HK05 en een voor het DWTC-project CP/40.

14.2 Vrijdag 04/10 tot donderdag 10/10

14.2.1 Modelleren, simuleren en beheersen van verkeersstromen

Referentie : [Mae02b]

Deze slides gaan over een lezing gegeven aan enkele laatstejaarsstudenten Elektrotechniek. De behandelde onderwerpen zijn :

- Modelleren van verkeersstromen
 - Visuele inleiding (t-x diagrammen, variabelen)
 - Macroscopische stroommodellen
 - * Empirische stroommodellen
 - * Fundamentele diagrammen
 - * Verkeersregimes
 - * Meta-stabiliteit en hysteresis
 - * Modellen gebaseerd op partiële differentiaalvergelijkingen
 - * Vloeistof-dynamische modellen
 - * Gas-kinetische modellen
 - Microscopische stroommodellen
 - * Voertuig-volg model
 - * Vak-verander model
 - * Routing
 - * HB-matrix
- Vergaren van verkeersgegevens
- De E17 als gevallenstudie
- Illustratieve voorbeelden van simulaties
 - Mitrasim 2000
 - Traffic Cellular Automata
- Beheersing van verkeersstromen

14.2.2 Weekoverzicht

Vrijdag 04/10/2002 :

- de hele dag ging naar het uitwerken van een planning van wat ik volgende week woensdag voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) ga zeggen.

Maandag 07/10/2002 :

- in ben bij het departement Wiskunde-Informatica op de Universiteit van Antwerpen (RUCA) langsgeweest voor een afspraak met Frans Arickx en Peter Hellinckx. Mijn *SvenGL*-code¹ zal gebruikt worden voor het project dat de tweede-licentie studenten Informatica dienen uit te werken voor het vak "*Computer Graphics 2*". Na overleg hebben we besloten om de studenten het *Cook-Torrance shading-model* te laten implementeren (in mijn oorspronkelijke C++ code). Daarnaast zijn er ook enkele kleine vragen die de studenten dienen op te lossen.
- Wat het evaluatiesysteem van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) betreft, werd opgemerkt dat ik dit jaar dit niet voor mijn rekening dien te nemen.
- Een zekere Michael Lim heeft me gecontacteerd : hij kan mijn *SvenGL*-software niet gelinked krijgen.

Dinsdag 08/10/2002 :

- de hele dag (evenals heel mijn zondag !) ging naar het afwerken van mijn slides voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05), zie paragraaf 14.2.1 voor meer details hieromtrent.

Woensdag 09/10/2002 :

- in de voormiddag heb ik de slides voor de studenten gekopieerd (waarbij de kopieermachine kuren vertoonde), waarna ik een anderhalf uur durend seminarie heb gegeven voor deze laatstejaarsstudenten D&A voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05); de 75 slides gingen er vlotjes bij de studenten in. In de namiddag heb ik deze slides op mijn website geplaatst (en allerhande veranderingen doorgevoerd).
- René Boel heeft me gecontacteerd om morgen eens kort af te spreken.
- Ik heb Michael Lim van antwoord gediend : ik krijg mijn *SvenGL*-software zonder problemen aan de praat. Waarschijnlijk heeft hij ergens een misconfiguratie gemaakt. Tegen de avond kreeg ik antwoord van hem waarin hij zei dat alles naar behoren werkte en dat ik een bron van inspiratie voor hem was om te leren ray traceren :

Sven,

Thank you for your time in replying.... Guess what ? It just compiled all of a sudden... very strange... I feel inspired by your work and I want to learn a lot about ray tracing and implement it. I feel this is very hard but rewarding work (visually). I am currently building one and your code has helped put meat into the theory part. Your code has and will provide a great help, especially at times when I'm stuck or my images turn out wrong.

Thank you, Cheers, Michael

¹Website : <http://svengl.dyns.cx>

Donderdag 10/10/2002 :

- zo goed als de ganse dag ging naar het klaarmaken van de cursus "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) voor het Toledo systeem (dit zal de oude website vervangen). Er waren enkele praktische problemen, maar deze werden prompt door LUDIT's helpdesk opgelost. Daarnaast heb ik mijn (en Tom's) status ook opgewaardeerd tot *Teaching Assistant* (zoals het hoort !). Alle studenten zijn tevens ingeschreven, de rudimentaire cursusinformatie is beschikbaar en de slides van de eerste les staan online (in PowerPoint PPT en Adobe PDF formaat).
- In de namiddag is René Boel kort langsgeweest : we hebben gesproken over de mogelijkheden die er bestaan voor het gebruik van microscopische en macroscopische modellen voor het bestuderen van de standaardafwijking van predicties ten opzichte van werkelijke gegevens (gegeven een onzekerheid op het vraagpatroon en onzekerheden op de parameters in de modellen).

14.3 Vrijdag 11/10 tot donderdag 17/10

14.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 11/10/2002 :

- in de namiddag was het introductie voor de nieuw benoemde AAP/BAP-leden.

Maandag 14/10/2002 :

- in de namiddag was er een bijeenkomst met Steven Logghe, Tom Bellemans, Isaak Ypermans, Stef Proost en Fay Dunkerley. Er werd afgesproken een document op te starten waarin een *duidelijkere uiteenzetting* wordt gegeven over het te volgen pad voor het DWTC project CP/40.
- Caroline Greenman heeft mijn deelname aan de cursus "*Academic English*" bevestigd.
- Stefaan Hoornaert (Verkeerscentrum te Wilrijk) heeft me laten weten dat ook het UFSIA (i.e., Tom Van Woensel die nog in de commissie zat van mijn licentiaatsthesis) ook over de verkeersgegevens kan beschikken. Wel is het zo dat wij deze niet mogen verdelen maar dat dit langs het Verkeerscentrum om dient te geschieden (zij verdelen dus de data). In dit kader wordt er een overeenkomst door de directe chef van Stefaan Hoornaert opgesteld waarin alle condities worden geformaliseerd.

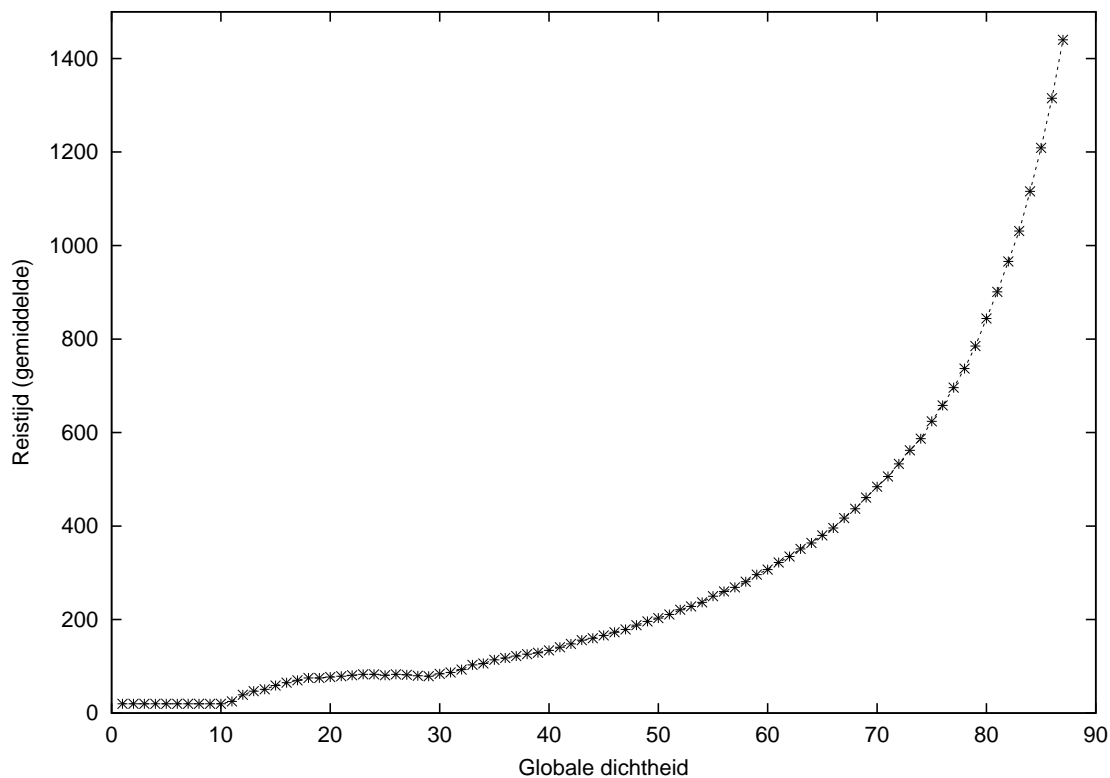
Dinsdag 15/10/2002 :

- ik heb een aantal artikels (in verband met de statistische analyse van verkeersdata) gecompileerd en naar René Boel doorgestuurd.
- Ik heb de details van de cursus "*Academic English*" bestudeerd. De eerste les voor mij (groep 7) valt op vrijdag 25 oktober 2002 van 11u00 tot 13u00 (in de Rotonde van het LUDIT).
- Ik heb Guy Champion toegevoegd aan mijn doctoraatscommissie en dit formulier naar Bart Nauwelaers gestuurd opdat deze het ter goedkeuring voor het departement kan voorleggen.
- Tony Van Gestel heeft zijn slides voor morgen doorgestuurd (voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05)). Ik zal ze echter pas kopiëren van zodra de kopieermachine hersteld is.

Woensdag 16/10/2002 :

- in de voormiddag was het de tweede les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05). Gastspreker was Tony Van Gestel en hij had het over "*Datamining en profiling in een geliberaliseerde elektriciteitsmarkt*".
- Naar aanleiding van de experimenten in verband met het berekenen van de gemiddelde reistijd, heb ik deze – in analogie met paragraaf 13.3.3 – uitgevoerd waarbij de STCA vervangen werd door de meer realistischere VDR TCA. De *slowdown probability* bedroeg 1% en de *slow-to-start probability* bedroeg 50% (er is dus een grote kans dat een voertuig op een volgende tijdsstap stilstaat, gegeven dat het op de huidige tijdsstap gestopt is of reeds stilstond). Het verloop van de gemiddelde reistijd $\langle T_N(k) \rangle$ in functie van de globale dichtheid k is te zien op de grafiek in figuur 14.11. We merken onmiddellijk drie gebieden op waarin verschillend gedrag

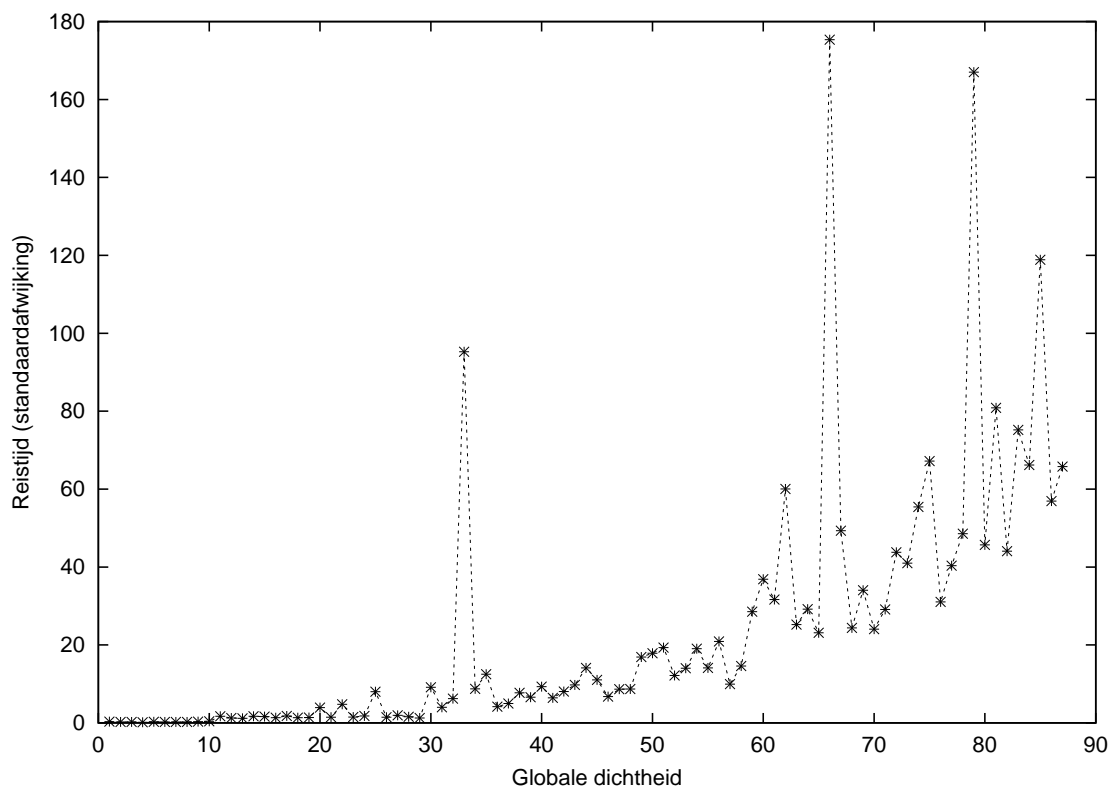
optreedt : het eerste gebied is voor $k \in \{0, \dots, 10\}$. In dit eerste gebied merken we dat de gemiddelde reistijd constant blijft, ongeacht de globale dichtheid. Dit is logisch aangezien we hier met vrij-stromend verkeer te maken hebben. In het tweede gebied (voor $k \in \{11, \dots, 29\}$) merken we dat de gemiddelde reistijd *anders verloopt* dan aanvankelijk gedacht : *deze neemt logaritmisch in plaats van exponentieel toe*. Het gedrag in het derde gebied (voor $k \geq 30$) is analoog aan die van de vorige experimenten; we zien de verwachte exponentiële toename.



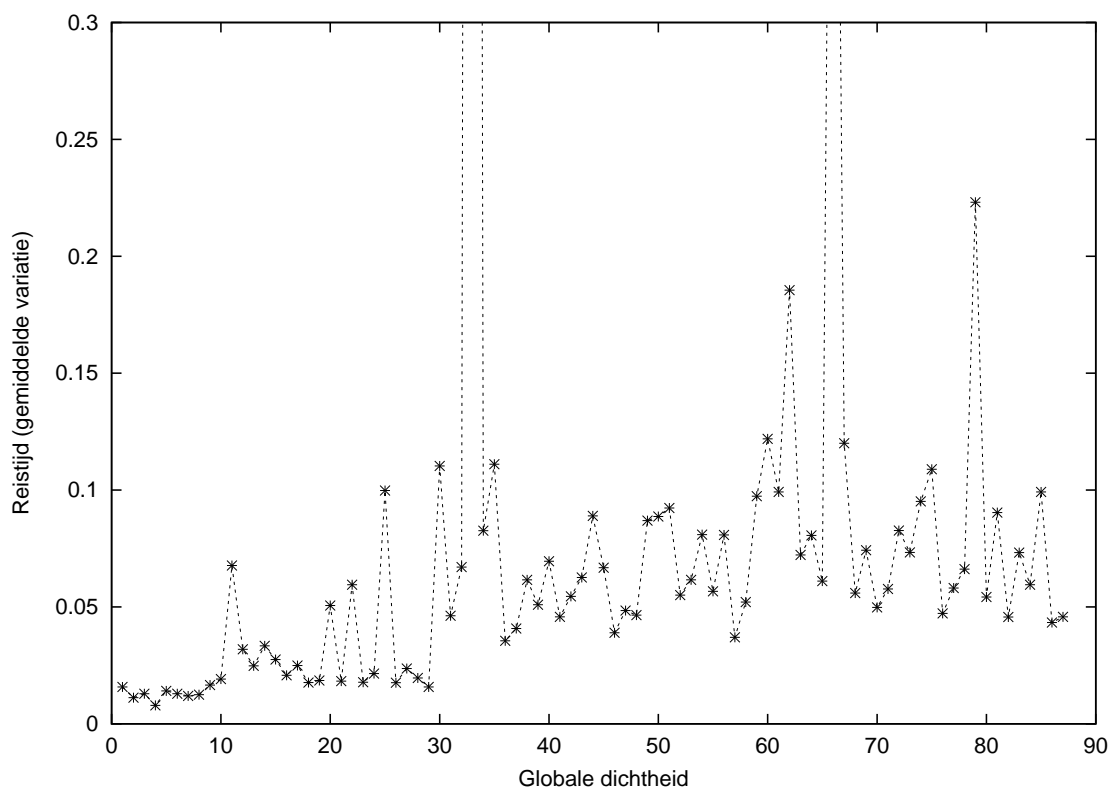
Figuur 14.11: Het verloop van de gemiddelde reistijd $\langle T_N(k) \rangle$ in functie van de globale dichtheid k voor de VDR TCA.

Op de grafieken in figuren 14.12 en 14.13 zien we respectievelijk de standaardafwijking $s_N(k)$ en de relatieve variatie $\langle \sigma_N(k) \rangle$. De eerste neemt (gemiddeld gezien) toe met de globale dichtheid k , waarbij we merken dat in het eerste gebied van vrij-stromend verkeer (en tot zelfs in het tweede gebied) de standaardafwijking min of meer constant blijft en de relatieve variatie klein blijft. Deze relatieve variatie schijnt echter *constant te blijven of gemiddeld gezien toe te nemen* met de globale dichtheid k , in tegenstelling tot het afnemend gedrag bij gebruik van de STCA.

- Ik ben bij het Instituut voor Levende Talen (ILT) langsgeweest waar ik volgende boeken voor de doctoraatscursus "Academic English" heb gekocht : "Academic Writing for Graduate Students – A Course for Nonnative Speakers of English" [SF94a], "Academic Writing for Graduate Students – Commentary" [SF94b] en "The Language of Business English – Grammar and Functions" [BS00].



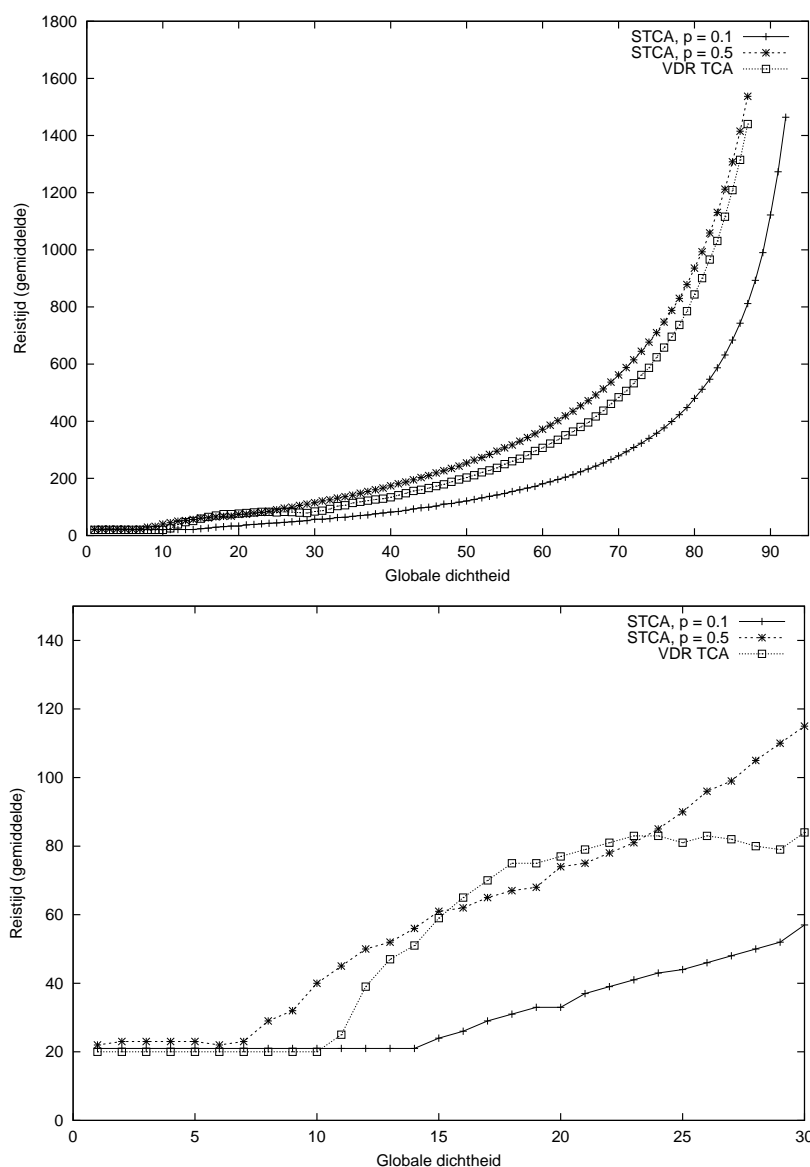
Figuur 14.12: Het verloop van de standaardafwijking $s_N(k)$ van de reistijd in functie van de globale dichtheid k voor de VDR TCA.



Figuur 14.13: Het verloop van de gemiddelde relatieve variatie $\langle \sigma_N(k) \rangle$ van de gemiddelde reistijd per voertuig in functie van de globale dichtheid k voor de VDR TCA.

Donderdag 17/10/2002 :

- indien we de gemiddelde reistijden $\langle T_N(k) \rangle$ in functie van de globale dichtheid k uitzetten voor zowel de STCA als de VDR TCA, dan merken we dat deze redelijk gelijk lopen (zie de bovenste grafiek in figuur 14.14). Een close-up van het interessante gebied is te zien in de onderste grafiek in figuur 14.14. We merken dat bij de STCA met een *slowdown probability* van 10% de toename al direct exponentieel is, waarbij deze bij een *slowdown probability* van 50% al een klein initieel logaritmisch verloop geeft. Bij de VDR TCA is dit logaritmisch verloop meer uitgesproken, wat wil zeggen dat voertuigen bij het betreden van het tweede gebied een sterke verandering in reistijd ondervinden, waarna deze zich min of meer lichtjes stabiliseert om dan vervolgens in het derde gebied steeds meer toe te nemen.



Figuur 14.14: Het verloop van de gemiddelde reistijd $\langle T_N(k) \rangle$ in functie van de globale dichtheid k voor de STCA en de VDR TCA (closeup in onderste figuur).

- Bieke Moelans van het Verkeerscentrum te Wilrijk heeft me gecontacteerd om eens af te spreken en ideeën uit te wisselen omtrent de statistische methodes die we (kunnen) gebruiken om de verkeersgegevens te analyseren.

14.4 Vrijdag 18/10 tot donderdag 24/10

14.4.1 Density Waves and Jamming Transition in Cellular Automaton Models for Traffic Flow

Referentie : [NLS99]

In dit artikel worden de STCA, de VDR TCA en de T² TCA beschouwd. Er wordt gewerkt met een unidirectionele ring met vaste lengte. De verschillende regels worden uit de doeken gedaan waarna de gegeneraliseerde T-punts autocorrelatiefunctie van de dichtheid wordt gebruikt om de snelheid van opstoppingen te meten (alsmede de kritische dichtheid en de maximale doorstromingsgraad). Hierbij wordt opgemerkt dat de gebruikte parameters een grote invloed hebben op het uiteindelijke resultaat dat deze autocorrelatiefunctie geeft.

14.4.2 Modeling and simulation of traffic flow

Referentie : [WNS99]

Dit is een zeer algemeen artikel waarin onder andere wordt verteld dat Treiterer de eerste was die het bestaan van kinematische golven (zoals voorspeld door Lighthill, Whitham en Richards) aantoonde. Ook het gebruik van cellulaire automaten (voor microscopische simulatie) komt aan bod, waarbij de opmerking wordt gemaakt dat het zeer moeilijk is om deze analytisch te beschrijven. Ook de metastabiliteit van de VDR TCA wordt vermeld (het zogenaamde *slow-to-start* gedrag).

14.4.3 Weekoverzicht

Vrijdag 18/10/2002 :

- in de namiddag was het de Toledo-infosessie (georganiseerd door LUDIT) waarbij een kort gebruiksoverzicht werd gegeven, alsmede een terugblik na een jaar actief gebruik van het systeem. Ik heb een aantal vragen gesteld waarbij het antwoord uiteindelijk meestal op voorhand al voorspelbaar was : de door mij aangekaarte kleine details kunnen niet opgelost worden (misschien wel in een volgende versie). Daarnaast bracht ik nog een bug aan het licht.

Maandag 21/10/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het omzetten van de informatie op de oude website van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) naar het Toledo-systeem. Daarnaast heb ik ook alle slides van de sessie van vorige week voor de studenten gekopieerd.
- Ik heb het artikel "*Density Waves and Jamming Transition in Cellular Automaton Models for Traffic Flow*" gelezen (zie paragraaf 14.4.1 voor meer details hieromtrent).

Dinsdag 22/10/2002 :

- ik heb het artikel "*Modeling and simulation of traffic flow*" gelezen (zie paragraaf 14.4.2 voor meer details hieromtrent).

- Ik heb Dries Van Dromme geholpen met het compileren en gebruiken van een UNIX-programma om alle tekst uit een PS, EPS of PDF (al dan niet beveiligd) te extraheren (dit voor het aanmaken van een dataset om tekstmining op te doen).
- Ik heb een lijst opgesteld van journals en dergelijke waarin publiceren mogelijk (al dan niet relevant) is :
 - Advances in Complex Systems
 - Chaos
 - Complexity
 - Computer Physics Communications
 - Computing in Science and Engineering
 - European Journal of Control
 - European Physics Journal
 - IEEE
 - * IEEE Computational Science and Engineering
 - * IEEE Control Systems
 - * IEEE Control Systems Magazine
 - * IEEE Transactions on Automatic Control
 - * IEEE Transactions on Control Systems Technology
 - * IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement
 - * IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems
 - * IEEE Transactions on Vehicular Technology
 - International Journal of Modern Physics C (Physics and Computers)
 - Journal of Advanced Transportation
 - Journal of Artificial Intelligence Research
 - Journal of Transportation and Statistics
 - Physica
 - * A – Statistical Mechanics and its Applications
 - * B – Condensed Matter
 - * C – Superconductivity and its Applications
 - * D – Nonlinear Phenomena
 - * E – Low-dimensional Systems and Nanostructures
 - Physical Review
 - * A – Atomic, Molecular and Optical Physics
 - * B – Condensed Matter and Materials Physics
 - * C – Nuclear Physics
 - * D – Particles, Fields, Gravitation and Cosmology
 - * E – Statistical, Nonlinear and Soft Matter Physics
 - Physical Review Letters
 - Nature
 - Science
 - Scientific American
 - SIAM Journal on Computing
 - Stochastics and Dynamics

- Transportation Research (A–F)
 - A – Policy and Practice
 - B – Methodological
 - C – Emerging Technologies
 - D – Transport and Environment
 - E – Logistics and Transportation Review
 - F – Traffic Psychology and Behavior

Voor *Computer Graphics* gerelateerde onderwerpen komen volgende journals onder andere aan bod :

- ACM Transactions on Graphics
- ACM Transactions on Mathematical Software
- Computer Graphics
- IEEE Computer Graphics and Applications
- IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics
- Journal of Graphics Tools

Woensdag 23/10/2002 :

- in de voormiddag was het normaal gezien les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) maar vermits er een paar lessen omgewisseld waren, ging deze les niet door. Jeroen Buijs kwam voor een ander vak spreken, met als gevolg dat ik voor niks naar de les was gegaan (men had ook niet de moeite gedaan om mij hiervan op de hoogte te stellen). Tijdverlies.
- De rest van de dag ging naar het lezen van "*Unit One – An Approach to Academic Writing*" voor de cursus "*Academic English*". Ik heb ook alle taken in deze unit gemaakt, alsmede de taak die Caroline Greenman (begeleidster) had opgegeven.

Donderdag 24/10/2002 :

- heel de dag ging naar het lezen van "*Unit Two – Writing General-Specific Texts*" voor de cursus "*Academic English*". Ik heb ook alle taken in deze unit gemaakt, alsmede de taak die Caroline Greenman (begeleidster) had opgegeven.

14.5 Vrijdag 25/10 tot donderdag 31/10

14.5.1 Weekoverzicht

Vrijdag 25/10/2002 :

- in de voormiddag ging de eerste les van "Academic English" door. Er waren veel 'studenten' die nog geen boeken hadden gekocht; ik was daarenboven de enige (van de 15 aanwezigen) die zijn taken had gemaakt.

Maandag 28/10/2002 :

- naar aanleiding van een vraag van Tom Van Woensel (UFSIA) over de opstopingsdichtheid, heb ik een meer uitgebreid antwoord geformuleerd :

Is de opstopingsdichtheid een constante ?

Beschouw een stuk autosnelweg (slechts één rijvak) in de 'werkelijke wereld' waarbij al het verkeer homogeen is (allemaal dezelfde klasse voertuigen en bestuurders). Er kunnen nu slechts een maximaal aantal voertuigen op dit stuk passen. Als iedereen bumper tegen bumper staat dan hebben we de opstopingsdichtheid. Indien iedereen daarentegen een zekere (altijd dezelfde) veilige afstand met zijn voorligger behoudt, dan passen er minder voertuigen op dit stuk autosnelweg met als gevolg dat de opstopingsdichtheid daalt. Een situatie zoals deze is perfect terug te vinden in de cellulaire automaten die bijvoorbeeld uitgaan van een ruimtegebruik van 7,5 m ($\Rightarrow 1000 \div 7,5 = 133$ voertuigen/km).

Indien het verkeer echter niet homogeen is, dan spreken we zuiver van een *gemiddeld ruimtegebruik* waarbij de lengte van de voertuigen varieert maar de plaats die een voertuig *gemiddeld gezien* inneemt constant blijft. Dit levert ons dan een soort van *gemiddelde opstopingsdichtheid* op.

Indien we de macroscopische modellering beschouwen, dan kunnen we bijvoorbeeld uitgaan van een fundamenteel diagram, waarbij het snijpunt met de k -as in een (k, q) of (k, \bar{v}) diagram net de opstopingsdichtheid is. Maar hierbij is wel een belangrijke veronderstelling gemaakt : de fundamentele diagrammen gaan uit van *zuiver homogeen verkeer*.

Daarenboven merken we ook het volgende op : in druk stadsverkeer rijden de voertuigen *dichter op elkaar* dan op een autosnelweg. Dit maakt dat de opstopingsdichtheid niet alleen afhankelijk is van de vlootmix (i.e. in dit geval de mate van homogeen verkeer), maar ook van het wegtype en de omgeving.

Het probleem is dus grotendeels dat de opstopingsdichtheid als constante enkel geldig is voor homogeen verkeer, maar dat ze wordt toegepast op heterogeen verkeer. Om hieraan tegemoet te komen kan men werken met PCEs (*person car equivalents*), maar ook dit is weer een benadering aangezien het hier weer om een gemiddeld ruimtegebruik gaat (en hoe vertaalt men dat dan naar de verschillende soorten vrachtwagens ?).

Mijn stelling is dan ook de volgende : de opstopingsdichtheid is een constante, maar dan enkel in de limiet waarbij men een bepaald stuk rijbaan gedurende een *lange periode* beschouwt zodat het gemiddeld ruimtegebruik stabiliseert. Merk op dat de constante dan enkel geldt indien we een oneindige observatieduur zouden hebben.

Dinsdag 29/10/2002 :

- ik ben aan het nadenken geweest over een geschikte abstract voor het PhD Symposium van de K.U.Leuven en daarmee gekoppeld een uitstippeling van het verloop van mijn verder onderzoek.

Woensdag 30/10/2002 :

- in de voormiddag was het de derde les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05). Gastspreker was Jan Van Impe en hij had het over "*Modelling, optimization and control of biochemical reactions and reactors*". In de namiddag heb ik de website op Toledo aangepast en de slides beschikbaar gemaakt (deze waren dezelfde als vorig jaar, op de datum na).
- 's Avonds kwam Lyudmila Mihaylova langs van het departement Mechanica (zij is een collega van René Boel en werkt mee op het DWTC-project CP/40). Haar taak bestaat onder andere uit het opstellen van betrouwbaarheidsintervallen voor de onzekerheid op de meetsensoren die langs de autosnelwegen liggen. Een probleem hierbij is dat er weliswaar veel gegevens beschikbaar zijn, maar dat concrete technische gegevens over deze meetapparatuur niet gemakkelijk voorhanden zijn en dat de calibratiegegevens van de enkele lusedetectoren daarenboven niet altijd werden bijgehouden. Het bleek ook dat ze een aantal interessante artikels aankaarte; zo goed als al deze artikels kwamen echter oorspronkelijk uit mijn databank (ik had ze aan René Boel ter informatie gegeven).

Donderdag 31/10/2002 :

- ik heb een abstract voor het K.U.Leuven PhD Symposium ingediend, het is getiteld : "*Modeling, simulation and control of traffic flows on a highway network*".

With the increasing traffic demand on the Belgian road network, the need for a better usage of the existing road infrastructure arises in order to counter the forthcoming congestion. Within this context, our research is aimed at improving the current and future traffic conditions.

Several steps will be taken in order to accomplish this. First of all, a detailed modeling study needs to be done. Traffic flows can be largely classified as either being macroscopic (a stream of vehicles is considered as a whole) or microscopic (each vehicle is considered separately) in nature. We will initially use a microscopic classification scheme, more specifically, traffic cellular automata. This approach implements the car following and lane changing microscopic submodels as rule based behaviour.

The second step is the proces of (online) traffic simulation. Its scope is the Flanders' highway network and its secondary road network (which will be considered as a fall back option). Calibration and validation of the model parameters becomes very important when tuning them to the (real world) traffic situation.

The third and final step is controlling the traffic flows in this network using several adaptive control strategies. These controls can be ramp metering, variable speed limits, rerouting directives et cetera. An important aspect in this process is the use of historical and actual traffic data (which are gathered by various traffic sensors). This will lead to predictions (within certain confidence intervals), based on datamining techniques using autocorrelations, attractor reconstruction (using embedded delay coordinates), spectral analyses, ... as well as correlations with climatological data.

- Ik heb een brief verstuurd naar de personeelsdienst om mijn foto in de personeelsdatabank te laten veranderen.
- Verder heb ik alle slides van Jan Van Impe voor de studenten gekopieerd.
- Tot slot heb ik alle partners van het DWTC-project CP/40 uitgenodigd voor de volgende sessie die gepland is op 15/11/2002.

Hoofdstuk 15

November 2002

15.1 Vrijdag 01/11 tot donderdag 07/11

15.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 01/11/2002 :

- collectief verlof voor het K.U.Leuven personeel wegens Allerheiligen.

Maandag 04/11/2002 :

- ik heb alle slides voor de studenten van HK05 gekopieerd voor de vierde les "*Gebruik van wiskundige modellen in de staalindustrie*". Daarnaast werd al deze informatie ook op Toledo aangepast.

Dinsdag 05/11/2002 :

- ik heb al mijn ongelezen, rondslingerende papers gecatalogeerd voor verdere consultatie.

Woensdag 06/11/2002 :

- in de voormiddag was het de vierde les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05). Gastspreker was Christophe Traest en hij had het over "*Gebruik van wiskundige modellen in de staalindustrie*". De studenten hebben zelf nog geen idee gegeven van een mogelijke evaluatievorm voor dit vak; ze kregen nog 48 uur de tijd om een voorstel in te dienen.
- In de namiddag heb ik eens nagedacht over het onderzoeken van asymptotische stabiliteit van een reeks (*string*) voertuigen.

Donderdag 07/11/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het ontwerpen van een poster voor de IAP-studiedag (dit werd ons nog net op de valreep gevraagd).

15.2 Vrijdag 08/11 tot donderdag 14/11

15.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 08/11/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het afwerken van de poster voor het IAP.
- Na lange tijd heb ik Stefaan Hoornaert van het Verkeerscentrum te Wilrijk nog eens gecontacteerd. Blijkt dat het officiële document ergens in de administratie strop zit. Hij heeft me – op aanvraag – wel al de lokatie's van de meetsensoren gegeven als een ArcView GIS data laag (ik heb de databank aangepast en op CD-ROM gebrand).

Maandag 11/11/2002 :

- collectief verlof voor het K.U.Leuven personeel wegens Wapenstilstand.

Dinsdag 12/11/2002 :

- ik heb de volgende vergadering met de gebruikersgroep voor het DWTC-project CP/40 uitgesteld vermits het op 15/11/2002 het Feest van de Dynastie is.
- Ook werden enkele kleine aanpassingen aan de IAP-poster aangebracht (enkel Tom dient nog twee figuren aan te brengen) en werd de abstract geschreven. Zoals gevraagd heb ik deze naar Dominique Pigeon gemailed (alsmede op aanvraag naar SISTA's administratie zelf). Ons voorstel, getiteld "A Case Study on Traffic Flow Modelling, Simulation and Control", is als volgt :

"In our case study, we observe the traffic data (as collected by the Traffic Centre in Wilrijk) of the E17 highway in the direction of Antwerp. Interpretation of this time-series leads to the well-known fundamental diagrams from traffic flow theory (these diagrams exhibit the metastability and hysteresis phenomena). As a macroscopic traffic flow model, we use Papageorgiou's METANET model. The microscopic model is in one case based on a continuous implementation and in another case on a discrete version implemented as a traffic cellular automaton. As a control measure, we investigate the use of ramp metering using model predictive control, which outperforms the default ALINEA-algorithm.

Woensdag 13/11/2002 :

- in de voormiddag was het de vijfde les van "Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole" (HK05). Gastspreker was Herman Van der Auweraer en hij had het over "Modelleren van structuurdynamisch gedrag".
In de namiddag heb ik de website op Toledo aangepast en de slides beschikbaar gemaakt (deze waren dezelfde als vorig jaar, op de datum na).
- Ik heb Tony Van Gestel gevraagd hoe kwantisatie van speciale variabelen (zoals 'cloudiness' en 'rainfall') gebeurt. Hij raadt aan het proces van Marcelo te gebruiken (wat ook het makkelijkste is voor een statisch model) : transformeer de variabele naar bijvoorbeeld vijf ingangen; $i_1 = \text{boolean}$, variabele = 0; $i_2 = \text{boolean}$, variabele = 1, ... Daarna wordt een lineair model geschat als $y = w_1 \cdot i_1 + \dots + w_5 \cdot i_5 + b$. De coëfficiënten w_1, \dots, w_5 en bias term b worden dan geschat via kleinste kwadraten (regress in matlab) en op basis van de grootte van de coëfficiënten krijgt men al

een idee van het verband. Het is ook handig de uitkomstvariabele (bijvoorbeeld de doorstromingsgraad) te plotten in functie van de 5 types (dan wel voor een specifiek uur op dezelfde dag van de week), wat ook al een idee van het verband geeft.

Donderdag 14/11/2002 :

- heel de dag ging naar het studeren voor de cursus "*Academic English for Graduate Students*"; units drie ("*Problem, Process, and Solution*") en vier ("*Data Commentary*") kwamen aan bod, alsmede de huistaak die opgegeven was.

15.3 Vrijdag 15/11 tot donderdag 21/11

15.3.1 Traffic Jam Dynamics in Stochastic Cellular Automata

Referentie : [NS95]

In dit artikel wordt de klassieke STCA (NaSch) weerom uit de doeken gedaan. Speciale aandacht gaat hierbij uit naar de randomisatie-regel die drie verschillende soorten gedragspatronen condenseert :

1. fluctuaties op hoge snelheden,
2. vertraagde acceleraties
3. en overreageren bij het remmen.

Er wordt daarenboven ook gesproken over de fase-transitie die plaatsvindt bij de kritische dichtheid, wat geïllustreerd wordt met tijd-ruimte en fundamentele diagrammen. Kwalitatief wordt gesproken over het gedrag van opstoppingen bij drie verschillende soorten dichtheden : dit leidt tot opstoppingen die verdwijnen, opstoppingen die *kunnen* verdwijnen en opstoppingen die oneindig lang blijven voortbestaan. Tot slot wordt een voorbeeld gegeven van een toepassing in het Noord-Rein-Westfalia gebied in Duitsland. Er worden hier wel enkele grote vereenvoudigingen doorgevoerd, namelijk onder andere het gebruik van slechts links met maar één vak en vereenvoudigde op- en afritten. De nadruk ligt echter op het genereren van verschillende routes voor de gebruikers van het wegennetwerk, waarna elke gebruiker tien verschillende routes beproeft en op basis hiervan de beste keuze maakt. Na deze ‘leerfase’ wordt de finale simulatie uitgevoerd waarbij elke gebruiker nu zijn gekozen route volgt. Het resultaat is dat het verkeer zich verdeelt volgens een Wardrop-equilibrium.

15.3.2 Evaluation of Cellular Automata for Traffic Flow Simulation on Freeway and Urban Streets

Referentie : [BW99a]

De meeste cellulaire automaten zijn ruimte-georiënteerd en min of meer heuristisch van nature. Kritiek op de klassieke STCA (NaSch) is onder andere dat deze een onrealistisch remgedrag vertoont (waarbij een oneindige deceleratie mogelijk is indien de tussenruimte met de voorligger te klein wordt om nog veilig (i.e. botsingsvrij) te overbruggen aan de huidige snelheid). Andere kritiek wordt gevonden in het feit dat de randomisatie regel eerder heuristisch is, met als gevolg dat de meeste tekortkomingen (zoals het slecht kunnen fitten van de STCA op werkelijke data) door deze regel geïntroduceerd worden. Nader onderzoek wordt in dit artikel uitgevoerd door het trachten te calibreren van de STCA's parameters op werkelijke fundamentele diagrammen van een Duitse autosnelweg. Er wordt opgemerkt dat de snelheid van een voertuig onafhankelijk is van die van de voorligger en dat er geen capaciteitsval optreedt (wat wel kan door gebruik van de VDR TCA die metastabiliteit en hysteresis vertoont).

Als oplossing wordt een nieuw model voorgesteld : de TOCA (*time oriented cellular automaton*). In deze CA worden de klassieke regels voor het botsingsvrij voortbewegen vervangen door regels die een veilige tussenafstand trachten te behouden. Hiertoe wordt de huidige snelheid van het voertuig vermenigvuldigd met de tijdsstap en vergeleken met de gemiddelde gewenste tussentijd (i.e. de ‘afstand’ in de tijd tussen twee voertuigen). Over het calibratieproces wordt echter weinig gezegd, enkel de resultaten worden getoond.

15.3.3 Weekoverzicht

Vrijdag 15/11/2002 :

- in de voormiddag heb ik de tweede les van de cursus "Academic English" gevolgd. De les werd zeer inefficiënt gegeven (waarbij we recht hebben op twee uur maar slechts één uur krijgen aangezien de docent veel te laat begonnen was). Daarenboven had ook niet iedereen zijn huiswerk gemaakt, wat verbetering in de les praktisch onmogelijk maakt. Als volgende huistaak dienen weer twee units gelezen te worden, en dienen we een oordeel over de groep te vellen waarbij we ieders contributie in rekening brengen.
- Ik heb het artikel "Evaluation of Cellular Automata for Traffic Flow Simulation on Freeway and Urban Streets" (zie paragraaf 15.3.2 voor meer details hieromtrent) opnieuw gelezen.

Naar aanleiding van dit artikel, rees bij mij de vraag omtrent de gebruikte methode tot calibratie van de TOCA op werkelijke fundamentele diagrammen van een Duitse autosnelweg. Ik heb hiervoor volgende e-mail naar Dr. Ning Wu (co-auteur van het artikel) gestuurd :

Hello, my name is Sven Maerivoet and I'm a PhD-student at the Katholieke Universiteit Leuven (Belgium), in the department of Electrical Engineering (research group SISTA).

I've read your paper titled "Evaluation of Cellular Automata for Traffic Flow Simulation on Freeway and Urban Streets"(it appeared in Traffic and Mobility : Simulation-Economics-Environment in 1999).

I've studied your TOCA, and I have one question. You compare the classic STCA (NaSch) with your TOCA, based on their effectiveness of reproducing realistic fundamental diagrams (like those of the German Highways). I agree completely (and I think some mix of the VDR CA and the TOCA might be beneficial), but I was wondering :

How did you calibrate these CA models ? You use for example 3 parameters, so when do you conclude that a specific set of values for these parameters is a good fit for the simulated diagram to the measured one ? And how does this apply to the TOCA? The paper gives no clue as to how this is done : did you calibrate the models with some system using an optimization criterion ? I don't understand how this is accomplished because the only thing you have is a visual inspection of the fundamental diagrams... but that's hardly a mathematical calibration.

Al vrij snel kreeg ik volgend antwoord :

Hi, thank your very much for your question. The CA models were calibrated by means of minimisation of the sqr errors for the density-velocity relationship. To calibrate the parameters, we just tried different sets of these parameters to get a better result. This work was manually done by us. Certainly, we can use a mathematical tool (e.g. MATLAB) to do it automatically. Generally, I think, the TOCA model is better then the STCA because of the flexibility of the model.

Het lijkt me *zeer interessant* om iets uit te werken (waarschijnlijk in een artikel) om dergelijke calibratie automatisch te laten verlopen. Een vrij lastig aspect zal wel het feit zijn dat de calibratie fase in MATLAB mijn Java code dient op te roepen, waarbij telkens een volledig fundamenteel diagram opgesteld dient te worden...dit is een zeer tijdsintensieve taak.

Maandag 18/11/2002 :

- ik heb het artikel "*Traffic Jam Dynamics in Stochastic Cellular Automata*" (zie paragraaf 15.3.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Steven Logghe belde me voor de verdere aanpak van het DWTC-project CP/40. Er werd afgesproken dat hij op de volgende vergadering (vrijdag 29 november 2002) een presentatie zal geven over de mogelijke modellen. Daarnaast ga ik aan Fay Dunkerley (ETE) vragen of ze een presentatie wil geven over de kostfunctie. Ook hebben we vast gelegd wie over wat zou dienen te schrijven voor het tussentijds activiteitenverslag voor het DWTC.
- Ik heb de VDR TCA aangevuld met een *cruise control* regel, wat resulteert in de VDR-CC TCA. Het verschil met de standaard VDR TCA is niet significant; er is enkel een verschil te merken in de tak voor vrij-stromend verkeer. In deze tak blijkt dat de variantie op de metingen kleiner is indien *cruise control* wordt gebruikt. Dit is logisch aangezien er geen spontane afremming van de voertuigen is toegestaan (of anders gezegd : de randomisatie wordt niet toegepast op voertuigen die met de maximale snelheid reizen).

Daarnaast heb ik ook de TOCA (zie paragraaf 15.3.2 voor meer details hieromtrent) geïmplementeerd en enkele experimenten opgestart (die enige tijd gaan duren) om meer gevoel te krijgen voor de gebruikte modelparameters.

Dinsdag 19/11/2002 :

- ik heb de slides van de volgende gastspreker voor HK05 voor de studenten gekopieerd.
- Filip Vanhove (T.M. Leuven) vroeg ons om uitleg bij patroonherkenning in historische verkeersdata. Dit is echter niet zo evident (aangezien hier hele doctoraten aan gewijd worden), daarnaast ben ik ook meer bezig geweest met tijdsreeksmethodes. Dit onderzoek staat nog maar net in zijn kinderschoenen wat mij betreft, in de toekomst zal ik hier meer over kunnen zeggen.
- Ik heb nieuwe uitnodigingen naar het DWTC gestuurd voor ons project CP/40. De datum voor de vergadering met de gebruikersgroep is vastgelegd op vrijdag 29 november 2002, om 15u00 in 02.58.
- Marc Seefeldt heeft me gemailed met het bericht dat mijn ingestuurde abstract voor het K.U.Leuven PhD Symposium aanvaard werd.

Woensdag 20/11/2002 :

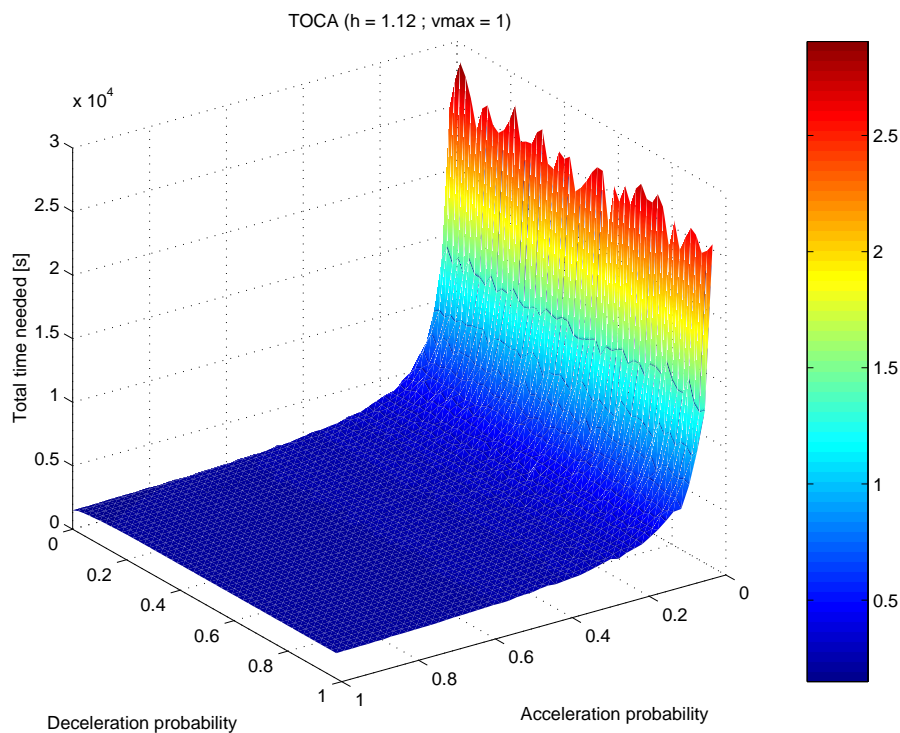
- in de voormiddag was het de zesde les van "Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole" (HK05). Gastspreker was Piet Watté en hij had het over "Integrale kwaliteitszorg bij de produktie van verlichtingssystemen". De uitleg was vrij interessant, spijtig dat hij een kwartier over de tijd is gegaan (zeker nadat hij zo'n toegespitste planning vooraf had doorgestuurd). Bij het uitleggen van de Six Sigma doctrine bleek dat na het stellen van een aantal kritische vragen, dit eerder een methodiek is om investeerders over de financiële brug te halen. Het feit is dat bevoorraders van onderdelen wel Cp waarden opgeven (op basis van Six Sigma), maar dat niet wordt vermeld wat de grootte van de steekproef uit de populatie is. Blijkt wel dat men bezig is om de doctrine aan te vullen met wetenschappelijk gefundeerde betrouwbaarheidsintervallen.
- Ik heb onze poster voor de IAP studiedag naar Ben Geeraerts gestuurd zodat hij op de MICAS plotter op A0 kan afgedrukt worden.

Donderdag 21/11/2002 :

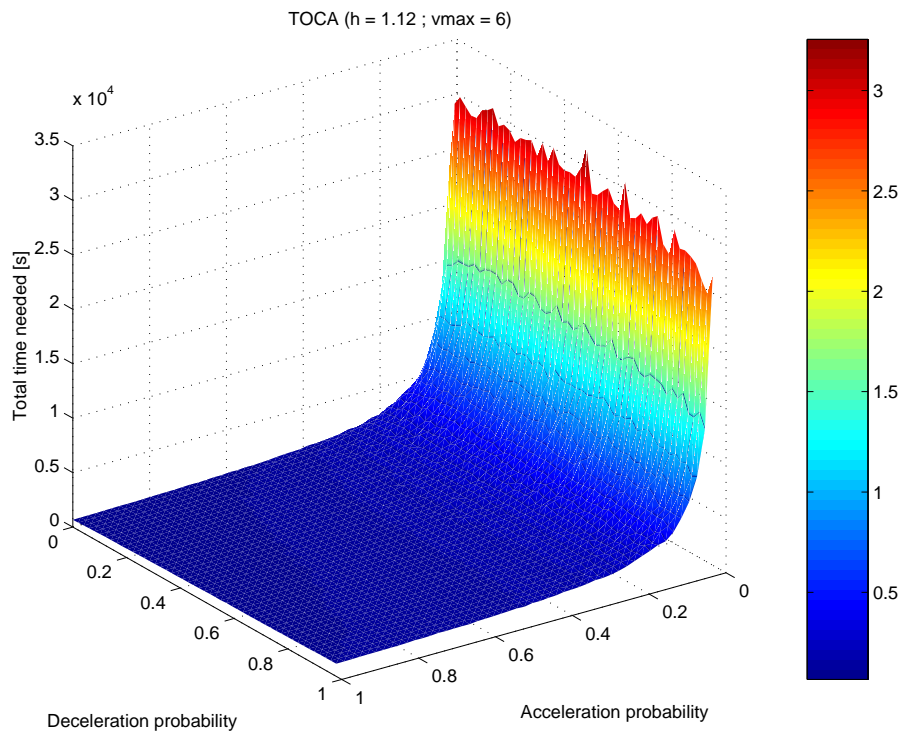
- Ben Geeraerts wist me te melden dat onze poster voor de IAP studiedag afgedrukt werd en kan afgehaald worden.
- Ik heb een e-mail naar Stefaan Hoornaert (Verkeerscentrum Wilrijk) gestuurd om uit te vissen of er reeds schot in de zaak komt, want we hebben nog altijd niks van verkeersgegevens gekregen. Hij reageerde prompt met de melding dat hijzelf een tekst aan het opstellen is die als basis kan dienen; op deze manier zouden de zaken wat moeten versnellen.
- De resultaten van mijn experimenten met de TOCA zijn beschikbaar. In eerste instantie beschouwde ik een open stuk rijbaan, met 1 vak in een enkele richting. Dit stuk bestaat uit 1000 cellen (wat overeenkomt met 7,5 km), waarvan de eerste 500 cellen allen gevuld zijn met stilstaande voertuigen. In alle hierna volgende experimenten werd telkens gemeten hoe lang het duurt vooraleer de hele rijbaan leeggestroomd is (dit is dus verschillend met mijn eerdere experimenten waar ik de uitstroom q mat). De TOCA gebruikt volgende drie parameters :
 - de gemiddelde gewenste tussentijd \bar{h} ,
 - de kans op acceleratie p_a
 - en de kans op deceleratie p_d .
- In een eerste reeks experimenten werden p_a en p_d gevarieerd in 49×49 stappen, met $p_a \in]0, 1]$ en $p_d \in [0, 1[$. Hierbij werden \bar{h} en v_{\max} constant gehouden op 1,12 s en 2,12 s, respectievelijk 1 cel/s en 6 cellen/s (dus in totaal 4 experimenten). De waarde van 1,12 s werd overgenomen uit het artikel. Het resultaat van deze experimenten is te zien in figuren 15.1, 15.2, 15.3 en 15.4.

We kunnen uit deze experimenten afleiden dat de invloed van p_d sterk afneemt naarmate p_a toeneemt; dit is te zien aan de uitgestrekte vlaktes die optreden voor alle $p_a > 0,2$. p_d is dus geen significante modelparameter indien p_a groot genoeg is (dit voor vaste \bar{h} en v_{\max}). Daarnaast zien we ook dat \bar{h} een grote invloed speelt enkel indien v_{\max} beperkt wordt tot slechts 1 cel/s. De scherpe piek in figuur 15.3 illustreert dit treffend: hier blijkt dat voor kleine p_a en grote p_d de tijd tot leegstromen exponentieel toeneemt. Voor kleine p_a waarden merken we dat deze tijd vrij hoog ligt, ongeacht of p_d nu groot of klein is. In het geval de maximale snelheid echter tot 1 cel/s beperkt wordt dan geldt deze vaststelling niet langer en merken we dat p_d enkel een rol gaat spelen bij grote waarden. Het geval waarbij $v_{\max} = 1$ is een speciaal geval aangezien deze in de literatuur analytisch kan opgelost worden met behulp van de *mean field theory*.

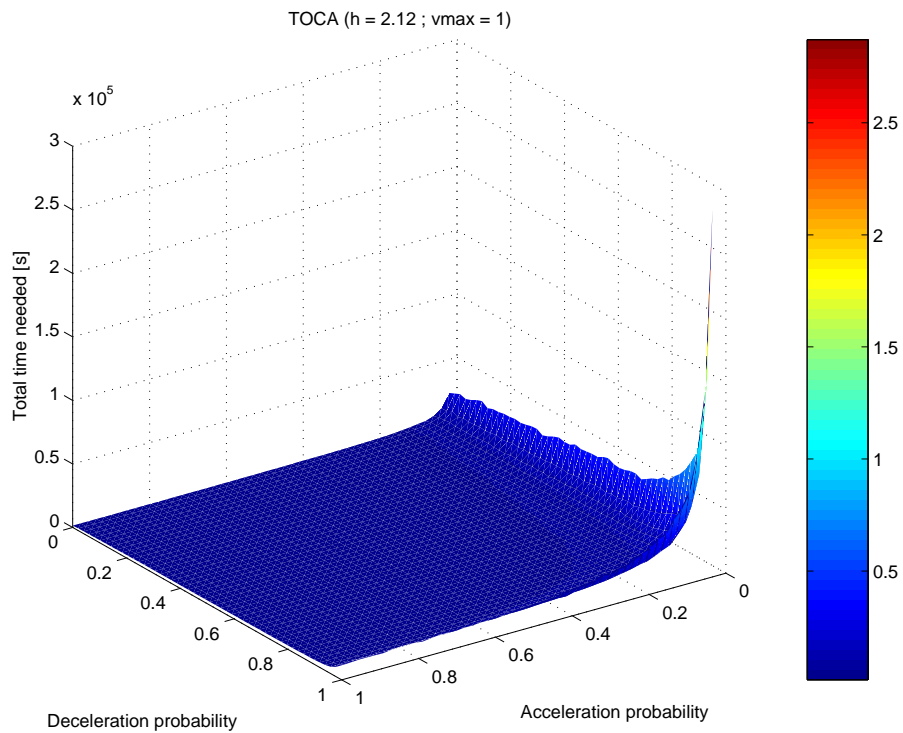
In het artikel worden voor p_a en p_d waarden rond 0,9 voorgesteld, wat volgens mij betekent dat – gezien de resultaten van mijn experimenten – variaties hierop geen significante impact op het modelgedrag hebben. Ik vraag me af hoe dit de calibratie van het model zal beïnvloeden ...



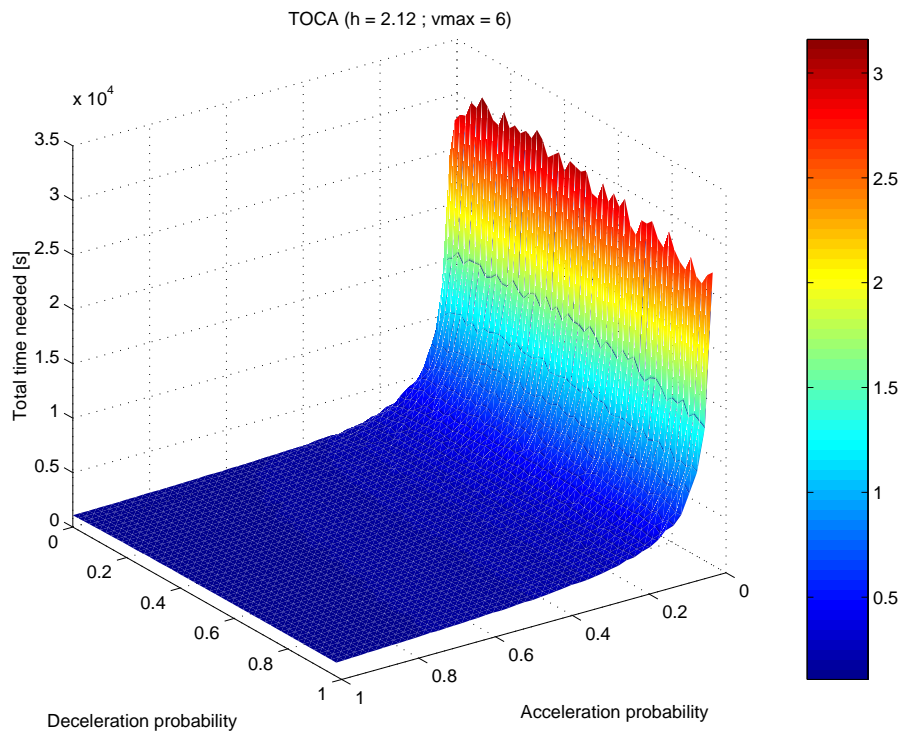
Figuur 15.1: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van p_a en p_d met $\bar{h} = 1,12$ s en $v_{\max} = 1$ cel/s.



Figuur 15.2: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van p_a en p_d met $\bar{h} = 1, 12$ s en $v_{\max} = 6$ cellen/s.



Figuur 15.3: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van p_a en p_d met $\bar{h} = 2, 12$ s en $v_{\max} = 1$ cel/s.



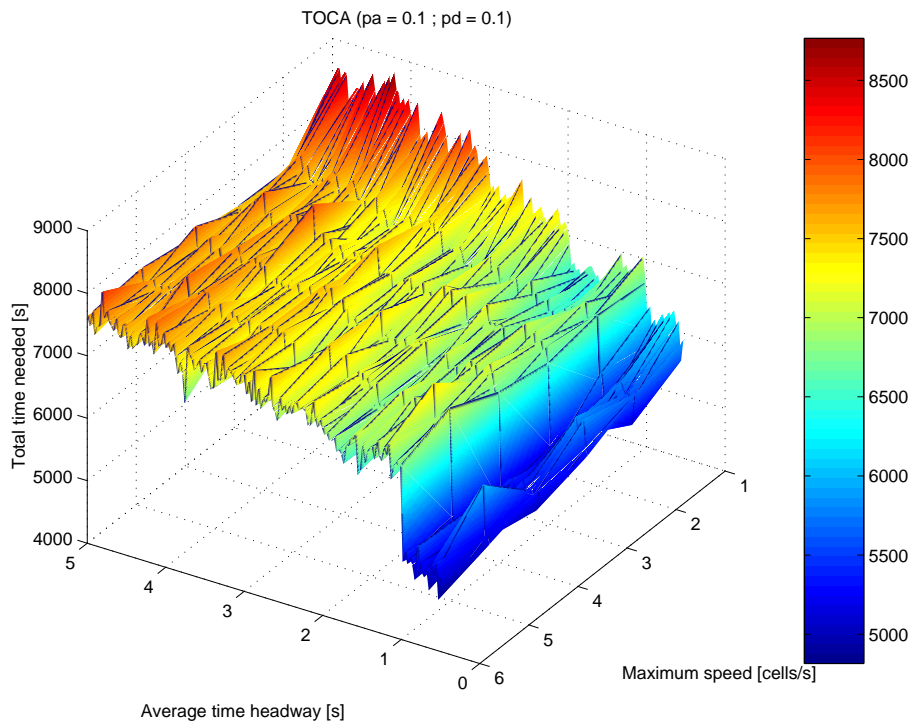
Figuur 15.4: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van p_a en p_d met $\bar{h} = 2,12$ s en $v_{\max} = 6$ cellen/s.

- Een tweede reeks experimenten werd uitgevoerd, waarbij nu p_a en p_d constante waarden hadden, \bar{h} in 150 stappen varieerde tussen 0,5 s en 5 s en de maximale snelheid $v_{\max} \in \{1, \dots, 6\}$. Er werden 4 experimenten uitgevoerd waarbij (p_a, p_d) de waarden $(0,1;0,1)$, $(0,1;0,9)$, $(0,9;0,1)$ en $(0,9;0,9)$ aannamen. De resultaten zijn te zien in figuren 15.5, 15.6, 15.7 en 15.8.

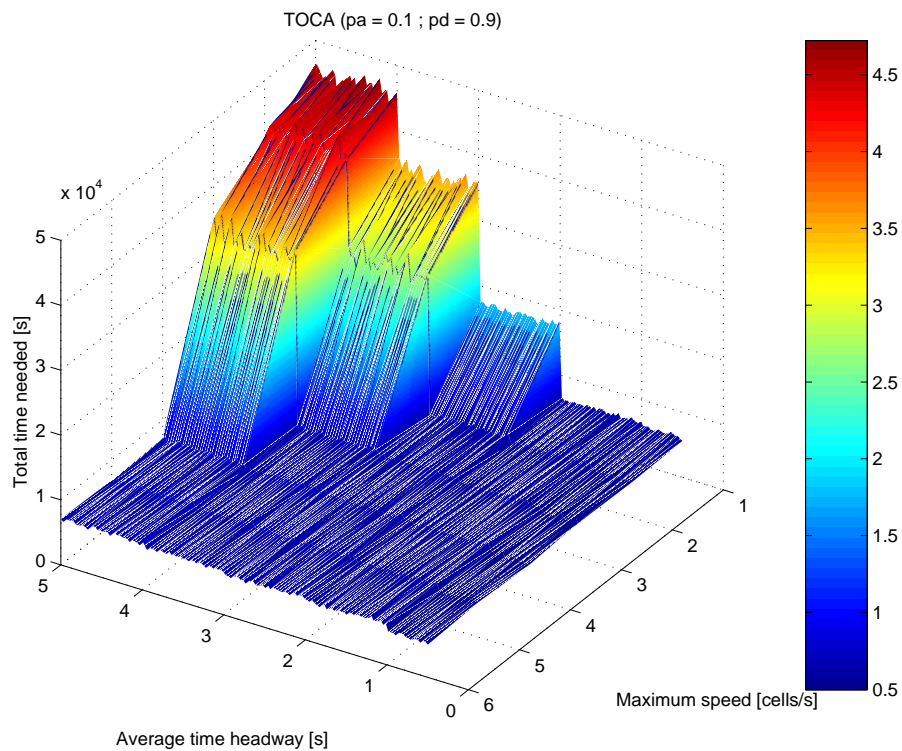
In de meeste figuren zien we een algemene trend : naarmate \bar{h} toeneemt (voor een lage v_{\max}), neemt ook de tijd om de sectie te laten leegstromen toe. Deze toename gaat niet gradueel : telkens \bar{h} een veelvoud van de iteratiestap (namelijk 1 seconde) passeert, verspringt de totale tijd naar een ander ‘plateau’. Voertuigen dienen telkens een cel verder te kijken, waardoor grotere tussentijden resulteren in langere opstoppingen en bijgevolg grotere totale tijden. Daarnaast zien we ook dat indien v_{\max} toeneemt, dit ‘spring’-gedrag veel minder uitgesproken is (cfr. figuren 15.7 en 15.8).

Tot slot kan gezegd worden dat figuur 15.5 eerder een ‘academisch’ geval is aangezien hier onrealistische waarden voor p_a en p_d werden gebruikt. Vermits voertuigen nooit sneller dan 1 cel per seconde kunnen gaan, zal een grotere \bar{h} ook geen grote invloed uitoefenen op de totale tijd. Het resultaat is een grillig ‘plateau’ waar de totale tijd niet drastisch verspringt bij overgang naar een volgend veelvoud van de iteratiestap.

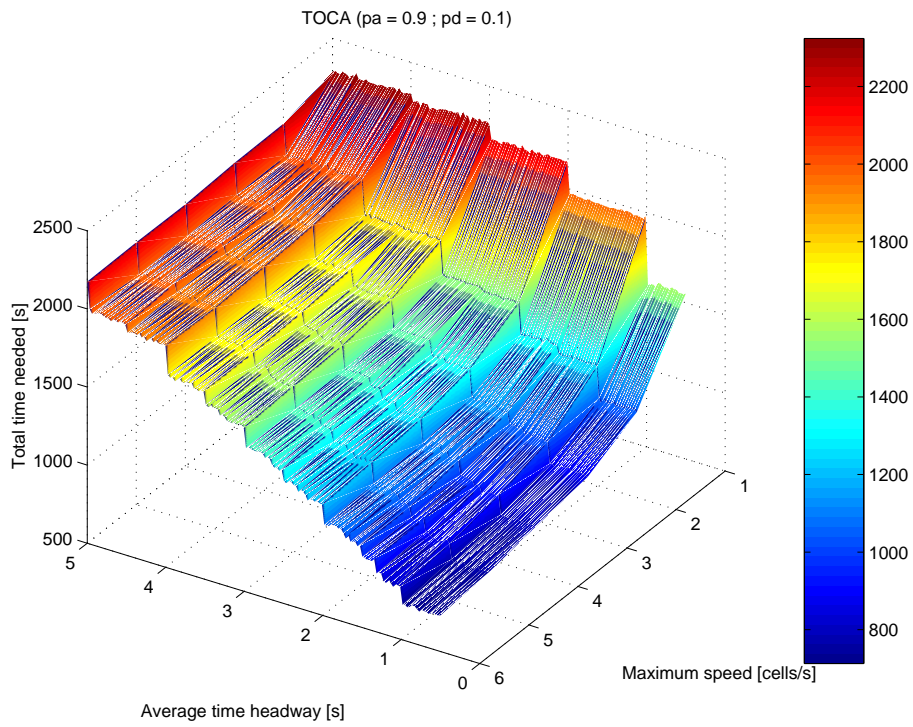
Figuur 15.8 geeft daarentegen een redelijk goed beeld van het gedrag van het systeem bij ‘typische’ waarden voor p_a en p_d . In de praktijk zal vooral het gebied rond $v_{\max} = 5$ cellen/s gebruikt worden, wat een redelijk gradueel verloop kent. Andersom kan men ook het gebied rond $\bar{h} = 1, 2$ s beschouwen, waar een redelijk vlak plateau voor de totale tijd terug te vinden is.



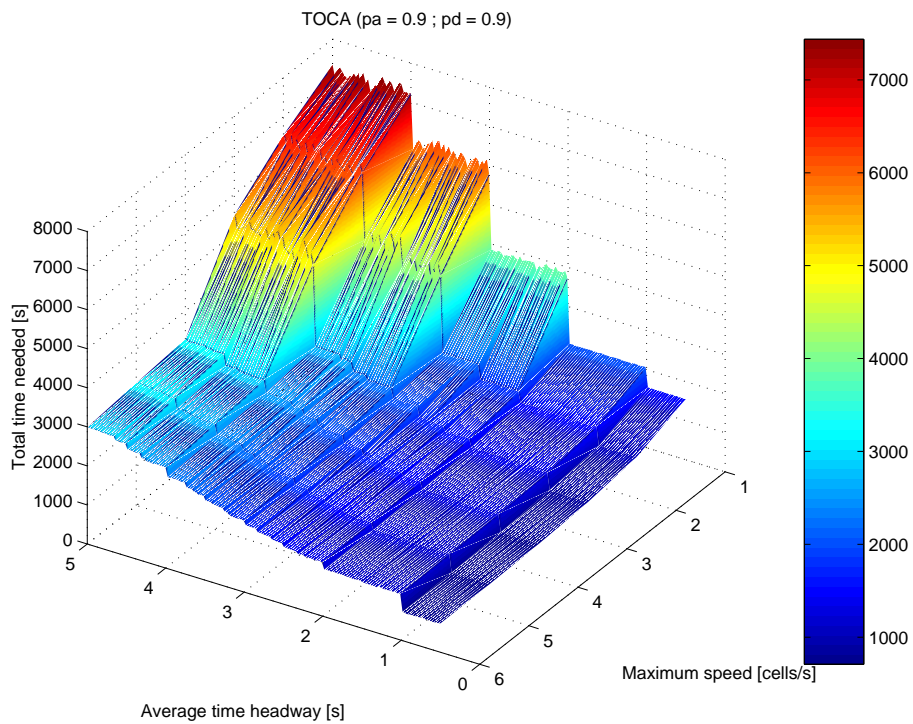
Figuur 15.5: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0,1$ en $p_d = 0,1$.



Figuur 15.6: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0,1$ en $p_d = 0,9$.

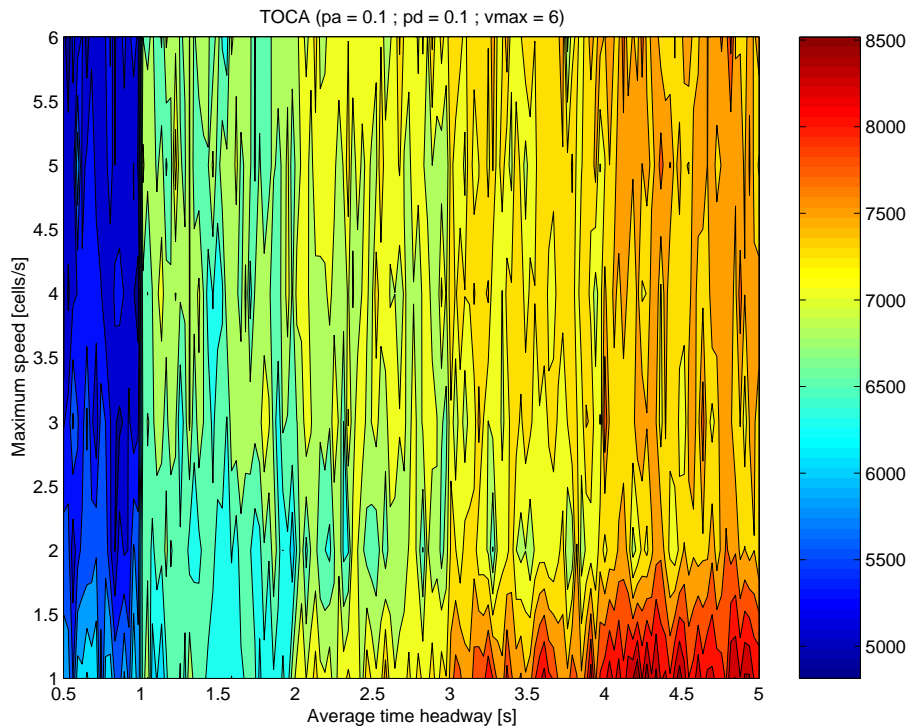


Figuur 15.7: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0,9$ en $p_d = 0,1$.

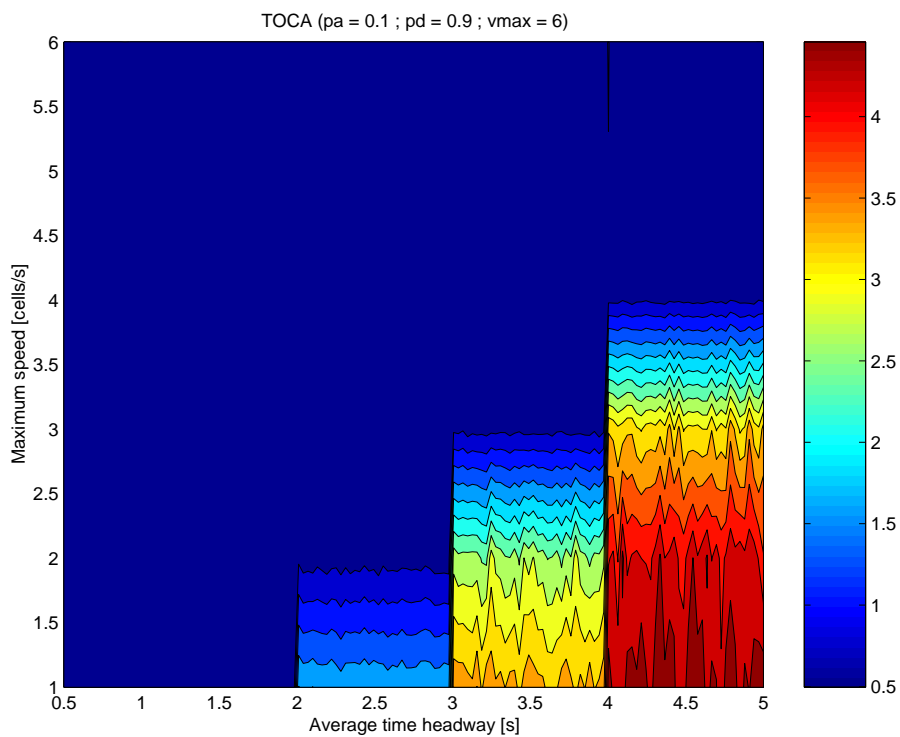


Figuur 15.8: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0,9$ en $p_d = 0,9$.

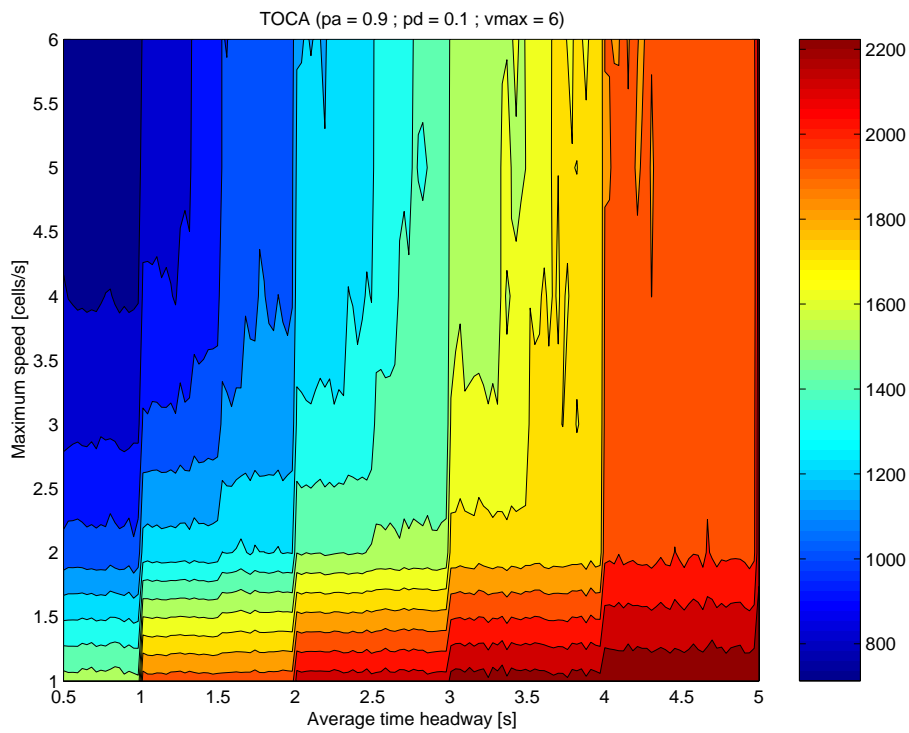
- Om wat meer inzicht te krijgen in de drie-dimensionale grafieken, heb ik ook contourplots gemaakt van deze oppervlakken. De resultaten zijn te zien in figuren 15.9, 15.10, 15.11 en 15.12.



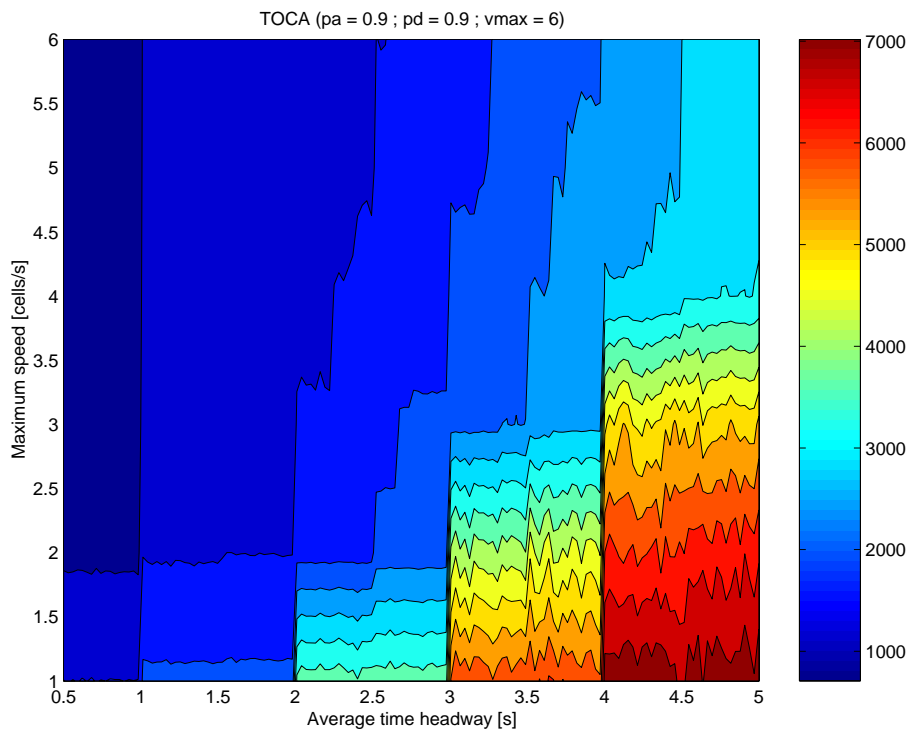
Figuur 15.9: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{max} met $p_a = 0,1$ en $p_d = 0,1$ (contourplot).



Figuur 15.10: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{max} met $p_a = 0,1$ en $p_d = 0,9$ (contourplot).

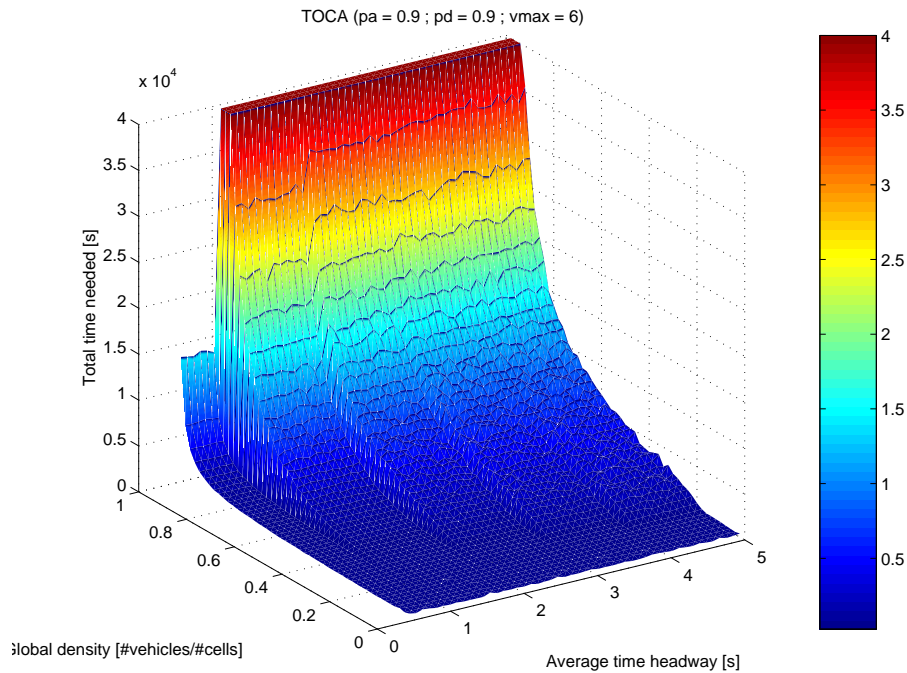


Figuur 15.11: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0,9$ en $p_d = 0,1$ (contourplot).

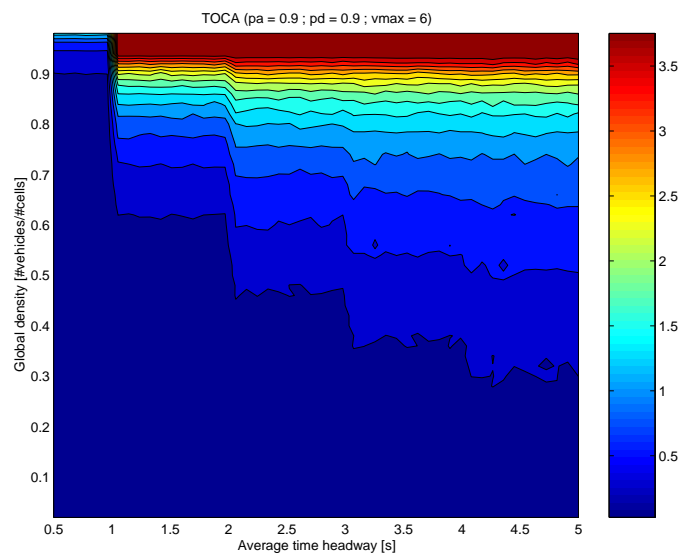


Figuur 15.12: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en v_{\max} met $p_a = 0,9$ en $p_d = 0,9$ (contourplot).

- Het laatste experiment bestudeert de invloed van \bar{h} en de globale dichtheid k op de totale tijd. In dit experiment was $p_a = 0,9$, $p_d = 0,9$ en $v_{\max} = 6$ cellen/s. Het resultaat is te zien in figuur 15.13. Een contourplot van deze grafiek is te zien in figuur 15.14. Uit beide figuren kunnen we afleiden dat het ‘spring’-gedrag enkel significant optreedt bij licht opgestopt verkeer (bij vrij-stromend verkeer is er geen enkele variatie); in zeer zwaar opgestopt verkeer zien we op de contourplot dat \bar{h} geen rol meer speelt (alles heeft dezelfde uniforme kleur voor eenzelfde k). Tot slot merken we op dat voor $\bar{h} \leq 1$ s er geen variatie te merken is in de totale tijd.



Figuur 15.13: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en k met $p_a = 0,9$, $p_d = 0,9$ en $v_{\max} = 6$ cellen/s.



Figuur 15.14: De tijd om de sectie te laten leegstromen in functie van \bar{h} en k met $p_a = 0,9$, $p_d = 0,9$ en $v_{\max} = 6$ cellen/s (contourplot).

15.4 Vrijdag 22/11 tot donderdag 28/11

15.4.1 Weekoverzicht

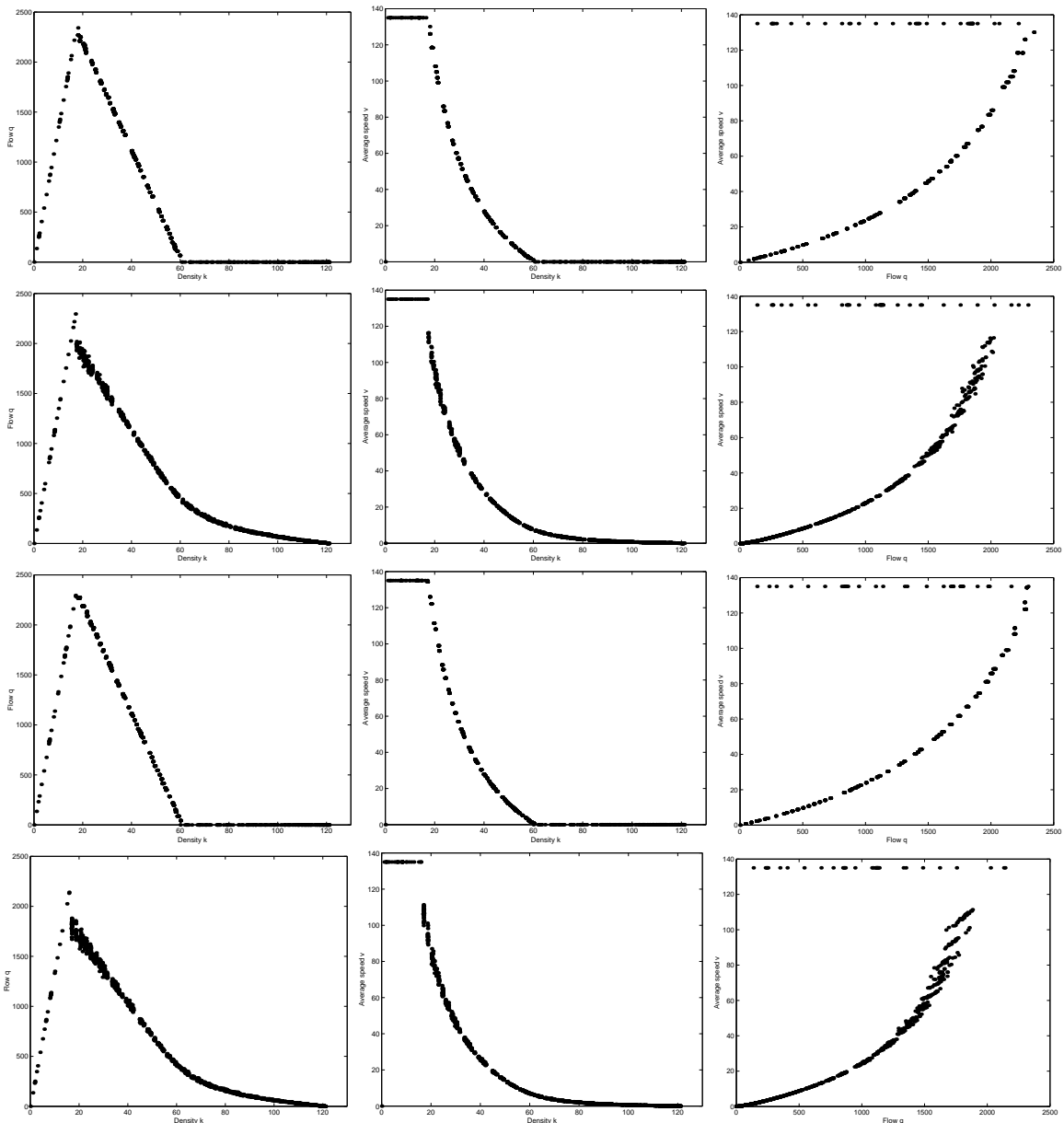
Vrijdag 22/11/2002 :

- er zat een fout in de grafieken van vorige week; de X- en Y-assen waren omgewisseld. Dit kwam door een foute interpretatie van het MATLAB commando `reshape`.
- Ik heb nieuwe uitnodigingen naar alle partners van het DWTC-project CP/40 gestuurd. Bij sommige heb ik nog wat extra gevraagd, namelijk Steven Logghe (BWK) die een presentatie over modellen zal geven en Fay Dunkerley (ETE) een presentatie over de economische kostfunctie (beiden hebben hier positief op gereageerd). Daarnaast werd ook verduidelijkt wie wat dient te schrijven voor het activiteitenverslag : BWK schrijft over de modellen, SISTA over de controle, ETE over de economische kostfunctie en SYSTeMS over de fouten en stochasticiteit in de verkeersgegevens.
- Naar aanleiding van de implementatie van de TOCA (*time oriented cellular automaton*) vorige week, heb ik voor deze CA de (k, q) , (k, \bar{v}) en (q, \bar{v}) , fundamentele diagrammen opgesteld voor verschillende waarden van de parameters. De resultaten zijn te zien in figuur 15.15 waar van links naar rechts de verschillende soorten fundamentele diagrammen worden getoond en de parameters p_a en p_d van boven naar onder variëren met de waarden $(0,1;0,1)$, $(0,1;0,9)$, $(0,9;0,1)$ en $(0,9;0,9)$, telkens met $\bar{h} = 1, 12$ s en $v_{\max} = 5$ cellen/s.

We merken in alle vier de (k, q) fundamentele diagrammen dat de tak van vrijstromend verkeer zo goed als ongewijzigd blijft, en bijgevolg dus redelijk ongevoelig is voor veranderingen van p_a en p_d . We kunnen ook afleiden dat indien de kans tot vertragen, namelijk p_d groot is, deze kan leiden tot metastabiliteit in het model (*wat gewenst is !*), wat gepaard gaat met een capaciteitsval. Daarenboven leveren kleine waarden voor deze parameter een ‘abrupte knik’ op bij 60 voertuigen/km, wat overeenkomt met een halve bezetting van de ring. Het rare is dat boven deze waarden *het verkeer niet meer stroomt*; een verklaring hiervoor heb ik op dit moment nog niet gevonden.

Indien p_a , de kans tot versnellen, groot is, dan zien we een matig meer variantie optreden in het stuk vlak na de kritische dichtheid (waar het verkeer *gesynchroniseerd* is).

Op de fundamentele diagrammen in figuur 15.16 zien we de invloed van een grotere gemiddelde tussentijd $\bar{h} = 2, 12$ s en $\bar{h} = 4, 12$ s waarbij telkens $p_a = p_d = 0, 9$ en $v_{\max} = 5$ cellen/s. We merken dat deze grote gewenste tussentijden aanleiding geven tot *onrealistische* fundamentele diagrammen : het (k, q) diagram vertoont bijvoorbeeld meerdere lokale maxima, wat verkeerskundig gezien niet toegestaan is (het verkeer zou dus bij meerdere dichtheden optimaal kunnen opereren). Kwalitatief kunnen we wel zeggen dat een toename van \bar{h} zich uit in een lagere doorstromingsgraad q en een lagere kritische dichtheid.

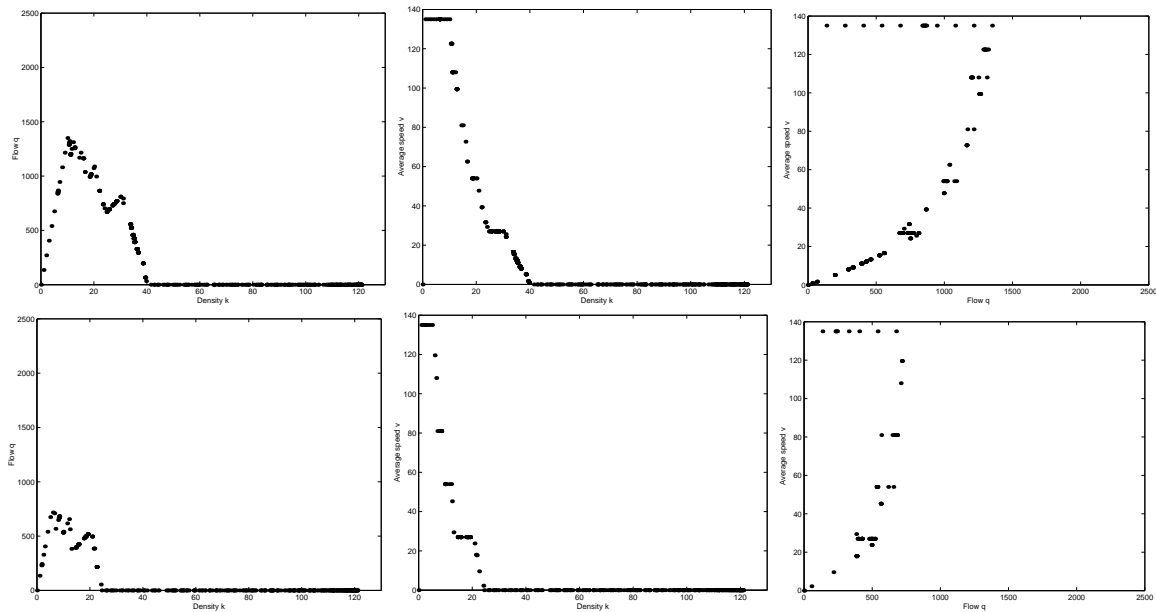


Figuur 15.15: De fundamentele diagrammen van de TOCA (vlnr. (k, q) , (k, \bar{v}) en (q, \bar{v})), voor de combinaties $(p_a, p_d) = (0, 1; 0, 1)$, $(0, 1; 0, 9)$, $(0, 9; 0, 1)$ en $(0, 9; 0, 9)$, telkens met $\bar{h} = 1, 12$ s en $v_{\max} = 5$ cellen/s.

Maandag 25/11/2002 :

- Een interessant experiment dat ik heb bedacht, toont het verloop van de gemiddelde tussenruimte \bar{h} in functie van de globale dichtheid k . Vermits we in de simulator alle informatie tot onze beschikking hebben, is het een koud kunstje om het histogram van de verdeling van de gemeten tussenruimtes op te stellen. Bovenop de hierna volgende gekleurde histogrammen, wordt ook nog telkens het verloop van de gemiddelde tussenruimte geplot als een dikkere witte lijn.

Het systeem bestaat uit een gesloten unidirectionele ring van 300 cellen waarop de voertuigen rond rijden. De globale dichtheid veranderde in 149 stappen over het interval $[0, 1]$. De eerste 500 iteraties werden niet in de simulatieresultaten meegerekend, dit opdat het transiënte gedrag kan passeren en het systeem zich in een bepaalde



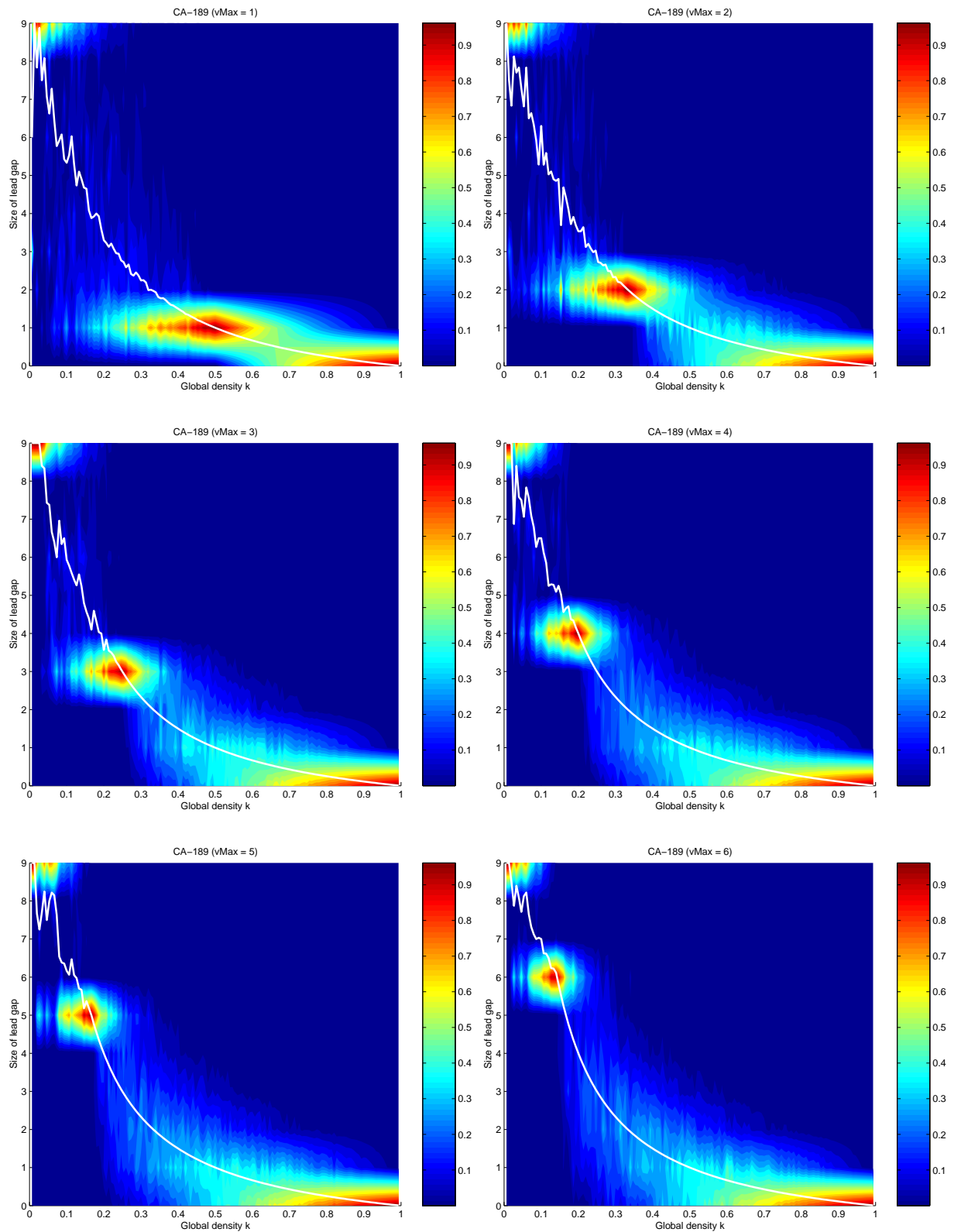
Figuur 15.16: De fundamentele diagrammen van de TOCA (vlnr. (k, q) , (k, \bar{v}) en (q, \bar{v})), voor $\bar{h} = 2, 12$ s en $\bar{h} = 4, 12$ s, telkens met $(p_a, p_d) = (0, 9; 0, 9)$ en $v_{\max} = 5$ cellen/s.

toestand kan plaatsen. Daarna werd gedurende 5000 iteraties het histogram van de tussenruimtes opgesteld. De histogramklassen gaan van tussenruimte 0 tot tussenruimte 9 of meer (dit zijn dus 10 klassen). De zuivere metingen van de verdeling van de tussenruimte werd vervolgens omgezet naar relatieve frequenties. Tot slot werd, gegeven een bepaalde globale dichtheid, de gemiddelde tussenruimte berekend.

De eerste reeks grafieken werden opgesteld voor de deterministische CA-189 (deze kent geen randomisatie en heeft bijgevolg een zuivere scheiding tussen de twee fases van vrij-stromend en opgestopt verkeer). Simultaan werd in dit experiment ook onderzocht wat de invloed van de maximale snelheid op de verdeling van de tussenruimtes is. Het resultaat voor $v_{\max} \in \{1 \dots 10\}$ is te zien in figuren 15.17 en 15.18.

Uit deze grafieken kan veel informatie afgeleid worden. We kunnen bijvoorbeeld de impact van een toenemende maximale snelheid bestuderen aan de hand van de verschillen tussen opeenvolgende grafieken. Naarmate de maximale snelheid toeneemt, versmalt het gebied met de hoogste relatieve frequentie voor de tussenruimte en ‘klimt’ het langs de curve van de gemiddelde tussenruimte (i.e. de witte lijn) omhoog. De versmalling gebeurt enkel in de breedte, niet in de lengte, of anders gezegd : verschillende maximale snelheden hebben *geen* invloed op de variantie van de gemiddelde tussenruimte. Daarenboven wil dit zeggen dat grotere tussenruimtes slechts voorkomen bij lagere globale dichtheden, en kleinere tussenruimtes veeleer optreden bij toenemende globale dichtheden. Dus hoe drukker het verkeer, hoe groter het gebied aan dichtheden waar de tussenruimtes klein zijn.

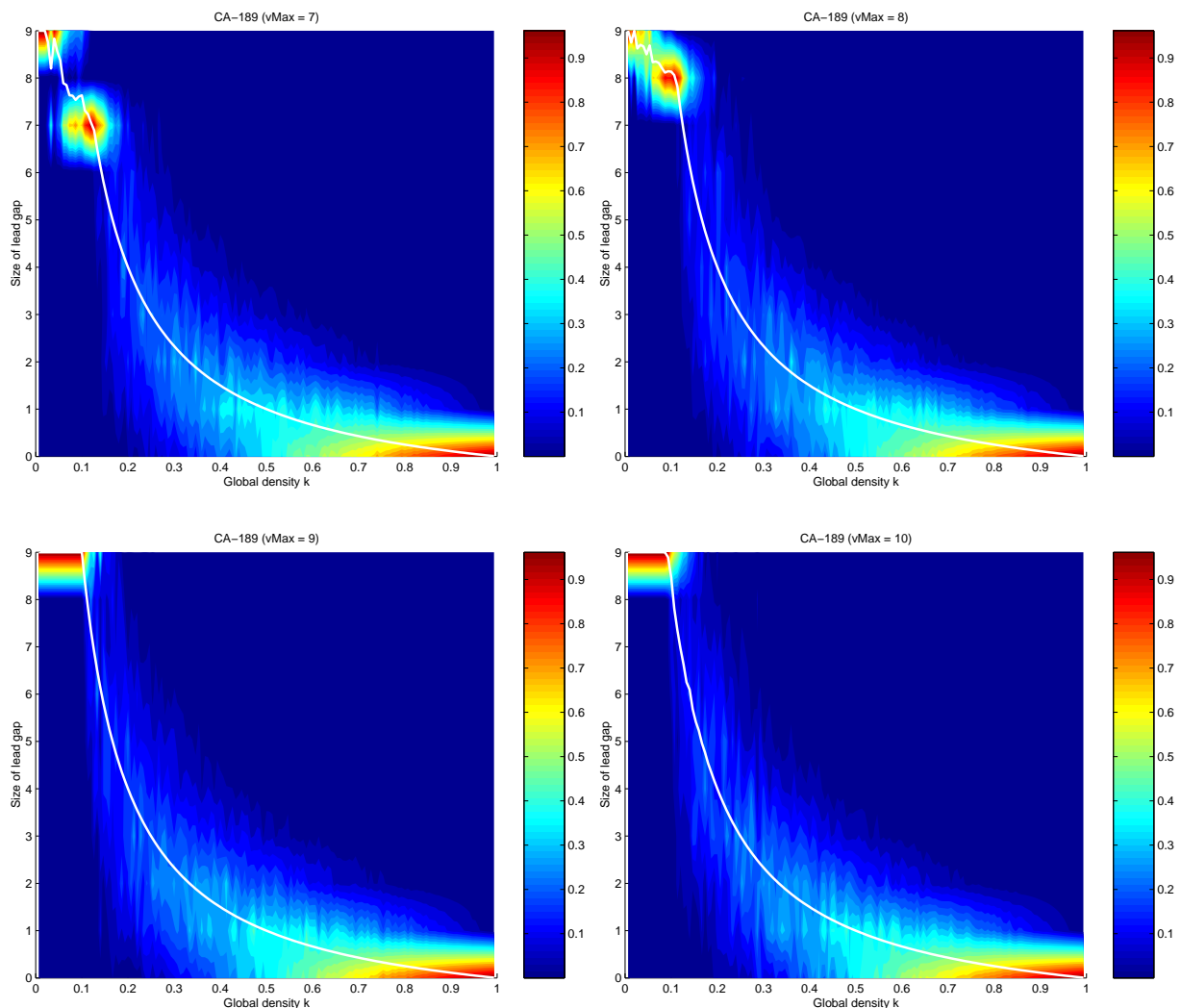
Zeer interessant is dat we de waarde van de kritische dichtheid direct kunnen aflezen op de grafieken. De grafiek voor $v_{\max} = 5$ cellen/s bevat een gebied met hoge relatieve frequentie voor $k = 0, \bar{16}$ en komt overeen met een gemiddelde tussenruimte van 5 cellen. Dit is logisch aangezien de ring uit 300 cellen bestaat, en elk voertuig $5 + 1 = 6$ cellen inneemt, wat overeenkomt met $300 \div 6 = 50$ voertuigen op de ring, oftewel een globale dichtheid van $50 \div 300 = 0, \bar{16}$.



Figuur 15.17: Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de CA-189 met $v_{\max} \in \{1 \dots 6\}$.

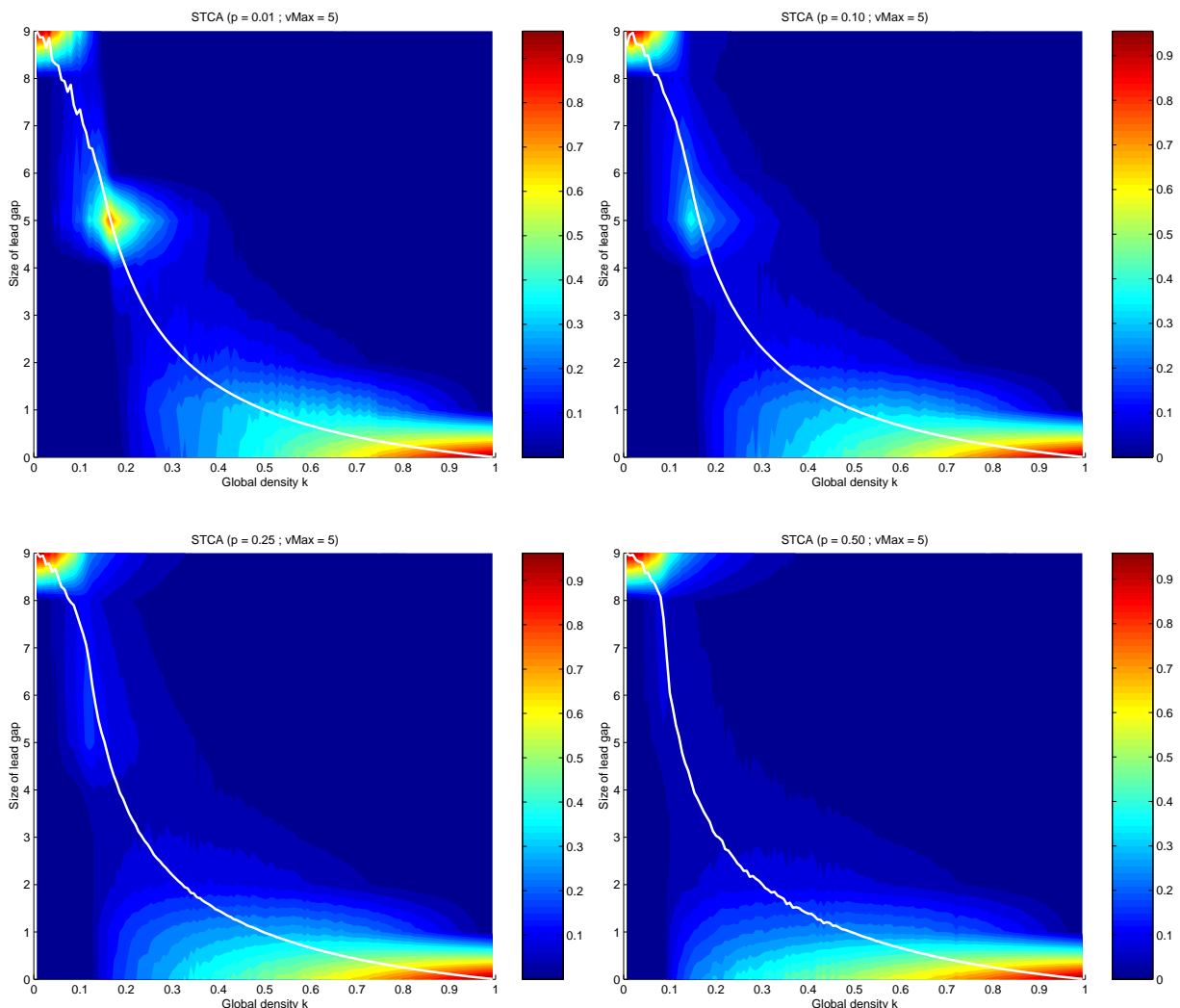
Ook merken we dat voor maximale snelheden groter dan 8 cellen/s, er geen significant verschil meer te zien is tussen opeenvolgende grafieken. Indien we deze maximale snelheid zeer groot laten worden, dat convergeert schijnbaar de curve van de gemiddelde dichtheid naar die van het (k, \bar{v}) fundamentele diagram (dit dient nog aangetoond te worden).

Tot slot zijn er nog twee speciale gebieden in de grafieken : linksboven is er telkens een kern met hoge relatieve frequentie. In dit gebied worden alle tussenruimte ≥ 9 cellen vergaard. Bij hoge maximale snelheden merken we dat er in het regime van vrij-stromend verkeer geen verschil meer zit, hetgeen een bovengrens aan de maximale snelheid impliceert. Analoog zien we rechtsonder eenzelfde soort kern, maar dan over een breder bereik van de globale dichtheid. Hier komen de zeer kleine tussenruimtes voor (namelijk 0 cellen en 1 cel) die voor zwaar opgestopt verkeer geen verschil geven (de analytische curve gaat wel naar nul).

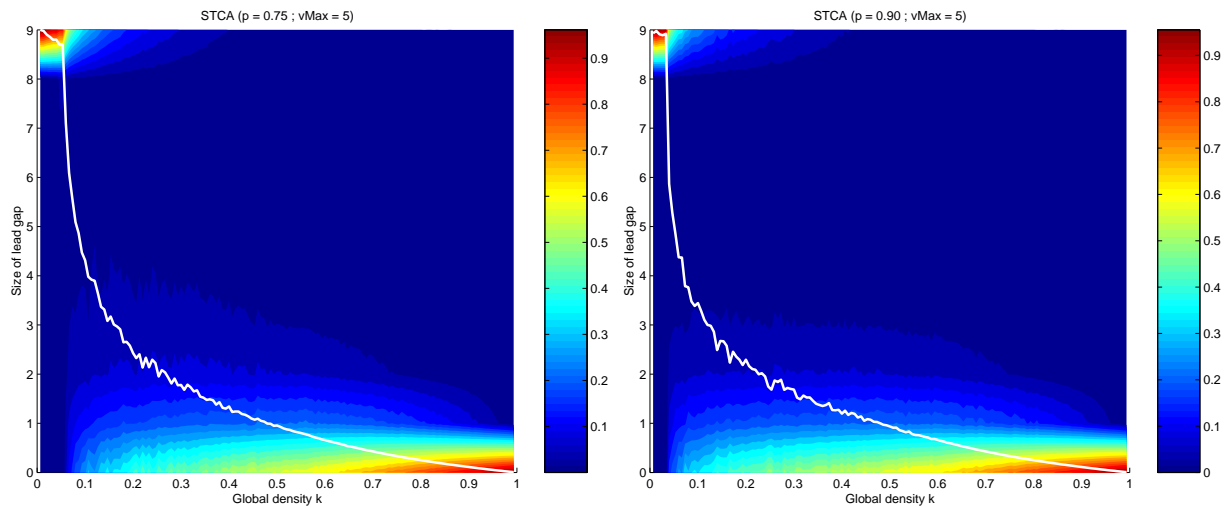


Figuur 15.18: Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de CA-189 met $v_{\max} \in \{7 \dots 10\}$.

- Net zoals voor de CA-189, werden de histogrammen opgesteld voor de klassieke STCA (NaSch) met verschillende waarden voor de *slowdown probability* (waarbij $v_{\max} = 5$ cellen/s). De resultaten zijn te zien in figuren 15.19 en 15.20. Op het eerste zicht kunnen we geen intuïtieve conclusie trekken, maar er komt al snel verduidelijking indien we het kwalitatieve gedrag van het systeem gaan beschouwen door expliciet te kijken naar de dynamica in het t-x diagram en de voertuiganimatie. Hieruit blijkt dat indien *slowdown probability* toeneemt, het systeem zich, uitgaande van vrij-stromend verkeer tot licht opgestopt verkeer, spontaan herorganiseert naar een toestand waarbij er meerdere, lokale clusters van zware opstopping optreden; tussen de clusters observeren we telkens een vrij-stromend verkeersregime. Dit geeft aanleiding tot enerzijds de kleine concentratie aan grote tussenruimtes (tussen de clusters) en anderzijds de grote concentratie aan kleine tussenruimtes (in de clusters). Dit laatste zien we ook op de grafieken aan de ‘verbreding’ van het onderste gebied (waar de tussenruimte nul is en alle voertuigen in een cluster achter elkaar staan te wachten tot het opstoppingsfront hen bereikt en ze de cluster kunnen verlaten).

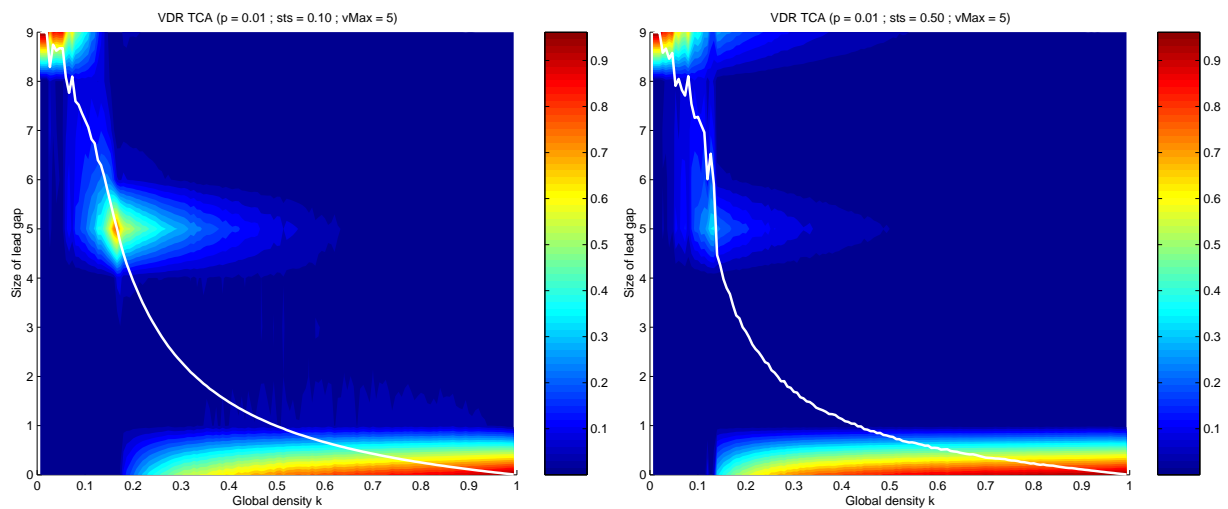


Figuur 15.19: Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de STCA met *slowdown probabilities* van 1%, 10%, 25% en 50%.

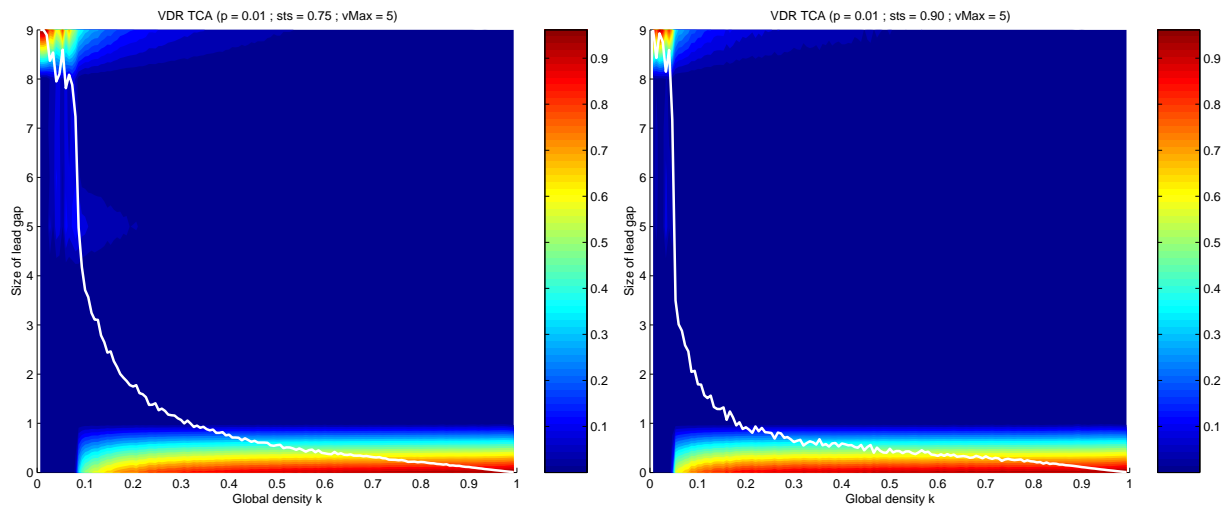


Figuur 15.20: Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de STCA met *slowdown probabilities* van 75% en 90%.

- Ook voor de VDR TCA werden de histogrammen berekend, hetgeen figuren 15.21 en 15.22 oplevert. Vermits hier de *slowdown probability* ongewijzigd blijft, zijn de histogrammen niet zo verschillend van elkaar als in het geval van de STCA. Wat we wel merken is dat naarmate de *slow to start probability* toeneemt (en de voertuigen dus langer in een opstopping willen verblijven), het gebied met de grote tussenruimte bij de kritische dichtheid verdwijnt en ‘verspringt’ naar een lagere globale dichtheid waar een kleine tussenruimte (zijnde nul) wordt waargenomen.



Figuur 15.21: Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de VDR TCA met *slow to start probabilities* van 10% en 50% bij telkens een *slowdown probability* van 1%.

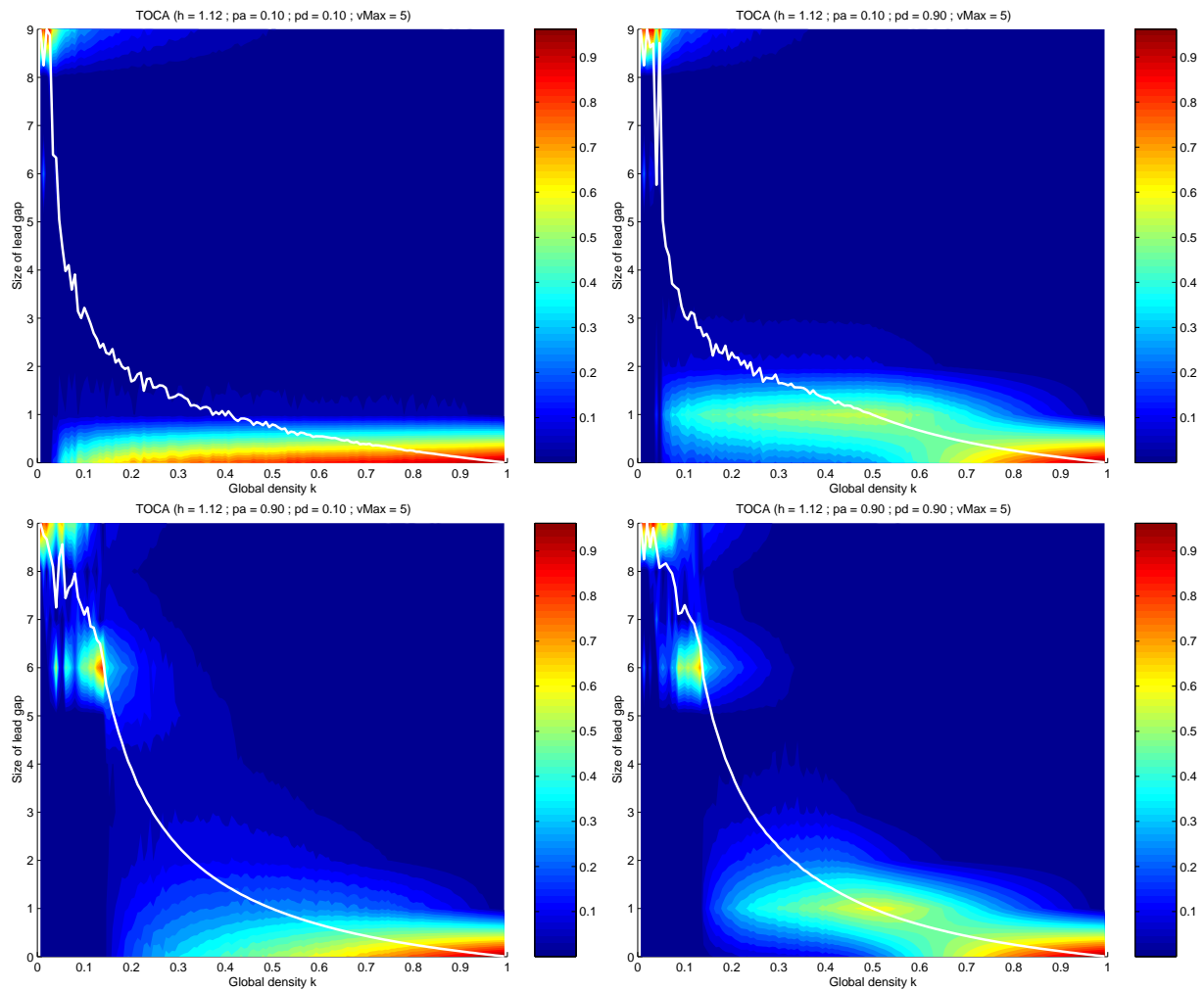


Figuur 15.22: Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de VDR TCA met *slow to start probabilities* van 75% en 90% bij telkens een *slow-down probability* van 1%.

- Voor de TOCA is er wat meer werk nodig, aangezien deze drie parameters kent (namelijk de gemiddelde gewenste tussenruimte \bar{h} , de kans om te versnellen p_a en de kans om te vertragen p_d) en het belangrijk is om gevoel te krijgen met de interactie tussen deze drie parameters. In een eerste experiment werden p_a en p_d gevarieerd (telkens namen ze elk de waarden 0,1 en 0,9 aan) waarbij \bar{h} constant werd gehouden op 1,12 s. De maximale snelheid bedroeg telkens 5 cellen/s. Het resultaat hiervan is te zien in figuur 15.23.

We merken dat bij lage waarden voor p_a al vrij snel de gemiddelde tussenruimte naar nul gaat (we vinden geen uitgesproken gebied terug in de buurt van de kritische dichtheid). Dit in tegenstelling tot de onderste histogrammen waar we wel een dergelijk uitgesproken gebied terugvinden. Variatie van p_d geeft aanleiding tot het verschuiven van het uitgesmeerde gebied met gemiddelde tussenruimte 1 bij hoge dichtheden. De ‘standaardwaarden’ die gebruikt werden in het laatste van de vier histogrammen, geeft aan dat er *vier duidelijk gescheiden verkeersregimes* waarneembaar zijn :

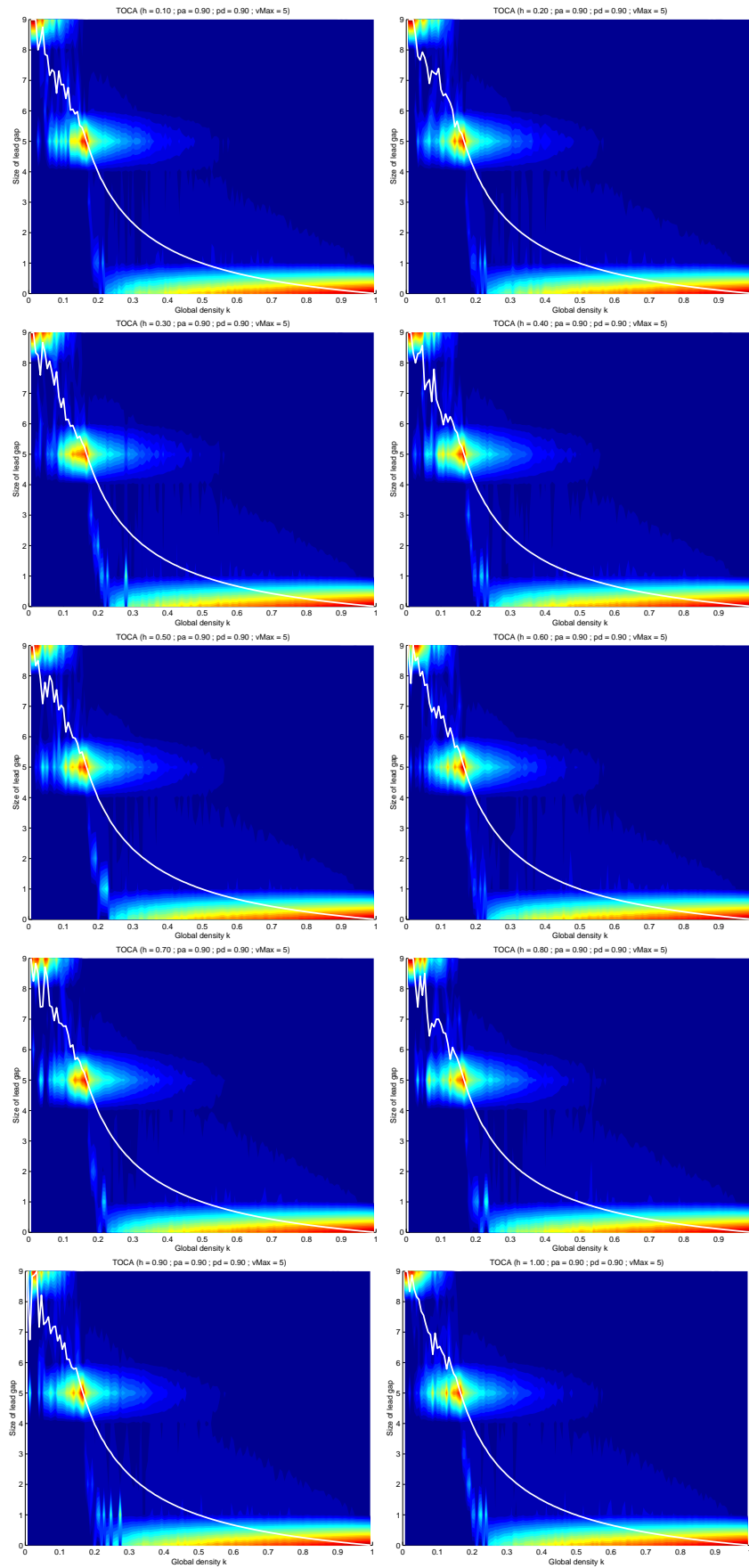
- een eerste gebied waar de gemiddelde tussenruimte zeer hoog is bij vrij-stromend verkeer,
- een tweede gebied waar een optimale tussenruimte te vinden is bij de kritische dichtheid,
- een derde breed gebied met gemiddelde tussenruimte 1 bij opgestopt verkeer
- en een vierde gebied met gemiddelde tussenruimte 0 waar het verkeer zwaar opgestopt is.



Figuur 15.23: Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de TOCA met variatie van p_d en $p_a \in \{0, 1; 0, 9\}$ bij een constante $\bar{h} = 1, 12$ s.

Het onderzoeken van de invloed van \bar{h} had wat meer voeten in de aarde, daar er een afgebakend gebied is waar kleine variaties op deze parameter tot significante verschillen kunnen leiden. De hierna volgende experimenten werden in drie groepen uitgevoerd : een eerste groep experimenten hield $\bar{h} \leq 1, 0$ s, een tweede groep experimenten hield $1, 0 \text{ s} \leq \bar{h} \leq 2, 0$ s en een derde groep experimenten hield $\bar{h} \geq 2, 0$ s. Om plaats te besparen werd de kleurbalk met de histogramfrequenties weggelaten.

- $\bar{h} \leq 1, 0$ s : zoals uit de histogrammen in figuur 15.24 kan afgeleid worden, is er nergens een significant verschil te zien voor waarden van de gemiddelde tussenruimte kleiner dan 1 cel. We merken op dat er *slechts drie verkeersregimes* zijn (het brede ‘derde’ gebied, zoals eerder vermeld, ontbreekt). Daarenboven zien we een sterke stochasticiteit in het gebied van vrij-stromend verkeer, iets wat niet aanwezig is in het gebied voorbij de kritische dichtheid.



Figuur 15.24: Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de TOCA met $\bar{h} \leq 1,00$ s bij constante $p_a = p_d = 0,9$.

- $1,0 \text{ s} \leq \bar{h} \leq 2,0 \text{ s}$: in dit gebied krijgen we *zeer divers* gedrag te zien wat betreft de verdeling van de tussenruimtes, wat geïllustreerd wordt in figuur 15.25. Voor waarden dicht bij 1 s zien we een uitgesproken gebied bij de kritische dichtheid waar een optimale tussenruimte te vinden is. Naarmate \bar{h} toeneemt, versmalt het gebied (het geldt over een kleiner bereik voor de globale dichtheid) en *splis*t het zich in twee delen : het ene deel versmelt bij de lage dichtheden en grote tussenruimtes, het andere gebied versmelt met het brede gebied waar hoge dichtheden en een gemiddelde tussenruimte van 1 cel gelden. Indien \bar{h} 2 cellen nadert, blijkt dat de histogramverdelingen van de gemiddelde tussenruimtes zo goed als *exact* op de witte curve komen te liggen (finaal merken we zelfs het ontstaan van twee nieuwe kernen in deze lange, uitgesmeerde zone). Merk op dat er nog bizar gedrag optreedt voor waarden van \bar{h} in de buurt van 1,70 s en 1,75 s : hier vinden we een *sterke discontinuïteit* terug. Indien ik de experimenten herhaal (met behoud van de parameterwaarden), dan verspringt deze discontinuïteit lichtjes, hetgeen volgens mij op een puur stochastisch effect duidt. Daarenboven, indien ik de simulatieduur verdrievoudig, dan blijft ze bestaan (hetgeen impliceert dan uitmiddelen over langere tijdsperiodes geen invloed geeft).
- $\bar{h} \geq 2,0 \text{ s}$: figuur 15.26 illustreert het gedrag voor waarden van \bar{h} gelijk aan 2,12 s, 3,12 s, 4,12 s, 5,12 s, 6,12 s, 7,12 s, 8,12 s, 9,12 s, 10,12 s, 15,12 s, 30,12 s, 60,12 s, 120,12 s, 250,00 s en 299,00 s (deze laatste waarde is een absoluut maximum aangezien een voertuig niet verder dan 300 cellen kan kijken vermits het dan ‘voorbij zichzelf kijkt’ omdat het op een gesloten ring rijdt). Voor waarden tot ongeveer 10 s merken we dat de eerder vermelde brede zone zich terug kleiner maakt en langs de witte curve omhoog klimt om dan te versmelten met het gebied waar een lage dichtheid en een grote gemiddelde tussenruimte geldt. Voor waarden groter dan 10 s merken we geen significante verschillen in de histogrammen : wel zien we dat er *geen* uitgesproken gebied meer is in de buurt van de kritische dichtheid (dit is volledig verdwenen).

Dinsdag 26/11/2002 :

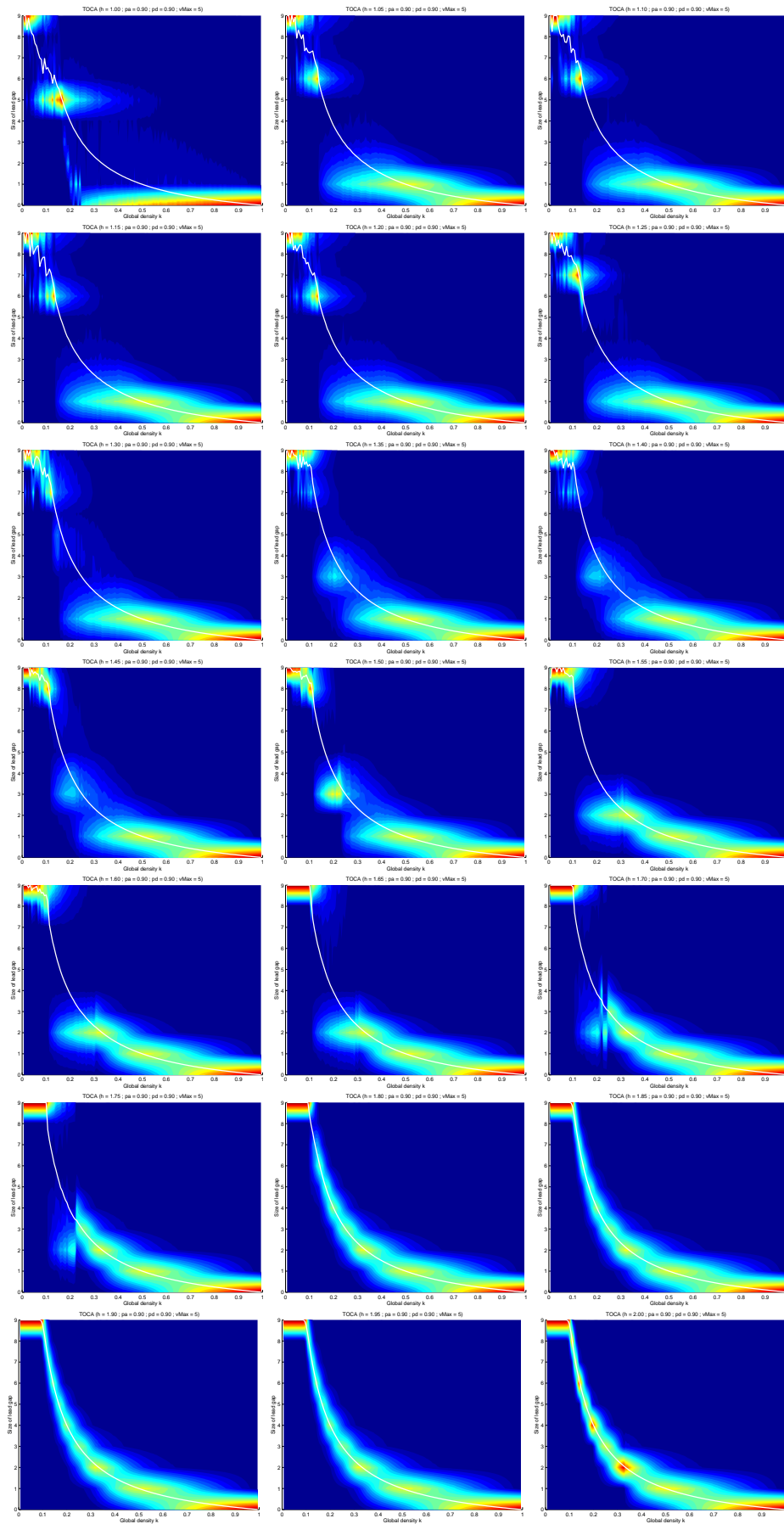
- ik heb de slides van de vorige les van HK05 online gezet en Toledo volledig in orde gebracht.
- Op de middag ben ik naar Louvain-la-Neuve gereden om onze poster succesvol te presenteren op de *Study Day of the Interuniversity Attraction Poles*.

Woensdag 27/11/2002 :

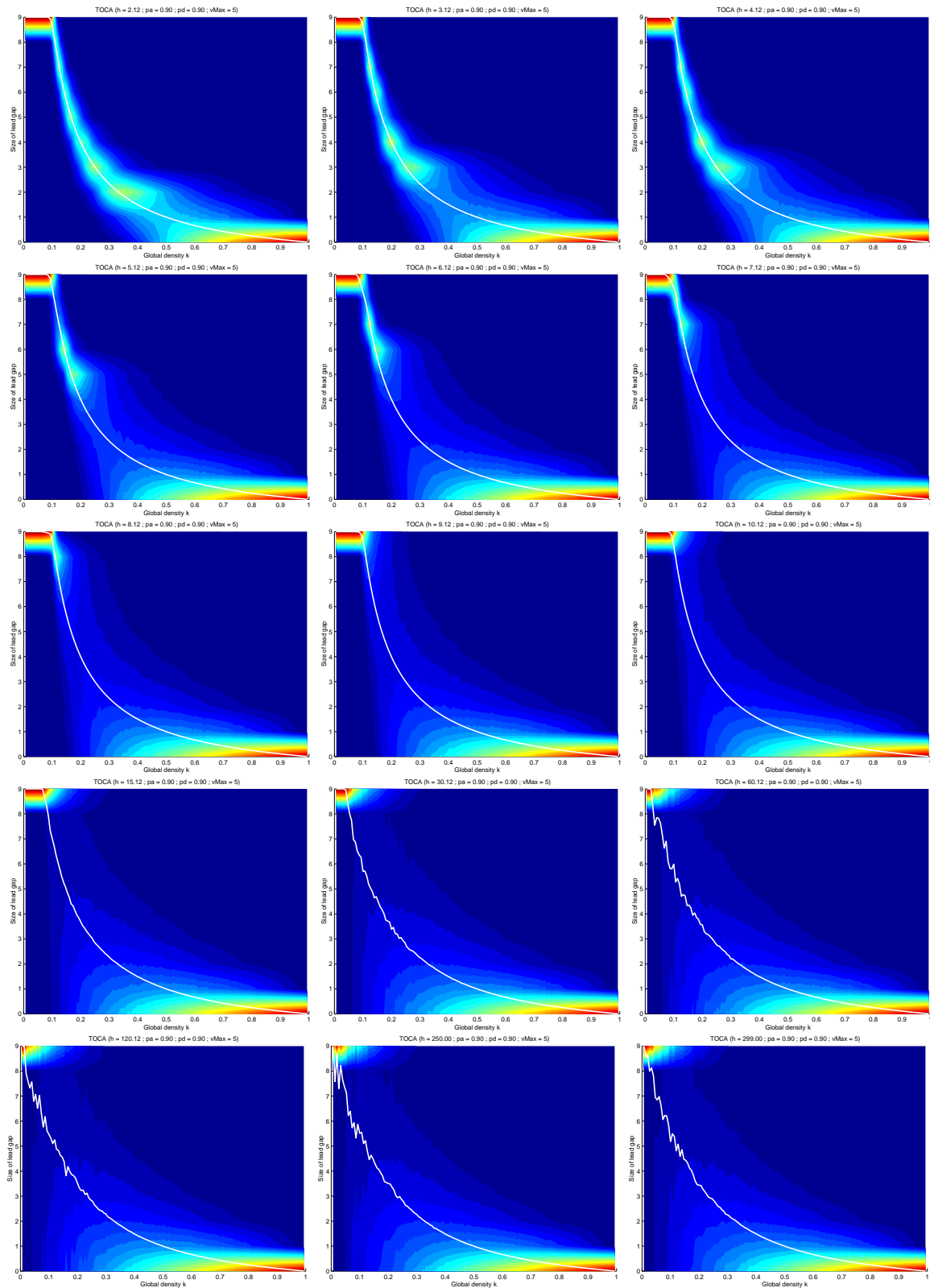
- in de voormiddag was het de zevende les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05). Gastspreker was Pieter Van den Braembussche en hij had het over "*Ontwerp, modelleren en regelen van mini-satellieten*".
- Ik heb ook het SISTA-seminarie van Johan Schoukens bijgewoond; hij had het over "*Fast approximate identification of nonlinear systems*".

Donderdag 28/11/2002 :

- zo goed als de hele dag ging naar het lezen van units 5 ("*Writing Summaries*") en 6 ("*Writing Critiques*") voor de cursus "*Academic English*", alsmede het maken van de huistaak. Daarnaast heb ik ook nog aan mijn poster voor het K.U.Leuven PhD Symposium gewerkt.



Figuur 15.25: Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de TOCA met $1,0 \leq \bar{h} \leq 2,0$ s bij constante $p_a = p_d = 0,9$.



Figuur 15.26: Histogrammen van de tussenruimtes in functie van de globale dichtheid voor de TOCA met $\bar{h} \geq 2,0$ s bij constante $p_a = p_d = 0,9$.

Hoofdstuk 16

December 2002

16.1 Vrijdag 29/11 tot donderdag 05/12

16.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 29/11/2002 :

- in de voormiddag was het de derde les van "*Academic English*". We dienden onze huistaak via de microfoon voor te lezen zodat de lerares hierover terugkoppeling kon geven. Van de 14 aanwezigen waren er slechts twee (waaronder ik !) met een goede Engelse uitspraak en weinig of geen taalfouten.
- In de namiddag was het een bijeenkomst met de gebruikersgroep voor het DWTC-project CP/40. Het bleek dat van alle nieuwe aanwezigen niemand echt op de hoogte was van de inhoud van ons project... iets wat me zeer verbaast aangezien ze nochtans allemaal de volledige technische specificaties en dergelijke eerder dit jaar per post hadden gekregen. Steven Logghe en Fay Dunkerley gaven elk hun presentatie, waarna met een paar korte besprekingen (omtrent het verkrijgen van de verkeersgegevens van Vlaanderen) de vergadering werd besloten.

Maandag 02/12/2002 :

- heel de dag ging naar het ontwerpen van de layout en het uitwerken van deel 1 ("*Building a Traffic Flow Model*") van mijn A0-poster voor het *PhD Symposium*.

Dinsdag 03/12/2002 :

- heel de dag ging naar het uitwerken van delen 2 ("*Simulating the Road Network*") en 3 ("*Control and Prediction*") van mijn A0-poster voor het *PhD Symposium*.

Woensdag 04/12/2002 :

- in de voormiddag was het de achtste les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05). Gastspreker was Stijn Verbert (BASF) en hij had het over "*Geïntegreerde procescontrole en datamining in de chemische industrie*". Na de les heb ik de slides op Toledo gezet en gekopieerd voor de studenten. Vlak na de les hebben de studenten me nog uitgehoord over de evaluatie van dit vak. Ik kon echter niet concreet op hun vragen ingaan aangezien ik nog steeds niet alle informatie heb ... wordt vervolgd.

- Na de literatuur er nog eens op na geslagen te hebben, blijkt dat de overgang van vrij-stromend naar opgestopt verkeer bij de volledig deterministische TCA CA-189, gebeurt bij de kritische dichtheid die exact de waarde $1/(1 + v_{\max})$ heeft, of nog : voor $v_{\max} = 5$ cellen/s bedraagt deze $0, \overline{16}$, hetgeen we merken aan de plaatsing van de ‘histogramkernen’ in figuren 15.17 en 15.18.

Donderdag 05/12/2002 :

- het leek me interessant om eens te kijken naar het opstellen van toestandsvergelijkingen voor de deterministische CA-189, waarbij de maximum snelheid $v_{\max} = 5$ cellen/s. Hierbij veronderstellen we dat de voertuigen rijden op een unidirectionele rijbaan met slechts 1 vak en periodische randvoorwaarden (i.e. een gesloten ring). Hierbij stelt L het aantal cellen in de cellulaire automaat voor. De globale dichtheid k wordt gegeven als $k = N/L$ waarbij N het aantal voertuigen op de ring is ($N \leq L$). We wensen het gedrag van deze cellulaire automaat te vatten in een lineair systeem : $x[k + 1] = Ax[k] + Bu[k]$ en $y[k] = Cx[k] + Du[k]$ met x de toestand, u de ingang en y de uitgang van het systeem.

Al vrij snel werd duidelijk dat dit, op dit moment, onbegonnen werk is. Doel was om te zien of het systeemgedrag overeenkomt met het gedrag van de CA-189. De reden voor het kiezen van de CA-189 is omdat deze een volledig deterministisch gedrag heeft (waarbij een zuivere fase-overgang optreedt bij de kritische dichtheid).

Poging 1 : we stellen de positie van voertuig n op tijdstip k (discrete tijd, $k \geq 0$) voor als $x(n, k) \in \{1, \dots, L\}$. Analoog, stellen we de snelheid voor als $v(n, k) \in \{0, \dots, v_{\max}\}$. Een voertuig $V(n, k)$ wordt nu gekarakteriseerd door zijn componenten x en v : $V(n, k) = (x(n, k) \ v(n, k))^T$.

Probleem : deze manier van werken (met opsplitsing in x en v) wordt te ingewikkeld; we kunnen mijns inziens op een betere manier de voordelen van een cellulaire automaat gebruiken.

Poging 2 : er zijn L cellen c_i in de cellulaire automaat waarbij de toestand van een cel wordt gekarakteriseerd door de snelheid van een voertuig als een geheel getal (eventueel aangevuld met de extra toestand ϵ wat op een lege cel duidt). Het aantal mogelijke toestanden van een cel is $v_{\max} + 2$. Hieruit kunnen we, verkeerdelijk, afleiden dat het aantal mogelijke toestanden van het gehele systeem $(v_{\max} + 2)^L$ bedraagt. Dit is echter incorrect aangezien er behoud van voertuigen is, of anders gezegd : de N voertuigen zijn steeds in het systeem aanwezig en kunnen combinatorisch slechts aanleiding geven tot $\binom{L}{N}$ verschillende configuraties.

Stel nu S de toestandsruimte van het systeem. Een toestand $s(k) \in S$ op tijdstip k gaat over in een toestand $s(k + 1) \in S$ door middel van de transitiefunctie $\delta : S \rightarrow S : s(k) \mapsto s(k + 1)$. $s(k)$ is een kolomvector $(c_1 \dots c_L)^T$. δ werkt componentsgewijs op elke cel c_i van $s(k)$.

Probleem : als we de transitiefunctie δ willen specificeren, dan verkrijgen we te ingewikkelde regels indien we werken met gehele getallen voor de toestanden van de cellen c_i (ook al werd de maximale snelheid v_{\max} tot 1 cel/s beperkt).

- Ik heb Magda Schoonjans nog eens gevraagd naar de status van mijn nieuwe foto.
- In de namiddag waren er de SISTA-seminaries van Hugues Bersini en Mustak Yalcin over ”*Frustrated Chaos in Neural Networks*” en ”*Novel applications of chaos : optimization by coupled chaotic annealing and random number generation*”.

16.2 Vrijdag 06/12 tot donderdag 12/12

16.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 06/12/2002 :

- Ben Geeraerts heeft mijn poster voor het PhD Symposium 2002 afgedrukt.
- Ik had een afspraak met Steven Logghe om verder te babbelen over discontinue fundamentele diagrammen bij het gebruik van de methode van de karakteristieken, alsmede het evalueren van de afgelopen vergadering met de gebruikersgroep voor het DWTC-project CP/40.

Maandag 09/12/2002 :

- ik heb een nieuwe reeks experimenten opgezet die nagaan of er metastabiliteit optreedt in de fundamentele diagrammen van de STCA, de VDR TCA, de Fukui-Ishibashi TCA, de Takayasu-Takayasu TCA en de TOCA. Deze experimenten draaien op SISTA's supercluster en zullen enkele dagen tijd vergen.
- Na enige opzoekingswerk ben ik tot de conclusie gekomen dat de aanduiding van de deterministische cellulaire automaat CA-189 verkeerd is. Het betreft eigenlijk regel 184 van Stephen Wolfram's index van regels voor cellulaire automaten (met 256 verschillende mogelijkheden). Regel 184 toont een lege baan met daarop een voertuig dat met een constante snelheid voortbeweegt. Regel 189 toont daarentegen een net-niet volle baan waarbij een 'schokgolf' zich achterwaarts met een constante snelheid propageert. Om correct te zijn dienen we dus vanaf nu over CA-184 te spreken (de oorspronkelijke CA-189 komt uit een artikel van Kai Nagel en is volgens mij een typfout).

Dinsdag 10/12/2002 :

- in de voormiddag ben ik mijn poster voor het PhD Symposium 2002 gaan ophangen in de Kloosteromgang in de Campusbibliotheek Arenberg.
- Verder heb ik enkele administratieve zaken voor het DWTC-project CP/40 geregeld (vernieuwen gebruikersgroep).
- Tot slot heb ik de slides voor de studenten gekopieerd voor HK05 van de lessen "*Geïntegreerde procescontrole en datamining in de chemische industrie*", "*Ontwerp, modelleren en regelen van mini-satellieten*" en "*Data4s - fraud detection and risk management*". Pieter Van den Braembussche en Thierry Loones hebben me hun slides doorgestuurd. Daarnaast heb ik ook de examenregeling uitgewerkt alsmede de richtlijnen voor het schrijven van de paper en deze informatie op Toledo geplaatst.

Woensdag 11/12/2002 :

- in de voormiddag was het de negende les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05). Gastspreker was Thierry Loones en hij had het over "*Fraude detectie in telecommunicatiesystemen*".
- in de namiddag ging het PhD Symposium door, alwaar ik een poster (zie MAERIVOET:02d) presenteerde. Later op de avond was er een panelgesprek over de zin en onzin van doctoreren. Dit werd afgesloten met de bekroning van de drie beste posters, waarbij – tot mijn grote verbazing – mijn naam werd afgeroepen.

Donderdag 12/12/2002 :

- vermits het morgen ESAT's sportdag is, heb ik ervoor geopteerd om deze morgen "*Academic English*" te volgen. Echter, de les bleek niet door te gaan, iets wat ons pas duidelijk werd toen we ter plaatse in de Dekenstraat waren. Ik heb dan maar units 7 ("*Constructing a Research Paper I*") en 8 ("*Constructing a Research Paper II*") gelezen uit het handboek.
- In de namiddag waren er de SISTA-seminaries van Patrick Glenisson en Geert Fannes over "*Integration of Text-based priors in clustering gene expression data*" en "*Using Literature and Data to Annotate and Learn Bayesian Networks*".

16.3 Vrijdag 13/12 tot donderdag 19/12

16.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 13/12/2002 :

- in de voor- en namiddag was het ESAT's sportdag.
- Op de middag ben ik nog naar de vierde les van "Academic English" geweest. Er werd al in minimale vorm besproken wie welk onderwerp gedurende het tweede semester zou uitdiepen.

Maandag 16/12/2002 :

- ik heb op Bouwkunde een vergadering met Tom Bellemans, Steven Logghe en Fay Dunkerley gehad. We hebben de opzet van de duurzame kostfunctie voor het DWTC-project CP/40 besproken. Naar aanleiding hiervan ben ik een artikel begonnen dat dit wat duidelijker illustreert.

Dinsdag 17/12/2002 :

- ik heb Dries Van Dromme geholpen bij het oplossen van een probleem bij het bewaren en terug uitlezen van BLOBs (*binary large objects*) via Java in een SQL-databank.
- De rest van de dag ging naar het verder schrijven aan het artikel "Construction of a General Sustainable Cost Function in the Context of Controlling Traffic Flows".

Woensdag 18/12/2002 :

- in de voormiddag was het de tiende en laatste les van "Gevallestudies van datamining en industriële procescontrole" (HK05). Gastspreker was Paul Van Hummelen en hij had het over "Micro-arrays en bio-informatica". Hij was duidelijk geïrriteerd door 't feit dat zowel de studenten als de docent ruim te laat waren. Om volgend jaar dergelijke praktijken te vermijden (en meer respect voor de gastsprekers te betonen), lijkt het me aangewezen om de gastsprekers slechts vanaf 10u40 te laten opdagen. De studenten hebben tevens ook hun eerste, tweede en derde keuze voor een onderwerp voor hun paper bepaald.
- Magda Schoonjans heeft me gecontacteerd in verband met mijn nieuwe foto op CWIS. Blijkbaar gaat de K.U.Leuven ten onder aan haar eigen grootsheid aangezien de verschillende diensten wel elk een taak hebben gekregen, maar het overzicht ergens verloren is gegaan van zodra een van deze diensten een vertraging oploopt.

Donderdag 19/12/2002 :

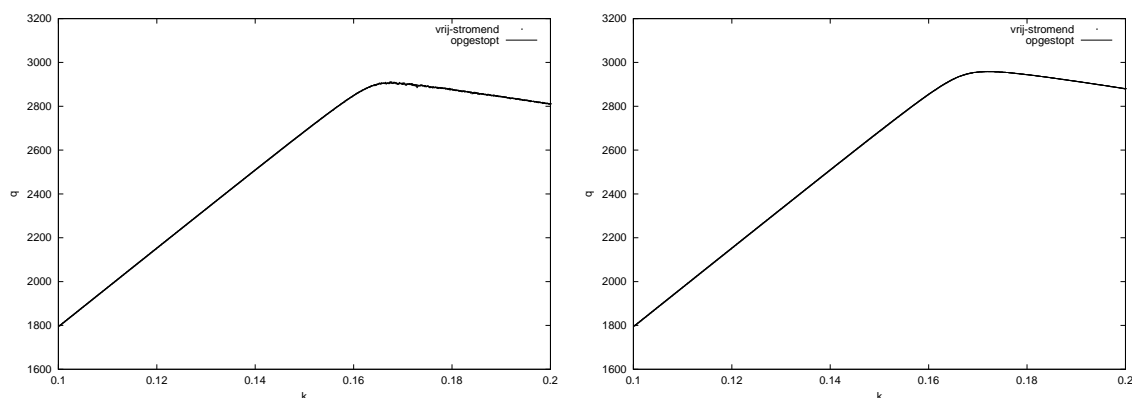
- ik heb mijn poster bij Ben Geeraerts afgehaald en aan Ida gegeven. Het grootste deel van de dag ging naar het uitwerken van een abstract voor de "Benelux Meeting on Systems and Control 2003", waar wij 'verplicht' naar toe dienen te gaan.
- Ik heb de finale versie van de verdeling met onderwerpen voor de papers van de studenten van HK05 samengesteld. Daarnaast werd de informatie met betrekking tot het examen aan de valven gehangen.
- 's Avonds heb ik het artikel "Construction of a General Sustainable Cost Function in the Context of Controlling Traffic Flows" afgewerkt en doorgestuurd naar Fay Dunkerley.

16.4 Vrijdag 20/12 tot donderdag 26/12

16.4.1 Weekoverzicht

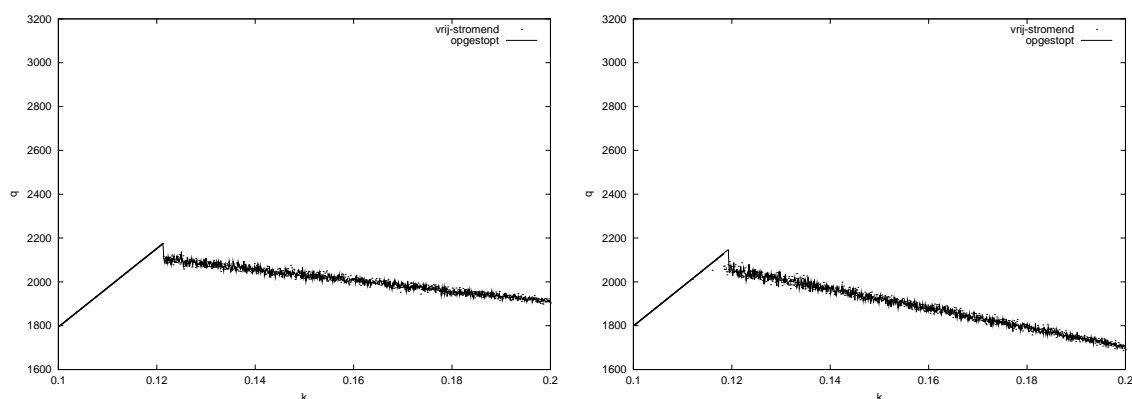
Vrijdag 20/12/2002 :

- na lang rekenwerk is het tijd om de resultaten van mijn experimenten voor het ontdekken van meta-stabiliteit te bestuderen. De geteste systemen bestonden telkens uit 10000 cellen, een transiënte periode van 500 iteraties en een simulatieduur van 5000 iteraties. De maximum snelheid bedroeg telkens 5 cellen/s. In figuur 16.1 zijn de resultaten te zien voor de klassieke STCA en de Fukui-Ishibashi TCA. Voor beiden bedroeg de *slowdown probability* 0,1. We merken dat er hier *geen* sprake is van meta-stabiliteit : de takken van vrij-stromend verkeer en opgestopt verkeer vallen telkens zo goed als samen voor de twee gesimuleerde scenario's (waarbij het systeem van vrij-stromend naar opgestopt verkeer evolueert en vice versa).



Figuur 16.1: De (k, q) fundamentele diagrammen van de STCA en de Fukui-Ishibashi TCA van de experimenten voor meta-stabiliteit.

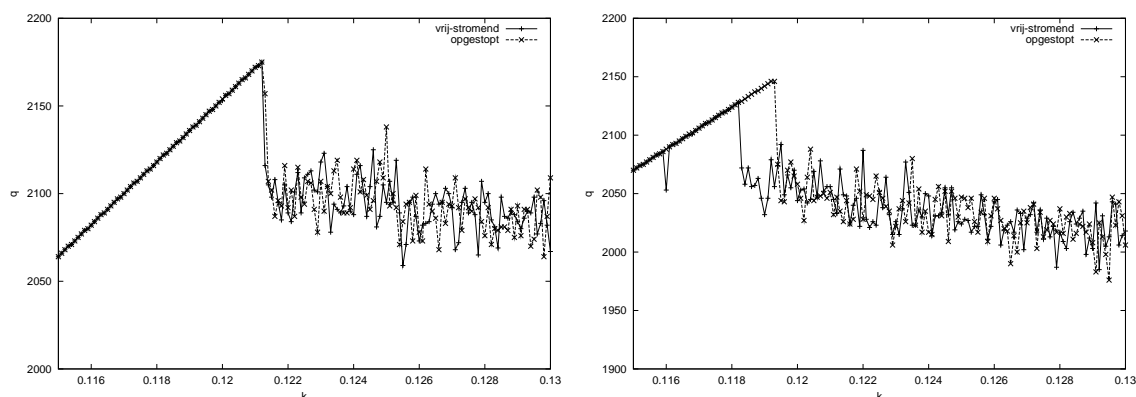
In figuur 16.2 zien we de resultaten voor de T^2 TCA en de TOCA. Voor de T^2 TCA bedroeg de *slowdown probability* 0,01 en de *slowdown probability with small gaps* 0,5. Voor de TOCA bedroeg de gemiddelde tussentijd 1,12 s en waren $p_a = p_d = 0,9$.



Figuur 16.2: De (k, q) fundamentele diagrammen van de T^2 TCA en de TOCA van de experimenten voor meta-stabiliteit.

Er lijkt zich interessant systeemgedrag af te spelen in de buurt van de kritische dichtheid voor de T^2 TCA en de TOCA. Indien we inzoomen figuur 16.2, dan bekomen we de fundamentele diagrammen in figuur 16.3. We merken dat er voor de T^2 TCA geen sprake is van meta-stabiliteit, maar dat er *wel een capaciteitsval* plaatsvindt : beide scenario's volgen net zoals voor de STCA en de Fukui-Ishibashi TCA dezelfde paden, maar er is nu wel een discontinuïteit.

Bij de TOCA merken we dat de scenario's verschillende paden opleveren. Er is echter wel iets vreemds aan de gang : het pad gevolgd vertrekkende van vrij-stromend verkeer, heeft een *lagere capaciteit* dan dat gevolgd vertrekkende van opgestopt verkeer ! Bij de VDR TCA was dit net omgekeerd, zoals het dient te zijn. Verder onderzoek naar dit gedrag is nodig.



Figuur 16.3: De (k, q) fundamentele diagrammen van de T^2 TCA en de TOCA van de experimenten voor meta-stabiliteit (closeup).

Maandag 23/12/2002 :

- een student van HK05 vroeg om het artikel van vorig jaar met de typografische tips voor het schrijven van de paper. Ik heb het document aangepast en op Toledo gezet.
- Ik kreeg een e-mail van Christopher L. Wood die me wist te melden dat er mogelijk een virus in mijn *Traffic Cellular Automata* software zou zitten. Ik heb ze echter gescand met heuristische regels alsmede met *Sophos Anti Virus*, na over de aard van het vermoedelijke virus gelezen te hebben. De kans is groot dat de e-mail filter van zijn provider TCA als virus klasseert omdat het over meerdere geneste archieven gaat.
- Het leek me interessant om eens het gedrag van een eenvoudig deeltjessysteem te onderzoeken. Het systeem bestaat uit een ring van 2000 cellen waarbij elke cel hoogstens één deeltje kan bevatten. Daarenboven gelden volgende eenvoudige regels :
 - R1** : een deeltje tracht met kans p naar links te bewegen in de volgende tijdstap, gegeven dat de cel c_{i-1} links van een deeltje c_i leeg is.
 - R2** : een deeltje tracht met kans $1-p$ naar rechts te bewegen in de volgende tijdstap, gegeven dat de cel c_{i+1} rechts van een deeltje c_i leeg is.

Een rechtstreekse parallele update van alle deeltjes in het rooster (*lattice*) leidt tot het mogelijk verdwijnen van twee deeltjes waar slechts 1 lege cel tussenzit, op het moment dat beide deeltjes beslissen in een volgende tijdstap naar dezelfde cel toe te bewegen. Om dit gedrag te verhinderen, werd een stochastisch update proces gebruikt, waarbij elk deeltje tijdens een tijdstap de kans krijgt om te bewegen (*Symmetric Stochastic Exclusion Process*).

In figuur 16.4 zien we de invloed van een toenemende p op systemen met een verschillende globale dichtheid. We merken op dat voor een globale dichtheid van 10% de deeltjes zich aanvankelijk naar rechts verplaatsen (kleine p), ze voor $p = 0,5$ ongeveer stationair houden (en clusters vormen) en voor grote p simultaan naar links bewegen. Deze bewegingen kunnen vrij ongebonden plaatsvinden vermits de globale dichtheid klein is en dus ook de kans dat een deeltje vlak naast een ander deeltje zit (en dus niet kan bewegen in die richting) klein is. Het valt wel op dat er een grote asymmetrie is tussen het óf naar links óf naar rechts bewegen, de reden hiervoor is me nog niet duidelijk.

De tweede rij figuren toont het resultaat bij een globale dichtheid van 50%. Ook hier zien we dezelfde polarisatie van bewegingsrichting voor de deeltjes. Het beeld kan wel misleidend zijn omdat het zwart-wit is en grote clusters van deeltjes zich tegen de bewegingsrichting in neigen te bewegen (cfr. congestiegolven bij verkeer). De deeltjes zelf bijvoorbeeld bewegen globaal gezien in de laatste figuur van de tweede rij naar links (hoge p) maar de clusters (en bijgevolg ook de witruimtes) bewegen naar rechts (zwart zijn de deeltjes, wit zijn de openingen tussen de deeltjes).

Voor de laatste rij bedraagt de globale dichtheid 90% wat een druk systeem voorstelt. Hierbij merken we dan dat de bewegingsrichting overeenkomt met de keuze voor p . Voor $p = 0,1$ merken we dat het systeem al een uitgesproken neiging vertoont om alle deeltjes naar links te laten bewegen, desondanks de lage kans om naar links te willen bewegen. Hetzelfde omgekeerde effect nemen we ook waar voor hogere waarden van p die ervoor zorgen dat het systeem naar rechts beweegt (ook al is de kans om naar links te bewegen nu zeer groot). Een exacte reden hiervoor kan ik niet bedenken, maar ik veronderstel dat het te maken heeft met de beginconfiguratie van het systeem waarin de deeltjes wel naar links *willen* bewegen maar het *niet kunnen* en bijgevolg stationair blijven tot de kans om naar rechts te bewegen zich voordoet.

In figuur 16.5 werd hetzelfde soort experiment herhaald, maar dan voor een kleiner systeem (slechts 400 cellen) en een kortere simulatieduur (400 iteraties). Er werden daarenboven ook enkele parameterwaarden toegevoegd. Het resultaat is globaal gezien hetzelfde als in figuur 16.4.

Dinsdag 24/12/2002 :

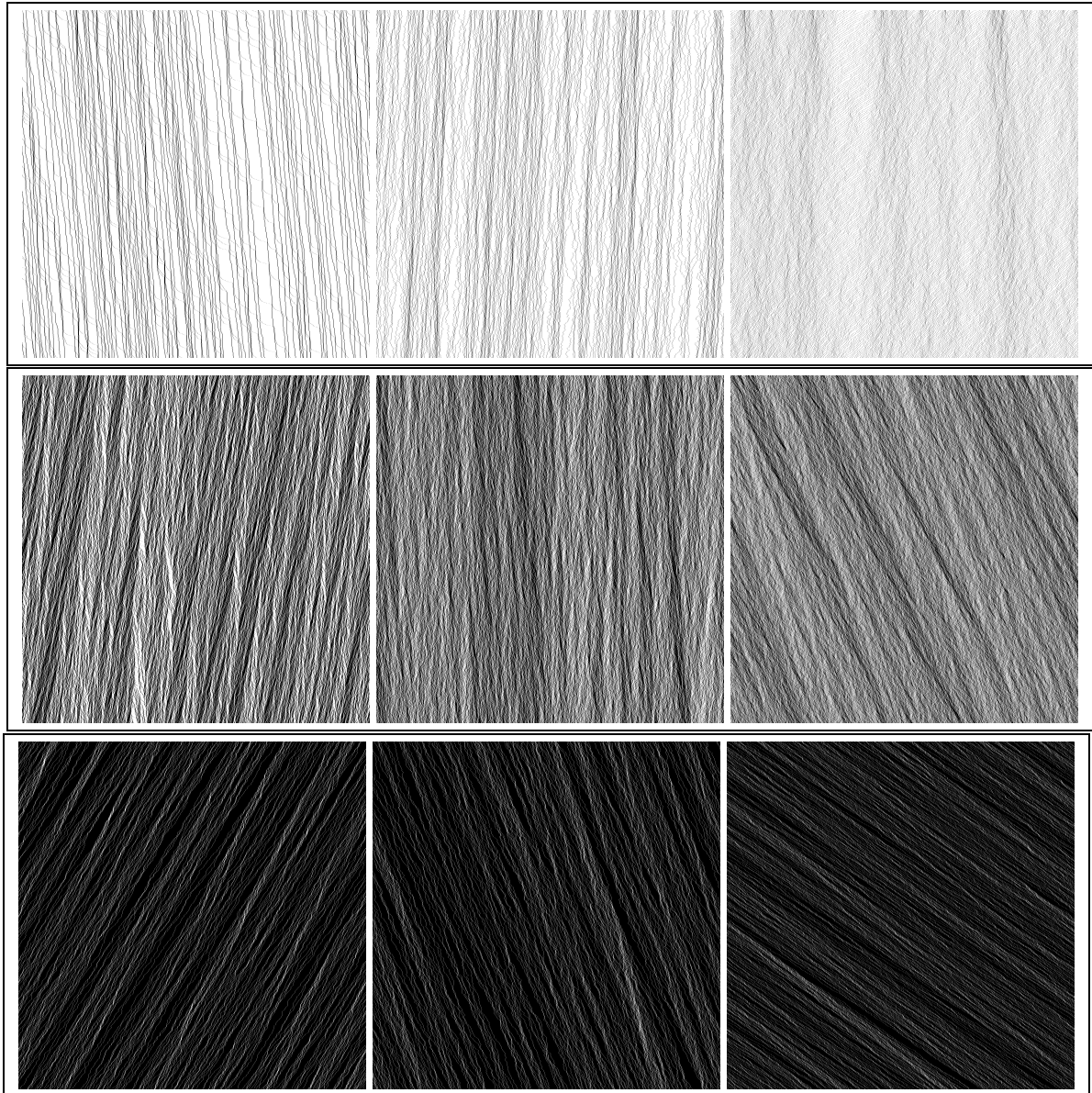
- Christopher L. Wood heeft me terug gemailed met de bevestiging van mijn vermoedens omtrent het zogenaamde virus in mijn *Traffic Cellular Automata* software. Hij gaat nu de software bestuderen om de interne werking te achterhalen.

Woensdag 25/12/2002 :

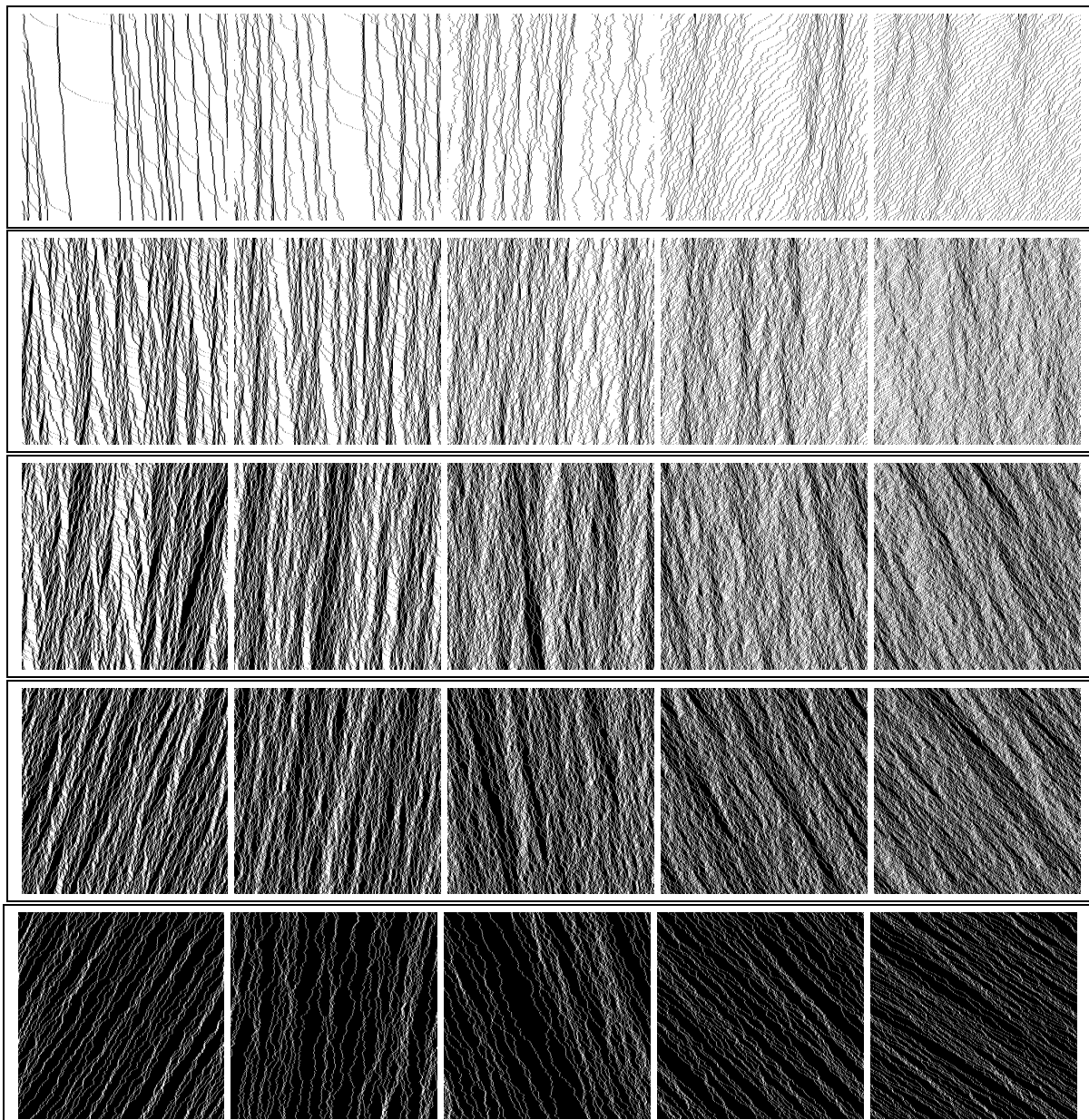
- collectief verlof K.U.Leuven wegens Kerstmis.

Donderdag 26/12/2002 :

- collectief verlof K.U.Leuven wegens tweede kerstdag.



Figuur 16.4: Het tijd-ruimte diagram voor deeltjes met van links naar rechts $p = 0,1$, $p = 0,5$ en $p = 0,9$ en van boven naar onder telkens een globale dichtheid van 10%, 50% en 90%.



Figuur 16.5: Het tijd-ruimte diagram voor deeltjes met van links naar rechts $p = 0, 1$, $p = 0, 3$, $p = 0, 5$, $p = 0, 7$ en $p = 0, 9$ en van boven naar onder telkens een globale dichtheid van 10%, 30%, 50%, 70% en 90%.

Hoofdstuk 17

Januari 2003

17.1 Vrijdag 28/12 tot donderdag 02/01

17.1.1 Still flowing : Old and new approaches to traffic flow and traffic jam modeling

Referentie : [NWW02]

Dit lijvige werk geeft enkele duidelijke inzichten in het modelleren van verkeersstromen, waarbij de nadruk ligt op het gebruik van cellulaire automaten en de verschillende verkeersregimes. Eén van de uitgangspunten, bestaat uit volgende twee observaties : bestuurders willen (1) snel op hun bestemming aankomen en dit (2) zonder te botsen.

Vervolgens wordt op het empirische aspect van verkeersstromen ingegaan : de maatstaf hier is het fundamentele diagram, meerbepaald in de (k,q) vorm. Van de twee hoofdregimes (vrij-stromend en opgestopt verkeer) wordt gesteld dat in het tweede regime het toewijzen van een functionele vorm zeer in vraag gesteld kan worden, omwille van de spreiding op de datapunten (waarbij deze spreiding wel een dynamische oorzaak kan hebben). Ook wordt ingegaan op de correlatie tussen bepaalde grootheden in de verschillende regimes. De bespreking licht daarna een ander punt op, namelijk het ontstaan van opstoppingen en hun instabiliteit. Dit voor zowel deterministische als stochastische modellen.

Het modelleringsaspect wordt opgesplitst in twee delen : microscopisch en macroscopisch. Van het eerste deel worden de diverse combinaties van tijd en ruimte besproken :

continue tijd en continue ruimte : de klassieke voertuig-volg modellen, het optimale snelheidsmodel (*optimal velocity model* – OVM) en combinaties daarvan.

discrete tijd en discrete ruimte : cellulaire automaten (CA-184, STCA, VDR TCA en TOCA).

discrete tijd en continue ruimte : gekoppelde mappen (*coupled maps*) en het Krauss-model.

Merk op dat het concept ‘continu’ in computertermen specifiek bepaald is : een continue sampling van een variabele (bijvoorbeeld de positie van voertuigen in *Mitrasim 2000*) gebeurt aan de hand van F , de verzameling van de drijvende komma (*floating point*) getallen (i.e., IEEE 754). Discrete sampling duidt (meestal) op geheeltallige waarden uit Z .

Na een kort overzicht van enkel macroscopische modellen, wordt er afgesloten met enkele open vragen en alternatieve aanpakken. Het betreft hier vooral het verkrijgen van inzicht in de fase-transities en het verschil in gedrag van open en gesloten (i.e., periodische) systemen.

17.1.2 Weekoverzicht

Vrijdag 28/12/2002 tot woensdag 01/01/2003 :

- kerstverlof.

Donderdag 02/01/2003 :

- ik heb het artikel "*Still flowing : Old and new approaches to traffic flow and traffic jam modeling*" (zie paragraaf 17.1.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

17.2 Vrijdag 03/01 tot donderdag 09/01

17.2.1 Can We Explain Traffic Congestion ?

Referentie : [Tad00]

Deze slides trachten een overzicht te geven van het gedrag van verkeer in een faseruimte zoals het (k, \bar{v}) fundamenteel diagram. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen opstoppingen (*jams*) waarin voertuigen start-stop golven veroorzaken, en congestie waarin voertuigen niet stoppen maar zeer traag rijden. Belangrijke opmerkingen over deze slides zijn :

- in het (k, \bar{v}) fundamenteel diagram is er een duidelijke scheiding tussen de vrij-stromend en gecongesteerde (opgestopte) verkeersregimes.
- Er kan een vak-inversie optreden waardoor meer voertuigen links gaan rijden. Dit kan men zien in de tijdsreeksen van de doorstromingsgraad, al kan men dit niet als een indicatie van congestie gebruiken.
- Bij de tijdsreeksen van de gemiddelde snelheid kan men wel duidelijk zien dat congestie optreedt. Analooft geldt dit voor de tijdsreeksen van de dichtheid.
- Tijdens congestie merkt men een sterke correlatie tussen de verschillende vakken, misschien is dit dezelfde correlatie als in gesynchroniseerd verkeer.

17.2.2 LS-SVMlab Toolbox User's Guide

Referentie : [PSG⁺02]

Deze handleiding beschrijft het gebruik van een functiebibliotheek om met toepassingen van LS-SVMs te werken in MATLAB. Het gaat hier voornamelijk over classificatie, regressie, tijdsreeksvoorspellingen en ongesuperviseerd leren. Wat ik raar vond, was hetgeen in de inleiding stond geschreven, namelijk dat de meeste functies tot 20000 datapunten en meer kunnen verwerken. Wat is de reden van dit specifieke aantal ?

Er wordt redelijk goed beschreven hoe de verschillende functies werken en hoe ze aangeroepen dienen te worden. Merk op dat dit nog altijd een goede kennis van de wiskundige technieken op zich vereist !

17.2.3 Traffic flow : A statistical physics point of view

Referentie : [Sch02]

Dit groot artikel is een afgeslankte versie van het lijvige werk "*Statistical Physics of Vehicular Traffic and Some Related Systems*" [CSS00]. De nadruk hier ligt op de statistische dynamica en de niet-equilibrium aspecten van verkeerssystemen. Dit laatste slaat op het feit dat verkeersstromen beschouwd kunnen worden als het prototype van gedreven systemen die zich ver van een evenwichtstoestand bevinden (*far from equilibrium driven systems*). De relatie met het eerste wordt beschouwd via de modellen van cellulaire automaten.

In een eerste deel wordt kort bekeken hoe de verkeersdata vergaard worden en wat de empirische resultaten zijn (vrij-stromend verkeer, gesynchroniseerd verkeer en opgestopt verkeer).

Een belangrijke grootheid om deze regimes van elkaar te scheiden, is de kruiselingse correlatie (*cross-correlation*) tussen de doorstromingsgraad en de dichtheid.

Vervolgens wordt verder gegaan met een bespreking van de hydrodynamische modellen, de gas-kinetische modellen, de voertuig-volg modellen, de optimale snelheidsmodellen en tot slot de cellulaire automaten. Op deze laatste klasse wordt dieper ingegaan, waarbij de STCA wordt besproken. Veel interessanter echter, is het stuk dat vlak hierna volgt : een volkomen analytische benadering van deze automaten met behulp van de *mean field theory* die toegepast wordt op de *master equation*. Dit blijkt geen eenvoudige klus te zijn en een volledige analytische beschrijving vinden voor maximale snelheden groter dan één cel per seconde is geen voor de hand liggende bezigheid.

Er wordt afgesloten met een beschouwing van *open boundary conditions* (met behulp van de ASEP), de theorie van defecten (door plots een voertuig in de verkeersstroom te laten stoppen gedurende een bepaalde tijd), de transities tussen de verschillende fases (i.e., verkeersregimes), het gebruik van verbeterde CA modellen (i.e., de VDR TCA) en het incorporeren van gesynchroniseerd verkeer in een cellulaire automaat. Tot slot worden kort stadsverkeer en voetgangersdynamica bestudeerd.

17.2.4 Weekoverzicht

Vrijdag 03/01/2003 :

- ik heb de artikels "*Can We Explain Traffic Congestion ?*" (zie paragraaf 17.2.1 voor meer details hieromtrent) en "*LS-SVMLab Toolbox User's Guide*" (zie paragraaf 17.2.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Daarnaast heb ik ook mijn artikelsdatabank verder in orde gebracht door een pak, snel-gelezen, artikels al te klasseren.

Maandag 06/01/2003 :

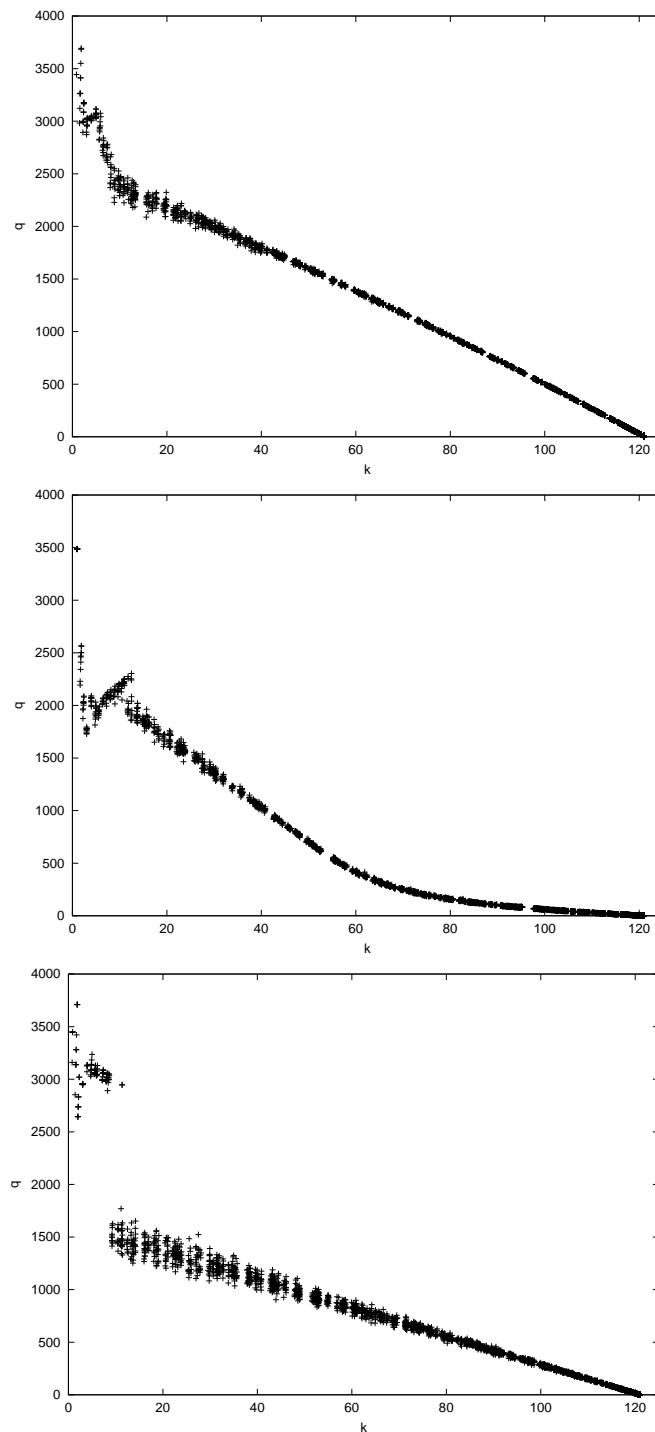
- ik heb het artikel "*Traffic flow : A statistical physics point of view*" (zie paragraaf 17.2.3 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Dinsdag 07/01/2003 :

- in de systemen van cellulaire automaten is het soms interessant om naar 'randgevallen' te kijken. Een voorbeeld hiervan is het op nul stellen van de *slowdown probability* bij de STCA, waardoor deze zich herleidt tot de CA-184. Een ander voorbeeld is het beperken van de maximale snelheid tot één cel per seconde, waardoor een analytische benadering gemaakt kan worden met behulp van de *mean field theory*.

Een andere limiet wordt gevonden door de maximale snelheid op oneindig te zetten. Dit houdt in dat voertuigen, voor zover mogelijk (i.e., er plaats voor hen is), kunnen blijven versnellen. Uiteraard heeft dit niet veel zin op een ring met meer voertuigen waar de minste verstoring al catastrofaal kan zijn. Nochtans loont het de moeite om eens te kijken wat er verkeerskundig (en systeemdynamisch) gezien, gebeurt.

Praktisch stelden we de maximale snelheid gelijk aan $L \div 2$ waarbij L het aantal cellen in de CA is (in de gedane experimenten was $L = 300$). De experimenten werden uitgevoerd voor de STCA (met een *slowdown probability* van 10%), de TOCA (met $\bar{h} = 1.15$ s, $p_a = 90\%$ en $p_d = 90\%$) en de VDR TCA (met een *slowdown*



Figuur 17.1: De (k, q) fundamentele diagrammen van de STCA, de TOCA en de VDR TCA met telkens $v_{\max} \simeq \infty$.

probability van 1% en een *slow-to-start probability* van 50%). De (k, q) fundamentele diagrammen zijn te zien in figuur 17.1.

De eerste vaststelling die we maken, is dat *de tak van vrij-stromend verkeer ontbreekt*. In dit regime stijgt normaal de doorstromingsgraad naarmate de dichtheid stijgt. Echter indien $v_{\max} \rightarrow \infty$, dan blijkt dat de doorstromingsgraad *overall* een ‘dalend verloop’ volgt bij een toenemende dichtheid. Bij de TOCA (middelste figuur) merken we dat er lokaal wel nog een kleine stijging is naarmate de kritische dichtheid wordt

bereikt. Bij de VDR TCA (onderste figuur) merken we duidelijk een capaciteitsval. Ook is het zo dat deze fundamentele diagrammen niet langer convex zijn, hetgeen zou kunnen duiden op niet-anisotropie (cfr. "Anisotropic property revisited – does it hold for multi-lane traffic ?" [Zha03]).

Om meer inzicht te krijgen in de systeemdynamica, maken we gebruik van de gekleurde fundamentele diagrammen zoals deze opgeleverd worden door de *Traffic Cellular Automata* software. Het resultaat is te zien in figuur 17.2 : van boven naar onder staan de STCA, de TOCA en de VDR TCA. Links staat telkens het (k, q) fundamentele diagram en rechts staat telkens het (k, \bar{v}) fundamentele diagram. De kleur in de linkse diagrammen wordt bepaald door de gemiddelde snelheid \bar{v} , die in de rechtse diagrammen wordt bepaald door de doorstromingsgraad q .

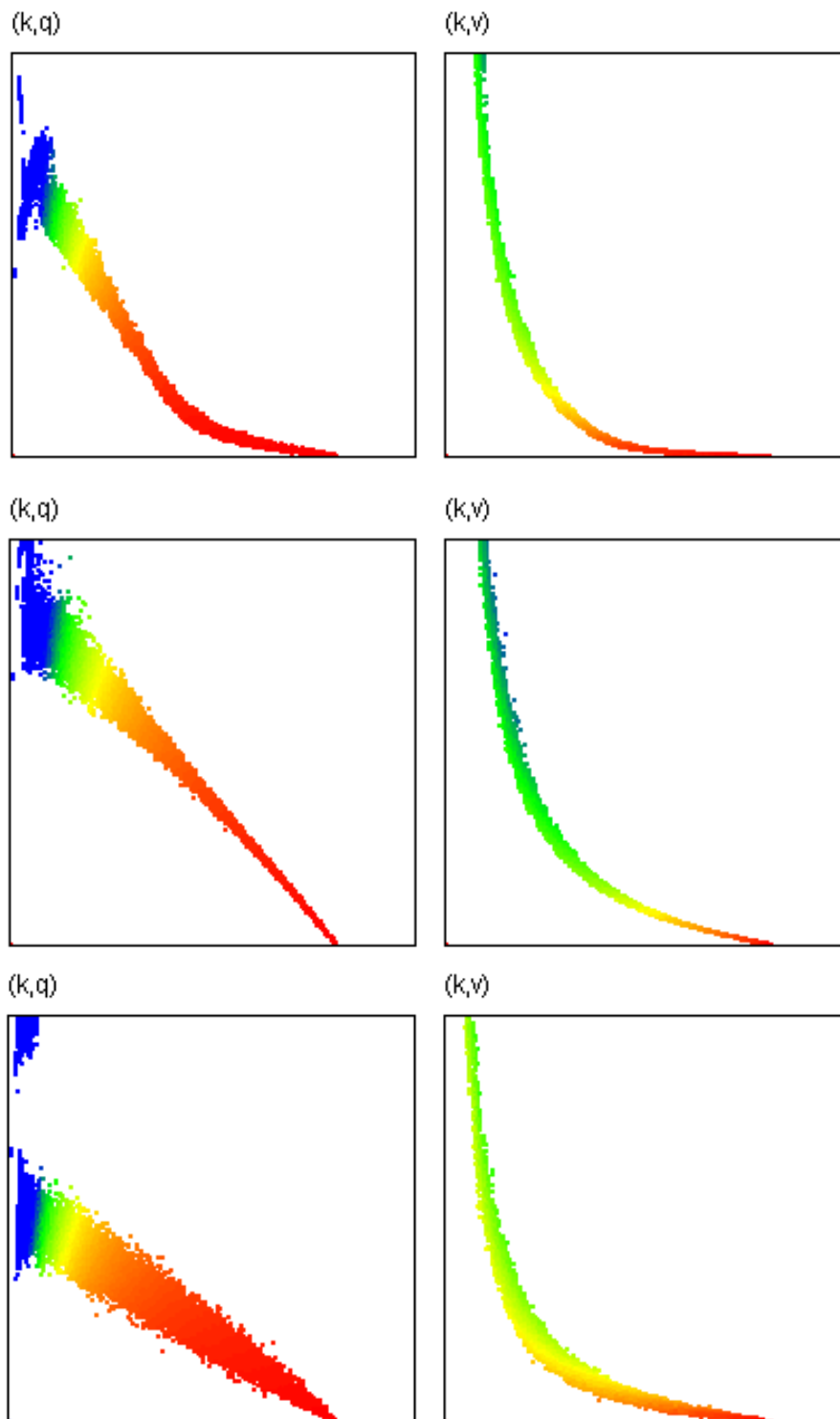
We zien nu duidelijk dat de tak van vrij-stromend verkeer wel in zekere vorm aanwezig is, al is deze opgesplitst voor de VDR TCA (onderste figuur). Zoals verwacht, heeft het verhogen van de maximale snelheid enkel een significante invloed op het verkeer in het vrij-stromend regime. In de (k, \bar{v}) fundamentele diagrammen zien we telkens min of meer dezelfde functionele vorm terugkeren : een monotoon dalend verloop van de gemiddelde snelheid \bar{v} in functie van de dichtheid k . Ook merken we dat de 'top' van dit diagram (i.e., het plateau dat de maximale snelheid vormt) ontbreekt, hetgeen te verwachten was.

Woensdag 08/01/2003 :

- in de voormiddag heb ik de website van het DWTC-project CP/40 aangevuld met de laatste twee gegeven presentaties van Steven Logghe en Fay Dunkerley. In de namiddag ben ik het verslag van de afgelopen vergadering met gebruikersgroep van 29/11/2002 beginnen te schrijven.

Donderdag 09/01/2003 :

- het verslag van de afgelopen vergadering met gebruikersgroep van 29/11/2002 is afgewerkt en overhandigd aan Bart Motmans.
- Daarna ben ik naar de doctoraatsverdediging van Tom Van Woensel (UFSIA) geweest. Hij had het over "Models for uninterrupted traffic flows – A queueing approach". Ook Steven Logghe en Isaac Yperman waren van de partij. Na de verdediging heb ik Tom's boek meegekregen.



Figuur 17.2: De (k, q) en (k, \bar{v}) fundamentele diagrammen van de STCA, de TOCA en de VDR TCA met telkens $v_{\max} \simeq \infty$.

17.3 Vrijdag 10/01 tot donderdag 16/01

17.3.1 Metastable states in cellular automata for traffic flow

Referentie : [BSSS98]

Dit artikel is gebaseerd op verkeersmetingen die verricht werden en die meta-stabiele toestanden met hoge doorstromingsgraad aan het licht brachten. Er wordt vertrokken van de klassieke STCA (NaSch) waarvan de regels worden beschreven. Er wordt ook direct de belangrijke opmerking gemaakt dat, volgens de trend in het modelleren van complexe fenomenen in statistische fysica, dit model het verkeer op een microscopische schaal niet accuraat poogt te beschrijven. Niettegenstaande deze gedachte, bekomt men wel realistische macroscopische resultaten na uitmiddelen, ook al is het acceleratiegedrag van een enkel voertuig onrealistisch.

Om meta-stabiele toestanden (en dus impliciet ook hysteresis) op te sporen, kan men twee paden volgen :

- de globale dichtheid wordt adiabatisch veranderd door voertuigen toe te voegen aan of te verwijderen uit een stationaire toestand. Men werkt hierbij in verschillende richtingen (van vrij-verkeer naar opgestopt verkeer toe en vice versa).
- Men kan ook van twee verschillende toestanden beginnen : enerzijds een opgestopte toestand (*mega jam*), waarbij er vertrokken wordt van een grote compacte cluster van stilstaande voertuigen, en anderzijds een homogene toestand, waarbij alle voertuigen equidistant over de rijweg worden verdeeld.

In het opgestopte regime spreekt men dan van een *phase-separated state* waarbij er een grote cluster van trage voertuigen is met vlak ervoor en erna vrij-stromend verkeer. Om meta-stabiliteit en hysteresis te introduceren, worden de *slow-to-start* regels gebruikt. Er worden onder andere de Takayasu-Takayasu TCA en de VDR TCA besproken, alsmede het BJH model. Dit laatste staat voor Benjamin-Johnson-Hui waarbij, in tegenstelling tot het spatiale gedrag van de Takayasu-Takayasu TCA, de voertuigen die moeten remmen omwille van de voertuigen voor hen slechts met een lagere kans terug versnellen. Het is dan temporeel gedrag waarbij een korte geschiedenis van elk voertuig dient bijgehouden te worden.

Er wordt bij de Takayasu-Takayasu TCA ook melding gemaakt van een 'geometrische' fase-overgang, waarbij, eens de kritische dichtheid overschreden, de voertuigen niet langer meer kunnen bewegen aangezien het systeem te klein is. Dit fenomeen kon ook waargenomen worden in de fundamentele diagrammen in figuren 15.15 en 15.16 waar de doorstromingsgraad en gemiddelde snelheid nul worden (toen kon dit nog niet verklaard worden).

De slotconclusies zijn dat hysteresis in een fundamenteel diagram gerelateerd is aan het bestaan van meta-stabiele toestanden en dat men in verkeersbeheersing vooral geïnteresseerd is om de homogene tak van het fundamenteel diagram te stabiliseren.

17.3.2 Weekoverzicht

Vrijdag 10/01/2003 :

- ik heb een verklarende nota t.a.v. Jos Verbeeck opgesteld waarin volledig beschreven staat welke stappen reeds ondernomen werden om de verkeersgegevens van het Verkeerscentrum te Wilrijk te krijgen.

- Verder heb ik bericht gekregen in verband met mijn abstract voor de *Benelux Meeting on Systems and Control 2003* (BMSC03). Ik dien enkel nog referenties toe te voegen; vanwege het plaatsgebrek zal ik de *acknowledgments* laten vallen.

Maandag 13/01/2003 :

- ik heb het administratief gedeelte van het eerste tussentijds verslag voor het DWTC-project CP/40 uitgeschreven en ter inzage overhandigd aan Bart Motmans.
- In de namiddag heb ik een SISTA-seminarie bijgewoond. Gastspreker was Simon Haykin en hij had het over "*Signal processing challenges in the 21st century*".

Dinsdag 14/01/2003 :

- ik heb een draftversie geschreven (twee pagina's) en ingediend voor de "*Intelligent Transport Systems and Services*" conferentie (ITSS03) te Madrid, van 16 tot 20 november 2003. De titel is "*Development of an Improved Traffic Cellular Automaton Model for Traffic Flows on a Highway and National Road Network*". Er wordt een samenvatting gegeven en een overzicht van de (technische) paper (achtergrond, constructie van het model, simulatie van een wegennetwerk en conclusie), het presentatieformaat (PowerPoint), de verplichte *acknowledgments* en tot slot enkele relevante referenties.

Woensdag 15/01/2003 :

- ik heb het artikel "*Metastable states in cellular automata for traffic flow*" (zie paragraaf 17.3.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Daarnaast heb ik nog het SISTA-gedeelte van het wetenschappelijk deel van het eerste tussentijds verslag voor het DWTC-project CP/40 vertaald.

Donderdag 16/01/2003 :

- Het Verkeerscentrum te Wilrijk heeft me contracten met betrekking tot het verkrijgen van de verkeersgegevens toegestuurd. Na bijna drie maanden administratieve rompslomp is de kogel eindelijk door de kerk.
- Ik ben begonnen om het wetenschappelijk deel van het eerste tussentijds verslag voor het DWTC-project CP/40 samen te stellen.

17.4 Vrijdag 17/01 tot donderdag 23/01

17.4.1 Probabilistic traffic flow breakdown in stochastic car following models

Referentie : [JN03]

Dit artikel start met een belangrijke opmerking die gemaakt wordt naar aanleiding van het werk van Munoz en Daganzo : de capaciteitsval die we in de verkeersgegevens observeren, kan veroorzaakt worden door bepaalde geometrische beperkingen. Een flessenhals stroomafwaarts van een detectorlokatie kan een wachtrij veroorzaken die plots tot aan de detector komt en een drastische verhoging van de dichtheid (met overeenkomstig een capaciteitsval) laat opmeten. Dit in tegenstelling tot de spontane capaciteitsvallen waar meestal over gesproken wordt (in het kader van hysteresis, catastrofe theorie, *inverse lambda shape* van het fundamenteel diagram).

Vertrekkende van klassieke formuleringen van voertuig-volg modellen, wordt het Krauss model besproken met discretisatie. Daarna volgt een analyse van de opstoppingen die optreden in het model. Hiertoe definieert men eerst het begrip ‘opstopping’ als zijnde een rij naburige voertuigen die zich met hoogstens half de maximale snelheid voortbewegen. Men kijkt vervolgens naar het gedrag van het systeem (met betrekking tot het aantal opstoppingen) waarbij enerzijds van vrij-stromend (laminair) verkeer en anderzijds van volledig opgestopt verkeer (superopstopping) wordt gestart. In beide gevallen is de initiële conditie diegene waarbij de snelheid van alle voertuigen nul is. Beide benaderingen convergeren uiteindelijk naar dezelfde waarde voor het aantal opstoppingen. Een andere meting die men doet, is het berekenen van de variantie van de lokale dichtheid ten opzichte van de globale dichtheid. Ook wordt melding gemaakt van de histogramverdeling van de gatgroottes tussen de voertuigen.

17.4.2 Breakdown and recovery in traffic flow models

Referentie : [Jos02]

Naar aanleiding van het artikel "*Probabilistic traffic flow breakdown in stochastic car following models*" [JN03], besloot ik om eens te kijken naar de oorsprong hiervan. Het blijkt dat het artikel in kwestie een gecondenseerde versie is van de licentiaatsthesis van Dominic Jost.

In deze thesis wordt uitgebreid aandacht besteed aan de principes van de thermodynamica, met aansluitend een woordje over fases, fase-transities en de coëxistentie van verschillende fases. Vervolgens wordt meta-stabiliteit aangekaart en wordt alles gerelateerd aan enerzijds het Krauss voertuig-volg model en anderzijds de NaSch STCA en VDR TCA.

De gedane analyses beschrijven redelijk uitgebreid wat er allemaal juist gemeten wordt en op welke manier dit wordt gedaan. Het betreft hier vooral metingen met betrekking tot het aantal en de lengtes van opstoppingen en varianties van lokale dichtheden.

De tekst zelf leest niet altijd zo gemakkelijk aangezien het overzicht in de thesis een beetje ontbreekt (alles is na elkaar getypt met tekstindeling op slechts 1 niveau) en er nog veel slordigheden, taal- en typfouten aanwezig zijn.

17.4.3 Weekoverzicht

Vrijdag 17/01/2003 :

- ik heb het artikel "*Probabilistic traffic flow breakdown in stochastic car following models*" (zie paragraaf 17.4.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- De begeleidende brief voor het Verkeerscentrum te Wilrijk werd opgesteld (met de contracten erbij gevoegd) opdat we de verkeersgegevens eindelijk in handen kunnen krijgen.

Maandag 20/01/2003 :

- ik heb het artikel "*Breakdown and recovery in traffic flow models*" (zie paragraaf 17.4.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Dinsdag 21/01/2003 :

- het wetenschappelijk deel van het eerste tussentijds verslag voor het DWTC-project CP/40 werd afgewerkt. Ook heb ik René Boel de contracten doorgestuurd voor het verkrijgen van de verkeersgegevens.

Woensdag 22/01/2003 :

- ik heb een quoteringsysteem opgesteld dat me toelaat alle papers van de studenten van HK05 op dezelfde wijze eerlijk te verbeteren. De punten worden verdeeld over verschillende categorieën (met verschillende gewichten) en daarna samengeteld. De paper staat op 60%, het mondeling examen op 40%.
- Naar aanleiding van Bart Motmans' verbeteringen heb ik het administratief deel van het eerste tussentijds verslag voor het DWTC-project CP/40 aangepast. Daarnaast werd de begeleidende brief bij de contracten voor de verkeersgegevens, opnieuw door Ida getypt en diende deze opnieuw door mij getekend te worden (en door Bart De Moor).

Donderdag 23/01/2003 :

- de hele dag ging naar het lezen van de papers van de studenten van HK05.

17.5 Vrijdag 24/01 tot donderdag 30/01

17.5.1 Parallel Queue Model Approach to Traffic Microsimulations

Referentie : [CBN02]

Dit artikel beschrijft op vrij technische wijze welke aspecten komen kijken bij het uitbouwen van een parallelle simulatie van verkeersstromen. De parallellisatie kan domein gebaseerd zijn, waarbij het wegennetwerk in domeinen wordt opgesplitst en elk domein door een andere processor wordt gesimuleerd. Een andere manier is om het klassieke vier-staps proces (trip generatie, trip verdeling, modale keuze en verkeerstoewijzing aan het netwerk) op te splitsen over verschillende processoren. Een belangrijk nadeel in dit laatste scenario is het feit dat de traagste taak de snelheid van de gehele simulatie bepaalt.

Qua parallellisatie wordt verder nog gesproken over twee benaderingen : enerzijds gedeeld geheugen en anderzijds het uitwisselen van boodschappen. Een belangrijke opmerking die hier wordt gemaakt, is dat ongeacht de beschikbare bandbreedte, men altijd rekening dient te houden met de *latency* van bepaalde netwerkimplementaties. Zo blijkt dat een Ethernet LAN systeem tot 0.5 ms vertraging kan hebben. Dit alles legt op zijn beurt dan weer een bovengrens op aan het maximaal mogelijke aantal te itereren tijdstappen per seconde. Dit vertaalt zich dan naar metingen van het *real-time ratio*, de *speed-up* en de efficiëntie.

Het netwerkmodel in kwestie, gebruikt in dit artikel, laat toe om met behulp van een vereenvoudigd wachtrijmodel heel Zwitserland te modelleren (ruim 10000 knooppunten en ruim 28000 verbindingen).

17.5.2 Weekoverzicht

Vrijdag 24/01/2003 :

- in de voormiddag was het les van "*Academic English*". Vanaf het tweede semester bestaan de lessen uit practica, waarbij we groepjes vormen die telkens een bepaald thema uitwerken. Het onderwerp dat ik samen met Celine Vens (departement Computerwetenschappen, onderzoeksgroep DTAI) uitwerk, gaat over "*Oration*". Meer bepaald onderzoeken we het gedrag van sprekers tijdens seminaries, nadat hun presentatie afgelopen is en de vragensessie begint. Empirische gegevens vergaren we door speciale aandacht te besteden aan de seminaries in onze eigen onderzoeksgroepen (i.e., SISTA en DTAI).
- De rest van de dag ging naar het lezen van de papers van de studenten van HK05.

Maandag 27/01/2003 :

- de hele dag ging naar het lezen van de papers van de studenten van HK05.
- Ik heb ook de contracten voor het verkrijgen van de verkeersgegevens naar Luc De-koninck doorgestuurd.
- Tot slot heb ik me geregistreerd voor de *Benelux Meeting on Systems and Control 2003* (BMSC03).

Dinsdag 28/01/2003 :

- het mondeling examen van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) werd afgenomen door Joos Vandewalle, Bart De Moor en mezelf. Daarna werden de punten uitgerekend, omgezet en naar Ida doorgestuurd.

Woensdag 29/01/2003 :

- ik heb Tom Van Woensel's doctoraat (265 bladzijden) eindelijk uitgelezen. Ook heb ik een nogal uitgebreide e-mail met vragen en opmerkingen naar hem gestuurd, waarop hij prompt een reactie gaf. Daarnaast heb ik hem de contracten voor het verkrijgen van de verkeersgegevens doorgestuurd.

Donderdag 30/01/2003 :

- na een maand stil gelegen te hebben wegens administratieve rompslomp en het afnemen van het examen voor HK05, ben ik begonnen om mijn weekverslagen terug op orde te stellen.
- Ik heb het artikel "*Parallel Queue Model Approach to Traffic Microsimulations*" (zie paragraaf 17.5.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Hoofdstuk 18

Februari 2003

18.1 Vrijdag 31/01 tot donderdag 06/02

18.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 31/01/2003 :

- zo goed als de hele dag ging naar het aanvullen van mijn weekverslag.

Maandag 03/02/2003 :

- collectief verlof K.U.Leuven wegens viering Patroonsfeest.

Dinsdag 04/02/2003 :

- ik heb eens gekeken welke papers interessant zijn om te gebruiken als relevante referenties voor het opstellen van een nieuw TCA model.
- In de namiddag was er een vergadering met Bart De Moor en Bart Motmans voor het eerste tussentijds verslag van het DWTC-project CP/40. Er werden enkele verbeteringen voor het verslag (dat reeds de deadline voor opsturen overschreden heeft) gesuggereerd. Blijkbaar is de brief voor het Verkeerscentrum nog steeds niet de deur uit en dit na twee en een halve week ergens te liggen ...

Woensdag 05/02/2003 :

- Bart De Moor heeft Griet De Ceuster en mij gevraagd om te spreken voor de studenten van het vak "*Economische sectoren en technologie*" (D266). Aangezien dit pas eind maart is, zal ik rond eind februari met Griet samenzitten om de inhoud van de presentaties wat af te lijnen.
- Ik heb, aan de hand van de cursus "*Verkeersmodellen*" (H111), enkele aspecten van het vier stappenplan voor verkeerstoedeling opgefrist : verdeling (met schatten van de OD-matrices) en toedeling.

Donderdag 06/02/2003 :

- ik heb aan Griet De Ceuster gevraagd wat de verschillen in Engelse/Amerikaanse terminologie voor autosnelwegen zijn :

Amerika : *freeway* = autosnelweg, *highway* = grote weg (e.g., Route 66),

Verenigd Koninkrijk : *motorway* = autosnelweg (e.g., M1 ring rond Londen),

Urban highways (cfr. Manhattan-patroon) hebben meestal verkeerslichten.

- In de namiddag waren er de SISTA-seminaries van Imad Barhumi en Koen Vanbleu, zij hadden het over "*Time Varying FIR Equalization of Doubly-Selective Channels*" en "*Bitrate maximizing equalizers for ADSL modems*". Spijtig genoeg moest ik verstek geven aangezien ik de hele tijd het eerste tussentijds verslag voor het DWTC-project CP/40 op punt heb gesteld.
- Er werden me nieuwe contracten van de personeelsdienst uit toegestuurd, waarin mijn beurs met 1 jaar verlengd wordt tot eind december 2003.

18.2 Vrijdag 07/02 tot donderdag 13/02

18.2.1 CIVE 440 – Transport Systems Analysis

Referentie : [Hel]

Deze cursus geeft op bondige wijze een inleiding tot verkeersstroomtheorie. De aandacht wordt hierbij vooral gevestigd op de grootheden die in de verkeerskunde aan bod komen. Een punt om te onthouden is het verschil tussen het volume en de doorstromingsgraad (waarbij het eerste een absolute telling gedurende een bepaald tijdsinterval is en het tweede de hiermee overeenkomende uurlijke graad, i.e., *hourly rate*). Daarnaast wordt de *peak-hour factor* (PHF) afgeleid als zijnde het quotiënt van de vorige twee (bekeken over een uur met maxima gemeten in 15-minuut intervallen).

18.2.2 Verkeersafwikkeling – Volume A – Traffic Flow Theory

Referentie : [Bot00]

De twee delen die ik van deze cursus heb, behandelen macroscopische kenmerken van verkeersstromen en fundamentele diagrammen. Er wordt vrij diep ingegaan op de metingen aan de hand van een verzameling trajectories van voertuigen en het tijd-ruimte diagram. Hierbij ligt de nadruk op het verschil tussen spatiale en temporele metingen (zoals bijvoorbeeld tijdsgemiddelde en ruimtegemiddelde snelheid) en hoe beiden – bij benadering – in elkaar kunnen omgezet worden (cfr. Wardrop's formulering). Ook wordt de behoudsvergelijking afgeleid aan de hand van de cumulatieve N-curves (cfr. Daganzo) en wordt er aandacht besteed aan de verschillende manieren waarop deze grootheden kunnen gemeten worden.

Het deel over de fundamentele diagrammen schetst eerder een historisch overzicht van de gebruikte diagrammen in de verkeerskunde en de verschillen tussen deze diagrammen. Belangrijk hierbij is het verschil tussen modellen met en zonder capaciteitsval.

18.2.3 Weekoverzicht

Vrijdag 07/02/2003 :

- ik heb het artikel "*CIVE 440 – Transport Systems Analysis*" (zie paragraaf 18.2.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Maandag 10/02/2003 :

- eindelijk heb ik de kopie van het verslag voor de gebruikersgroep van DWTC-CP/40 en de contracten voor het Verkeerscentrum te Wilrijk gekregen. Stefaan Hoornaert vroeg waar deze bleven aangezien René Boel zelfs al zijn contracten had ingestuurd. Deze lange bureaucratische administratieve wachttijd (bijna vier weken voor iets dat na drie dagen al geregeld was) dient volgende keer absoluut vermeden te worden !
- Nadat ik alle informatie van de betrokkenen had gekregen, heb ik het wetenschappelijk deel van het eerste tussentijds verslag (DWTC-CP/40) afgewerkt en aan Bart De Moor overhandigd.

Dinsdag 11/02/2003 :

- in de voormiddag was het de eerste les van het vak "*Systeemidentificatie*" (HB18), dit jaar gedoceerd door Bart De Moor.
- Het eerste tussentijds verslag (DWTC-CP/40) werd, samen met alle publicaties, aan Ida Tassens overhandigd voor verzending.

Woensdag 12/02/2003 :

- ik heb het artikel "*Verkeersafwikkeling – Volume A – Traffic Flow Theory*" (zie paragraaf 18.2.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Donderdag 13/02/2003 :

- gezien de te grote omvang van het onderwerp waar ik een artikel over wil schrijven, heb ik besloten dit op te breken in verschillende delen. Het eerste deel zal logischerwijs de uitwerking van een nieuw TCA model zijn.
- In de namiddag was het de eerste les van het vak "*Time Series Analysis*" (GM11), gedoceerd door Walter Van Assche. Toevallig was ook Bieke Moelans aanwezig (Verkeerscentrum te Wilrijk).
- Daarna waren er de SISTA-seminaries van Bart Peeters ("*The Flite project in detail, and LMS-contributions in particular*") en Ivan Goethals ("*SCD contributions to the Flite project and a survey of results from other academic partners*"), waar ik – in het kader van het project voor "*Academic English*" – nota heb genomen van de sprekers hun houding, taal, voorkomen, ...

18.3 Vrijdag 14/02 tot donderdag 20/02

18.3.1 A cellular automaton model for freeway traffic

Referentie : [NS92]

Dit seminaal artikel behandelt het allereerste stochastische TCA model, de STCA (NaSch). De nadruk wordt vooral op gelegd op het feit dat het systeem zichzelf naar een kritieke toestand kan drijven (zoals bijvoorbeeld in *self organizing criticality*). Er wordt opgemerkt dat in plaats van globale metingen te verrichten, men eerder lokale metingen van de bezettingsgraad simuleerde, alsmede voor de doorstromingsgraad (nergens in het artikel wordt de gemiddelde snelheid gebruikt). Interessant is dat voor een open systeem wordt verduidelijkt wat de term "*bottleneck situation*" juist in deze context betekent : in de meeste linkse cel komt er telkens een voertuig bij (met snelheid nul) van zodra deze cel leeg is (men simuleert dus de uitstroom van een opstoppingsfront).

18.3.2 An improved cellular automaton model for traffic flow simulation

Referentie : [ER97]

Dit artikel borduurt voort op het oorspronkelijke STCA model (NaSch). De opzet is een kwantitatieve overeenkomst bekomen met de werkelijke fundamentele diagrammen, in plaats van enkel maar een kwalitatieve overeenkomst. Hiertoe worden diverse veranderingen aangebracht : er wordt een impliciete propagatie routine gebruikt (waarbij dus niet langer alle regels voor alle voertuigen in parallel worden uitgevoerd). Daarnaast wordt de voorloper van het *velocity dependent randomization* (VDR) model besproken, waarbij de regel in de vorm van een matrixbewerking wordt geschreven. Interessant om weten is dat er een lichte afbuiging in het fundamenteel diagram optreedt, naarmate men de kritische dichtheid nadert. Dit heeft te maken met het feit dat voertuigen met een lagere gemiddelde snelheid korter op elkaar gaan rijden, waardoor er meer voertuigen op de baan passen. Ook deze knik wordt gemodelleerd door voertuigen meerdere cellen vooruit te laten kijken (een voertuig kijkt dan bijvoorbeeld negen cellen vooruit en beslist om trager te gaan rijden).

18.3.3 Cellular automata for traffic simulations

Referentie : [Wol99]

Het uitgangspunt van dit artikel wordt gevormd door de verschillende modelleringsmethodieken te beschouwen die voor verkeersstromen ontwikkeld werden. Cellulaire automaten worden hier dan centraal gesteld aangezien zij toelaten om op snelle en efficiënte wijze grote verkeersstromen sneller dan real-time te simuleren. Het grootste deel van het artikel bouwt verder op het werk van Nagel en Schreckenberg (NaSch's STCA) en de beschouwing van de meta-stabiele tak in het (k,q) fundamenteel diagram. Een eerste modellering hiervan gebeurt door middel van de zogenaamde *cruise-control* variant, die echter een zeer gevoelige tak van vrij-stromend verkeer oplevert. Twee oplossingen worden hiervoor gesuggereerd : enerzijds de methode die de VDR TCA volgt, en anderzijds Galilei-invariante voertuig-voertuig interacties (waarbij de interacties niet veranderen indien men verschillende snelheden beschouwt). Een voertuig baseert zich dus op het snelheidsverschil met de voorligger, en dus niet zozeer op de absolute snelheden of de absolute tussenruimtes zelf.

Slotconclusie is dat er nog werk aan de winkel is aangezien het concept ‘gesynchroniseerd verkeer’ nog niet volledig begrepen is, en zeker nog niet geïmplementeerd werd in een TCA model (waarschijnlijk is er de kans dat dit niet *in* het model zelf zal zitten).

18.3.4 Weekoverzicht

Vrijdag 14/02/2003 :

- ik heb de artikels "*A cellular automaton model for freeway traffic*" (zie paragraaf 18.3.1 voor meer details hieromtrent) en "*An improved cellular automaton model for traffic flow simulation*" (zie paragraaf 18.3.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Maandag 17/02/2003 :

- ik heb van Ida een kopie van het eerste tussentijds verslag van het DWTC-project CP/40 gekregen. Ook werd de website aangepast en de verslagen van de vergaderingen met de gebruikersgroep toegevoegd, alsmede het eerste tussentijds verslag.
- ik heb het artikel "*Cellular automata for traffic simulations*" (zie paragraaf 18.3.3 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Dinsdag 18/02/2003 :

- in de voormiddag was het de tweede les van het vak "*Systeemidentificatie*" (HB18).
- Ik ben begonnen met het uitschrijven van de inleiding voor mijn artikel. Grote stukken werden geleend uit de abstracts die ik reeds instuurde voor BMSC03 en ITSS03.

Woensdag 19/02/2003 :

- in de voormiddag was het de derde les van het vak "*Systeemidentificatie*" (HB18).
- Ik heb voor mijn artikel de achtergrond van cellulaire automaten voor verkeer beschreven.

Donderdag 20/02/2003 :

- ik heb een e-mail van Christian Sprang ontvangen die mijn Mitrasim 2000 code wenst te gebruiken. Hij botste echter op een foutmelding, die ik prompt oploste waarna ik hem van antwoord diende.
- In de namiddag was het de tweede les van het vak "*Time Series Analysis*" (GM11).
- Ik heb voor mijn artikel de fysische opzet van cellulaire automaten voor verkeer beschreven.

18.4 Vrijdag 21/02 tot donderdag 27/02

18.4.1 Traffic Flow Simulation using Cellular Automata under Non-equilibrium Environment

Referentie : [KMK01]

Dit kort artikel schetst vrij algemeen hoe de klassieke STCA gebruikt wordt om op grootschalige wijze een groot deel van Japan te simuleren. Er wordt kort en duidelijk besproken waar de CA-184 vandaan komt; de hoofdopzet is het evalueren van real-time routeselectie. Naast de vele taalfouten, is het ook zo dat niet alles volledig verantwoord is. Zo gaat men de ene keer uit van een celgrootte van 6,5 m, dan weer 5,5 m (terwijl deze oorspronkelijk en algemeen aanvaard 7,5 m bedraagt), stelt men de *slowdown probability* de facto altijd gelijk aan 50%, worden er slechts weinig relevante tests van het (aangepaste) model uitgevoerd, ...

18.4.2 Weekoverzicht

Vrijdag 21/02/2003 :

- ik heb mijn F2 ingediend voor de vervoersonkosten naar Antwerpen (heen en terug) van woensdag 19/02/2003.
- Ik heb voor mijn artikel het t-x diagram beschreven.

Maandag 24/02/2003 :

- ik heb de foto's die van onze onderzoeksgroep (SCD) getrokken werden, online geplaatst¹.
- Christian Sprang vroeg me naar meer scenario's voor mijn *Mitrasim 2000*. Ik heb hem gezegd dat deze beperkt zijn en gevraagd naar de oorsprong van zijn specifieke interesse in deze code. Het blijkt dat hij een wiskunde-fysica student aan de universiteit van Hamburg is die verkeerssimulators van verschillende pluimage bestudeert.
- Ook heb ik Ben Immers gecontacteerd en gevraagd of hij, samen met Wouter Favoreel en mij, in april een SISTA-seminarie wil geven.

Dinsdag 25/02/2003 :

- in de voormiddag was het de vierde les van het vak "*Systeemidentificatie*" (HB18).
- Ik heb voor mijn artikel de macroscopische variabelen en hun metingen beschreven.

Woensdag 26/02/2003 :

- in de voormiddag was het de vijfde les van het vak "*Systeemidentificatie*" (HB18).
- Mijn vijfde exemplaar van *Scientific Computing World* (zie [Wil03a]) is aangekomen.
- Ik heb het artikel "*Traffic Flow Simulation using Cellular Automata under Non-equilibrium Environment*" (zie paragraaf 18.4.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

¹scdphotos.dyns.cx

Donderdag 27/02/2003 :

- ik heb voor mijn artikel gegeneralizeerde definities van de macroscopische grootheden beschreven, alsmede de fundamentele diagrammen.
- In de namiddag was het de derde les van het vak "*Time Series Analysis*" (GM11).
- Daarna waren er de SISTA-seminaries van Stein Aerts ("*Deciphering the cis-Regulatory Logic of Coregulated Genes in Human*") en Qizheng Sheng ("*Biclustering microarray data by Gibbs sampling*"), waar ik – in het kader van het project voor "*Academic English*" – nota heb genomen van de sprekers hun houding, taal, voorkomen, . . .

Hoofdstuk 19

Maart 2003

19.1 Vrijdag 28/02 tot donderdag 06/03

19.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 28/02/2003 :

- in de voormiddag was het de achtste les van "*Academic English*".
- Ik heb voor mijn artikel globale en lokale metingen in een cellulaire automaat voor verkeer beschreven.

Maandag 03/03/2003 :

- ik heb voor mijn artikel het t-x diagram en de fundamentele diagrammen van de STCA beschreven.

Dinsdag 04/03/2003 :

- in de voormiddag was het de zesde les van het vak "*Systeemidentificatie*" (HB18).
- Ik heb voor mijn artikel een stuk over de opstoppingsdichtheid en enkele thermodynamische beschouwingen beschreven.

Woensdag 05/03/2003 :

- ik heb voor mijn artikel de positie, snelheid en tussenruimte van een testvoertuig beschreven, alsmede de verdeling van de snelheden en de tussenruimtes bij verschillende globale dichtheden.

Donderdag 06/03/2003 :

- in de voormiddag heb ik Bieke Moelans, Stefaan Hoornaert en André Nysten van het Verkeerscentrum te Wilrijk ontvangen. We hebben ook de verkeersgegevens van het jaar 2001 gekregen, begeleid met het *Mindat* programma dat een snelle visualisatie mogelijk maakt en als referentie voor verdere software kan dienen.
- In de namiddag was het de vierde les van het vak "*Time Series Analysis*" (GM11).

19.2 Vrijdag 07/03 tot donderdag 13/03

19.2.1 Dynamical phases and hysteresis in a simple one-lane traffic model

Referentie : [AC03]

In dit korte artikel wordt een microscopisch model met twee parameters voorgesteld; deze zijn de lengte en de maximale snelheid van een voertuig. De lengte wordt op 5 meter gezet, de maximum snelheid op 125 km/u. De verschillende fase-overgangen worden aangetoond door een fluctuerende extra aanvoer van auto's aan een open systeem aan te leggen.

19.2.2 Vehicular Traffic : A System of Interacting Particles Driven Far From Equilibrium

Referentie : [CSS99]

Dit artikel gaat in op de veeldeeltjesbeschrijving van verkeer. Er wordt vertrokken van een vloeistof-dynamische basis, waarna kort wordt ingegaan op de kinetische gastheorie (aan de hand van Boltzmann verdelingen). Vervolgens worden de cellulaire automaten besproken naar aanleiding van de voertuig-volg theorieën. Er wordt ingegaan op NaSch's STCA en de relatie met het *asymmetric simple exclusion process* (ASEP), gevolgd door een analytische theorie van het CA-model. Ook het verloop van de gemiddelde tussentijd en tussenruimte wordt besproken. Van de STCA wordt ook gezegd dat dit minimale model van autosnelwegverkeer noch een eerste orde fase-overgang bevat, noch een coëxistentie van twee fases.

19.2.3 Weekoverzicht

Vrijdag 07/03/2003 :

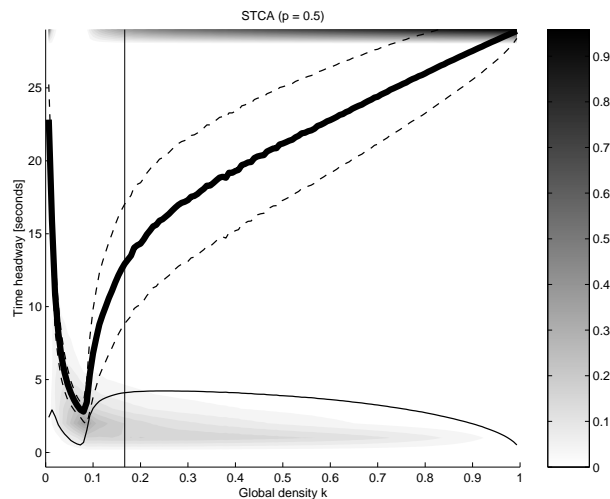
- in de voormiddag was het de negende les van "*Academic English*".
- Ik heb voor mijn artikel datasets gegenereerd om histogrammen van de gemiddelde snelheid, tijds- en tussenruimte op te kunnen stellen.

Maandag 10/03/2003 :

- ik heb het artikel "*Dynamical phases and hysteresis in a simple one-lane traffic model*" (zie paragraaf 19.2.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Ik heb 'tijdelijk' een nieuwe bureaugenoot (wiens naam me volledig ontsnapt); hij volgt vakken van de Graduate School.
- Om de histogrammen voor mijn artikel te kunnen berekenen, heb ik enkele MATLAB-scripts geschreven die dit wat eenvoudiger maken. Er worden nu telkens 10 Monte Carlo experimenten uitgevoerd, waarna alle grootheden en standaardafwijkingen over deze 10 experimenten worden uitgemiddeld. Heel interessant is het typische gedrag van de tussentijd, zoals te zien in figuur 19.1 (meer informatie is terug te vinden in het artikel).

Dinsdag 11/03/2003 :

- in de voormiddag was het de zevende les van het vak "*Systeemidentificatie*" (HB18).



Figuur 19.1: Het verloop van de gemiddelde tussentijd (en het histogram van de verdeling van de tussentijden) voor de STCA met een *slowdown probability* van 50%.

- Ik heb het artikel "*Vehicular Traffic : A System of Interacting Particles Driven Far From Equilibrium*" (zie paragraaf 19.2.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Woensdag 12/03/2003 :

- in de voormiddag was het de achtste les van het vak "*Systeemidentificatie*" (HB18).
- De CD-ROM met de resultaten van de opdrachten van de studenten van "*Computer Graphics 2*" (RUCA) is aangekomen.
- Ik ben naar T.M. Leuven geweest om er met Griet te overleggen in verband met de presentatie voor het vak "*Toegepaste Economische Sectoren*" (D266) aanstaande maandag.
- Om de graad van afhankelijkheid tussen twee tijdsreeksen uit te drukken, zocht ik naar een veralgemening van de correlatiecoëfficiënt, maar dan een die ook niet-lineaire verbanden toelaat. Hiervoor kan de wederzijdse informatie (*mutual information*) gebruikt worden. Om zinnig in gebruik te zijn, had ik graag de genormaliseerde versie gebruikt, waarvoor ik naar Rudy Moddemeijer heb gemailed (hij heeft een MATLAB routine geschreven om de mutuele informatie te berekenen).

Donderdag 13/03/2003 :

- in de namiddag waren er de SISTA-seminaries van Luc Hoegaerts ("*Subspace regression in reproducing kernel Hilbert space*") en Tijn De Bie ("*Canonical correlation analysis, a different view and applications*"), waar ik – in het kader van het project voor "*Academic English*" – nota heb genomen van de sprekers hun houding, taal, voorkomen, ...
- Ik heb met Ben Immers afgesproken om mijn formulier ter aanvraging van de doctoraatsopleiding te laten ondertekenen.
- Tot slot heb ik de presentatie voor het vak "*Toegepaste Economische Sectoren*" (D266) in elkaar gestoken.

19.3 Vrijdag 14/03 tot donderdag 20/03

19.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 14/03/2003 :

- in de voormiddag was het de tiende en laatste les van "*Academic English*"; de planning van de verschillende tijdssloten op de aanstaande conferentie in mei werd besproken. Hierna komen we op losse basis bij elkaar om het project verder uit te werken.
- Daarna heb ik de ESAT-laptop afgehaald en de presentatie voor het vak "*Toegepaste Economische Sectoren*" (D266) erop gezet, alsmede de Java VM geïnstalleerd en mijn software werkensklaar gemaakt voor de demonstratie.

Maandag 17/03/2003 :

- in de voormiddag heb ik een lezing gegeven voor het vak "*Toegepaste Economische Sectoren*" (D266).
- Rudy Moddemeijer heeft me terug gemailed naar aanleiding van genormaliseerde wederzijdse informatie. Volgens hem bestaat dit niet ("*Dit onzinnige concept duikt steeds weer op !*"). Tot op heden heb ik niemand gevonden die me hier verder kan bij helpen, en de persoon in kwestie die daar expert op is (professor Vandermeulen) is met pensioen sinds een maand.
- Nadat ik voor mijn artikel de CA-184 en de STCA heb besproken, was het nu de beurt aan de VDR-TCA.
- Fay Dunkerley mailde me in verband met problemen met de duurzame kostfunctie (GSCF) voor het DWTC-project CP/40.

Dinsdag 18/03/2003 :

- in de voormiddag was het de negende les van het vak "*Systeemidentificatie*" (HB18).
- Als aanvulling op de STCA, heb ik voor mijn artikel ook de STCA-CC besproken. Daarnaast heb ik ook het merkwaardig gedrag van de VDR-TCA in kaart gebracht.

Woensdag 19/03/2003 :

- ik heb voor mijn artikel de TOCA besproken.

Donderdag 20/03/2003 :

- heel de dag ging naar het ontwerpen van de slides voor mijn lezing op de "*22nd Benelux Meeting on Systems and Control*".

19.4 Vrijdag 21/03 tot donderdag 27/03

19.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 21/03/2003 :

- ik heb de hele dag doorgebracht op de "22nd Benelux Meeting on Systems and Control" in De Vossemeren in Lommel. Op de middag hield ik een lezing over "Development of a Traffic Cellular Automaton Model for Highway Traffic" [Mae03a]. Het *Book of Abstracts* [SL03] werd ook uitgedeeld. Ook heb ik Guy Campion gevraagd om mijn formulier ter aanvraging van de doctoraatsopleiding te ondertekenen.

Maandag 24/03/2003 :

- mijn formulier ter aanvraging van de doctoraatsopleiding heb ik laten ondertekenen door Joos Vandewalle, waarna het door het departementshoofd Ronnie Belmans nog ondertekend zal worden.

Dinsdag 25/03/2003 :

- in de voormiddag was het de tiende les van het vak "Systeemidentificatie" (HB18).
- Verder heb ik mijn databank met artikels bijgewerkt.

Woensdag 26/03/2003 :

- in de voormiddag was het de elfde les van het vak "Systeemidentificatie" (HB18).
- Ik heb eens kort een blik geworpen op de ons aangereikte data van het Verkeerscentrum te Wilrijk. Waarschijnlijk zullen we de databestanden op de harde schijf van Tom's computer zetten (`arran.esat.kuleuven.ac.be`).

Donderdag 27/03/2003 :

- ik heb eens liggen nadenken over het opzetten van een generisch systeem om simulaties gedistribueerd parallel uit te voeren met *JavaSpaces*.

Hoofdstuk 20

April 2003

20.1 Vrijdag 28/03 tot donderdag 03/04

20.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 28/03/2003 :

- zo goed als de hele dag ging naar het ontwerpen van de presentatie voor het DWTC aanstaande woensdag.

Maandag 31/03/2003 :

- in de namiddag was er een vergadering in verband met een projectvoorstel voor SBO (*Strategisch Basis Onderzoek*).

Dinsdag 01/04/2003 :

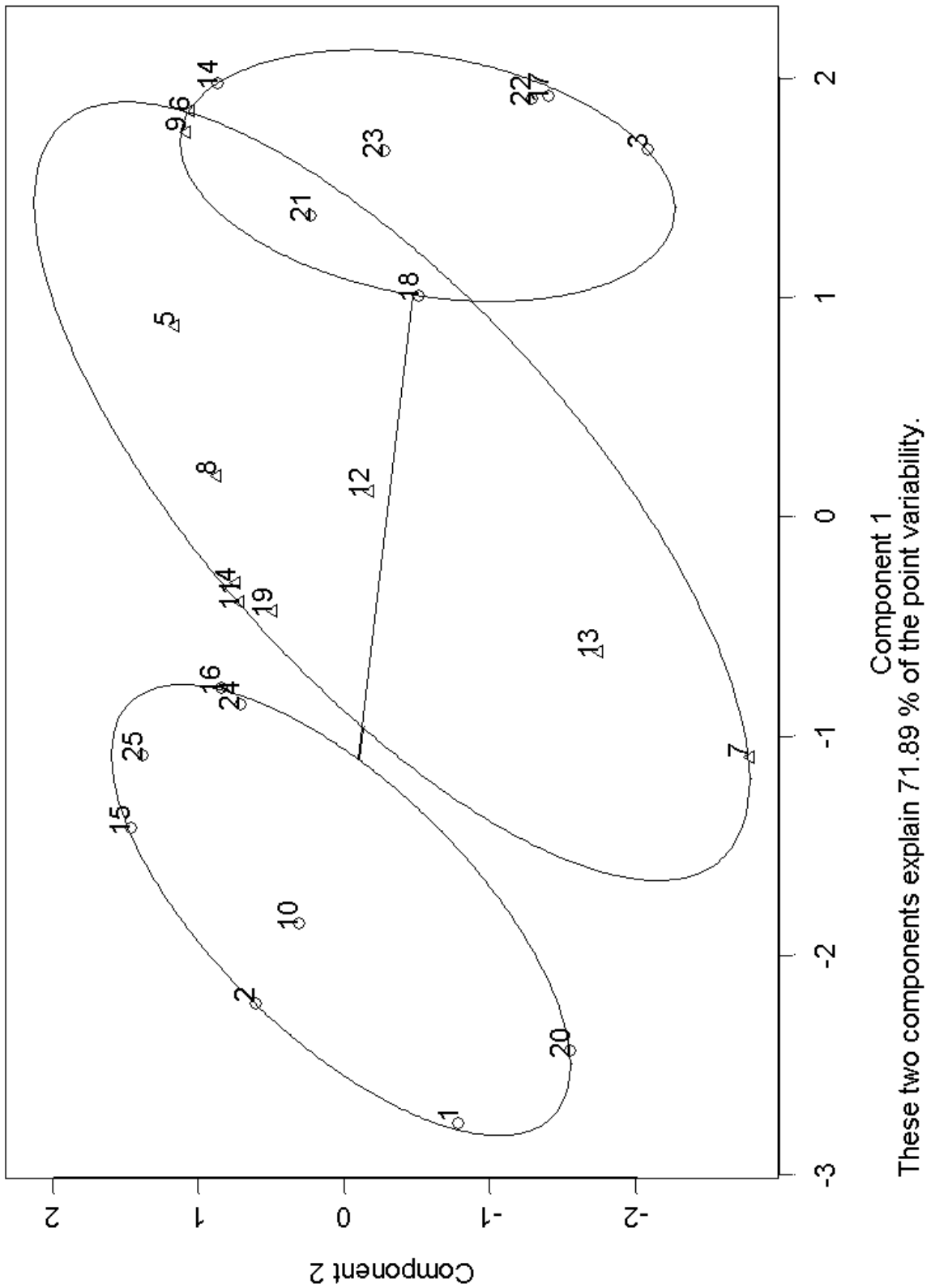
- in de voormiddag was het de twaalfde en laatste les van het vak "*Systeemidentificatie*" (HB18).
- De rest van de hele dag ging naar het afwerken van de presentatie voor het DWTC.

Woensdag 02/04/2003 :

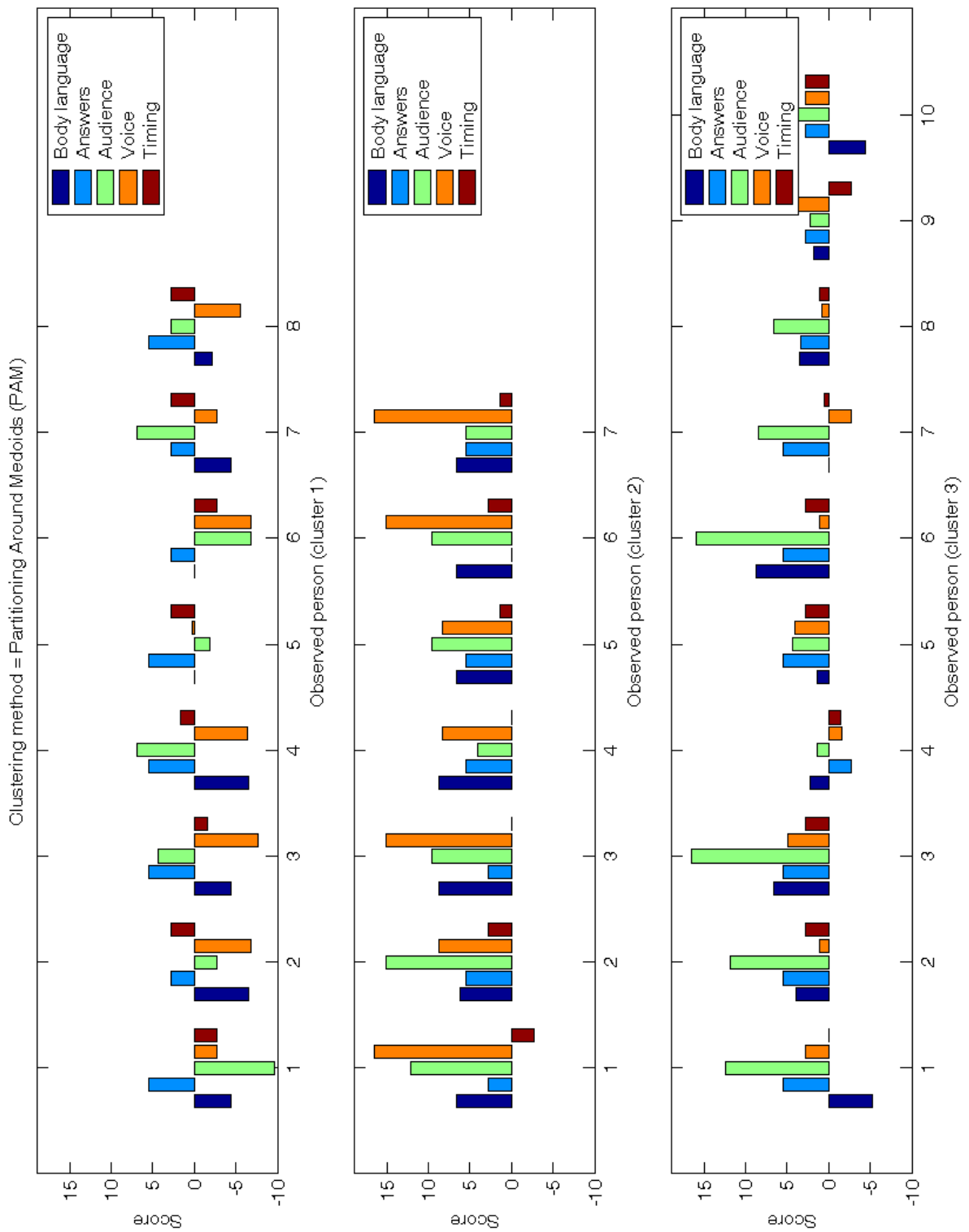
- in de voormiddag ben ik met Bart De Moor naar het DWTC in Brussel gegaan om daar een presentatie voor het panel van buitenlandse experts te geven naar aanleiding van het eerste tussentijdse rapport voor ons project DWTC-CP/40.
- In de namiddag heb ik een bezoek gebracht aan de projectwerken van de tweede kandidatuurstudenten Burgerlijk Ingenieur.

Donderdag 03/04/2003 :

- ik heb met Celine Vens samengezeten voor ons "*Oration*" project voor "*Academic English*". We hebben extra evaluatiegegevens aan de databank toegevoegd en een voorlopige clustering gedaan op basis van 5 meta-categorieën (na wat *trial-and-error* kozen we voor drie clusters) : *body*, *answers*, *audience*, *voice* en *time*. De resultaten van de clustering zijn te zien in figuur 20.1 (er werd met SPlus een principaalcomponent analyse uitgevoerd om de dimensies te reduceren tot twee omwille van de visualisatie). De overeenkomende geclusterde data zijn te zien in figuur 20.2.



Figuur 20.1: De drie clusters van de tijdens seminars bestudeerde personen (PCA met SPlus uitgevoerd).



Figuur 20.2: De datapunten uit de drie clusters van de tijdens de seminars bestudeerde personen.

20.2 Vrijdag 04/04 tot donderdag 10/04

20.2.1 A Brief History of Cellular Automata

Referentie : [Sar00]

Dit artikel geeft een goed overzicht van de verschillende soorten cellulaire automaten die in de loop der jaren werden ontwikkeld. Ook de belangrijke link met Turing machines wordt besproken, alsmede de verschillende varianten die er van CA's ontdekt werden. Een overzicht wordt ook gegeven van het moderne onderzoek dat gestart werd door empirische bestudering van de CA's (ingeluid door Wolfram).

20.2.2 Cellular Automata in Mathematical Modeling

Referentie : [Kan]

In dit korte artikel wordt een goede, bondige wiskundige beschrijving gegeven van een algemene cellulaire automaat. Deze beschrijving zou gebruikt kunnen worden bij het opstellen van toestandsruimte modellen van CA's (iets wat me enkele maanden geleden niet gelukt was).

20.2.3 Weekoverzicht

Vrijdag 04/04/2003 :

- ik had samen met Celine Vens een afspraak met Caroline Greenman voor ons "Oration" project voor "Academic English". De titel werd vastgelegd op "Academic Oratory Skills – Mastering original and persuasive speech". Daarnaast hebben we onze clusteringsmethodiek voorgesteld en werd de verdere richting van het onderzoek bepaald.

Maandag 07/04/2003 :

- om voor mijn SISTA-seminarie een inleiding op cellulaire automaten te kunnen geven, heb ik de artikels "A Brief History of Cellular Automata" (zie paragraaf 20.2.1 voor meer details hieromtrent) en "Cellular Automata in Mathematical Modeling" (zie paragraaf 20.2.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Dinsdag 08/04/2003 :

- heel de dag ging naar het afwerken van de demonstratieversie van Mitrasim 2000 en het robuust maken voor mogelijke incidentele fouten (dit in het kader van het aanstaande bezoek van Toyota San).

Woensdag 09/04/2003 :

- heel de dag ging naar het ontwerpen van de slides voor mijn SISTA-seminarie morgen.

Donderdag 10/04/2003 :

- in de voormiddag was er het bezoek van Toyota San. Een van de voorziene demonstraties, ging over het verkeersonderzoek aan de K.U.Leuven, in het bijzonder bij SCD-SISTA. Ik gaf een kleine demonstratie van mijn *Mitrasim 2000* en *Traffic Cellular Automata* software.
- Op de middag was er een vergadering in verband met het SBO voorstel.
- In de namiddag waren er de SISTA seminars van Ben Immers ("*Some issues and dilemmas in transportation modeling*") en Wouter Favoreel ("*Video detection for traffic applications*"). Daarnaast heb ik zelf ook als tweede een seminarie gegeven ("*A Survey on the Qualitative Behaviour of Traffic Cellular Automata*") [Mae03b] en heb ik *chair* van de sessie gespeeld.

20.3 Vrijdag 11/04 tot donderdag 18/04

20.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 11/04/2003 :

- Sven wordt 27 jaar !

Maandag 14/04/2003 :

- ik heb mijn weekverslag na anderhalve maand met vanalles bezig te moeten zijn nog eens aangevuld.

Dinsdag 15/04/2003 :

- een groot deel van de dag ging naar het aanvullen van de informatie voor het SBO projectvoorstel met de informatie van T.M. Leuven en het Verkeerscentrum te Wilrijk.
- Ik heb mijn nieuwe personeelskaart in ontvangst mogen nemen.

Woensdag 16/04/2003 :

- ik heb eens gekeken hoe cellulaire automaten geoptimaliseerd kunnen worden (met betrekking tot executiesnelheid) : een van de belangrijkste bottlenecks blijkt het kopiëren van de toestandsvector te zijn (iets wat op dit moment nog gebeurt in mijn "Traffic Cellular Automata"). Ook kunnen *lookup tables* (LUTs) gebruikt worden bij het toepassen van de regels (al lijkt me dit niet zoveel winst te geven voor stochastische eendimensionale CA). Een andere handige techniek is om speciale grensgevallen (i.e., randcellen) apart te behandelen, in plaats van deze in de generische code onder te brengen.

Donderdag 17/04/2003 :

- ik heb alle in mijn bezit zijnde documenten met betrekking tot de nieuwe Mastersopleiding *Verkeerskunde* bestudeerd.

20.4 Vrijdag 11/04 tot donderdag 18/04

20.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 18/04/2003 :

- in de namiddag was er een vergadering op het Departement Burgerlijke Bouwkunde waar we met 14 personen overlegden over de structuur en de inhoud van een Mastersopleiding *Verkeerskunde*.

Maandag 21/04/2003 :

- collectief verlof K.U.Leuven wegens Paasmaandag.

Dinsdag 22/04/2003 :

- in de voormiddag was er een vergadering voor het SBO voorstel. De rest van de dag ging naar het herwerken van het werkpakket voor verkeer.

Woensdag 23/04/2003 :

- in de voormiddag was er een vergadering voor het SBO voorstel. De rest van de dag ging naar het schrijven van de deliverables van het werkpakket voor verkeer en de de expertises van het Verkeerscentrum te Wilrijk en van T.M. Leuven.

Donderdag 24/04/2003 :

- op de middag was er een vergadering voor het SBO voorstel, waarna de zo goed als laatste veranderingen aan het document werden aangebracht.
- In de namiddag was het de achtste les van het vak "*Time Series Analysis*" (GM11). Eén van de grote problemen waarmee men te kampen heeft is het bepalen van een *unbiased* (!) inverse transformatie van een Box-Cox transformatie. Juist om deze reden neemt men dan meestal een eenvoudige logaritmische transformatie, aangezien dan bij de inverse transformatie enkel maar de variantie nog in rekening dient gebracht te worden op een eenvoudige manier.
- André Barbé heeft me een paper gegeven over een ergodische theorie voor verkeersmodellering, alsmede lof voor mijn gegeven seminarie.

Hoofdstuk 21

Mei 2003

21.1 Vrijdag 25/04 tot donderdag 01/05

21.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 25/04/2003 :

- ik heb de databank met de verkeerstellingen van Vlaanderen eens bestudeerd. Het zijn twee binaire bestanden, goed voor ruim 3 Gb (momenteel staan ze op Tom's PC, arran). Daarnaast heb ik ook de *MINDAT* software van het Verkeerscentrum te Wilrijk geïnstalleerd en software in Java geschreven om willekeurige gegevens uit de databank te lezen. Het blijkt dat het begeleidende document nogal wat fouten bevat. Ik denk daarenboven ook dat onze partners in het DWTC-project (die ook beschikking over deze databank hebben) er vooralsnog niet in geslaagd zijn om succesvol gegevens uit de databank te lezen.

Maandag 28/04/2003 :

- mijn zesde exemplaar van *Scientific Computing World* (zie [Wil03b]), alsmede mijn vakantiekaart voor 2003 zijn aangekomen.
- Ik heb bevestiging gekregen om deel te nemen aan de ITSS03 conferentie te Madrid, eind dit jaar. De deadline voor de technische paper ligt begin juli.

Dinsdag 29/04/2003 :

- ik heb mijn software om gegevens uit de databank met verkeerstellingen te lezen omgezet van Java naar MATLAB, wat een *gigantische* sprong in performantie teweeg bracht (vermits we nu zuiver binair met de bestanden werken).
- Op de middag kregen Kristiaan Pelckmans en ik nog twee thesisstudenten over de vloer die meer informatie wensten omtrent het onderwerp van de lengte-classificatie van de voertuigen aan de hand van camerabeelden. Het zou handig zijn moest dit onderwerp gekozen worden, daar het me de mogelijkheid geeft om gegevens van de Traficon videocamera's te krijgen nadat hun algoritmes deze verwerkt hebben; op deze manier kunnen we als *onafhankelijke* partij de *echte* performantie van hun systeem te weten komen (aangezien zij die informatie niet zelf vrijgeven als commerciële firma). Uiteraard zal ik deze resultaten, moesten die er komen, nooit publiek kunnen maken wegens het bedrijfsgeheim . . .

Woensdag 30/04/2003 :

- ik heb een eerste kladversie geschreven van een artikel waarin gekeken wordt naar het percentage uitschieters (aan de hand van de Mahalanobis afstand) in de databank met verkeerstellingen, telkens voor een weekdag in het jaar. Het valt me op dat de beschikbare data (i.e., het jaar 2001) slechts voor de helft in orde is voor de camera's CLOx langs de E17 richting Antwerpen.

Donderdag 01/05/2003 :

- collectief verlof K.U.Leuven wegens het Feest van de Arbeid.

21.2 Vrijdag 02/05 tot donderdag 08/05

21.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 02/05/2003 :

- persoonlijke verlofdag.

Maandag 05/05/2003 :

- in de namiddag waren er onder andere de SISTA-seminaries van Andy Devos en Bart De Neuter over "*Model selection for quantification of a multi-exponential MRS signal*" en "*A JAVA-based Graphical User Interface for the Displaying and Processing of MRSI Data of the Prostate*". Het eerste was wel in orde (er waren trouwens opmerkelijk veel vragen van het publiek), het tweede was sterk ondermaats aangezien de spreker zijn tijdsslot niet gevuld kreeg. Daarenboven denk ik dat niet alleen de sprekers zelf op hun seminarie dienen te letten, maar dat de rol van de chair nog meer uitgesproken dient te zijn (vooral indien deze laatste zijn/haar taak niet naar behoren vervult).

Dinsdag 06/05/2003 :

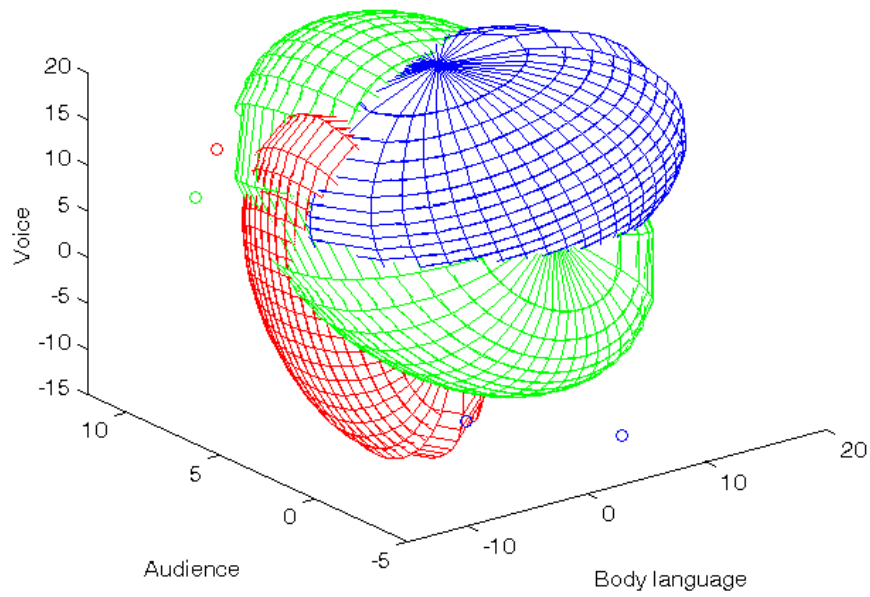
- ik heb alle clustering voor ons project van "*Academic English*" opnieuw gedaan nadat ik ook de evaluaties van de laatste seminars had ingegeven. Ook heb ik hieruit conclusies getrokken en beschrijvingen van de drie soorten clusters gegeven (uitgedrukt in de verschillende gedragscategorieën). Daar waar de literatuur ophoudt, gaat ons onderzoek verder aangezien wij *verbanden* tussen deze gedragscategorieën leggen, afgeleid uit de beschikbare gegevens.

Woensdag 07/05/2003 :

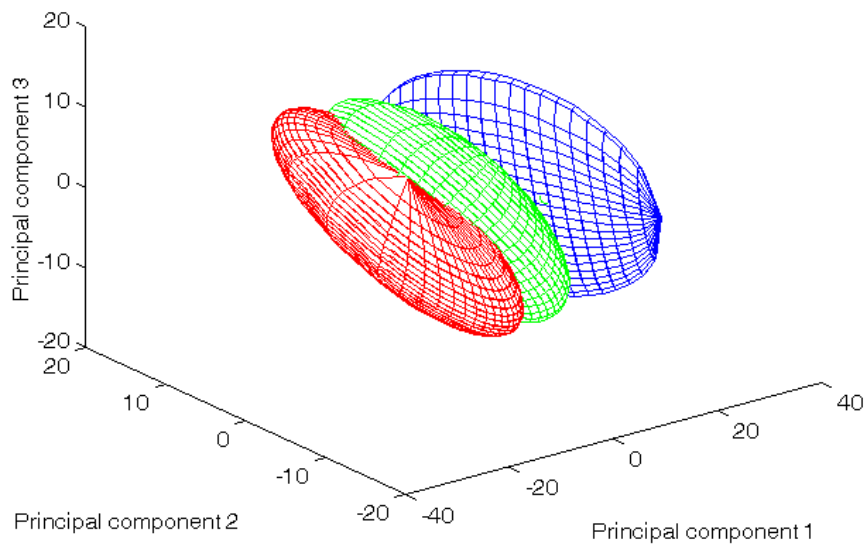
- ik heb met Celine Vens samengezeten om onze presentatie voor de conferentie van "*Academic English*" af te werken.

Donderdag 08/05/2003 :

- ik heb de visualisatie van de clusters voor ons project van "*Academic English*" verbeterd met drie-dimensionale ellipsoïdes van enerzijds de drie belangrijkste gedragscategorieën (zie figuur 21.1) en anderzijds de drie belangrijkste principaalcomponenten (zie figuur 21.2).
- In de namiddag was het de negende les van het vak "*Time Series Analysis*" (GM11). Het hoofdonderwerp was het bestuderen van een tijdsreeks in het frequentiedomein.
- Tot slot heb ik Hans Van Hoof telefonisch uit de nood geholpen : zijn promotor (Tom Van Woensel) achtte het interessant om de software van mijn licentiaatssthesi – *Mitrasim 2000* – te gebruiken bij een studie voor zijn thesis (hij is economie student aan het UFSIA).



Figuur 21.1: De drie clusters van de tijdens seminaries bestudeerde personen ten opzichte van de drie belangrijkste gedragscategorieën.



Figuur 21.2: De drie clusters van de tijdens seminaries bestudeerde personen ten opzichte van de drie belangrijkste principaalcomponenten.

21.3 Vrijdag 09/05 tot donderdag 15/05

21.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 09/05/2003 :

- ik heb met Celine Vens samengezeten om onze presentatie voor de conferentie van "*Academic English*" af te werken.

Maandag 12/05/2003 :

- ik heb de slides van onze presentatie voor de conferentie van "*Academic English*" omgezet naar JPG-afbeeldingen en deze op *FirstClass* gezet (alsmede alle daarbijhorende documenten). Ook heb ik de abstract aangepast en de bundel voor het publiek samengesteld. Tot slot heb ik alle notities, die bij de slides horen, uitgetypt.

Dinsdag 13/05/2003 :

- in de voormiddag heb ik met Caroline Greenman overlegd over onze presentatie voor de conferentie van "*Academic English*".
- In de namiddag ben ik even gaan kijken naar de posters op de "*Belgian Bioinformatics Conference 2003*".

Woensdag 14/05/2003 :

- ik heb kopies gemaakt van de handouts voor de conferentie van "*Academic English*".
- Ik heb mijn weekverslag aangevuld en de reisaanvraag voor morgen ingediend.

Donderdag 15/05/2003 :

- in de voormiddag ging de eerste dag van de "*Academic English Conference 2003*" door.
- In de namiddag ben ik naar de universiteit van Antwerpen geweest waar een eredoctoraat werd uitgereikt aan Donald E. Knuth.

21.4 Vrijdag 16/05 tot donderdag 22/05

21.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 16/05/2003 :

- heel de dag ging het tweede deel van de "*Academic English Conference 2003*" door. In de voormiddag presenteerden Celine en ik de resultaten van ons "*Oratory*" project : "*Academic Oratory Skills – Mastering original and persuasive speech*".

Maandag 19/05/2003 :

- vandaag was het de doctoraatsverdediging van Tom Bellemans.
- Ik heb van Odile Pignier de richtlijnen gekregen voor mijn artikel voor ITSS03 te Madrid in November. Spijtig genoeg wordt er, qua layout, nogal wat aan banden gelegd : alles in Microsoft Word en alle paragrafen dienen ongenummerd te zijn.

Dinsdag 20/05/2003 :

- ik heb de databank met verkeerstellingen verhuisd naar mijn eigen computer (zodiak) die Windows 2000 draait.

Woensdag 21/05/2003 :

- vandaag was het de doctoraatsverdediging van Simon Doclo.

Donderdag 22/05/2003 :

- ik heb eens gekeken naar welke mogelijkheden er zijn om *one-step ahead* voorspellingen te doen, op basis van tijdsreeksanalyse.
- In de namiddag was het de elfde en laatste les van het vak "*Time Series Analysis*" (GM11). Ik heb ook Bieke Moelans gezien en ze wist me te vertellen dat we zo goed als zeker geen verkeersgegevens van 2002 kunnen krijgen, aangezien in de tussentijd veel detectors – buiten hun weten – van naam zijn veranderd en de hele databank een soep geworden is. Ik heb voorgesteld dat er dan enkel gekeken wordt naar specifieke stukken (e.g., de E17) zodat we daar toch al een complete drie jaar aan gegevens over kunnen krijgen.

21.5 Vrijdag 23/05 tot donderdag 29/05

21.5.1 Small Time Scale Analysis of the Loop Data

Referentie : [Pet]

In dit korte artikel wordt gekeken naar de uitvoer die lusdetectoren opleveren indien ze gedurende heel kleine tijdsintervallen (van de orde 1 s) worden beschouwd. Typisch optredende fouten zijn bijvoorbeeld een positieve doorstromingsgraad maar een gerapporteerde gemiddelde snelheid van 0, of een positieve bezettingsgraad maar gerapporteerde doorstromingsgraad en gemiddelde snelheid van beide 0. In het artikel worden deze problemen bestudeerd door te kijken naar hun oorzaak; hoe ze, als logisch gevolg, door de detectors worden gemeten. Er wordt ook algemeen beschreven hoe de voertuigtellingen juist plaatsvinden, vanuit het standpunt van de detector.

21.5.2 Weekoverzicht

Vrijdag 23/05/2003 :

- ik heb het artikel "*Small Time Scale Analysis of the Loop Data*" (zie paragraaf 21.5.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Daarna begon het SCD-weekend.

Maandag 26/05/2003 :

- ik heb het boek "*Robust Regression and Outlier Detection*" [RL87] bestudeerd : hierin staat uitgelegd hoe robuuste schatters kunnen gebruikt worden en hoe statistische uitschieters in een dataset kunnen gedetecteerd worden.

Dinsdag 27/05/2003 :

- ik heb voor mijn artikel de verschillende gemeten macroscopische variabelen besproken : doorstromingsgraad, bezettingsgraad, gemiddelde snelheid en dichtheid.

Woensdag 28/05/2003 :

- ik heb voor mijn artikel beschreven hoe de datacollectie door de telcomputers in Vlaanderen gebeurt.

Donderdag 29/05/2003 :

- collectief verlof personeel K.U.Leuven wegens Hemelvaartsdag.

Hoofdstuk 22

Juni 2003

22.1 Vrijdag 30/05 tot donderdag 05/06

22.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 30/05/2003 :

- ik heb het studiegebied afgebakend dat ik wens te gebruiken voor het artikel over de analyse van de verkeersgegevens. Het betreft hier 4 detectorposten langs de E19, nabij Diegem en Zaventem.

Maandag 02/06/2003 :

- vandaag was het de doctoraatsverdediging van Gert Thijs.

Dinsdag 03/06/2003 :

- zo goed als de hele dag ging naar het uitvissen van de werking van de lusdetectoren in het Belgische autosnelwegennetwerk (dit voor mijn artikel).

Woensdag 04/06/2003 :

- zo goed als de hele dag ging naar het uitvissen van de werking van de lusdetectoren in het Belgische autosnelwegennetwerk (dit voor mijn artikel) ... tweede poging.
- Daarnaast heb ik ook geprobeerd om oblique N-plots te construeren van data afkomstig van lusdetectoren, helaas met gematigd succes (het lukt me nog niet om de parallelle lijnen met absolute tellingen te tonen).

Donderdag 05/06/2003 :

- ik heb met Filip Vanhove overlegd over de werking van de lusdetectoren in het Belgische autosnelwegennetwerk (blijkbaar is er geen eensluidende versie). Ik tracht nu via documenten van Siemens de werking te achterhalen voor mijn artikel [Sie92].

22.2 Vrijdag 06/06 tot donderdag 12/06

22.2.1 Visualizing Loop Detector Data

Referentie : [ZR99]

Dit artikel is op dit moment een beetje verouderd aangezien Martin Treiber en Dirk Helbing recentelijk een nieuwe filter voorstelden [TH02] waarin de interpolatie van verkeersgegevens gebeurt aan de hand van de richting waarin de informatie stroomt (i.e., stroomafwaarts in vrijstromend en stroomopwaarts in opgestopt verkeer).

De oorspronkelijke data waarop het artikel gebaseerd is, betreft secondegegevens aangezien ze als eerste stap in hun methode een aggregatie op minuutniveau uitvoeren. Daarna worden de gegevens *smoothed* om tijdelijke variaties in de metingen uit te smeren. Er wordt daarenboven ook gesteld dat met interpolatie het probleem met de ontbrekende data gemakkelijk op te lossen is (of dit ook daadwerkelijk zo is, valt mijns inziens nog te bezien). De kleurcodering die wordt voorgesteld is een rood-oranje-groen kleurenmap; spijtig genoeg worden de meeste plots bij afdrucken niet naar unieke grijswaarden omgezet.

22.2.2 Weekoverzicht

Vrijdag 06/06/2003 :

- vandaag was het de doctoraatsverdediging van Steven Logghe.

Maandag 09/06/2003 :

- collectief verlof personeel K.U.Leuven wegens Pinksteren.

Dinsdag 10/06/2003 :

- ik heb een aantal bestaande presentaties samengevoegd en aangepast voor de SISTA brainstorm sessies, waarop ik volgende week maandag ons project CP/40 dien voor te stellen voor de onderzoeksgroep.

Woensdag 11/06/2003 :

- ik heb het artikel "*Visualizing Loop Detector Data*" (zie paragraaf 22.2.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Donderdag 12/06/2003 :

- heel de dag door waren er de SISTA brainstorm sessies voor de subgroep Systemen en Controle. Het viel me op dat onze onderzoeksgroep op dit gebied vrij groot is, met als gevolg dat er tijdens de discussies soms iets te veel naast elkaar werd gesproken.
- Ik heb contact gehad met de Provinciale Verkeerseenheid Oost-Vlaanderen¹, die de beslissingen tot blokrijden neemt. Via via kwam ik terecht bij hoofdcommissaris Johan Van Maele van de Wegpolitie Oost-Vlaanderen². Hij gaf me de data waarop er in 2001 effectief werd blok gereden op de E-40 (dit blokrijden wordt enkel uitgevoerd richting kust, Oostende), waarbij dit het intensiefst gebeurt tussen het complex

¹Tel.: 09/237.12.90

²E-mail: dac.pve.ovl@pandora.be

Wetteren en het complex Drongen. Volgens de aanvoer van het verkeer vanuit de richting Brussel start het blokrijden progressief dichterbij de grens met Brabant (soms reeds een zeldzame keer vanuit het complex Groot-Bijgaarden). Het verste dat men weet dat er wordt blokgereden, is tot het complex Nevele. Het systeem is zo dat er wordt opgereden door de motorrijder op het aanvangscomplex en meestal wordt afgereden één complex verder dan tot waar er werd blokgereden. Exacte start- en eindtijden van het blokrijden worden echter niet in een databank geregistreerd, wat het moeilijk maakt om deze terug te vinden in de databank met verkeerstellingen van het Vlaamse autosnelwegennet.

22.3 Vrijdag 13/06 tot donderdag 19/06

22.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 13/06/2003 :

- heel de dag ging naar het in elkaar steken van een presentatie voor de SISTA brainstorm sessie komende maandag. Veel energie kroop in het zoeken van geschikte data uit de databank met verkeerstellingen, om bepaalde punten duidelijk over te kunnen brengen. Ook de visualisatie in MATLAB van deze tellingen vergde een grote hoeveelheid tijd.

Maandag 16/06/2003 :

- heel de dag door waren er de SISTA brainstorm sessies voor de subgroep Systemen en Controle. Ik mocht de spits afbijten met een korte voorstelling over ons DWTC-project CP/40, gevolgd door een overzicht van hetgeen de databank met verkeerstellingen allemaal inhoudt. Gezien het feit dat ik hier nog maar pas mee begonnen ben, kon ik ook geen echte concrete zaken aanbrengen, wat maakt dat op dit vlak het effectieve nut van de brainstorm sessie voor mij onbestaande was (ik kon wel over modellering van verkeersstromen babbelen, maar de waarde die SISTA me hiervoor kan teruggeven is quasi nihil).

Dinsdag 17/06/2003 :

- ik heb de "*Publications*" en "*Interesting papers*" secties van mijn website bij elkaar gevoegd, zodat ze nu een meer coherent en overzichtelijker geheel vormen.

Woensdag 18/06/2003 :

- ik heb via de *FirstClass* software onze digitaal opgenomen presentatie van "*Academic English*" gecaptured en omgezet naar MP3.
- Daarnaast heb ik om een voorbeeldartikel gevraagd voor ITSS03 te Madrid.

Donderdag 19/06/2003 :

- ik heb een voorbeeldartikel voor ITSS03 te Madrid ontvangen.
- In de namiddag kwam Steven Logghe langs; we gaan samen iets indienen voor de workshop "*Traffic and Granular Flow 2003*" later dit jaar.

22.4 Vrijdag 20/06 tot donderdag 26/06

22.4.1 The Nuts and Bolts of Compiling and Running JavaSpaces Programs

Referentie : [Hup00]

In dit artikel wordt volledig ingegaan op de diverse aspecten die komen kijken bij het opzetten van een JavaSpace (wat intensief gebruikt wordt in "*JavaSpaces : Principles, Patterns and Practice*" [FHA99]). De verschillende services die nodig zijn, worden expliciet toegelicht: de *HTTP Server*, de *RMI Activation Daemon*, de *Lookup Service*, de *Transaction Manager* en afsluitend de *JavaSpaces Service*. Er wordt tot slot nog uit de doeken gedaan hoe programma's die van een JavaSpace gebruik willen maken dienen gecompileerd en uitgevoerd te worden.

22.4.2 A guide to starting a JavaSpace

Referentie : [Pri]

Dit artikel is een sterk verkorte versie van [Hup00]. De nadruk ligt op de enkele commando's die nodig zijn om een JavaSpace op te zetten (en dit dan toegespitst op het Solaris besturingssysteem).

22.4.3 Physical Modeling of Traffic with Stochastic Cellular Automata

Referentie : [SN95]

Dit artikel schetst heel mooi op bondige wijze de verschillende mogelijkheden om TCA's analytisch te beschrijven. In eerste instantie wordt de link met continuüm modellen besproken, waarbij de STCA beschouwd wordt als een *particle hopping model*. Als mogelijkheden hiervoor worden de ASEP en de CA-184 gegeven, waarbij voor de ASEP (met $v_{\max} = 1$) het LWR-model wordt bekomen. De CA-184 vertaalt zich ook naar het LWR-model, waarbij het verschil met de ASEP in de vorm van het fundamenteel diagram zit.

Exacte resultaten kunnen bekomen worden door een *mean-field* benadering te geven. In eerste instantie worden alle spatiale correlaties verwaarloosd, waaruit dan volgt dat de afstand tot het volgende voertuig en de snelheid van het huidige voertuig willekeurig gekozen worden overeenkomstig een gegeven kansverdeling (berekend uit de statistieken van de huidige tijdsstap).

Een volgende stap is het in rekening brengen van de spatiale correlaties, wat aanleiding geeft tot cluster-benaderingen (n-cluster methodes). Men kan nog verder gaan en de afstand tot het volgende voertuig expliciet als parameter in rekening brengen, hetgeen men dan de *car-oriented mean-field* theorie noemt.

22.4.4 Traffic flow models with 'slow-to-start' rules

Referentie : [SS99]

Uitgaande van de klassieke STCA worden twee varianten besproken : het BJH (Benjamin-Johnson-Hui) model en de T^2 (Takayasu-Takayasu) TCA. Er wordt verondersteld dat $v_{\max} = 1$, wat als gevolg heeft dat het fundamenteel diagram voor de STCA symmetrisch is rond $k = 0,5$ en *exact oplosbaar*, hetgeen voor grotere maximale snelheden niet meer het geval is.

De *car-oriented mean-field* theorie wordt gebruikt om beide modellen analytisch te bespreken. Het blijkt dat deze twee modellen al voor een maximale snelheid van 1 cel/tijdsstap de *particle-hole* symmetrie doorbreken. De BJH TCA heeft een *temporale slow-to-start* regel, in tegenstelling tot die van de T^2 TCA die *spatiaal* van aard is. Het bestaan van buigpunten in het fundamenteel diagram kan aan de hand van deze regels verklaard worden.

22.4.5 Static Assignment versus Dynamic Simulation

Referentie : [Fel98]

Dit algemeen artikel beschrijft hoe verkeersstromen gemodelleerd kunnen worden. Er wordt vertrokken vanuit een toedelingmodel waarbij nu link-kosten in rekening dienen gebracht te worden, en waarna Wardrop's eerste principe wordt toegepast. Vervolgens worden macroscopische modellen besproken, waarbij wordt opgemerkt dat naarmate de dichtheid toeneemt, de kansverdeling van de snelheid smaller wordt. Tot slot wordt ingegaan op microscopische modellen, waarbij vooral het psycho-fysieke model van Wiedemann wordt bestudeerd. Alle vorige modellen zitten geïntegreerd in het *Visum* simulatiepakket.

Er worden tevens voorbeelden van toepassingen van macroscopische en microscopische modellen gegeven. De eerste soort leent zich tot het bestuderen van de impact van regelstrategieën op de verkeersstroom; de tweede soort laat gedetailleerde infrastructuurstudies toe. Daarnaast wordt ook vermeld dat de cellulaire automaten ab initio niet geschikt waren om de stochastische effecten van individuele voertuigen te beschrijven, al is er vooruitgang geboekt door Krauß die willekeurige *acceleration-* en *deceleration capabilities* van voertuigen introduceerde.

22.4.6 Towards a benchmarking of microscopic traffic flow models

Referentie : [BKSW03]

Dit artikel is, bij mijn weten, het eerste kritische artikel dat volgende vraag adresseert : "*Er bestaan ongeveer honderd verschillende microscopische simulators, maar hoe goed zijn ze nu eigenlijk ?*". De beschikbare modellen worden in vier groepen geklasseerd : cellulaire automaten, gekoppelde roosters, gewone en partiële differentiaalvergelijkingen en tot slot varianten zoals wachtrijmodellen (waarvan beweerd wordt dat ze tot op heden de snelste zijn). Daarenboven wordt vermeld dat een classificatie volgens het macroscopische gedrag ook welkom is.

De resultaten van de testen (uitgevoerd op een dataset van Daganzo *et al*) geven aan dat de meeste modellen ongeveer identieke prestaties neerzetten, hetgeen een teken kan zijn dat de kwaliteit van de data zelf niet zo zuiver was.

De auteurs sluiten af met te stellen dat het gemakkelijk is om een nieuw model uit te vinden, maar dat het moeilijk is om te zien hoe goed dit model zich dan in vergelijking met de realiteit gedraagt.

22.4.7 Simulation of Traffic Dynamics

Referentie : [DRM02]

Dit artikel geeft een goed overzicht van de diverse modelleringsmogelijkheden voor verkeersstromen. Er wordt vertrokken vanuit de data-aggregatie, waarbij gesteld wordt dat een te kleine meetperiode tot te grote willekeurige fluctuaties leidt, en een te grote meetperiode de start-en-stop golven uitsmeert.

Een zeer interessante opmerking die gemaakt wordt, is dat bij het berekenen van de gemiddelde snelheid over alle vakken, deze gewogen dient berekend te worden waarbij de gewichten bestaan uit de fracties van de totale doorstromingsgraad gemeten tijdens het meetinterval.

Van de microscopische modellen wordt eerst en vooral de STCA besproken. Er wordt gesteld dat de scenario's met een gesloten ring vooral geschikt zijn voor theoretische studies, maar dat men praktisch gezien meestal overstapt op open systemen met geschikte randvoorwaarden. Ook wordt, als enigste artikel bij mijn weten, een voorbeeld gegeven van de afstand-snelheidsdiagrammen voor de CA-184 en de STCA. Tot slot wordt opgemerkt dat de kinematica door twee soorten modellen kan worden beschreven : enerzijds zijn er de *follow-the-leader* modellen waarbij elk voertuig een veilige afstand tot zijn voorligger probeert te bewaren. Anderzijds zijn er de modellen waarbij elk voertuig een gewenste snelheid heeft die gebaseerd is de afstand tot zijn voorligger.

Voor macroscopische modellen wordt gesteld dat zij altijd een behoudsvergelijking en een bewegingsvergelijking nodig hebben in hun beschrijving. Voor verkeer beschreven op een gesloten ring blijkt dat de resultaten sterk afhankelijk zijn van de gekozen initiële randvoorwaarden, terwijl deze voor open systemen de resultaten slechts voor een korte periode beïnvloeden (hetgeen dus omgekeerd is met de microscopische modellen). Tot slot wordt een uitgebreide bespreking gegeven van de numerieke simulatiemethodes om macroscopische modellen te bestuderen.

22.4.8 A Minplus Derivation of the Fundamental Car-Traffic Law

Referentie : [LMQ01]

In dit artikel worden deterministisch modellen en een stochastisch model gegeven van het verkeer op een gesloten ring. Het nieuwe is echter dat de volledige formulering gegeven wordt in de min-plus algebra waarbij de gemiddelde snelheid berekend kan worden uit de eigenwaarde van de systeemmatrix voor de eerste modellen, en anderzijds de Lyapunov exponent van een stochastische matrix voor het tweede model.

22.4.9 Traffic Modeling on High Performance Computing Systems

Referentie : [ST00]

In dit artikel worden de computationele aspecten van twee microscopische modellen (PARAMICS en TCA) besproken. De reden is dat beide modellen gemakkelijk paralleliseerbaar zijn.

Hiertoe bestaan er twee verschillende doelstellingen om na te leven : (1) minimaliseer de communicatie- en executietijden, of (2) maximaliseer het gebruik van de beschikbare *resources*.

Een eerste mogelijkheid om (1) te bereiken, is het statisch plannen (*static scheduling*), waarbij elke processor op voorhand een specifieke taak (i.e., proces) krijgt toegewezen. Een andere mogelijkheid is dynamisch plannen, waarbij de taken tijdens het lopen van het programma worden toegekend aan de verschillende processoren (wat aanleiding tot *load balancing* geeft). Bij dit laatste dient dan wel informatie over de belasting van elke processor beschikbaar te zijn.

Op de feitelijke implementatie van parallellisatie wordt spijtig genoeg niet ingegaan.

22.4.10 Dynamic load balancing of parallel cellular automata

Referentie : [MGH00]

In dit artikel wordt op heldere wijze uitgelegd hoe een CA implementatie van beeld-skeletisatie parallel kan geïmplementeerd worden. Een eerste stap is het asynchroon houden van de communicatie : *terwijl* het programma rekent kan de communicatie geschieden. Er wordt gebruik gemaakt van de *Computer-Aided Parallellization* (CAP) toolkit die een hoog-niveau specificatie omzet in een C++ programma dat enerzijds multithreaded en anderzijds parallel werkt. De sleutel tot verhoogde performantie ligt in dit artikel bij het gebruik van *dynamic load balancing* waarbij blokken van cellen gemigreerd worden van de ene naar de andere processor. Een vitaal aspect aan de implementatie is dat elk blok van cellen informatie dient uit te wisselen met zijn burens.

22.4.11 Parallel Simulation of Traffic in Geneva Using Cellular Automata

Referentie : [DC98]

Dit artikel bespreekt de parallele TCA simulator van de Universiteit van Genève, waar ze een netwerkbeschrijving en OD-matrices van Genève zelf beschikbaar hebben. Het onderliggende model is een variant van de klassieke *multi-lane* STCA : voertuigen in stadsverkeer rijden trager dan 50 km/u, voertuigen daarbuiten mogen sneller rijden.

Een belangrijke aanname die gemaakt wordt, is dat kruispunten vereenvoudigd worden tot rotondes (waarop de voertuigen voorrang hebben). Dit heeft als gevolg dat niet het exacte gedrag van kruispunten wordt gemodelleerd, maar eerder dat opstoppingen *tussen stadspunten* kunnen gemodelleerd en onderzocht worden. Daarnaast is er een bijkomend voordeel dat er voor de synchrone stappen in de cellulaire automaat geen speciale vereisten nodig zijn.

Op het niveau van de implementatie, valt trouwens op te merken dat er voor elke cel wordt bijgehouden welke de naburige cellen zijn (dus ook meerdere cellen voor *multi-lane* rijbanen). Sommige cellen (die aankoppelen op rotondes) zijn speciale cellen die verkeerslichten en dergelijke kunnen bevatten. Daarenboven worden de cellen over de processoren verdeeld, hetgeen maakt dat sommige 'burens' van een cel op een andere processor kunnen zitten. Cellen worden gegroepeerd in blokken, en intercommunicatie tussen de processoren is dan enkel nodig indien een voertuig van de ene processor naar de andere gaat. Deze beweging is dezelfde als voor gewone cellen, met die uitzondering dat er extra communicatie tussen de processoren nodig is. Merk op dat er hier wordt gewerkt met een *shared memory* systeem van gedistribueerde processoren.

Het volledige gemodelleerde wegennetwerk van Genève bestaat uit 3145 segmenten (en 1066 knooppunten), met een totale lengte van 4000 km, wat aanleiding geeft tot 564569 cellen. De OD-matrix bevat 49423 ingangen en 85055 voertuigen (de routes worden gevonden door statische routing). De routes die de voertuigen volgen, liggen dan vast (er wordt dus niet op basis van *turning fractions* gewerkt).

Vermits er voor het testnetwerk geen data beschikbaar was die de evolutie in de tijd beschrijft, heeft men *probe* voertuigen gebruikt in het model om de reistijd tussen twee punten te meten. Tot slot wordt de parallelle performantie besproken aan de hand van een theoretisch model. *Er wordt daarenboven ook opgemerkt dat men altijd dient te vermijden dat alle cellen systematisch door de simulator bezocht worden (en men dus beter met lokatiebuffers kan werken aangezien het effectieve aantal voertuigen in de simulator kleiner is dan het totale aantal cellen).*

22.4.12 Information content in the Nagel-Schreckenberg cellular automata traffic model

Referentie : [BB03]

Het idee achter dit artikel is het feit dat het simulatiepakket TRANSIMS (dat een variant van de STCA implementeert) een grote hoeveelheid data gebruikt. Inzicht in de toegestane toestanden van een CA kan tot efficiënte datacompressie leiden. Hiertoe worden twee maatstaven gebruikt :

set entropy : meet het aantal mogelijke toestanden dat voorkomt in een CA,

set dimension : de limiet van de *set entropy* voor een spatiale extent gaande naar oneindig.

Het artikel beperkt zich tot het geven van grenzen voor de *set entropy* en het schatten van de *set dimension* voor de klassieke STCA met slechts één vak. Vervolgens wordt ingegaan op het uitwerken van een gesloten vorm voor de *set entropy*; het blijkt vrij moeilijk te zijn om uit te vissen welke mogelijke toestanden toegelaten zijn (eerder werk hiernaar werd al verricht door het zoeken naar *Garden of Eden states*). De conclusie van het artikel is dat voor de beschouwde automaat er slechts ongeveer anderhalve bit per cel nodig is om de informatie-inhoud te coderen.

22.4.13 From Linda to JavaSpaces – A Review of the Tuple Space Paradigm

Referentie : [MR]

In dit artikel wordt vertrokken vanuit een overzicht van vier mogelijke categorieën van programmeer paradigma's voor gedistribueerde systemen. Deze classificatie is gebaseerd op het al dan niet gekoppeld zijn van de entiteiten in ruimte en/of tijd. Gedistribueerd gedeeld geheugen is een voorbeeld van een ongekoppelde implementatie in ruimte en tijd, *message passing* is daarentegen een voorbeeld van een gekoppelde implementatie in ruimte en tijd.

Als voordelen worden aangehaald dat de ongekoppelde systemen (e.g., tupel ruimten zoals JavaSpaces) op natuurlijke wijze aan *load balancing* doen en dat ze transparant schaalbaar zijn. Eén van de grootste nadelen is echter dat de meeste implementaties een *single-point of failure* hebben. Om hieraan tegemoet te komen wordt er onderzoek verricht naar het repliceren en partitioneren van gedistribueerde gedeelde geheugenruimten.

22.4.14 Parallel Traffic Microsimulation by Cellular Automata and Application for Large-scale Transportation Modeling

Referentie : [NBR96]

In dit artikel wordt gestart met het geven van redenen tot het bestaan van microscopische modellen : relaxatieproblemen (herplannen van routes door de bestuurders als gevolg van opstoppingen), real-time applicaties (extrapolatie van de verkeerstoestand voor dynamische vraagpatronen) en Monte Carlo analyses (meerdere iteraties over eenzelfde simulatie kunnen nodig zijn om relevante resultaten te berekenen uit de inherente ruis en stochasticiteit).

Een belangrijke opmerking met betrekking tot de parallellisatie is dat men ofwel *site-oriented* ofwel *vehicle-oriented* kan werken. Beide methodes hebben hun voor- en nadelen al naargelang de dichtheid van het segment waar ze op toegepast worden. Een derde manier is een hybride aanpak, waarbij er wel gewerkt wordt op het niveau van de cellen, maar dat dit enkel gedaan wordt voor cellen die voertuigen bevatten.

22.4.15 Parallel implementation of the TRANSIMS micro-simulation

Referentie : [NR01]

De parallellisatie van TRANSIMS is domein-gebaseerd, hetgeen betekent dat elke processor verantwoordelijk is voor een specifieke geografische regio. Het artikel zelf gaat voornamelijk over de uitwerking van een theoretisch model om de efficiëntie van een parallele implementatie te berekenen. Hierbij worden verschillende gevallenstudies beschouwd, waaronder een cluster van een twintigtal PC's verbonden via standaard LAN-technologie (i.e., een Beowulf-cluster). Er wordt opgemerkt dat de agent-gebaseerde trend van microsimulatie steeds minder en minder toepasbaar is op gevectoriseerde implementaties. Daarnaast is het ook zo dat het toevoegen van processors aan een gedeelde topologie (e.g., Ethernet) de simulatietijd kan doen toenemen, hetgeen de totale simulatie trager maakt.

22.4.16 Distributed intelligence in large scale traffic simulations on parallel computers

Referentie : [Nag02a]

Het eerste idee dat in dit artikel naar voren wordt geschoven is het feit dat transportsystemen meta-intelligentie vertonen, in die zin dat intelligente acteurs (i.e., de reizigers) 'samenzweren' om het systeem in zijn geheel werkbaar te maken. Dit systeem zelf heeft geen doelstellingen, uitgezonderd het 'functioneren'. *De basis is dus dat er geen centrale controle is.*

Er wordt geopperd dat in parallele implementaties de bestuurders meestal niet interageren op hoger niveau. Dit is echter in contrast met de realiteit, waardoor deze interactie wel in een microsimulatie dient opgenomen te worden. Hiertoe wordt het 'brein' van een reiziger in de simulatie onttrokken aan de microsimulatie.

Vertrekkende vanuit het klassieke vier-stapsproces en statische toedeling, wordt overgegaan op een bespreking van agent-gebaseerde simulatie. Er wordt gesteld dat routeplannen een *noodzaak* zijn voor microsimulatie en dus dat *turning fractions* niet genoeg informatie verschaffen : wat gebeurt er immers bij het openstellen van een nieuwe verbinding in het wegennetwerk ? Een subtiel andere vorm hiervan, is de latente vraag, waarbij sneller vervoer (of nieuwe infrastructuur) uiteindelijk meer verkeer met zich meebrengt. Dit leidt tot de aanname dat de agenten in de

simulatie niet zomaar door het systeem bewegen, maar dat ze tactische en strategische doelstellingen volgen. De bespreking wordt afgesloten met de vermelding dat het steeds maar slimmer maken van de agenten ertoe kan leiden dat de performantie van het totale systeem vermindert (de variabiliteit/onvoorspelbaarheid neemt toe).

Het laatste deel van het artikel gaat in op het gebruik van Beowulf-clusters voor de architectuur waarop parallelle implementaties kunnen draaien. Hierbij wordt weerom de *latency* van Ethernet aangehaald, die ervoor zorgt dat de snelheidswinst beperkt wordt tot ongeveer een factor 167. En daar waar tegenwoordig de hardware grotere bandbreedtes kan halen, geldt er geen verbetering voor de *latency* (tenzij men gespecialiseerde hardware zoals bijvoorbeeld Myrinet gaat gebruiken).

22.4.17 Microscopic Simulation of Urban Traffic based on Cellular Automata

Referentie : [ES97]

Dit artikel beschrijft in se een bouwdoos voor het maken van transportnetwerken die gebaseerd zijn op de klassieke STCA. De wegen worden voorgesteld als één- of meervaks rijbanen, met speciale aandacht voor *transfer links* waar voertuigen autosnelwegen oprijden (of kruispunten met een groot ruimtegebruik). De nadruk ligt vooral op modulariteit naar stadsverkeer toe, hetgeen met zich meebrengt dat er speciale voorzieningen zijn voor verkeerslichtenregeling, gesignaleerde intersecties, . . .

De routing van de voertuigen gebeurt op basis van individuele routes voor elk voertuig. De voertuigen zelf worden gekarakteriseerd door hun lengte, hun maximum snelheid en een kans om risicovolle vak-veranderingen uit te voeren. Opmerkelijk is dat de ruisterm in het STCA model hier per kruispunt wordt ingesteld, dit om een betere overeenkomst met de daar geldende capaciteit te verkrijgen. Ook openbaar vervoer en ongevallen/wegenwerken kunnen gemodelleerd worden met behulp van ‘speciale’ voertuigen.

Het injecteren van voertuigen in de simulatie gebeurt aan de randen, maar ook intern waar er checkpunten zijn om het lokale verkeerspatroon af te stellen op de data afkomstig van bijvoorbeeld de corresponderende lusedetectoren. Er kunnen ook meetpunten gedefinieerd worden, alsmede meetgebieden waar globale statistieken over wegen worden gecompileerd. Daarnaast worden ook de individuele reistijden van de voertuigen berekend en zijn *probe* voertuigen mogelijk.

22.4.18 Deriving Traffic State Information in Urban Road Networks based with Microscopic Simulations based on Local Measurements

Referentie : [ES]

Dit artikel adresseert de problematiek geassocieerd met het voorzien van een microscopische simulatie met real-time verkeersgegevens. Daarnaast wordt door de simulatie een mogelijkheid geboden om metingen te verrichten in gebieden waar geen detectors aanwezig zijn. Dit wordt in een gevalstudie toegepast op de stad Duisburg. In dit wegennetwerk zijn een vijftigtal checkpunten beschikbaar waar de lokale verkeersstromen in de simulatie (gebaseerd op de klassieke STCA) afgestemd kunnen worden op de werkelijke wereld. De voertuigen worden aan de randen van het wegennetwerk geïnjecteerd, dit aan een vast tempo.

Om de simulatie op de werkelijke wereld af te stemmen, worden voertuigen op de checkpunten ingevuld terwijl die voertuigen die aankwamen, worden verwijderd. Er wordt opgemerkt dat

men ook met het *verschil* in voertuigen kan werken; dit geeft geen significante verschillen met de andere techniek. Wel wordt gesteld dat in stadsverkeer deze technieken geen versturende effecten hebben aangezien de verkeerslichtenregeling dit al bewerkstelligt.

Tot slot wordt een manier besproken om deze afstemming te doen op basis van een vergelijking met de dichtheid en een vergelijking met de reistijden.

22.4.19 A Microscopic Simulator for Freeway Traffic

Referentie : [WCPS]

Het centrale concept achter de ontwikkeling van deze simulator is het gebruik van real-time meetgegevens afkomstig van detectoren in de werkelijke wereld. Als basismodel wordt de klassieke STCA gebruikt, waarbij wordt gesteld dat stadsverkeer hoofdzakelijk geregeld wordt door de verkeerslichten, terwijl dit niet meer het geval is voor verkeer op autosnelwegen.

Bij vak-veranderingen aan afritten wordt een ‘absorptiezone’ ingevoerd waar de voertuigen van link kunnen veranderen. De algemene opbouw lijkt sterk op die van TRANSIMS, met uitzondering van enkele aanpassingen (er bestaan ‘driehoekskruispunten’ waar twee autosnelwegen bij elkaar komen en één ervan stopt of begint). De routing van de voertuigen gebeurt met een strategische module die voor elk kruispunt de *turning fractions* berekent.

Op bepaalde checkpunten in het wegennetwerk worden de verkeersstromen aangepast; dit gebeurt *op basis van de gemiddelde tussenruimte*, wat de heersende dynamica ongestoord laat (dit in tegenstelling tot stadsverkeer). Belangrijk hierbij is dat voertuigen adiabatisch toegevoegd worden, zonder dat aankomende voertuigen dienen te remmen. Indien een voertuig niet kan toegevoegd worden, dan wordt dit genegeerd aangezien men oppert dat het belangrijk is om de heersende dynamica intact te houden.

22.4.20 Traffic simulation using cellular automata and continuous models

Referentie : [BC99]

Dit artikel beschrijft de opbouw van een microscopische simulator, gebaseerd op een gelaagd model (wegoperaties, verkeerslichten, routing, ...); deze verschillende lagen worden ondergebracht in simulatiemodules. In het artikel wordt vervolgens ingegaan op het vak-verander model en wordt er een kleine gevalstudie op basis van een rotonde uitgewerkt.

22.4.21 Cellular automata explorations on a Beowulf cluster computer

Referentie : [SY]

In dit artikel wordt besproken hoe diverse twee-dimensionale CA's kunnen draaien op een Beowulf cluster. Als communicatie software werd de MPI (*message passing interface*) bibliotheek gebruikt. De gevolgde methodologie bestaat uit het schrijven van een serieel algoritme, waarna dit geparalleliseerd wordt. De CA-matrix wordt in blokken opgedeeld die over de verschillende machines verspreid worden, waarna tijdens de uitvoer van het programma grensinformatie in de vorm van vectoren wordt uitgewisseld. Er worden spijtig genoeg geen computationele gegevens vermeld.

22.4.22 Grids and Grid technologies for wide-area distributed computing

Referentie : [BBL02]

De term "grid computing" is afkomstig van de elektriciteitswereld waar men elektriciteit kan afnemen, *onafhankelijk* van de bron. Dit maakt dat we op Internet-schaal computers hebben die in se deel uit maken van een gedistribueerd rekensysteem. Grid computing gaat nog iets verder doordat er nu ook andere bronnen (zoals bijvoorbeeld diskruimte, gespecialiseerde hardware, ...) deel uit maken van het rekennetwerk. Grids kunnen dus, vanuit het standpunt van de eindgebruiker, volgende diensten voorzien : computationele-, data-, applicatie-, informatie- en kennisdiensten.

In het artikel wordt verder gedetailleerd ingegaan op wat er allemaal bij de constructie van een *grid* komt kijken, waarna wordt afgesloten met een exhaustief overzicht van welke projecten er reeds lopen.

22.4.23 Coherent moving states in highway traffic

Referentie : [HH98]

In dit artikel wordt heterogeen snelwegverkeer besproken, waarbij opgemerkt wordt dat er vanaf een bepaalde dichtheid een overgang optreedt naar een coherente toestand waarin alle voertuigen met ongeveer dezelfde gemiddelde snelheid voortbewegen. Het onderliggende model is een soort CA met cellengtes van 2,5 m en tijdstappen van 1 s. Het verschil tussen personenwagens en vrachtwagens uit zich in verschillende optimale/gewenste snelheden in functie van een veilige tussenafstand (dus een tussenruimte-snelheidsdiagram). Er wordt gereden op een baan met twee vakken (zelfde rijrichting).

Een eerste regel die toegepast wordt, is de berekening van de *mogelijke* snelheid op beide vakken. Hierbij wordt de snelheid volgens het *follow-the-leader* model berekend, met inbegrip van een vertragingfactor die, rekening houdend met de inertie van het voertuig, de aanpassing van de snelheid modelleert.

Vervolgens wordt een vak-verandering uitgevoerd indien deze gewenst is ("*Kan er sneller gegaan worden in het andere vak ?*") en veilig kan gebeuren (Amerikaans systeem, i.e., *keep your lane*). Hierbij wordt een parameter gebruikt die weergeeft hoe aggressief bestuurders zijn bij het inhalen (wat kan leiden tot deceleraties).

Vervolgens wordt de nieuwe haalbare snelheid in het vak met een zekere kans met één vermindert (cfr. de *slowdown probability p* van de STCA). Tot slot wordt het voertuig in kwestie verplaatst.

Het blijkt dat naarmate de dichtheid toeneemt, de gemiddelde snelheid van de personenwagens drastisch zakt naar die van de vrachtwagens, waarbij deze laatste nog altijd redelijk dicht in de buurt van hun maximale snelheid reden. Als gevolg hiervan, wordt de autosnelweg zeer efficiënt gebruikt (in termen van veilige tussenafstanden), waardoor inhalen vrij moeilijk wordt en het verkeer zich als een vast blok over de autosnelweg propageert.

Er wordt tenslotte opgemerkt dat de coherente toestand van bewegende voertuigen een belangrijke reductie van de mogelijke oorzaken tot ongevallen met zich meebrengt (zijnde de verschillen in snelheid en de vak-veranderingen). Ook wordt melding gemaakt van capaciteitsverkeer, alhoewel ik hier skeptisch naar kijk vermits dit een rechtstreekse impact heeft op de gevolgen van blokrijden.

22.4.24 Weekoverzicht

Vrijdag 20/06/2003 :

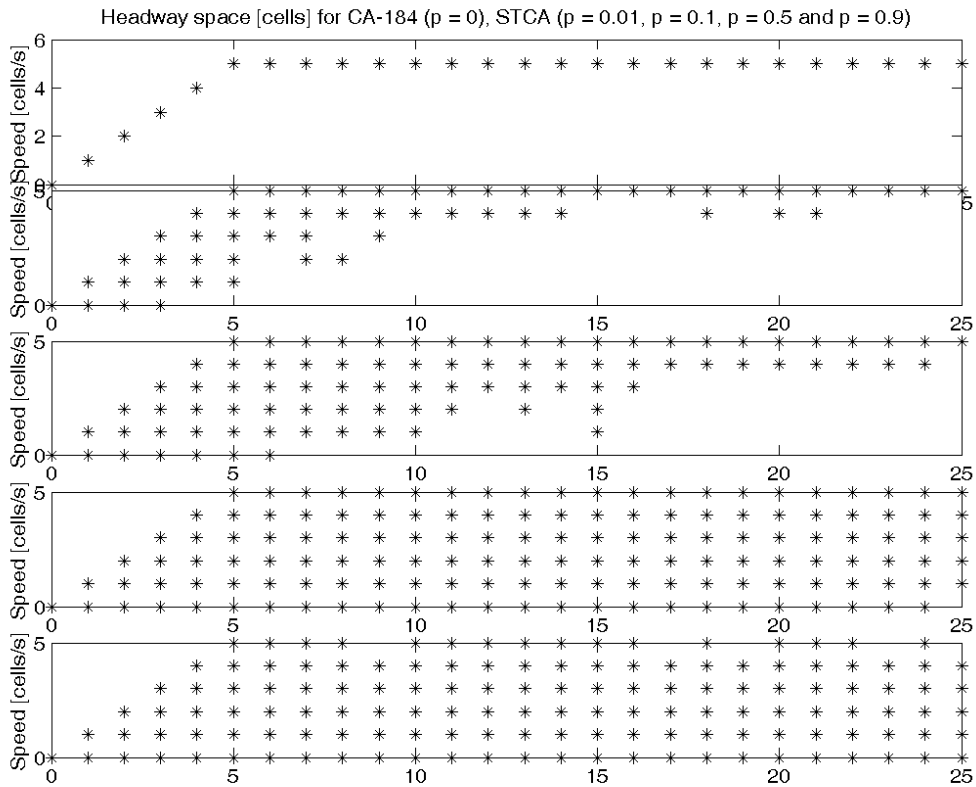
- Steven Logghe kwam langs; we gaan iets indienen voor de workshop "*Traffic and Granular Flow 2003*" later dit jaar. Het concrete onderwerp omvat het herdiscretiseren van tijd en ruimte bij een cellulaire automaat, waarbij een bepaald fundamenteel diagram *vooraf* opgegeven kan worden (meestal zit dit sterk ingebakken in de automaat zelf).

Maandag 23/06/2003 :

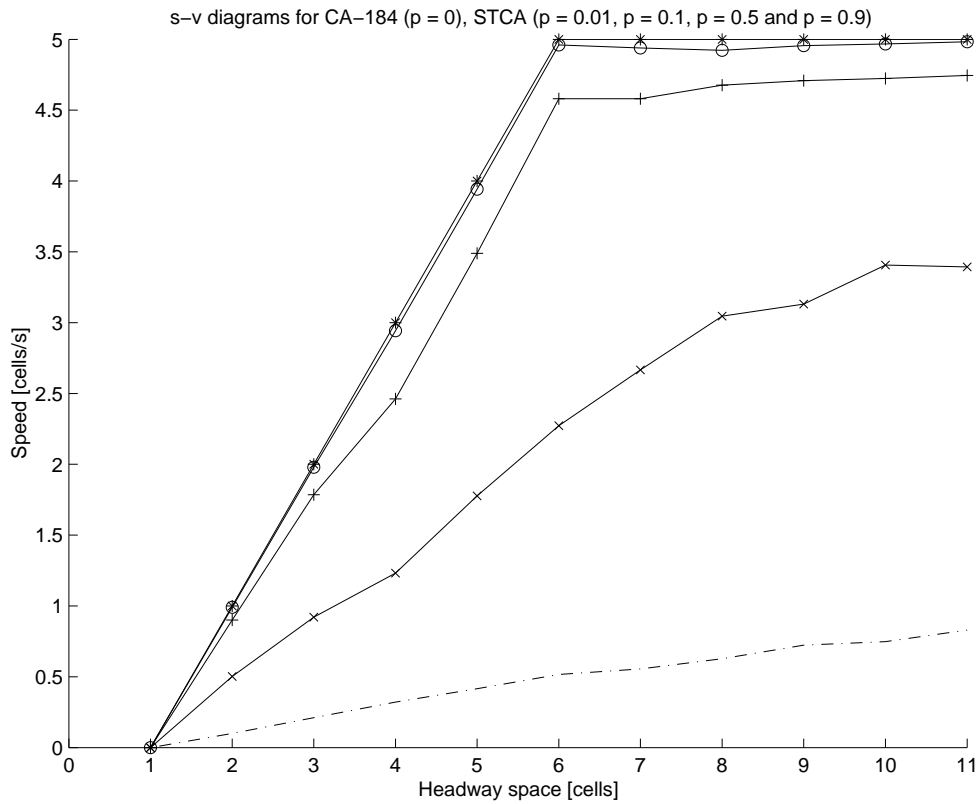
- ik heb de artikels "*The Nuts and Bolts of Compiling and Running JavaSpaces Programs*" (zie paragraaf 22.4.1 voor meer details hieromtrent) en "*A guide to starting a JavaSpace*" (zie paragraaf 22.4.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Het is me gelukt om een tijdelijke JavaSpace op `zodiak` op te zetten; het *HelloWorld* programma draait vlekkeloos.
- Mijn zevende exemplaar van *Scientific Computing World* (zie [Wil03c]) is aangekomen.

Dinsdag 24/06/2003 :

- ik heb de artikels "*Physical Modeling of Traffic with Stochastic Cellular Automata*" (zie paragraaf 22.4.3 voor meer details hieromtrent), "*Traffic flow models with 'slow-to-start' rules*" (zie paragraaf 22.4.4 voor meer details hieromtrent), "*Static Assignment versus Dynamic Simulation*" (zie paragraaf 22.4.5 voor meer details hieromtrent), "*Towards a benchmarking of microscopic traffic flow models*" (zie paragraaf 22.4.6 voor meer details hieromtrent), "*Simulation of Traffic Dynamics*" (zie paragraaf 22.4.7 voor meer details hieromtrent), "*A Minplus Derivation of the Fundamental Car-Traffic Law*" (zie paragraaf 22.4.8 voor meer details hieromtrent), "*Traffic Modeling on High Performance Computing Systems*" (zie paragraaf 22.4.9 voor meer details hieromtrent), "*Dynamic load balancing of parallel cellular automata*" (zie paragraaf 22.4.10 voor meer details hieromtrent) en "*Parallel Simulation of Traffic in Geneva Using Cellular Automata*" (zie paragraaf 22.4.11 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Daarnaast heb ik de grafieken herberekend die de tussenruimte tegenover de snelheid uitzetten voor de CA-184 en de STCA ($p = 0.01$, $p = 0.1$, $p = 0.5$ en $p = 0.9$). Het resultaat is te zien in figuur 22.2 (de oude grafieken zijn te zien in figuur 22.1).
- André Nysten van het Verkeerscentrum te Wilrijk heeft me terug gemailed met antwoorden op mijn eerder gestelde vragen :
 - Voor de overschakeling van zomer/winteruur : de basisbestanden waarmee de data wordt gecapteerd hebben geen onderscheid in zomer/wintertijd. Het programma *MINDAT* om de data in te lezen had in 2001 ook geen automatische aanpassing. Bij het inlezen van de bestanden moest dus manueel de tijdsoffset worden ingegeven. Wat de data betreft bij het terugzetten van de klok wordt de data van het voorgaande uur overschreven en bij het vooruitzetten zou er een blanco uur moeten zijn.



Figuur 22.1: De ruwe tussenruimte-snelheidsdiagrammen voor de CA-184 en de STCA ($p = 0.01, p = 0.1, p = 0.5$ en $p = 0.9,$).



Figuur 22.2: De tussenruimte-snelheidsdiagrammen voor de CA-184 en de STCA ($p = 0.01, p = 0.1, p = 0.5$ en $p = 0.9,$) met nu de snelheid telkens uitgemiddeld.

- De werking van het datatransport in het huidige meetsysteem : de telposten op het terrein worden ondervraagd door frontend-computers die dan hun meetwaarden doorgeven naar een centrale computer in het Verkeerscentrum. Deze computer maakt de uitwisselingsbestanden (vtvl-bestanden) die intern en naar de gewesten worden verdeeld. Door de interne systemen worden ze gebruikt voor de visualisatie, het opmaken van de verkeersstatistieken et cetera. Deze bestanden hebben een levensduur van één uur want dan worden ze overschreven. Het zijn deze bestanden die ook het Verkeerscentrum gebruikt voor het aftappen van de informatie.
- De testsite (i.e., dubbele lusdetector) aan de Kennedytunnel is nog in opbouw. Er zouden nog wel een paar bijkomende meetsystemen kunnen bijkomen (snelheidsmetingen met systemen zoals de roodlichtcamera's, lasersysteem). De testen zullen de eerst komende maanden van start gaan.

Woensdag 25/06/2003 :

- ik heb de artikels "*Information content in the Nagel-Schreckenberg cellular automata traffic model*" (zie paragraaf 22.4.12 voor meer details hieromtrent), "*From Linda to JavaSpaces – A Review of the Tuple Space Paradigm*" (zie paragraaf 22.4.13 voor meer details hieromtrent), "*Parallel Traffic Microsimulation by Cellular Automata and Application for Large-scale Transportation Modeling*" (zie paragraaf 22.4.14 voor meer details hieromtrent), "*Parallel implementation of the TRANSIMS microsimulation*" (zie paragraaf 22.4.15 voor meer details hieromtrent), "*Distributed intelligence in large scale traffic simulations on parallel computers*" (zie paragraaf 22.4.16 voor meer details hieromtrent), "*Microscopic Simulation of Urban Traffic based on Cellular Automata*" (zie paragraaf 22.4.17 voor meer details hieromtrent), "*Deriving Traffic State Information in Urban Road Networks based with Microscopic Simulations based on Local Measurements*" (zie paragraaf 22.4.18 voor meer details hieromtrent), "*A Microscopic Simulator for Freeway Traffic*" (zie paragraaf 22.4.19 voor meer details hieromtrent) en "*Traffic simulation using cellular automata and continuous models*" (zie paragraaf 22.4.20 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Voor het artikel dat ik samen met Steven Logghe schrijf, had ik graag volgende referentie in mijn bezit gehad : "*Issues in the Representation of Traffic Using Multi-Resolution Cellular Automata*", Los Alamos National Laboratory, Technical Report LA/UR 95-2658, geschreven door Ch. L. Barrett, S. Eubank, K. Nagel, S. Rasmussen, J. Riordan en M. Wolinsky.

Donderdag 26/06/2003 :

- ik heb de artikels "*Cellular automata explorations on a Beowulf cluster computer*" (zie paragraaf 22.4.21 voor meer details hieromtrent), "*Grids and Grid technologies for wide-area distributed computing*" (zie paragraaf 22.4.22 voor meer details hieromtrent) en "*Coherent moving states in highway traffic*" (zie paragraaf 22.4.23 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- De beoordelingen van het panel van experts voor ons DWTC-project CP/40 zijn beschikbaar. Aan de commentaren te zien, dunkt me dat er verdeeldheid heerst onder experts (al geven ze in hun finale conclusie eensluidende opmerkingen). Het valt op dat enkele kritische zaken niet zijn doorgedrongen bij iedereen, wat maakt dat dezelfde vragen soms terugkomen, zelfs na de evaluatie.

- Ik heb voor mijn artikel voor ITSS03 te Madrid alle informatie bijeengezocht voor wat betreft de parallele implementatie van TRANSIMS, PARAMICS, AIMSUN2, het model van Wahle (zie paragraaf 22.4.19), Cetin's wachtrijmodel, en Dupuis' model van Genève (zie paragraaf 22.4.11).

Hoofdstuk 23

Juli 2003

23.1 Vrijdag 27/06 tot donderdag 03/07

23.1.1 Traffic Simulation Based on the High Level Architecture

Referentie : [KSSM]

Dit artikel gaat dieper in de op overgang van monolitische naar gedistribueerde software, met speciale aandacht voor de dynamische aspecten. Als voorbeeld wordt met een microscopische verkeerssimulator gewerkt, die dynamisch geschreven wordt (in die zin dat de entiteiten in de wereld zelf kunnen veranderen, verschijnen of verdwijnen). Het bindmiddel hierbij is de *High Level Architecture* (HLA), die een specificatie is van de IEEE en het US Department of Defense. In het artikel wordt dan verder uitgewerkt hoe een monolithisch simulatiemodel met statische invoerparameters en voorgedefinieerde secundaire data (wegen, ...) aan de hand van HLA kan omgezet worden.

23.1.2 Weekoverzicht

Vrijdag 27/06/2003 :

- Steven Logghe kwam langs voor de verdere bespreking van ons artikel voor "*Traffic and Granular Flow '03*". We hebben het onderwerp lichtjes gewijzigd en gaan nu schrijven over het overbrengen van kwalitatief gedrag van een TCA naar een LWR-model. Hiertoe wordt uit de regels van de STCA, een *stationair* (!) fundamenteel diagram opgesteld, dat als parameter wordt gebruikt bij het toepassen van het LWR-model. We passen dit toe op een kleine gevalstudie (helling, tunnel, ...) en vergelijken beide modellen.

Maandag 30/06/2003 :

- ik heb het artikel "*Traffic Simulation Based on the High Level Architecture*" (zie paragraaf 23.1.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Daarnaast heb ik ook de abstract voor het artikel voor TGF03 uitgeschreven.
- Een zekere Bill Roberts heeft me per e-mail gecontacteerd. Hij werkt in de stad Ontario (Zuid Californië) waar hij de verkeerslichten regelt. Blijkbaar was hij op zoek naar simulatiemodellen om mee te spelen, en zo is hij bij mij uitgekomen.

Dinsdag 01/07/2003 :

- ik ben een badgehouder voor mijn personeelskaart gaan halen, waarna ik prompt de melding kreeg dat mijn kaart defect zou zijn, al werkt ze volgens mij toch wel. . .
- Los Alamos National Laboratory heeft mij per post in een week tijd het artikel "*Issues in the Representation of Traffic using Multi-Resolution Cellular Automata*" [BEN⁺95] opgestuurd.
- Ook heb ik officiële voorbladen afgedrukt voor mijn artikels die in *SISTA's publication engine* dienen geplaatst te worden.
- Ik heb het "*Motivation*" gedeelte van mijn artikel voor ITSS03 geschreven.

Woensdag 02/07/2003 :

- men heeft mijn personeelskaart hersteld.
- Ik heb de "*Traffic Flow Models*" en "*Traffic Cellular Automata Models*" gedeeltes van mijn artikel voor ITSS03 geschreven.

Donderdag 03/07/2003 :

- ik heb met Omnia¹ gebeld voor prijsinformatie over de vlucht heen en terug voor ITSS03. Dit werd vervolgens samen met een reisaanvraag ingediend tot goedkeuring van Bart De Moor.
- Ik heb de "*Qualitative Behavior of TCA Models*", "*Distributed Simulation Models*" en "*Functional Description of the Network Simulator*" gedeeltes van mijn artikel voor ITSS03 geschreven. Het valt op te merken dat figuren vlotjes positioneren in Microsoft Word een regelrechte paradox oplevert, wat me sterk doet twifelen aan de wetenschappelijkheid van bepaalde conferenties die Word als verplichte richtlijn uitvaardigen . . .

¹Tel.: 016/24.38.10 of direct 016/24.38.27 bij Tom voor het regelen van zakenreizen.

23.2 Vrijdag 04/07 tot donderdag 10/07

23.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 04/07/2003 :

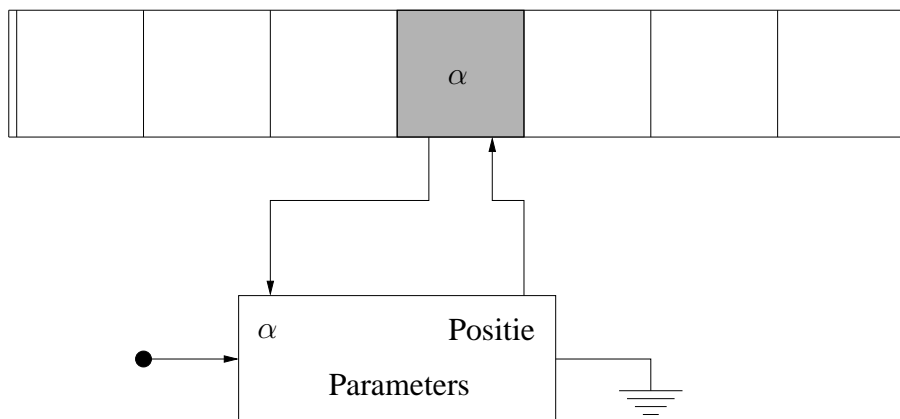
- ik heb de "A Possible Parallel Implementation", "Conclusions" en "Summary" gedeeltes van mijn artikel voor ITSS03 geschreven, waarna ik het ter inzage aan Bart De Moor heb voorgelegd.

Maandag 07/07/2003 :

- ik heb de opmerkingen van Bart De Moor over ons artikel voor "Traffic and Granular Flow 2003" terug gekregen. Blijkbaar is er enige verwarring ontstaan, daar het slechts een extended abstract en geen volledig artikel betreft. Het is trouwens zoeken naar een meer geschikte titel, wat in dit geval geen sinecure is. . .

Dinsdag 08/07/2003 :

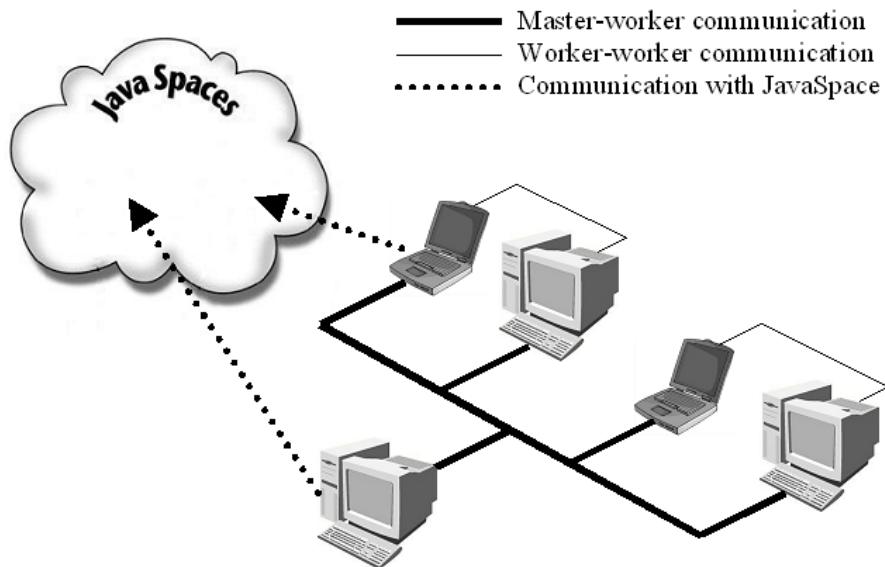
- om efficiënte simulaties te kunnen uitvoeren met cellulaire automaten, dienen enkele optimalisatiecriteria in het oog gehouden te worden (deze zijn reeds deels vermeld in mijn artikel voor ITSS03). We houden twee lijsten bij : enerzijds is er het rooster van cellen, anderzijds is er de lijst met voertuigen (beiden zijn te zien in figuur 23.1). De cellen zelf kunnen enkel pointers naar voertuigen bevatten (lusdetectoren en dergelijke worden dus op een ander niveau bijgehouden). Elk voertuig bevat alle benodigde informatie, alsmede eventueel een pointer naar de huidige plek in het rooster van cellen.



Figuur 23.1: Om cellulaire automaten efficiënt te simuleren, worden twee lijsten bijgehouden : enerzijds het rooster van cellen (bovenaan) en anderzijds de lijst met voertuigen (onderaan).

Merk op dat we *geen* lijst met actieve cellen hebben, maar dat we dat deel dus voertuig gebaseerd (*vehicle oriented*) houden. Lege cellen mogen niet zomaar null zijn, maar bevatten een speciaal NoVehicle object ! Er valt op te merken dat een gedistribueerde opzet ons in staat stelt om zonder probleem arbitrair veel informatie in de voertuigen bij te houden, aangezien het geheugengebruik voor het ganze wegennetwerk nu verdeeld is over de verschillende nodes in het computernetwerk.

- Ik heb nog een illustratie toegevoegd aan mijn artikel voor ITSS03. Het betreft een verduidelijking van de verschillende communicatiekanalen in een heterogene rekenruimte (zie figuur 23.2).



Figuur 23.2: De drie verschillende communicatiekanalen tussen de *master*, de *workers* en de *JavaSpace*.

- Tot slot heb ik enkele actiepunten naar aanleiding van de beoordelingen van het panel van experts voor ons DWTC-project CP/40 op papier gezet, alsmede een complete bundel met alle relevante informatie samengesteld.

Woensdag 09/07/2003 :

- ik heb eens gekeken naar de nieuwe manier van genereren van documentatie met behulp van JavaDoc, waarna dit in eerste instantie zal toegepast worden op mijn *SM-Tools* Java software bibliotheek.

Donderdag 10/07/2003 :

- ik heb samen met Steven Logghe een nieuwe titel voor ons artikel voor "*Traffic and Granular Flow 2003*" gevonden : "*A Comparison of a CA and a Macroscopic Mode*".
- Verder heb ik een vlucht naar Madrid (heen en terug) bij Omnia geboekt (aan een veel goedkoper tarief dan voorheen, en heb ik me ook als student geregistreerd voor ITSS03, waarna ik tot *speaker* werd gepromoveerd, hetgeen 700 euro in toegangsgeld scheelt ! Ook werd een aanvraag voor een hotel bij de organisatie van ITSS03 ingediend.

23.3 Vrijdag 11/07 tot donderdag 17/07

23.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 11/07/2003 :

- collectief verlof personeel K.U.Leuven.

Maandag 14/07/2003 :

- ik heb heel mijn artikel "*Development of an Improved Traffic Cellular Automaton Model for Traffic Flows on a Highway Road Network*" [MM03] voor ITSS03 nagelezen, en enkele zaken veranderd. Daarna heb ik het via de website van het congres beschikbaar gemaakt, alsmede op de publieke FTP server van ESAT. Spijtig genoeg heeft Bart De Moor nergens de tijd gevonden om mijn artikel te lezen . . .
- Ook heb ik de draft "*A Comparison of a CA and a Macroscopic Model*" ingediend voor de "*Workshop on Traffic and Granular Flow 2003*". Daarnaast heb ik Ida om nog een intern rapport nummer gevraagd (03-111).

Dinsdag 15/07/2003 :

- Bart De Moor heeft me positieve feedback gegeven op mijn discussie nota voor het DWTC-project CP/40. Ik heb alles gekopieerd, gebundeld en per post naar de diverse partners opgestuurd.
- Ik heb de verzekering voor mijn reis (ITSS03) in orde gebracht, alsmede de storting van het toegangsgeld.

Woensdag 16/07/2003 :

- heel de dag ging naar het herbestuderen en aanpassen van mijn *SMTools* Java software bibliotheek.

Donderdag 17/07/2003 :

- ik heb het artikel "*How to Write Doc Comments for the Javadoc Tool*" [Sun00] gelezen en dit al deels toegepast op mijn *SMTools* Java software bibliotheek.

23.4 Vrijdag 18/07 tot donderdag 24/07

23.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 18/07/2003 :

- ik heb verder gewerkt aan de documentatie van mijn *SMTools* Java software bibliotheek.

Maandag 21/07/2003 :

- collectief verlof personeel K.U.Leuven.

Dinsdag 22/07/2003 :

- start vakantieperiode.

23.5 Vrijdag 25/07 tot donderdag 31/07

23.5.1 Vakantieperiode

Hoofdstuk 24

Augustus 2003

24.1 Vrijdag 01/08 tot donderdag 07/08

24.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 01/08/2003 :

- einde vakantieperiode.

Maandag 04/08/2003 :

- heel de dag ging naar het verhuizen van de torenverdiepingen naar ons nieuw lokaal (02.22).
- Ik heb een bevestiging ontvangen van mijn hotelboeking voor ITSS03 te Madrid.
- Mijn Java boeken "*JavaSpaces in practice*" [BW03], "*Java RMI*" [Gro02] en "*Java Performance Tuning, Second Edition*" [Shi03] zijn aangekomen.

Dinsdag 05/08/2003 :

- de verhuis van de torenverdiepingen werd afgerond.
- Ik heb bericht gekregen van "*Traffic and Granular Flow 2003*"; men verwacht slechts een posterpresentatie naar aanleiding van onze extended abstract ("*A Comparison of a CA and a Macroscopic Model*").
- Bart De Schutter heeft me per post enkele CD-ROMs opgestuurd met artikels van het Transportation Research Board.
- Ik heb een handige URL gevonden waarop alle impactfactoren van de laatste jaren terug te vinden zijn:

<http://www.staff.uni-marburg.de/~woelfel/impact.html>

Woensdag 06/08/2003 :

- Kristiaan Pelckmans vroeg me naar data voor een thesis voor Master of Artificial Intelligence; ik heb hem data afkomstig van mijn *Traffic Cellular Automata* gegeven. De bedoeling is dat uitgaande van een spatio-temporeel diagram, hun algoritme in staat is om de oorspronkelijke regels te ontdekken.

Donderdag 07/08/2003 :

- ik heb mijn vakantiekaart voor 2003 ter goedkeuring naar de personeelsdienst gestuurd.
- Verder heb ik Kristiaan nog extra data gegeven afkomstig van een stuk van de E17, over een tijdsperiode van 5 wekdagen, met uitmiddeling over telkens 15 minuten.
- Tomasz Chodakowski en Dimantha De Silva hebben me via e-mail gecontacteerd om enkele artikels te krijgen; ik heb ze hen toegestuurd.
- Tot slot heb ik mijn databank met artikels aangevuld.

24.2 Vrijdag 08/08 tot donderdag 14/08

24.2.1 Gelijke behandeling voor verkeersstroommodellen

Referentie : [HSH⁺01]

In dit artikel wordt een bondig overzicht gegeven van de mogelijke classificatie van verkeersstroommodellen. Er wordt stilgestaan bij de behoudswet van het aantal voertuigen, het fundamenteel diagram, het macroscopische LWR-model en zijn varianten, de mesoscopische en de microscopische modellen (met aansluitend cellulaire automaten). Tot slot wordt ook een gevalstudie geïllustreerd : het gebruik van Paramics (microscopisch model) en Payne (macroscopisch model) voor het beschrijven van eenzelfde mini-netwerk.

24.2.2 The Nagel-Schreckenberg model revisited

Referentie : [Sch99]

In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de verschillende mogelijke analytische benaderingen van cellulaire automaten voor verkeersstromen. Een belangrijke opmerking behandelt *Garden of Eden* (GoE) toestanden. Een CA kan nooit naar deze toestanden terugkeren eens het deze verlaten heeft. Een voorbeeld hiervan is een hoge doorstromingsgraad (capaciteitsverkeer) waarbij de voertuigen zeer kort op elkaar rijden. Dit wordt normaal expliciet verboden doordat in de regels er rekening wordt gehouden met een veilige volgafstand. Indien men een parallelle update van alle cellen implementeert, dan kan deze toestand *nooit* voorkomen. Om dit op te lossen dient men een sequentiële update uit te voeren, hetgeen betekent dat een wegennetwerk topologisch gesorteerd dient te worden (zoals in *Mitrasim 2000*); cyclen in het netwerk dienen dan ergens geknipt te worden.

24.2.3 A Cellular Automata Model for Use with Real Freeway Data

Referentie : [DT02]

Dit technisch verslag geeft weer hoe een CA model opgesteld wordt dat om kan gaan met real-time verkeersgegevens. Eerst worden diverse andere modellen besproken (voornamelijk microscopische), waarna wordt ingegaan op de CA aanpak. Bij dit laatste wordt opgemerkt dat het testen van een simulatiemodel op twee manieren kan gebeuren : naast het kwantitatief vergelijken met empirische gegevens, kan ook worden gekeken naar het kwalitatieve gedrag en de overeenstemming ervan met welgekende geobserveerde fenomenen.

Het model zelf is geschreven in C, en simuleert een stuk autosnelweg met meerdere rijvakken. De voertuigen kunnen van verschillende klassen komen, waarbij een vlootmix gekend dient te zijn. LUSDetectoren voorzien de simulatie van het gepaste aantal voertuigen, gechecked aan open afritten en speciale checkpunten. Indien een voertuig voorzien wordt om het netwerk te betreden, maar dit niet kan, dan wordt het in een wachtrij geplaatst. Een analoge werking wordt beoogd voor voertuigen die het netwerk willen verlaten. Deze manier van werken lijkt een noodzaak, aangezien het vraagpatroon in de tijd wel dynamisch kan veranderen; maar dat dit zo goed mogelijk gerespecteerd dient te worden, hetgeen de introductie van de wachtrijen verklaart.

Een simulatiestap bestaat uit het evalueren van bepaalde condities en het toepassen van diverse submodellen (optimale tussenruimte, te snel rijden, remmen, vak veranderingen en effecten stroomopwaarts van op- en afritten). De optimale tussenruimte is een stuksgewijs lineaire functie, waarbij er een verschil in toename is naarmate de tussenafstand groter wordt. De regels voor vak veranderingen lijken symmetrisch, hetgeen hun bruikbaar nut vermindert. Er wordt wel rekening gehouden met voertuigen die de snelweg willen verlaten en reeds op de aanloop naar de afrit rijden (ze veranderen niet nog eens van vak). Merk op dat er geen parallelle maar een sequentiële update van de cellen wordt gedaan.

Dit alles wordt toegepast op een gevalstudie van de I-5 snelweg in Seattle (Washington). Hierbij worden verkeersgegevens, afkomstig van lsdetectoren, gebruikt als checkpunten in de simulatie. Deze werkelijke verkeersgegevens werden eerst nagekeken op hun bruikbaarheid, rekening houdend met de compleetheid van de dataset en haar rijkdom aan verschillende verkeerstoestanden (LOS). Numerieke validatie werd bestudeerd aan de hand van de procentuele afwijking in het gemeten en gesimuleerde aantal voertuigen aan de checkpunten, alsmede de vorm van het fundamenteel diagram. Hiertoe wordt er eerst een systeem model opgesteld van de simulatie, waarna de calibratie van de optimale tussenruimte besproken wordt.

24.2.4 Weekoverzicht

Vrijdag 08/08/2003 :

- ik heb de artikels "*Gelijke behandeling voor verkeersstroommodellen*" (zie paragraaf 24.2.1 voor meer details hieromtrent) en "*The Nagel-Schreckenberg model revisited*" (zie paragraaf 24.2.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Maandag 11/08/2003 :

- volgende journals zijn goede kandidaten om afgewerkte stukken in te publiceren :
 - European Physical Journal A - Hadrons and Nuclei
 - European Physical Journal B - Condensed Matter
 - European Physical Journal C - Particles and Fields
 - European Physical Journal D - Atomic, Molecular and Optical Physics
 - European Physical Journal E - Soft Matter
- In de namiddag kwam Steven Logghe langs; we hebben de verdere details van ons werk voor "*Traffic and Granular Flow 2003*" besproken.
- Via de Campusbibliotheek Arenberg (CBA) heb ik twee eerder aangevraagde artikels toegestuurd gekregen; het ene handelend over de relatie tussen bezettingsgraden en gemiddelde snelheden et cetera, het andere over het digitaal *low-pass* filteren van verkeersgegevens.

Dinsdag 12/08/2003 :

- ik heb enkele hersenspingsels neergepend in verband met CA modellen die als microscopisch of macroscopisch geklasseerd worden (zie paragraaf 24.2.5) en opmerkingen in verband met het gebruik van het steekproefgemiddelde en de -variantie (zie paragraaf 24.2.6).

Woensdag 13/08/2003 :

- ik heb enkele constructieve bedenkingen bij SISTA's werkwijze op papier gezet (zie paragraaf 24.2.7).

Donderdag 14/08/2003 :

- Ik heb het artikel "A Cellular Automata Model for Use with Real Freeway Data" (zie paragraaf 24.2.3 voor meer details hieromtrent) gelezen.

24.2.5 TCA modellen : micro of macro ?

CA modellen van verkeersstromen zijn in essentie *geen* microscopische modellen, maar eerder macroscopische modellen. Men kan dit inzien doordat het systeem vrij fijn in tijd (1 seconde) en ruimte (7,5 meter) gediscrètiseerd wordt. De geaggregeerde grootte waarbij dan macroscopisch gewerkt wordt, is de lokale bezettingsgraad : een cel is óf leeg óf wordt bezet door een voertuig.

Feit is wel dat voor een TCA model al zeker één restrictie opgelegd wordt : een enkele cel kan maximaal één voertuig bevatten; dit in tegenstelling tot de klassieke vloeistofdynamische modellen. In dit opzicht kan men dan misschien ook het verband met macroscopische modellen in vraag stellen; hetgeen er toe leidt dat CA modellen noch micro noch macro zijn. . .

24.2.6 Steekproefgemiddelde en -variantie

Het valt me op dat sommige mensen iets te vlot omgaan met concepten zoals steekproefgemiddelde en steekproefvariantie. Mijn visie op hun gebruik is als volgt :

Het steekproefgemiddelde is slechts van toepassing indien de verdeling *unimodaal* is (en dus exact één 'piek' bevat). Dit wil zeggen dat het gemiddelde bepalen van metingen afkomstig van een uniforme verdeling, een op zich zinloze bezigheid is : het concept gemiddelde is hier niet meer van toepassing.

Indien de verdeling daadwerkelijk unimodaal is, dan kan er naar de steekproefvariantie gekeken worden, *op voorwaarde dat de verdeling symmetrisch is*. Dit impliceert dat voor bijvoorbeeld lognormale verdelingen, waarbij de staart langs rechts breder is dan die langs links, geen zinnige informatie opgeleverd wordt in termen van de steekproefvariantie. We kunnen natuurlijk ook het concept 'steekproefvariantie' iets ruimer nemen, waarbij we rekening houden met de richting waarin deze bepaald wordt (links of rechts van piek).

24.2.7 Enkele bedenkingen bij SISTA's werkwijze

- **SISTA's introductie voor nieuwkomers**

Gezien de manier waarop de introductie de laatste jaren geschiedt, rijst er volgens mij de nood aan meer specifieke werkingsinformatie. Het is handig en belangrijk om een overzicht te hebben van de positie en status van de onderzoeksgroep, maar enkele noodzakelijke details met betrekking tot de interne werking ontbreken op dit moment in een dergelijk overzicht. Het is een beetje zoals het 'leven in de echte wereld'; veel kant-en-klare informatie vind je daar als jongvolwassen ook niet over terug, tenzij je intensief op zoek gaat.

Voor beginnende doctoraatsstudenten bij SISTA, is de administratieve berg aanvankelijk redelijk onoverzichtelijk. Er zijn dan ook de facto twee initiële oplossingen die worden voorgesteld : (1) pluis het zelf uit of (2) vraag het aan je collega's. Dit proces kan duidelijk een pak efficiënter, en ik stel dan ook voor dat naar volgende academiejaren toe, enkele belangrijke fundamentele zaken worden toegelicht.

In concreto komt dit erop neer dat de introductie – zoals ze nu gebeurt – wel nodig wordt geacht, maar dat dit misschien minder uitgebreid dient te gebeuren. De hierbij vrijgemaakte tijd kan dan gespendeerd worden aan een krachtige maar beknopte uiteenzetting over de interne werking van SISTA. Hierbij dient dan onderscheid gemaakt te worden tussen verschillende categorieën. Als voorbeeld haal ik het gebruik van 'Reisaanvragen' en 'F2-formulieren' voor conferenties aan : een kort overzicht met een uitgewerkt voorbeeld lijkt me hier verplicht. SISTA is een grote onderzoeksgroep en vereist een uitgebreide administratie om werkbaar te blijven. Het is dan zeker de uiteindelijke bedoeling dat alles proper en *overzichtelijk* (!) gebundeld en gepresenteerd wordt. Merk op dat het hier de essentiële informatie betreft, waarvan verondersteld wordt dat elke assistent in SISTA ze weet !

Aansluitend op de vorige paragraaf, wil ik dan ook stellen dan het zogeheten "*SISTA Do's and Don't's*" document enerzijds redundante informatie bevat voor onze doelstellingen, en anderzijds gedateerd is en op sommige punten zelfs tekort schiet. En het zijn telkens net deze laatste kritieke punten waar correcte informatie een noodzaak is.

Werk aan de winkel dus, dit is een begin, een startpunt. Hulp van assistenten lijkt me daarenboven ook aangewezen daar zij weten waar het schoentje wringt. Misschien kunnen we dit idee beter laten uitgroeien tot een discussienota/-voorstel, opdat het samen met andere collega's kan voorgelegd worden aan bSISTA ?

• **Verspreiden van essentiële algemene kennis**

Op geregelde tijdstippen starten er gewone cursussen die ook door doctoraatsstudenten gevolgd kunnen worden. In de onderzoeksgroep SISTA, wordt er daarenboven geregeld de nadruk op gelegd dat het wel interessant kan zijn om enkele 'interne' cursussen te volgen. Voor sommigen is dit echter niet de optimale manier om kennis te vergaren. Daarom stel ik, na overleg met enkele collega's, volgend voorstel ter discussie :

Op enkele momenten in het jaar, geven geschikte mensen een korte uiteenzetting over een bepaald onderwerp. Deze uiteenzetting hoeft niet in zware details te treden, maar dient eerder de praktische/buikbare kant aan te kaarten. Bijvoorbeeld, iemand die 'alles' van (LS-)SVMs afweet, geeft daar een uur durende uiteenzetting over, waarbij er wordt vertrokken vanuit een ander standpunt dan gewoonlijk : nu is het de kunst om het publiek duidelijk te maken wat deze techniek kan opleveren voor de onderzoeker in kwestie. Op die manier kan deze laatste voor zichzelf uitmaken hoe de techniek nuttig kan zijn voor het onderzoek. Het is dan ook een must dat de techniek wordt geïllustreerd aan de hand van talrijke praktische voorbeelden, liefst uit zeer diverse domeinen.

Me dunkt dat we op deze manier de kloof, die ontstaat door de aanwezigheid van een zeer uitgebreide en diverse kennisbasis in SISTA, een beetje kunnen dichten. Het zal volgens mij alleszins een hoger rendement opleveren dan iemand gewoon een cursus – zoals bijvoorbeeld Systeemidentificatie – te laten volgen; een proces waar redelijk veel tijd in kruipt.

24.3 Vrijdag 15/08 tot donderdag 21/08

24.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 15/08/2003 :

- ik heb diverse optimalisatietechnieken voor Java programma's bestudeerd in [Shi03]. Belangrijk is de keuze van een efficiënte datastructuur, waarbij het gebruik van zuivere arrays geen overbodige luxe is. Voor mijn multi-lane TCA zal de implementatie dan ook anders geschieden dan voor mijn TCA software.

Maandag 18/08/2003 :

- ik heb de noodzakelijke betalingen voor de ITSS03 en TGF03 conferenties geregeld met Ilse Pardon.
- Nadat ik al mijn opmerkingen voor het vak HK05 op een rijtje heb gezet, zat ik samen met Bart De Moor voor de inkleding van het vak volgend academiejaar. Een positieve verandering is dat ik dan zelf alle gastdocenten tijdig kan verwittigen.
- Tom Bellemans is langsgeweest om nog wat materiaal te geven.

Dinsdag 19/08/2003 :

- mijn achtste exemplaar van *Scientific Computing World* (zie [Wil03d]) is aangekomen.
- Verder heb ik Tom Bellemans' papieren opgeruimd en geklasseerd; het relevante materiaal heb ik overgenomen.
- Ook heb ik via Bart De Moor van het DWTC de uiteindelijke projectfiche ontvangen voor ons DWTC-project CP/40. Het bevat geconcentreerde *redundante* informatie, die ik prompt naar de leden van onze gebruikersgroep heb gestuurd. Het nut hiervan ontgaat me nog steeds volledig ...
- Het berekenen van de totale doorstromingsgraad q en dichtheid k voor een weg met K vakken gaat als volgt (na persoonlijke communicatie met Steven Logghe) :

$$q = \sum_{i=1}^K q_i, \quad (24.1)$$

$$k = \sum_{i=1}^K k_i. \quad (24.2)$$

Dit op voorwaarde dat de dichtheid in absolute grootheden wordt uitgedrukt. Het berekenen van de gemiddelde snelheid \bar{v} (SMS !) gaat op volgende wijze :

$$q = k\bar{v} \quad (24.3)$$

$$\bar{v} = \frac{q}{k} = \frac{\sum q_i}{\sum k_i} = \frac{\sum q_i}{\sum \frac{q_i}{\bar{v}_i}} = \frac{\sum k_i \cdot \bar{v}_i}{\sum k_i}. \quad (24.4)$$

Indien we echter enkel de per-vak-gemiddelde snelheden als TMS hebben, dan wegen we deze met de doorstromingsgraden :

$$\bar{v} = \frac{\sum \bar{v}_i \cdot q_i}{\sum q_i}. \quad (24.5)$$

Voor de bezettingsgraad $\rho_i \in [0, 1]$ voor vak i schrijven we :

$$\rho_i = \frac{1}{\Delta T} \sum_{j=1}^N o_j, \quad (24.6)$$

waarbij de bezettingstijd o_j van elk voertuig j (N in totaal) gemeten werd gedurende een tijdsinterval ΔT . Een probleem stelt zich echter bij het berekenen van de totale bezettingsgraad (berekend over alle K vakken). Een eerste mogelijkheid is om deze gewoon op te tellen :

$$\rho = \sum_{i=1}^K \rho_i. \quad (24.7)$$

Het voordeel is dan dat we vergelijking 24.7 rechtstreeks kunnen relateren aan $\rho = \bar{L} \cdot k$ met \bar{L} de gemiddelde voertuiglengte. Een nadeel is dat ρ nu wel groter dan 1 kan worden (namelijk maximaal K).

Als alternatief is men snel geneigd om te stellen dat de bezettingsgraad berekend over alle vakken gelijk is aan het rekenkundig gemiddelde van de bezettingsgraden van de individuele vakken. Dit resulteert echter in het schenden van de gelijkheid $\rho = \bar{L} \cdot k$. Het is onder andere daarom ook aangewezen om de totale bezettingsgraad uit te drukken volgens vergelijking 24.7, er op lettend dat deze dan tot K kan gaan.

Op het Internet (*Washington State Department of Transportation*) kan men daarenboven ook indicatoren vinden die een bepaalde waarde van de bezettingsgraad per vak relateren aan een mate van congestie :

- 0%-15%** : vrij-stromend verkeer,
- 15%-22%** : gematigd verkeer,
- 22%-35%** : moeizaam verkeer,
- 35% en hoger** : start-en-stop verkeer.

Woensdag 20/08/2003 :

- persoonlijke verlofdag.

Donderdag 21/08/2003 :

- ik heb een datum vastgelegd voor de volgende interne bijeenkomst voor ons DWTC-project CP/40.
- Verder heb ik de performantie optimalisaties bestudeerd (in [Shi03]) voor type casting, object initialisaties, array toegang, exception handling, conditionele testen, iteratieve lussen en sorteermethodes in Java.

24.4 Vrijdag 22/08 tot donderdag 28/08

24.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 22/08/2003 :

- Bart Motmans vroeg me om samen met Ivan Goethals de computers van SISTA (SCD ?) te onderhouden : wat mij betreft is dit zo goed als ok. Ik heb echter wel bedankt voor het onderhoud en de uitbreiding van de SCD-webportal (in PHP), aangezien er anderen in SISTA zijn die daar beter mee vertrouwd zijn.
- Zo goed als de hele dag ging naar het ontwikkelen van de basislaag voor mijn nieuwe multi-lane TCA software.

Maandag 25/08/2003 :

- naar aanleiding van de recente virussen heb ik mijn computer (zodiak) geupdate met de patches voor Windows 2000 en Office 2000.
- Het grootste deel van de dag ging naar het uitvissen hoe ik de update stap in een multi-lane TCA efficiënt kan laten gebeuren.

Dinsdag 26/08/2003 :

- ik heb verder zitten uitvissen hoe ik de update stap in een multi-lane TCA efficiënt kan laten gebeuren. Het blijkt dat ik mijn eerdere beweringen over het gebruik van een *active vehicle list* (zie paragraaf 23.2.1) deels dien te weerleggen aangezien deze enkele onvoorziene problemen met zich meebrengen.

Woensdag 27/08/2003 :

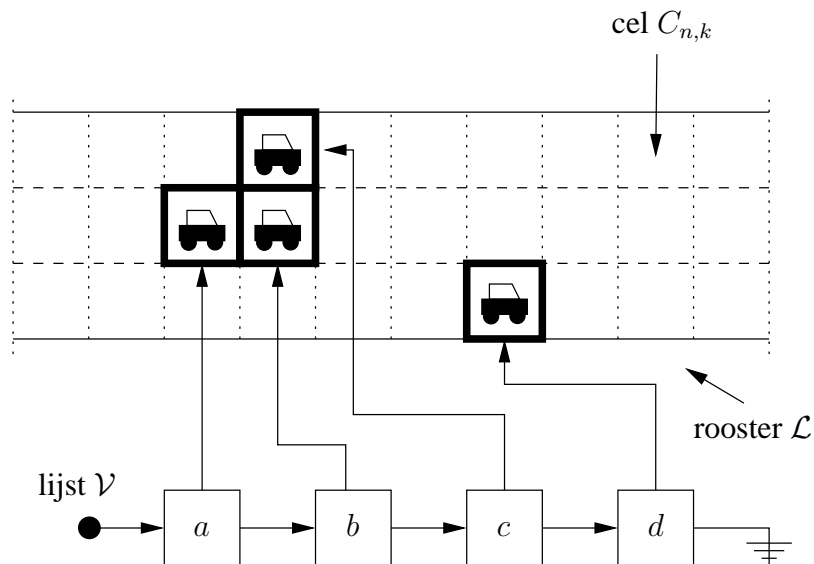
- ik heb een kamer in hotel De Koophandel te Delft gereserveerd voor de "Workshop on Traffic and Granular Flow 2003" begin oktober.

Donderdag 28/08/2003 :

- om een naïeve implementatie van de update stap van een TCA model te vermijden, heb ik de vorige dagen gezocht naar een efficiënte aanpak. Het centrale idee hierachter is, dat in het rooster (i.e., *lattice*) enkel actieve cellen bezocht worden door het algoritme, dus enkel cellen die voertuigen bevatten. Dit heeft als voordeel dat nu niet het hele rooster meer dient afgescand te worden, maar enkel de gebieden die aan verandering onderhevig zijn.

Beschouwen we nu een rooster \mathcal{L} dat bestaat uit $N \times K$ cellen waarbij N het aantal cellen in de longitudinale richting is (dus de lengte van het rooster) en K het aantal cellen in de laterale richting (dus het aantal vakken). Een cel uit het rooster noteren we als $C_{n,k}$ waarbij n en k de longitudinale en laterale posities in het rooster zijn (een cel bevat typisch voertuig gerelateerde informatie). Een naïef update algoritme zal dus elke iteratiestap minstens $N \times K$ cellen bezoeken, ongeacht de verkeersdruk op de weg (i.e., het aantal actieve cellen in het rooster).

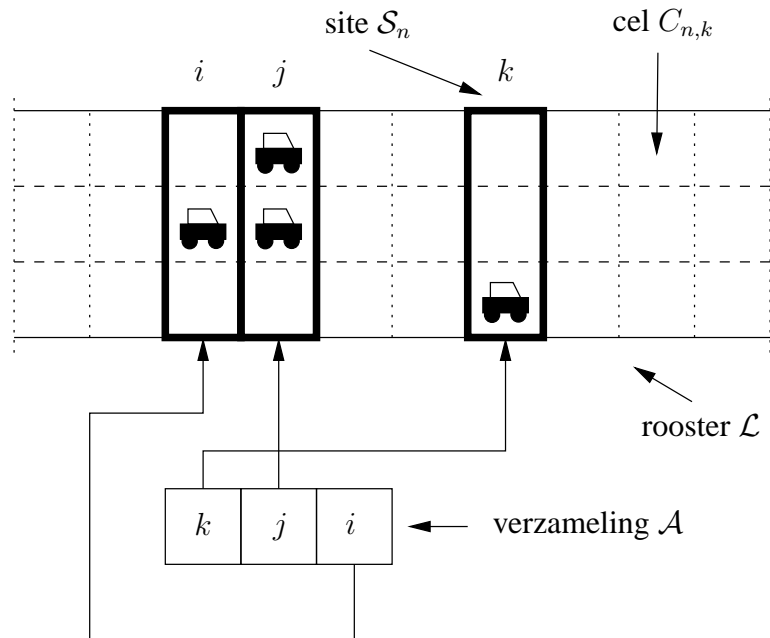
Een manier die een volledige optimalisatie biedt, is door gebruik te maken van een lijst \mathcal{V} met actieve cellen (i.e., voertuigen). In figuur 24.1 wordt dit overzichtelijk weergegeven : tijdens elke update stap dient dan enkel maar door deze lijst gewandeld te worden waarbij de respectievelijke cellen/voertuigen a , b , c en d geupdate worden. Niet tegenstaande dat dit de meest efficiënte methode is, kleven er toch enkele grote nadelen aan vast. Het is bijvoorbeeld geen sinecure om op even efficiënte wijze de voorligger van een voertuig te vinden (voor het berekenen van onder andere de tussenruimte, ...). En indien dit vlot zou gaan, dan rest nog steeds de opdracht om ook de voor- en achterliggers in de naburige vakken te vinden. Een implementatie die gebruik zou maken van deze lijst \mathcal{V} , zal sterk gelijken op de implementatie van het update algoritme in *Mitrasim 2000* : in deze laatste microscopische simulator konden de voertuigen arbitraire posities innemen binnen een enkel vak (het model was dus continu in de ruimte). Bij het updaten werden dan alle voertuigen op hun positie gesorteerd; het zoeken van de voor- en achterliggers was een omslachtige en tijdsintensieve taak. Indien we deze methodologie overnemen, dan missen we het grote voordeel dat een TCA model biedt, namelijk dat voertuigen enkel vooraf gekende discrete posities mogen innemen.



Figuur 24.1: Volledige optimalisatie van een ML-TCA model waarbij enkel die cellen bezocht worden die een voertuig bevatten.

Om tegemoet te komen aan de efficiëntie beperkingen opgelegd door de vorige optimalisatie aanpak, heb ik een alternatief systeem ontwikkeld. In plaats van expliciet de actieve cellen individueel bij te houden, opteer ik voor het bijhouden van de actieve sites. Dit wordt geïllustreerd in figuur 24.2. De situatie is dezelfde als in de vorige paragraaf, maar nu wordt de lijst \mathcal{V} vervangen door een verzameling (*set*) \mathcal{A} van actieve sites. Zo een site \mathcal{S}_n bestaat uit K lateraal-naburige cellen $C_{n,1}, \dots, C_{n,K}$. Een site wordt actief genoemd van zodra er minstens één voertuig in de K mogelijke cellen zit.

Tijdens het updaten wordt deze verzameling \mathcal{A} afgelopen, en voor elke actieve site erin aanwezig, worden K cellen in het rooster \mathcal{L} bezocht. Dit geeft dus dat in het slechtste geval de performantie zakt tot het bezoeken van $N \times K$ cellen. Merk op dat, wegens redenen van efficiëntie, de verzameling \mathcal{A} *omgekeerd* wordt bijgehouden : sites worden olopend genummerd in stroomafwaartse richting, maar in de verzameling zitten de actieve sites in stroomopwaartse richting; het updaten van het rooster begint achteraan (dus vanaf het meest stroomafwaartse gedeelte).



Figuur 24.2: Hybride optimalisatie van een ML-TCA model waarbij enkel die *sites* bezocht worden die een voertuig bevatten.

Deel III

Academiejaar 2003 - 2004

Hoofdstuk 25

September 2003

25.1 Vrijdag 29/08 tot donderdag 04/09

25.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 29/08/2003 - Maandag 01/09/2003 :

- ik heb de foto's van mijn nieuwe bureauimte op mijn website geplaatst, alsmede enkele aanpassingen gedaan voor het nieuwe academiejaar 2003-2004.
- Mijn vakantiekaart werd ter goedkeuring naar de personeelsdienst gestuurd.
- Verder heb ik de reservatie mijn hotel te Delft bevestigd.
- Hierna volgt een uitwerking van de hybride optimalisatie voor een multi-lane TCA (ML-TCA) model, zoals voorgesteld in paragraaf 24.4.1.

De ML-TCA bevat twee submodellen (vak-verander en voertuig-volg); deze worden sequentieel uitgevoerd, waarbij eerst het vak-verander model en vervolgens het voertuig-volg model op alle voertuigen in het rooster wordt toegepast. Dit is nodig aangezien het voertuig-volg model uitgaat van de toestand van de automaat vlak nadat alle vak-veranderingen zijn uitgevoerd (vermits alle directe burens van een voertuig dan van positie kunnen veranderd zijn). Dit maakt dat een update stap van de ML-TCA eigenlijk uit *twee substappen* bestaat. Merk op dat de verzameling \mathcal{A} stroomopwaarts wordt opgeslagen, in tegenstelling tot de indexering van het rooster \mathcal{L} wat stroomafwaarts gebeurt; \mathcal{A} is dus een `TreeSet` met een `ReverseComparator`. De vaknummering gebeurt olopend, te tellen vanaf het meest rechtse vak.

Nog enkele implementatie details :

- alle cellen in het rooster \mathcal{L} zijn pointers, waarbij deze `null` zijn voor lege cellen. Indien de cel bezet is door een voertuig, dan wijst de pointer naar een `Vehicle` object. Dit maakt dat we, in tegenstelling tot mijn vorige TCA software, nu enkel maar ruimte in het geheugen reserveren voor de niet-lege cellen.
- Sites \mathcal{S}_n , cellen $\mathcal{C}_{n,k}$ en vakken k beginnen altijd vanaf 0 te tellen, dit wil zeggen : $n \in \{0, \dots, N - 1\}$ en $k \in \{0, \dots, K - 1\}$, waarbij N de lengte van het rooster is en K het aantal vakken.

Vak-verander substap

- creëer nieuw rooster \mathcal{L}' waarbij alle cellen null zijn
- zoek de voorburen \mathcal{N}_k van de voertuig(en) in de laatste site stroomafwaarts
- \forall sites $\mathcal{S}_n \in \{\mathcal{S}_1, \dots\} \subset \mathcal{A}$ {
- \forall cellen $C_{n,k} \in \{C_{n,1}, \dots, C_{n,K}\} \subset (\mathcal{S}_n \cap \mathcal{L})$ {
- als $C_{n,k} \neq \text{null}$ {
- de voorburen $\mathcal{N}_1, \dots, \mathcal{N}_K$ (= voertuigen !) zijn gekend
- $C'_{n,k'} \leftarrow \text{vak-verander submodel}(C_{n,k})$
- $\mathcal{L}' \leftarrow (\mathcal{L}' \cup C'_{n,k'})$
- }
- }
- \forall cellen $C_{n,k} \in \{C_{n,1}, \dots, C_{n,K}\} \subset (\mathcal{S}_n \cap \mathcal{L})$ {
- als $C_{n,k} \neq \text{null} \Rightarrow (\mathcal{N}_k \leftarrow C_{n,k})$
- }
- }
- overschrijf pointer : $\mathcal{L} \leftarrow \mathcal{L}'$
- \mathcal{A} blijft ongewijzigd vermits enkel laterale bewegingen werden uitgevoerd

Voertuig-volg substap

- creëer nieuw rooster \mathcal{L}' waarbij alle cellen null zijn
- creëer nieuwe verzameling $\mathcal{A}' = \phi$
- zoek de voorburen \mathcal{N}_k van de voertuig(en) in de laatste site stroomafwaarts
- \forall sites $\mathcal{S}_n \in \{\mathcal{S}_1, \dots\} \subset \mathcal{A}$ {
- \forall cellen $C_{n,k} \in \{C_{n,1}, \dots, C_{n,K}\} \subset (\mathcal{S}_n \cap \mathcal{L})$ {
- als $C_{n,k} \neq \text{null}$ {
- de voorburen $\mathcal{N}_1, \dots, \mathcal{N}_K$ (= voertuigen !) zijn gekend
- $C'_{n',k} \leftarrow \text{voertuig-volg submodel}(C_{n,k})$
- $\mathcal{L}' \leftarrow (\mathcal{L}' \cup C'_{n',k})$
- $\mathcal{A}' \leftarrow (\mathcal{A}' \cup \mathcal{S}_{n'})$
- }
- }
- \forall cellen $C_{n,k} \in \{C_{n,1}, \dots, C_{n,K}\} \subset (\mathcal{S}_n \cap \mathcal{L})$ {
- als $C_{n,k} \neq \text{null} \Rightarrow (\mathcal{N}_k \leftarrow C_{n,k})$
- }
- }
- overschrijf pointer : $\mathcal{L} \leftarrow \mathcal{L}'$
- overschrijf pointer : $\mathcal{A} \leftarrow \mathcal{A}'$

- De reden waarom we met een *verzameling* voor \mathcal{A} werken is nu logisch : bij het afgaan van elk van de K cellen van een site \mathcal{S}_n , wordt de index n van de respectievelijke site telkens aan \mathcal{A} toegevoegd. Indien deze index er nog niet in zat, dan gebeurt dit nu, en indien deze er reeds wel in zat, dan verandert er niets aan \mathcal{A} , hetgeen een efficiënte implementatie toelaat.
- Het algoritme zal bij het toepassen van de submodellen, telkens nieuwe `Vehicle` objecten aanmaken; dit kost een beetje ruimte, maar leent zich tot een meer intuïtief gebruik van de klassen.
- In de huidige implementatie heb ik ook een toestand voorzien in de vorm van de `State` klasse; deze bevat onder andere het rooster \mathcal{L} , de K voorburen \mathcal{N}_k en de linker- en rechterachterburen \mathcal{B}_L en \mathcal{B}_R .

De voorburen worden automatisch door het algoritme gevonden, de achterburen dienen uiteraard enkel gezocht te worden bij een vak-verandering. Vermits het vak-verander submodel ervoor kan zorgen dat twee voertuigen dezelfde cel willen bezetten, kunnen we ervoor opteren om op de even tijdstappen enkel van links (L) naar rechts (R) te laten veranderen, en op de oneven tijdstappen vice versa.

Merk op dat in mijn definitie, een voertuig als voorbuur wordt beschouwd indien het *strikt genomen* voor de positie van het huidige voertuig rijdt. *Dit wil zeggen dat voertuigen die in dezelfde actieve site zitten, mutuele achterburen zijn !* Naast het feit dat deze werkwijze tot een efficiënte zoekprocedure van de achterburen leidt, kan een intuïtieve verklaring geboden worden : een voorligger zie je zelf al direct met je ogen, voor een achterligger dien je altijd je hoofd te draaien, zeker voor voertuigen in de dode hoek (tenzij je dode-hoek spiegels hebt, maar dat verandert niets aan mijn betoog).

- Om de linker- en rechterachterburen $\mathcal{B}_L, \mathcal{B}_R$ in de naburige vakken van het huidige voertuig in het vak k op te zoeken, gebruiken we volgend algoritme :

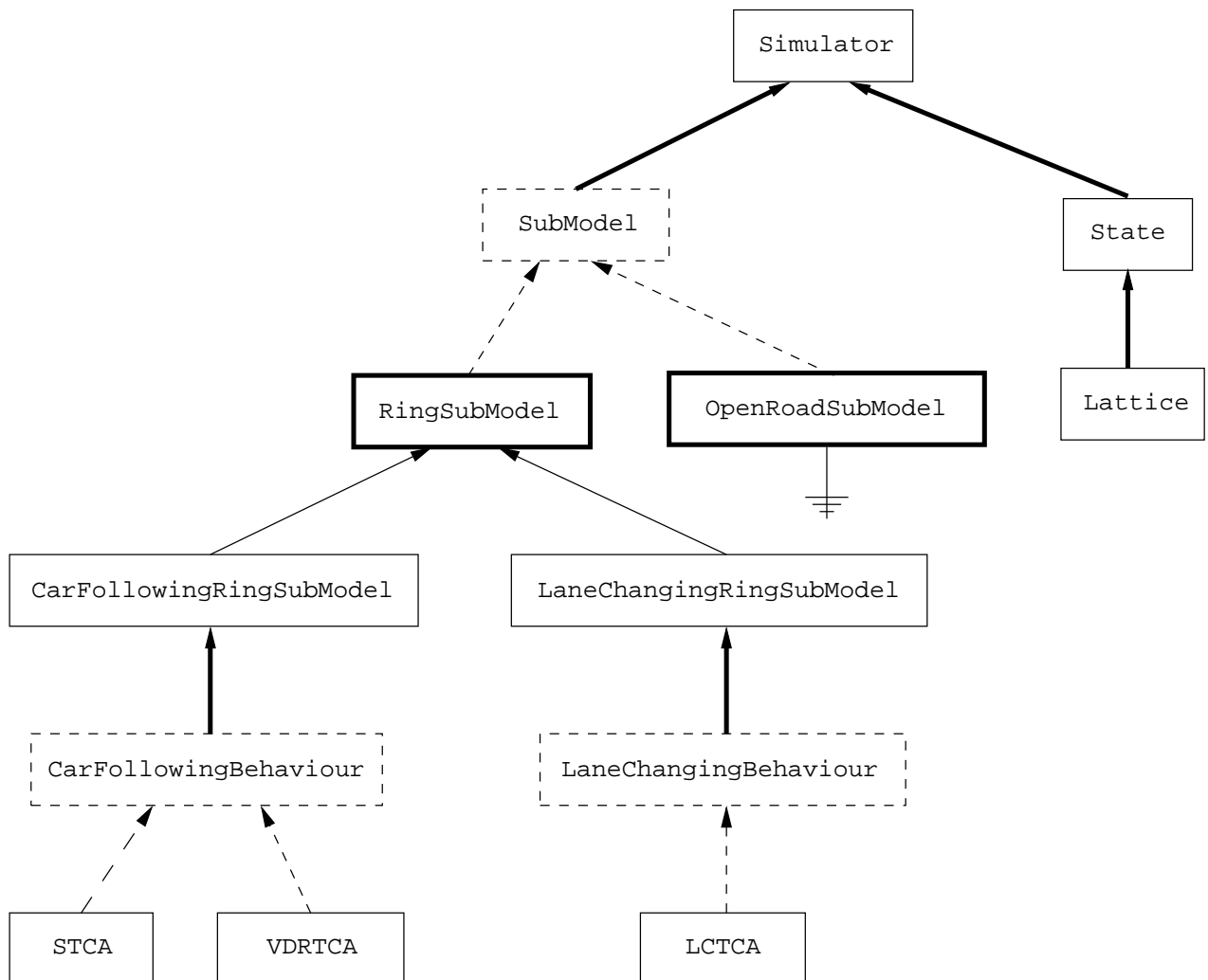
```

- stel  $\mathcal{T}_n = \text{TailSet}(\mathcal{S}_n)$ 
-  $\mathcal{B}_L = \mathcal{B}_R = \text{null}$ 
- BLeftFound = BRightFound = false
- Iterator it ←  $\mathcal{T}_n$ .iterator()
- zolang (!BLeftFound ∨ !BRightFound) ∧ it.hasNext() {
-      $n \leftarrow it.next()$ 
-     als !BLeftFound ∧ ( $k < (K - 1)$ ) { // bestudeer linkervak
-          $\mathcal{B}_L \leftarrow C_{n,k+1}$ 
-         BLeftFound ← ( $\mathcal{B}_L \neq \text{null}$ )
-     }
-     als !BRightFound ∧ ( $k > 0$ ) { // bestudeer rechtervak
-          $\mathcal{B}_R \leftarrow C_{n,k-1}$ 
-         BRightFound ← ( $\mathcal{B}_R \neq \text{null}$ )
-     }
- }

```

Na uitvoering van dit algoritme, hebben we dus beide burens \mathcal{B}_L en \mathcal{B}_R die eventueel `null` kunnen zijn indien ze niet bestaan.

- Een punt dat nog niet aan bod gekomen is, is verkeer op een gesloten ring; hierbij is het zo dat de voorburen \mathcal{N}_k van het laatste voertuig stroomafwaarts en de achterburen \mathcal{B}_L en \mathcal{B}_K van het eerste voertuig stroomopwaarts niet null zijn. Een analoge redenering geldt ook indien er twee roosters aan elkaar hangen en er voertuigen tussen beide dienen uitgewisseld te worden. De oplossing voor beide probleem ligt in de klasse hiërarchie die dit reflecteert (zie verder).
- In figuur 25.1 volgt de structuur van de klassen in Java; een class wordt aangeduid door een rechthoek met volle zijdes en een interface door een rechthoek met gestippelde zijdes. Een volle dunne pijl duidt op een overerving (class), een gestippelde dunne pijl op een implementatie (interface). Een dikke pijl duidt op een 'lidmaatschap-van' relatie terwijl de semantische relatie die bij een dunne pijl hoort, steeds een 'is-een' relatie is (dus van sub- naar superklassen). De abstract datatypes worden aangegeven met een dikkere kader.



Figuur 25.1: De Java klasse hiërarchie van de *ML-TCA* software.

- De klasse `Simulator` bevat een voertuig-volg `SubModel` en een vak-verander `SubModel`, alsmede de huidige toestand `State`, die op haar beurt onder andere de `Lattice` bevat. Bij het instantiëren van de simulator, dienen dus twee instanties van de respectievelijke submodellen meegegeven te worden.
- Van `SubModel` worden twee varianten voorzien : een voor op een gesloten ring (`RingSubModel`) en een voor op een open stuk weg (`OpenRoadSubModel`). Het verschil tussen beiden zit in het zoeken van de voor- en achterburen (de structuur onder `OpenRoadSubModel` is analoog aan die onder `RingSubModel`, en werd bijgevolg dus weggelaten).
- Van het algemene `RingSubModel` worden twee subklassen voorzien : `CarFollowingRingSubModel` en `LaneChangingRingSubModel`. Beiden bevatten specifieke code voor het verplaatsen van voertuigen op een gesloten ring.
- Het eigenlijke gedrag van de cellulaire automaat, zit vervat in de klassen `STCA`, `VDRTCA` en `LCTCA`. Instanties hiervan dienen meegegeven te worden tijdens de instantie van een `CarFollowingRingSubModel` en een `LaneChangingRingSubModel`. De volledige instantiëring is dus bijvoorbeeld :

```
new Simulator(
    new CarFollowingRingSubModel(new STCA(...)),
    new LaneChangingRingSubModel(new LCTCA(...)),
    ...);
```

- We kunnen dus stellen dat de `Simulator` als taak heeft om de `SubModels` toe te passen op alle actieve cellen in het rooster. Hierbij zullen dan de voor- en achterburen gezocht worden door de *topologie-afhankelijke* klassen `RingSubModel` en `OpenRoadSubModel`. Het berekenen van de tussenruimtes en dergelijke wordt dan gedaan in de eveneens *topologie-afhankelijke* klassen `CarFollowingRingSubModel` en `LaneChangingRingSubModel`. Het *topologie-onafhankelijke* deel wordt gevormd door de implementaties van `CarFollowingBehaviour` en `LaneChangingBehaviour`. Dit resulteert in volgende structuur van de Java packages :

mltca.core : `Lattice`, `Simulator`, `State` en `Vehicle`.

mltca.submodels : `SubModel`.

mltca.submodels.topology.ring : `RingSubModel`, `CarFollowingRingSubModel` en `LaneChangingRingSubModel`.

mltca.submodels.topology.openroad : `OpenRoadSubModel`.

mltca.submodels.behaviour : `CarFollowingBehaviour`, `STCA`, `VDRTCA`, `LaneChangingBehaviour` en `LCTCA`.

02-04/09/2003 :

- in deze periode ging veel tijd naar het in Java implementeren van mijn hybride optimalisatie algoritme voor multi-lane TCA, alsmede het opsporen van diverse fouten en inconsistenties in de oorspronkelijke klasse hiërarchie.
- Ook heb ik alle toekomstige gastsprekers voor het vak "*Gevallenstudies van data-mining en industriële procescontrole*" (HK05) een formele uitnodiging over e-mail gestuurd.

25.2 Vrijdag 05/09 tot donderdag 11/09

25.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 05/09/2003 :

- vandaag had ik een afspraak met Ben Immers; we hebben het gehad over de aankomende vergadering van ons DWTC-project CP/40. Verder heb ik Art Bleux ontmoet die vanaf dit academiejaar op het departement Bouwkunde zal werken voor "*Verkeer en Infrastructuur*". Aansluitend heb ik zijn thesisverdediging bijgewoond.

08-11/09/2003 :

- vakantieperiode.

25.3 Vrijdag 12/09 tot donderdag 18/09

25.3.1 Weekoverzicht

12-16/09/2003 :

- vakantieperiode.

Woensdag 17/09/2003 :

- mijn initieel ontwerp voor de klasse hiërarchie van mijn *ML-TCA* software, bevatte nog enkele ‘oneffenheden’ met betrekking tot de implementatie van verkeer op een open stuk weg, een gesloten ring of iets anders. Dit werd gecorrigeerd en staat reeds beschreven in paragraaf 25.1.1.

Donderdag 18/09/2003 :

- Bart De Moor heeft per e-mail gereageerd op mijn opmerkingen met betrekking tot de interne werking van SISTA en de verbeteringen die mogelijk zijn. Blijkbaar heeft het gerendeerd want er wordt kortelings een extra informatieve sessie gegeven, alsmede extra SISTA-seminaries die ingelegd zouden worden.
- Ik heb enkele interessante ideeën voor de visualisatie van de verkeerstoestand in mijn nieuwe gedistribueerde simulator *CATSIM*. We kunnen enerzijds kiezen voor een standaard orthogonale projectie, waarbij we de wegen van bovenaf beschouwen (wat in wezen een 2D visualisatie is); een grotere discretisatie leent zich daarenboven gemakkelijk tot het overzichtelijk voorstellen van dichtheden, doorstromingsgraden, gemiddelde snelheden, reistijden, ... Anderzijds, kunnen we kiezen voor een volledige 3D visualisatie. In beide gevallen kunnen we de grootte van de voertuigen aanpassen zodat ze niet een volledige cel innemen maar slechts hun eigen lengte.

In plaats van gewone balkjes (zoals in *Mitrasim 2000*) kunnen we voor iets gedetailleerdere polytopen kiezen, waarbij we dan speciale foto's als textures gebruiken. Deze foto's worden dan telkens langs de boven-, zij-, voor- en achterkant van een voertuig genomen.

Tot slot kunnen we vanuit het standpunt van een goede demonstratie, een ‘geïnterpoleerde visualisatie’ implementeren : tussen twee kloktikken van de simulator worden de beelden op de visualisatie machine geïnterpoleerd (i.e., de voertuigposities), dit bijvoorbeeld voor vijf of tien frames. Dit is een optie die enkel en alleen maar voor het ‘oog’ bedoeld is, daar de botsingsvrije dynamica reeds door het CA model gegarandeerd wordt.

25.4 Vrijdag 19/09 tot donderdag 25/09

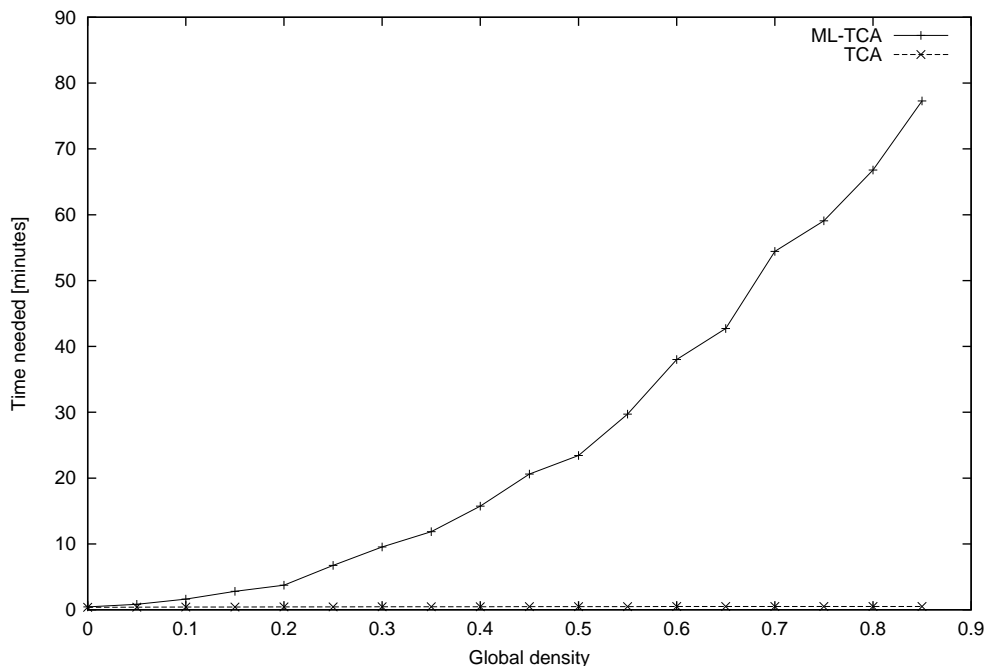
25.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 19/09/2003 :

- in de voormiddag heb ik de vergadering voor het DWTC voorbereid; in de namiddag ging deze door waarbij alle projectpartners aanwezig waren. De vergadering verliep mijns insziens een beetje vreemd; ik ben er nog altijd niet van overtuigd dat iedereen op dezelfde golflengte zit . . . Het enige echte actiepunt is dat BWK, CESAME en ik gaan samenzitten om een klein wegennetwerk in computervorm te gieten.

Maandag 22/09/2003 :

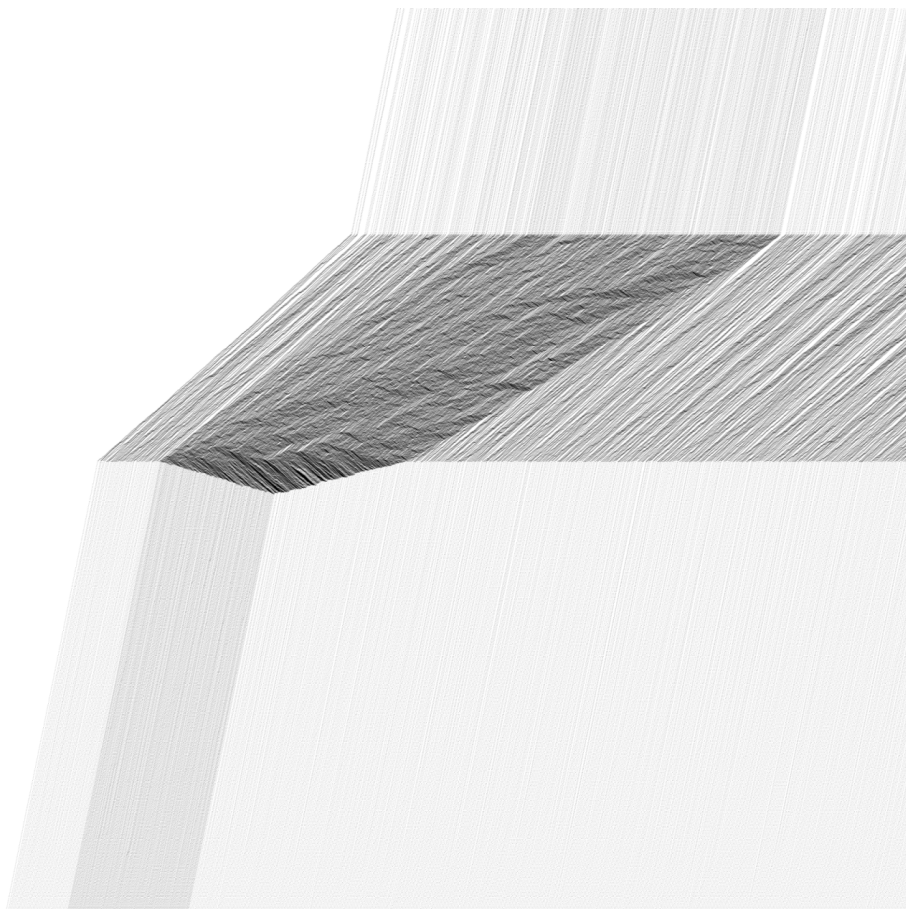
- Matt Menzies (ingenieursstudent aan de universiteit van Toronto) heeft me gecontacteerd: hij schrijft een eindwerk en wenste naar een artikel van mij te refereren. Ik heb hem doorverwezen naar mijn artikel voor de aanstaande ITSS03 conferentie in november (Madrid).
- Ik heb eens gekeken naar de executiesnelheid van mijn hybride optimalisatie algoritme in mijn *ML-TCA* software. Het schokkende nieuws is dat dit blijkbaar **veel trager** verloopt dan de naïeve manier waarbij alle cellen bezocht worden en geen pointers overschreven worden. In figuur 25.2 is een vergelijking te zien tussen de executiesnelheden van de *ML-TCA* en de *TCA* software. Beide experimenten werden uitgevoerd op een Intel Celeron 2 GHz, 512 MB RAM; het systeem bestond uit $K = 1$ vak en een lengte van $N = 3000$ cellen, de globale dichtheid varieerde van 0% tot 85% waarbij de simulatieduur van een dichtheidsstap telkens 10000 tijdsstappen (i.e. iteraties) bedroeg. In een volgende fase zal ik een profiler op de code loslaten om te tijdsintensieve stukken te isoleren en optimaliseren.



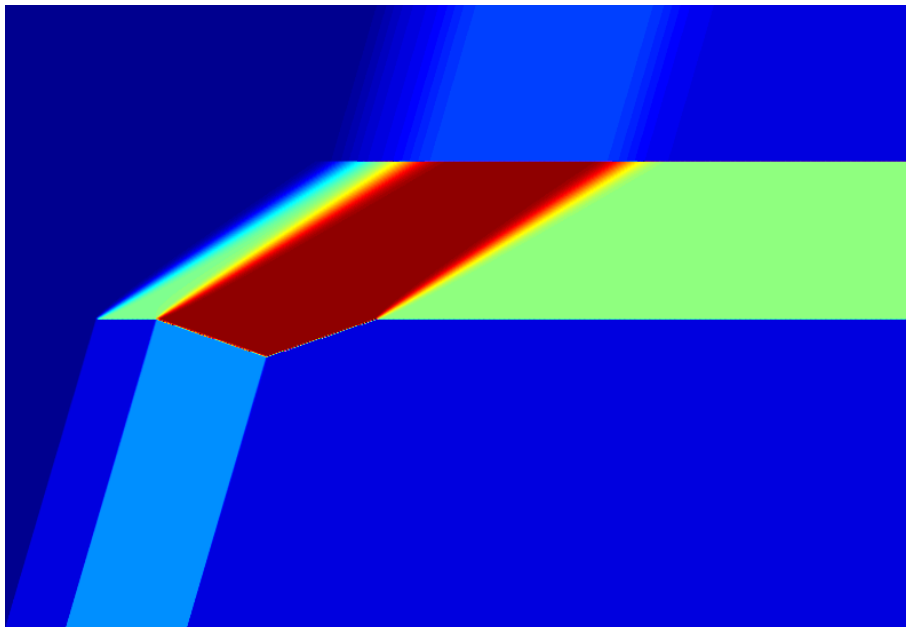
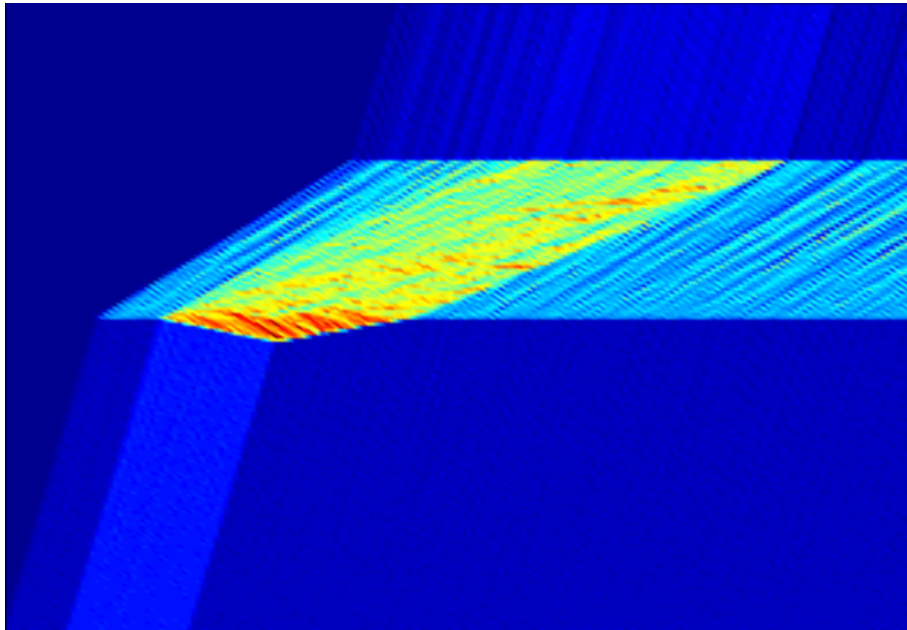
Figuur 25.2: Vergelijking van de executietijden van de *ML-TCA* en *TCA* software.

Dinsdag 23/09/2003 :

- ik heb het eindwerkvoorstel van Kristiaan Pelckmans voor de MAI opleiding gelezen en aangepast.
- Met behulp van mijn *Traffic Cellular Automata* software heb ik een gecontroleerd experiment geprogrammeerd dat spatio-temporele diagrammen op basis van het STCA model produceert (zie figuur 25.3 voor de trajectories van de voertuigen). De resultaten van dit experiment zijn nodig voor onze poster (samen met Steven Logghe) voor de workshop TGF03 volgende week. Het experiment in kwestie bestaat uit drie aaneengesloten schakels (1 vak) met lengtes van 1500, 750 en 750 cellen respectievelijk; op de eerste en laatste vakken mogen de voertuigen aan maximum 5 cellen/s rijden, op de middelste schakel geldt een snelheidsbeperking van 1 cel/s. In figuur 25.4 wordt het verloop van de dichtheid getoond voor het STCA model en het hieruit afgeleide LWR model.



Figuur 25.3: Trajectories van de voertuigen in een t-x diagram op basis van het STCA model.



Figuur 25.4: Spatio-temporele diagrammen voor de dichtheid van het STCA model (boven) en het LWR model (onder).

Woensdag 24/09/2003 :

- Stephen Kelley heeft me gevraagd om al de broncode en documentatie van mijn *Sven-GL* ray tracing software te mogen inzien, waarop ik graag toestemde.
- Ik heb de berekeningen voor onze poster voor TGF03 nog eens nagerekend, en een algemene layout met alle noodzakelijke ingrediënten op papier gezet.

Donderdag 25/09/2003 :

- heel de dag ging naar het met *CorelDRAW 9* grafisch ontwerpen van onze poster.

Hoofdstuk 26

Oktober 2003

26.1 Vrijdag 26/09 tot vrijdag 03/10

26.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 26/09/2003 :

- Priscilla Altman (VVS-SSP) heeft me op de hoogte gebracht van een interessant symposium over het omgaan met grote databestanden (het vorige symposium waar ik naar toe ging, handelde over ontbrekende waarden).
- Ik heb onze poster voor TGF03 afgewerkt; het blijkt dat er nog steeds een probleem is bij de experimenten met de STCA : het is op dit moment nog niet mogelijk een arbitraire verkeersvraag te genereren. Nu wordt de tijd tussen het genereren van twee opeenvolgende voertuigen gebruikt, *terwijl we hier beter een combinatie kunnen gebruiken die ook de tussenruimte in rekening brengt*. Voor hetgeen op de poster verschijnt maakt dit echter in eerste instantie niet zoveel uit, maar dit probleem dient opgelost te worden in de nabije toekomst !
- Ik stel, na lang beraad, ook voor om vanaf nu volgende terminologie voor de volgafstand te gebruiken :

$$\begin{aligned} \text{space headway} &= \text{vehicle length} + \text{space gap} \\ h_s &= L + g_s \end{aligned} \quad (26.1)$$

en volgende terminologie voor de volgtijd :

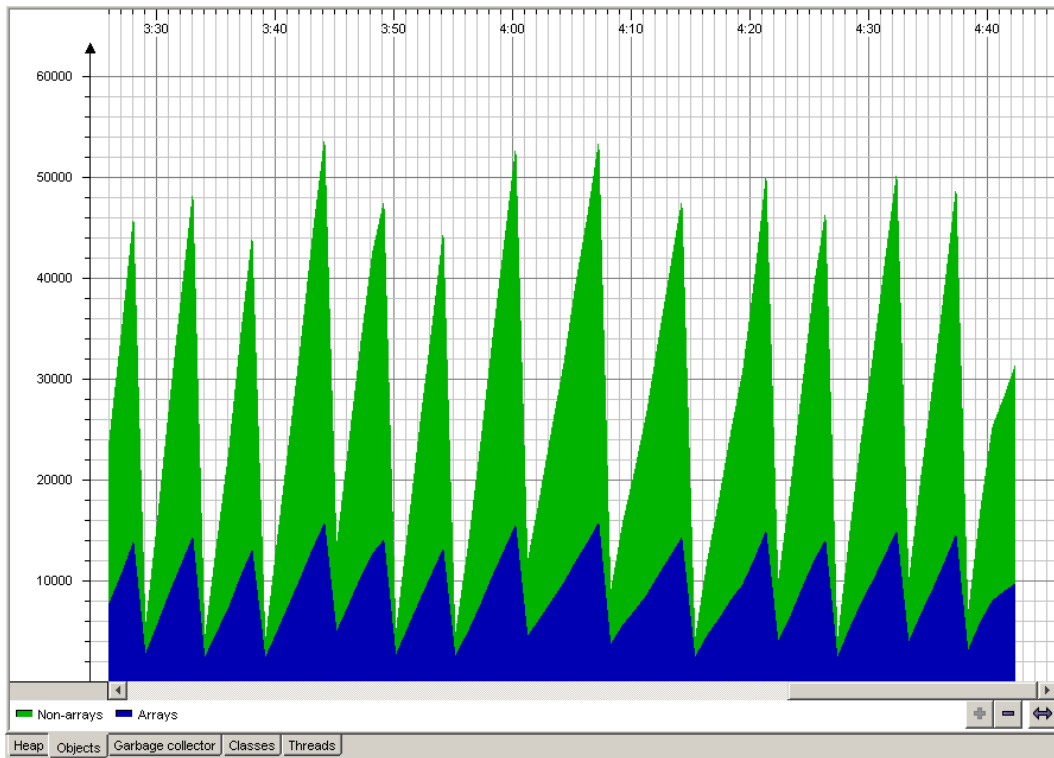
$$\begin{aligned} \text{time headway} &= \text{occupancy} + \text{time gap} \\ h_t &= \rho + g_t \end{aligned} \quad (26.2)$$

In de cursus "Verkeersstroomtheorie" (H111) komen we daarentegen verwarrende termen tegen; 'space headway' wordt kortweg 'space' genoemd, 'time headway' noemt men 'time', 'space gap' wordt 'distance' of soms ook 'clearance' genoemd, 'time gap' noemt men tot slot kortweg 'gap'. Ik stel dan ook voor dat we vanaf nu mijn eenduidige naamgeving gebruiken, dit om verwarring te voorkomen.

- Ook ben ik op de middag mijn treinticket naar Delft gaan halen, en nog even kort bij T.M. Leuven langsgeweest.

Maandag 29/09/2003 :

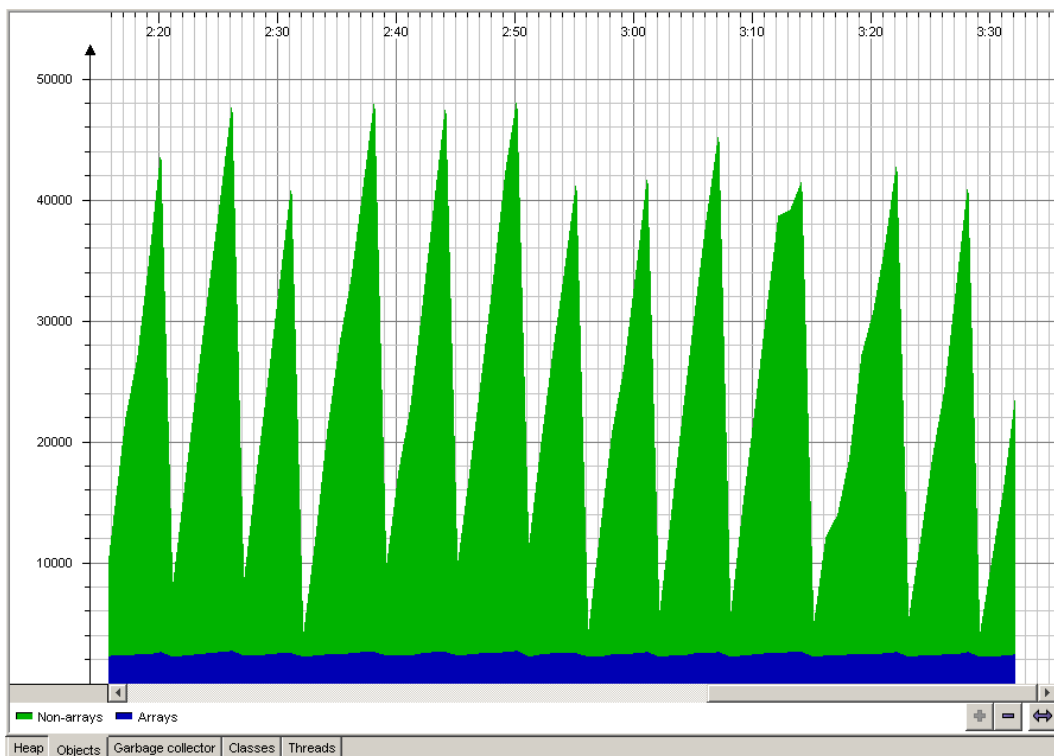
- ik heb *JProfiler* losgelaten op de broncode van mijn *ML-TCA* software. Een van de oorzaken die tot vertraging leiden, is de toegang tot arrays in Java : bij elke toegang dient een test te gebeuren op de geldigheid van de index met betrekking tot de arraygrenzen. In de standaardimplementatie wordt met twee-dimensionale arrays gewerkt voor het rooster, wat dus twee indexeringen vereist. In figuur 26.1 zien we het resultaat van het geheugengebruik voor deze methode. Het valt op dat er veel geheugen gereserveerd en vrijgegeven voor de arrays (i.e., de blauwe grafiek).



Figuur 26.1: Geheugengebruik van een 2D-array als implementatie van het rooster in *ML-TCA*.

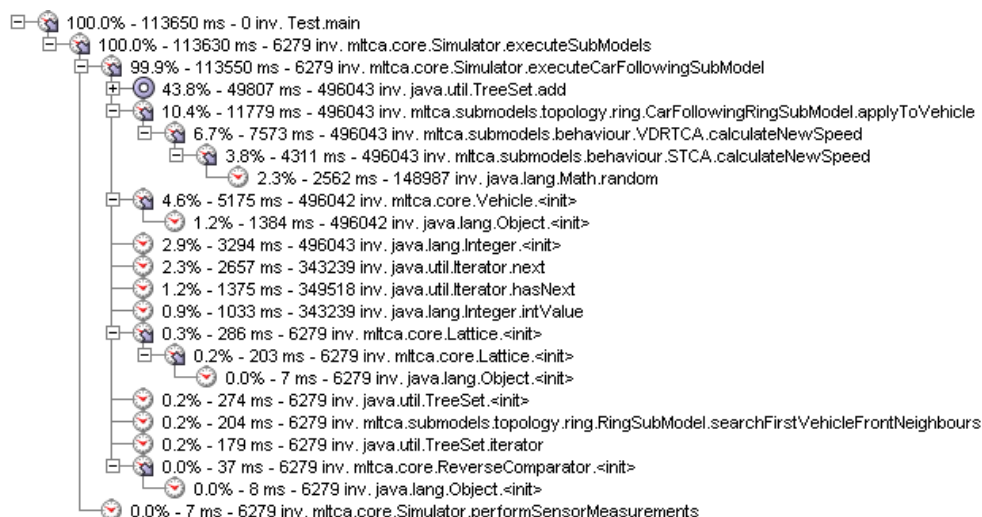
Bij wijze van test, heb ik een systeem gesimuleerd met een lengte van 300 cellen en 3 vakken. De globale dichtheid bedroeg 30% en het aantal tijdstappen 10000. Voor de naïeve twee-dimensionale implementatie bedroeg de executietijd gemiddeld ongeveer 4925 ms (dit voor vijf herhalingen van het experiment). Nadat ik de array vervangen had door een een-dimensionale variant ervan, bedroeg de executietijd 3817 ms. Voor grotere arrays levert dit dus duidelijk een verbetering op.

Aansluitend heb ik de broncode van *ML-TCA* herschreven zodat het rooster nu door een een-dimensionale array wordt voorgesteld. In figuur 26.2 is het resultaat van *JProfiler* te zien, wat duidelijk een verbetering inzake geheugenverbruik oplevert ! De scherpe pieken van de eerdere blauwe grafiek zijn nu immers verdwenen.



Figuur 26.2: Geheugengebruik van een 1D-array als implementatie van het rooster in *ML-TCA*.

- Het blijkt dat één van de *belangrijkste* oorzaken van de lange executietijden, wordt gevormd door het gebruik van de Java-klasse `TreeSet`. Deze klasse was nodig om de functionaliteit van het wiskundige concept ‘verzameling’ te waarborgen bij het implementeren van het algoritme dat alle actieve sites afloopt. In figuur 26.3 is duidelijk te zien dat de methode `TreeSet.add` op zich alleen al 43% van alle CPU-tijd inneemt, iets wat onverantwoord is. Het is dus zoeken naar een betere implementatie voor deze benodigde functionaliteit.



Figuur 26.3: Opdeling van de gebruikte CPU-tijd per methode voor de *ML-TCA* software.

- Tot slot heb ik mijn poster bij Ben Geeraerts afgehaald en heb ik het verslag van de vorige DWTC-vergadering afgewerkt.

Dinsdag 30/09/2003 :

- ik heb verder het lesschema voor HK05 opgesteld en de studenten hiervan op de hoogte gesteld; daarnaast heb ik ook het verslag van de vorige interne DWTC vergadering op punt gesteld.
- 's Avonds ben ik met de trein naar Delft gereisd.

Woensdag 01/10/2003 tot vrijdag 03/10/2003 :

- van de verschillende gegeven presentaties op de "*Workshop on Traffic and Granular Flow 2003*", zal ik hier enkel de nadruk leggen op degenen die expliciet met verkeer te maken hebben. De conferentie is immers tweevoudig, in die zin dat ongeveer de helft van de presentaties te maken met specifieke eigenschappen van granulaire media, wat niet altijd zo relevant was (vanuit verkeerskundig standpunt gezien).

John Kerridge :

- "*A comparison of techniques for capturing*"
- John is een van de weinige mensen die er rotsvast van overtuigd is dat je eerst echte empirische gegevens dient te verzamelen vooraleer je modellen begint op te stellen (iets waar ik hem wel gedeeltelijk in volg). Ik heb een aantal keer met hem gediscussieerd hierover, en het is inderdaad zo dat er veel modellen van voetgangsgedrag tegenwoordig naar voor worden geschoven, *zonder* dat er enige empirische verantwoording voor de gedragsregels wordt gegeven.

Boris Kerner :

- "*Three-phase traffic flow*"
- Boris is tot op heden de vurigste verdediger (strijder zelfs) van de drie-fasen theorie (vrij-stromend, gesynchroniseerd en opgestopt verkeer). Het probleem met zijn presentaties is dat hij het Engels niet volledig meester is; dit heeft als gevolg dat hij nogal vaak op zijn woorden moet zoeken. Het grappige is dat hij wegens zijn Russische afkomst nogal abrupt en hard spreekt, bijna dreigend. Net zoals John Kerridge, is hij een voorstander van het empirische : zijn hele beschrijving van de drie-fasen theorie is volledig gebaseerd op empirische verkeersgegevens. Zijn openingsbetoog was trouwens nogal memorabel : "*Alle verkeersstroommodellen van dit moment zijn verkeerd, ze gaan immers uit van het fundamenteel diagram wat onwettelijk is !*"

Later op de avond (tijdens het diner), heb ik met Boris Kerner, Markos Pappa-georgiou en Hani Mahmassani een interessante discussie gehad over het wel en wee van gesynchroniseerd verkeer. Het viel op dat Boris zijn theorie met hand en tand uitlegt, vooral stap per stap, opdat er geen misverstanden kunnen bestaan. Daarnaast vroeg hij ook aan beide professoren om zijn nieuw boek te promoten.

Chris Tampère :

- "*Capacity funnel explained using behavioural macroscopic traffic flow model*"
- Het interessante aan het model dat in deze presentatie werd voorgesteld, is dat het vertrekt van individuele gedragskarakteristieken. Het leuke is dat het fundamenteel diagram, wat in zo goed als alle modellen als *aanname*

wordt aanzien, in Chris' model op natuurlijke wijze als een *resultaat* wordt bekomen !

Kai Nagel :

- *"Probabilistic traffic flow breakdown in stochastic car following models"*
- De resultaten die Kai naar voren bracht, leken me voort te komen uit het recente werk dat hij in samenwerking met Dominic Jost had gedaan (fase-transities, ordeparameters, ...). Kai gaf wel een belangrijke indruk, in die zin dat hij zijn stempel wou drukken : vooraleer hij aan zijn onderwerp begon, gaf hij eerst een korte uiteenzetting die enkele gerezen onduidelijkheden uit de weg poogde te ruimen.

Ik ben later op de dag trouwens naar Kai toegestapt om hem mijn preliminaire resultaten van de bizarre fundamentele diagrammen van de VDR-TCA te tonen. Hij raadde me aan om met een aantal anderen hierover te praten.

Dirk Helbing :

- *"Dynamics in traffic systems and supply networks"*
- Deze presentatie ging vrij algemeen; Dirk legde de nadruk meer op *supply networks* en liet zien welke rijke dynamische effecten hierin naar voor kunnen komen.

Markos Papageorgiou :

- *"Model-based surveillance of motorway network traffic"*
- Markos was de *enigste* die het over regeltechniek had; hij legde op vrij duidelijke en overzichtelijke wijze uit hoe de toestandsvariabelen en -vergelijkingen worden opgesteld. Daarna liet hij, in het kader van een internationaal project, zien hoe een verkeerssysteem geregeld kan worden. Als onderliggend model gebruikte hij het macroscopische hogere-orde METANET model (waarvan hij zei dat *"despite some requiems you might have read, it is a sound model"*).

Henk van Zuylen :

- *"Granular policy"*
- Een granulair beleid duidde in deze presentatie op het feit dat men speltheorie kan gebruiken bij het regelen van verkeerssystemen. In een didactisch voorbeeld werden drie verschillende competitieve spelers voorgesteld : de beheerder van de autosnelweg, de beheerder van een stadsgebied en de automobilisten. In dit specifiek geval ontstond er extra verkeer op de autosnelweg door bestuurders die van de ene kant van stad naar de andere kant wensten te rijden, gebruik makend van de snelle verbinding. Aan de hand van diverse equilibria, werden de mogelijke oplossingen grafisch voorgesteld.

Jean-Patrick Lebacque :

- *"Intersection modeling, application to macroscopic network traffic flow models and traffic management"*
- Het leuke aan deze (soms moeilijk te volgen) presentatie, was dat ze een mooie theorie voorstelde op basis van het macroscopisch eerste-orde LWR model. Spijtig genoeg waren Carlos Daganzo of Gordon Newell niet onder het publiek aanwezig : Lebacque's theorie komt zo goed als 1-op-1 overeen met die van Daganzo (enkel de terminologie verschilt).

Andreas Schadschneider :

- *"Anomalous fundamental diagrams in traffic on ant trails"*
- Andreas stelde eerder gepubliceerd werk voor waarbij het gedrag van mieren met behulp van cellulaire automaten onderzocht werd. Het feit dat hij zijn fundamentele diagrammen als een 'anomalie' bestempelde, gaf mij een perfect aanknooppunt om mijn eigen bizarre fundamentele diagrammen van de VDR-TCA voor te stellen.

Later op de avond heb ik met hem hier nog kort over kunnen spreken (hij riep er zelfs Robert Barlović bij); de laatste dag heb ik hem nog enkele bizarre fundamentele diagrammen op de laptop getoond; hij was dadelijk geïnteresseerd ! Het is naar aanleiding van dit gesprek dat ik een artikel ben beginnen schrijven dat gepubliceerd kan worden in *Physical Review E*. Andreas stelde voor dat ik mijn ideeën op papier zette en contact met hem hield.

Hani Mahmassani :

- *"Pedestrian behavior in Mekka"*
- Dit was een van de meer entertainende presentaties : Hani gaf een microscopische CA simulatie van voetgangers waarbij nu het gedrag bij de rondgang tijdens de bedevaart naar Mekka werd gesimuleerd. Aan de hand van visuele simulaties (iets waar trouwens zo goed als elke spreker mee afkwam !) werden diverse effecten (zoals het sneller gaan door tegen de stroom in te gaan) getoond.

Yuki Sugiyama :

- *"Observations, theories and experiments for freeway traffic as physics of many-body system"*
- Yuki bracht iets naar voor wat typisch voor Japanners is : iedereen spreekt wel over voertuig-volg gedrag en het spontaan ontstaan van files, maar daarom is het nog niet in het echt aangetoond. Wat men dus uiteindelijk heeft gedaan, is het laten rijden van een groot aantal voertuigen in een grote cirkel, met in het midden een camera die met behulp van twee spiegels een 360 graden beeld opnam. Spijtig genoeg was de data nog niet gedigitaliseerd. Daarenboven lijkt het me (maar dit kan een persoonlijke indruk zijn), dat de Japanners tijdens hun presentaties lijken achter te staan : ze komen met dingen aandragen die vijf tot tien jaren geleden al aan bod kwamen ! Let daarbij trouwens ook op de verkeerde spelling van de titel van deze presentatie (en spellingsproblemen met de Engelse taal treden – tot mijn grote ergernis – veelvuldig op in de Japanse artikels).

Benjamin Coifman :

- *"Lane change maneuvers capturing freeway capacity"*
- Benjamin vertrok van empirische verkeersgegevens afkomstig van een aantal lusdetectoren; aan de hand hiervan besprak hij bepaalde effecten die te maken hadden met vak-veranderingen. Het spijtige was dat hij als gastspreker absoluut geen besef van tijd had, waardoor hij zijn presentatie niet deftig kon afwerken (en de spreektijd werd wel nauwlettend in het oog gehouden door de chair van elke sessie). Wat me stoorde was dat het aanvaarden van zijn onderwerp door de organisatoren mij een volledig raadsel is : zijn presentatie had niets te maken met granulaire media (in de context van verkeer).

Vincent Henn :

- *"A wave-based resolution scheme for the hydrodynamic LWR traffic flow model"*
- Het numeriek berekenen van tijd-ruimte diagrammen op basis van het macroscopische eerste-orde LWR model is een computationeel intensieve taak. Het is daarbij zelfs zo dat het merendeel van de rekentijd eigenlijk zinloos is : de tijd-ruimte diagrammen van de dichtheid tonen enkel veranderingen op de plaatsen waar schokgolven ontstaan, verdwijnen of zich voortplanten (in alle andere gebieden is de dichtheid immers constant). Een mooie oplossing hiervoor wordt gevormd door het werk van Vincent, die de posities en richtingen van de schokgolven zelf bijhoudt. Hij heeft C++ software ontwikkeld die toelaat om dergelijke tijd-ruimte illustraties vlot te tekenen, zonder dat er zware numerieke berekeningen dienen te gebeuren (iets wat we tijdens onze poster *wel* voor hadden).

Jean-Baptiste Lesort :

- *"Various scales for traffic flow representation : some reflexions"*
- Deze presentatie kwam voor mij nogal onsamenhangend over : het volledige nut ervan ontgaat me nog steeds en het is een van de presentaties waar ik het minste van onthouden heb.

Peter Wagner :

- *"Towards a benchmarking of microscopic traffic flow models"*
 - Vertrekkende vanuit empirische verkeersgegevens over voertuig-volg gedrag, werden de prestaties van diverse commerciële en niet-commerciële microscopische simulators vergeleken. Desondanks het feit dat het werk in kwestie een beetje gedateerd leek (ik was er reeds van op de hoogte), was het toch verfrissend om dergelijke objectieve (en externe) criteria te zien. Na de voordracht was Boris Kerner trouwens een van de mensen die Peter Wagner feliciteerde omdat er eindelijk iemand was die voor zijn onderzoek *vertrok* van empirische gegevens.
- Tijdens de eerste avond was er de postersessie. Leuk om weten was dat Vincent Henn langskwam en redelijk zwaar doorvroeg op onze methodiek (het koppelen van de stochasticiteit van de STCA aan het LWR model). Wat later kwam zelfs Markos Papageorgiou langs : hij nam rustig de tijd om de hele poster te bekijken, waarna hij enkele concrete vragen stelde. Hij bevestigde daarenboven dat hij Tom Belleman's dissertatie had ontvangen (maar had nog geen tijd had gevonden om ze te lezen).

26.2 Maandag 06/10 tot donderdag 09/10

26.2.1 Distributions of Time- and Distance-Headways in the Nagel-Schreckenberg Model of Vehicular Traffic: Effects of Hindrances

Referentie : [CPS98]

In dit artikel wordt ingegaan op het gedrag van de verdelingen van de *space headway* h_s en de *time headway* h_t , specifiek bij de aanwezigheid van statische hindernissen voor de STCA op een gesloten één-vaks ring. Een hindernis wordt hier bepaald door een segment met een zekere lengte, waarop voertuigen slechts aan maximaal de helft van hun huidige snelheid kunnen rijden.

De verdelingen van h_s en h_t worden analytisch bepaald door middel van de *site-oriented mean field* (SOMF) theorie en de *car-oriented mean field* (COMF) theorie. Het blijkt dat voor de verdeling van de *space headway* er twee lokale maxima zijn; voor de verdeling van de *time headway* bestaat er telkens één maximum (dit wordt getoond voor twee verschillende globale dichtheden).

Dit artikel geeft me ook bevestiging van mijn eerder behaalde resultaten waarbij ik het gedrag van de *space gap* g_s en *time gap* g_t bestudeerde (met behulp van formules (26.1) en (26.2) kan tussen *headways* en *gaps* geconverteerd worden). Het verschil is dat ik de verdelingen van beide grootheden voor *alle* dichtheden laat zien, terwijl deze in alle artikels slechts voor een weinig aantal worden getoond. Indien men een verticale doorsnede met mijn histogrammen maakt (zie bijvoorbeeld figuur 19.1), dan verkrijgt men net dezelfde grafieken als die in de literatuur gepubliceerd.

26.2.2 Effect of Delay in Restarting of Stopped Cars in a One-Dimensional Traffic Model

Referentie : [FI97]

In dit artikel wordt uitgegaan van het Takayasu-Takayasu (T^2) model, waarbij wordt gekeken naar het *oscillerend gedrag* van de gemiddelde snelheid in opgestopt verkeer (merk op dat de maximale snelheid slechts 1 cel/seconde bedraagt). Er wordt een onderscheid gemaakt tussen twee verschillende gevallen : in het ene geval kan een voertuig terug vertrekken van zodra de *space gap* minstens 1 cel bedraagt, in het andere geval dient het voertuig hierbij nog een extra tijdsstap te wachten.

26.2.3 Weekoverzicht

Maandag 06/10/2003 :

- ik heb de website van het vak "Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole" (HK05) op Toledo in orde gebracht.
- Daarnaast heb ik Robert Barlović gecontacteerd; hij gaf me te kennen dat hij zijn doctorstitel de komende maand gaat behalen en e-mailde me zijn Duitstalige licentiaatsthesis ('*diploma thesis*'), getiteld : "*Metastabile Zustände im Zellularautomatenmodell für den Straßenverkehr*" [Bar98].

Dinsdag 07/10/2003 :

- Christophe Traest heeft me zijn slides voor HK05 gestuurd; ik heb ze gekopieerd voor de studenten. Daarnaast heb ik richtlijnen opgesteld die de studenten kunnen helpen bij het schrijven van hun artikel als opdracht voor dit vak. Vervolgens heb ik de introductiepresentatie gemaakt die ik ter informatie zal geven, en tot slot ben ik bij Marcelo Espinoza langsgeweest om hem kort het vak toe te lichten.
- Ik heb ook enkele partners van ons DWTC-project CP/40 per e-mail een uitnodiging gestuurd voor een interne vergadering (aanstaande vrijdag) waarin we enkele punten *concreet* gaan uitwerken (dit in tegenstelling tot de vorige *'discussie vergadering'*).
- Ik heb het artikel "*Distributions of Time- and Distance-Headways in the Nagel-Schreckenberg Model of Vehicular Traffic: Effects of Hindrances*" (zie paragraaf 26.2.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Woensdag 08/10/2003 :

- in de voormiddag was het de eerste les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05). Gastspreker was Christophe Traest en hij had het over "*Gebruik van wiskundige modellen in de staalindustrie*".
- Ik heb de basisklassen van mijn *Traffic Cellular Automata* software herschreven waarbij nu een `array` in plaats van een `Vector` van cellen wordt gebruikt. Het grote voordeel hiervan is dat er nu een aanzienlijke tijdsbesparing wordt bereikt bij het uitvoeren van simulaties. Een neveneffect van deze herimplementatie is dat, naarmate het rooster van cellen door meer voertuigen bezet raakt, de simulatie trager zal draaien (maar nog steeds sneller dan in de oorspronkelijke implementatie). Al bij al kunnen fundamentele diagrammen en histogrammen nu ruim twee keer zo snel berekend worden !
- Ik heb het experiment voor het aantonen van metastabiliteit in de fundamentele diagrammen herschreven.

Donderdag 09/10/2003 :

- in de voormiddag ging de (eerste) brainstorm sessie van de subgroep *Systemen en Controle* van SISTA door; na een kort overzicht van de verschillende in SISTA lopende projecten, werd overgegaan op meer gedetailleerde problemen (waarbij enkel de harde 'controle'-kern van SISTA overbleef).
- Ik heb het artikel "*Effect of Delay in Restarting of Stopped Cars in a One-Dimensional Traffic Model*" (zie paragraaf 26.2.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- In de namiddag stelden de nieuwkomers in SISTA zichzelf voor, waarna de receptie kon beginnen.

26.3 Vrijdag 10/10 tot donderdag 16/10

26.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 10/10/2003 :

- in de voormiddag ben ik – naar aanleiding van de afgelopen TGF03 conferentie – beginnen schrijven aan een artikel dat de bizarre fundamentele diagrammen van de VDR-TCA (zie figuren 13.7, 13.8 en 13.9) behandelt. Zoals altijd blijkt dat ellendig veel tijd kruipt in het schrijven van een *originele* inleiding. De huidige titel is "*Convex fundamental diagrams and clustering in a stochastic traffic cellular automaton*"; de bedoeling is dat dit artikel gepubliceerd wordt in *Physical Review E*. Het is belangrijk om de richtlijnen voor publicaties in dit journal op te volgen (waarbij L^AT_EX gebruikt wordt) [PRE03a, PRE03b, WJM93].
- Vanaf 's middags ging een interne vergadering voor het DWTC-project CP/40 door; we (= SISTA + BWK + CESAME) hebben besproken welk onderliggend model en virtueel wegennetwerk we gaan gebruiken. Het blijkt dat het niet zo evident is om een geschikt model te vinden dat ons toelaat om het verkeer over het wegennetwerk te verdelen (i.e., een dynamisch toedelingmodel); het werk dat dit omvat vult gemakkelijk een *volledig* doctoraat !

Maandag 13/10/2003 :

- ik heb het deel "*Experimental setup*" van mijn artikel geschreven; dit wordt onderverdeeld in "*Geometrical description*" en "*Performing measurements*".

Dinsdag 14/10/2003 :

- ik heb de slides van de les HK05 morgen voor de studenten gekopieerd.
- Chris Tampère heeft me een vraag doorgestuurd in verband met een rapport van het *PredicTime* project. Ze hebben een probleem met het gebruik van een Kalmanfilter; ik heb de vraag aan Bart De Moor doorgespeeld.
- Ik heb voor mijn artikel het deel "*Velocity dependent randomization*" geschreven, waarin ik "*The VDR-TCA's ruleset*" en "*Normal behavioral characteristics*" uiteenzet (merk op dat het artikel in Amerikaans-Engels dient geschreven te worden). Van dit laatste onderdeel heb ik het gedrag van de fundamentele diagrammen uitgewerkt.

Woensdag 15/10/2003 :

- in de voormiddag was het de tweede les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05). Gastspreker was Marcelo Espinoza en hij had het over "*Datamining en profiling in a liberalized electricity market*".
- Verder heb ik voor mijn artikel een bespreking van de normale VDR-TCA aan de hand van de histogrammen uitgewerkt (deze geven weer hoe de verdelingen van de gemiddelde snelheid, *space gap* en *time gap* zich gedragen).

Donderdag 16/10/2003 :

- ik ben nog eens op bezoek bij Bouwkunde geweest om ideeën uit te wisselen met Isaak Yperman, Chris Tampère, Art Bleukx en Jim Stada.
- Daarnaast heb ik nog kort samengezeten met Kristiaan Pelckmans voor het eindwerkvoorstel voor de "*Master of Artificial Intelligence*".
- In de namiddag heb ik de SISTA-seminaries bijgewoond van John Homer ("*Detection guided adaptive estimation*"), Jean Baptiste Maj ("*Improvement of the speech intelligibility with noise reduction algorithms in dual microphone hearing aids*") en Johan Laneau ("*Music and tonal language perception in cochlear implants*").

Aangezien het hier allemaal seminaries voor de subgroep *Spraak* betrof, was het niet zo evident om vlot te kunnen volgen. Net toen de laatste gastspreker wou beginnen, ging een groot deel van het publiek weg; spijtig want dit was de *enige goede* gastspreker (hij kaderde het onderwerp vrij goed, wist de essentie te vertellen zonder onnodig af te dalen in wiskundige details).

Ik denk er ook aan om in de toekomst geen seminaries meer bij te wonen van gastsprekers die het (al dan niet opzettelijk) vertikken om een (deftige) abstract online te (laten) zetten ! Als zij deze moeite niet nemen, waarom zou ik dan nog energie in hen steken ?

26.4 Vrijdag 17/10 tot donderdag 23/10

26.4.1 Some Traffic Flow Models Illustrating Interesting Hyperbolic Behavior

Referentie : [Lev01]

In dit artikel wordt interessant hyperbolisch gedrag van de oplossing van de partiële differentiaalvergelijking voor de eerste-orde LWR theorie besproken. In een eerste geval wordt uitgegaan van een niet-volledig-concaaf fundamenteel diagram : voertuigen rijden bij lage dichtheden aan een lagere snelheid, maar van zodra de dichtheid toeneemt, rijden ze sneller. Dit doen ze tot de kritische dichtheid bereikt wordt en de voertuigen terug trager zullen rijden. Een realistisch voorbeeld hiervan is 's nachts rijden, waarbij mensen gemakkelijker sneller zullen rijden indien ze een voorligger hebben die de bochten en kronkels in de weg volgt. Na een analytische bespreking, volgt ook nog de opmerking dat in dit model de voertuigen automatisch 'clusteren' (iets wat ook in mijn artikel aan bod komt).

Het andere geval bespreekt detonatie-golven, waarbij voertuigen langs de kant geparkeerd staan en pas bij voldoende hoge dichtheid (dus als de snelheid van de passerende voertuigstroom laag (i.e., veilig) genoeg is) invoegen; dit zal leiden tot het plots invoegen van alle beschikbare voertuigen. Na een analytische bespreking wordt besloten met het stellen dat er aansluiting is bij de theorie van detonatie-golven, maar dat de situatie voor echte gassen nog meer rijker dynamisch gedrag vertoont.

26.4.2 Platoon formation in a traffic model with variable anticipation

Referentie : [LdRS03]

In dit artikel wordt de klassieke STCA aangevuld met een anticipatie parameter die weergeeft in welke mate een voertuig rekening houdt met de snelheid van zijn voorligger (de snelheid van de voorligger wordt dus gebruikt bij het bepalen van een veilige *space headway*). Daarenboven worden de regels van het gebruikte TCA model ook nog aangepast zodat ze een kromming geven in het (k,q) fundamenteel diagram bij het naderen van de kritische dichtheid; de gemiddelde snelheid ligt daar lager.

Indien de anticipatie groot genoeg is, dan zullen de voertuigen dichter op elkaar gaan rijden, wat uiteindelijk aanleiding geeft tot het vormen van peletons van voertuigen die allen met dezelfde snelheid kort op elkaar rijden (dit vergroot de capaciteit van het systeem, waardoor de doorstromingsgraad hoger komt te liggen). Het blijkt dat er nu drie verschillende dichtheidsregimes bestaan : naast het vrij-stromend en het opgestopt verkeer, bestaat er nu ook een mengeling van beide toestanden (dit is net waar de peletons zich vormen). Interessant om te zien is dat deze peletons aanleiding geven tot *voorwaarts* bewegende schokgolven; iets wat ook in mijn artikel aan bod komt.

On het verkeer zo efficiënt mogelijk te laten verlopen, kan de anticipatie parameter best aangepast worden al naargelang de (lokale) dichtheid. Een goede indicator voor het concept 'efficiëntie' is de variantie van de snelheid; iets wat ook in mijn histogrammen getoond wordt.

26.4.3 Cluster formation and anomalous fundamental diagram in an ant trail model

Referentie : [NCS03]

Het gebruik van cellulaire automaten vindt zijn toepassing in diverse gebieden. Als *particle hopping models* kunnen ze ook gebruikt worden bij het nabootsen van de bewegingen van mieren. Een extra hierbij (in tegenstelling tot voertuig verkeer) is dat er nu ook feromonen in de toestandsvARIABLEN dienen bijgehouden te worden. Het interessante aan het in dit artikel voorgestelde model is dat het (k,q) fundamenteel diagram een buigpunt vertoont in het gebied van lage dichtheden. (d.w.z., de snelheid in functie van de dichtheid is geen monotoon dalende functie meer).

26.4.4 Weekoverzicht

Vrijdag 17/10/2003 :

- heel de dag ging naar het schrijven (en indienen) van een *extended abstract* voor het nakende "1st Flanders Engineering PhD Symposium". Mijn titel is "Development of an Efficient Microscopic Traffic Flow Simulator", de abstract is als volgt :

In this short paper, we focus on the construction of an efficient microscopic traffic flow simulator. It is based on the classical concept of stochastic cellular automata, augmented with parallelism that is implemented as a heterogeneous distributed computing environment. As it is developed using the Java language, we have the extra advantage of platform independency, allowing the simulator to be run on any machine architecture.

Het triestige aan de hele zaak is dat achteraf zal blijken dat het symposium iets te veel succes kent, waardoor een heel aantal deelnames (waaronder ook die van mijn *geschrap*t zouden worden. . .

Maandag 20/10/2003 :

- ik heb voor mijn artikel eens gekeken naar wat de invloed van een toenemende *slow-down probability* p is op het tempo-spatiaal gedrag van de VDR-TCA (dit voor een vaste *slow-to-start probability* $p_0 = 0.0$ (dit valt onder het deel "More complex system dynamics"). Het blijkt dat naarmate p wordt verhoogt, de snelheid van de achterwaarts stromende congestiegolven toeneemt (vermits deze snelheid negatief is, wil dit zeggen dat ze in absolute waarde dus *afneemt*); op een bepaald punt wordt deze snelheid nul (de golven blijven 'ter plaatse') en vervolgens positief, hetgeen wil zeggen dat de congestiegolven *met de rijrichting* mee bewegen.

Dinsdag 21/10/2003 :

- ik heb de slides van de les HK05 morgen voor de studenten gekopieerd.
- Voor mijn artikel heb ik gekeken naar de "Qualitative effects of the ruleset", waarbij $p_0 = 0.0$ en $p = 1.0$; ik maak hier dan een onderscheid tussen vier verschillende gevallen (al naargelang het al dan niet nul zijn van de snelheid en/of *space gap* van een voertuig).

- Er mee rekening houdend dat formules (26.1) en (26.2) gelden, en wetende dat $k \propto h_s^{-1}$ en $q \propto h_t^{-1}$, kunnen we schrijven dat :

$$k_j = h_{s_j}^{-1} = (L + g_{s_j})^{-1} = \frac{1}{L}, \quad (26.3)$$

want $g_{s_j} = 0$ in een volledig opgestopt systeem (i.e., bumper-aan-bumper). Daarnaast geldt ook dat :

$$k_c = h_{s_c}^{-1} = (L + g_{s_c})^{-1} = \frac{1}{L + v_{\max}}, \quad (26.4)$$

want in capaciteitsverkeer rijdt elk voertuig *botsingsvrij* aan de maximale snelheid. Verder geldt ook dat :

$$q_c = k_c \cdot v_{\max} = \frac{v_{\max}}{L + v_{\max}}. \quad (26.5)$$

Er geldt dat :

$$q_c = h_{s_c}^{-1} = (\rho + g_{t_c})^{-1}. \quad (26.6)$$

In formule (26.6) is g_{t_c} de tijd nodig om g_{s_c} te overbruggen, aan een snelheid van v_{\max} , of nog : $g_{t_c} = 1$. Dit laat ons toe om een uitdrukking voor de bezettingstijd ρ af te leiden :

$$\rho = \frac{L + v_{\max}}{v_{\max}} - 1 = \frac{L}{v_{\max}}. \quad (26.7)$$

Indien nu $L = 1$ cel en $v_{\max} = 5$ cellen/seconde, dan is $\rho = \frac{1}{5}$.

Woensdag 22/10/2003 :

- in de voormiddag was het de derde les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05). Gastspreker was Herman Van der Auweraer en hij had het over "*Modelleren van structuurdynamisch gedrag*".
- Ik heb voor mijn artikel het deel "*Quantitative analysis*" geschreven; als eerste onderdeel hen ik "*Effects on the fundamental diagrams*" behandeld (waarbij ook rekening werd gehouden met de invloed van een verschillende maximale snelheid).
- Ik heb het artikel "*Some Traffic Flow Models Illustrating Interesting Hyperbolic Behavior*" (zie paragraaf 26.4.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Donderdag 23/10/2003 :

- ik heb voor mijn artikel het deel "*Quantitative analysis*" afgewerkt, waarbij nu aandacht werd besteed aan "*Effects on the histograms*".
- Ik heb de artikels "*Platoon formation in a traffic model with variable anticipation*" (zie paragraaf 26.4.2 voor meer details hieromtrent) en "*Cluster formation and anomalous fundamental diagram in an ant trail model*" (zie paragraaf 26.4.3 voor meer details hieromtrent) gelezen.

26.5 Vrijdag 24/10 tot donderdag 30/10

26.5.1 Cellular automaton rule 184 + + C. A simple model for the complex dynamics of various particles flow

Referentie : [Awa99]

Uitgaande van een veralgemening van de CA-184 (met $v_{\max} = 1$ cel/seconde), worden diverse variaties hierop besproken. Alle varianten kunnen gekenmerkt worden met een uniek geheel getal (net zoals Stephen Wolfram indertijd zijn classificatie maakte). Het blijkt dat er drie grote categorieën van systemen zijn, al naargelang of ze 2, 3 of 4 fasen hebben. Het interessante gedrag treedt op bij de zogenaamde *four-phase (4P) models*, waarbij er drie fase-transities optreden. In het (k,q) fundamenteel diagram levert dit een convex gebied op voor tussenliggende dichtheden (net zoals in mijn artikel).

26.5.2 Jamming transition in a cellular automaton model for traffic flow

Referentie : [ESSS98]

Dit artikel belicht de effecten die door variatie van de *slowdown probability* p tot uiting komen in de klassieke STCA. Toename van p leidt tot een afname van de capaciteit en een lagere kritische dichtheid. Er wordt ook gesteld dat analytische oplossingen enkel nog maar gevonden zijn voor het geval $v_{\max} = 1$ cel/seconde en het geval waarbij $p = 0.0$.

Om de overgang van het vrij-stromend naar het opgestopt verkeersregime te karakteriseren, wordt er eerst gekeken naar het gedrag van de relaxatietijd (deze tijd divergeert naarmate het transitiepunt wordt genaderd bij een tweede-orde fase-transitie). Een andere mogelijkheid is het bestuderen van een ordeparameter die de correlatie tussen twee naburige cellen in rekening brengt. Het blijkt echter dat voor mijn artikel deze ordeparameter inferieur is, aangezien *niet alle* fase-transities gedetecteerd worden.

26.5.3 Traffic Flow in 1D Cellular Automaton Model Including Cars Moving with High Speed

Referentie : [FI96]

Dit is het oorspronkelijke artikel waarin het FI-TCA model wordt voorgesteld. Het wordt aangebracht als een uitbreiding van de CA-184, met dat verschil dat enerzijds de maximale snelheid groter dan 1 cel/seconde wordt genomen, en anderzijds dat voertuigen instantaan kunnen optrekken met de grootste mogelijke snelheid (botsingsvrij weliswaar). Aan de hand van de *mean-field theory* wordt een analytische bespreking gegeven.

26.5.4 Weekoverzicht

Vrijdag 24/10/2003 :

- ik heb voor mijn artikel het deel "*Typical tempo-spatial behavior*" geschreven, waarin ik onderscheid maak tussen "*free-flowing traffic*", "*dilute congested traffic*", "*dense advancing traffic*" en "*heavy congested traffic*".

- Ik heb het artikel "*Cellular automaton rule 184 + + C. A simple model for the complex dynamics of various particles flow*" (zie paragraaf 26.5.1 voor meer details hieromtrent) gelezen. Het artikel is zeer belangrijk aangezien dit het *enigste* is dat ik ben tegen gekomen waarin *exact* dezelfde resultaten als die in mijn artikel worden getoond (weliswaar vertrekkende vanuit een andere redenering).

Maandag 27/10/2003 :

- ik heb via Monique Kumps van de Centrale Bibliotheek Campus Arenberg (CBA) het oorspronkelijke artikel "*If noise in a traffic model*" van Takayasu en Takayasu aangevraagd.
- Voor mijn artikel heb ik, na er een weekend over te denken, eens gekeken naar een geschikte *ordeparameter*. Deze parameter kan weergeven wanneer het systeemgedrag drastisch verandert (bijvoorbeeld om de overgang van vrij-stromend naar opgestopt verkeer te detecteren). Dit leidde tot het schrijven van het deel "*Suitable order parameters*", wat opgesplitst werd in "*Nearest neighbor correlations*" en "*A measure of inhomogeneity*". Het eerste deel is gebaseerd op [ESSS98] (zie paragraaf 26.5.2 voor meer details hieromtrent), het tweede deel op [JN03] (zie paragraaf 17.4.1 voor meer details hieromtrent).

Ik heb daarnaast ook contact gehad met Dominic Jost en hem gevraagd naar het exacte gebruik van hun ordeparameter (die de variantie van de lokale dichtheid t.o.v. de globale dichtheid weergeeft); de uitwerking die ik voor ogen had, blijkt volledig te kloppen.

- Mijn negende exemplaar van *Scientific Computing World* (zie [Wil03e]) is aangekomen.

Dinsdag 28/10/2003 :

- heel de dag ging naar het voorbereiden van mijn slides voor mijn gastlezing morgen voor HK05. De titel is – net zoals vorig jaar – "*Modelleren, simuleren en beheersen van verkeersstromen*", waarbij ik nu ook meer over de beschikbare meetgegevens ga vertellen. De inhoud van mijn presentatie is als volgt :

- **Vergaren van verkeersmetingen**
 - * Beschikbare infrastructuur
 - * Aard van de metingen
 - * Kwaliteitsproblemen
 - * Correlaties tussen de metingen
- **Verkeersregimes**
- **Modelleren van verkeersstromen**
 - * Macroscopische modellen
 - * Microscopische modellen
 - Voertuig-volg model
 - Vak-verander model
 - Routing
 - HB-matrix
- **Simuleren van verkeersstromen**
 - * Microscopische simulators

– **Beheersen van verkeersstromen**

- * Verkeerscentrum Vlaanderen
- * Regeling van verkeerslichten
- * Dynamische routegeleiding
- * Variable Message Signs (VMS)
- * Incident detectie
- * Toeritdosering
- * Blokkrijden: mythe of werkelijkheid ?
- * Duurzaamheidseffecten van ATMS

Voor iedereen die een beknopte (maar relevante) inleiding in verkeer wil, is dit de geknipte presentatie !

Woensdag 29/10/2003 :

- in de voormiddag was het de vierde les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05). De les werd door mezelf gegeven, waarbij ik het had over "*Modelleren, simuleren en beheersen van verkeersstromen*". De les op zich was vrij interessant (er waren redelijk veel vragen), achteraf bleek zelfs dat twee van de vier studenten mijn onderwerp wilden kiezen voor het schrijven van het artikel als hun opdracht. Het viel me op dat elke zichzelf-respecterende doctoraatsstudent *zoveel mogelijk* kennis/informatie dient te vergaren, ook *buiten* zijn eigen discipline; enkel door veel te lezen en zelf bij te leren is het mogelijk om de zeer diverse waaier aan vragen correct te beantwoorden !
- Ik heb het artikel "*Traffic Flow in 1D Cellular Automaton Model Including Cars Moving with High Speed*" (zie paragraaf 26.5.3 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Donderdag 30/10/2003 :

- ik heb – na het afwerken van alle experimenten voor mijn artikel – de vernieuwde versie van mijn *Traffic Cellular Automata* software op mijn website geplaatst. Daarnaast heb ik ook de slides (van mijn voor HK05 gegeven presentatie) beschikbaar gemaakt.

Hoofdstuk 27

November 2003

27.1 Vrijdag 31/10 tot donderdag 06/11

27.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 31/10/2003 :

- ik heb het laatste deel, getiteld "*Summary*", van mijn artikel afgewerkt, alsmede de laatste hand gelegd aan de abstract. Daarnaast heb ik een experiment gestart dat de ordeparameter, gebaseerd op die van [JN03] (zie paragraaf 17.4.1), herberekent (maar dan voor een veel grotere simulatieperiode).

Maandag 03/11/2003 :

- ik heb me geregistreerd op *arXiv.org* en *Physical Review Web Submission*; van zodra mijn artikel volledig in orde is, stel ik het via beide websites beschikbaar.
- Bart De Moor heeft me een goede opmerking over mijn titel gegeven; ik heb deze veranderd naar "*Non-concave fundamental diagrams and clustering in a stochastic traffic cellular automaton*".
- Ik heb mijn artikel aan Bart De Moor gegeven zodat hij er zijn opmerkingen over kan formuleren. Daarnaast – en dit is vrij belangrijk – heb ik het artikel ook ter inzage aan Andreas Schadschneider gegeven; hij heeft mee de VDR-TCA ontwikkeld en is vrij goed begaan met de kwalitatieve effecten van TCA-modellen.

Dinsdag 04/11/2003 :

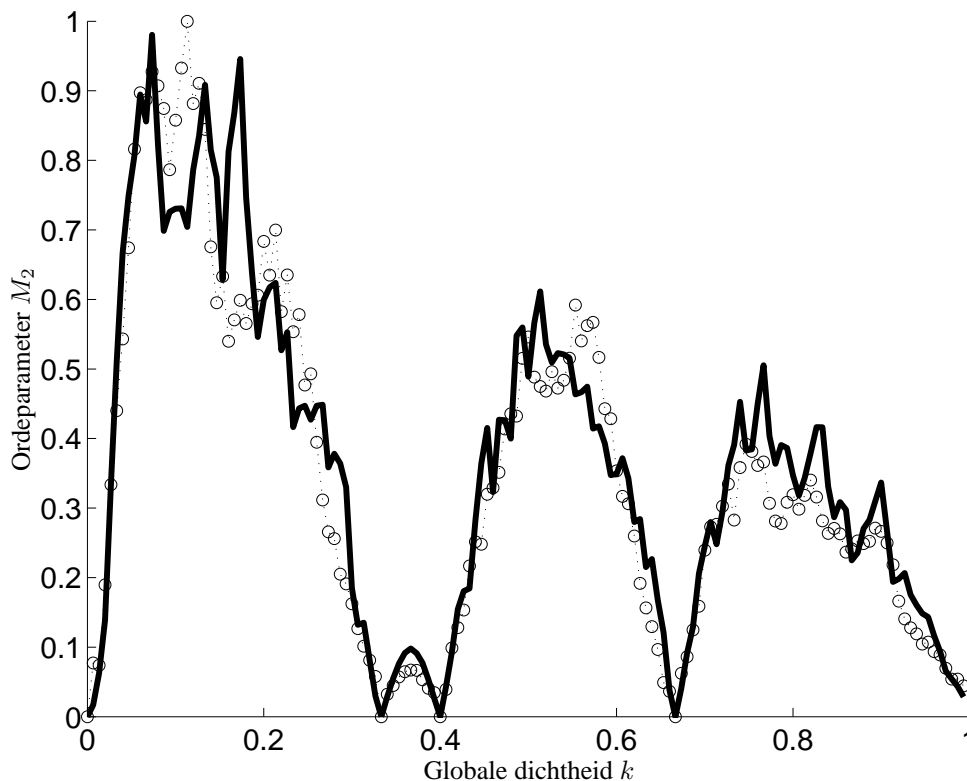
- ik heb de slides van de les HK05 morgen voor de studenten gekopieerd.
- Andreas Schadschneider wist me te melden dat hij met plezier naar mijn artikel zal kijken; hij belofde me om volgende week opmerkingen te geven.
- Ik ben samen met Dries Van Dromme een treinticket voor de trip naar Amsterdam gaan halen ("*Symposium on Large Datasets*").
- Na ruim 100 uren (!) te rekenen op mijn Intel PIII 1 GHz computer, is mijn experiment van vorige vrijdag beëindigd. Het resultaat is te zien in figuur 27.1. De ordeparameter M_2 zoals gebruikt in mijn artikel, wordt gedefinieerd als :

$$M_2 = \left\langle \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L (k_{l_i} - E[k_l])^2 \right\rangle_{T_{\text{sim}}}, \quad (27.1)$$

waarbij de weg wordt gepartitioneerd in L stukken met lengte K/L (K is de totale lengte van de weg). De lokale dichtheden k_{l_i} worden voor alle segmenten i berekend; de ordeparameter geeft dus de variantie weer van de lokale dichtheid ten opzichte van de globale dichtheid. In vergelijking (27.1) duidt $E[k_l]$ op de verwachtingswaarde van de lokale dichtheid; in ons geval is deze gelijk aan de globale dichtheid k want we beschouwen een gesloten systeem. De lokale dichtheden worden berekend als volgt:

$$k_{l_i} = \frac{1}{K/L} \sum_{j=i_1}^{j=i_{K/L}} \eta_j, \quad (27.2)$$

met i_1 en $i_{K/L}$ respectievelijk het begin en einde van segment i . De bezetting η_i van een cel i is 1 of 0 al naargelang er een voertuig in de cel zit of niet.



Figuur 27.1: De ordeparameter M_2 die fase-transities kan detecteren.

In figuur 27.1 werden twee systemen van 300 cellen gesimuleerd : het ene systeem (de curve met de bolletjes) werd gedurende 10^5 tijdstappen gesimuleerd, het andere (de dikke lijn) gedurende 10^7 tijdstappen (en dit duurde ruim 100 uren). Het blijkt dus dat het nerveuze gedrag van de ordeparameter *niet* kan weggewerkt worden door simpelweg langer te simuleren; waarschijnlijk is er een verbetering in zicht indien ik een groter systeem beschouw. Dit nerveuze gedrag is trouwens iets wat typisch bij *niet-stochastische* TCA modellen voorkomt (de histogrammen van de CA-184 vertoonden immers dezelfde nerveuze schommelingen) !

Woensdag 05/11/2003 :

- in de voormiddag was het de vijfde les van "Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole" (HK05). Gastspreker was Jan Van Impe en hij had het over "Modelling, optimization and control of biochemical reactions and reactors".

- Op de middag ging het eerste seminarie op *Transport & Mobility Leuven* door; Steven Logghe presenteerde er zijn paper over "*De dynamica van congestie en prijsbeleid*".
- In de namiddag heb ik mijn weekverslag afgewerkt.

Donderdag 06/11/2003 :

- reeds vroeg in de ochtend nam ik de trein naar Amsterdam, waar het "*Symposium on Large Datasets*" zou plaatsvinden. Na een tweetal uur reizen, kwam ik aan in het Trippenhuis, waar de gastlezingen alvast begonnen waren. Volgende gastsprekers en hun onderwerpen kwamen aan bod :

Yoav Benjamini (Tel-Aviv University) :

- "*Multiplicity issues related to complex research questions in microarrays analysis*"
- Een groot probleem bij het behandelen van grote datasets, is dat de statistische algoritmes niet goed meeschalen met de toenemende grootte. Om hieraan tegemoet te komen wordt de *false discovery rate* (FDR) gebruikt, die aangeeft wat de verwachte proportie van foute voorspellingen in de totale verzameling van voorspellingen is. De presentatie verliep mijns inziens nogal snel, in de zin dat er nogal snel verondersteld werd dat het publiek mee met de redeneringen kon volgen, wat niet altijd het geval was.

Philip Hans Franses (Erasmus University, Rotterdam) :

- "*More, but also better?*"
- Deze interessante voorstelling, behandelde enkele kenmerkende feiten van de wereld waarin interacties tussen mensen, bedrijven en hun producten optreden. Als voorbeeld werd onder andere EDA aangekaart, waar mensen bij het binnengaan zich aanmelden; een systeem volgt dan het koopgedrag van deze mensen en geeft vervolgens onder andere interessante speciale aanbiedingen weer. De gastspreker gaf de indruk nogal laks te zijn wat betreft spreektijd (i.e., lang over een slide doen), maar raakte uiteindelijk toch nog tijdig rond.

Paul Eilers (Leiden University Medical Centre) :

- "*Low Memory, High Speed Smoothing on Large Multidimensional Grids*"
- Veel data is niet altijd een gunstige positie; het smoothen van data kan dan een uitkomst bieden. In deze presentatie werd vertrokken van klassieke B-splines die gebruikt worden om de dataset te interpoleren. Vervolgens werd een uitbreiding (P-splines) voorgesteld die in staat is om met een *penalty-factor* te werken; deze geeft de uiteindelijke "ruwheid" van de smoothing weer. Dit werd (en wordt nog steeds) uitgewerkt tot hoger-dimensionale datasets, waarbij bizarre matrix-manipulaties het goede resultaat opleveren (voor zowel inter- als extrapolatie). Een van de opmerkingen die ik gaf, was dat deze splines equidistant worden genomen en dat dit niet altijd interessant is : in verkeersdata is het namelijk zo dat smoothen ervoor zorgt dat de scherpe piek van de ochtenspits weg- of afgevlakt wordt. Na een kort gesprek met de gastspreker, blijkt dat een **wavelet-gebaseerde smoothing** hier een grote uitkomst kan bieden; iets wat ik dus in de nabije toekomst ook zal doen.

Andreas Buja (University of Pennsylvania) :

- *"Hands-On Experiences with Mining Telecom Data"*
- Deze gastlezing was een van de meer relevante voor dit symposium; de grootte van de dataset bedroeg enkele terabytes (afkomstig van belgegevens van telecom klanten). De spreker gaf een levendige voordracht, gespekt met allerhande interessante feiten; ook werd er geregeld stilgestaan bij enkele interessante observaties die uit de grafieken opduiken.

Jos Roerdink (University of Groningen) :

- *"Visualisation of large data sets with applications in life science"*
- Het nut van deze presentatie ontsnapt me nog steeds volledig ! De gastspreker had het over voxel-gebaseerde data (i.e., 3D matrices, ...), iets waar ik me zelf een jaar geleden al eens mee heb bezig gehouden in het kader van mijn (nieuw) *ray tracing* project. Op dit vlak heb ik niks nieuws bijgeleerd, en in mijn opinie diende deze gastspreker ook niet op dit symposium aanwezig te zijn.

Geert Wets (Limburg University, België) :

- *"Large data sets in traffic safety"*
- Dit *beloofde* een van de meer voor mij interessante gastlezingen te worden; spijtig genoeg kon de gastspreker (hij is een professor, iets wat ik niet verwachtte aan hem te zien) geen goede voordracht geven: hij had een erbarmelijke stem (constant pauzeren, onsamenhangende zinnen, telkens hetzelfde tonale stempatroon voor elke uitgesproken zin, ...) en zijn slides trokken ook op niet veel: soms bomvol formules (waarvan hij dan zei dat hij ze niet ging behandelen), veel te kleine tekstgrootte, ...
Qua onderwerp had hij een Bayesiaans 3-variaat model opgesteld voor de ongevallen in de regio Leuven, waarbij de dataset uit een 3000-tal ongevallen bestond, gebeurd op een 500-tal verschillende plaatsen. Dit constitueert mijns inziens absoluut geen grote dataset, en het was pas op het einde dat hij zei dat men dit nu op gans Vlaanderen ging toepassen.

Na me hier even over te bezinnen, is mijn besluit wel duidelijk geworden : de VVS-SSP symposia beginnen *sterk* aan kwaliteit in te boeten ! Enkele kenmerkende aandachtspunten :

- De proceedings werden *niet* ter plekke verspreid; we kregen enkel de bekende stoffen zak met hun logo (en de gegevens van het symposium op). De inhoud van deze zak was waardeloos : pakken reclame voor diverse statistische software. Nu blijkt dat men de proceedings *achteraf* naar ons persoonlijk zal opsturen; dit *extra* kostenplaatje had men mijns inziens a priori toch niet voorzien ! Nalatigheid troef zou ik zo zeggen !
- Vermits dit een symposium is waar slechts een *beperkt* aantal gastsprekers aan bod komen, vind ik dat de organisatoren zich eens sterk mogen bezinnen over de geest waarin zij hun lezingen en onderwerpen opvatten.
 - * Slechte sprekers hoeven a priori al niet als kandidaat beschouwd te worden, vind ik : een goede academische carrière hebben is *niet genoeg* ! Iemand die geen goede voordrachten kan geven is onze tijd niet waard !

- * Van iemand die op het symposium een voordracht komt geven, verwacht ik op zijn minst dat dit *zeer goed* aansluit bij het overkoepelende onderwerp in kwestie. Ik ging naar het symposium in de veronderstelling dat men mij iets zou bijleren in verband met het verwerken van grote datasets. In plaats daarvan kreeg ik een reeks onderwerpen voorgeschoteld die niet altijd goed gekaderd waren, en soms wel niet relevant leken. Men heeft me geen stap wijzer gemaakt. Een voorbeeld van een mogelijk aandachtspunt zou kunnen zijn hoe men grote datasets kan visualiseren : dit op het vlak van enerzijds hoog-dimensionale data, en anderzijds op het vlak van laag-dimensionale data maar dan met veel aantallen (e.g., verkeersprofielen van alle dagen).
- De middagmaaltijd liet *sterk* te wensen over. Het drankaanbod was geminimaliseerd tot koffie, thee en melk (waar ze vroeger nog fruitsap en water aanboden). De broodjes waren al even karig; ook wat betreft het eten is er dus blijkbaar een negatieve verandering gebeurd.

Kortom : het is zo goed als de laatste keer dat ze mij daar gezien hebben; het symposium was een grote verspilling van mijn tijd. Nog een geluk dat ik *direct* de eerste trein terug naar Antwerpen kon nemen . . .

27.2 Vrijdag 07/11 tot donderdag 13/11

27.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 07/11/2003 :

- persoonlijke verlofdag.

Maandag 10/11/2003 :

- ik heb de slides van de les HK05 morgen voor de studenten gekopieerd.
- Ik heb ook mijn F2-formulier ingediend voor de onkosten gemaakt op het "*Symposium on Large Datasets*"
- Via de Centrale Bibliotheek Campus Arenberg heeft men mij het originele artikel van Takayasu en Takayasu bezorgd !
- In de namiddag deed ik mee aan een interview met Bart De Moor en Griet De Ceuster, afgenomen door Steven Stroeykens van De Standaard. Het viel me op dat Bart nog steeds met de sterk verouderde slides van Tom Bellemans' presentatie werkt; ook werd er geregeld van de hak op de tak gesprongen, wat het overzicht voor Steven mijns insziens serieus vertroebelde.

Naar de toekomst toe stel ik dan ook voor dat we *op voorhand* eens samenzitten en uitklaren waar we het over willen hebben; kwestie van eensgezind over te komen.

- Andreas Schadschneider heeft al een eerste reeks opmerkingen over mijn artikel gegeven (hij vindt dat ik een vrij interessant onderwerp heb aangesneden) : het betreft vooral opmerkingen met betrekking tot de referenties. Daarnaast heeft hij ook enkele andere interessante referenties gegeven (met de boodschap dat ik zelf nog wel moest zien of ze wel relevant waren). De meeste van zijn referenties heb ik echter vroeger al bekeken en onbelangrijk voor mijn artikel gevonden. Hij heeft me ook een licentiaatsthesis gegeven waarin diverse parameterregimes van de STCA worden besproken. Tot slot beloofde hij me nog een reeks opmerkingen met betrekking tot de fysica in mijn artikel een van de komende dagen door te sturen.

Dinsdag 11/11/2003 :

- collectief verlof K.U.Leuven.

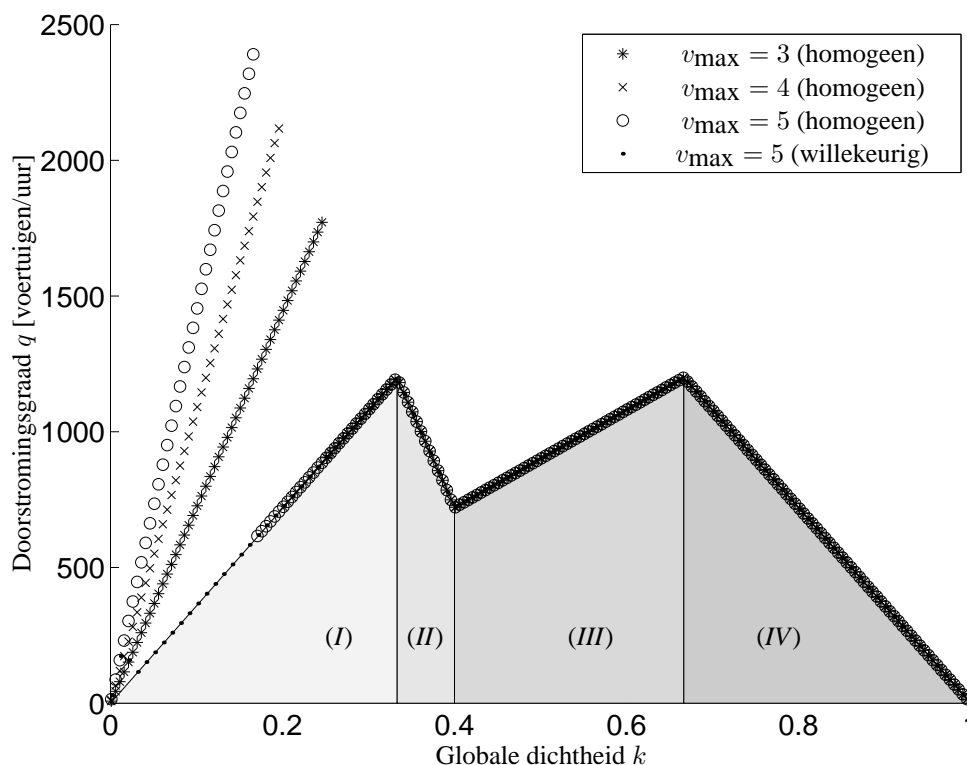
Woensdag 12/11/2003 :

- in de voormiddag was het de zesde les van "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05). Gastspreker was Paul Van Hummelen en hij had het over "*Micro-arrays en bio-informatica*".
- Ik heb Steven Stroeykens al het noodzakelijke materiaal (alsmede mijn *geknipte* presentatie) overhandigd voor het schrijven van zijn artikel in De Standaard; het krantenartikel zou ergens een van de komende vrijdagen verschijnen.
- Heel de namiddag ging naar het in orde brengen van mijn doctoraal logboek.

Donderdag 13/11/2003 :

- Andreas Schadschneider heeft me gecontacteerd met enkele opmerkingen in verband met de fysica achter mijn artikel. Volgens hem leg ik niet genoeg de nadruk op een belangrijke eigenschap die geldt in de limiet $p_0 = 0.0$ en $p = 1.0$, namelijk dat geen enkel voertuig kan versnellen. Nochtans heb ik dit wel in mijn artikel vermeld, maar dan wel als een klein onderdeel tijdens een kwalitatieve bespreking. Hij meldde me ook dat er een probleem met een van mijn grafieken is : na onderzoek blijkt dat dit een artefact van het MATLAB-commando `contourf` is.

Daarenboven zegt hij dat ik geen melding maak van de initiële condities (die toch wel vrij belangrijk zijn); een homogene verdeling van de voertuigen kan tot zeer hoge doorstromingsgraden leiden in het vrij-stromend regime. Ter verduidelijking heb ik extra simulaties gedaan, waarvan het resultaat te zien is in figuur 27.2. De simulaties gaan uit van homogene initiële condities (i.e., alle voertuigen hebben dezelfde beginsnelheid v_{\max} en voldoende veilige *space headway* h_s). Het blijkt dat er voor alle globale dichtheden in het eerste regime (I) van vrij-stromend verkeer, een stabiele voertuigstroom is die aanleiding geeft tot een maximale doorstromingsgraad bij de kritische dichtheid. Vanaf dan ontstaat er een capaciteitsval, waarna het verkeer zich verder op de oorspronkelijke tak met $v = 1$ cel/seconde beweegt. Merk op dat alle voertuigen telkens aan $v_{\max} - 1$ rijden in de eerste tak (wat normaal is volgens mijn discussie omtrent het kwalitatief gedrag); naarmate v_{\max} lager wordt genomen, schuift de kritische dichtheid op tot wanneer $v_{\max} = 1$ of $v_{\max} = 2$ waar het punt $k = \frac{1}{3}$ bereikt wordt.



Figuur 27.2: Het verschil tussen willekeurige en homogene initiële condities voor de VDR-TCA met $p_0 = 0.0$ en $p = 1.0$ als parameters en $v_{\max} \in \{3, 4, 5\}$.

- Gedurende de rest van de dag heb ik alle papieren voor de aanstaande ITSS03 conferentie in orde gebracht, alsmede de eerste hand aan mijn presentatie gelegd.

27.3 Vrijdag 14/11 tot donderdag 20/11

27.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 14/11/2003 :

- ik heb alle partners van ons DWTC-CP/40 project verzocht om een nieuwe datum voor de eerstvolgende vergadering met de gebruikersgroep voor te stellen.
- Verder heb ik mijn presentatie voor ITSS03 afgewerkt en heb ik een agenda opgesteld van welke sessies ik wil volgen (dit vermits er ruim 240 sessies doorgaan met een totaal van ruim 600 sprekers).
- Lut Vanderbracht vroeg of iemand de nieuwe doctorandi aanstaande maandagavond wou toespreken; het is spijtig omdat ze dit langs de ene kant veel te laat vraagt, en langs de andere kant omdat ik dan op conferentie zit; maar ik heb haar beloofd om deze taak volgend jaar met plezier te vervullen !

Zondag 16/11/2003 tot donderdag 20/11/2003 :

- gedurende deze periode ging het "*10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transportation Systems and Services*" door (waarop ik aanwezig was samen met Isaak, Steven, Filip en Jasper). De start werd gegeven met een uitgebreide openingsceremonie (waarop veel monologen werden vertolkt); spijtig genoeg kon ERTICO voorzitter Max Mosley niet aanwezig zijn !
- Van de *talrijke* sessies die doorgingen, ging mijn aandacht uit naar :
 - Global E-Safety
 - Exhibition ribbon cutting
 - Floating car data
 - Road pricing – operations and policy
 - Traffic management
 - Monitoring models
 - Traffic modelling and data collection
 - Simulation techniques
 - Traffic prediction
 - Traffic data collection
 - Travel time prediction
 - Speed effects

Zelf presenteerde ik mijn onderzoeksresultaten in de sessie "*Monitoring models*"; het viel me trouwens op dat ik niet al teveel nadruk op de implementatiekant mag leggen (dit vooral wat betreft het computergebruik). Daarnaast zijn de meeste sessies ook wel 'logistiek' van aard; het verschil met mijn presentatie werd me duidelijk toen de moderator vertelde dat er twee soorten presentaties in onze sessie waren : doctoraatspresentaties (i.e., *werk in uitvoer*) en meer disseminatie-gerichte presentaties.

- Na mijn presentatie werd ik trouwens benaderd door Luca Tosi (hoofd van de dienst informatiesystemen en modellen van de "*Agenzia Milanese Mobilita Ambiente*") en Thomas Ekdahl (hoofd van "*Allogg Technology*"); beiden hadden gelijklopende vragen met betrekking tot het toepassen van TCA modellen voor grootschalige netwerken.

- Van de vele bijgewoonde presentaties, kan ik zeggen dat het vooral de Aziaten (i.e., de ‘Japanners’) zijn die met kop en schouders boven de massa uitsteken wat betreft de onkunde van de Engelse taal; de meeste van die sprekers waren een regelrechte ramp om aan te horen (al waren er *enkele* uitzonderingen) !
- Een heel interessante presentatie werd gegeven door Shamas Bajwa, waarin hij predictie deed op basis van historische data; na afloop heb ik nog een vruchtvol gesprek met hem gehad.
- Gedurende de maandag-, dinsdag- en woensdagmiddag heb ik telkens een technisch bezoek bijgewoond : het eerste ging naar het lokale verkeerscentrum te Madrid (hierbij bleek dat men ons *niet* had verwacht, en dat voor zo’n organisatie), wat maar weinig interessant/spectaculair overkwam. Het tweede was al stukken beter; in het grote verkeerscentrum van Madrid staan 60 monitors opgesteld (6 monitors per operator, 10 operatoren). Interessant om weten was dat heel Madrid vol met camera’s staat, en dat alle beelden van deze camera’s kunnen opgevraagd worden. Het laatste bezoek was zo mogelijk nog indrukwekkender; de regeling van Madrid’s openbaar busvervoer. Alle bussen zijn uitgerust met GPS en volledige communicatiemogelijkheden. In het centrum zitten er operatoren die van elke bus weten waar ze is, en hoeveel ze te vroeg of te laat voor de volgende halte is (waarbij ze dit indien mogelijk bijsturen).

Woensdag 19/11/2003 :

- in de voormiddag was het de zevende les van ”*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*” (HK05). Gastspreker was Erwin Bastings en hij had het over ”*Geïntegreerde procescontrole en datamining in de chemische industrie*”. Vermits ik niet aanwezig kon zijn, heeft Steven Bex meegeholpen.

27.4 Vrijdag 21/11 tot donderdag 27/11

27.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 21/11/2003 :

- ik heb een nieuwe datum gevonden voor de vergadering met de gebruikersgroep voor ons DWTC-project CP/40 : vrijdag 12 december 2003 (Ida werd gevraagd om een lokaal te reserveren).
- Daarnaast heb ik aan Stefaan Hoornaert en Bieke Moelans van het Verkeerscentrum Vlaanderen gevraagd of ze me alle data van de CLOx camera's langs de E17 kunnen geven voor de jaren 2000, 2002 en 2003 (dit komt neer op ongeveer 226 MB).
- Ik heb een e-mail van Mieke Vandekinderen gekregen waarin me gevraagd wordt om een rapport met betrekking tot mijn doctoraatsopleiding voor de vice-rectoren op te stellen. Naast het uitzoeken van de geldende regelgeving hieromtrent op universitair en facultair niveau, ging het grootste deel van de dag dan ook naar het opstellen van een samenvatting (die rechtstreeks in het doctoraatsdagboek kan gekaderd worden). Het document werd ter inzage aan Bart De Moor voorgelegd.

Hierbij aansluitend, heb ik Bart Nauwelaers om meer informatie gevraagd naar aanleiding van categorie A1 waarin onder andere een vak op doctoraatsniveau *met evaluatie* dient te zitten. Het nut van een examen doen tijdens je doctoraat ontgaat me volledig en ik daag iedereen uit om me hiervan te overtuigen (of anders gezegd, laat ik hen overtuigen)...

Maandag 24/11/2003 :

- ik heb de verslagen van de interne DWTC-CP/40 vergaderingen op punt gesteld. Daarnaast heb ik me ook eens serieus bezind over de rol die wij (= SISTA, en in concreto *ik*) spelen als projectcoördinator. Er heeft zich duidelijk een probleem gevormd, waar meerdere personen in zekere zin (indirect) schuldig aan zijn :
 - men heeft mij in het begin nooit verteld wat er exact van mij verwacht werd; voor iemand die net bij SISTA begon te werken was dit allesbehalve intuïtief !
 - Nadien kreeg ik tegengestelde informatie te horen : enerzijds kan je zelf je zin te doen en dit dan later in project te kaderen, anderzijds dien je het project volledig op te volgen. De conclusie die ik nu trek, is dat je wel degelijk in zekere mate je zin kan doen, zolang dit maar perfect in het project kan gekaderd worden (en in het bijzonder met de proposal).
 - Maar wat er van ons als projectcoördinator wordt verondersteld, is in eerste instantie niet zo voor de hand liggend. Het blijkt dat andere DWTC projecten *veel* vlotter verlopen dan het onze; de redenen hiervoor zijn dat men langs de ene kant soms met minder partners werkt (twee in plaats van vijf), en dat langs de andere kant de projectcoördinator het volledige project naar zich toe trekt. Het probleem is dat we voor dit project al twee jaar bezig zijn en dat we mijns insziens twee jaar verspeeld hebben met geklets rond de tafel. Dit uit zich de laatste tijd in kritiek vanuit diverse hoeken. Had ik dit eerder ingezien dan lagen de kaarten nu anders ...

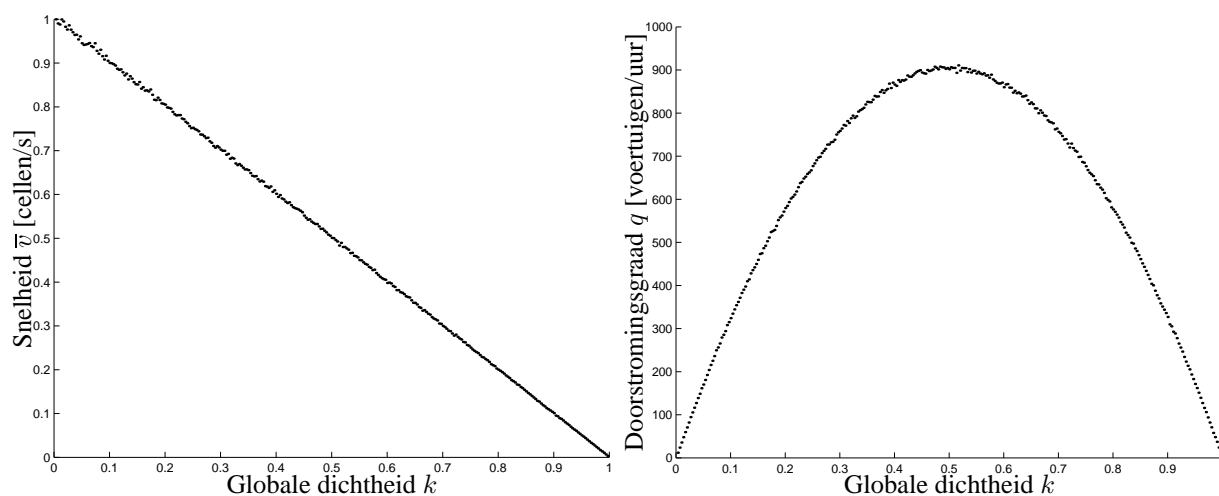
Een jaar geleden werd duidelijk gesteld dat ons project nooit een toepasbare vorm zal aannemen en dus eerder een haalbaarheidsstudie zal vormen. Mijns inziens is er meer mogelijk, en ik zal dit jaar dan ook alles in het werk stellen om :

- tegen het einde van het jaar een (weliswaar minimale) werkbare versie van ons project in elkaar te steken,
- het project volledig naar SISTA toe te trekken (met betrekking tot bovenstaande versie), wat dus concreet wil zeggen dat ik kijk naar hetgeen alle partners doen en hen waar nodig tracht bij te sturen (maar vooral ervoor te zorgen dat ze de minimale bepalingen afleveren),
- dit alles dan voor te stellen op een internationale conferentie (ITSS04 in Nagoya of TransTec04 in Athene).

Tot slot zal ik er sterk op hameren dat iedereen zijn onderzoek toegankelijk dient te maken; het valt me immers op dat iedereen andere zaken binnen zijn vakgebied veronderstelt, hetgeen bijna altijd al tot misverstanden heeft geleid. Sterker nog, een typisch voorbeeld van een spraakverwarring is tijdens onze voorlaatste vergadering met de projectpartners, waarbij iedereen eigenlijk hetzelfde zei, maar wel in volledig andere bewoordingen.

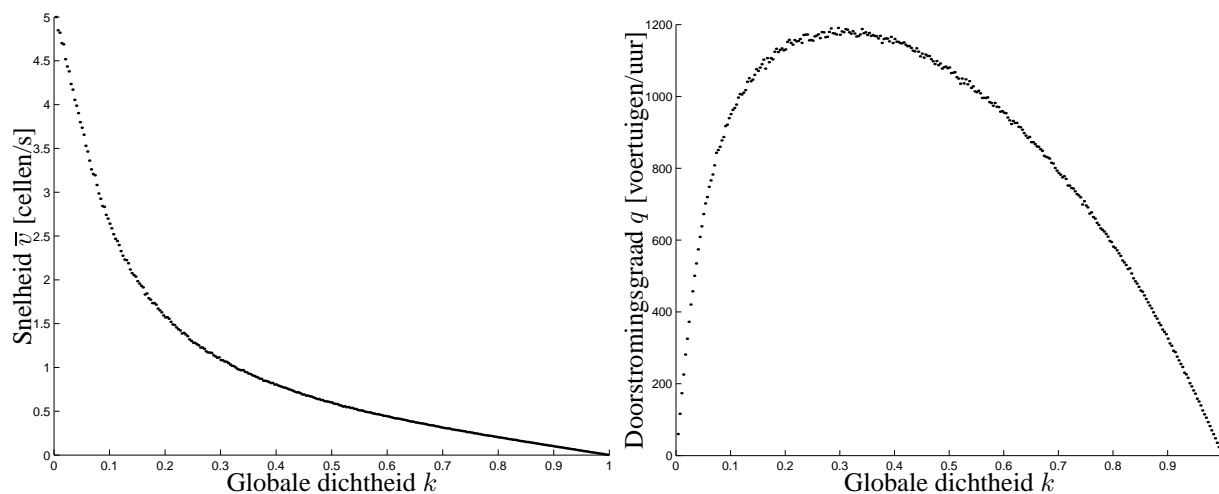
Dinsdag 25/11/2003 :

- Stefaan Hoornaert (Verkeerscentrum Vlaanderen) heeft mijn vraag voor extra verkeersdata doorspeeld aan André Nysten; met wat geluk komt dit perfect in orde !
- Mijn Intel PIII computer had ongeveer 26 uren nodig om de fundamentele diagrammen te berekenen van de ASEP TCA; dit komt hoofdzakelijk doordat de ASEP computationeel gezien veel intensiever werkt dan de andere TCA modellen. De reden hiervoor is dat bij elke simulatiestap, er N substappen nodig zijn om de voertuigen willekeurig te selecteren en te laten bewegen. De fundamentele diagrammen werden gemaakt op een relatief klein systeem (300 cellen) voor vrij korte periodes (500 s transiënte periode en 5000 s simulatieduur). In figuur 27.3 is het resultaat te zien voor $v_{\max} = 1$ cell/s. We zien direct dat het (k, q) fundamenteel diagram symmetrisch rond $\frac{1}{2}$ is, hetgeen theoretisch te verwachten is voor $v_{\max} = 1$ cell/s.



Figuur 27.3: De (k, \bar{v}) en (k, q) fundamentele diagrammen van de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cell/s.

In figuur 27.4 zijn de fundamentele diagrammen van de ASEP TCA te zien voor $v_{\max} = 5$ cell/s. Hierbij valt op dat de kritische dichtheid lichtjes naar links is verschoven, waarbij de vorm van het (k, q) fundamenteel diagramm asymmetrisch wordt.



Figuur 27.4: De (k, \bar{v}) en (k, q) fundamentele diagrammen van de ASEP TCA met $v_{\max} = 5$ cell/s.

Woensdag 26/11/2003 :

- in de voormiddag was het de achtste les van "Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole" (HK05). Gastspreker was Pieter Van den Braembussche en hij had het over "Ontwerp, modelleren en regelen van mini-satellieten".
- Gedurende de hele dag ging op de Celestijnencampus de "Studiedag Verkeersveiligheid" door in het kader van de 36e prof. ir. R. Van Cauteren leerstoel. Het was vrij goed te smaken, spijtig genoeg was Bert Anciaux er niet (wegens een vergadering voor het kernkabinet), maar hij stuurde een vertegenwoordiger die in dezelfde geest sprak. Heel interessant was de lezing van van der Horst (TNO); op 't vlak van verkeer zijn de Nederlanders mijns inziens toch wel toppers op sommige momenten.

Tijdens de paneldiscussie heeft Jos Ansoms trouwens de grove fout gemaakt door te stellen dat er nog maar sinds vrij kort verkeerskunde aan de K.U.Leuven kan gestudeerd worden. Hierbij wetende dat Jef Mortelmans (i.e., de voorganger van Ben Immers) op de eerste rij zat en al direct een boek van de aulabanken nam, dat triomfantelijk omhoog hield en vervolgens van de moderatrice het woord eiste om dan een verdedigingsaanval in te zetten tegen de berisper in kwestie.

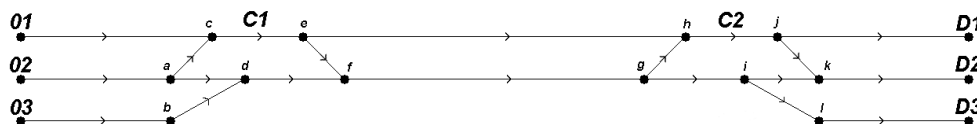
Ook Ben Immers speelde een prominente rol tijdens het debat, vooral daar hij van het Noorden komt en men daar wat minder problemen heeft met administratieve vertragingen met betrekking tot bijvoorbeeld het ijken van flitscamera's. Ik dien hierbij op te merken dat ook de gouverneur van Vlaams-Brabant (Lode De Witte) erbij was en die had toch wel redelijk sappige anekdotes te vertellen over al het bureaucratische administratieve gedoe, de klaarblijkelijke noodzaak tot het hebben van de juiste connecties, ...

De dag werd uitvoerig afgesloten met een diner in de Voltaire waar Art, Isaak, Ben, Annemie (Caproens) en ik van mochten genieten.

Donderdag 27/11/2003 :

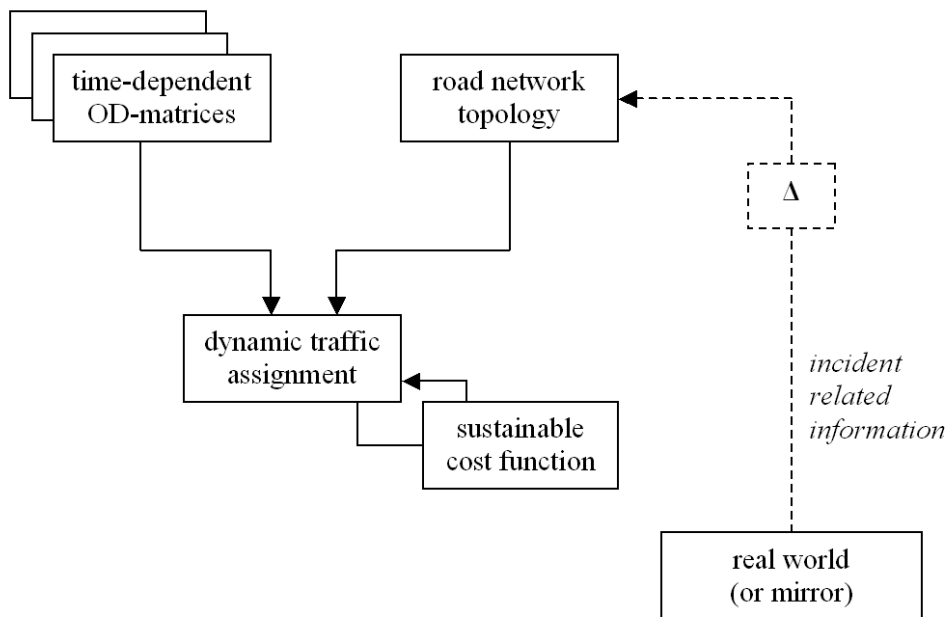
- ik heb over de telefoon een uitgebreide discussie met Guy Campion gevoerd; het hoofdpunt werd gevormd door de verschillende visies die er heersen rond de uitwerking van de regelaar voor het DWTC-project CP/40. Hetgeen ik aanvankelijk in gedachten had, blijkt een soort zwarte doos regelaar te zijn, terwijl CESAME het toch iets diepgaander (en ingewikkelder !) ziet.

Daarnaast heb ik een document opgesteld waarin *heel praktisch* wordt beschreven hoe de specifieke gevalstudie van het project er uit ziet (operationeel stroomdiagram, definitie van het wegennetwerk, OD-matrices, voertuigmix en taakverdeling over de verschillende partners). Het voorgestelde wegennetwerk is te zien in figuur 27.5.



Figuur 27.5: Het te gebruiken wegennetwerk als de gevalstudie voor het DWTC-project CP/40.

In figuur 27.6 is de *open-loop* implementatie te zien van de eerste fase voor het ontwikkelen van de regelaar door CESAME. De uitvoer van het DTA algoritme zal gebruikt worden bij een studie naar de stabiliteit van het evenwichtspunt voor de optimale regeling.



Figuur 27.6: De *open-loop* regelaar logica voor het DWTC-project CP/40.

Tot slot heb ik alle leden van de gebruikersgroep een schriftelijke uitnodiging gestuurd voor de volgende vergadering.

Hoofdstuk 28

December 2003

28.1 Vrijdag 28/11 tot donderdag 04/12

28.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 28/11/2003 :

- Nadat ik nog uitgebreid over e-mail van gedachten met Guy Campion heb gewisseld, heb ik het document afgewerkt en in uitnodiging opgestuurd naar alle partners. Verder heb ik ook bordjes en pijlen afgedrukt voor de te-laat komers (de vergadering gaat immers door in 91.91); daarnaast heb ik ook een voorstel gedaan tot tijdsplanning voor de vergadering, waarbij opgegeven werd welke presentaties ik verwacht dat de partners zullen geven :

Sven (SISTA) : beknopt overzicht van het project, topologie van het wegennetwerk in onze gevalstudie, constructie van de spiegel van de werkelijke wereld (i.e., de ML-TCA simulatiesoftware) en een korte uitweiding over het doctoraat van Tom Bellemans.

Art (BWK) : meer in detail ingaan op het DTA model en kort over het doctoraat van Steven Logghe spreken.

Fay (ETE) : een presentatie naar aanleiding van haar eerder geschreven nota.

Mila (SYSTeMS) : over het stochastisch verkeersmodel en de *particle filter*.

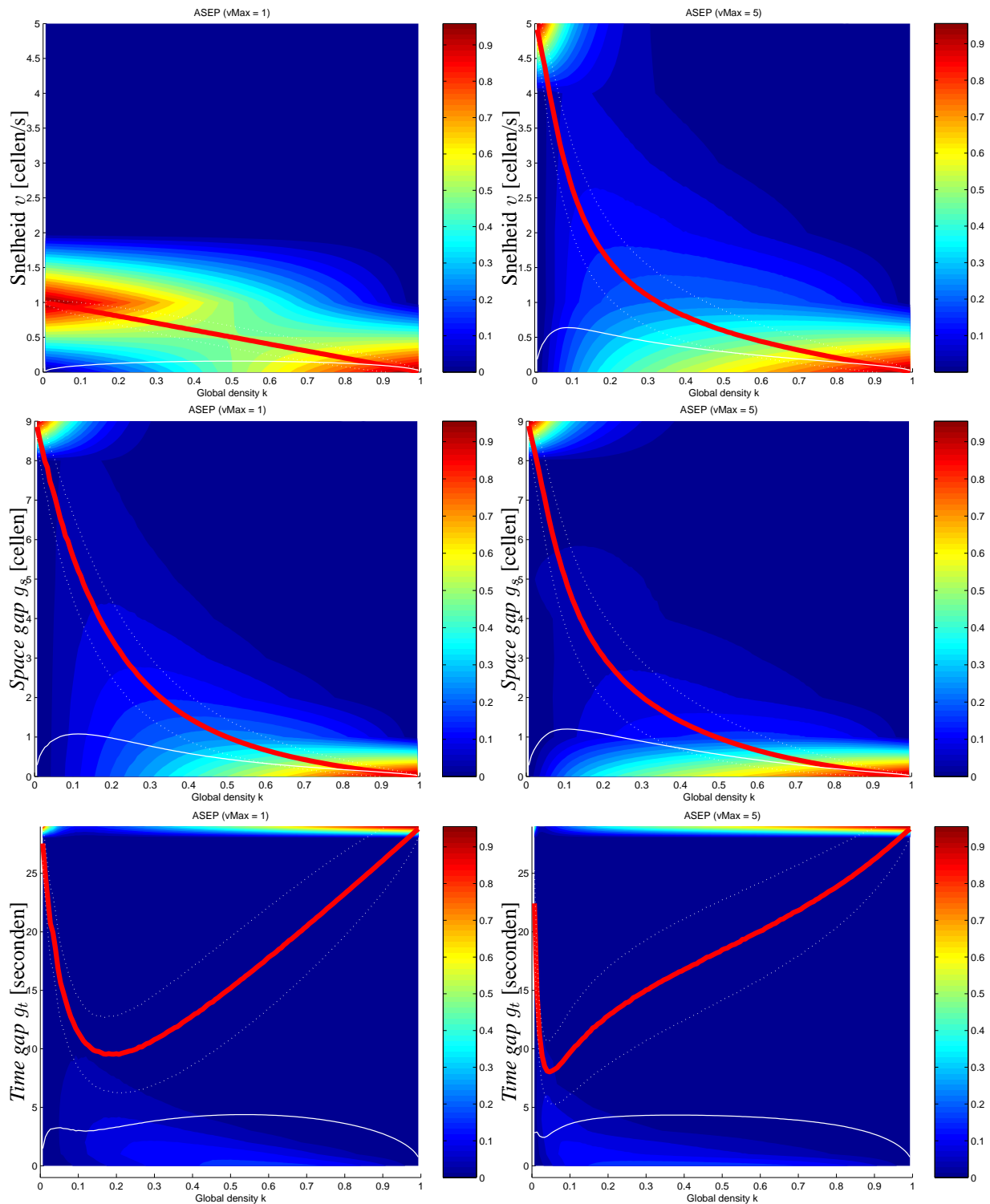
Guy (CESAME) : over het eerste deel van de optimalisatie.

Maandag 01/12/2003 :

- persoonlijke verlofdag.

Dinsdag 02/12/2003 :

- De resultaten van mijn tweede reeks experimenten met de ASEP zijn binnen : het betreft hier de verdelingen van de snelheden v , van de *space gaps* g_s en van de *time gaps* g_t van de voertuigen in het systeem. Elke Monte Carlo realisatie van het systeem had ruim 1 uur rekentijd nodig; dit levert een totale rekentijd van minimum 60 uren voor 10 Monte Carlo realisaties voor telkens 3 histogrammen voor 2 verschillende snelheden. De resultaten zijn te zien in figuur 28.1.



Figuur 28.1: De verdelingen van de snelheden v , van de *space gaps* g_s en van de *time gaps* g_t van de voertuigen in de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cell/s (linkerkolom) en $v_{\max} = 5$ cell/s (rechterkolom).

Wat betreft de snelheid kunnen we opmerken dat deze een volledig gelijkaardig gedrag vertoont met de (k, \bar{v}) fundamentele diagrammen in figuren 27.3 en 27.4. Voor de *space gaps* g_s zien we dat er lichte cluster rond de optimale waarde van 5 cellen terug te vinden is bij de kritische dichtheid. Voor de *time gaps* g_t merken we tot slot op dat deze lokaal niet-convex is in het gebied voor tussenliggende dichtheden.

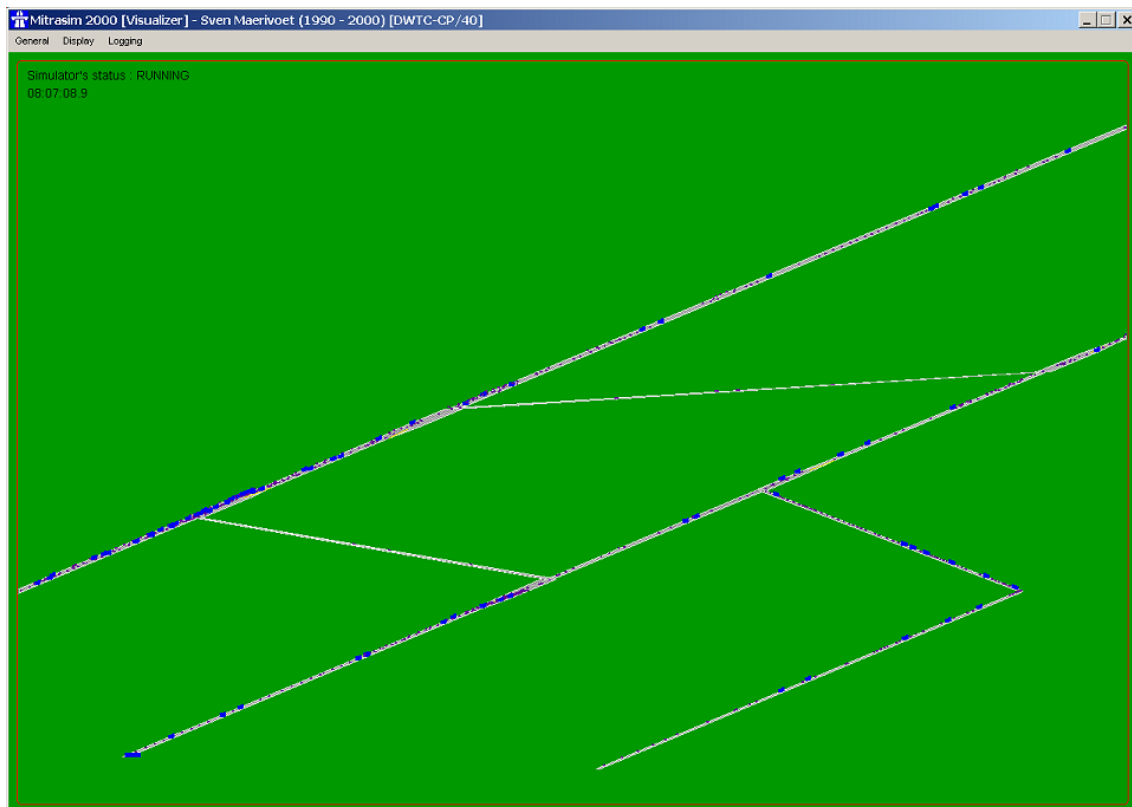
Woensdag 03/12/2003 :

- in de voormiddag was het de negende les van "Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole" (HK05). Gastspreker was Dries Van Dromme en hij had het over "Large Scale Datasets and Knowledge Management Systems".

De verdeling van de onderwerpen is ook gebeurd: Thomas D'Hollander (verkeer), Dirk Valkenburg (bio-informatica), Noel Jans (LMS) en Tom Coenen (SIDMAR). We hebben afgesproken dat het artikel zeven dagen voor het examen aan mij dient afgegeven te worden. Vermits de studenten hun roosters nog niet hebben, heb ik gevraagd dat ze me voor 18 december enkele mogelijke data voor het mondelinge examen opgeven.

Op het einde van deze les vonden de studenten dat 'de mannen van ESAT hun onderwerp in 't algemeen wel vrij goed kenden en konden overbrengen'.

- Verder heb ik Bart De Schutter en René Boel gecontacteerd met de vraag of zij het zien zitten om mee te doen in een sessie rond verkeer op de aanstaande Benelux-meeting.
- Ik heb een animatiefilmpje samengesteld (zie figuur 28.2) waarin Mitrasim 2000 wordt gebruikt ter verduidelijking van het artificieel wegennetwerk in onze gevalstudie voor het DWTC-project CP/40. Daarnaast heb ik de diverse partners nog wat specifieke instructies meegegeven met betrekking tot hun presentaties.



Figuur 28.2: Een overzicht met Mitrasim 2000 van het artificieel wegennetwerk in de gevalstudie van het DWTC-project CP/40.

Donderdag 04/12/2003 :

- tijdens het in orde brengen van mijn administratie rond de doctoraatsopleiding, blijkt dat ik twee attesten ontbreekt van op het LUDIT gevolgde cursussen; ik heb hun secretaresse Lieve Degel gecontacteerd om me hiermee verder te helpen.
- Bart De Schutter en René Boel gaan akkoord met mijn voorstel tot het organiseren van een sessie rond verkeer op de aanstaande Beneluxmeeting. De werktitel van mijn lezing zal vermoedelijk "*Efficient Microscopic Simulation of Large Scale Highway Traffic Flows*" zijn. Daarenboven zal ik trachten de sessie in te dienen bij het organiserend comité en indien mogelijk deze voor te zetelen (anders organiseer ik ze niet). Voor Bart De Schutter zal Monique van den Berg al zeker iets indienen, en misschien ook Andreas Hegyi en Olaf Gietelink. René Boel hoopt dat een toekomstige Italiaanse doctoraatsstudent van hem iets rond Petri-net modellen voor verkeer kan doen.
- Steven Stroeykens van De Standaard wist me te melden dat ons artikel pas ergens in januari zou verschijnen.
- Bart De Moor heeft me aangeraden om contact op te nemen met Ingrid Verbauwhede, naar het schijnt een nieuwe professor bij SCD. We zouden eens moeten brainstormen over gedistribueerd rekenen in verband met verkeerstoepassingen, waaruit mogelijk een SBO-voorstel kan groeien.

28.2 Vrijdag 05/12 tot donderdag 11/12

28.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 05/12/2003 :

- ik heb met René Boel gebeld en de situatie rond de verplaatsing van de datum voor het DWTC-project CP/40 uitgeklaard. Daarna hebben we nog een goed gesprek gehad rond de rol van SYSTeMS in het project, en de reeds gemaakte vorderingen op het vlak van een stochastisch verkeersmodel en een *particle filter* voor de verkeersdata. Vermits Luydmila Mihaylova nog maar tot eind januari bij hem werkt, heb ik er op aangedrongen dat ze nu al zo veel mogelijk op papier zetten; op die manier kunnen we dit in een later stadium gemakkelijk integreren in het eindverslag.
- Verder heb ik alle leden van de gebruikersgroep nog een expliciete individuele uitnodiging per e-mail gestuurd, met de vraag om te bevestigen of ze al dan niet komen.
- Tot slot heb ik al mijn gegevens voor Mieke Vandekinderen op punt gesteld; het *grote* voordeel is dat wanneer ik volgend jaar mijn verplicht doctoraatsdagboek moet indienen, ik niks extra werk heb aangezien alle categorieën dan reeds in orde zijn (met urenweging en al) !

Maandag 08/12/2003 :

- René Boel wist me per e-mail te melden dat ik best een duidelijk onderscheid dien te maken tussen de verschillende tijdsschalen waarop de regelacties betrekking hebben (voor het DWTC-project CP/40). Daarnaast moeten we ook serieuze aandacht besteden aan het detecteren van incidenten; in mijn voorstel weet de regelaar direct wanneer er een incident is, terwijl er in realiteit meestal een niet-verwaarloosbare vertraging op zit. Verder stelt hij ook vragen bij het beschouwen van personenwagens en vrachtwagens in functie van *personal car units* (PCUs).
Tot slot weidde hij nog uit over de rol van SYSTeMS in het project : in eerste instantie doen zij aan dataverwerking (hetgeen schatting, datafusie en detectie van uitschieters inhoudt). Dit eventueel aangevuld met incident detectie.

Dinsdag 09/12/2003 :

- ik heb mijn website aangevuld met de afgelopen drie evenementen (ITSS03, "*Conference on Large Datasets*" en "*Studiedag Verkeersveiligheid*").
- Verder heb ik Bram de Jager van de "*23e Benelux Meeting on Systems and Control*" gecontacteerd met de specifieke modaliteiten rond het organiseren van een *Special Session* rond "*Traffic*".

Woensdag 10/12/2003 :

- op "*Transport & Mobility Leuven*" ging het tweede 'verkeersseminarie' door; er werd gesproken door Evi Meire, Stijn Tastenhoye en Jasper Knockaert ("*Analyse van het transportbeleid met REMOVE 1.3a*"), Griet De Ceuster ("*Mira*") en Filip Vanhove ("*Immi*").

Donderdag 11/12/2003 :

- ik heb volgende twee SISTA-seminaries bijgewoond : Jairo Espinosa ("*Nonlinear Model Based Predictive Control in the Process Industry - The IPCOS approach*") en Bert Pluymers ("*A time-varying terminal cost as a natural extension to MPC stability theory*"). Deze laatste ging schromelijk over de voorziene tijdsduur . . .

28.3 Vrijdag 12/12 tot donderdag 18/12

28.3.1 A primer on distributed computing

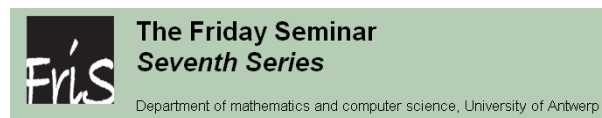
Referentie : [God02]

In dit artikel wordt een iets ander denkbeeld aangehangen dan hetgene waar ik vertrouwd mee ben : men vertrekt immers van de stelling dat je bij gedistribueerd rekenen rekenkracht gebruikt die je in se niet zelf bezit. Het artikel gaat vervolgens hoofdzakelijk in detail in op de soorten aanvallen (en corresponderende beveiliging) waar je mee te maken kan hebben bij het verspreiden van je *client code* : parasieten, verbrodders en defecte *clients*.

28.3.2 Weekoverzicht

Vrijdag 12/12/2003 :

- zo goed als heel de dag ging naar het opzetten van een presentatie die ik aan de Universiteit Antwerpen ga geven, ter gelegenheid van de "Friday Seminars" (zie figuur 28.3) georganiseerd door de doctorandi daar.



Figuur 28.3: FriS (Universiteit Antwerpen).

Maandag 15/12/2003 :

- ik heb met Bart De Moor kort samengezeten over mijn artikel voor "Physical Review E"; het advies is dat ik mijn conclusies beter *upfront* breng in plaats van de lezer helemaal tot op het laatste moment te laten wachten.
Vervolgens gingen we vlotjes over op een ander gesprek waarbij we uitgebreid over de visie binnen SISTA discussieerden, het bijwonen van de doctoraatsverdedigingen door de collega's, de (initiële) begeleiding van een doctoraatsstudent, de minimale taken van de promotor, ... Het was een zeer vruchtbare vergadering !
- verder heb ik mijn slides afgewerkt voor de "Friday Seminars" aan de Universiteit Antwerpen.

Dinsdag 16/12/2003 :

- ik heb de rest van de administratie rond de doctoraatsopleiding in orde gebracht en op de post gedaan.
- Vervolgens heb ik mijn abstract voor de "23rd Benelux Meeting on Systems and Control" ingediend; de titel is "Efficient Microscopic Simulation of Large Scale Highway Traffic Flows".

Woensdag 17/12/2003 :

- ik heb de studenten van HK05 gevraagd om een voorstel te doen voor mogelijke examendata.
- We hebben met SISTA's afdeling "*Systemen and Controle*" samengezeten om een beleid uit te stippelen.
- 's Namiddags ging ESAT's kerstreceptie door; spijtig dat ze de lichten niet gedimd hadden want van een gezellige sfeer was niet veel te merken . . .

Donderdag 18/12/2003 :

- ik heb het artikel "*A primer on distributed computing*" (zie paragraaf 28.3.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

28.4 Vrijdag 19/12 tot donderdag 25/12

28.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 19/12/2003 :

- in de voor- en namiddag was het ESAT's sportdag; 's avonds ging het kerstdiner door.

Maandag 22/12 :

- in de namiddag ging de doctoraatsverdediging van Lukas Lukas (a.k.a. Lukas²) door.
- Verder heb ik een reisaanvraag ingediend voor het symposium te Delft ter ere van de doctoraatsverdediging van Andreas Hegyi op 3 februari 2004.
- Naar aanleiding van de recente groepsessie van "*Systemen en Controle*", dienden we enkele slides met concrete algoritmes, ... op te stellen.

Dinsdag 23/12 :

- persoonlijke verlofdag.

Woensdag 24/12/2003 tot donderdag 25/12/2003 :

- kerstverlof.

Hoofdstuk 29

Januari 2004

29.1 Vrijdag 26/12 tot donderdag 01/01

29.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 26/12/2003 tot donderdag 01/01/2004 :

- kerstverlof.

29.2 Vrijdag 02/01 tot donderdag 07/01

29.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 02/01/2004 :

- kerstverlof.

Maandag 05/01/2004 tot donderdag 08/01/2004 :

- persoonlijk verlof.

29.3 Vrijdag 09/01 tot donderdag 15/01

29.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 09/01/2004 :

- persoonlijk verlof.

Maandag 12/01/2004 :

- ik heb vernomen dat mijn ingestuurde abstract voor TransTec04 (*"Transport Science and Technology Congress"*, Athene (Griekenland), 1–5 september 2004) is aanvaard; de titel is *"Sustainability Effects of Traffic Management Systems"*.
- Chris Tampère contacteerde me tijdens het kerstverlof in verband met een voorstel voor het FWO : het onderwerp gaat over het schatten en voorspellen van de verkeerscondities in een stedelijk netwerk (wat geen triviale zaak is). Graag had hij het KMI erbij gehad maar die hebben te horen gekregen dat ze niet door 't FWO betaald mogen worden.

Na overleg met Bart Motmans, kwamen we tot de overeenkomst dat SISTA als 'andere promotor' optreedt, waarbij we iemand voor 100% of 50% vragen (Chris heeft met Ben Immers overlegd en het is uiteindelijk 50% voor SISTA geworden). Dat wil zeggen dat zij 1 persoon (postdoc !) vragen voor de ganse termijn van 4 jaar, en wij 1 persoon voor 50% gedurende 4 jaar (i.e., 2 jaar).

- Een deel van het voorlopige programma van de *"23rd Benelux Meeting on Systems and Control"* is beschikbaar gesteld; zoals ik georganiseerd had, wordt er een special session rond *"Traffic"* voorzien :

14.00-14.25 WeM01-1, *"Efficient microscopic simulation of large scale highway traffic flows"*, Sven Maerivoet, Bart De Moor

14.25-14.50 WeM01-2, *"Sending and Receiving Functions in Macroscopic Stochastic Hybrid Models for Freeway Networks"*, Lyudmila Mihaylova, René Boel

14.50-15.15 WeM01-3, *"Validation of advanced driver assistance systems with VEHIL"*, Olaf Gietelink, Bart De Schutter, Jeroen Ploeg, Michel Verhaegen

15.15-15.40 WeM01-4, *"Stability analysis of second order traffic flow models"*, B. Haut, G. Campion, G. Bastin

15.40-16.05 WeM01-5, *"Implications of the capacity drop phenomenon for freeway traffic control"*, A. Hegyi, B. De Schutter, J. Hellendoorn

Qua bereikbaarheid moet toch gesteld worden dat BMSC04 dit jaar schijnbaar in een ongelooflijk 'boeregat' doorgaat : eerst met de trein er naar toe reizen, dan vervolgens een half uur op een bus zitten, om tot slot nog veertig minuten te stappen (of een taxi te bestellen). Voegen we daaraan toe dat de meeste SISTA-sprekers er enkel aanwezig zullen zijn op de dag dat ze spreken... we worden met andere woorden al verplicht om de auto te nemen.

Dinsdag 13/01/2004 :

- ik heb nog extra materiaal verzameld voor het FWO voorstel samen met het departement Burgerlijke Bouwkunde.
- Daarnaast heb ik me ook geregistreerd voor de Benelux Meeting.

Woensdag 14/01/2004 :

- Vincent Verdult (mede-organisator Benelux Meeting) heeft me – weliswaar op mijn aangeven – gevraagd om *chair* te zijn tijdens de sessie "*Traffic*"; ik ben daar graag op ingegaan.
- Na lang zoeken op Internet heb ik eindelijk het ultieme document gevonden dat de opbouw van *ESRI's Shapefile* beschrijft (*white paper* [Env98]); dit zal me toelaten om de coördinaten van het wegennet uit de BLNET10 databank te halen en te importeren in mijn Java CA-simulator *CATSIM*.

Donderdag 15/01/2004 :

- in de voormiddag ging er een vergadering door met het deel van SISTA dat Bart De Moor als promotor heeft. Er werd voornamelijk aandacht besteed aan het opstellen van een *common research strategy*.
- Met het oog op de (her)constructie van de website voor mijn onderzoek, heb ik volgende papers bestudeerd : "*How to Use PHP Tables Instead of Frames*", "*Frames : Good or Bad ?*", "*What's wrong with frames*" en "*Why Frames Suck (Most of the Time)*" [Rod].

29.4 Vrijdag 16/01 tot donderdag 22/01

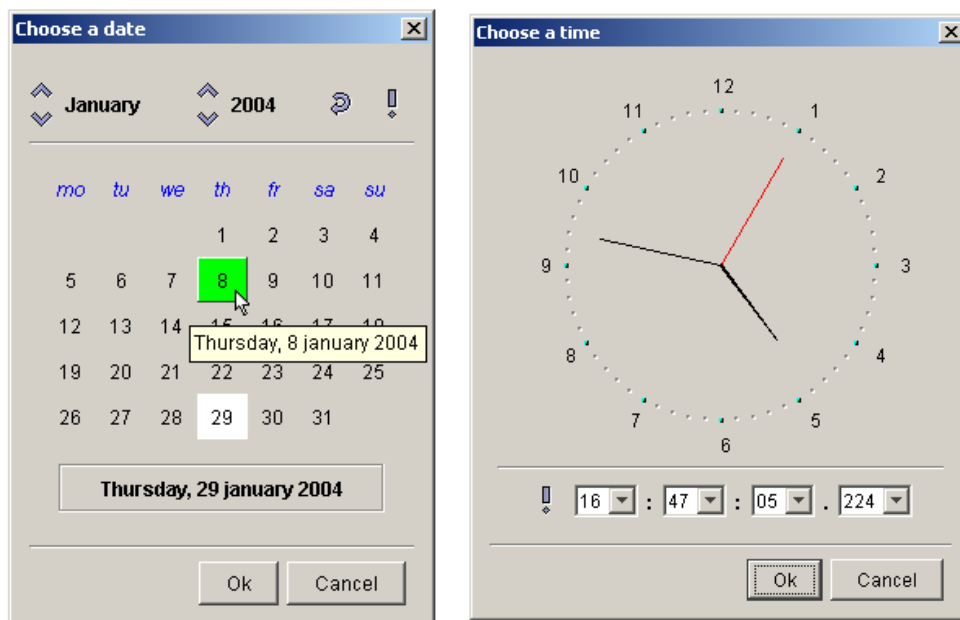
29.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 16/01/2004 :

- ik heb het artikel "*How to Write Doc Comments for the Javadoc Tool*" [Sun00] gelezen en dit al deels toegepast op mijn *SMTools* Java software bibliotheek. De `JDateChooser` klasse werd aangepast en gedocumenteerd; het resultaat is te zien links in figuur 29.1. Daarnaast heb ik ook het `smtools.miscellaneous` package afgewerkt.

Maandag 19/01/2004 :

- De `JTimeChooser` klasse werd aangepast en gedocumenteerd; het resultaat is te zien rechts in figuur 29.1. Daarnaast heb ik ook het `smtools.exceptions` package afgewerkt.



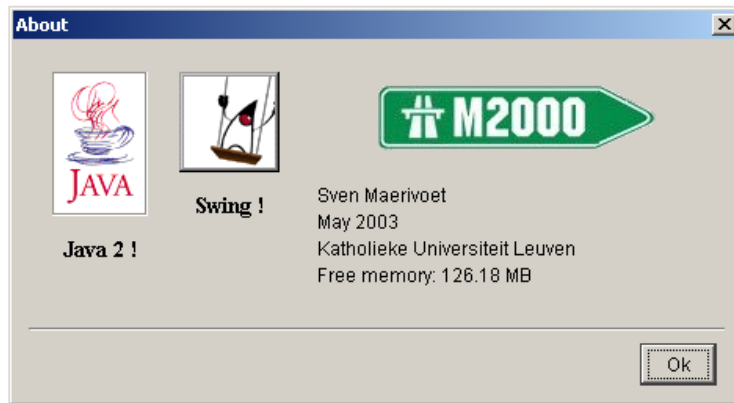
Figuur 29.1: De `JDateChooser` (links) en `JTimeChooser` (rechts) klassen van mijn Java *SMTools* software bibliotheek.

Dinsdag 20/01/2004 :

- van mijn *SMTools* bibliotheek heb ik de verschillende dialog boxes van het `smtools.swing.dialogs` package afgewerkt en gedocumenteerd (waaronder het informatie venster dat te zien is in figuur 29.2); handig is dat ik ook een generische dialog box heb voorzien in de `JDefaultDialog` klasse. Tot slot werd ook de `MathTools` klasse uitgebreid.

Woensdag 21/01/2004 :

- alle studenten van HK05 hebben hun artikels binnengebracht; ik heb ze tevens voor Bart De Moor gekopieerd.



Figuur 29.2: De `JAboutBox` klasse van mijn Java *SMTTools* software bibliotheek.

- De rest van de dag ging naar het maken van de `JImagePanel` klasse van mijn *SMTTools* bibliotheek; deze klasse voorziet een standaard Swing `JPanel`, maar dan met een figuur op de achtergrond. Tot slot heb ik ook de `LSLR` klasse aangepast en gedocumenteerd.

Donderdag 22/01/2004 :

- ons interview voor "*De Standaard*" verschijnt morgen al; auteur Steven Stroeykens vroeg me om het na te lezen en waar nodig verbeteringen aan te brengen.
- Van mijn *SMTTools* bibliotheek heb ik de `Quadrilateral`, `QuadMapping` en `QuadToQuadMapping` klassen aangepast en gedocumenteerd (zie figuur 8.21 in paragraaf 8.3.3 op bladzijde 122 waar dit al eens eerder aan bod kwam). Ook de `JNumberInputField` klasse werd aangepast en gedocumenteerd.
- Het is van 25 november 2003 geleden dat ik het Verkeerscentrum te Wilrijk om extra verkeersdata heb gevraagd; bij deze heb ik nog eens onderhoord wat hieromtrent de huidige toestand is. Al vrij snel kreeg ik antwoord van Stefaan Hoornaert : men is bezig de aanvraag te verwerken (en ondertussen herinnerde men ons ook subtiel aan de contractuele bepalingen rond het verstrekken van de verkeersdata).
- Ik heb de studenten van HK05 de volgorde voor het mondelinge examen doorgegeven.
- Tot slot was er het SISTA-seminarie van Ingrid Verbauwhede (getiteld "*Embedded security*"), waarin ze zichzelf en haar vorige onderzoek voorstelde. Aansluitend heb ik een gesprek met haar gehad over het gebruik van gedistribueerde controle in de verkeerskunde en wat daar allemaal mee mogelijk is. Wordt vervolgd...

29.5 Vrijdag 23/01 tot donderdag 29/01

29.5.1 Weekoverzicht

Vrijdag 23/01/2004 :

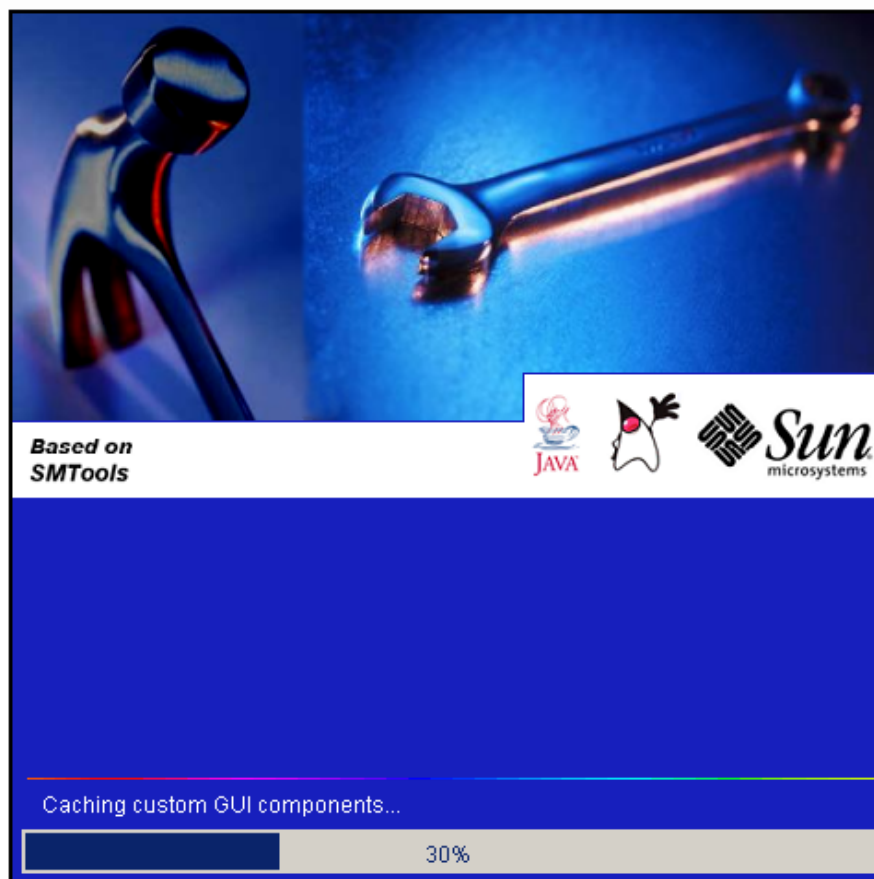
- in Java geldt de regel waarbij alle methode parameters in *se value* parameters zijn; dit maakt dat primaire typen niet veranderd kunnen worden door een methode aanroep (ze worden immers telkens op de stack gekopieerd), tenzij ze in een wrapper-object geëncapsuleerd worden. Een gevolg hiervan is dat het geen nut heeft om het keyword `final` te gebruiken voor constante parameters : voor niet-primaire datatypes (i.e., objecten) zal dan enkel de pointer naar het object constant zijn; de inhoud van het object zelf kan wel veranderd worden. Het keyword `final` heeft dus eigenlijk geen nut; op de "*Java Developer Connection*" staat zelfs te lezen dat constante parameters in de top tien van toekomstige veranderingen staan (deze functionaliteit is op dit moment nog niet aanwezig in *JDK 1.5 Tiger*).

Dus, tot nader order verwijder ik alle `finals` uit mijn parameterlijsten. *Let's just say it's a design choice*. Daarenboven, vermits de primitieve datatypes toch *by value* worden doorgegeven, kan het geen kwaad indien we ze veranderen (dit gebeurt toch enkel lokaal op de stack). Merk op dat strings *immutable* zijn, hetgeen onverwachte effecten kan introduceren indien men hier niet op bedacht is.

- ik heb Sun's "*Java Code Conventions*" [Hom] bestudeerd; de meeste hiervan stroken overeen met mijn eigen *typografische* conventies. Uitzonderingen zijn onder andere: tabgroottes zijn slechts twee spaties, constantes beginnen met de letter 'k' en worden niet in hoofdletters geschreven. Ook de groepering van velden en methodes in een klasse laat ik anders gebeuren : in plaats van een functionele groepering wend ik de *public*, *protected* en *private* volgorde aan.
- Vandaag is ons artikel in "*De Standaard*" verschenen; alle relevante informatie die ik vertelde is, netjes verschenen.
- Verder heb ik mijn `smtools.swing.util` package afgewerkt en gedocumenteerd. Als onderdeel hiervan heb ik ook de klasse `JSplashScreen` opgesteld; deze voorziet in een illustratief scherm dat getoond kan worden tijdens het opstarten (i.e., de initialisatie) van een applicatie. Het resultaat is te zien in figuur 29.3; het centrale blauwe gedeelte kan ingevuld worden door een afgeleide klasse.

Maandag 26/01/2004 :

- via Bart De Moor heb ik de uitnodiging van het DWTC (wat nu het "*Federaal Wetenschapsbeleid*" heet) gekregen om het tweede jaarlijkse verslag te schrijven. De uitnodiging werd de 9e verstuurd, maar kwam pas de 26e in mijn handen; de deadline ligt op de 31e wat uiteraard niet meer haalbaar is. Ik heb direct richtlijnen voor de verslaggeving opgesteld en deze naar al onze partners in het consortium gestuurd.
- ik heb de klassen `JSoundClip` en `JSoundStream` voor mijn *SMTools* software bibliotheek uitgewerkt, hetgeen me toelaat om geluid in mijn applicaties af te spelen. Verder heb ik het package `smtools.application.util` op punt gesteld. Ook heb ik de `GUIComponentCache` klasse geconstrueerd; deze laat toe om tijdens het opstarten van een applicatie, diverse GUI componenten (e.g., `JDateChooser`, `JTimeChooser`, `JDialogBox`, ...) te initialiseren zodat deze tijdens het programma snel opgevraagd kunnen worden.



Figuur 29.3: De `JSPlashScreen` klasse van mijn Java *SMTTools* software bibliotheek.

Dinsdag 27/01/2004 :

- het grootste deel van de dag ging naar het lezen van de artikels van de studenten van HK05 en het gedetailleerd quoteren ervan.

Woensdag 28/01/2004 :

- in de voormiddag ging het mondelinge examen van HK05 door. Vermits er maar vier studenten in de optie D&A zitten, was het snel gedaan. Ik heb in de namiddag de punten opgesteld en doorgegeven aan Bart De Moor en Joos Vandewalle.

Donderdag 29/01/2004 :

- Odile Pignier (ERTICO, ITSS03) wist me te melden dat de deadline voor ITSS04 (Nagoya) werd uitgesteld tot vrijdag 13 februari 2004.
- Ik heb de `StandardGUIApplication` en `DefaultGUIApplication` klassen volledig op punt gesteld en gedocumenteerd. Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 29.4. Merk op dat dankzij mijn `Messages` klasse alle interactie met de gebruiker meertalig kan geschieden (voor het moment ondersteun ik standaard Nederlands, Brits Engels en Amerikaans Engels).
- Tot slot heb ik me bezig gehouden met het uitzoeken hoe op een vlotte wijze alle JavaDoc-gebaseerde HTML-documentatie naar een PDF-bestand kan omgezet worden; na lang zoeken heb ik een *PDFDoclet* gevonden dat dit mogelijk maakt.



Figuur 29.4: De `JDerivedGUI` klasse van mijn Java *SMTools* software bibliotheek.

Hoofdstuk 30

Februari 2004

30.1 Vrijdag 30/01 tot donderdag 05/02

30.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 30/01/2004 :

- op de middag ging het derde T&M Leuven seminarie door, ditmaal op ETE waar Inge Mayeres een presentatie gaf naar aanleiding van een recent te publiceren artikel over twee-delige tarieven.
- Daarna ben ik mijn treinticket voor de rit naar Delft gaan halen.
- Fay Dunkerley van ETE heeft me hun bijdrage voor het DWTC verslag gestuurd.

Maandag 02/01/2004 :

- collectief verlof K.U.Leuven personeel wegens viering Patroonsfeest.
- Art Bleukx van Bouwkunde heeft me hun bijdrage voor het DWTC verslag gestuurd.

Dinsdag 03/02/2004 :

- in de voormiddag woonde ik samen met Tom Bellemans het symposium te Delft bij waarop Markos Papageorgiou en Ben Immers elk een gastlezing gaven. Kort op de middag begon dan de publieke uiteenzetting van het doctoraatsonderzoek van András Hegyi. Daarna begon de vragensessie die exact één uur duurde (en nogal abrupt werd afgebroken volgens de typisch Nederlandse traditie).

Na regelmatig met Ben gesproken te hebben, kwam ik tot het besluit om de tweewekelijkse vrijdagse brainstorm op Bouwkunde bij te wonen. Vooral de nieuwe invalshoek van Ben (regelen van gestructureerde groepen, zelf-organiserend gedrag, ...) lijkt me zeer interessant en sluit goed aan bij mijn eigen doctoraatsonderzoek !

Woensdag 04/02/2004 :

- ik heb me bezig gehouden met de verschillende software licenties die voor "Open Source" gebruikt worden; meerbepaald de "GNU General Public License" (GPL), de "GNU Lesser General Public License" (LGPL) en de "GNU Free Documentation License" (GFDL) [GNU]. Het betreft hier vooral het vrij verkrijgen, aanpassen en verspreiden van de broncode van programma's (wat niet in de weg van een commerciële verkoop staat !). Een van de cruciale verschillen tussen de GPL en de LGPL is dat voor software gebaseerd op de eerste licentie geldt dat deze ook onder de GPL dient te vallen, terwijl dit voor de tweede licentie niet van toepassing is : programma's uitgebracht onder de LGPL mogen dus ook in eigendomssoftware opgenomen worden.

Verder zat ik ook met enkele lastige kwesties rond het beschikbaar stellen van door mezelf ontwikkelde software : mag ik hier zomaar de GPL (of LGPL) aankoppelen, ook al werk ik voor de Katholieke Universiteit Leuven ? Het klassieke "consulteer de promotor" principe is hier ontoereikend, waardoor ik genoodzaakt was om mijn licht bij diverse bronnen op te steken. De *LSSVMLab Toolbox* wordt bijvoorbeeld enkel voor niet-commerciële onderzoeksdoeleinden vrijgegeven (GPL licentie), terwijl – na overleg met Kristiaan Pelckmans – in alle andere gevallen *Leuven Research and Development* dient geraadpleegd te worden.

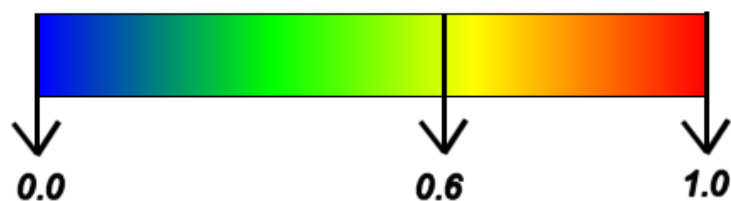
Vooraleer ik deze kwestie binnen de onderzoeksgroep ga aankaarten, lijkt het me logisch om eerst genoeg informatie in te winnen. Via mijn contacten met de Rijksuniversiteit Gent en de Universiteit Antwerpen ben ik al een stuk wijzer geworden in verband met de regeling aan andere universiteiten. Kortelings zal ik ook *Leuven Research and Development* contacteren (voor een vrijblijvende vraagstelling), alsmede professor Jos Dumortier van het "Interdisciplinary Centre for Law and IT" van de faculteit Rechtsgeleerdheid aan de K.U.Leuven.

Voor het moment zal ik al mijn (nieuwe) software nog niet publiek zetten, tot deze kwestie is uitgeklaard.

- Héloïse Côté van CESAME heeft me hun bijdrage voor het DWTC verslag toegezonden.
- Ik heb de A3-posters en A5-flyers van het "Wetenschappelijk Interdisciplinair Seminarie" (WIS) en de "Friday Seminars" (FriS) per post ontvangen.

Donderdag 05/02/2004 :

- in de ochtend ging er een bijeenkomst van de subgroep "Systemen en Controle" door, waarop van elke doctoraatsstudent drie slides over zijn/haar project(en), wiskundige technieken en toepassingen werden getoond.
- De rest van de dag ging onder andere naar het aanpassen van mijn *Traffic Cellular Automata* software voor gebruik van mijn vernieuwde *SMTools* Java bibliotheek.
- Tot slot heb ik ook de `JGradientColorRamp` klasse uitgewerkt en gedocumenteerd; deze klasse voorziet in een kleurmap die gaat van blauw over groen en geel naar rood. In tegenstelling tot een vroegere implementatie, ondersteun ik nu een continu in plaats van een discreet spectrum. Verder bevat ze ook methode die toelaat een scalair in het interval $[0,1]$ om te zetten naar een kleur in het eerder gedefinieerde spectrum (zie figuur 30.1 ter illustratie).



Figuur 30.1: De `JGradientColorRamp` klasse van mijn Java *SMTools* software bibliotheek.

30.2 Vrijdag 06/02 tot donderdag 12/02

30.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 06/02/2004 :

- ik heb al mijn vorige weekverslagen afgewerkt.
- Zo goed als de hele dag ging naar het afwerken en vertalen van mijn presentatie voor mijn gastlezing op de *Friday Seminar* van de Universiteit Antwerpen : "*Traffic : an Interplay between Models, Simulations and Control Actions*".
- René Boel wist me te melden dat hun bijdrage voor het DWTC verslag onderweg is.
- Voor de 'wervingscampagne' van ESAT worden voor de studenten 2e kandidatuur Burgerlijk Ingenieur een aantal demonstraties gegeven en informatie verspreid. Eén van de zaken waar ik hier mee te maken heb, is dat men een poster over verkeersonderzoek wilt (wat op zich raar is aangezien er buiten mij niks van onderwijs/onderzoek naar verkeer op ESAT gedaan wordt). Feit is, dat er een groot aantal posters van het eerste PhD Symposium (2002) beschikbaar zijn, maar dat het beleid op ESAT er *nog steeds niet* uit is waar deze mogen hangen (en hoeveel posters elke afdeling mag hangen). Op deze manier kunnen er dan toch al een deel nuttig gebruikt worden. Misschien kunnen de assistenten beter zelf hun posters in de gangen ophangen, hetgeen nu toch al her en der in ESAT gebeurt. . .
- Tom Bellemans was zo vriendelijk om het artikel "*Sturen zonder Structuren*" van Ben Immers voor me in te scannen en het me toe te mailen.

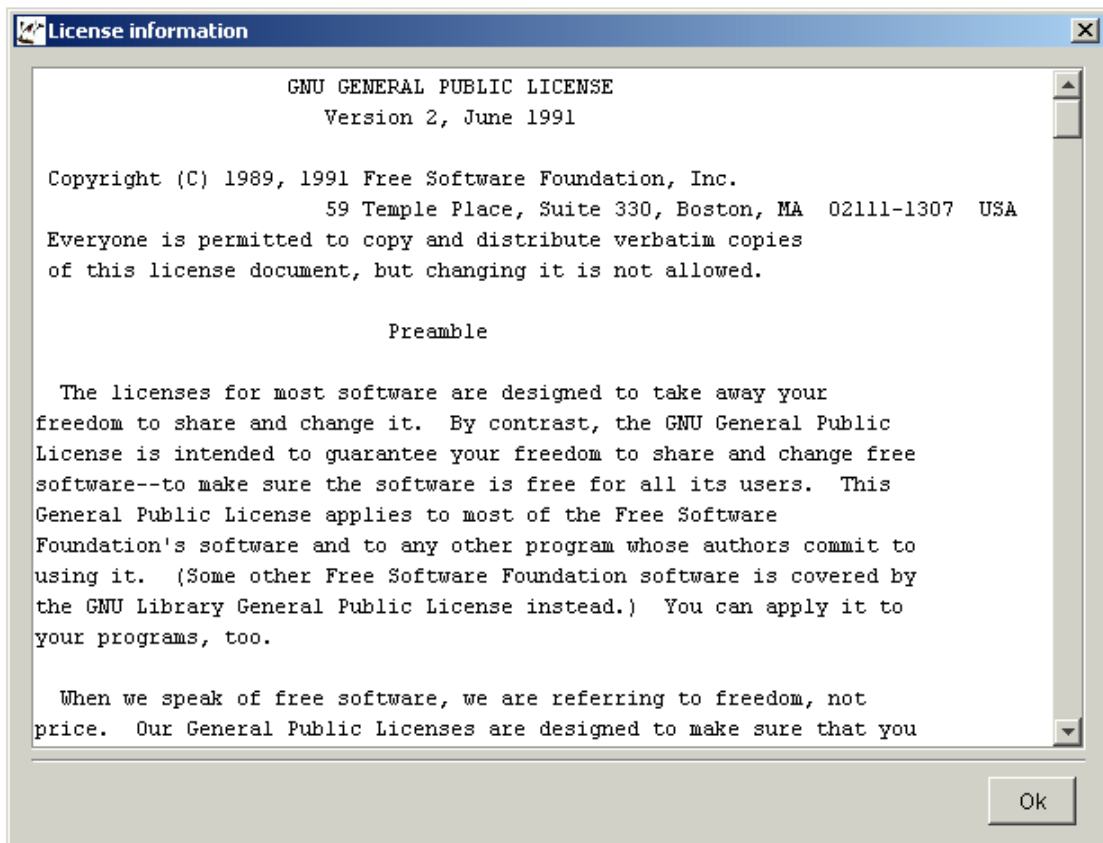
Maandag 09/02/2004 :

- ik heb de `JLicenseDialog` klasse geconstrueerd en gedocumenteerd die toelaat om licentie informatie in een applicatie weer te geven (zie figuur 30.2 ter illustratie).
- Alle bijdragen voor het tweede jaarlijkse activiteitenverslag voor het DWTC zijn binnen.
- Voor het IAP dienden we een kort overzicht van ons doctoraatsonderzoek te geven, bij deze :
'Measuring and controlling of traffic situations, data-analysis and simulation techniques'

Starting from statistical and datamining techniques, we aim to enhance our insight in traffic data (including possible correlations with external factors). This coupled to applications of microscopic and macroscopic traffic flow models and simulators, with special focus on the use of cellular automata and distributed computing.

Dinsdag 10/02/2004 :

- zo goed als heel de dag ging naar het schrijven en op punt stellen van de administratieve delen van het tweede jaarlijkse activiteitenverslag voor het DWTC
- Verder heb ik nog een bijdrage geleverd voor het IAP verslag van 2003.



Figuur 30.2: De `JLicenseDialog` klasse van mijn Java *SMTTools* software bibliotheek.

Woensdag 11/02/2004 :

- heel de dag ging naar het schrijven van het wetenschappelijk deel van het tweede jaarlijkse activiteitenverslag voor het DWTC : "1 - *The inventarisation of technology and monitoring systems*" ("1A - *Available advanced traffic management systems*", "1B - *Available traffic data collection systems*", "1C - *Other kinds of traffic data*"), "2 - *Modelling*" ("2A - *First-order heterogeneous macroscopic LWR model*", "2B - *Second-order homogeneous macroscopic METANET model*", "2C - *Microscopic traffic cellular automata (TCA) models*", "2D - *Statistical models*") en "3 - *Dynamic OD-estimation*" ("3A - *Dynamic traffic assignment*", "3B - *Specification of a testbed*").

Donderdag 12/02/2004 :

- zo goed als heel de dag ging naar het verder schrijven van het wetenschappelijk deel van het tweede jaarlijkse activiteitenverslag voor het DWTC : "4 - *Model fitting and calibration*" ("4A - *Calibration of the heterogeneous LWR model*", "4B - *Calibration of the METANET model*", "4C - *Calibrations performed by CESAME*"), "5 - *Sustainable cost function*" ("5A - *Time costs*", "5B - *Air pollution costs*", "5C - *Noise costs*", "5D - *Accident costs*", "5E - *Infrastructure costs*") en "6 - *Control techniques*".
- in de namiddag ging een ESAT-seminarie door waarop drie nieuwe ZAP-ers zichzelf en hun onderzoek voorstelden; aansluitend was er een receptie.

30.3 Vrijdag 13/02 tot donderdag 19/02

30.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 13/02/2004 :

- zo goed als heel de dag ging naar het nalezen van het wetenschappelijk deel van het tweede jaarlijkse activiteitenverslag voor het DWTC : enkel het deel van CESAME over optimalisatie dient nog aangevuld te worden.
- Ik heb een uitgebreide abstract voor ITSS04 (Nagoya, Japan) ingediend :
'Sustainable traffic control policies using efficient traffic simulations'

Traffic control nowadays is more complex than before; the different local control strategies are expected to work together in an integrated fashion. But even more important is that these control strategies themselves are supposed to be aware of sustainability issues such as air and noise pollutions, accident risks, . . . instead of only taking transportation costs (e.g., experienced travel times) into account. Our research here describes three ingredients that allow such a suitable control: (1) an efficient traffic flow model, (2) a definition of sustainability, and (3) a control algorithm with accompanying possible control actions.

- 's Avonds was er het jaarlijks nieuwjaarsdiner met het "Universitair Centrum voor Statistiek" (UCS).

Maandag 16/02/2004 :

- ziekteverlof.

Dinsdag 17/02/2004 :

- zo goed als heel de dag ging naar het afwerken van het wetenschappelijk deel van het tweede jaarlijkse activiteitenverslag voor het DWTC : "7 - Optimisation" ("7A - Maximum input flow problem", "7B - Minimum sustainable cost problem", "7C - Development of a traffic dynamic simulator"). Daarnaast heb ik ook een begeleidende brief geschreven.
- Erol Dönerler is een student Hogere Informatica aan de Hogeschool van Amsterdam en doet een afstudeeropdracht in Spanje over verkeerssimulators. Hij heeft mijn *Traffic Cellular Automata+* website bezocht en vindt ze heel erg hulpvol voor zijn achtergrondonderzoek over verkeer. Hij heeft de software gedownload maar het lukt hem niet helemaal om ze te draaien (hij werkt met de JDK 1.4 onder Microsoft Windows).

Mogelijke oorzaken zijn het fout staan van het CLASSPATH of een probleem met de javaw interpreter. Uit testen van vorige week heb ik wel al gemerkt dat het programma schijnt te blokkeren op het moment dat de GUI geconstrueerd is met behulp van de JDK 1.4.

Woensdag 18/02/2004 :

- na overleg met Héloïse Côté (CESAME), blijkt dat CESAME verkeersdata heeft via het "*Ministère de l'Équipement et des Transports de la Région Wallone*" (MET). Ze kunnen ook data krijgen van het "*Service Public Federal Mobilité et Transports*" bij Jan Van den Bossche¹. Het betreft hier dus verkeersdata van *gans* België.

Verder weten we ook dat er regelmatig van het volledig Vlaams onderliggend wegennet gedurende enkele dagen per jaar tellingen met slanglussen worden gemaakt. Deze data is beschikbaar via het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap "*Administratie Wegen en Verkeer*" (AVW), *enkel* als je een specifiek project doet voor hen (met hen als opdrachtgever). Idem voor de plannen van lichtenregeling (e.g., op de A12).

Na overleg met Chris Tampère blijkt ook dat het departement Bouwkunde nu toegang kan krijgen tot real-time verkeersgegevens (met een vertraging van enkele minuten).

Al bij al is dit om de muren van op te lopen : onderhandelen via het Verkeerscentrum te Wilrijk is een extreem traag en inefficiënt proces (cfr. mijn eerder lobbywerk dat een half jaar duurde). Zelfs nu alle contracten in orde zijn, blijkt het nog een administratieve rommel voor wat extra verkeersdata. Via het federaal niveau (Jan Van den Bossche) bestaat een veel vlottere mogelijkheid, hetgeen ik bizar vind aangezien zij hun data van het Verkeerscentrum zelf krijgen . . .

Indien ik reistijd voorspelling wil doen en een alternatief voor de E19 wil aanbieden, dan heb ik het grote probleem dat ik geen verkeersgegevens van de alternatieve route (i.e., de A12) heb omdat die tot het onderliggend wegennet behoort. **Het is een regelrechte ramp in België !** En dan spreken we nog niet eens over het verkrijgen van klimatologische data voor onderzoeksdoeleinden . . .

Donderdag 19/02/2004 :

- ik heb het verslag van de derde vergadering met de gebruikersgroep (12/12/2003) voor het DWTC-project CP/40 uitgeschreven, alsmede alle appendices en begeleidende brieven voor de gebruikersgroep en de project partners.
- Op de middag heb ik meegedaan aan een experiment van enkele laatstejaarsstudenten waarbij ze een verband trachten te modelleren tussen de perceptie van een geluid en de akoestische karakteristieken ervan.
- Verder heb ik nog een aantal belangrijke e-mails afgehandeld.

¹Tel.: 02/772.05.18

30.4 Vrijdag 20/02 tot donderdag 26/02

30.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 20/02/2004 :

- ik heb een korte abstract voor mijn FriS-lezing ingestuurd :
‘Traffic: an Interplay between Models, Simulations, and Control Actions’

This interdisciplinary talk presents a general introduction to the field of road traffic research. Starting from the basic empirical measurements, we move on to some approaches that are possible when modelling traffic flows, putting special emphasis on the class of so-called detailed ‘microscopic’ models.

In order to tackle global congestion issues, environmental concerns, ..., traffic control has become more than ever a necessity in today’s world. To this end, several of the available control actions are discussed.

The talk finishes with a short demonstration that highlights some of the basic features in microscopic traffic flow models.

- Daarnaast heb ik nog twee aanpassingen gedaan aan mijn *SMTools* bibliotheek :
 - in de `JTimeChooser` klasse wordt de tijd nu in real-time continu op de analoge klok getoond
 - en in de `JDefaultDialog` klasse werd een overschrijfbaar initialisatiemethode toegevoegd die opgeroepen wordt door de `activate()` methode.
- Op vraag van het departement Bouwkunde, ga ik mee deelnemen aan de organisatie van de “*Dag van de Technologie*” op zondag 14 maart 2004. We gaan waarschijnlijk een hoop filmpjes van microsimitaties tonen, alsmede enkele kleine demonstraties en een poster (hiervoor neem ik die van de IAP studiedag in de herfst van 2002, vertaald naar het Nederlands).

Maandag 23/02/2004 :

- persoonlijke verlofdag.

Dinsdag 24/02/2004 :

- ik heb K.U.Leuven aanvraagformulieren afgehaald voor het gebruik van een auto in dienstverband (om mezelf te verzekeren), alsmede de nieuwe aanvraag voor het gebruik van de fiets in dienstverband (wat de reden achter deze mogelijkheid ook kan zijn).
- Verder heb ik mijn reisaanvragen voor *TransTec04* en *ITSS04* voorbereid; het blijkt dat de hotels in Athene al vrij snel volgeboekt zitten wegens de Olympische Spelen.
- Via *Kostas Goulias* (coördinator *TransTec04*) kwam ik te weten dat er een CD-ROM met *conference proceedings* zal worden gemaakt, waarop zoveel mogelijk complete artikels zullen komen (en vermits niet alle sprekers een volledige artikel willen schrijven, zullen van hen enkel de abstracts gepubliceerd worden).

Na de conferentie worden de beschikbare artikels over verschillende journals verdeeld (*ITS Journal*, *Transportation* of *Transportation Research*) of het boek van de conferentie (op dit moment worden de abstracts geëvalueerd).

Woensdag 25/02/2004 :

- Op de middag ging het vierde T&M Leuven seminarie door; deze keer was Eef Delhaye (ETE) aan de beurt en zij had het over "*Traffic safety: regulation, strict liability and pricing*".
- Voor de aankomende "*Dag van de Technologie*" heb ik de poster van mijn eerste IAP studiedag aangepast en vertaald. Blijkt dat er maar weinig reclame rond dit evenement gemaakt, noch vanuit de overheid, noch vanuit de K.U.Leuven; ik heb de persdienst gecontacteerd en hen gevraagd informatie te geven rond het opstellen van een persmap, zodat we het verkeersonderzoek aan de K.U.Leuven op de kaart kunnen van Vlaanderen kunnen zetten.

Donderdag 26/02/2004 :

- ik heb samen met Ida de details voor mijn registratie en hotelboeking voor de Trans-Tec04 conferentie geregeld.
- Luc West van de Dienst Communicatie K.U.Leuven wist me te zeggen dat hij volgende week op de vergadering voor de "*Dag van de Technologie*" aanwezig ging zijn; we zullen dan de persmap bespreken. Ik heb ondertussen ook de gewijzigde poster nagelezen en gevraagd om hem te laten afdrukken op A0-formaat.
- Goed nieuws ! Stefaan Hoornaert van het Verkeerscentrum te Wilrijk heeft me een DVD opgestuurd met daarop alle verkeersdata van het jaar 2003 (het betreft hier data afkomstig van alle Vlaamse autosnelwegen).
- Na overleg met Dries Van Dromme besloot ik om eens te kijken naar het gebruik van disk-gebaseerde matrix berekeningen; de laatste tijd komen we meer en meer in de problemen omdat onze matrices te groot zijn om ze onder MATLAB volledig in het geheugen te laden. Ik kan bijvoorbeeld maar data van een tiental lusdetectoren tegelijk in het geheugen laden, anderen kunnen geen volledige PCA berekenen, ... Volgens mij is het gewoonweg uitbreiden van het geheugen *niet* de oplossing.

Het leek me logisch om in eerste instantie een framework in C++ te schrijven dat matrix gebaseerde algoritmes implementeert, maar waarbij de toegang tot een matrix gebeurt via `getElement(row,col)` en `setElement(row,col,value)` methodes. Indien we polymorfie gebruiken dan kunnen we de onderliggende matrix implementatie vervangen door een die op basis van een *random access file* werkt. Met wat intelligentie kunnen we zelfs een caching techniek ontwikkelen die de overhead van de I/O operaties kan laten afnemen.

Tot hiertoe alles goed en wel; maar na wat op Internet gezocht te hebben, kwam ik tot de conclusie dat er al redelijk wat werk naar dit soort technieken is verricht; men spreekt hier dan van *out-of-core* algoritmes. Er bestaan dergelijke algoritmes om matrices te vermenigvuldigen, te transponeren, SVD's te berekenen, ... Wordt vervolgd.

Hoofdstuk 31

Maart 2004

31.1 Vrijdag 27/02 tot donderdag 04/03

31.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 27/02/2004 :

- Ben Geeraerts wist me te melden dat de poster voor de "*Dag van de Technologie*" pas maandag klaar zal zijn.
- Stephen Kelley heeft me per e-mail met een zeer interessant voorstel gecontacteerd: hij werkt samen met F.S Hill Jr. aan de derde editie van het boek "*Computer Graphics using OpenGL*" [Hil01]. Ze hebben mijn C++ code op mijn website en vonden ze waardevol. Het gevolg is dat ze me vroegen om een bijdrage aan het nieuwe boek te leveren (uitgeverij Prentice Hall).
Het blijkt dat de behandeling die ik van hun SDL code gaf, redelijk indrukwekkend overkwam en men zou graag mijn methodes en ideeën bespreken. Excellent nieuws dus voor mijn bijdrage tot de wereld van *computer graphics* !
- Ik heb me geregistreerd bij de "*SIAM Services*", waardoor ik nu toegang krijg tot "*Dynamical Systems*", en de "*SIAM Journals Online*".
- In de namiddag ben ik naar Bouwkunde geweest om daar met de mensen over ons doctoraatsonderzoek te spreken; het was een stimulerende sessie die duidelijk verkeerskundig van aard was.

Maandag 01/03/2004 :

- er is een nieuw exemplaar van "*Scientific Computing World*" [Wil04a] toegekomen.
- Ik heb eindelijk de verslagen van ons DWTC-CP/40 project terug gekregen; zoals ik verwachtte, werd er niets aan veranderd . . .
- Ben Geeraerts kwam plots met de leuke melding dat hij graag had dat ik de gele achtergrond van mijn poster verwijderde. Ik vroeg hem of dit soms een nieuwe richtlijn van MICAS betrof (zij beheren immers de A0 printer), aangezien ik in het verleden reeds vier posters zo heb afgedrukt zonder dat men daar problemen rond maakte. Hij wist me te melden dat dit *geen* richtlijn betrof (maar gaf verder geen interessante commentaar buiten het feit dat hij inkt wou besparen) en dat de printer van MICAS is en dat het geen recht maar een gunst is om hem te mogen gebruiken. Toen ik zei

dat deze posters toch door de onderzoeksgroepen betaald worden, en dat men op het LUDIT daar geen probleem van maakte, verwees hij me fijntjes door naar het LUDIT. Het is dan ook mijn betoog dat zij daar in se niet moeilijk over moeten doen, **want uiteindelijk betalen wij de rekening van het afdrukken**. Het gevolg is dat ik nu alle posters via het LUDIT moet afdrukken, net omdat er op ESAT een bietekwiet rondloopt die niet weet wat goede posters maken inhoudt !

Dinsdag 02/03/2004 :

- **Sandy Hill (de auteur van het boek *Computer Graphics using OpenGL* [Hil01], contacteerde me; ze zijn zeer blij dat ik op hun voorstel tot het leveren van een bijdrage ben ingegaan. Ze gingen me kortelings informatie geven over de verschillende manieren waarop ik met hen aan het boek kan meewerken. Hierbij vroeg Sandy me trouwens al wanneer ik denk mijn doctoraat af te werken.**
- In de namiddag ging er een vergadering door in verband met de "*Dag van de Technologie*". Achteraf heb ik nog kort met Luc West van de Dienst Communicatie K.U. Leuven gebabbeld : ik stelde voor om het idee van een persmap maar te laten varen, zeker nu ik enerzijds zicht heb gekregen op de grootte van de deelname van de K.U.Leuven, en anderzijds omdat we naar buiten toe dan beter als een eenheid overkomen.

Woensdag 03/03/2004 :

- een groot deel van de dag ging naar het opstellen van een discussienota rond "*A Vision on PhD Candidates*", waarin ik een aanzet geef tot mijn visie hieromtrent. Daarnaast ga ik ook in op de zin en onzin van de huidige doctoraatsopleiding (DOCOP).
- Verder heb ik mijn poster voor de "*Dag van de Technologie*" omgezet zodat hij door het LUDIT kan afgedrukt worden, *met achtergrond kleur*; iets wat via MICAS niet meer mogelijk is ...

Donderdag 04/03/2004 :

- in de ochtend ging er een bijeenkomst van de subgroep "*Systemen en Controle*" door, met als doel een plan te ontwikkelen om onze kennis via een gestructureerde website aan te bieden.
- Ik ben naar het LUDIT gereden om er onze poster voor de "*Dag van de Technologie*" af te halen.
- Verder heb ik de SISTA laptop in orde gebracht voor mijn gastlezing op de "*Friday Seminar*" morgen aan de Universiteit Antwerpen.
- Tot slot heb ik de SISTA seminars bijgewoond van Paul Van Hecke ("*Basic principles of Magnetic Resonance imaging and Spectroscopy*"), Arjan Simonetti ("*Classification of brain tumors using combined MRI and MRSI data*") en Andy Devos ("*The use of Magnetic Resonance Imaging versus Spectroscopy Imaging for Brain Tumour Classification*").

Spijtig genoeg waren de presentaties naar het einde niet meer denderend, aangezien de gastsprekers besloten om in irrelevante details te duiken (veel te kleine tekst, boordevolle tabellen, nutteloze informatie, ...); op de koop toe werd het dan nog donker in de zaal, en dat terwijl er knalwitte slides werden getoond. Typisch ...

31.2 Vrijdag 05/03 tot donderdag 11/02

31.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 05/03/2004 :

- vandaag gaf ik een gastlezing op het "Friday Seminar" aan de Universiteit van Antwerpen; na afloop kreeg ik enkele interessante vragen (en een doos chocolaatjes). Twee belangrijke vragen waren :
 - *Zullen de superboetes effect hebben op nieuwe verkeersdata ?*
Het betreft hier bijvoorbeeld het te snel rijden, waarbij de boetes effect zouden hebben op het top-percentiel van de bestuurders. Dit wil zeggen dat de gemiddelde snelheid beïnvloed zou worden door deze bestuurders. Volgens mij is het effect niet significant, maar om uitsluitsel te hebben zouden we de standaardafwijkingen voor en na eens moeten vergelijken. Het feit dat het vooral dankzij hen is dat er iets gebeurt (ongevallen en dergelijke), heeft volgens mij geen direct effect op de gewone verkeersdata.
 - *Met supercomputers voorspelt men het weer, waarom ook niet het verkeer ?*
Het weer is een spatiaal fenomeen, in die zin dat men met modellen zoals vortexvelden een voorspelling kan doen; het verkeer daarentegen is een spatiaal spaars bemonsterd fenomeen. Mijn toekomstig onderzoek zal er dan ook uit bestaan om spatiale (en temporele) correlaties in de verkeersdata op te sporen.

Maandag 08/03/2004 :

- ik heb het grootste deel van de verslagbundels voor het DWTC-project CP/40 gekopieerd.
- Reeds geruime tijd denk ik erover om in mijn artikel een deftige grafiek over metastabiliteit te zetten : mijn huidige grafieken bevatten zeer veel ruis, en zijn slechts gedefinieerd op een klein interval in het dichtheidsdomein $[0, 1]$. Om hieraan tegemoet te komen, heb ik de simulatieduur van 10^4 seconden opgetrokken naar 10^5 seconden; de voertuigen rijden nu in een systeem van 10^4 cellen (waarbij de regels van de VDR-TCA worden gebruikt met $p_0 = 0.5$ en $p = 0.01$).
Daarnaast heb ik ook de wijze van experiment veranderd; voorheen liet ik de globale dichtheid adiabatisch veranderen door telkens een voertuig toe te voegen aan of weg te nemen van de bestaande verkeersstroom. Een groot probleem hierbij is dat dit systeem zijn geschiedenis onthoudt, of met andere woorden, van zodra er een capaciteitsval optreedt in de buurt van de kritische dichtheid, dan blijft het systeem zich voor de rest van de tijd op de tak van opgestopt verkeer voortbewegen.
Om aan dit probleem tegemoet te komen, heb ik de opzet veranderd door dezelfde methode te gebruiken zoals beschreven staat in [BSS98] : voor elke nieuwe waarde van de dichtheid worden twee verschillende begintoestanden gebruikt. In het eerste geval wordt vertrokken van een volledig homogene toestand, waarin alle voertuigen even ver van elkaar verspreid worden met een veilige tussenafstand (i.e., vrijstromend verkeer). In het tweede geval wordt vertrokken van een compacte superfile, waarin alle voertuigen vlak na elkaar staan (de tussenruimtes zijn dus allen nul), en aanvankelijk stilstaan.

Ondanks deze veranderingen, hebben we nog steeds af te rekenen met een ander probleem : naarmate de kritische dichtheid wordt genaderd vanuit de tak van vrij-stromend verkeer, neemt de kans toe dat een voertuig teveel moet remmen en op die manier een compacte opstopping veroorzaakt (dit is karakteristiek gedrag van de VDR-TCA). Ook al is de stochasticiteit in het systeem vrij klein (namelijk $p = 0.01$), toch is er een eindige kans dat de capaciteitsval optreedt, *nog voor* het capaciteits-regime is bereikt (i.e., de kritische dichtheid). Om deze punten te berekenen, dienen extra simulaties gedaan te worden (i.e., Monte Carlo).

Ik heb de experimenten geprogrammeerd en gestart op SISTA's supercluster, nu is het wachten op de resultaten . . .

Dinsdag 09/03/2004 :

- ik heb de laatste verslagbundels voor het DWTC-project CP/40 gekopieerd.
- Voor mijn experimenten om metastabiliteit aan te tonen, heb ik toch nog redelijk veel datapunten op de tak van vrij-stromend verkeer in de buurt van de kritische dichtheid moeten hersimuleren. Dit is vrij logisch aangezien ik de simulatieperiode met een factor tien heb opgedreven, wat maakt dat de lokale capaciteitsvallen veel frequenter optreden.

Woensdag 10/03/2004 :

- ik heb de door Bart De Moor ondertekende begeleidende brieven bij de verslagbundels voor het DWTC-project CP/40 gestoken en alles op de post gedaan. Daarnaast heb ik ook elektronische versies (Microsoft Word en Adobe Acrobat) naar mevrouw Aurore Delis van de dienst Federaal Wetenschapsbeleid gestuurd over e-mail. Verder heb ik ook alle presentaties en verslagen online gezet.
- Vermits het enorm lang duurt om de datapunten in mijn experimenten te simuleren, heb ik besloten om het over een andere boeg te gooien. Feit is dat ik tot nu toe enkel maar met een klein stukje van het (k,q) fundamenteel diagram zat te werken, terwijl ik eigenlijk heel het diagram diende te beschouwen. Vermits expliciet simuleren te lang duurt, heb ik gekozen voor extrapolatie. Op het eerste zicht lijkt dit wetenschappelijk onzuiver; ik extrapoleer immers op basis van een kleine hoeveelheid datapunten. Dit wordt echter gesteund door het feit dat we *weten* hoe de grafiek er uiteindelijk moet uitzien.

Naast de kleine datasets voor de takken van vrij-stromend en opgestopt verkeer, weten we ook dat de punten $(0,0)$ en (k_c,q_c) op de eerste tak en $(k_j,0)$ op de tweede tak dienen te liggen. De kritische dichtheid waar de capaciteitsval optreedt, kan berekend worden als :

$$k_c = \frac{1}{L + \langle v_{\max} \rangle}, \quad (31.1)$$

waarbij $\langle v_{\max} \rangle$ de gemiddelde maximale snelheid is die een voertuig in vrij-stromend verkeer haalt. We kunnen eenvoudig bewijzen dat $\langle v_{\max} \rangle = v_{\max} - p_0$, wat in dit geval dus een snelheid van 4.99 cellen/seconde oplevert. Vermits $L = 1$ cel, is $k_c \approx 0.1669$. Hiermee corresponderend, is $q_c = k_c \times \langle v_{\max} \rangle \approx 22.2533$ voertuigen/kilometer $\times 4.99$ cellen/seconde $\times 7.5$ meter/cell ≈ 2998 voertuigen/uur. De opstoppingsdichtheid k_j is eenvoudigweg gelijk aan $(1 \div 7.5) \times 1000 \approx 133$ voertuigen/kilometer.

Nu we deze punten theoretisch berekend hebben, dienen we enkel nog de varianties van beide takken te schatten. Hiervoor werd eerst de lineaire trend in de data verwijderd, door de twee lineaire modellen te schatten met behulp van de LSLR klasse in mijn *SMTTools* software bibliotheek. Merk op dat we bovenstaande drie theoretisch berekende punten ook meenemen in de datasets. De datapunten in de tak van vrij-stromend verkeer werden gesimuleerd in het interval [10.6666, 15.1333] voertuigen/kilometer (wat overeenkomt met 300 globale dichtheden tussen 0.0800 en 0.1135), die in de tak van opgestopt verkeer zitten in het interval [12.7067, 16.0000] (wat overeenkomt met 248 globale dichtheden tussen 0.0953 en 0.1200). Het resultaat voor de tak van vrij-stromend verkeer is :

$$q = (134.438726167528 \times k) + 0.251778951203466, \quad (31.2)$$

en voor de tak van opgestopt verkeer :

$$q = (-13.51259286438198 \times k) + 1796.8793604290224. \quad (31.3)$$

Vervolgens las ik de data in MATLAB in, verwijderde ik de lineaire trend op basis van bovenstaande gegevens, waarna ik de standaardafwijkingen voor beide takken kon berekenen. Voor de tak van vrij-stromend verkeer gaf dit een standaardafwijking van 0.8241, voor de tak van opgestopt verkeer gaf dit een standaardafwijking van 4.7315. Merk op dat ik ervan uitga dat de data dus homoskedastisch is binnen een tak !

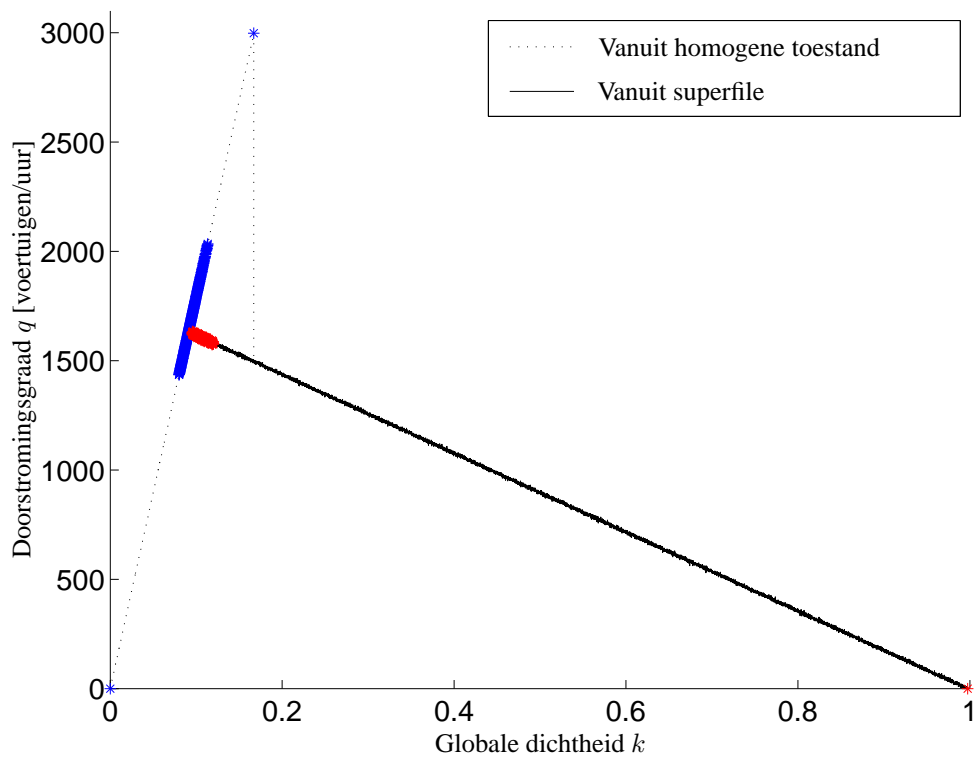
De laatste stap was tot slot het genereren van waarden buiten de gesimuleerde intervallen, op basis van beide geschatte lineaire modellen en hun varianties. Voor de tak van vrij-stromend verkeer werden waarden gegenereerd in de intervallen [0,10.6666] en [15.1333,22.2533], voor de tak van opgestopt verkeer werden waarden gegenereerd in de intervallen [12.1600,12.7067] en [16.0000,133.0000]. Achteraf werd aan de tak van vrij-stromend verkeer ook het punt $(k_c, 1500)$ toegevoegd om de capaciteitsval te modelleren.

Het resultaat na extrapolatie is te zien in figuur 31.1; de blauwe en rode datapunten werden expliciet gesimuleerd, de zwarte stippel- en volle lijnen tonen de extrapolatie.

- Tot slot heb ik mijn visietekst omtrent doctoreren wat bijgesteld, en ondermeer ook de intenties van de DOCOP aan andere universiteiten erin opgenomen.

Donderdag 11/03/2004 :

- ik heb de berekeningen van mijn histogrammen voor mijn artikels opnieuw uitgevoerd, waarbij ik dit keer de histogrammen door MATLAB liet opstellen in plaats van dit zelf in Java te doen. Het gevolg is nu wel dat Java voor elk experiment 3 tot 6 uren nodig heeft om de data te bewaren, waarmee een totaal schijfgebruik van 3 tot 5 GB gepaard gaat. De histogrammen in MATLAB berekenen duurt ongeveer 2 uren, met een uiteindelijke bestandsgrootte kleiner dan 50 KB (i.e., de relative frequenties van de histogramklassen).
- **SISTA** ervaart volgens mij een lacune, waarbij men zozeggd aan *numerieke lineaire algebra* doet, maar waarbij niemand concrete inhoud aan dit begrip kan koppelen. Sterker nog, ik vind het erg dat er niemand aan foutenanalyses doet, dat niemand de numerieke stabiliteit van zijn/haar geïmplementeerde algoritmes test en dat er geen algoritmische tijd- en ruimtekosten worden berekend, wat me toch wel een essentieel onderdeel lijkt.



Figuur 31.1: Extrapolatie van de takken van vrij-stromend en opgestopt verkeer in de VDR-TCA (met $p_0 = 0.5$ en $p = 0.01$), uitgaande van een lineair model met geschatte variantie.

31.3 Vrijdag 12/03 tot donderdag 18/02

31.3.1 Traffic Networks

Referentie : [Nag02b]

In dit artikel uitgegaan van een microscopische beschouwing van verkeersstromen, waarbij er een sterke nadruk ligt op de individuele intelligente *agents* in een systeem. Lange termijnplanning vormt de ondertoon : hoe reageren gebruikers op een veranderend netwerk, hoe verhoudt hun modale keuze zich tot het leren van routes, ... ?

Een groot deel van het artikel wordt gewijd aan de klassieke statische en recentelijk meer dynamische toedeling van verkeersstromen aan een netwerk.

Verder wordt aandacht besteed aan de routegeneratie voor de individuen in een netwerk, en hoe ze kunnen reageren op extra informatie (e.g., verkeersinformatie die via de radio wordt verkondigd), hoe ze omgaan met herrouteren en het tijdsaspect dat hierbij een rol speelt in een gedistribueerde rekenomgeving.

31.3.2 Weekoverzicht

Vrijdag 12/03/2004 :

- ik heb mijn slides voor de gastlezing van "*Economische Sectoren en Technologie*" (D266) gemaakt; ze werden gebaseerd op de versie die ik gaf voor mijn lezing op de "*Friday Seminars*", maar dan in het Nederlands en zonder de slides die Griet gebruikte).
- Ik heb de SISTA laptop in orde gebracht voor de "*Dag van de Technologie*".

Zondag 14/03/2004 :

- vandaag ging de "*Dag van de Technologie*" door; we dienden reeds om 10u00 al op post te zijn om enkele tafels te verhuizen, waarna we na een kwartiertje tot ongeveer 13u00 thuis konden zitten ...
Gedurende de dag zelf kwam er vrij veel volk langs op het kasteel, waarbij vooral veel belangstelling getoond werd voor onze stand rond verkeersmodellering (zie figuur 31.2); om 18u00 sloten we de succesvolle dag af (waarbij dertig keer dezelfde uitleg geven geen uitzondering was).

Maandag 15/03/2004 :

- in de voormiddag gaf ik mijn gastlezing voor het vak "*Economische Sectoren en Technologie*" (D266); de titel was "*Verkeerskunde: een samenspel van modellen, simulaties en regelacties*" (zie ook figuur 31.3). Na mij kwam Steven aan de beurt, die als plaatsvervanger voor Griet De Ceuster van "*Transport & Mobility Leuven*" optrad.
- Ik heb al mijn treinticketten van het academiejaar 2002-2003, alsmede mijn vakantiekaarten van 2002 en 2003 naar de personeelsdienst in Leuven gebracht (ter compensatie als gebruik van het openbaar vervoer).



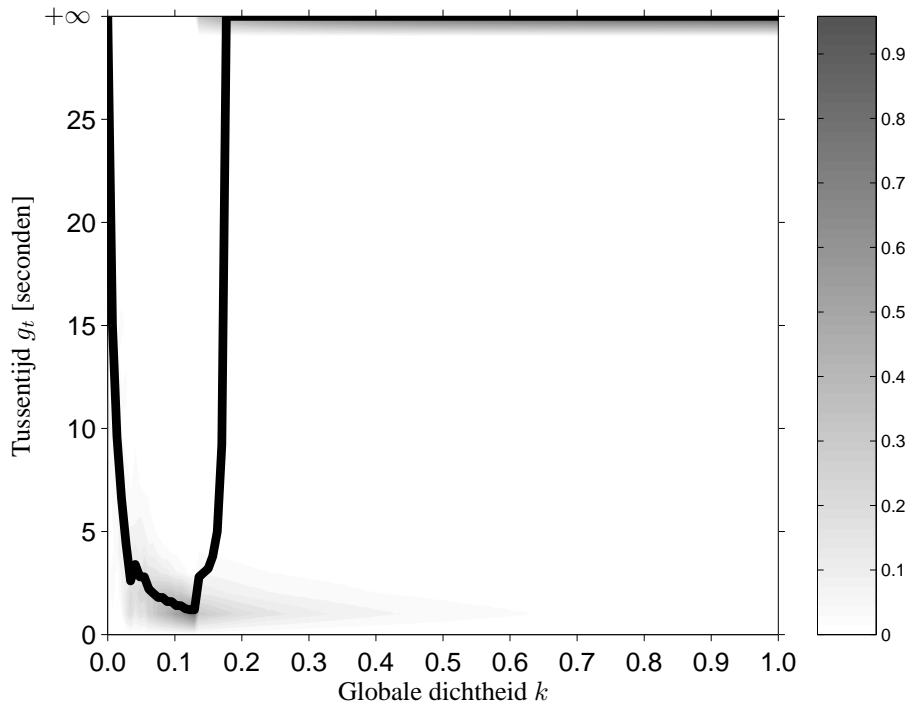
Figuur 31.2: Uitleg geven op de "Dag van de Technologie".



Figuur 31.3: Het geven van een gastlezing voor "Economische Sectoren en Technologie" (D266).

- De resultaten van mijn nieuwe berekeningen van de histogrammen voor mijn artikel zijn beschikbaar. Met mijn nieuwe methode maak ik onderscheid tussen twee aparte gevallen (waar ik daarvoor slechts één geval beschouwde) :
 - in het eerste geval worden de verdelingen van de snelheid v en de tussenruimte g_s beschouwd. Beide grootheden zijn eindig en het is dan ook mogelijk om de gemiddelde snelheid \bar{v} en de gemiddelde tussenruimte \bar{g}_s te berekenen en te tonen.
 - In het tweede geval wordt de verdeling van de tussentijd g_t beschouwd. Een moeilijkheid hierbij is dat $g_t \rightarrow +\infty$ gaat indien $v = 0$. Dit maakt dat een gemiddelde berekenen zinloos is; om hier een mouw aan te passen toon ik de mediaan in plaats van het gemiddelde, waardoor het toch nog mogelijk is om zinvolle grafieken te geven. Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 31.4. Het is duidelijk te zien dat de tussentijd een minimum bereikt in de buurt van de

kritische dichtheid; voor grotere waarden van de globale dichtheid schiet de mediaan naar oneindig, hetgeen er op duidt dat meer dan de helft van de voertuigen gedurende een simulatiestap telkens stilstaan.



Figuur 31.4: De verdeling van de tussentijden g_t van de voertuigen, in functie van de globale dichtheid k in de VDR-TCA (met $p_0 = 0.5$ en $p = 0.01$). De dikke lijn toont de mediaan van alle tussentijden; de grijze gebieden geven de concentraties van kansdichtheid weer.

Dinsdag 16/03/2004 :

- ik heb mijn slides [Mae04a] voor de "*Benelux Meeting on Systems and Control 2004*" (BMSC04) gemaakt en door Ida laten afdrukken op transparanten. En aangezien ik morgen de sessie voorzigt, heb ik daarnaast ook de CVs van de gastsprekers bestudeerd.
- SISTA heeft ons gevraagd om reviews te doen voor de MTNS04 conferentie. Het komt echter wel als niet zo'n goede organisatorische aanpak over, aangezien men wil dat deze tegen volgende week maandag in orde zijn (wat ons dus slechts 3,5 werkdagen de tijd geeft), en dat terwijl een groot deel van de betrokkenen net op BMSC04 zit ...
- Daarnaast dienen we tegen maandag ook minstens één eindwerkvoorstel in te dienen.

Woensdag 17/03/2004 :

- in de voormiddag reed ik met Steven Bex naar BMSC04 te Helvoirt (Nederland) [dJV04]. Daar aangekomen, bleek dat onze sessie rond "*Traffic*" doorging in de Boswilg, de grootste zaal die men daar kan vinden. Alles goed en wel, tot op het moment dat de sessie zou beginnen, en er zo goed als geen volk aanwezig was : de hele SISTA bende was er, en daarnaast nog een 15-tal andere personen . . .

Bij deze heb ik dan ook besloten om de "*Benelux Meetings*" niet meer bij te wonen, en sterker nog, om nooit meer iets dergelijks rond verkeer te organiseren voor het soort volk dat naar deze conferenties afzakt. Het is dit jaar tekenend geweest dat verkeer blijkbaar geen passend onderwerp is, en ik vind het persoonlijk spijtig dat ik daar de afgelopen drie maanden al mijn tijd en energie heb ingestoken.

Gedaan met de "*Benelux Meetings*", laat een ander maar voor aap staan !

Donderdag 18/03/2004 :

- vandaag gaf Benoit Mandelbrot een lezing aan de faculteit Toegepaste Economische Wetenschappen. Gisteren gaf hij er ook een, maar toen kon ik niet komen daar ik vast zat op de idiote "*Benelux Meeting*"; deze keer kon ik er echter wel bij zijn. Op het einde van de lezing heb ik hem gevraagd of hij zijn handtekening wou zetten in een bijdrage van hem aan het boek "*The Beauty of Fractals – Images of Complex Dynamical Systems*" [PR86], wat ik reeds enkele jaren in mijn bezit heb.
- Ik heb het artikel "*Traffic Networks*" (zie paragraaf 31.3.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

31.4 Vrijdag 19/03 tot donderdag 25/02

31.4.1 Java Performance – Reducing time and space consumption

Referentie : [Ses03]

In dit artikel wordt een bondig overzicht gegeven van enkele tips die handig zijn voor het optimaliseren van Java programma's. Immers, door de striktheid die de taal oplegt, kunnen Java compilers niet veel doen om een programma *veilig* te optimaliseren.

Enkele aandachtspunten :

- lusvarianten dienen buiten de lus berekend/geëvalueerd te worden,
- indexering van meer-dimensionale arrays kan geoptimaliseerd worden door telkens een array referentie te creëren naar een subdimensie.
- gebruik van de methode `StringBuffer.append(String)` is de aangewezen methode voor het toevoegen van variabele stukken aan strings,
- en sorteren van arrays dient bij voorkeur te gebeuren met behulp van de `java.util.Arrays.sort` methodes.

31.4.2 Fluid Dynamics

Referentie : [Wik]

Deze verzameling 'feiten' is afkomstig van Wikipedia, een Wiki-gebaseerd informatie systeem. Ze hielp me bij het verschaffen van inzicht omtrent macroscopische en mesoscopische modellen van verkeersstromen (zij het dan voor het algemene geval van vloeistoffen).

Een eerste onderscheid dat gemaakt wordt, berust op het al dan niet beschouwen van de continuïteitsveronderstelling : deze veronderstelt dat vloeistoffen continu zijn, in die zin dat de eigenschappen (dichtheid, druk, temperatuur en snelheid) continu en infinitesimaal klein gedefinieerd zijn. Indien dit niet het geval is, dan dient men een beroep te doen op de statistische mechanica (en spreekt men ook eerder van gas-kinetische, i.e., mesoscopische modellen). Het onderscheid tussen beide kan gemaakt worden op basis van het Knudsen getal.

De uiteindelijke classificatie geschiedt op basis van volgende getallen :

Knudsen getal : macroscopisch versus mesoscopisch,

Mach getal : samendrukbaar versus onsamendrukbaar,

Reynolds getal : visceus versus niet-visceus.

Merk op dat de vloeistofmodellen afgeleid zijn van de niet-lineaire Navier-Stokes partiële differentiaalvergelijkingen, waarvan exacte oplossingen tot op heden niet gekend zijn (tenzij in bepaalde gevallen, e.g., Euler vloeistoffen et cetera).

31.4.3 Human behavior as origin of traffic phases

Referentie : [KSS02]

De oorsprong van de drie verschillende verkeersregimes (vrij-stromend verkeer, gesynchroniseerd verkeer en opgestopt verkeer) wordt in dit artikel verklaart aan de hand van een microscopisch TCA model. Er wordt gesteld dat de meeste modellen er op gericht zijn om botsingsvrij rijden te garanderen; het blijkt echter dat indien men ook vlot en comfortabel rijden in rekening brengt, dit aanleiding kan geven tot zeer stabiele toestanden van gesynchroniseerd en opgestopt verkeer.

31.4.4 On kinematic waves : II. A theory of traffic flow on long crowded roads

Referentie : [LW55]

Het alom gevierde artikel begint met een korte inleiding in de theorie van kinematische golven, gegeven door Pipes. Hij eindigt met een beknopte beschouwing van de verschillen tussen de theorieën van Lighthill en Whitham, en die van Richards. In se zijn beide theorieën identiek, maar bij Richards ligt het accent meer op discontinuïteiten in de dichtheid (toen nog concentratie genoemd), terwijl Lighthill en Whitham meer naar de doorstromingsgraden kijken. Verder is het ook zo dat Richards vertrekt vanuit een vaste (k,q) relatie, terwijl Lighthill en Whitham een meer algemene analyse geven.

Vervolgens komt het eigenlijke artikel aan bod, waarin vooreerst uitgebreid de tijd wordt genomen om de scenario's te schetsen waarop de theorie toepasbaar is (en waarbij regelmatig naar Wardrop's seminale artikels wordt verwezen).

Daarna wordt er ingegaan op het concept 'fundamenteel diagram' (al bestond die naam toen nog niet), en de vorm die deze kromme wordt verondersteld te hebben. Me dunkt dat er vandaag de dag nog maar weinig aandacht wordt besteed aan de caveats die aan dergelijke diagrammen verbonden zijn, en dit terwijl de 'oude meesters' er reeds in de jaren '50 op wezen !

De bulk van het artikel wordt gevormd door de beschrijving van de vorm en voortplanting van een 'bult' (bestaande uit een hogere concentratie aan voertuigen die zich stroomafwaarts voortbewegen). Vervolgens wordt een theorie van *bottlenecks* uit de doeken gedaan en tot slot wordt een kort overzicht gegeven van het gedrag van verkeer aan een verkeerslicht (i.e., zowel geregelde als ongeregelde kruispunten en dit in de breedste zin van het woord).

Het artikel wordt afgesloten met enkele gegronde kritieken op het besproken model, alsmede mogelijke uitbreidingen (waarvan de laatste besproken een hint geeft naar het later door Payne ontwikkelde hogere orde model).

31.4.5 Weekoverzicht

Vrijdag 19/03/2004 :

- ik heb al mijn conferentie-gerelateerd materiaal overzichtelijk gebundeld in een apart kaft.
- David Kaser (van de Highland Middle School in Barberton, Ohio) contacteerde me met de vraag of hij een van mijn gerenderde prentjes van mijn website mocht gebruiken (het betreft de DNA-helix die ik geraytraced had), dit om een goede voorstelling te geven van wiskunde en wetenschap in het leven. Ik heb toegestemd.
- ik heb het artikel "*Java Performance – Reducing time and space consumption*" (zie paragraaf 31.4.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Maandag 22/03/2004 :

- ik heb het artikel "*Fluid Dynamics*" (zie paragraaf 31.4.2 voor meer details hieromtrent) gelezen. Daarnaast heb ik ook vluchtig door het artikel "*Wetenschappelijke resultaten in de pers krijgen – Enkele raadgevingen*" [FWO01] gebladerd.
- Verder heb ik ook een eindwerkvoorstel opgesteld; het is in grote lijnen hetzelfde als dat van vorig jaar : "*A comparative study of microscopic traffic flow models*". Een verschil zit onder andere in de *requirements* die ik vraag; kandidaten dienen een degelijke kennis van programmeren te hebben. Het voorstel dient immers voor het academiejaar 2004-2005 en vermits dat mijn laatste jaar doctoreren is, ga ik geen tijd verspelen aan het oplossen van triviale fouten in de software, deze dient ineens van de goede kwaliteit te zijn (enige vorm van begeleiding hiervoor is uiteraard wel logisch).
- Ter voorbereiding van de nieuwe *multi-lane distributed TCA* simulator *CATSIM* (voorgesteld op de afgelopen "*Benelux Meeting on Systems and Control*"), heb ik volgende drie documenten bestudeerd met het oog op het gebruik van *JavaSpaces* : "*Vergelijkende studie van JavaSpaces en GigaSpaces*" [Foo03], "*Vergelijkende studie van JavaSpaces en TSpaces*" [Loo03] en "*Vergelijkende studie van GigaSpaces en TSpaces*" [Sav03].

De belangrijkste slotconclusies zijn dat *GigaSpaces* en *TSpaces* veruit de meeste functionaliteit bieden ten opzichte van *JavaSpaces* (i.e., de referentie implementatie). Er dient opgemerkt te worden dat de implementatie van *TSpaces* vrij ondoorzichtig is, wat in sterk contrast met *GigaSpaces* staat. Zowel *GigaSpaces* als *TSpaces* zijn stukken sneller dan de klassieke *JavaSpaces*. Daarenboven is het nog eens zo dat *TSpaces* veel sneller dan *GigaSpaces* is, omdat deze eerste op een vrij *low-level* architectuur gebaseerd is. Desalniettemin dient gezegd te worden dat *GigaSpaces* op dit moment meer maturiteit dan *TSpaces* heeft, iets wat in de toekomst hopelijk geremedieerd wordt.

Dinsdag 23/03/2004 :

- ik heb het artikel "*Human behavior as origin of traffic phases*" (zie paragraaf 31.4.3 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- In de namiddag ben ik naar de Hallen gegaan waar de Centrale Bibliotheek al haar dubbele werken van de hand deed; ik heb er "*Chaos*" [Gle90] van James Gleick en "*Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series*" [Bro63] van Robert Goodell Brown gekocht.

- 's Avonds ging in het Kasteel een gespreksavond van het VILv-Forum door, getiteld : "Mobiliteit morgen... Eer de files gaan stilstaan : België moet kiezen. Kan een modern uitgerust en performant openbaar vervoer de oplossing brengen voor de mobiliteitscrisis ?". Gastsprekers waren Antoine Martens (NMBS), Ben Immers (K.U.Leuven) en Jos Ansoms (volksvertegenwoordiger CD&V); zie ook figuur 31.5. In tegenstelling tot hetgeen ik verwacht had (cfr. de eerdere studiedag over verkeersveiligheid), waren het alle drie boeiende getuigenissen. Achteraf kreeg het publiek (dat eigenaardig genoeg enkel uit gepensioneerden bestond) de kans om vragen te stellen, waarbij we, net zoals op de "Dag van de Technologie", de meningen van jan en alleman te horen kregen. Aansluitend was er – naar goede gewoonte – een receptie.



Figuur 31.5: Antoine Martens, Ben Immers en Jos Ansoms als gastsprekers op het VILv-Forum.

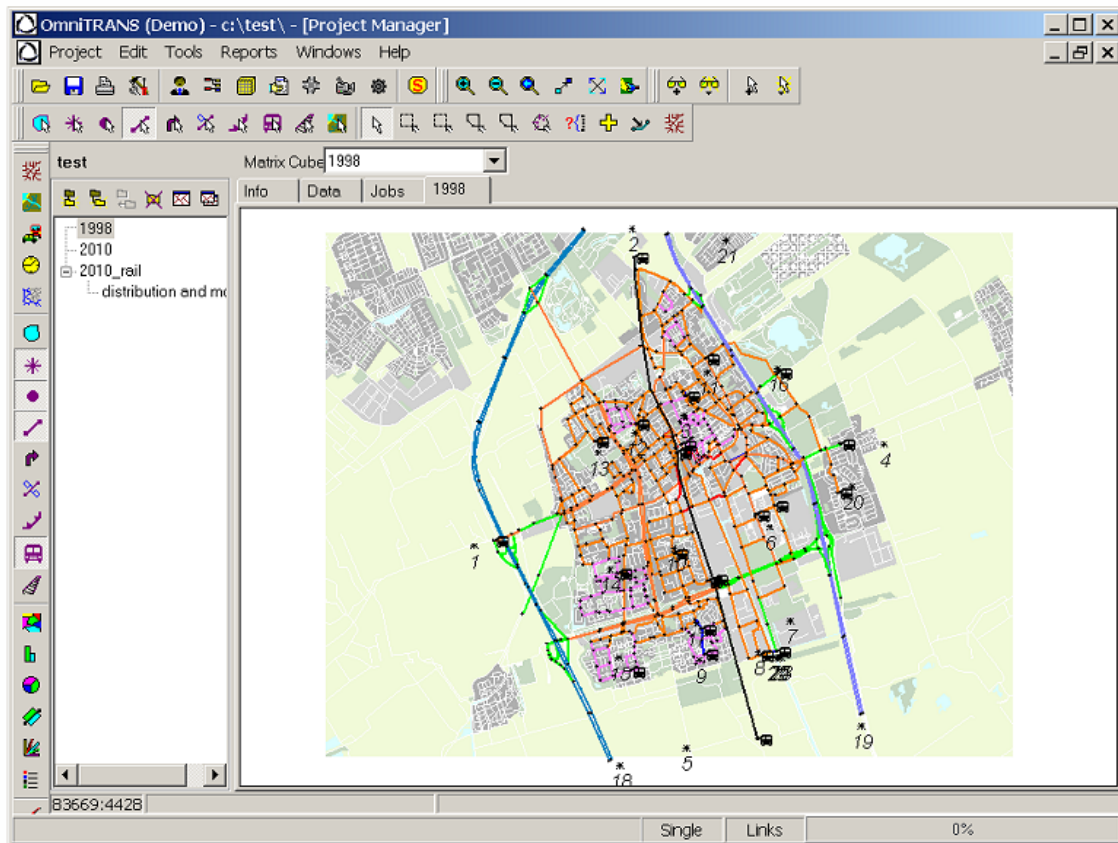
Woensdag 24/03/2004 :

- op de middag ging er een seminarie door op *Transport & Mobility Leuven*, waar werd gesproken over hun nieuw ontwikkelde model, *TREMOVE II*.
- Mijn vakantiekaart voor 2004 is aangekomen.
- Ik heb na lang talmen het artikel "On kinematic waves : II. A theory of traffic flow on long crowded roads" (zie paragraaf 31.4.4 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Nadat ik kort met Jim Stada heb gesproken, ben ik meer en meer gemotiveerd om een nota te verspreiden naar alle partners van ons DWTC-project CP/40 waarin ik de 'correcte', consistente en logische notatie van enkele verkeerskundige variabelen scherp stel. Een voorlopig document is reeds in de maak. Jim stelde me trouwens voor om hier een kleine paragraaf in mijn dissertatie aan te wijden, wat de uitgewezen plaats is om deze kwestie van mij af te schrijven.

Donderdag 25/03/2004 :

- ik heb besloten om *niet* naar de ITSS04 conferentie in Japan te gaan; redenen hiervoor zijn dat deze massaconferentie me niet veel extra zou bijbrengen, dat het enorm ver en duur is en dat er geen zekerheid is dat ik een lezing zou mogen geven (het alternatief is een poster, maar daarvoor vlieg ik niet de wereld rond).

- Verder heb ik met de mensen van Bouwkunde overlegd om *TransCAD* te krijgen; zij hebben me echter ineens doorverwezen naar een alternatief hiervoor, dat ze vanaf volgend academiejaar gaan gebruiken : *OmniTRANS*. Ik heb van hun website¹ de gratis demoversie gedownload en me ingewerkt aan de hand van het voorbeeld rond de stad Delft (zie figuur 31.6). Op langere termijn zou men op Bouwkunde ook het dynamisch toedielingsmodel *Indy* samen met *OmniTRANS* gaan gebruiken.



Figuur 31.6: Het transport planningspakket *OmniTRANS* met als voorbeeld de stad Delft.

¹<http://www.omnitrans.nl>

Hoofdstuk 32

April 2004

32.1 Vrijdag 26/03 tot donderdag 01/04

32.1.1 Why cars in the next lane seem to go faster

Referentie : [RT99]

Het feit dat het lijkt dat voertuigen in een naburige rijstrook tijdens een opstopping sneller gaan, wordt door de auteurs in dit artikel ontkracht. Computersimulaties en een vorm van experimenteren, leverde hen op dat het hier eigenlijk om een illusie gaat : mensen spenderen relatief gezien meer tijd aan het ingehaald worden dan dat ze zelf actief inhalen, ook al bewegen de voertuigen in beide rijstroken zich met ongeveer dezelfde snelheid.

32.1.2 Parallel Traffic Simulation with an Algorithm for Adaptive Load-Balancing

Referentie : [Tib]

Het verkeersstroommodel dat in dit artikel gebruikt wordt is een microscopisch model, dat verder niet wordt toegelicht. De parallele implementatie van de taken steunt op het *master-worker* paradigma, waarbij de diverse workers elk instaan voor een bepaald geografisch gebied van het wegennetwerk. Bij het starten van het algoritme, worden deze disjuncte gebieden over de diverse workers verdeeld. Vervolgens wordt in het artikel het *load balancing scheme* op onzuivere wijze besproken, en hoe dit juist in zijn werk gaat, blijft me een raadsel : de auteur zijn Engels kan als erbarmelijk bestempeld worden; overal ontbreken lidwoorden, werkwoorden worden verkeerd vervoegd, ...

Tot slot, een door de auteur gemaakte relevante opmerking : "*Load-balancing is not an intrinsic part of the parallel algorithm, but an extension.*"

32.1.3 The Development of Scalable Traffic Simulation based on Java Technology

Referentie : [SPN]

Net zoals het vorige artikel (zie paragraaf 32.1.2), is ook dit artikel afgrijselijk om vlot te lezen. Beide deze bevestig ik dan ook mijn vermoeden : de meeste Japanners, Chinezen en Koreanen kunnen ellendig slecht Engels schrijven. Het is en het blijft een triestige zaak dat artikels van hen voor publicatie in tijdschriften aanvaard worden, terwijl er flagrante fouten in hun titels staan !

Dit terzijde, wordt in het artikel weerom uitgegaan van een niet nader gedefinieerd microscopisch verkeersstroommodel (de auteurs zijn echter wel verkeerd in hun redenen om niet voor een macroscopisch model te kiezen; volgens hen mist deze modelklasse de eigenschap dat ze de gedragingen van echte verkeersstromen niet kan voorstellen, wat een foute veronderstelling is). Verder wordt het *master-worker* paradigma vrij summier uit de doeken gedaan, en wordt het communicatieproces besproken. Met behulp van enkele testen tonen ze vervolgens de performantie van hun systeem aan.

32.1.4 $1/f$ Noise in a Traffic Model

Referentie : [TT93]

Dit is het befaamde artikel waarin het Takayasu² model wordt besproken. Uitgaande van het Biham-Middleton-Levine (BML) model (i.e., de één-dimensionale variant hiervan die overeenkomt met de CA-184), wordt hier een vertraging aan toegevoegd die van toepassing is op stilstaande voertuigen (i.e., vooraleer ze terug versnellen). De vertraging die hier wordt geïntroduceerd, is *spatial* van aard : een voertuig mag enkel terug vertrekken indien het minstens twee lege cellen voor zich heeft. Vermits deze regel enkel betrekking heeft op stilstaande voertuigen, verandert dit niets aan het gedrag van reeds rijdende voertuigen. Maar van zodra er een voertuig dient te stoppen, ondergaat de gemiddelde snelheid een drastische verandering. Er wordt hierbij trouwens opgemerkt dat gaande van het vrij-stromend naar het opgestopt regime, er een capaciteitsval optreedt; maar dat de omgekeerde weg leidt tot een continue fase-overgang (i.e., *bistabiliteit*). In het eerste geval is dit een eerste-orde (abrupte) fase-overgang, terwijl dit in het tweede geval een tweede-orde (continue) fase-overgang betreft.

Deze continue fase-overgang wordt geassocieerd met het feit dat er een grootheid bestaat die een *power-law distribution* volgt. De grootheid in dit geval is de som van de opgestopte tijd, zijnde gedefinieerd als de som van alle tijdstippen dat voertuigen in een opstopping (veroorzaakt door één gestopt voertuig) stilstaan.

Vervolgens wordt het TCA model gewijzigd : tot zover betrof het hier een variant van de CA-184. Nu wordt er een eindige kans χ ingevoerd dat voertuigen *spontaan volledig stoppen* (deze drastische ingreep levert dus vrij complexe tijd-ruimte diagrammen op). Met behulp van Monte Carlo simulaties wordt dan gekeken naar het verloop van het spectrum van de dichtheidsfluctuaties voor een enkele cel. Hieruit blijkt dat voor niet-opgestopte systemen dit spectrum overeenkomt met witte ruis, terwijl voor opgestopte systemen het spectrum een $1/f$ verloop kent. Dit laatste spectrum wordt door de auteurs geassocieerd met lange termijn correlaties in het systeem. Deze correlaties zijn op hun beurt te wijten aan de lange levensduren van opstoppingen in het systeem.

32.1.5 Correlation functions in the Nagel-Schreckenberg model

Referentie : [CKS98]

Uitgaande van de STCA, wordt gesteld dat er drie dichtheidsregimes zijn :

- vrij-stromend verkeer waar mini-opstoppingen kunnen optreden (maar zij lossen altijd direct op),
- opgestopt verkeer waar zowel voertuigen in opstoppingen zitten, als voertuigen met maximale snelheid rijden
- en super-opgestopt verkeer waar alle opstopingsgolven verbonden zijn en een oneindige levensduur hebben.

Het basisidee achter dit artikel is het formuleren van een antwoord op de vraag : waarin verschilt een opstopping in het vrij-stromend regime van een opstopping in bijvoorbeeld het super-opgestopt regime ? Om hierop een deftig antwoord te formuleren, volstaat het niet om een arbitraire definitie van het concept ‘opstopping’ te geven. Het artikel stelt daarom ook voor om correlatie functies aan te wenden, daar deze een vaak gebruikte techniek vormen om fase-overgangen in de statistische fysica te onderzoeken.

De conclusies zijn dat voor het eerste regime, er anti-correlaties zijn (i.e., voertuigen zijn omgeven door lege cellen). In het tweede regime blijkt de voorgestelde correlatie functie een dubbel gepiekte vorm heeft, overeenkomend met voertuigen die rijden en in een opstopping staan. In het derde regime blijkt dat de gepiekte structuur van de correlatie functie afwezig is doordat er nu geen snel rijdende voertuigen meer in het systeem zijn.

32.1.6 Dynamic Load Balancing on Clusters of Heterogenous Workstations

Referentie : [MS97]

De motivatie achter dit artikel is terug te vinden in het feit dat in vele organisaties relatief krachtige desktop computers worden gebruikt, waarbij deze gedurende het merendeel van de tijd *idle* draaien. Om deze verborgen, economische CPU cycli te laten renderen door parallelle software, is dynamische *load balancing* een essentiële stap.

Het in dit artikel besproken algoritme gaat uit van een globale initiële berekeningsfase, waarbij alle rekennodes in het netwerk betrokken zijn. De beslissing om last over dragen naar een naburige rekennode gebeurt daarentegen volledig *lokaal*. De aanvankelijke berekening dient om een idee te krijgen van de totale werkhoeveelheid die in het systeem zit; deze informatie wordt op die manier aan alle rekennodes beschikbaar gesteld. Het algoritme stelt een graf op van alle rekennodes in het netwerk, waarbij rekening wordt gehouden met de individuele rekenkracht van de heterogene computers.

Ter illustratie wordt het klassieke SAT-probleem uit de theoretische informatica bestudeerd. Dit wordt losgelaten op een cluster van heterogene rekennodes, die met behulp van MPI met elkaar communiceren. Een van de markantste resultaten is dat de weging van de rekennodes enkele ongewenste effecten introduceert, waardoor het programma trager draait ten opzichte van een ongewogen variant.

32.1.7 Mathematical Models for Vehicular Traffic

Referentie : [KKW96]

De overgang tussen microscopische en macroscopische modellen wordt gevormd door de klasse van gas-kinetische modellen (i.e., mesoscopisch). In dit artikel wordt op alle drie de klassen ingegaan, maar dan telkens beschouwd vanuit hun verband met de kinetische modellen. In een eerste deel beschouwen de auteurs de verschillende mogelijke vormen van microscopische modellen : voertuig-volg modellen (tweede-orde ODEs), psycho-fysieke voertuig-volg modellen (e.g., Wiedemann's reactiedrempels) en TCA modellen. Van deze laatste categorie wordt gezegd dat ze reeds beschouwd kunnen worden als eenvoudige gas-kinetische modellen ! Voor de macroscopische modellen wordt vertrokken van het eerste-orde LWR model, alsmede de afgeleide hogere-orde varianten. Als laatste komen de kinetische modellen aan bod (het woord 'mesoscopisch' vindt men slechts sporadisch terug in de literatuur), gebaseerd op het initiële werk van Prigogine. Tot slot wordt ingegaan op diverse toepassingen en beperkingen van kinetische modellen; het blijkt dat ze niet echt geschikt zijn om heterogene, niet-stationaire verkeersstromen te modelleren.

32.1.8 Traffic and related self-driven many-particle systems

Referentie : [Hel01]

Dit redelijk lijvig artikel geeft een breed en gedetailleerd overzicht van de diverse soorten veeldeeltjes systemen die mee de basis van de verkeersmodellering vormen. In eerste instantie worden kwalitatieve kenmerken van het fundamenteel diagram (hysteresis, stabiliteit, ...) besproken, daarna grootheden zoals tussentijden en tussenruimtes, snelheden, doorstromingsgraden en dichtheden, met inbegrip van correlaties. Ook de diverse verkeersregimes komen aan bod.

Het tweede grote deel van het artikel gaat uitgebreid in op de verschillende mogelijke modellen voor verkeersstromen (micro-, meso- en macroscopisch). Aansluitend worden ook specifieke eigenschappen besproken die al dan niet door de modellen voorgesteld kunnen worden (e.g., het spontaan ontstaan van opstoppingen, stoppen-en-vertrekken verkeer, vorming van instabiliteiten, hysteresis, zelf-organisatie en meerstrooks en heteroog verkeer).

Het artikel sluit af met enkele beschouwingen omtrent het groepsgedrag van voetgangers. Hierbij wordt ook het zogeheten "*freezing by heating*" effect besproken : bij een voldoende hoge dichtheid van voetgangers, blijkt dat de spontaan gevormde 'gangen' vernietigd worden (i.e., de 'temperatuur' van het systeem neemt toe), waardoor alles strop komt te zitten. In plaats van een vloeibare naar een gasvormige aggregatietoestand over te gaan, treedt er hier dus wonderwel een vaste aggregatietoestand op. Merk op dat deze laatste toestand instabiel is voor wat betreft kleine structurele verstoringen.

32.1.9 Anisotropic property revisited – does it hold in multi-lane traffic ?

Referentie : [Zha03]

Anisotropie in verkeer duidt op het feit dat voertuigen niet beïnvloedt worden door achterliggers, maar enkel door voorliggers. De meeste modellen zijn op deze manier geformuleerd (e.g., microscopische voertuig-volg modellen). In dit artikel wordt gesteld dat aan de eigenschap van anisotropie niet altijd meer voldaan wordt indien het meerstrooksverkeer betreft. Er worden eerst enkele voorbeelden gegeven van niet-anisotropische fundamentele diagrammen, waarna wordt besproken welke de mogelijke schendingen van anisotropie zijn (**merk op dat alhoewel hier dezelfde niet-concave diagrammen voorkomen als in mijn gewijzigd VDR-TCA model, dit toch een andere situatie betreft aangezien ik met slechts één rijstrook werkt en Zhang met meerstrooksverkeer**). Vervolgens wordt een concreet voorbeeld gegeven aan de hand van Daganzo's 'slakken en konijnen' model. Tot slot wordt gepoogd een antwoord te formuleren op de vraag waarom bepaalde hogere-orde modellen niet-anisotropisch zijn.

32.1.10 Computational Aspects in Traffic Simulation Problems

Referentie : [RGH⁺01]

In dit artikel wordt gekeken naar het zoeken van het kortse pad in grootschalige wegennetwerken. Een typische toepassing hiervan is de verkeerstoedeling aan een netwerk. Men heeft hier de keuze tussen statische of dynamische toedeling. Het eerste bestaat uit een convexe optimalisatie (e.g., Frank-Wolfe algoritme), terwijl er voor het tweede een grote keuze aan methodes is. In het artikel wordt uitgegaan van een simulatie-gebaseerde aanpak (op microscopisch niveau), waarbij de individuele reizigers in het netwerk worden gesimuleerd en zij telkens informatie over de opstoppingen en wachttijden verzamelen (ze 'leren' dus de linkkosten). Vermits het hier een iteratief proces (i.e., computationeel doorwegend) betreft, wordt voor de praktische implementatie gebruik gemaakt van een wachtrijmodel. Daarenboven gaat het hier om een bereikt *stochastisch equilibrium*, wat impliceert dat de gemiddelde reistijden weliswaar constant blijven, maar dat de individuele reistijden sterke fluctuaties kunnen vertonen.

De rest van het artikel wordt gewijd aan het opstellen van een algoritme om snel het kortste pad te vinden : het algoritme steunt op het feit dat niet alle paden in het wegennetwerk nodig zijn, en dat men gebruik kan maken van de hiërarchie die inherent in elk wegennetwerk aanwezig is.

32.1.11 Traffic Simulations using Cellular Automata : Comparison with Reality

Referentie : [Wag95]

Calibratie van microscopische modellen is altijd al een lastige zaak geweest. In dit artikel wordt vrij bondig besproken wat de grootste problemen hierbij zijn. Calibratie op het (k,q) fundamenteel diagram lijkt niet altijd aangewezen vermits de dichtheid in se een spatiale meting is; men kan daarom ook beter met het (q,v) fundamenteel diagram werken. In het artikel wordt wel geopperd dat de fundamentele diagrammen bekomen door simulaties gelijkaardig zijn aan die in de werkelijke wereld, maar over de kwalitatieve verschillen (die mijns inziens toch wel belangrijk zijn) wordt met geen woord gerept.

Een heel moeilijke drempel om te nemen is het calibreren van het rijstrookkeuze submodel. De moeilijkheid hiermee vindt haar oorsprong in het feit dat de beslissing om van rijstrook te veranderen niet enkel gebaseerd is op de onmiddellijke burens maar ook min of meer informatie van verderweg gebruikt. Ook bij de implementatie van de regels voor de TCA dient gekeken te worden naar welke regels nu echt van belang zijn (zeker voor wat betreft het rijstrookkeuze submodel).

32.1.12 Metastable States in a Microscopic Model of Traffic Flow

Referentie : [KWG97]

Om metastabiliteit in de fundamentele diagrammen te verkrijgen, kunnen verschillende pistes gevolgd worden. In dit artikel wordt uitgegaan van het feit dat de oneindige vertraging die een voertuig in de STCA kan ondervinden in se onrealistisch is. Om dit aan te pakken, introduceert men een eindige vertraging die gebaseerd is op een veilige volgafstand voor de voertuigen. Terloops wordt een belangrijk *finite size* effect van de STCA besproken : indien men met een vrij klein systeem werkt (e.g., 100 cellen), dan verkrijgt men een soort van capaciteitsval bij het overschrijden van de kritische dichtheid; het betreft hier dus *geen* metastabiele toestand !

Tot slot merkt men ook op dat het gedrag van de variantie van de snelheid in functie van de dichtheid, drastisch verandert naarmate men de kritische dichtheid nadert. In het klassieke STCA model treedt echter geen plotse verandering op, maar in het in het artikel besproken model laat dit wel zien.

32.1.13 Effects of on- and off-ramps in cellular automata models for traffic flow

Referentie : [DSSZ00]

Volgens dit artikel is de invloed van op- en afritten op de verkeersdynamica van microscopische modellen nog niet bestudeerd. Er wordt geopperd dat het belangrijkste hierbij de strategie is die de bestuurders volgen wanneer ze bijvoorbeeld de oprit verlaten en op de rijweg komen.

Er worden twee soorten opritten (afritten) voorgesteld : in de eerste soort wordt langs de lengte van de oprit in stijgende volgorde gekeken naar de cellen op de rijweg. Van zodra de eerste lege cel wordt tegengekomen, plaatst men hier het voertuig in (ongeacht of er een voertuig vlak voor rijdt). Bij de tweede soort wordt deze cel willekeurig gekozen op de rijweg (uiteraard op voorwaarde dat de cel in kwestie leeg is). Beide aanpakken kunnen evenwel leiden tot sterke verstoringen van de voertuigstroom op de rijweg. Bestudering van het (k,q) fundamenteel diagram levert op dat er een plateau ontstaat dat dus het feit reflecteert dat een oprit de capaciteit van de hoofdweg lokaal reduceert.

Het artikel sluit af door het verband van opritten met stationaire defecten na te gaan : in een bepaald gebied in het rooster van cellen, geldt ofwel een lagere maximale snelheid, ofwel een hogere waarde voor de *slowdown probability*. Het blijkt dat de effecten hiervan kwalitatief dezelfde zijn als die van de expliciet gemodelleerde opritten.

32.1.14 Cellular automata models of traffic flow along a highway containing a junction

Referentie : [BJH96]

Dit artikel introduceert het gebruik van een *slow-to-start* regel voor de STCA, waarmee het volgens mij dan ook voorloopt op de uitwerking door Barlović et al [BSSS98]. Er wordt ineens ook gekeken naar het effect van een splitsing op een autosnelweg. De nieuw geïntroduceerde regel zorgt ervoor dat opstoppingen samenkomen, terwijl de klassieke regel met de *slowdown probability* ervoor zorgt dat er nieuwe kernen van opstoppingen kunnen ontstaan.

Interessant om weten is dat de experimenten werden uitgevoerd op roosters van 1500 cellen, waarbij de resultaten werden uitgemiddeld over 1000 tijdstappen (waarbij eerst een transiënte periode van 2000 tijdsstappen werd weggelaten). Vervolgens werden de resultaten uitgemiddeld over 50 verschillende initiële configuraties per stap van de dichtheid.

Het artikel sluit tot slot af met de beknopte beschrijving van het vermoeden dat het introduceren van een snelheidsbeperking op de hoofdweg *voor* de oprit tot een stabielere verkeersstroom kan leiden.

32.1.15 Convergence to equilibrium in a class of interacting particle systems evolving in discrete time

Referentie : [FB01]

Interagerende deeltjessystemen worden in dit artikel op vrij algemene wijze theoretisch benaderd; het betreft hier in het bijzonder TCA regels die een stuksgewijs lineair (k,q) fundamenteel diagram hebben. Elk lineair stuk in een dergelijk diagram wordt dan een 'fase' geheten. Diverse regels komen aan bod, onder andere ook regels die aanleiding geven tot niet-concave fundamentele diagrammen. Vermits dit niet als *onverwacht* gedrag wordt bestempeld, schenkt het artikel spijtig genoeg geen aandacht aan de exacte redenen *waarom* deze niet-concaviteiten optreden.

32.1.16 Cellular automata approach to three-phase traffic theory

Referentie : [KKW02]

De drie-fasen theorie van Boris Kerner wordt door hem met kracht verkondigd, waarbij hij het niet nalaat om alle reeds bestaande modellen van de tafel te kaarten (wat ik kon aanhoren op de "Workshop on Traffic and Granular Flow 2003"). De hoofdreden hiervoor is dat al deze modellen steunen op de aanname van het fundamenteel diagram, iets wat in se eigenlijk enkel geldig is voor stationair en homogeen verkeer. Het feit dat dit wordt toegepast op niet-stationair en/of heterogeen verkeer leidt tot foute interpretaties en een incorrecte beschrijving van de werkelijkheid.

Het basisidee achter Kerner's theorie is dat er drie gescheiden fasen bestaan : vrij-stromend verkeer, gesynchroniseerd verkeer en opgestopt verkeer (merk op dat de tweede en derde klassen soms nog opgesplitst worden in subklassen, hetgeen aanleiding tot wel vijf verschillende fasen kan geven).

In het artikel wordt een implementatie van een TCA model besproken, waarbij het belangrijkste idee is dat voertuigen ongeacht hun snelheid en tussenafstand, toch proberen de snelheid van de voorligger zo goed mogelijk te benaderen. Deze zeer georganiseerde vorm heet dan gesynchroniseerd verkeer, en wordt in het TCA model geïntroduceerd door middel van de zogenaamde *synchronisatie-afstand*. Indien men metingen in een dergelijk systeem zou verrichten, dan zou hieruit blijken dat de data voor dichtheden boven de kritische dichtheid een twee-dimensionale puntenwolk vormt, hetgeen exact overeenkomt met een toestand van gesynchroniseerd verkeer.

Vervolgens wordt ingegaan op de fenomenologische effecten die optreden aan opritten, en wordt gekeken naar de stabiliteit van opstoppingen (i.e., *wide moving jams*) en gesynchroniseerd verkeer. Het artikel sluit af met een kritische vergelijking van enkele reeds bestaande TCA modellen die een soort van toestand van gesynchroniseerd verkeer zogezegd beschrijven (Kerner is altijd heel kritisch. . .).

32.1.17 The Ergodic Theory of Traffic Jams

Referentie : [GG01]

Vanuit de achtergrond dat in veel modellen van verkeersstromen over fase-overgangen wordt gesproken, werd dit artikel geschreven met de expliciete bedoeling om deze overgangen meer wetenschappelijk te karakteriseren, en dit vanuit het standpunt van ergodiciteit. Er wordt uitgegaan van een TCA model, gebaseerd op de STCA maar dan herleid tot $v_{\max} = 1$ cel/tijdsstap; verder steunt hun model op vier parameters die onder andere het versnellingsgedrag et cetera modelleren. Een belangrijke versie van hun model is de *symmetric cruise control* (SCC) TCA. Belangrijk is dat ze enkel naar *slow-to-start* varianten kijken, aangezien volgens hen dit de enige TCA modellen zijn die aanleiding tot realistische opstoppingen geven.

Verschillende parametercombinaties leiden tot kwalitatief verschillende gedragingen van de overeenkomende TCA varianten van de SCC. Een van de combinaties leidt tot niet-concave fundamentele diagrammen, vergelijkbaar met de speciale fase-overgangen die ik in mijn laatst geschreven artikel bestudeerde. Het fundamentele verschil tussen beide studies is dat het hier om een variant van de CA-184 gaat, terwijl mijn artikel een meer algemenere VDR-TCA beschrijft. Indien ik dezelfde maximum snelheid gebruik, dan verdwijnen er twee transitiepunten !

Een mogelijke verklaring voor de voorwaarts propagerende schokgolven is dat de achterkant van een opstopping onstabiel is, terwijl de voorkant aangroeit.

32.1.18 Effects of anticipatory driving in a traffic flow model

Referentie : [EW03]

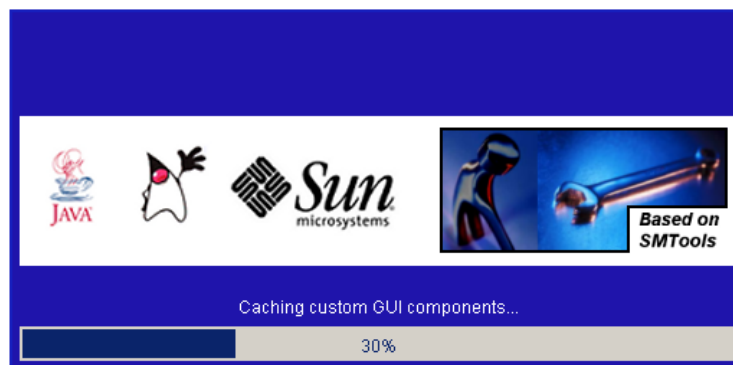
De meeste microscopische modellen zijn gebaseerd op het botsingsvrij rijden, i.e., op het behouden van een veilige afstand. In dit artikel wordt het concept ‘veilige afstand’ uitgebreid door rekening te houden met de verwachte actie van de voorligger (meerbepaald, de *worst-case strategy*). Het basismodel is dat van Stefan Krauß, en uitgaande van *lokale* metingen worden (k, q) fundamentele diagrammen opgesteld en kwalitatief vergeleken tussen het basismodel en het uitgebreide model met anticipatie. Tot slot wordt er ingepikt op het feit dat in de werkelijke wereld er zeer kleine tussentijden optreden in vrij-stromend verkeer, iets wat door de dynamica van een TCA model inherent langs onder begrensd wordt door de gekozen grootte van de tijdsstap (e.g., 1 s). Merk op dat hier de tussentijden afgeleid worden uit de tussenruimtes en huidige snelheden van de voertuigen.

Concluderend wordt gesteld dat de introductie van anticipatie geen aanleiding geeft tot veranderingen in het mechanisme waardoor opstoppingen ontstaan, noch in de dynamica in een opstopping. Wat er wel gebeurt, is dat de voertuigstroom gestabiliseerd wordt en aanleiding geeft tot zeer kleine tussentijden in vrij-stromend verkeer.

32.1.19 Weekoverzicht

Vrijdag 26/03/2004 :

- ik heb de artikels "*Why cars in the next lane seem to go faster*" (zie paragraaf 32.1.1 voor meer details hieromtrent) en "*I/f Noise in a Traffic Model*" (zie paragraaf 32.1.4 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Ik heb de klasse `JSplashScreen` van mijn *SMTools* software aangepast; het vernieuwde resultaat is te zien in figuur 32.1; ditmaal kan het bovenste blauwe gedeelte ingevuld worden door een afgeleide klasse.



Figuur 32.1: De vernieuwde `JSplashScreen` klasse van mijn Java *SMTools* software bibliotheek.

Maandag 29/03/2004 :

- ik heb de artikels "*Parallel Traffic Simulation with an Algorithm for Adaptive Load-Balancing*" (zie paragraaf 32.1.2 voor meer details hieromtrent), "*The Development of Scalable Traffic Simulation based on Java Technology*" (zie paragraaf 32.1.3 voor meer details hieromtrent), "*Correlation functions in the Nagel-Schreckenberg model*" (zie paragraaf 32.1.5 voor meer details hieromtrent) en "*Dynamic Load Balancing on Clusters of Heterogenous Workstations*" (zie paragraaf 32.1.6 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Naar aanleiding van de eerste twee artikels, dienen volgende opmerkingen in acht genomen te worden tijdens het ontwikkelen van *CATSIM* :

- de splitsingen tussen de gescheiden geografische delen in het wegennetwerk kunnen het best optimaal gekozen worden, zodat de overhead van de voertuig *transfers* tussen verschillende workers minimaal is,
- de workers in het netwerk dienen aan elkaar gekoppeld te zijn via een snelle switch
- en de parallelisatie dient zo opgevat te worden dat de *load balancing* modulair complementair is.

- Ik heb ook de "Java Message Service" (JMS) specificatie versie 1.1 [SM02] gedownload.

Dinsdag 30/03/2004 :

- ik heb de artikels "*Mathematical Models for Vehicular Traffic*" (zie paragraaf 32.1.7 voor meer details hieromtrent), "*Traffic and related self-driven many-particle systems*" (zie paragraaf 32.1.8 voor meer details hieromtrent), "*Anisotropic property revisited – does it hold in multi-lane traffic ?*" (zie paragraaf 32.1.9 voor meer details hieromtrent) en "*Computational Aspects in Traffic Simulation Problems*" (zie paragraaf 32.1.10 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Daarnaast heb ik kortelings naar volgende artikels gekeken : "*Critical Discussion of Synchronized Flow*" [HT02] en "*Breakdown and recovery in traffic flow models*" [NKW01]. Ook heb ik de doctoraatsdissertaties "*Microscopic Modeling of Traffic Flow : Investigation of Collision Free Vehicle Dynamics*" [Kra98] en "*Online Traffic Flow Model Applying Dynamic Flow-Density Relations*" [Kim02] bestudeerd.
- Zoals te lezen viel in [Hel01] blijkt dat een *parallel update* schema voor een TCA model aanleiding tot artefacten kan geven : bepaalde toestanden (i.e., *Garden of Eden states*) kunnen dynamisch niet bereikt worden (dit valt deels te remediëren met een *random sequential update*).
- Via de website van de *Administratie Wegen en Verkeer*, heb ik een vraag ingediend tot het bekomen van verkeersmetingen verricht op het secundaire wegennet van Vlaanderen. In het bijzonder heb ik uitdrukkelijk gevraagd tot het bekomen van voertuigtellingen en rood-groen cycli van de verkeerslichten op de A12, dit voor beide richtingen.

Woensdag 31/03/2004 :

- ik heb de artikels "*Traffic Simulations using Cellular Automata : Comparison with Reality*" (zie paragraaf 32.1.11 voor meer details hieromtrent), "*Metastable States in a Microscopic Model of Traffic Flow*" (zie paragraaf 32.1.12 voor meer details hieromtrent), "*Effects of on- and off-ramps in cellular automata models for traffic flow*" (zie paragraaf 32.1.13 voor meer details hieromtrent), "*Cellular automata models of traffic flow along a highway containing a junction*" (zie paragraaf 32.1.14 voor meer details hieromtrent), "*Convergence to equilibrium in a class of interacting particle systems evolving in discrete time*" (zie paragraaf 32.1.15 voor meer details hieromtrent), "*Cellular automata approach to three-phase traffic theory*" (zie paragraaf 32.1.16 voor meer details hieromtrent) en "*The Ergodic Theory of Traffic Jams*" (zie paragraaf 32.1.17 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Via Mirek Wójtowicz's website heb ik zijn *Mirek's Celebration* (MCell) v4.20 software gedownload; hiermee is het mogelijk om vlot resultaten van 2D cellulaire automaten te visualiseren.
- Tot slot heb ik mijn eindwerkvoorstel naar het Nederlands vertaald en online geplaatst.

Donderdag 01/04/2004 :

- ik heb het artikel "*Effects of anticipatory driving in a traffic flow model*" (zie paragraaf 32.1.18 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Andreas Schadschneider had me een tijdje geleden de licentiaatsthesis van Sascha Grabolus opgestuurd : "*Numerische Untersuchungen zum Nagel-Schreckenberg-Verkehrsmodell und dessen Varianten*" [Gra01]. De reden hiervoor was dat in de thesis ook modellen worden besproken die aanleiding geven tot soortgelijke (k,q) fundamentele diagrammen als dewelke in mijn artikel bespreek. Bepaalde keuzes van de STCA's parameters, leiden tot merkwaardig gedrag waarbij *voorwaarts bewegende* compacte hoge dichtheidsgolven optreden; Sascha spreekt hier van zogeheten *fast-to-start* modellen. Als mogelijke verklaring wordt verwezen naar de oudere tweestromentheorie [Wil97], die ervan uitgaat dat er zich twee soorten 'substromen' in een voertuigstroom bevinden : een stroom van vrij-verkeer en een van opgestopt verkeer. Als we stellen dat het hier om twee verschillende fasen gaat, dan kunnen op deze manier de fasescheiding in de standaard VDR-TCA verklaren.
Het viel me trouwens op dat Sascha bij het opstellen van fundamentele diagrammen voor metastabiliteit ook met hetzelfde probleem als mij te kampen had : vertrekkende vanuit telkens een homogene toestand op de tak van vrij-stromend verkeer, krijgt hij ook af te rekenen met een steeds groter wordende kans op een capaciteitsval naarmate de kritische dichtheid wordt genaderd (dit voor 10^5 tijdstappen).
- In de nabije toekomst kan ik best mijn *Traffic Cellular Automata* uitbreiden met modellen die anticipatie ondersteunen, en het model dat Kerner voorstelde om gesynchroniseerd verkeer te modelleren.

32.2 Vrijdag 02/04 tot donderdag 08/04

32.2.1 Three-Phase Traffic Theory and Highway Capacity

Referentie : [Ker02]

Boris Kerner is de man achter de drie-fase theorie van verkeer; hij *verwerpt* alle (huidige) modellen die gebaseerd zijn op de aanname van een stationair fundamenteel diagram. Zijn theorie gaat daarentegen niet uit van een evenwichtscurve, maar bestaat uit een twee-dimensionaal oppervlak in de (k,q) faseruimte : gesynchroniseerd verkeer.

De aanpak die Kerner verkiest is *niet* om van een theoretische modellering te vertrekken, maar *wel* om te kijken naar de complexe spatio-temporele patronen die zich in opgestopt verkeer voordoen. Het empirische fundamenteel diagram is in vergelijking hiermee gerelateerd aan de *gemiddelde* kenmerken van deze structuren. Kerner's betoog is dan ook dat het klassieke fundamenteel diagram deze patronen *niet* kan verklaren, terwijl zijn theorie dat *wel* kan.

Aan de basis van de drie-fase theorie ligt het concept *gesynchroniseerd verkeer*. Deze fase bestaat eigenlijk uit een fase met zuiver gesynchroniseerd verkeer en een fase met opgestopt verkeer (i.e., de *wide moving jam*). Samen met de fase van vrij-stromend verkeer hebben we op deze manier drie fasen in verkeer. De complexe spatio-temporele eigenschappen van verkeersstromen worden nu verklaard door de overgangen tussen deze verschillende fasen. Er valt op te merken dat men soms over meer fasen spreekt, binnen de drie-fase theorie: de oorzaak hier ligt in het feit dat men bijvoorbeeld het opgestopt verkeer nog verder opsplijst; dit leidt tot een schijnbare contradictie, maar binnen het kader van de drie-fase theorie blijft deze opsplitsing nochtans correct.

Kerner beklemtoont heel sterk dat het verschil tussen de fasen gesynchroniseerd verkeer en *wide moving jam* gebeurt op basis van objectieve criteria, i.e., hun kwalitatief verschillende empirische spatio-temporele eigenschappen. In gesynchroniseerd verkeer rijden alle voertuigen met min of meer dezelfde snelheid, op ongeveer dezelfde afstand van elkaar en er is de neiging tot synchronisatie van de snelheden over verschillende rijstroken. Verder is het zo dat in een *wide moving jam* zowel het opstopingsfront als de staart stroomopwaarts bewegen, terwijl in gesynchroniseerd verkeer enkel de staart beweegt en het opstopingsfront op eenzelfde plaats (e.g., de *bottleneck*) gelokaliseerd blijft. De 'fundamentele hypothese' die in deze theorie naar voor wordt geschoven is dan ook dat hypothetische evenwichtstoestanden een twee-dimensionaal gebied in de (k,q) faseruimte bedekken, en dat er voor deze toestanden dan ook geen fundamenteel diagram bestaat.

Een van de meest markante uitspraken is dat bewegende opstoppen zich *niet spontaan* in vrij-stromend verkeer vormen, maar dat er daarentegen eerst een overgang naar gesynchroniseerd verkeer plaatsvindt. Indien zich een voldoende grote instabiliteit in dit gebied voordoet, dan kan de overgang naar een *wide moving jam* optreden. In termen van kwalitatieve fenomenen, spreekt Kerner van twee patronen : het *general pattern* (GP) waar gesynchroniseerd verkeer stroomopwaarts van een *bottleneck* plaatsvindt en waarin bewegende opstoppen spontaan kunnen optreden, en het *synchronized flow pattern* (SP) waar zich *enkel* gesynchroniseerd verkeer stroomopwaarts van de *bottleneck* bevindt.

Het twee-dimensionale gebied van gesynchroniseerd verkeer in het fasediagram, wordt door een lijn in twee delen gesplitst; deze lijn komt overeen met de snelheid van het stroomopwaarts bewegende stroomafwaarts gelegen front van een opstopping. Er wordt gesteld dat toestanden gelegen in het gebied boven deze lijn, metastabiël zijn en dat er *wide moving jams* in gevormd kunnen worden. In het deel gelegen onder de lijn, bestaan deze structuren niet.

Kerner legt zijn theorie met hand en tand uit, al vind ik dat hij af en toe bepaalde subtiele punten niet genoeg benadrukt; hij tracht dit te compenseren met een overaanbod aan informatie, waarbij enkele zaken talrijke keren herhaald worden.

32.2.2 Weekoverzicht

Vrijdag 02/04/2004 :

- ik heb het artikel "*Three-Phase Traffic Theory and Highway Capacity*" (zie paragraaf 32.2.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Naar aanleiding van dit artikel heb ik besloten om in de nabije toekomst eens naar de verkeersgegevens van de rijstrook op de E17 te kijken en deze te testen aan Kerner's hypothesen omtrent de drie-fase theorie van verkeer. Waarschijnlijk kan ik hier ook een SISTA-seminarie over geven.

Maandag 05/04/2004 :

- via Stijn Goossens¹ (Verkeerscentrum Vlaanderen) kreeg ik per e-mail te horen dat ik mijn concrete wensen omtrent de verkeersgegevens van de A12 specifiek aan hem dien door te geven. Voor wat betreft de lichtencycli kan ik contact opnemen met Paul de Groot² (verkeerslichten Oost- en West-Vlaanderen) en Yvo De Batselier³ (verkeerslichten Antwerpen, Vlaams-Brabant en Limburg).
- Dusty Somers (student aan de Universiteit Antwerpen) e-mailde me met volgende vraag :

Ik doe op dit moment een thesis aan de UA in verband met het ray tracer van diamanten. Ik zit nu echter al een maand te sukkelan aan dispersie en ik krijg het maar niet in orde. Ik splits mijn ray na het enteren van een dispersief object op dit moment in 7 rays met elk een regenboogkleur en elk een andere refractive index, maar ik krijg bijna geen resultaat. In een kubus zie je wat veranderingen, maar in de meeste figuren gewoon niks.

Ik herinner mij U nog als degene die mij object-oriëntatie in Oberon uitgelegd heeft in de eerste kandidatuur, ik ben het sindsdien nooit meer vergeten. Ik heb nu al hopen theorie over dispersie en ray tracer, maar praktisch gezien kan ik het niet toepassen, ik hoop dat U dat kunstje nog eens kunt klaren ;)

Ik heb dezelfde engine geschreven als U voor Computer Graphics 2, met wat minder opties weliswaar.

¹Tel.: 02/553.62.58

²Tel.: 02/553.78.12

³Tel.: 02/553.78.13

- Ik heb verder aan mijn artikel gewerkt, waarbij een groot deel van de tijd werd besteed aan het herwerken van de abstract. Verder heb ik ook de bibliografiestijl naar `plain` veranderd want die van APS zelf laat soms titels en paginanummers verdwijnen.

Tijdens het verbeteren van mijn artikel kwam ik tot de constatactie dat ik destijds een lichtelijk verkeerde redenering omtrent de samenhang tussen diverse microscopische en macroscopische grootheden had opgebouwd. Dit bleek zelfs een op het eerste zicht vrij ingewikkelde kwestie te zijn indien men de discretisatie van een TCA model doorvoert. Bij deze een correctie en enkele nieuwe afspraken !

Er mee rekening houdend dat volgende relaties gelden :

$$h_s = L + g_s, \quad (32.1)$$

$$h_t = \rho + g_t \quad (32.2)$$

en wetende dat $k \propto \bar{h}_s^{-1}$ en $q \propto \bar{h}_t^{-1}$, dan kunnen we voor *stationair en homogeen verkeer* schrijven dat :

$$k_j = h_{s_j}^{-1} = \frac{1}{L + g_{s_j}}. \quad (32.3)$$

Merk op dat $g_{s_j} \neq 0$ in een volledig opgestopt systeem, aangezien we ervan uitgaan dat in een opstopping de voertuigen *niet* volledig bumper tegen bumper staan !

Indien we nu een TCA model beschouwen, dan kunnen we definities (32.1) en (32.2) niet zomaar gebruiken. Beschouwen we bijvoorbeeld de eerste definitie, dan is de reden voor het probleem dat in een TCA model niet gewerkt wordt met L en g_s , maar enkel met h_s . Sterker nog, er geldt dat $h_s \in \mathbb{N}_0$ want een voertuig neemt altijd *minstens één cel* in, bijgevolg is $h_s \geq 1$ cel. De grootheden L en g_s zijn dus enkel geldig voor een continu model, aangezien zijn in een TCA model *fractionele* waarden zouden voorstellen, hetgeen in die modelklasse niet mogelijk is (alles is immers discreet *geheeltallig*).

De meeste regels van TCA modellen worden geformuleerd in termen van de tussenafstand d_i , namelijk het aantal cellen tussen een voertuig en zijn directe voorligger. Het loont de moeite om uit te zoeken hoe deze regels, *zonder verlies van algemeenheid*, herschreven kunnen worden met behulp van g_s . Het blijkt dat dit vrij eenvoudig kan bewerkstelligd worden, indien we ervan uitgaan dat voor alle voertuigen in een TCA model geldt dat $L = 1$ cel. We spreken dan ook af dat $g_s \in \mathbb{N}$, zodat voor een voertuig in een compacte opstopping geldt dat $h_s = L + g_s = 1 + 0 = 1$ cel. Deze formulering laat ons toe overal in de regels van een TCA model d_i door g_i te vervangen.

Bovenstaande redenering laat ons toe om, *binnen de context van een TCA model*, te kunnen werken met geheeltallige waarden voor L , g_s en h_s . Indien we deze grootheden echter willen beschouwen in de werkelijke wereld, dan is een zekere omzetting nodig. We gaan ervan uit dat het TCA model gediscretiseerd wordt met waarden ΔX , ΔT en $\Delta V = \Delta X \div \Delta T$. De grootheden L , g_s en h_s gelden binnen de context van een TCA model en zijn overeenkomstig *geheeltallig*, de grootheden L' , g'_s en h'_s worden uitgedrukt in werkelijke wereld eenheden (en kunnen dus *fractioneel* zijn). In wat volgt geven we de omzettingen weer.

(1) TCA model → werkelijke wereld

In het TCA model geldt dat $L = 1$ cel en $g_s \in \mathbb{N}$; men zou dus kunnen stellen dat :

$$L' = \Delta X, \quad (32.4)$$

$$g'_s = g_s \cdot \Delta X. \quad (32.5)$$

En dus geldt ook dat :

$$\begin{aligned} h'_s &= (L + g_s) \cdot \Delta X \\ &= (1 + g_s) \cdot \Delta X. \end{aligned} \quad (32.6)$$

Een mogelijk probleem bij deze formulering is dat het niet mogelijk is om $L' < \Delta X$ te nemen, i.e., kleiner dan een cel. Indien bijvoorbeeld $\Delta X = 7.5$ m (een vaak gebruikte waarde), en we aannemen dat een voertuig als lengte $L' = 4.5$ m heeft, dan is $g'_s = h'_s - L' = \Delta X - L' = 7.5 - 4.5 = 3$ m.

In een compacte opstopping komt dit overeen met de ruimte tussen de voorbumper van het voertuig en de achterbumper van de voorligger (i.e., het voertuig bevindt zich dan aan de ‘linkerkant’ van een cel). Men kan daarentegen ook anders stellen dat dit overeenkomt met de *helft* van de *som* van de ruimte tussen de voorbumper van het voertuig en de achterbumper van de voorligger *en* de ruimte tussen de voorbumper van de achterligger en de achterbumper van het voertuig (i.e., het voertuig bevindt zich dan in het midden van een cel). Beschouw bijvoorbeeld volgende situaties, waarin de cellen door | symbolen worden afgebakend, elke cel een voertuig van lengte L' en exces ruimte g'_{s_j} (i.e., de ruimte die bij de opstoppingdichtheid overschiet) kan bevatten.

(1A) Voertuigen aan de linkerkant van een cel

$$\dots \mid \underbrace{\mid L' g'_{s_j} \mid}_{\alpha} \underbrace{\mid L' g'_{s_j} \mid}_{\beta} \mid \mid L' g'_{s_j} \mid \dots$$

- Voor voertuig α geldt dat $L' + g'_{s_j} = \Delta X$ en de totale tussenruimte is bijgevolg enkel g'_{s_j} .
- Voor voertuig β geldt ook dat $L' + g'_{s_j} = \Delta X$, maar de totale tussenruimte is nu echter gelijk aan $g'_{s_j} + (L' + g'_{s_j}) = L' + 2g'_{s_j} \geq 2g'_{s_j}$. *De tussenruimte wordt dus stelselmatig groter* : indien er immers twee lege cellen voor voertuig β zouden zijn, dan zou de totale tussenruimte gelijk zijn aan $g'_{s_j} + (L' + g'_{s_j}) + (L' + g'_{s_j}) = 2L' + 3g'_{s_j}$. Algemeen geldt dus dat de totale tussenruimte gelijk is aan $g_s \cdot L' + (g_s + 1) \cdot g'_{s_j} = g_s \cdot (L' + g'_{s_j}) + g'_{s_j}$. Of nog :

$$\text{totale tussenruimte} = g_s \cdot \Delta X + g'_{s_j}, \quad (32.7)$$

waarbij er nu dus een extra ruimtegebruik van g'_{s_j} in rekening dient gebracht te worden.

(1B) Voertuigen in het midden van een cel

$$\dots \left| \underbrace{\frac{g'_{s_j}}{2} L' \frac{g'_{s_j}}{2}}_{\alpha} \right| \underbrace{\left| \frac{g'_{s_j}}{2} L' \frac{g'_{s_j}}{2} \right|}_{\beta} \left| \frac{g'_{s_j}}{2} L' \frac{g'_{s_j}}{2} \right| \dots$$

- Voor voertuig α geldt dat $\frac{g'_{s_j}}{2} + L' + \frac{g'_{s_j}}{2} = \Delta X$ en de totale tussenruimte is bijgevolg enkel $\frac{g'_{s_j}}{2} + \frac{g'_{s_j}}{2} = g'_{s_j}$ (i.e., equivalent met voertuigen aan de linkerkant van een cel).
- De totale tussenruimte voor voertuig β is gelijk aan $\frac{g'_{s_j}}{2} + (\frac{g'_{s_j}}{2} + L' + \frac{g'_{s_j}}{2}) + \frac{g'_{s_j}}{2} = L' + 2g'_{s_j} \geq 2g'_{s_j}$. *De tussenruimte wordt ook hier dus stelselmatig groter* : indien er immers twee lege cellen voor voertuig β zouden zijn, dan zou de totale tussenruimte gelijk zijn aan $\frac{g'_{s_j}}{2} + (\frac{g'_{s_j}}{2} + L' + \frac{g'_{s_j}}{2}) + (\frac{g'_{s_j}}{2} + L' + \frac{g'_{s_j}}{2}) + \frac{g'_{s_j}}{2} = 2L' + 6\frac{g'_{s_j}}{2} = 2L' + 3g'_{s_j}$. Dit geval is dus volledig equivalent met voertuigen aan de linkerkant van een cel.

Dit alles maakt dat we dus niet zomaar L en L' en g_s en g'_s in elkaar kunnen omzetten, zonder enige aannames te doen; binnen een TCA model werkt alles immers met veelvoud van cellen en we kennen immers niet expliciet de fractionele waarden van L' en g'_s . Om hier een mouw aan te passen volstaat het om, binnen de context van een TCA model, $L = 1$ cel te nemen; voor voertuigen in een compacte opstopping geldt dan dat $h_s = 1$ cel en dus is $g_s = 0$ cellen. Voor voertuigen in vrij-stromend verkeer geldt dan dat $h_s > 1$ cel en dus is $g_s \geq 1$ cel.

(2) Werkelijke wereld \rightarrow TCA model

Algemeen kunnen we stellen dat :

$$L = \frac{L'}{\Delta X}, \quad (32.8)$$

$$g_s = \frac{g'_s}{\Delta X}. \quad (32.9)$$

Indien nu geldt dat $h'_s = L' + g'_s = \Delta X$, dan geldt dat $h_s = L + g_s = 1$. Vermits we ervan uitgaan dat $L, g_s \in \mathbb{N}$, stellen we zonder verlies van algemeenheid zoals voorheen $L = 1$ cel. Deze redenering verder zettend, kunnen we, equivalent met vergelijking (32.9), ook stellen dat :

$$g_s = \left\lfloor \frac{h'_s - L'}{\Delta X} \right\rfloor. \quad (32.10)$$

Indien we nu aannemen dat $L = 1$ cel, $h_{s_j} = \Delta X$, $\Delta X = 7.5$ m, $v_{\max} = 5$ cellen/ ΔT en $\Delta T = 1$ s, dan gelden volgende betrekkingen :

$$\begin{aligned}
 k_j &= h_{s_j}^{-1} \\
 &= (L + g_{s_j})^{-1} \\
 &= (1 + 0)^{-1} \\
 &= 1,
 \end{aligned} \tag{32.11}$$

$$\begin{aligned}
 k'_j &= h'_{s_j}{}^{-1} \\
 &= \Delta X^{-1} \\
 &\approx 133 \text{ voertuigen/km},
 \end{aligned} \tag{32.12}$$

$$\begin{aligned}
 k_c &= h_{s_c}^{-1} \\
 &= (L + g_{s_c})^{-1} \\
 &= (1 + v_{\max})^{-1} \\
 &\approx 0.1\bar{6} \text{ 'voertuigen/cel'},
 \end{aligned} \tag{32.13}$$

$$\begin{aligned}
 k'_c &= h'_{s_c}{}^{-1} \\
 &= (L' + g'_{s_c})^{-1} \\
 &= (\Delta X + g_{s_c} \cdot \Delta X)^{-1} \\
 &= \Delta X^{-1} \cdot (1 + g_{s_c})^{-1} \\
 &= k'_j \cdot k_c \\
 &\approx 22 \text{ voertuigen/km},
 \end{aligned} \tag{32.14}$$

$$\begin{aligned}
 q_c &= k_c \cdot v_{\max} \\
 &= 0.1\bar{6} \cdot 5 \\
 &\approx 0.8\bar{3} \text{ voertuigen/s},
 \end{aligned} \tag{32.15}$$

$$\begin{aligned}
 q'_c &= k'_c \cdot v'_{\max} \\
 &= 22 \cdot (5 \times \Delta X \times 3.6) \\
 &= 22 \cdot 135 \\
 &= 2970 \text{ voertuigen/uur},
 \end{aligned} \tag{32.16}$$

$$\approx 3000 \text{ voertuigen/uur wanneer } k'_c \text{ niet wordt afgerond.} \tag{32.17}$$

Tot slot kunnen we enkele interessante vergelijkingen opstellen voor wat betreft de bezettingstijd ρ uit vergelijking (32.2) :

$$\begin{aligned}
 \rho &= h_{t_c} - g_{t_c} \\
 &= \frac{h_{s_c} - g_{s_c}}{v_{\max}} \\
 &= \frac{(1 + g_{s_c}) - g_{s_c}}{v_{\max}} \\
 &= v_{\max}^{-1} \\
 &\approx 0.2 \text{ s}
 \end{aligned}
 \tag{32.18}$$

Gegeven dat een voertuig aan een zekere snelheid rijdt, wil voorgaande redenering zeggen dat de volgtijd van het voertuig gelijk is aan de tijd ρ die het nodig heeft om ‘door zijn cel’ te rijden (i.e., de afstand L maar dan met $L < \Delta X$ genomen), plus de tijd g_t die het nodig heeft om de resterende cellen (i.e., de afstand g_s) te overbruggen.

Dinsdag 06/04/2004 :

- heel de dag ging naar het nalezen en op punt stellen van mijn artikel.
- Jan Engelen liet ons weten dat tijdens de week van 22 tot 31 oktober 2004, de Vlaamse Wetenschapsweek door zal gaan. Voor dit jaar viel de keuze op het promoten van de ESAT activiteiten rond *”Mobiliteit en Communicatie”*. In een voorbereidende nota werd mijn werk als eerste opgenomen : *”Modellen en regelen van verkeer”*.

Woensdag 07/04/2004 :

- ik heb het boek *”The Physics of Traffic”* van Boris S. Kerner laten bestellen (2004, \approx 540 pagina’s, harde kaft, ISBN 3-540-20716-3).
- Ik heb de laatste hand aan mijn artikel gelegd : *”Non-concave fundamental diagrams and phase transitions in a stochastic traffic cellular automaton”* [MM04b].

Within the class of stochastic cellular automata models of traffic flows, we look at the velocity dependent randomization variant (VDR-TCA) whose parameters take on a specific set of extreme values. We discover the emergence of four distinct phases and study the transitions between them, allowing us to establish a rigorous classification based on their tempo-spatial behavioral characteristics. As a result from the system’s complex dynamics, its flow-density relation exhibits a non-concave region in which forward propagating density waves are encountered. All four phases furthermore share the common property that moving vehicles can never increase their speed once the system has settled into an equilibrium.

Om alles met REVTeX netjes op orde te krijgen, heb ik ook nog de handleidingen *”APS Compuscript Guide for REVTeX 4”* [The01a] en *”REVTeX 4 Author’s Guide”* [The01b] bestudeerd. Daarna heb ik het artikel via een webinterface gesubmit voor *”Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics”* en tot slot ook nog de informatie voor *SISTA’s Publication Engine* in orde gebracht en aan Ida overgemaakt.

- Daarnaast heb ik Dusty Somers nog van antwoord gediend in verband met zijn dispersieve ray tracing.

- Tot slot heb ik al mijn presentaties van de laatste maand via mijn website beschikbaar gesteld.

Donderdag 08/04/2004 :

- na lang knoeien heb ik eindelijk gevonden hoe ik mijn artikel via *arXiv.org* beschikbaar kan stellen. Hierbij enkele zaken om te onthouden voor de volgende keer :
 - vooreerst is er een limiet op de totale grootte van alle *ongecomprimeerde* bestanden, namelijk 4000 KB (comprimeren helpt dus niet, het versnelt enkel de upload tijd); daarom is het best dat alle grote Postscript bestanden (e.g., gebaseerd op BMP bestanden) verkleind worden.
 - Om de referenties goed te krijgen (Bib \TeX wordt niet ondersteund), dient men het gegeneerde BBL-bestand zelf mee te geven (dit gegeneerde bestand heeft *dezelfde* hoofdnaam als die van het oorspronkelijke \TeX -bestand).
 - In het REVT \TeX -bestand dient men tot slot enkel nog het `\bibliography` commando te laten staan (dus `\bibliographystyle` moet geccommentarieerd worden).

Vervolgens steekt men alle Postscript figuren, het REVT \TeX -bestand en het BBL-bestand in een ZIP-archief en kan alles ge-upload worden. Deze redenering geldt vanzelfsprekend ook voor het uploaden van een artikel voor submittie naar een van de journals van *The American Physical Society (APS)*, i.e., *Physical Review A, B, C, D, E, ST AB, Physical Review Letters, Physical Review Focus* en *Reviews of Modern Physics*.

32.3 Vrijdag 09/04 tot donderdag 15/04

32.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 09/04/2004 :

- ik heb eens gekeken naar welke van de ongeveer 530 sessies op het aankomende MTNS04 ("Mathematical Theory of Networks and Systems") symposium interessant zijn :

Stochastic Hybrid Systems (session TA2)

Donderdag 6 juli, 10u30–12u30, 91.54, 270, lezing #6.

- Tom Bellemans – "Anticipative Ramp Metering Control for Freeway Traffic" (het betreft hier echter wel werk van eind 2002, begin 2003).

Hybrid and Discrete Systems (session FA2)

Vrijdag 9 juli, 10u30–12u30, 91.54, 270, lezingen #1 en #2.

- Adriana Popovici – "Symmetric Cellular Automata"
- J.C. Delvenne – "Complexity of Control on Finite Automata"

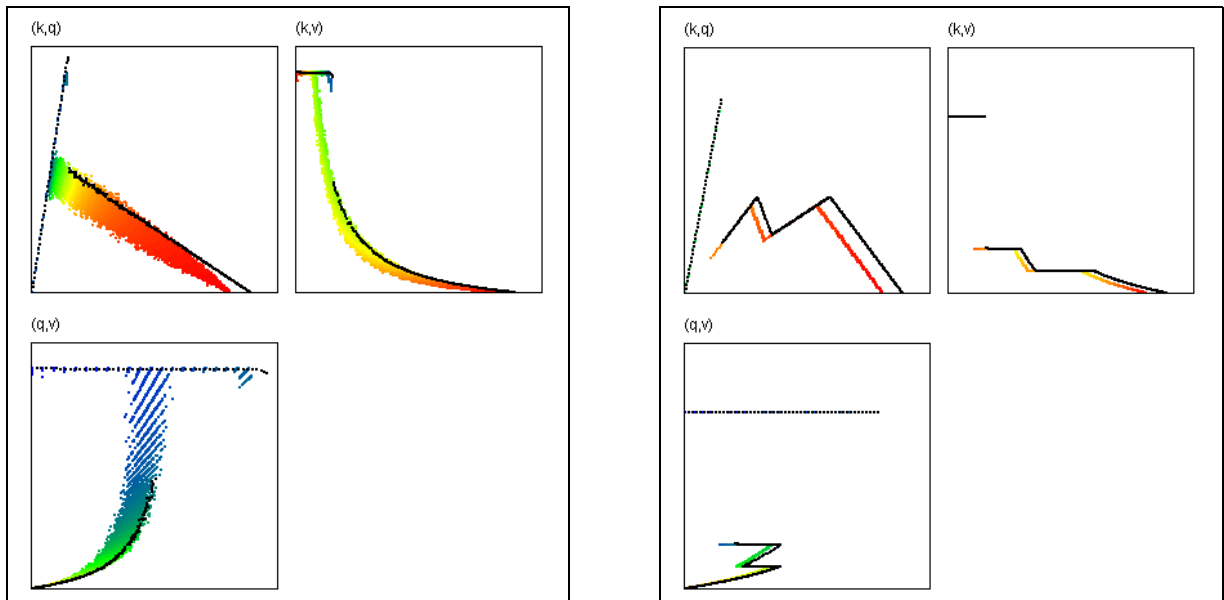
Ik heb me ineens ook voor deze twee sessies geregistreerd via de website⁴. Nu maar hopen dat de sprekers in kwestie hun onderwerp boeiend genoeg kunnen brengen . . .

- Hilde Van Dongen heeft me gebeld naar aanleiding van een eerder verzonden brief : "Transportmodellen ter ondersteuning van het mobiliteits- en vervoersbeleid in Vlaanderen". Na uitgebreid te babbelen, hebben we afgesproken dat ik op 3 mei naar Brussel zou komen om er te spreken over "Modellen ten behoeve van verkeersmanagement". De nadruk zal op de modellen liggen en we geven als een mogelijke toepassing ons DWTC-project CP/40 (maar de nadruk ligt dus niet op het project zelf). Er zullen ongeveer 13 sprekers zijn.
- Ik heb mijn *Traffic Cellular Automata* + software fundamenteel aangepast, waarbij het nu mogelijk is om te kiezen tussen ofwel het vergaren van gegevens van alle individuele artificiële lusdetectoren *afzonderlijk*, ofwel het vergaren van deze gegevens voor het *globale* systeem. Gezien hierdoor een subtiele fout in het programma werd geïntroduceerd, heb ik toch anderhalve dag mogen zoeken vooraleer ik het probleem opgelost had.

Indien we als voorbeeld, de VDR-TCA beschouwen dan krijgen we de fundamentele diagrammen te zien zoals in figuur 32.2. De drie linkse diagrammen gelden voor $p_0 = 0.5$ en $p = 0.01$, de drie rechtse diagrammen gelden voor het limietgeval $p_0 = 0.0$ en $p = 1.0$. De gekleurde datapunten duiden op de *lokale* metingen, terwijl de zwarte datapunten op de *globale* metingen duiden.

Als meest markante conclusie kunnen we opmerken dat de lokale metingen de globale metingen *systematisch onderschatten* ! De zwarte datapunten liggen stevast boven hun gekleurde tegenhangers. De capaciteitsval wordt beter waargenomen, en de opstoppingsdichtheid k_j ligt verder. De reden voor dit laatste is dat voor de lokale metingen zowel de individuele voertuigsnelheden als de lokale dichtheden worden uitgemiddeld, terwijl voor de globale metingen enkel de individuele voertuigsnelheden worden uitgemiddeld (*space mean speed* !).

⁴<http://www.mtns2004.be>



Figuur 32.2: Berekenen van de fundamentele diagrammen op basis van lokale (gekleurde datapunten) en globale (zwarte datapunten) metingen in mijn *Traffic Cellular Automata* + software.

Zondag 11/04/2004 :

- **Sven wordt 28 jaar !**

Maandag 12/04/2004 :

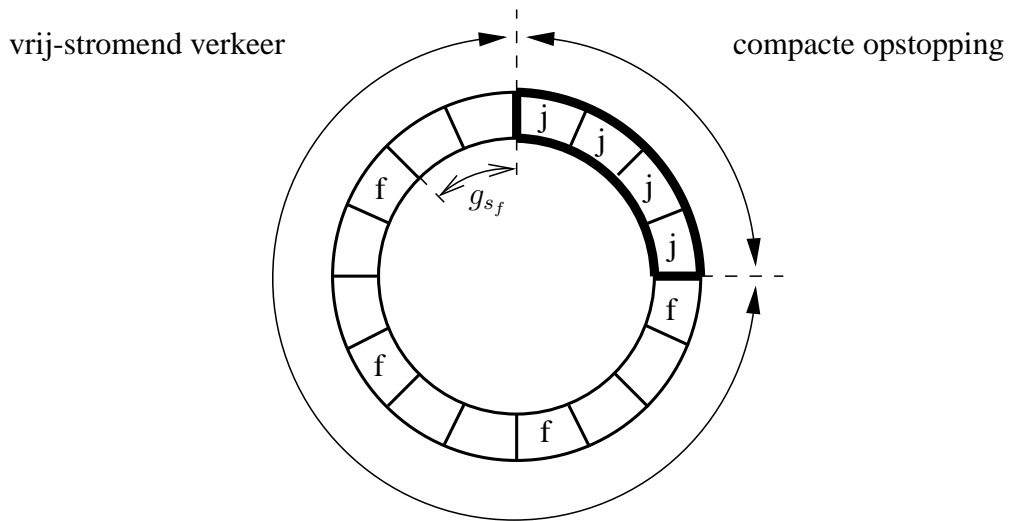
- collectief verlof personeel K.U.Leuven wegens Paasmaandag.

Dinsdag 13/04/2004 :

- mijn artikel "*Non-concave fundamental diagrams and phase transitions in a stochastic traffic cellular automaton*" is publiek via arXiv.org beschikbaar. Ook van *Physical Review E* heb ik bevestiging gekregen dat ze mijn artikel zonder problemen kunnen lezen.
- Ik vroeg me af hoeveel voertuigen er in een **gesloten, niet-stochastisch systeem** in vrij-stromend verkeer kunnen rond rijden, terwijl er een *compacte opstopping* aanwezig is (i.e., *een zuivere fase scheiding*). Stel dat het rooster bestaat uit K cellen, en dat er N voertuigen in het systeem zitten. De globale dichtheid is dan $k = N \div K$ en we stellen het aantal voertuigen in het gebied α van vrij-stromend verkeer voor door n_f en het aantal voertuigen in het gebied β van de compacte opstopping door n_j (triviaal geldt dat $n_f + n_j = N$).

In figuur 32.3 zien we een voorstelling van deze situatie (de rijrichting is met de klok mee). Voertuigen in vrij-stromend verkeer worden aangeduid met een f , voertuigen in de compacte opstopping met een j . De tussenruimte voor voertuigen in vrij-stromend verkeer is $g_{s_f} = v_{\max}$, terwijl deze in de compacte opstopping gelijk aan 0 is (we gaan er in dit TCA model immers van uit dat $h_s = L + g_s$ met nu $L = 1$ cel). Voertuigen in vrij-stromend verkeer worden verondersteld aan $v_i = v_{\max}$ te rijden, terwijl voertuigen in de compacte opstopping stilstaan.

Een naïeve oplossing is als volgt : het totale ruimtegebruik h_{s_α} van alle voertuigen in *vrij-stromend* verkeer is nu dus $h_{s_\alpha} = n_f \cdot h_{s_f} = n_f \cdot (L + g_{s_f}) = n_f \cdot (1 + v_{\max})$ cellen.



Figuur 32.3: Berekenen van het aantal voertuigen n_f in vrij-stromend verkeer (naïeve methode).

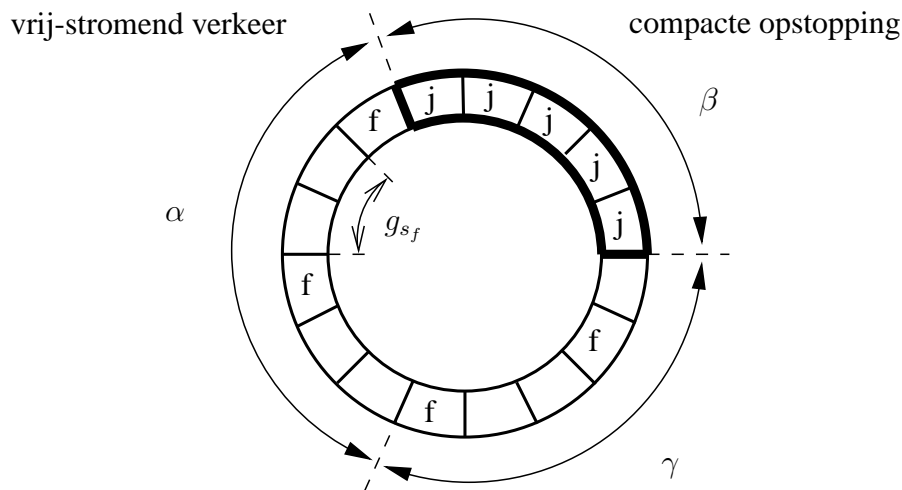
Het totale ruimtegebruik h_{s_β} van alle voertuigen in de compacte *opstopping* is dan $h_{s_\alpha} = n_j \cdot h_{s_j} = n_j \cdot (L + g_{s_j}) = n_j \cdot (1 + 0) = n_j$ cellen. Vermits geldt dat $h_{s_\alpha} + h_{s_\beta} = K$, en $n_j = N - n_f$, kunnen we dus schrijven dat :

$$\begin{aligned}
 (n_f \cdot (1 + v_{\max})) + n_j &= K \\
 \Downarrow \\
 n_f + (n_f \cdot v_{\max}) + N - n_f &= K \\
 \Downarrow \\
 (n_f \cdot v_{\max}) + N &= K \\
 \Downarrow \\
 n_f &= \frac{K - N}{v_{\max}}. \tag{32.19}
 \end{aligned}$$

Een voorbeeld : stel $K = 100$ cellen, $N = 34$ voertuigen en $v_{\max} = 3$ cellen/s, dan is $n_f = (100 - 34) \div 3 = 66 \div 3 = 22$ voertuigen en $n_j = 34 - 22 = 12$ voertuigen.

Het probleem met deze oplossing is echter dat deze toestand niet kan voorkomen : het euvel zit bij het laatste voertuig in de compacte opstopping en de voertuigen vlak daarvoor die zich in vrij-stromend verkeer bevinden. De snelheden van de voertuigen op tijdstip t komen (*bij een parallelle update van de cellen in het rooster*) overeen met het aantal cellen waarover deze voertuigen na tijdstip $t - 1$ zich verplaatsten. Dit zou leiden tot een bezetting van meer dan één voertuig in een cel, wat verboden is; deze situatie is dus een zogeheten *Garden of Eden state*. We moeten er dus mee rekening houden dat voertuigen die de kop van de compacte opstopping verlaten, gedurende een zekere tijd ‘uitwaaiëren’, terwijl ze vanuit stilstand terug versnellen.

We redeneren daarom als volgt : het totale ruimtegebruik van alle voertuigen in het systeem bestaat uit drie delen. Een deel α waarin alle voertuigen aan $v_i = v_{\max}$ rijden, een deel β waarin alle voertuigen met snelheid $v_i = 0$ in de compacte opstopping staan en een deel γ waarin alle voertuigen geleidelijk aan versnellen tot v_{\max} .



Figuur 32.4: Berekenen van het aantal voertuigen n_f in vrij-stromend verkeer (correcte methode).

Het totale ruimtegebruik is dus :

$$h_{s_\alpha} + h_{s_\beta} + h_{s_\gamma} = K, \quad (32.20)$$

met

Voertuigen in vrij-stromend verkeer :

Het betreft hier alle n_f voertuigen die rijden aan $v = v_{\max}$, te beginnen na deel γ tot vlak voor deel β . Hun totaal ruimtegebruik is dus :

$$\begin{aligned} h_{s_\alpha} &= n_f \cdot h_{s_f} \\ &= n_f \cdot (L + g_{s_f}) \\ &= n_f \cdot (1 + v_{\max}) \\ &= n_f + (n_f \cdot v_{\max}). \end{aligned} \quad (32.21)$$

Voertuigen in de compacte opstopping :

$$\begin{aligned} h_{s_\beta} &= n_j \cdot h_{s_j} \\ &= n_j \cdot (L + g_{s_j}) \\ &= n_j \cdot (1 + 0) \\ &= n_j. \end{aligned} \quad (32.22)$$

Voertuigen vertrekkende van de kop van de compacte opstopping :

Dit deel γ (in wat volgt afgebakend door de \parallel symbolen) ziet er altijd hetzelfde uit :

$$0 \parallel \circ 1 \circ \circ 2 \circ \circ \circ 3 \dots (v_{\max} - 1) \underbrace{\circ \dots \circ}_{v_{\max}} v_{\max} \parallel,$$

waarbij de eerste 0 op het voertuig vooraan de compacte opstopping duidt, \circ een lege cel is en de getallen de snelheden van de individuele voertuigen voorstellen.

Het aantal voertuigen $n_{j'}$ in dit deel is dus per definitie gelijk aan v_{\max} , en hun ruimtegebruik komt overeen met :

$$\begin{aligned}
 h_{s_\gamma} &= \sum_{i=1}^{v_{\max}} (L + g_{s_i}) \\
 &= \sum_{i=1}^{v_{\max}} (1 + g_{s_i}) \\
 &= v_{\max} + \sum_{i=1}^{v_{\max}} g_{s_i} \\
 &= v_{\max} + (1 + 2 + 3 + \dots + v_{\max}) \\
 &= v_{\max} + \frac{v_{\max} \cdot (v_{\max} + 1)}{2} \\
 &= \frac{2 v_{\max} + v_{\max}^2 + v_{\max}}{2} \\
 &= \frac{3 v_{\max} + v_{\max}^2}{2}. \tag{32.23}
 \end{aligned}$$

We kunnen hierbij bewijzen dat de term $(3 v_{\max} + v_{\max}^2)$ altijd even is; om het bewijs leesbaarder te maken stellen we even $a = v_{\max}$:

$$\begin{aligned}
 3 a + a^2 &\in 2\mathbb{N}_0 \\
 &\Downarrow \\
 \exists b \in \mathbb{N}_0 \mid 2 b &= 3 a + a^2 \\
 &\Downarrow \\
 b &= \frac{a (3 + a)}{2}. \tag{32.24}
 \end{aligned}$$

Indien a nu even is, dan is $3+a$ oneven en geldt dat even \times oneven = even; indien a echter oneven is, dan is $3+a$ even en is oneven \times even = even. De uitdrukking $a (3 + a)$ is dus altijd even, en delen door twee is dus mogelijk, zodat $b \in \mathbb{Z}_0^+$ bestaat.

Er geldt dus dat :

$$n_f + n_j + n_{j'} = N, \tag{32.25}$$

en dat :

$$n_{j'} = v_{\max}, \tag{32.26}$$

waaruit volgt dat :

$$n_j = N - n_f - v_{\max}. \tag{32.27}$$

Indien we nu vergelijkingen (32.21), (32.22) en (32.23) invullen in vergelijking (32.20), en we maken gebruik van vergelijking (32.27) dan bekommen we :

$$\begin{aligned}
 n_f + (n_f \cdot v_{\max}) + n_j + \frac{3 v_{\max} + v_{\max}^2}{2} &= K \\
 n_f + (n_f \cdot v_{\max}) + N - n_f - v_{\max} + \frac{3 v_{\max} + v_{\max}^2}{2} &= K, \tag{32.28}
 \end{aligned}$$

wat leidt tot :

$$\begin{aligned}
 n_f &= \frac{1}{v_{\max}} \cdot \left(K - N + v_{\max} - \frac{3 v_{\max} + v_{\max}^2}{2} \right) \\
 &= \frac{K - N}{v_{\max}} + \frac{1}{v_{\max}} \cdot \left(v_{\max} - \frac{3 v_{\max} + v_{\max}^2}{2} \right) \\
 &= \frac{K - N}{v_{\max}} + \left(\frac{v_{\max}}{v_{\max}} - \frac{1}{v_{\max}} \cdot \frac{3 v_{\max} + v_{\max}^2}{2} \right) \\
 &= \frac{K - N}{v_{\max}} + \left(1 - \frac{3 + v_{\max}}{2} \right) \\
 &= \frac{K - N}{v_{\max}} - \frac{1 + v_{\max}}{2}.
 \end{aligned} \tag{32.29}$$

Passen we nu vergelijkingen (32.25), (32.26), (32.27) en (32.29) toe op het voorbeeld in figuur 32.4, dan zien we dat :

$$K = 16 \tag{32.30}$$

$$N = 9 \tag{32.31}$$

$$v_{\max} = 2 \tag{32.32}$$

$$\begin{aligned}
 n_f &= \frac{16 - 9}{2} - \frac{1 + 2}{2} \\
 &= \frac{7 - 3}{2} = 2
 \end{aligned} \tag{32.33}$$

$$n_j = 9 - 2 - 2 = 5 \tag{32.34}$$

$$n_{j'} = 2. \tag{32.35}$$

Woensdag 14/04/2004 :

- het grootste deel van de dag ging naar het uitwerken van mijn vorig weekverslag, waarin ik over het verband tussen grootheden uitgedrukt in werkelijke wereld eenheden en uitgedrukt in TCA model eenheden sprak.
- Via via kwam ik te weten dat Eric De Romph vrijdag naar Bouwkunde komt om er uitleg over *OmniTRANS* te geven; aangezien dergelijke informatie altijd maar ‘toevallig’ bij mij terecht komt, heb ik mezelf dan maar ineens uitgenodigd.

Donderdag 15/04/2004 :

- van 19 tot 21 juli 2005 gaat het "*16th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*"⁵ (ISTTT05) in de University of Maryland (USA) door (de periode is driejaarlijks). Om deel te nemen aan dit belangrijk verkeerskundig wereldgebeuren wordt een eerste selectie gehouden op basis van een abstract van 1000 woorden (deadline is 19 april aanstaande). Ik zit er aan te denken om iets in te sturen waarbij we het ‘gemakzuchtige’ gebruik van het klassieke Wardrop-equilibrium in vraag kunnen stellen.

⁵<http://www.mti.umd.edu/istttt16>

32.4 Vrijdag 16/04 tot donderdag 22/04

32.4.1 Dynamic User Equilibria in Traffic Simulation Models

Referentie : [GKW97]

In netwerken met duizenden nodes zijn de HB-matrices dikwijls zeer groot, waardoor een verkeersverdeling moeilijk analytisch te doen is (met het oog op het berekenen van een dynamisch gebruikersevenwicht). In dit artikel worden daarom de linkkosten berekend aan de hand van een simulatiemodel (het gebruikte model wordt echter *niet* besproken) dat uitgaat van een tijdsafhankelijke HB-matrix. Als toepassing wordt een voorbeeld gegeven van de geldigheid van de Braess paradox.

32.4.2 A Driver's Utility Function and its Properties

Referentie : [WW00]

In de *utiliteitsleer*, worden verkeersstromen aanzien als een proces van menselijk gedrag waarin de individuele utiliteit wordt gemaximaliseerd. De centrale vraag die men in dit artikel poogt te beantwoorden, is of er een unieke optimale verkeersstoestand bestaat die bestuurders kunnen aanhouden. Er wordt dus gesteld dat het proces van rijden eigenlijk meer een gedragskwestie is, dan dat het de beweging van een deeltje of een vloeistof is. Dit bestuurdersgedrag wordt uitgedrukt door een utiliteit, die enerzijds de minimum reistijd van een bestuurder en anderzijds comfortabel rijden in rekening brengt. Het eerste is afhankelijk van de snelheid, terwijl het tweede afhankelijk is van de snelheid *en* de tussenruimte.

Dit leidt tot volgende conclusies : hoe sneller een voertuig rijdt, des te beter, maar hoe trager het voertuig (en hoe groter de tussenruimte), des te beter. Dit laatste merkt men bijvoorbeeld bij de dispersie van peletons, waarbij bestuurders hun tussenruimte opzettelijk groter trachten te maken. De belangrijkste conclusie van het artikel is dat de traditionele theorieën enkel de relatie tussen dichtheid en snelheid beschrijven, terwijl de utiliteitsleer uitgaat van een tweedimensionaal oppervlak gevormd door de snelheid en de tussenruimte in functie van de dichtheid.

32.4.3 Considering Risk Taking Behavior in Travel Time Reliability

Referentie : [CR01]

In dit artikel wordt een vrij interessant feit besproken : sommige bestuurders nemen alternatieve routes, afhankelijk van het risico dat ze willen lopen om een eventuele congestie tegen te komen. Dit in het geval van niet-recurrente congestie, waarbij de onzekerheden van de reis een grote impact hebben op de routebeslissingen van de reizigers. Wat de evenwichtstoedelingsmodellen betreft, werd er vroeger vertrokken van de veronderstelling dat een individuele reiziger zijn eigen reistijd minimaliseert, waarbij er wordt vanuit gegaan dat hij *perfecte kennis* heeft van alle alternatieve routes. Al naargelang er stochasticiteit wordt geïntroduceerd in deze kennis, of in de kost van een route, kunnen er vier verschillende modelcategorieën worden onderscheiden :

- deterministisch netwerk – deterministisch gebruikersevenwicht,
- deterministisch netwerk – stochastisch gebruikersevenwicht,
- stochastisch netwerk – deterministisch gebruikersevenwicht,

- stochastisch netwerk – stochastisch gebruikersevenwicht.

Herbij duidt het stochastische karakter van een gebruikersevenwicht op het feit dat een reiziger niet alle reistijden perfect kent, maar dat hij deze eerder onperfect ‘waarneemt’. Het stochastische karakter van het netwerk duidt op het feit dat de reistijden van de individuele links als randomvariabelen worden gemodelleerd (in het deterministische geval zijn de reistijden dus nog steeds een functie van de doorstromingsgraad op een link, e.g., de BPR-functie).

Uit een studie blijkt dat ongeveer de helft van de respondenten toch voor de gekende route kiest, en alternatieve wegen niet in beschouwing neemt, juist omdat de *zekerheid op de reistijd* een grote rol speelt. Dit wordt in het toedelingsmodel vertaald naar het gedrag van een individuele bestuurder : *risk averse*, *risk prone* en *risk neutral*.

32.4.4 Equilibrium, games, and pricing of transport and telecom networks

Referentie : [AW03]

In dit artikel wordt het verband gelegd tussen de Wardrop en Nash equilibria, waarbij de eerste een variant van de tweede is. Een van de grote verschillen is dat indien de ‘spelers’ in een Nash spel discreet en eindig in aantal zijn, het Nash equilibrium bereikt kan worden zonder dat alle routekosten gelijk zijn, wat dus tegengesteld is aan een Wardrop equilibrium. In sommige gevallen stelt het Wardrop equilibrium een limietgeval van het Nash equilibrium voor in het geval dat het aantal spelers zeer groot wordt (i.e., naar oneindig gaat).

Het standaard equilibrium model in de verkeerskunde valt onder de categorie van *potential games* met een oneindig aantal gebruikers; dit Wardrop equilibrium kan dan vertaald worden naar de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) condities van een convex optimalisatieprobleem dat opgelost kan worden (i.e., de Beckmann transformatie [BMW55]). Verder geldt dat voor de potentiaal formulering, de reistijdfuncties (i.e., de linkkosten of de performantiematen) integreerbaar moeten zijn. Dit kan gebeuren indien een enkele gebruikersklasse wordt gemodelleerd (meerdere klassen zouden immers met elkaar interageren), of indien de reistijdfuncties univariaat zijn (en dus enkel afhankelijk van de doorstromingsgraden op de link zelf en niet van die van andere links). Merk op dat dit niet nodig is voor het Wardrop equilibrium. Verder merkt men op dat de meeste kostfuncties additief zijn; in het geval er bijvoorbeeld milieukosten bijkomen, dan kunnen deze niet additief optreden.

32.4.5 Weekoverzicht

Vrijdag 16/04/2004 :

- mijn artikel voor *Physical Review E* werd sinds 12 april jongstleden voorgelegd aan 2 referees; het is nog wachten op hun antwoord.
- Ik heb de cursus “Verkeersmodellen” [IS98] opnieuw bekeken, vooral het gedeelte over verkeerstoedeling.
- Op de middag ging er een vergadering op Bouwkunde door, waar Eric De Romph over *OmniTRANS* kwam spreken.

Ondertussen kwam Ben Immers me ‘checken’ over wat ik zou zeggen op de aanstaande vergadering in Brussel over “*Transportmodellen ter ondersteuning van het*

mobiliteits- en vervoersbeleid in Vlaanderen". Blijkbaar vertrouwt hij mij niet genoeg, anders zou dit niet op volgende manier aangebracht worden :

"Zo, jij gaat spreken in Brussel, nou, dat mag, maar ...".

Hij vroeg me trouwens hoe men op mij was uitgekomen, waarop ik repliceerde dat hij in het vervolg maar op zijn e-mails moet reageren. Het blijkt trouwens dat Art en Isaak er ook zullen zijn. . .

Als dit de trend blijkt te zijn, dan mogen ze in het vervolg zelf gaan, ik laat mij niet niet zo behandelen.

Maandag 19/04/2004 :

- via de website van de Nederlands televisiezender Tros, kwam ik uit op het programma *"Twee Vandaag"* waar tijdens een uitzending van 11 maart 2004, Ben Immers over de toekomstige functie van het onderliggend wegennet (OWN) werd geïnterviewd. Vermits dit streaming media is, heb ik toch eventjes hard mogen zoeken om deze uitzending in ASF-formaat naar disk te *capturen* en te bewaren.
- Ik heb het artikel *"Dynamic User Equilibria in Traffic Simulation Models"* (zie paragraaf 32.4.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Dinsdag 20/04/2004 :

- ik heb de artikels *"Asymmetric Multiclass Traffic Assignment - a coherent formulation"* [TW96], *"Punctuele logistiek dankzij een robuust netwerk"* [YSI03] en *"A Retrospective on Beckmann, McGuire and Winsten's Studies in the Economics of Transportation"* [BMN04] gelezen.
- Via Internet kwam ik op een website uit waar men het seminale werk *"Studies in the Economics of Transportation"* [BMW55] ingescand heeft; dit boek dateert uit mei 1955 !

Woensdag 21/04/2004 :

- ik heb de artikels *"On the Performance of User Equilibria in Traffic Networks"* [SM03], *"Traffic Equilibrium Models – the Past, the Present and the Future"* [Zil01] en *"Transportation modelling methods and advanced transport telematics"* [Toi93] gelezen.
In dit laatste artikel las ik dat het alom gekende klassieke vier-stapsmodel gebaseerd is op A.G. Wilson, *"Entropy in urban and regional modelling"*, Pion, London, 1970.
- Het blijkt John Glenn Wardrop niet de eerste was met het beschrijven van het evenwicht dat ontstaat naar aanleiding van het individuele gedrag van reizigers op een vervoersnetwerk. In Ziliaskopoulos [Zil01] en Boyce [BMN04], kunnen we lezen dat reeds in 1841, J.E. Kohl (een Duitse wiskundige) zich realiseerde dat reizigers het kortste pad tussen twee steden volgen (Kohl trachtte uit te vissen welke steden een voordeel zouden ondervinden van het plaatsen van een brug over de Rijn). Later, in 1920, kwam de welvaartseconoom Arthur Cecil Pigou met een kwalitatieve beschrijving van het evenwicht op twee alternatieve wegen, en het mogelijks heffen van een tol waardoor dit evenwicht beïnvloed kan worden !

Na wat te zoeken op Internet, vond ik Pigou's boek "*The Economics of Welfare*" [Pig20] in HTML formaat; ik heb het omgezet naar een compact en opgekuist PDF boek.

- Via Renilde Vanhoudt heb ik het artikel van Richards "*Shock Waves on the Highway*" via de Campusbibliotheek Arenberg (CBA) aangevraagd.

Donderdag 22/04/2004 :

- inzake dynamische toedeling, kwam ik verder nog tot de volgende constataties, naar aanleiding van het artikel "*Dynamic Assignment Models for Assessing Road Pricing Policies*" [JB02] :
 - *dynamic network loading* (DNL) is een onderdeel van *dynamic traffic assignment* (DTA), waarbij DNL de voertuigen over de toegewezen routes door het wegennetwerk propageert (e.g., een microscopisch of macroscopisch model). Dit laat dus toe om de 'werkelijke' kosten (e.g., reistijden) te berekenen die de reizigers bij een gegeven routekeuze zouden ervaren.
 - Indien er tolheffing is, dan kan dit aanleiding geven tot gedragsmatige reacties van de reizigers : een alternatieve route kiezen, het tijdstip van vertrek wijzigen, de vervoersmode veranderen, de oorsprong of bestemming aanpassen en tot slot de keuze maken om niet te reizen.

De DNL-module kan dus worden teruggekoppeld aan de routekeuze module, waarbij deze laatste uitgaat van zekere kosten, de routes aan de DNL-module geeft die dan de werkelijke kosten berekent en deze dan terug geeft aan de routekeuze module, dit tot convergentie bereikt wordt (e.g., een evenwichtstoedeling).

- Ik heb de artikels "*A Driver's Utility Function and its Properties*" (zie paragraaf 32.4.2 voor meer details hieromtrent), "*Considering Risk Taking Behavior in Travel Time Reliability*" (zie paragraaf 32.4.3 voor meer details hieromtrent) en "*Equilibrium, games, and pricing of transport and telecom networks*" (zie paragraaf 32.4.4 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Tot slot ging er in de namiddag nog een receptie door naar aanleiding van het einde van de verbouwingen aan de ESAT-toren.

32.5 Vrijdag 23/04 tot donderdag 29/04

32.5.1 How Bad is Selfish Routing ?

Referentie : [RT02]

In dit artikel wordt gekeken naar het nefaste effect dat optreedt wanneer reizigers in een netwerk egoïstisch handelen; de degradatie van de netwerkperformantie wordt bestudeerd in het geval er geen regeling op het het netwerk geschiedt. Indien de linkkosten (het betreft hier een statische evenwichtstoedeling) lineair zijn, dan kan men bewijzen dat de totale wachttijd van de gekozen routes maximum vier derde bedraagt van de minimale mogelijke wachttijd.

32.5.2 An Algorithm for the Stochastic User Equilibrium Problem

Referentie : [DLP96]

Vertrekkende van Wardrop's klassieke gebruikersevenwicht, wordt overgegaan naar Daganzo en Sheffi's stochastisch gebruikersevenwicht (SUE), waarbij niet alle reizigers perfecte informatie over de reiskosten hebben. Er wordt opgemerkt dat in de meeste SUE modellen enkel maar *link flows* worden gegeven, terwijl het vaak interessanter is om *route flows* te hebben aangezien zij meer gedetailleerde informatie over het reispatroon bevatten. De reden voor deze beperking is dat het aantal mogelijke routes in een netwerk dikwijls zeer groot is en dat het bijgevolg moeilijk is om ze allemaal tegelijk te beschouwen.

Het algoritme in dit artikel werkt in twee hiërarchische stappen, waarbij telkens een *deelverzameling van alle mogelijke routes* wordt beschouwd; het gevolg is dat dit tot een *benaderend SUE* leidt. *Dus ook al kan het totaal aantal mogelijke routes vrij groot zijn, toch gaat men ervan uit dat slechts een beperkt aantal routes het grootste deel van de verkeersvraag dragen.* Als laatste opmerking wordt vermeld dat hun algoritme in staat is om overlappende routes te vermijden (immers, overlappende routes schenden de onafhankelijkheidsaannname van de verstoringstermen in de kostfuncties van het logit model).

32.5.3 Driver Route and Departure Time Choices – The Evidence and the Models

Referentie : [BC01]

Dit artikel behandelt de (volgens de meeste onderzoekers) twee belangrijkste effecten van een wijziging in het verkeersaanbod : veranderingen in de routekeuzes en vertrektijdstoppen. Enkele in het artikel gemaakte opmerkingen zijn :

- ook al worden er geen veranderingen in het aanbod aangebracht, dan nog kiezen de meeste reizigers voor routes die niet volledig efficiënt zijn. *Dus reizigers kiezen niet per se het kortste pad, maar volgen in veel gevallen dezelfde gekende route voor dezelfde trips.*
- In de meeste modellen van route- en vertrektijdstopkeuze, is er een gebrek aan consistentie tussen de gedragsmechanismen die impliciet door de modellen verondersteld worden en die in het verkeer zelf geobserveerd worden. Modellen vertonen daarenboven de neiging om het aantal herrouterende reizigers te overschatten.

- Het belangrijkste criterium bij het kiezen van een alternatieve route naast de hoofdweg blijkt de reistijd te zijn.
- Veel onderzoekers geven piekspreiden op als een reactie op toegenomen congestie, maar ze bieden daarentegen maar weinig uitleg waarom dit zo is.
- Het klassieke gebruikersevenwicht van Wardrop is onrealistisch, omdat de reizigers geen perfecte kennis van alle linkkosten hebben. Daarenboven is het een onrealistische beschrijving van de toestand van een wegennet, aangezien er geen rekening wordt gehouden met de variaties in de netwerkcondities.
- De veronderstelling dat alle reizigers *rationeel gedrag* vertonen, krijgt kritiek vermits een meer realistische veronderstelling ervan uitgaat dat deze rationaliteit begrensd is door cognitieve beperkingen. Er wordt geopperd dat er fundamentele gaten in de kennis van de gedragspsychologie zijn; men weet bijvoorbeeld niet exact welke de relevante factoren zijn die een rol spelen bij de route- en vertrektijdstipkeuze van een individu.

32.5.4 Real cases applications of the fully dynamic METROPOLIS toolbox – an advocacy for large-scale mesoscopic transportation systems

Referentie : [dPM02]

De auteurs van dit artikel, André de Palma en Fabrice Marchal, bespreken op vrij transparante wijze de werking van hun *fully dynamic traffic assignment* model *METROPOLIS*⁶. Meer informatie is te vinden in de dissertatie van Marchal, "*Contribution to dynamic transportation models*" [Mar01].

In *METROPOLIS* wordt gesteld dat statische toedeling niet zo nuttig is, tenzij misschien voor *off-peak* periodes. Vermits de reistijden van reizigers in een netwerk afhangen van het tijdstip van de dag, en vermits deze reistijden dus niet meer als constant kunnen beschouwd worden, blijkt dat reizigers conflicterende belangen tegen elkaar afwegen : door de drukke reizen en min of meer op tijd aankomen, of buiten de drukke periode reizen en op een ander tijdstip aankomen. Dit noodzaakt het modelleren van de vertrektijdstipkeuze van de reizigers, wat in *METROPOLIS* dan ook gebeurt. Belangrijk : de invoer van het programma bestaat uit een *statische HB matrix* die continu in de tijd gesplitst wordt over de verschillende te beschouwen dagperiodes. Deze splitsing gebeurt dus niet buiten maar binnen het model zelf.

Het tijdsaspect in *METROPOLIS* wordt als gebeurtenis-gebaseerd gemodelleerd; dit levert een snellere versie op dan een microscopisch model, zonder dat er een verlies aan detail van de vraagbeschrijving optreedt.

Voor het vraagmodel wordt een microscopisch model gebruikt waarbij elke reiziger apart gemodelleerd wordt; het aanbodmodel is mesoscopisch van aard, waarbij mesoscopisch hier nu duidt op het feit dat er gebruik wordt gemaakt van geaggregeerde dichtheid-snelheidscurves. Wanneer een gesimuleerd voertuig een link betreedt, wordt er berekend hoe lang het duurt om deze link te doorkruisen; hierbij geldt dan dat er met het voertuig niks kan gebeuren tussen het tijdstip van het betreden van de link en dit tijdstip plus de tijd nodig om de linkafstand te overbruggen. Dit wil zeggen dat de stochastische aard van congestie niet in rekening wordt gebracht (de FIFO eigenschap blijft wel behouden). Het gevolg is dat in *METROPOLIS* van *vertical queueing*

⁶<http://www.adpc.be/software/metropolis>

wordt gesproken, want er is geen beperking op de doorstromingsgraad en dichtheid van een link. Indien er met beperkingen zou gewerkt worden (e.g., een maximale dichtheid), dan zou men van *horizontal queueing* spreken want voertuigen dienen nu te wachten vooraleer ze een gesatureerde link kunnen betreden. Dit is echter op dit moment in *METROPOLIS* nog niet het geval aangezien het niet triviaal is om dit te implementeren in een model dat gebeurtenis-gebaseerd werkt. Een gevolg hiervan is dat het nu nog niet mogelijk is om vlot *spill-back* effecten te modelleren.

Een grote component in het transportmodel is dat er een expliciete vorm van informatie-modellering aanwezig is (i.e., informatie naar de reizigers in het wegennetwerk toe); dit laat hen om een ruim aanbod aan ATIS en ATMS te evalueren. Voor lokale toepassingen met korte termijnplanning is een microsimulatiemodel voldoende, maar voor een lange termijnplanning dient er rekening te worden gehouden met alle mogelijke neveneffecten van een maatregel op route diversiteit, piekspreidingen en het gebruik van het globale wegennetwerk. Het is voor dit laatste dat *METROPOLIS* specifiek ontwikkeld werd. De 'informatie' in dit model bestaat uit eender welk type kennis van de verkeersstoestand, in een gedeelte van het wegennetwerk en dat over een gegeven tijdsperiode. Reizigers in het wegennetwerk raadplegen een informatiepool, waarbij deze wordt aangepast en verbeterd naarmate de reizigers van hun reiservaring 'leren'.

Het gebruikte vertrektijdstipkeuze model in *METROPOLIS* is gebaseerd op Vickrey, waarbij de gegeneraliseerde kostfunctie voor een reiziger bestaat uit de benodigde reistijd, kosten voor te vroeg en te laat te arriveren en de tol die kan geheven worden (dit alles wordt gecombineerd met een continu logitmodel).

Wat de computationele complexiteit betreft, was ik een beetje verrast door de in *METROPOLIS* gemaakte keuze : de tijdstappen worden tot op een gehele seconde afgerond en gebeurtenissen worden dan in een FIFO queue bijgehouden (waarbij alle gebeurtenissen die optreden gedurende dezelfde seconde in dezelfde FIFO-queue terecht komen en sequentieel worden afgehandeld). De opzet is in orde, maar het lijkt me toch handiger om met een hashtable te werken.

Belangrijke slotopmerkingen zijn dat de kost voor het kiezen van het vertrektijdstip tussen 25% en 50% van de totale kost kan bedragen. Verder is het zo dat de globale HB-matrix vast gekozen is, en men dus niet zo vlot de lange termijn effecten van bepaalde maatregelen volledig kan modelleren.

32.5.5 Heuristic Dynamic Assignment based on Microscopic Traffic Simulation

Referentie : [BC02]

Bij dynamische verkeersstoeiding is het meestal niet zo evident om op een geschikte wijze *spill-back* effecten te modelleren. Een manier om hieraan tegemoet te komen is door gebruik te maken van simulaties, waarbij er nu sprake is van een twee-stapsproces :

- een (analytische) methode om de kortste paden te berekenen
- en een (simulatie-gebaseerde) methode om de linkstromen te berekenen (i.e., *dynamic network loading*).

Deze kortste paden kunnen berekend worden op twee verschillende wijzen : toewijzing *tijdens de route* en een initieel dynamisch gebruikersevenwicht. Om de linkstromen te berekenen wordt gebruik gemaakt van de *AIMSUN* microscopische verkeerssimulator. Voertuigen kunnen kiezen

uit zelf gedefinieerde routes (eventueel berekend met een ander model) of berekende kortste padbomen.

De meeste gebruikte routekeuzefuncties zijn gebaseerd op discrete keuzetheorie en gaan uit van bijvoorbeeld logit-modellen. Een probleem hiermee is dat deze echter niet zo goed zijn in het onderscheiden van alternatieve routes wanneer er in grote mate van overlapping sprake is. Een manier om hieraan tegemoet te komen is door gebruik te maken van een C-logit model, waarbij nu in de formulering expliciet een *commonality factor* wordt opgenomen.

Tot slot wordt in het artikel over calibratie en validate gesproken, waarbij wordt opgemerkt dat de standaard RMS (*root mean square error*) en RMSP (*root mean square percentage error*) niet altijd geschikt zijn vermits ze de fouten kwadrateren. Een betere statistische maat is daarom Theil's U-statistiek die kan nagaan hoe dicht twee tijdsreeksen bij elkaar aanleunen.

32.5.6 Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research

Referentie : [War52]

De nood voor een wiskundige behandeling van verkeersproblemen wordt in dit artikel aangekaart; om bijvoorbeeld de resultaten te bestuderen van niet observeerbare condities, is een theorie noodzakelijk. In eerste instantie wordt er gekeken naar de twee verschillende manieren om de gemiddelde snelheid te berekenen : *time mean speed* (TMS) en *space mean speed* (SMS). Hierbij wordt opgemerkt dat TMS steeds groter of gelijk is aan SMS, en dat de ene eenvoudig in de andere kan omgezet worden en vice versa (waarbij wel de individuele snelheden moeten geweten zijn, dit om de standaardafwijking te kunnen schatten). Ook wordt op vrij logische wijze de fundamentele relatie in de verkeerskunde afgeleid ($q = k \cdot \bar{v}_s$). *Er wordt aansluitend vermeld dat de keuze tussen het gebruik van TMS of SMS eigenlijk eerder een keuze tussen de snelheid en de reistijd is.* In eerste instantie wordt gepleit voor het bestuderen van de verdeling van de reistijden indien men een verandering aan het aanbod uitvoert. Maar dit wordt ook in een ander kader beschouwd : de verdeling van de reistijden heeft typisch een scheve vorm met een lange staart van trage reistijden, waar de verdeling van de snelheden eerder symmetrisch is.

Het artikel gaat vervolgens verder met een bespreking van de frequentie waaraan inhalen gebeurt. Deze kan afgeleid worden uit de verdeling van de snelheden : *bij een gegeven verdeling van de snelheden, zal het aantal gewenste inhaalbewegingen toenemen met het kwadraat van de doorstromingsgraad.*

Op het begrip 'capaciteit van een weg' wordt dieper ingegaan, waarbij wordt vermeld dat het meer geschikt is om de snelheid in functie van de doorstromingsgraad uit te drukken dan vice versa, wat dus de oorsprong van de (q, \bar{v}_s) fundamentele diagrammen vormt. De capaciteit van een open stuk weg wordt beschouwd, waarbij wordt afgeleid dat de snelheid in functie van de doorstromingsgraad eerst min of meer dezelfde blijft, om vervolgens een zeker punt te passeren waar ze gestadig daalt met een toenemende doorstromingsgraad. Ook wordt er gekeken naar gesignaliseerde intersecties (automatisch en voertuig-gebaseerd).

Het volgende grote deel van het artikel bespreekt hoe verkeersstromen zich verdelen over een wegennetwerk. Het herverdelen van het verkeer over alternatieve routes, brengt immers andere snelheden met zich mee. Wardrop geeft dan volgende twee *criteria* gebaseerd op reistijden :

- *De reistijden op alle gebruikte routes zijn gelijk en kleiner dan diegenen die ervaard zouden worden door een voertuig dat reist op een ongebruikte route.*
- *De gemiddelde reistijd is minimaal.*

Volgens Wardrop treedt het eerste criterium op in de praktijk, vermits men er kan van uitgaan dat het verkeer zich in een evenwicht wil vestigen waarbij *geen enkele bestuurder zijn reistijd kan verkleinen door een nieuwe route te kiezen*. Het tweede criterium is daarentegen het meest efficiënte. Beide criteria worden geïllustreerd aan de hand van een academisch voorbeeld.

Wardrop geeft tot slot nog een bespreking van het aanpakken van *voor-en-na studies*, die meestal in verkeersgerelateerde problemen opduiken. Hierbij wordt opgemerkt dat indien men accurate statistische tests wil doen, deze best gebaseerd worden op de snelheden, maar dat om winst en verlies uit te drukken men beter de reistijden kan nemen.

Het artikel sluit enerzijds af met een aantal appendices waar gedetailleerde berekeningen worden voorgeschoteld, maar anderzijds (en nog veel belangrijker) een bespreking van de in het artikel aangebrachte ideeën. Deze laatste opmerkingen werden vrij formeel neergeschreven, en tonen duidelijk aan dat men in de jaren vijftig het begon te appreciëren dat meer wiskundige behandelingen van verkeerskunde een noodzaak worden om de steeds grootschaliger wordende problemen aan te pakken.

32.5.7 Weekoverzicht

Vrijdag 23/04/2004 :

- ik heb mijn slides voor het volgende *Transport & Mobility Leuven* seminarie afgevoerd, de titel is vrij direct : "*Verkeer @ SISTA*" [Mae04c].
- Vermits mijn boek met weekverslagen redelijk grotesk begint te worden, heb ik het opgesplitst in drie deelboeken, per academiejaar; het betreft hier een totale verzameling van 138 weekverslagen, gespreid over 558 bladzijden waarin 312 referenties worden besproken (mijn databank met artikels bevat 842 referenties).
- Ik heb de artikels "*How Bad is Selfish Routing ?*" (zie paragraaf 32.5.1 voor meer details hieromtrent), "*An Algorithm for the Stochastic User Equilibrium Problem*" (zie paragraaf 32.5.2 voor meer details hieromtrent), "*Driver Route and Departure Time Choices – The Evidence and the Models*" (zie paragraaf 32.5.3 voor meer details hieromtrent), "*Spatial Models of Morning Commute Consistent with Realistic Traffic Behavior*" [Lag03], "*The Economic Theory of Urban Traffic Congestion – A Microscopic Research Agenda*" [Arn01] en "*Über ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung*" [Bra69] gelezen.
- In de klassieke verkeerskunde spreekt men over vrij-stromend en opgestopt verkeer, terwijl in de economie deze laatste term meestal met *hypercongestie* wordt aangeduid. Ook tussen enerzijds de doorstromingsgraad en anderzijds het volume bestaat er een 1-op-1 verband. Andere voorbeelden zijn het systeem optimum en het sociaal optimum.

In het klassieke *bottleneck* model van Vickrey wordt uitgegaan van een *day-to-day replanning* schema, waarbij de verkeersstoestand tijdens bijvoorbeeld de ochtendspits dezelfde zijn en dat de reizigers dit weten en bijgevolg hun vertrektijdstip zo kiezen dat hun individuele reiskost geminimaliseerd wordt. De tegenhanger hiervan heet *within-day replanning*.

Maandag 26/04/2004 :

- ik heb de artikels "*Real cases applications of the fully dynamic METROPOLIS toolbox – an advocacy for large-scale mesoscopic transportation systems*" (zie paragraaf 32.5.4 voor meer details hieromtrent), "*Heuristic Dynamic Assignment based on Microscopic Traffic Simulation*" (zie paragraaf 32.5.5 voor meer details hieromtrent), "*A Dynamic Traffic Assignment Formulation that Encapsulates the Cell-Transmission Model*" [Lo99], "*A cell-based variational inequality formulation of the dynamic user optimal assignment problem*" [LS02] en "*An analytical shock-fitting algorithm for LWR kinematic wave model embedded with linear speed-density relationship*" [WW02] gelezen.
- Ik heb professor Malachy Carey (School of Management and Economics, Queen's University, Belfast, Noord-Ierland) gevraagd of hij me volgende twee artikels kon e-mailen :
 - Lo, H., Lin, W., Liao, L., Chang, E., Tsao, J., 1996a, "*A comparison of dynamic traffic models: part I framework*", technical report, UCB-ITS-PRR-96-22, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.
 - Lo, H., Lin, W., Liao, L., Chang, E., Tsao, J., 1996b, "*A comparison of dynamic traffic models: part II results*", technical report, UCB-ITS-PWP-97-15, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.

Carey verwees me ineens door naar professor Hong Lo, die me een website⁷ wist te melden waar ik artikels van deze laatste kon downloaden. Spijtig genoeg is enkel het eerste artikel beschikbaar vermits ze ingescand en elektronisch omgezet moeten worden (het andere kost 15 USD).

Dinsdag 27/04/2004 :

- in het verslag van KBESAT stond te lezen dat het thema "*Mobiliteit*" niet aanvaard werd door het bureau; men gaat in plaats daarvan meer iets rond elektrotechniek zelf.
- Ik heb uit het boek "*Studies in the Economics of Transportation*" [BMW55], de hoofdstukken "*Introduction*", "*Demand*", "*Equilibrium*" en "*Conclusion; Some Unsolved Problems*" gelezen.
- Ook heb ik in de doctoraatssthesi "*Simulation-Based Traffic Assignment*" [Gaw98] gelezen, alsmede de artikels "*In Depth Description of the TREMOVE Model*" [Her02] en "*Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research*" (zie paragraaf 32.5.6 voor meer details hieromtrent).

⁷<http://www.its.berkeley.edu/publications/catalog/catalog.html>

Woensdag 28/04/2004 :

- ik heb het rapport "*Testing INDY for use as the Dynamic Traffic Assignment model in the Dutch National Model*" [MBMV03] gelezen.

Volgende feiten zijn hierbij belangrijk :

- *INDY* maakt gebruik van een routekeuzemodel dat gekoppeld is met een *dynamic network loading* module.
 - Het *genereren* van de mogelijke routes gebeurt *voor* alle berekeningen, waardoor een hoop rekentijd bespaard kan worden. Dit proces komt overeen met een stochastische statische toedeling (waarbij een beperking op het overlappen van routes in rekening wordt gebracht). De reistijden per schakel worden berekend als de reistijd in vrij-stromend verkeer, plus een extra wachttijd in congestie die bepaald wordt aan de hand van een normaalverdeling (afhankelijk van de capaciteit van de schakel en een variantieparameter).
 - Vermits er met meerdere gebruikersklassen (en met meerdere voertuigtypes) wordt gewerkt, is de routekeuze ook klasse-afhankelijk. De routekeuze zelf stoelt op de *method of successive averages* (MSA).
 - De DNL-component maakt gebruik van een analytisch macroscopisch verkeersstroommodel (de tijdstap kan varieert typisch van 1 tot 20 seconden), waarbij op dit moment enkel autosnelwegverkeer kan gemodelleerd worden (er is immers nog geen ondersteuning voor kruispunten). Ook kan *queue spill-back* nog niet gemodelleerd worden vermits de wachttijden ten gevolge van congestie gemodelleerd worden als een aangepaste Smulders-functie.
 - *INDY* is geschreven in C++ en is GUI-onafhankelijk (waardoor het gemakkelijk in bijvoorbeeld *OmniTRANS* kan ingeplugd worden).
- Op de middag ging er een seminarie door op *Transport & Mobility Leuven*, waar Steven Logghe sprak over "*Supply Chains and Traffic Flow Models*", Lars Akkermans stelde zichzelf voor, Isaak Yperman sprak over de nieuwe Master in de verkeerskunde en ik over "*Verkeer @ SISTA*" [Mae04c].

Aansluitend hebben we ook nog mijn presentatie voor de aanstaande lezing in Brussel besproken.

Donderdag 29/04/2004 :

- Professor Sandy Hill heeft me terug gecontacteerd naar aanleiding van mijn werk voor OpenGL :

Stephen and I have completed the first six chapters of our book now (except for a final fine-edit). We recall that you commented on Sandy's code in the second edition that it didn't do well with OOP, is it possible that you could describe in more detail the nature of your objections to how the OOP description and implementation were handled, so that we can improve on both in this edition while there still is time ?

In addition do you have an estimate of what fraction of your SDL/Ray tracing code you would feel comfortable contributing to this edition, thereby making it public ?

This approach might form a good way for the three of us to begin to collaborate on the development of this edition. Thank you for anything you wish to contribute and we look forward to hearing from you.

- In de voormiddag ging er een vergadering van SISTA's subgroep S&C door, waarop het aantal tijdschriftenartikels per doctoraatsstudent gepubliceerd aan de kaak werd gesteld.
- Ik heb het artikel "*The Activity-Based Approach*" [McN00] gelezen. Belangrijk hierbij is dat het klassieke vier-staps model enkele zware tekortkomingen kent. Er worden zaken opgemerkt zoals de nadruk op individuele trips en het negeren van spatiale en temporele relaties tussen alle trips en de geassocieerde activiteiten, en het feit dat onderliggend activiteitengedrag gestoeld is op een strikt in plaats van complex keuzeprocessus. Kritiek die daarentegen op het activiteiten-gebaseerd model wordt gegeven, is dat er nog geen omliggend theoretisch kader voor bestaat.
Het vier-staps model is trip-gebaseerd en volstaat dus met het genereren van trips, terwijl de activiteiten-gebaseerde modellen eerder de klemtoon leggen op wat nu juist de activiteit genereerde die leidde tot de trip in kwestie.
- Op de middag ging de doctoraatsverdediging van Geert Ysebaert door; hij had het over "*Equalization and Echo Cancellation in DMT-based Systems*". Het viel me op dat het misschien loont om donkere tekst op lichte slides te gebruiken en daarbij de lichten in dat kleine zaaltje toch maar aan te laten.
- Tot slot heb ik mijn slides voor de lezing aanstaande maandag afgewerkt; hierbij heb ik nog volgende artikels gelezen : "*Capacity of a Turbo-Roundabout Determined by Micro-Simulation*" [YI03], "*Is inhalend vrachtverkeer een achterhaald fenomeen ?*" [LI03], "*De dynamica van congestie en prijsbeleid*" [LY03] en "*Working in the Sixth Dimension*" [Bac03].

Hoofdstuk 33

Mei 2004

33.1 Vrijdag 30/04 tot donderdag 06/05

33.1.1 Sturen zonder Structuren

Referentie : [IWdR98]

In dit artikel wordt op vrij algemene wijze geschetst welke mogelijkheden er bestaan om een ingewikkeld systeem te sturen; het concept 'systeem' dient hier zeer breed geïnterpreteerd te worden. Vertrekkende van een nogal gewrongen definitie van regel- en stuurkringen (waarbij de uitvoer, respectievelijk de invoer, wordt vergeleken met bepaalde normen), gaat men over op de mogelijke modelleringsproblemen die kunnen optreden (incorrecte afbeelding van de werkelijkheid, missen van dynamiek in het systeem en het negeren van de intelligentie die inherent in het systeem aanwezig kan zijn). Dit alles wordt dan toegepast op het proces van de verkeersafwikkeling, waarbij steeds in abstracte termen wordt gesproken (regeling houdt hier ofwel beïnvloeding ofwel inperking van het systeem in).

Al bij al geeft het artikel weer wat intuïtief logisch is, hetgeen me dan ook doet twijfelen aan de effectieve meerwaarde ervan.

33.1.2 Het spel van de regels; Het richting geven aan chaotische maatschappelijke processen

Referentie : [vZ99]

Net zoals het vorige artikel, beschrijft dit artikel ook op een 'vage' manier de aanwezigheid van chaos in maatschappelijke processen. Er wordt uitgebreid ingegaan op diverse standaardzaken die bij chaostheorie komen kijken, waarna een groot deel wordt besteed aan de mogelijke inperking van de chaotische tendensen die in een maatschappij de kop kunnen opsteken.

Merk op dat in het artikel zelfs een flagrante DT-fout is terug te vinden ...

33.1.3 Weekoverzicht

Vrijdag 30/04/2004 :

- ik heb mijn slides voor de presentatie in Brussel aanstaande maandag afgewerkt :
”*Models in Aid of Traffic Management*” [Mae04b].

Maandag 03/05/2004 :

- in de voormiddag ben ik naar Brussel gegaan om er het seminarie ”*Transportmodellen ter ondersteuning van het mobiliteits- en vervoersbeleid in België*” bij te wonen. De organisatie was in handen van het Federaal Planbureau en het Federaal Wetenschapsbeleid (ex-DWTC). Onder de ruim 65 aanwezigen waren mensen van de universiteit van Luik, het UCL (CESAME), de VUB, de K.U.Leuven (SISTA, TP&HE, ETE), het Federaal Planbureau, het Federaal Wetenschapsbeleid, Langzaam Verkeer vzw, Durable asbl, de directie van het transport ministerie van de regio Brussel, de directie het transport ministerie van de regio Wallonië, de universiteit van Namen, de Vlaamse Milieumaatschappij, de mobiliteitscel van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, het LUC, Iris Consulting, Tritel, het VITO, de UA (UFSIA), de Europese Commissie, TMLeuven, de universiteit van Gent, ...

In de namiddag gaf ik mijn presentatie over ”*Models in Aid of Traffic Management*”, waarbij de moderator Bruno De Borger me bedankte voor de ‘dynamische’ manier van spreken. Achteraf kreeg ik van een aantal mensen felicitaties en lof voor mijn schijnbaar nogal groot enthousiasme tijdens het spreken. Tot slot werden alle gastsprekers (van de middagsessie) uitgenodigd om vooraan in ’t panel te zetelen en vragen te beantwoorden. Merk op dat er zowel Nederlands als Frans door elkaar werd gesproken, en dat de overgangen vrij vlekkeloos verliepen.

Dinsdag 04/05/2004 :

- de *referees* van mijn artikel voor *Physical Review E* hebben een herinnering gekregen.
- Verder heb ik nog een fout in mijn *Traffic Cellular Automata* + software opgespoord en verbeterd.
- Ik heb me geregistreerd voor de IAP studiedag.
- René Boel stelde voor om op woensdag 26 mei (of vrijdag 28 mei) in Gent samen te komen met de partners van ons DWTC-project, om daar dan naar drie nieuwe doctorandi van hem te luisteren (seminaries) en ineens ook om verder af te spreken voor ons DWTC-project CP/40.

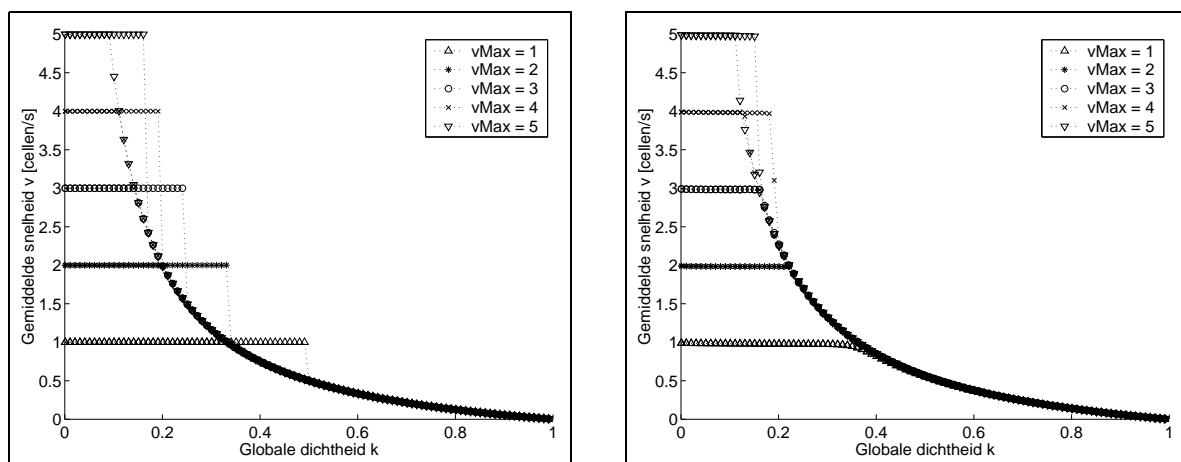
Ook heb ik Stef Proost van ETE gevraagd of hij hun spreadsheet met gegevens over de duurzame kostfunctie van ons DWTC-CP/40 project kon doorsturen (Fay Dunkerley was onbeschikbaar wegens zwangerschapsverlof); hij ging de vraag doorgeven.

Woensdag 05/05/2004 :

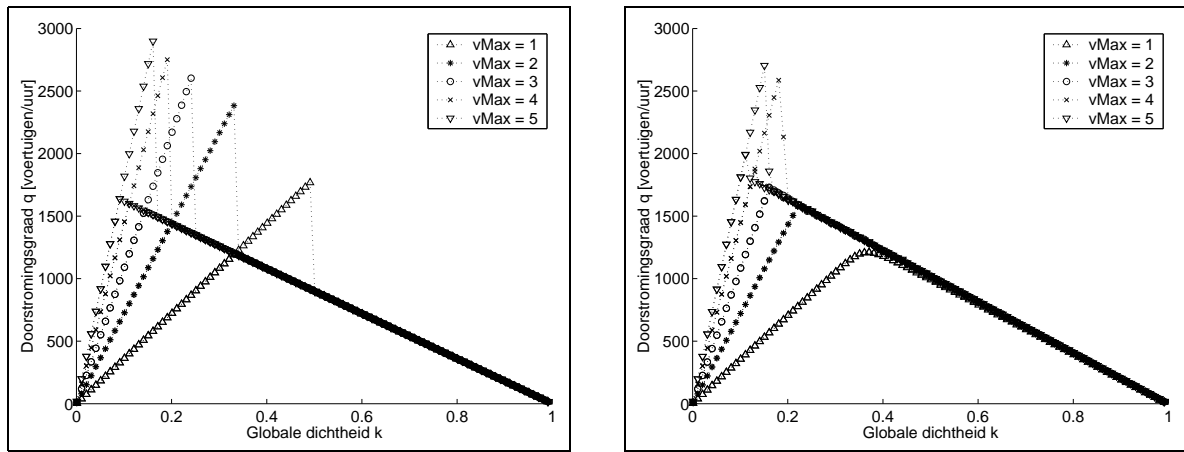
- ik heb enkele van de experimenten in mijn *Traffic Cellular Automata* + software geherdefinieerd, waardoor sommige ‘oudere varianten’ overbodig werden; er zijn nu nog slechts 7207 lijnen code.
- Op de namiddag kwam ik samen met Tom Bellemans en Monique van den Berg om wat te babbelen over Tom’s doctoraat (we hadden het vooral op de ‘anticipatieve’ regeling die hij op ’t einde in zijn MPC-regelaar introduceerde, en of deze nu wel echt anticipatief was. . .).

Donderdag 06/05/2004 :

- ik heb de artikels "Sturen zonder Structuren" (zie paragraaf 33.1.1 voor meer details hieromtrent) en "Het spel van de regels; Het richting geven aan chaotische maatschappelijke processen" (zie paragraaf 33.1.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Ook heb ik – op verzoek – Bart De Moor's interview in "Jongens en Wetenschap" op Radio 1 opgenomen en naar MP3 omgezet.
- Het oorspronkelijke Takayasu-Takayasu TCA model [TT93] was nog niet in mijn *Traffic Cellular Automata* + software geïmplementeerd. In dit model, een uitbreiding van het BML model, wordt $v_{\max} = 1$ cel/s genomen, waarbij er nu geldt dat een gestopt voertuig *i enkel* terug kan versnellen indien $g_{s_i} \geq 2$ cellen. Dit maakt dat voertuigen die net een opstopping verlaten, altijd minstens twee lege cellen voor zich zullen hebben. Deze wijziging, namelijk het originele *slow-to-start* gedrag, zorgt voor bistabiliteit in de (k, q) en (k, \bar{v}_s) fundamentele diagrammen. In het linkerdeel van de figuren 33.1 en 33.2 is dit resultaat te zien, waarbij ik het T^2 model heb uitgebreid om te kunnen werken met $v_{\max} > 1$ cel/s. Ook heb ik de andere variant van het T^2 model bijgehouden (zie rechterdeel van de figuren), waarbij nu een stochasticiteit $p = 0.01$ de voertuigen spontaan laat vertragen (zoals in het STCA model) en een kans $p_0 = 0.75$ waarmee voertuigen moeten wachten indien ze stilstaan en hun tussenruimte $g_{s_i} = 1$ cel.



Figuur 33.1: De (k, \bar{v}_s) fundamentele diagrammen van het originele (links) en het gewijzigde (rechts) Takayasu-Takayasu TCA model.



Figuur 33.2: De (k, q) fundamentele diagrammen van het originele (links) en het gewijzigde (rechts) Takayasu-Takayasu TCA model.

Indien we in het originele T^2 model de conditie $g_{s_i} \geq 2$ cellen vervangen door $g_{s_i} \geq n$ cellen met $n > 2$, dan zal de gecongeesteerde tak zakken: de richtingscoëfficiënt verandert hier omdat voertuigen nu langer moeten wachten vooraleer ze mogen vertrekken, met als gevolg dat de uitstroom uit een opstopping kleiner wordt. Merk op dat het oorspronkelijke T^2 model trouwens indertijd door Fukui en Ishibashi werd besproken in "Effect of Delay in Restarting of Stopped Cars in a One-Dimensional Traffic Model" [FI97].

33.2 Vrijdag 07/05 tot donderdag 13/05

33.2.1 Car accidents and number of stopped cars due to road blockage on a one-lane highway

Referentie : [BFZ97]

De in dit artikel besproken definitie van de kans op een ongeval in een TCA model, gaat uit van het feit dat bestuurders niet altijd een veilige tussenafstand respecteren. Dit wordt toegepast op een 1D-model, zonder stochasticiteit. De regel die de snelheid van een voertuig bepaalt, wordt aangevuld met een extra term die – afhankelijk van een zekere kans – de gewenste snelheid verhoogt. Er worden benaderingen gegeven die vrij goed aansluiten bij de resultaten van de expliciete simulaties. Spijtig genoeg wordt er met geen woord gerept over welke de gebruikte waarde van de kans is, wat de invloed ervan is op de resultaten en hoe de experimenten opgezet zijn.

33.2.2 An agent-based microsimulation model of Swiss travel - First results

Referentie : [RCV⁺03]

Transportplanning omvat socio-economische aspecten; dit wil zeggen dat een simulatie van een transportsysteem rekening dient te houden met aanpassing, leren en individuele herplanning van de reizigers in het netwerk. Een multi-agent gebaseerde aanpak is hier op zijn plaats, waarbij voor elke agent in het netwerk de individuele reisplanning wordt bijgehouden.

In het artikel gaat men uit van een op *TRANSIMS* gebaseerde simulatie van heel Zwitserland. Vermits nog niet alle modules geïmplementeerd zijn, gaat het hier over een statusrapport. De vraag in het netwerk wordt gemodelleerd op basis van bestaande HB-matrices die uit *VISUM* afkomstig zijn. De microscopische simulatie die wordt gebruikt, is eigenlijk een vereenvoudigde wachtrij-gebaseerde simulatie. Gedurende de simulatie worden de reistijden van de schakels met een periode van een kwartier terug naar de routeringsmodule gestuurd. De manier waarop routes worden gekozen, leidt tot een vorm van het stochastisch gebruikersevenwicht (SUE).

Het wegennetwerk (het betreft hier dus enkel wegverkeer), bestaat uit ruim 10000 knooppunten en bijna 30000 schakels; verschillende scenario's worden uitgetest en bestudeerd op basis van hun dynamisch karakter met betrekking tot de vorming van congestie en de snelheid waarmee de simulaties uitgevoerd kunnen worden.

Niet onbelangrijk is de opmerking dat men tijdens het testen een fout in *TRANSIMS* ontdekte. Er wordt aansluitend geopperd dat systematische regressietesten tijdens de ontwikkeling van de software een noodzaak zijn (men ontwerpt dus een reeks testen die na elke verandering aan de software terug uitgevoerd dienen te worden om de correcte werking van de simulator te blijven garanderen).

33.2.3 Experiences with iterated traffic microsimulations in Dallas

Referentie : [Nag98]

Uitgaande van iteratieve microscopische simulaties, kan een transportsysteem (wegverkeer in dit geval) gemodelleerd worden en de impact van infrastructurele wijzigingen nagegaan worden. Een

belangrijk deel van het artikel gaat in op het concept ‘convergentie’ van een dergelijke iteratieve procedure. In dit opzicht spreekt men eerder van relaxatie, aangezien convergentie een nogal wiskundig rigide term is die op dergelijke stochastische processen moeilijk van toepassing is. Een criterium dat hierbij gebruikt kan worden, is de totale reistijd in het systeem. Echter, om te weten ‘hoe ver’ de simulatie is verwijderd van de realiteit, is een ander criterium nodig. Men kan hierbij beroep doen op een meer structurelere aanpak : vermits in praktijk niet iedereen altijd de snelste route zoekt, kan men eerder kijken naar de routes die gekozen worden indien reizigers een zekere extra reistijd aanvaarden. Het artikel sluit af met te stellen dat het altijd belangrijk is om te kijken naar de vraag die de transportsoftware dient te beantwoorden, en of het deze goed kan beantwoorden (in plaats van de software enkel te vergelijken met andere gelijkaardige software).

33.2.4 Status of a TRANSIMS implementation for Switzerland

Referentie : [VVR⁺01]

Dit kort artikel beschrijft min of meer in sterk gecondenseerde vorm wat te lezen is in *”An agent-based microsimulation model of Swiss travel - First results”* (zie paragraaf 33.2.2 voor meer details hieromtrent); er wordt op het einde wel iets uitgebreider ingegaan op de computationele performantie die kan verwacht worden, maar veel details daarvan zijn eerder terug te vinden in andere publicaties.

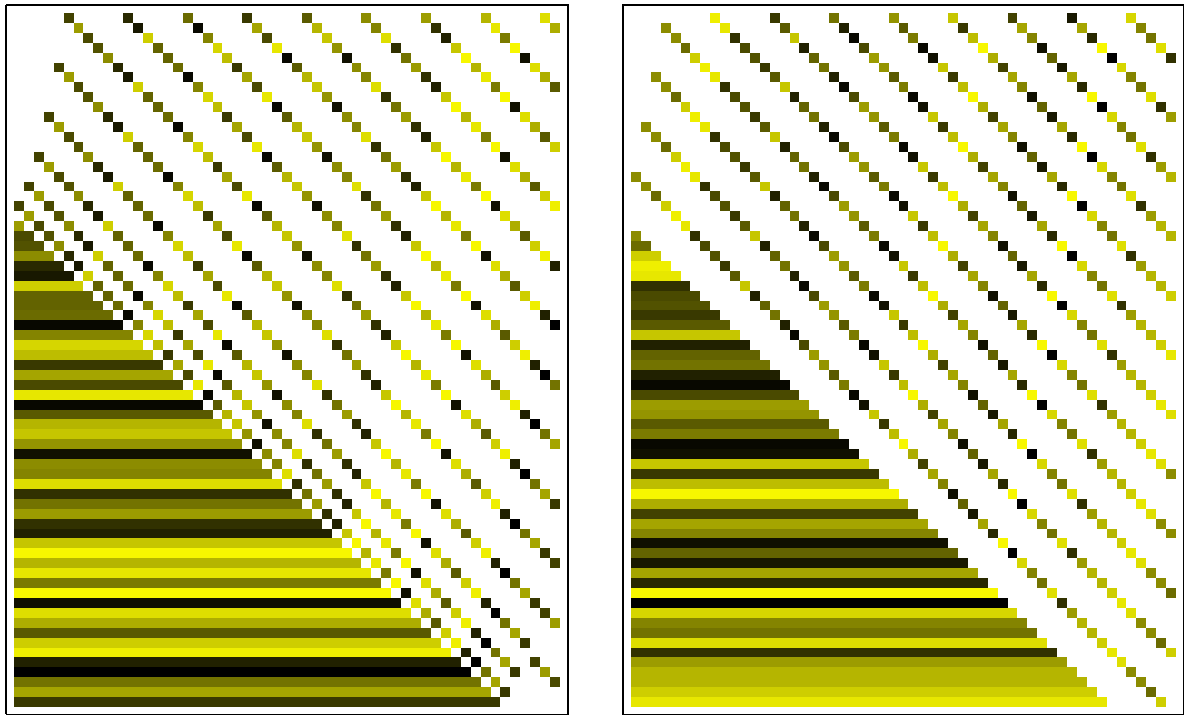
33.2.5 Weekoverzicht

Vrijdag 07/05/2004 :

- in de literatuur bestaat er nogal wat verwarring omtrent wat nu juist het Fukui-Ishibashi TCA model is. Het oorspronkelijke artikel waarin er voor het eerst over deze ‘FI-TCA’ werd gesproken, was *”Traffic Flow in 1D Cellular Automaton Model Including Cars Moving with High Speed”* [FI96]. Het blijkt hier om een uitbreiding van de niet-stochastische CA-184 te gaan, waarbij nu $v_{\max} > 1$ cel/s. Het verschil met de klassieke STCA zit daarenboven niet alleen in het feit dat $p = 0$, maar vooral dat in de FI-TCA een *instantane versnelling* van de voertuigen wordt gebruikt. Dus van zodra een voertuig kan versnellen, doet het dit niet stapsgewijs (i.e., met 1 cel/s tegelijk) , maar versnelt een voertuig ineens tot de maximaal haalbare snelheid (gebonden door het minimum van de maximaal toegelaten snelheid en de tussenruimte met de voorligger).

Interessant om weten is dat de fundamentele diagrammen van de CA-184 en de FI-TCA *volledig identiek* zijn voor de verschillende v_{\max} . Het gedrag van de voertuigen in de tijd-ruimte diagrammen toont daarentegen wel (minimale) verschillen. In figuur 33.3 worden twee tijd-ruimte diagrammen getoond, links voor de CA-184 en rechts voor de FI-TCA met telkens $v_{\max} = 5$ cellen/s. De initiële configuratie van het systeem is telkens een compacte opstopping, waaruit de voertuigen één voor één vertrekken. De tijdsas wijst van links naar rechts, de ruimte-as van onder naar boven. Het is me onduidelijk wat nu juist het exacte macroscopische effect van een graduele (e.g., STCA) of instantane (e.g., FI-TCA) versnelling van de voertuigen is, *me dunkt dat er geen significante verschillen tussen beiden zijn.*

Een variant op de FI-TCA, introduceert stochasticiteit in het systeem, maar dan *enkel voor voertuigen die aan de maximaal toegelaten snelheid rijden*. Het effect hiervan



Figuur 33.3: De tijd-ruimte diagrammen van de CA-184 (links) en de FI-TCA (rechts) met een compacte opstopping als initiële configuratie van het systeem.

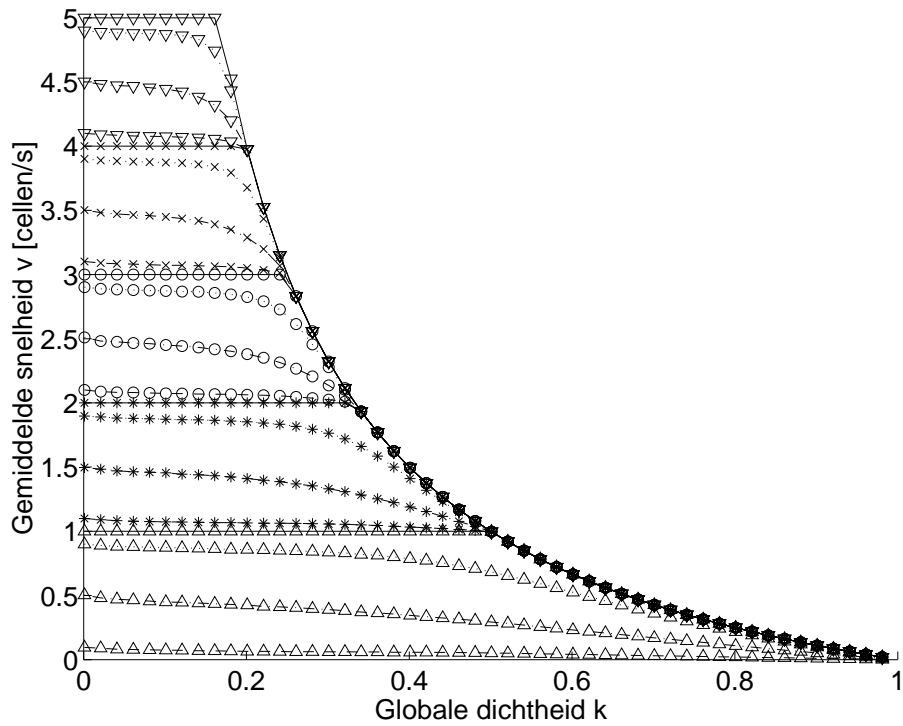
is dat enkel de takken van vrij-stromend verkeer gewijzigd worden en lager komen te liggen voor hogere *slowdown probabilities*. De takken van opgestopt verkeer blijven dus dezelfde (vermits enkel in vrij-stromend verkeer alle voertuigen aan de maximale snelheid *kunnen* rijden). Het resultaat van experimenten met verschillende v_{\max} en p is te zien in de (k, \bar{v}_s) en (k, q) fundamentele diagrammen in figuren 33.4 en 33.5. Merk op dat we de gevallen waarbij $p = 1.0$ niet hebben afgebeeld, aangezien deze overeenkomen met $p = 0.0$ voor een v_{\max} die 1 cel per seconde trager is (zie mijn artikel [MM04b] voor meer informatie omtrent dit fenomeen).

Maandag 10/05/2004 :

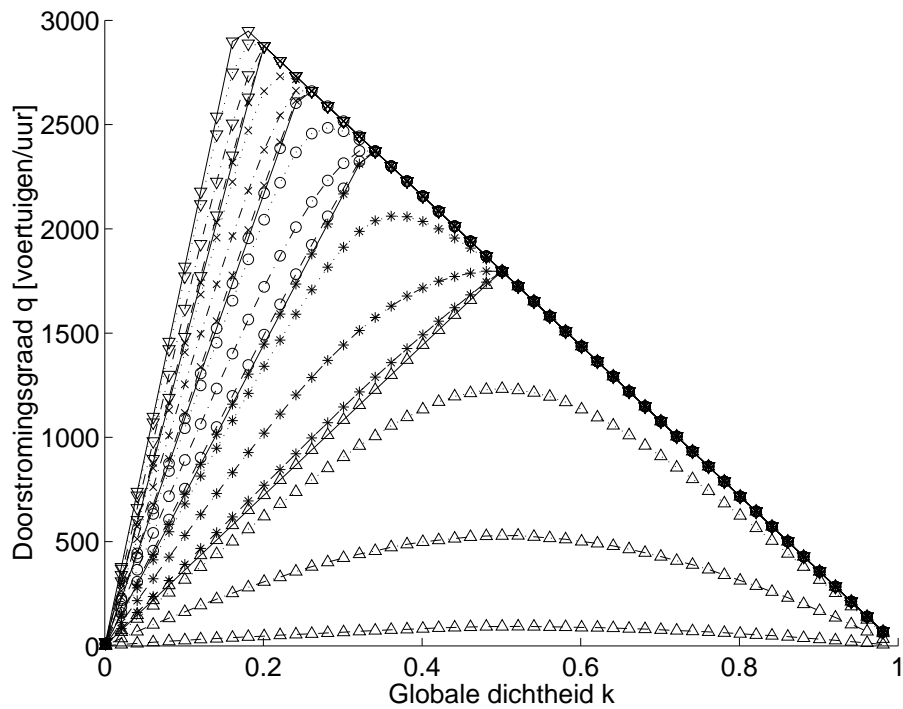
- ik heb het artikel "Car accidents and number of stopped cars due to road blockage on a one-lane highway" (zie paragraaf 33.2.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Een groot deel van de experimenten voor de fundamentele diagrammen van de FI-TCA dienden opnieuw te gebeuren aangezien er iets fout gelopen is tijdens het bewaren van de meetpunten; alle experimenten leverden dezelfde waarden op, ongeacht de waarde van de stochastische parameter (i.e., de *slowdown probability*).
- Fay Dunkerley wist me te melden dat ze het rekenblad met de duurzame kostfunctie voor ons DWTC-CP/40 project ging opsturen (ze is bevallen van een dochter ...).
- Verder gaf René Boel nog definitieve versies van zijn drie laatste artikels met Lyudmila Mihaylova.

Dinsdag 11/05/2004 :

- ik heb de artikels "An agent-based microsimulation model of Swiss travel - First results" (zie paragraaf 33.2.2 voor meer details hieromtrent), "Experiences with iterated traffic microsimulations in Dallas" (zie paragraaf 33.2.3 voor meer details hier-



Figuur 33.4: De (k, \bar{v}_s) fundamentele diagrammen van de FI-TCA voor $v_{\max} \in \{1, \dots, 5\}$ met telkens $p \in \{0.0, 0.1, 0.5, 0.9\}$.



Figuur 33.5: De (k, q) fundamentele diagrammen van de FI-TCA voor $v_{\max} \in \{1, \dots, 5\}$ met telkens $p \in \{0.0, 0.1, 0.5, 0.9\}$.

omtrent) en "Status of a TRANSIMS implementation for Switzerland" (zie paragraaf 33.2.4 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Woensdag 12/05/2004 :

- ik heb de abstract "*CA models for traffic flow – Numerical results*" [San] gelezen; hierin wordt vooral de nadruk gelegd op de transities tussen de verschillende verkeersregimes, de verschillende initiële condities die leiden tot de formaties van opstoppingen en het effect op de verdelingen van de tussentijd en tussenruimte.
- Verder ging het grootste deel van de dag naar het opzetten van een appendix waarin ik de nomenclatuur voor de verkeerskunde op punt stel. Dit deel zal uiteindelijk mee in mijn doctoraat vervat zitten, en verspreid worden over de partners van ons DWTC-CP/40 project.

Donderdag 13/05/2004 :

- Bart Motmans vroeg me of ik globale technisch verantwoordelijke voor MTNS04 kon zijn; ik ga met hem maandag aanstaande om 10u00 samen zitten om de details te bespreken.
- Ik heb samen met Steven Bex de verhuis naar de vernieuwde 5e verdieping van de toren geregeld, waarna we met iedereen de plaatsen hebben besproken.
- Zoubir Benrihane contacteerde me in het Frans over e-mail : hij werkt voor prof. Abdelilah Benyoussef, en is bezig met zijn laatste jaar doctoraat. Hij is sterk geïnteresseerd in mijn onderzoek en wenst graag mijn artikels te lezen. Zelf onderzoekt hij de theoretische modelaspecten van de STCA en de VDR-TCA, en het modelleren van gesynchroniseerd verkeer, metastabiele fases en hysteresis. Hij wil graag met me discussiëren over allerhande aspecten, en dit lijkt me een niet te missen kans !
- Prof. Michael Schreckenberg stuurde me een e-mail waarin hij vraagt of ik mijn contributie (een artikel van zes bladzijden) alsnog kon opsturen voor het boek met de proceedings van de "*Workshop on Traffic and Granular Flow 2003*". Het betreft hier een artikel naar aanleiding van mijn poster met Steven Logghe.
- Ik heb mijn verlofkaart laten ondertekenen.

33.3 Vrijdag 14/05 tot donderdag 20/05

33.3.1 The dynamics of iterated transportation simulations

Referentie : [NRSP00]

Met het oog op het gebruik van simulatiegebaseerde verkeerstoedeling, wordt in dit artikel de klassieke analytische aanpak bekeken en vergeleken met de nieuwe manier, waarbij een reeks iteraties tussen een routeerder en een microscopische simulator worden uitgevoerd. Een van de belangrijkste opmerkingen is dat, ondanks een grote caveat, *gebroken ergodiciteit* niet echt een probleem is voor dynamische verkeerstoedeling.

33.3.2 Dynamic Traffic Assignment on Parallel Computers

Referentie : [NFJ⁺98]

Dit artikel bespreekt vrij algemeen hoe parallelisatie in TRANSIMS kan gebruikt worden om aan dynamische verkeerstoedeling te doen. De invoer bestaat uit 3×10^5 trips die weergeven welke voertuigen van waar vertrekken naar welke bestemming op welk tijdstip (er wordt opgemerkt dat TRANSIMS onderliggend gebruik maakt van activiteiten, hetgeen dus *activity-based assignment* is, in tegenstelling tot het klassieke vier-stapsmodel).

De routeerder gebruikt PVM (of MPI) voor de uitwisseling van boodschappen tussen een *master* en de *slaves*; de trips worden door de *master* verdeeld over de *slaves* en deze laten geven de kortste routes terug. Globale synchronisatie gebeurt maar elke 10 tot 20 tijdsstappen, maar na elke tijdsstap wordt er wel lokale grensinformatie tussen de verschillende processoren uitgewisseld.

33.3.3 Weekoverzicht

Vrijdag 14/05/2004 :

- op de middag ging er een seminarierreeks van *Transport & Mobility Leuven* door; helaas vond ik de lokatie niet terug (in het kantoor was niemand en in de *Faculty Club* vond ik geen aanduidingen).
- 's Avonds was er de doctoraatsverdediging van Stein Aerts, maar vermits ik op tijd de trein moest nemen heb ik verstek laten gaan.
- ik heb de artikels "*The dynamics of iterated transportation simulations*" (zie paragraaf 33.3.1 voor meer details hieromtrent) en "*Dynamic Traffic Assignment on Parallel Computers*" (zie paragraaf 33.3.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Maandag 17/05/2004 :

- 's Ochtends zat ik Bart Motmans samen om te bespreken wat mijn rol als technisch verantwoordelijke op MTNS04 juist zal inhouden.
- Ik heb Zoubir Benrihane's artikel "*The optimal velocity traffic flow models with open boundaries*" [EZBB03] gelezen (hij had me dit vorige week over e-mail toegestuurd). Het artikel is op zich niet zo interessant, maar veel erger zijn de *talrijke taalfouten* tegen het Engels. Aangezien dit artikel vorig jaar gepubliceerd werd in "*The European Physical Journal B*", stel ik me toch terechte vragen bij de (wetenschappelijke) waarde van dit tijdschrift ! Ik heb hem op zijn e-mail van antwoord gediend.
- Verder heb ik de nieuwste versie van mijn *Traffic Cellular Automata* + software online beschikbaar gesteld.
- Tot slot heb ik nog een deel van de torenverhuis geregeld, heb ik het oorspronkelijke artikel waarin het Biham-Middleton-Levine (BML) TCA model wordt besproken "*Self-organization and a dynamical transition in traffic-flow models*" [BML92] uit de bibliotheek gehaald, en is een nieuw exemplaar van *Scientific Computing World* [Wil04b] aangekomen.

Dinsdag 18/05/2004 :

- ik heb in verband met de aanstaande MTNS04 conferentie een korte e-mail naar SISTA gestuurd om te weten te komen wie welke sessies zal bijwonen.
- De rest van de dag ging naar het verhuizen van mijn bureau en bijhorend archief naar de vijfde verdieping van de toren.
- Verder heb ik ook een reeks experimenten gestart die de fundamentele diagrammen van de ASEP TCA moeten berekenen.

Woensdag 19/05/2004 :

- persoonlijke verlofdag.

Donderdag 20/05/2004 :

- algemeen verlof personeel K.U.Leuven wegens Hemelvaartsdag.

33.4 Vrijdag 21/05 tot donderdag 27/05

33.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 21/05/2004 :

- persoonlijke verlofdag.

Maandag 24/05/2004 :

- ik heb de eerste hand gelegd aan ons artikel voor de proceedings van de "Workshop on Traffic and Granular Flow 2003".
- Bart De Schutter heeft me over e-mail twee artikels gestuurd om te reviewen; het betreft hier de "7th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems" (ITSC2004).

Ik stel me hierbij trouwens de vraag wat het nut is van het reviewen van artikels bestemd voor *grote* conferenties. Men wendt als excuus in dit geval aan dat men de wetenschappelijke kwaliteit van de conferentie wil handhaven, maar me dunkt dat dit van secundair belang is. Realistische voorbeelden zijn bijvoorbeeld ITSS03 waar alle bijdragen quasi-automatisch aanvaard werden en MTNS04 waar een groot aantal diverse sessies zijn en waar die paar afgewezen artikels de naam van de conferentie echt wel niet gaan maken. Voor kleinere (prestigieuze) conferenties zoals TGF03 is reviewen natuurlijk wel aanvaardbaar.

- De experimenten die ik vorige week dinsdag had gestart, met het oog op het bekomen van gedetailleerde fundamentele diagrammen van de ASEP TCA, zijn *nog niet* afgelopen. Mijn computer (een Intel Celeron 2 GHz) heeft nog maar 24% afgewerkt, waarvoor hij zo'n 132 uren nodig had (i.e., 5.5 dagen) ! De geschatte resterende tijd komt neer op nog eens ruim 400 uren (i.e., ongeveer 16.5 dagen). Dit is duidelijk een computationeel onhandelbare opdracht. Ik heb de experimenten stopgezet en zal ze in de toekomst nog eens starten (maar dan met *veel* minder datapunten).
- Zoubir Benrihane heeft me terug gemailed; hij wist me nog te zeggen dat hij mijn *Traffic Cellular Automata* + software reeds had gedownload (hij noemt het "*ton expérience numérique*"). Daarnaast heeft hij me ook nog enkele resultaten getoond in verband met een speciale vorm van metastabiliteit en hysteresis in de VDR-TCA met open grenzen.

Bonjour,

merci beaucoup de m'avoir repondre; ça me fait énormément plaisir. J'avais telechargé précédement ton projet java "ton experience numerique" avant de t'envoyer mes messages. Je suis tres flaté et je trouve que c'est du bon travail. Merci également de m'avoir envoyer une copy de votre article, je suis entrain de le lire a présent.

Je vous envoie quelque resultats concernant le model VDR-TCA avec les conditions au bord ouvert; l'èspace et les vitesses sont reèls (taux d'injection (α) et taux d'extraction (β) et $p_0 > p, v_{max} = 5$). Afin de montrer la presence la metastabilité, la séparation des phases et de l'existence de plusieurs chemain d'hysteresis au lieu d'un seul dans le cas des condition periodique. Toute les grandeures sont calculé a l'état stationnaire. Je vais essayer

également de reproduire vos resultats et d'introduire l'effets de melange et de doublage sur le model. Si vous avez des suggestions veuillez m'informer, je serai très ravi.

Cordialement.

Dinsdag 25/05/2004 :

- het grootste deel van de dag ging naar het heruitwerken van de formules voor het afleiden van stationaire (k,q) fundamentele diagrammen, uitgaande van een stationaire voorwaarde die geldt op de regels van de STCA. Dit omvat de eerste stap van Steven Logghe's en mijn werk van de afgelopen "Workshop on Traffic and Granular Flow 2003".
- Verder heb ik ook nog een korte presentatie in elkaar gestoken, voor morgen op de "SYSTeMS Dialog" in Gent bij René Boel; de titel is "Traffic @ SISTA".

Woensdag 26/05/2004 :

- het grootste deel van deze dag werd in Gent besteed, waar ik samen met Isaak Yperman en Art Bleukx naar SYSTeMS was gereden om er een reeks seminaries (i.e., de "SYSTeMS Dialog") bij te wonen. Het ging vooral over discrete en continue Petrinet modellen (dit werd op vrij duidelijke manier gepresenteerd). Een andere presentatie ging over het ontwikkelen van een simulatieprogramma, maar de manier waarop dit werd aangebracht doet me toch sterk twijfelen aan de correctheid van de software (op de meeste vragen van mijn spervuur kwam trouwens geen duidelijk antwoord). Tot slot gaf ik zelf een presentatie, waarin in het had over mijn *Traffic Cellular Automata* + software, de *CATSIM* software, de analyse van verkeersmetingen en ons DWTC-project CP/40.
- Ik heb een e-mail van een zekere Andrew Tihonovsky ontvangen :

Hi ! I'm Andrew.

I need this book, "Computer Graphics using OpenGL" by Francis S. Hill, but it isn't available at our university library neither at the bookstores in our city (it is too hard to take some interesting books from foreign publishers in our country).

So, I was searching Internet resources for it and have found your page. Please, if it's possible send me a copy of it.

Ik heb een korte reactie teruggestuurd (waarbij het er eigenlijk op neerkwam dat hij als volwassen mens toch zijn plan moest kunnen trekken). Het duurde niet lang of ik kreeg zijn slotantwoord :

Thank you for your response and suggestions. I'll try to order this book.

Also, I want to thank you for your paper "Advanced Computer Graphics using OpenGL". I like it and it is very useful for me.

Donderdag 27/05/2004 :

- na twee maanden wachten heb ik eindelijk antwoord ontvangen van de reviewers voor mijn artikel voor *Physical Review E*. Het slechte nieuws gaat als volgt :

Dear Dr. Maerivoet,

Your manuscript has been reviewed by two of our referees. Comments from the reports are enclosed. These comments suggest that the present manuscript is not suitable for publication in the Physical Review.

First Report of the First Referee – ER8956/Maerivoet

The authors consider a special limit of the VDR model that is quite unrealistic and of marginal interest from a practical point of view. However, despite its unrealistic nature, the results are interesting from the perspective of curiosity-driven research. Therefore, a brief summary of the main results may be considered for publication as a Brief Report after the manuscript is revised accordingly.

First Report of the Second Referee – ER8956/Maerivoet

This paper explores a part of the parameter space of the well-known VDR (velocity dependent randomization) cellular automaton model of traffic flow which has not looked at before. The authors found a couple of interesting results, most notably forward running density waves in the congested region. The paper is valid physics, but I do not think it belongs to PRE. Therefore I recommend to publish it in a more specialized journal, but not in PRE.

Admittedly (the authors state that), the paper is not really about traffic or granular flow. This is true, because in order to find the above mentioned interesting results, really strange parameters had to be used which introduce a strong dependence of the final states on the initial conditions. However, in my opinion, if a paper in a physics journal is not about reality, it must at least add something to advance theory or help in understanding other things. The authors claim that it adds to the knowledge in the field of non-equilibrium phase transitions, but I do not see that: because of the dependence of the final states on the initial conditions, it is not really generic, it just discusses a very special case.

Afgaande op deze kritieken, lijkt het me aangewezen om het artikel lichtjes te wijzigen en dit te submitten naar een ander tijdschrift (e.g., "*The European Physics Journal B – Condensed Matter Physics*").

- Frans Arickx (Universiteit Antwerpen) stuurde me een e-mail waarin hij advies vroeg in verband met een eindwerk rond de *Open Source Crystal Space 3D engine*.
- Ik heb, uitgaande van de gisteren heropgestelde regels om stationaire fundamentele diagrammen van de STCA af te leiden, gekeken naar wat nu exact de invloed is van een variërende p en v_{\max} . De resultaten zijn :
 - als p stijgt, dan zakt v_{ff} , stijgt g_{s_j} en blijft g_{s_c} gelijk,
 - als v_{\max} daalt, dan zakt v_{ff} , blijft g_{s_j} gelijk en daalt g_{s_c} .

Hoofdstuk 34

Juni 2004

34.1 Vrijdag 28/05 tot donderdag 03/06

34.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 28/05/2004 :

- ik heb het Godunov discretisatie schema met behulp van *sending* en *receiving* functies in Java geïmplementeerd (Steven Logghe had hier destijds een MATLAB versie voor geschreven); mijn programma berekent de oplossing van onze gevalsstudie in een tijd-ruimte diagram in minder dan 1 seconde (tegenover de MATLAB versie die daar *betrekkelijk* langer over deed).
- 's Avonds woonde ik de doctoraatsverdediging van Frank De Smet bij.

Maandag 31/05/2004 :

- vandaag ben ik begonnen aan het zoeken naar de oplossing van een probleem waar ik al sinds eind vorig jaar mee geconfronteerd werd (maar te lui was om het uit te vissen) :

”Hoe een willekeurige instroom aanleggen in een TCA model ?”

Een triviale manier om dit op te lossen, is door de voertuigen met een geschikte volgtijd te laten vertrekken. Een voorbeeld : stel dat de instroom $q_{\text{in}} = 1800$ voertuigen/uur, dan kiezen we een volgtijd $h_t = q_{\text{in}}^{-1} = 2$ seconden. Het probleem met deze aanpak is dat we enkel maar gehele waarden voor de volgtijd kunnen specificeren in een TCA model, of iets correcter : enkel maar $n\Delta T$ met $n \in \mathbb{N}$. Indien we bijvoorbeeld $\Delta T = 1$ s stellen, dan beperkt deze werkwijze ons tot instromen $q_{\text{in}} \in \{3600, 1800, 1200, 900, 600, 720, 600, 514, 450, 400, \dots\}$ voertuigen/uur. Het is duidelijk dat we weliswaar min of meer *willekeurig kleine* instromen kunnen aanleggen, maar dat het probleem zich stelt voor *grotere* instromen (de verdeling is te ‘grof’).

Dinsdag 01/06/2004 :

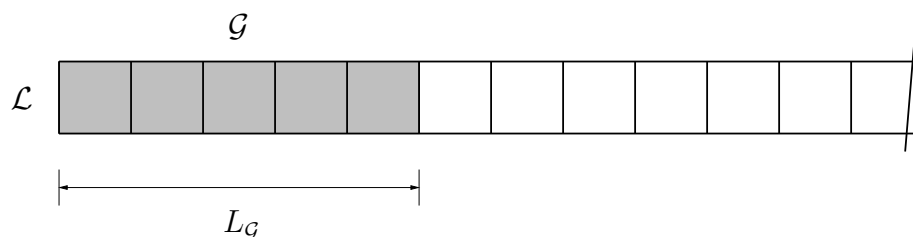
- we brachten zo goed als heel de dag door in Gent, waar de IAP studiedag doorging. Op dit niet zo boeiende uitstapje (wat al bij al wel ok was wegens het goede weer dat boven Gent hing), kwam ik ook nog Jorge Julvez tegenkwam; hij werkt(e) (in ERASMUS verband) bij René Boel aan de eigenschappen van continue Petrinetten, met als een van de mogelijke toepassingen een model voor wegverkeer.

Woensdag 02/06/2004 :

- in de voormiddag woonde ik de doctoraatsverdediging van Bart Hamers bij.
- Na lang proberen en zoeken heb ik eindelijk een treffelijke oplossing gevonden voor het probleem van het aanleggen van willekeurige instromen in een TCA model. Het idee is om het verkeer niet alleen in de tijd maar ook in de ruimte te spreiden, waarbij gebruik wordt gemaakt van een kleine ‘startbuffer’ in het rooster van de TCA. Het verschil met eerdere suggesties (collega’s en literatuur) is dat *deze buffer in mijn oplossing strikt eindig is, i.e., met een vooraf gedefinieerde vaste lengte*. Alternatieven zijn oneindige buffers (niet echt werkbaar in de praktijk) en het invoeren van een wachtrij waar voertuigen aan toegevoegd worden (dit spreidt ze niet echt in de ruimte, enkel in de tijd met het eerder deze week opgemerkte probleem als gevolg).

Het genereren van voertuigen aan de rand van het netwerk omvat in mijn systeem wel iets meer overhead : er dienen enkele extra zaken bijgehouden te worden. In figuur 34.1 is een schematisch overzicht te zien, hierbij gelden volgende zaken :

- het linkerdeel \mathcal{G} van het rooster \mathcal{L} heet de ‘generatiezone’ en heeft een lengte van L_G cellen,
- in dit deel worden voertuigen gegeneerd met een zekere beginsnelheid, maar *zonder stochasticiteit, i.e., $p_v = 0, \forall v \in \{0, \dots, v_{\max}\}$* .



Figuur 34.1: De generatiezone \mathcal{G} aan de rand van een TCA model.

Stel nu dat we het k -e voertuig *wensen* te genereren, dan berekenen we de vertrekpositie als volgt :

$$x_{d,k} = ((L_G - 1) + (L_G - \Delta X_d) \cdot k) \bmod L_G, \quad (34.1)$$

met $L_G \leq v_{\max}$ en $\Delta X_d \in \{0, \dots, L_G - 1\}$. Hierbij zorgt de term ΔX_d (de ‘d’ staat voor *departure*) ervoor dat opeenvolgende voertuigen over de generatiezone verspreid worden. De modulo operatie zorgt ervoor dat deze generatiezone cyclisch doorlopen wordt. Merk op dat we er hier van uitgaan dat de eerste cel positie 0 heeft !

Net zoals voorheen, kunnen de voertuigen ook in de tijd gespreid worden; het vertrektijdstip van het k -e voertuig wordt nu als volgt berekend :

$$x_{d,k} < x_{d,k-1} \Rightarrow t_{d,k} = t_{d,k-1} + (\Delta T \cdot \Delta T_d) \quad (34.2)$$

$$x_{d,k} \geq x_{d,k-1} \Rightarrow t_{d,k} = t_{d,k-1} + (\Delta T \cdot (\Delta T_d + 1)), \quad (34.3)$$

waarbij de factor $\Delta T_d \in \mathbb{N}_0$ zorgt voor een gewenste spreiding in de tijd. Merk op dat dit vertrektijdstip dus *ook afhankelijk* is van de vertrekpositie $x_{d,k-1}$ van het vorig gegeneerde voertuig (t_0 kan willekeurig gekozen worden). De reden waarom er soms een extra tijdsstap ΔT dient gewacht te worden, is omdat bij het genereren van een reeks voertuigen, deze eerst cyclisch aan het begin van de generatiezone in het rooster worden geplaatst. Naarmate er meer voertuigen gegeneerd worden, zullen deze in opeenvolgende tijdsstappen steeds dichterbij de rechterkant van de generatiezone langs rechts naderen. Dit leidt ertoe dat er een moment komt waarop een te genereren voertuig niet genoeg tussenafstand meer heeft om veilig aan de maximale snelheid te vertrekken. Een extra tijdsstap wachten lost dit probleem op. Een snelle berekening levert ons op dat we hiermee een maximale instroom kunnen genereren van :

$$q_{\text{in}} = \frac{v_{\text{max}}}{v_{\text{max}} + 1}, \quad (34.4)$$

wat dus $5 \div 6 = 0.8\bar{3}$ voertuigen/s = 3000 voertuigen/uur oplevert indien $v_{\text{max}} = 5$ cellen/s.

- Belangrijk in dit systeem is dat de voertuigbron zich ver genoeg aan de rand van het wegennetwerk dient te bevinden; immers, indien er congestie optreedt dan zou deze de bron kunnen stoppen. Als oplossing hiervoor, stel ik voor dat we regelmatig kijken naar de generatiezone \mathcal{G} , en vaststellen of er een ‘opstopping’ aanwezig is.

Het genereren van voertuigen geschiedt nu op basis van volgend stramien :

- stel $T_j \leftarrow 0$ (dit is de tijd voor het oplossen van een eventuele opstopping van de bron, oftewel de *jam dissolution time*).
- Stel ook `waitingAtEntrance` \leftarrow `false`.
- Vervolgens voeren we volgend algoritme *elke* tijdsstap t uit, vlak voor het toepassen van de regels van het TCA model :
 - (1) $T_j > 0 \Rightarrow T_j \leftarrow T_j - 1$
 - (2) Als $(T_j = 0) \wedge ((t = t_{d,k}) \vee \text{waitingAtEntrance})$
 - (2a) Bereken $x_{d,k}$ volgens vergelijking (34.1).
 - (2b) `jamPresent` \leftarrow $(\forall x \leq x_{d,k} \mid x = ? \phi)$.
 - (2c) Als $(\text{jamPresent}) \Rightarrow T_j = T_j$.
 - (2d) Als $(\neg \text{jamPresent}) \Rightarrow \text{generateVehicle}()$.

Hierbij gaat de routine `generateVehicle()` als volgt :

- (3a) Voeg een voertuig toe aan $\mathcal{G} \subset \mathcal{L}$ op positie $x_{d,k}$.
- (3b) Bereken $x_{d,k+1}$ volgens vergelijking (34.1).
- (3c) Bereken $t_{d,k+1}$ volgens vergelijkingen (34.2) en (34.3).

De voorwaardelijke conditie in regel (2) stelt dat een voertuig pas mag gegenereerd worden indien er een eventuele opstopping de kans kreeg om op te lossen en het tijd is om een voertuig te genereren (of er een gedurende een vorige tijdsstap gegenereerd werd maar toen niet geplaatst kon worden).

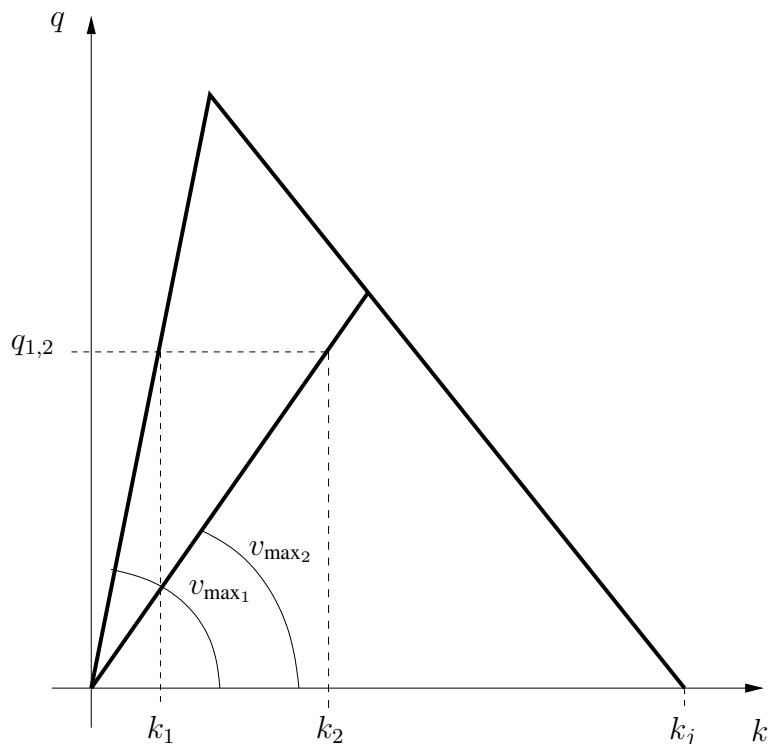
Regel (2b) kijkt of er zich geen enkel voertuig in de generatiezone bevindt (voor de positie van het nieuw te genereren voertuig).

Indien er een opstopping tot aan de bron reikt, dan zal regel (2c) ervoor zorgen dat er een bepaalde tijd gewacht wordt vooraleer er terug voertuigen kunnen gegenereerd worden (hier wordt dus de *jam dissolution time* ingesteld op een vaste waarde, bijvoorbeeld T_J).

- Verder lang zoeken leidde me tot de afleiding van volgende theoretische formule voor het berekenen van de verwachte instroom q_{in} in functie van L_g , ΔT_d en ΔX_d :

$$q_{in} = 3600 \cdot \frac{L_g}{(L_g \cdot \Delta T_d) + \Delta X_d}. \quad (34.5)$$

Merk op dat deze formule *onafhankelijk* van de beginsnelheid is ! Dit is logisch want bij eenzelfde doorstromingsgraad kunnen twee verschillende maximale snelheden horen (en dus ook verschillende dichtheden). Dit wordt geïllustreerd in figuur 34.2, waarbij $k_1 < k_2$ en $v_{max1} > v_{max2}$. Het resultaat is dat we dezelfde willekeurige instroom kunnen opleggen, ongeacht de snelheid waarmee we de voertuigen in de generatiezone zetten.



Figuur 34.2: Twee verschillende maximale snelheden kunnen geassocieerd worden met dezelfde doorstromingsgraad.

Donderdag 03/06/2004 :

- de meeste van mijn metingen in een TCA model zijn globale metingen, i.e., ik bereken de fundamentele diagrammen op basis van metingen die verricht worden op het *hele* rooster (wat onder andere aanleiding geeft tot *space mean speeds*). Het is echter ook mogelijk om lokale metingen te doen, waarbij we dan volgende definities hanteren :

Lokale dichtheid :

$$k_l = \frac{\sum_{t=1}^{T_{mp}} \sum_{i=1}^{L_d} \delta_{i,t}}{T_{mp} L_d}. \quad (34.6)$$

Lokale gemiddelde snelheid :

$$\bar{v}_{s_l} = \frac{\sum_{t=1}^{T_{mp}} \sum_{i=1}^{L_d} v_{i,t}}{k_l T_{mp} L_d}. \quad (34.7)$$

Lokale doorstromingsgraad :

$$q_l = 3600 k_l \bar{v}_{s_l}. \quad (34.8)$$

In de vorige formules is T_{mp} de tijdsduur van de meetperiode en L_d de lengte van de meetstrook (deze dient minstens gelijk aan v_{max} te zijn om ervoor te zorgen dat elk passerend voertuig *kan* geteld worden).

Een voorbeeld hiervan is te zien in de (k, q) fundamentele diagrammen in figuur 34.3; het betrof hier telkens een gesloten systeem van 10^3 cellen, dat gedurende 10^4 tijdstappen gesimuleerd werd (nadat er eerst 10^3 tijdstappen als transiënte periode werden genomen). Het gebruikte model was de klassieke STCA, met een *slowdown probability* $p = 0.1$ en $v_{max} \in \{2, 5\}$ respectievelijk. De lokale metingen werden bekomen op een meetstrook met $L_d = v_{max}$ en $T_{mp} = 60$ s. De blauwe punten geven de individuele lokale metingen weer, de rode lijn de globale metingen.

- Een heel belangrijke opmerking die naar aanleiding van het vorige punt dient gemaakt te worden, is het vinden van een geschikte afleiding voor het berekenen van de capaciteit in een TCA model. In het deterministische geval (i.e., $p = 0$) kan deze eenvoudig berekend worden als :

$$q_{cap} = k_c \cdot \bar{v}_s \quad (34.9)$$

$$= \frac{1}{L + v_{max}} \cdot v_{max} \quad (34.10)$$

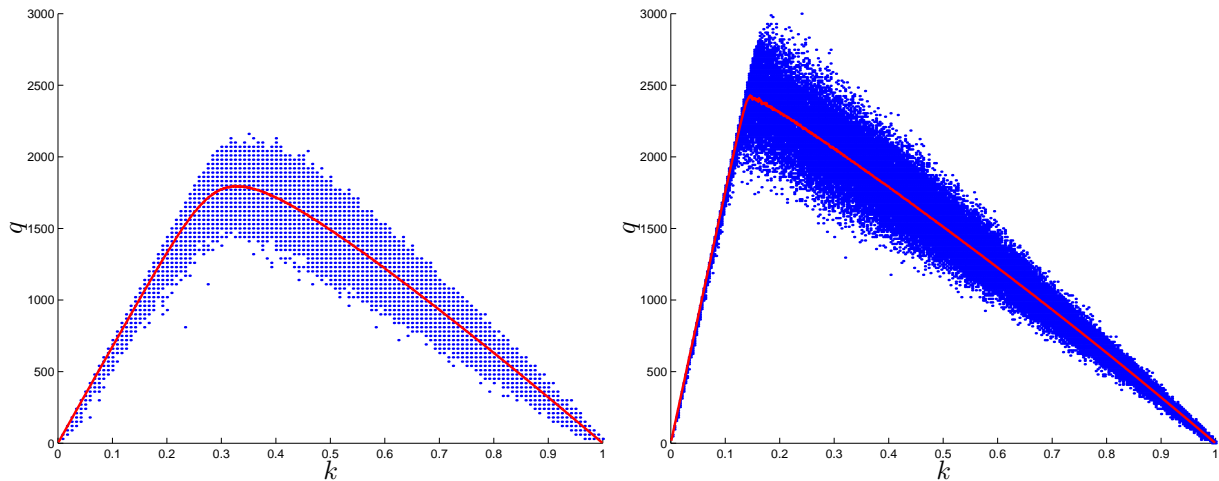
$$= \frac{1}{1 + 5} \cdot 5 \quad (34.11)$$

$$= \frac{5}{6} \quad (34.12)$$

$$= 0.8\bar{3} \text{ voertuigen/s} \quad (34.13)$$

$$= 3000 \text{ voertuigen/uur}, \quad (34.14)$$

waarbij we $v_{max} = 5$ cellen/s veronderstelden. Indien $p > 0$, dan stelde ik tot voor kort voor om \bar{v}_s in vergelijking (34.10) te vervangen door de gemiddelde snelheid in



Figuur 34.3: Lokale metingen (blauwe punten) en globale metingen (rode lijnen) voor de (k, q) fundamentele diagrammen van de STCA voor $v_{\max} \in \{2, 5\}$ (links, respectievelijk rechts).

vrij-stromend verkeer, i.e., $\langle v_{\text{ff}} \rangle = v_{\max} - p$. Voor $p = 0.1$, levert dit nog steeds een aanzienlijk hoge capaciteit op, maar zoals we kunnen aflezen op de rechtergrafiek in figuur 34.3, blijkt dat de capaciteit ergens rond de 2400 voertuigen/uur ligt, wat *aanzienlijk lager* is dan theoretisch berekend !

In de nabije toekomst dien ik dus na te gaan wat het effect is van zowel v_{\max} , p als de systeemgrootte K op q_{cap} .

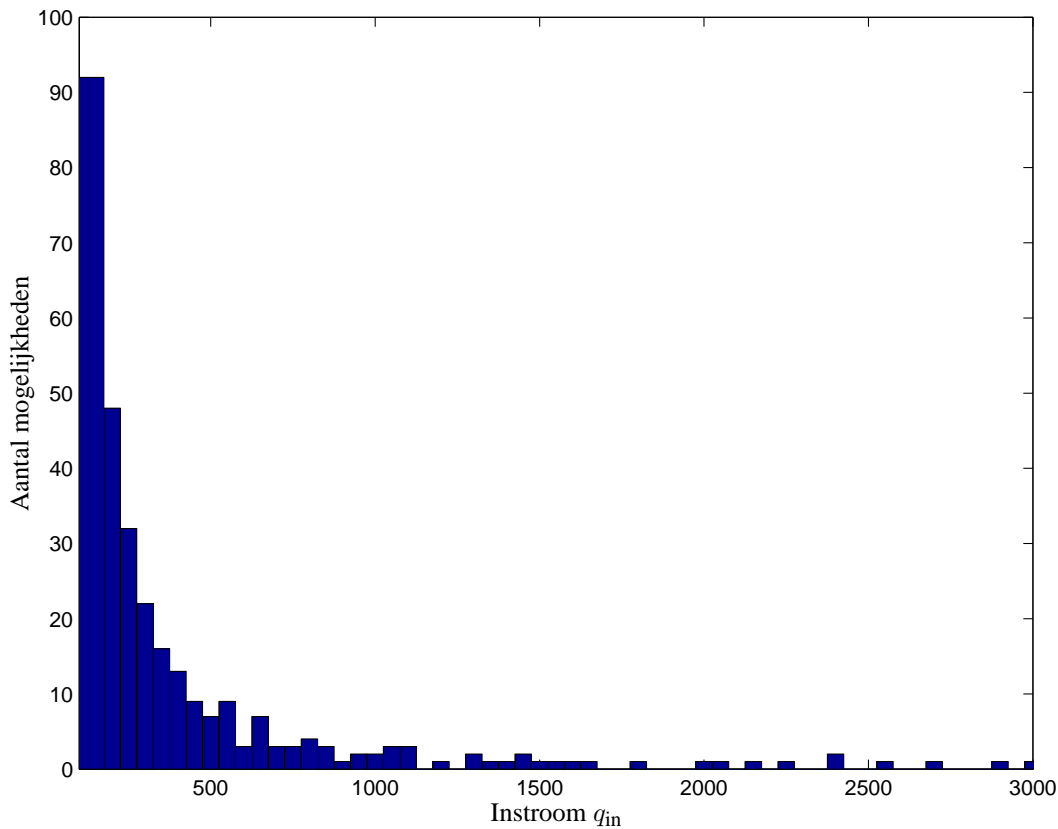
- Ook al kan ik sinds gisteren min of meer ‘willekeurige’ instromen in mijn TCA modellen aanleggen (wat een redelijk unicum is aangezien ik er zo goed als niks in de literatuur over terug vind), toch stelt zich volgend probleem. In een TCA model is alles discreet, dat wil dus zeggen dat de parameters L_g , ΔT_d en ΔX_d enkel maar discrete waarden kunnen aannemen. Dit maakt dat de resultaten van vergelijking (34.5) ook maar een beperkte verzameling opleveren, wat dus wil zeggen dat *niet alle willekeurige instromen* mogelijk zijn !

Het bepalen van alle mogelijke instromen in een TCA model is in dit geval dus een combinatorisch probleem, met dien verstande dat het een doenbaar probleem is. Ik heb met mijn algoritme alle mogelijke instromen berekend, ervan uitgaande dat $L_g \in \{1, \dots, 5\}$, $\Delta T_d \in \{1, \dots, 36\}$ en $\Delta X_d \in \{0, \dots, L_g - 1\}$. Het resultaat is te zien in figuur 34.4, waar een histogram getoond wordt van alle mogelijke instromen die met mijn algoritme (gegeven de vorige randvoorwaarden) mogelijk zijn. In tabel 34.1 wordt een opsomming gegeven van alle instromen die ik geselecteerd heb.

Om nu een willekeurige inflow aan te leggen, heb ik volgend eenvoudig schema bedacht : met behulp van tabel 34.1 zoeken we de doorstromingsgraden q_l en q_h zodanig dat $q_l < q_{\text{in}} \leq q_h$ (de ‘l’ en ‘h’ staan voor *low*, respectievelijk *high*). Vervolgens berekenen we de instroom f fractie als volgt :

$$f = \frac{q_h - q_{\text{in}}}{q_h - q_l}. \quad (34.15)$$

Het enige dat we nu doen is gedurende een fractie f van de tijd, de verkeersvraag gelijk aan q_l stellen, en gedurende een fractie $1 - f$ van de tijd, de verkeersvraag



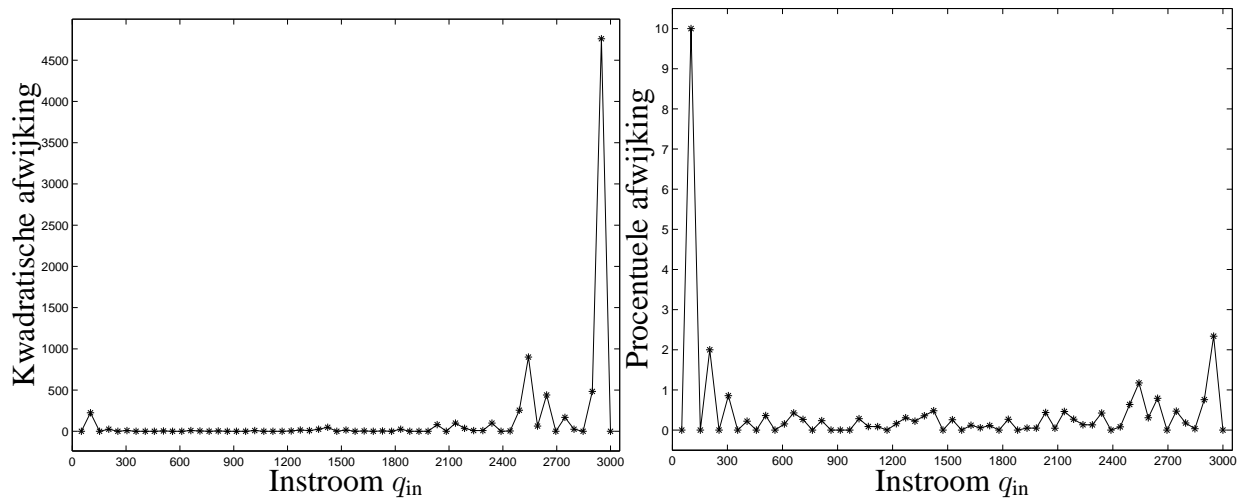
Figuur 34.4: Een histogram van alle mogelijke instromen q_{in} in een TCA model.

L_G	ΔT_d	ΔX_d	q_{in}	L_G	ΔT_d	ΔX_d	q_{in}	L_G	ΔT_d	ΔX_d	q_{in}
1	35	0	100	5	3	3	1000	5	1	4	2001
1	17	0	200	4	3	1	1108	4	1	3	2057
1	11	0	300	1	2	0	1200	3	1	2	2160
1	8	0	400	4	2	3	1309	5	1	3	2249
5	7	1	500	5	2	3	1385	2	1	1	2400
1	5	0	600	5	2	2	1500	5	1	2	2571
5	5	1	692	4	2	1	1599	3	1	1	2700
2	4	1	800	5	2	1	1636	4	1	1	2880
1	3	0	900	1	1	0	1800	5	1	1	3000

Tabel 34.1: Alle mogelijk haalbare instromen in een TCA model.

gelijk aan q_h stellen. Op deze manier bekomen we *gemiddeld gezien* een instroom van q_{in} .

Bij wijze van test, heb ik diverse simulaties gedaan, waarbij ik een gegeven verkeersvraag aanlegde in een TCA model (de CA-184 met $v_{max} = 5$ cellen/s), en vervolgens 1000 cellen verderop *lokaal* ging meten wat er passeerde. De gemeten doorstromingsgraden komen enorm goed overeen : in figuur 34.5 zijn de kwadratische en procentuele afwijkingen te zien die gemaakt worden bij een verkeersvraag die in stappen van 50 voertuigen/uur van 100 naar 3000 varieert. Enkel voor een aantal grote (en een enkele lage) doorstromingsgraden blijken er afwijkingen te zijn (al zijn deze slechts matig, i.e., maximum 3% voor hogere doorstromingsgraden).



Figuur 34.5: De kwadratische en procentuele afwijkingen van de gevraagde en gemeten instromen in een TCA model.

- In de namiddag heb ik nog een SISTA seminarie bijgewoond; gastspreker was Johan Gielis en hij had het over "*The Superformula: a direct representation of shapes and patterns*". Achteraf gezien, heb ik de indruk dat hij in se de verkeerde man is die de superformule 'ontdekt' heeft : het ontbreekt hem toch wel aan een ruime achtergrondkennis. Als botanist weet hij veel zaken met betrekking tot zijn stiel, maar van de andere zaken waarvoor hij de superformule aanwendt, blijkt hij niet zo goed op de hoogte te zijn. Me dunkt dat dit toch wel een gemis is.

34.2 Vrijdag 04/06 tot donderdag 10/06

34.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 04/06/2004 :

- in de voormiddag kwam Tamás Roska bij SISTA langs (hij zit in de examencommissie van Mustak Yalciń). Men had gevraagd of Samuel Xavier De Souza en ik hem in de voormiddag konden bezig houden. Voor Samuel was dit meer relevant aangezien Tamás een van de grondleggers van cellulaire neurale netwerken (CNN) is. Voor mij was het eerder gewoon een tonen van wat met TCA modellen allemaal mogelijk is. Ik vond het trouwens raar dat hij niet de avond ervoor al toegekomen was, maar de ochtend zelf (waardoor hij, wegens acuut slaaptekort, naast mij begon in te dommelen...).
- De rest van de dag ging naar het bijwonen van de doctoraatsverdediging van Mustak Yalciń.

Maandag 07/06/2004 :

- in de voormiddag woonde ik de doctoraatsverdediging van Jos De Brabanter bij. Van alle verdedigingen die ik de afgelopen jaren gezien heb, behoorde deze tot de beste. Niet vanwege de nogal unieke presentatiestijl van Jos, maar eerder vanwege de enorme encyclopedische kennis die hij bezit (iets wat ik een essentieel onderdeel vind van een doctoraatsstudent !). Veel lezen is de boodschap, en wat dat betreft zit ik al twee en een half jaar op het goede spoor.
- Verder heb ik het artikel voor de proceedings van de "*Workshop on Traffic and Granular Flow 2003*" afgewerkt en naar Michael Schreckenberg per e-mail opgestuurd. Daarna heb ik nog met Steven Logghe overlegd : er zijn een aantal problemen waar we niet direct een oplossing voor vinden. We gaan een tijdschriftartikel schrijven op basis van dit artikel, waarin we deze problemen trachten aan te pakken.

Dinsdag 08/06/2004 :

- ik heb ons artikel voor TGF03 in de artikelsdatabank van SISTA laten plaatsen : "*A Comparison of a Cellular Automaton and a Macroscopic Model*" [MLMI03] (TR-04-117).
- Verder heb ik Frans Arickx van antwoord gediend op zijn e-mail met betrekking tot de *Crystal Space 3D Engine*.
- Ook heb ik nog eens contact opgenomen met de Campusbibliotheek Arenberg; blijkbaar ligt mijn artikel van Richards daar al ruim een maand te wachten. Vanaf nu ben ik een van de weinigen die het originele artikel van Richards heeft : "*Shockwaves on the Highway*"; de wortels van het LWR model zijn nu compleet.
- Ik heb de informatie omtrent het *vorige* DWTC-project ("*Het fileprobleem in België*") op ExtraWeb in orde gebracht. Vermits ik enkel beschikking heb over het Nederlandstalige rapport, heb ik deze maar gedeeltelijk kunnen aanbieden.
- Tot slot ben ik begonnen om de werklijst voor de MTNS04 conferentie op te stellen.

Woensdag 09/06/2004 :

- ik heb met Steven Logghe samengezeten voor het uitwerken van ons tijdschriftartikel. Blijkbaar hebben we wel wat werk te verzetten wegens de mogelijke pistes die we kunnen bewandelen (en ook omdat we niet exact weten in welke richting de oplossing zich situeert). We hebben een kort plan opgesteld van wat er in eerste instantie dient te gebeuren (i.e., geschreven te worden).
- Ik heb, wegens het afwijzen van mijn vorig artikel, een nieuwe lijst opgesteld met tijdschriften die min of meer geschikt zijn voor het publiceren van verkeerskundige gerelateerde artikels :
 - ACM Transactions on Mathematical Software
 - Chaos
 - Complexity
 - Computing in Science and Engineering
 - Concurrency: Practice and Experience
 - Cooperative Transportation Dynamics
 - International Journal of High Speed Computing
 - International Journal of Modern Physics C - Physics and Computers
 - Journal of Physics A - Mathematical and General
 - Journal of Statistical Physics
 - Journal of the Physical Society of Japan
 - Mathematical and Computer Modelling
 - Nature
 - New Journal of Physics
 - Parallel and Distributed Computing Practices Journal
 - Parallel Computing
 - Physica A - Statistical Mechanics and its Applications
 - Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics
 - Physical Review Letters
 - Physics Reports
 - Reviews of Modern Physics
 - Science
 - SIAM Journal on Computing
 - Stochastics and Dynamics
 - The European Physics Journal B - Condensed Matter Physics
 - Transportation Research Part A - Policy and Practice
 - Transportation Research Part B - Methodological
 - Transportation Research Part C - Emerging Technologies
 - Transportation Research Part D - Transport and Environment
 - Transportation Research Part E - Logistics and Transportation Review
 - Transportation Research Part F - Traffic Psychology and Behaviour
 - Transportation Research Record
 - Transportation Series
 - Transportation Theory Statistical Physics

– Verkeerskunde

- Tot slot was er een receptie wegens de verjaardagen van Dries Van Dromme en Steven Van Vooren.

Donderdag 10/06/2004 :

- in de voormiddag woonde ik de doctoraatsverdediging van Geert Fannes bij.
- Verder heb ik twee artikels op vraag van Bart De Schutter gereviewed; beiden zijn aanvaardbaar, al ben ik wel stevig uit mijn kram geschoten wegens het erbarmelijke Engelse taalgevoel dat sommige Franse (en Chinese, Japanse en Koreaanse) auteurs hebben. Artikels vol met taalfouten zijn een ellende om te lezen en zouden ook rechtstreeks afgekeurd moeten worden (ook al ligt de verantwoordelijkheid hiervan bij de auteur zelf) !
- Daarnaast heb ik verder gewerkt aan de takenlijst van de MTNS04 conferentie.
- Tot slot heb ik Zoubir Benrihane nog een vraag gesteld in verband met publiceren in "*The European Physics Journal B - Condensed Matter Physics*". In plaats van op mijn vraag te antwoorden wist hij me andere oninteressante dingen te vertellen. Ik begin een sterk vermoeden te krijgen dat ook zijn Engels op niks trekt.

34.3 Vrijdag 11/06 tot donderdag 17/06

34.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 11/06/2004 :

- in de voormiddag woonde ik de doctoraatsverdediging van Patrick Glenisson bij.
- Ik heb Dominique Pigeon om aanwezigheidsattesten van twee IAP studiedagen gevraagd; dit was geen enkel probleem en van zodra Michel Gevers terug van zijn zending is, worden ze me toegestuurd.
- De rest van de dag ging naar het opsturen van mijn artikel "*Non-concave fundamental diagrams and phase transitions in a stochastic traffic cellular automaton*" naar het tijdschrift "*The European Physics Journal B - Condensed Matter Physics*". Dit vereiste onder andere het opnieuw layouten van het artikel, wat altijd extra werk is. Ook heb ik mijn artikel op *arXiv.org* en SISTA publicatiedatabank aangepast, alsmede ons artikel voor de TGF03 proceedings beschikbaar gemaakt.

Maandag 14/06/2004 :

- Bijna heel de dag ging naar het herverdelen van de taken op de MTNS04 conferentie. Veel mensen reageerden pas heel laat op mijn initiële vraag van een drietal weken geleden, wat de zaken complexer maakt. Voor slechts 50% van alle sessies kon ik een 'vrijwillige' verantwoordelijke vinden; al de rest werd ingevuld door de beschikbare mensen in bioi, biomed en s&c.

Dinsdag 15/06/2004 :

- Op Slashdot¹ stond een kop te lezen die verwees naar het artikel "*The Java is Faster than C++ and C++ Sucks Unbiased Benchmark*"². Naar aanleiding hiervan heb ik op mijn Intel Celeron 2 GHz een extra *Windows 2000* installatie gedaan (i.e., een minimale) waarop diverse Java Virtual Machines kunnen getest worden (deze partitie kan ook een GNU/Linux installatie bevatten). Op dit moment draait de JDK 1.5.0 beta 2. Belangrijk is dat de *server JVM* in plaats van de *client JVM* wordt aangeroepen; om dit te bewerkstelligen dienen er onder *Windows* twee zaken gedaan te worden :
 - in de *PATH* omgevingsvariabele dient de *bin* map van de JDK eerst te staan (i.e., voor de *system32* map),
 - en de *server JVM* wordt opgestart met het commando `java -server . . .`
- Daarna heb ik nog met Bart Motmans samengezeten voor de technische aspecten aan de MTNS04 conferentie.

¹<http://slashdot.org>

²<http://kano.net/javabench>

Woensdag 16/06/2004 :

- op de middag ben ik met Bart Motmans naar de Oude en Nieuwe Valk in Leuven dorp gereden om er de situatie in te kunnen schatten.
- De rest van de dag ging naar het afwerken van mijn weekverslagen van de vorige periode (waarbij ik al mijn tussenresultaten op een rijtje diende te zetten).

Donderdag 17/06/2004 :

- na lang aandringen wist Michael Schreckenbergr me te melden dat alles in orde is met onze bijdrage voor het boek van de afgelopen "*Workshop on Traffic and Granular Flow 2003*".
- Gedurende de rest van de dag heb ik veel tijd gestoken in het oplossen van conflicten voor de takenlijst van MTNS04, het regelen van de bestellingen van tafels en stoelen en de noden van onze secretaresses.

34.4 Vrijdag 18/06 tot donderdag 24/06

34.4.1 TRANSIMS Travelogue

Referentie : [Smi96]

De "*TRANSIMS Travelogues*" zijn een reeks van vorderingsrapporten over het *TRANSIMS* project, dat een onderdeel vormt van het "*Travel Model Improvement Program*" in Amerika. Hierbij is *TRANSIMS* een verzameling van geïntegreerde analyse- en simulatiemodellen, waarbij het de trips gemaakt door individuele huishoudens voorspelt (dit in tegenstelling tot de klassieke methode waarbij er per zone geaggregeerd wordt). Het doel van *TRANSIMS* is om de relaties en interacties tussen het transportsysteem en de reizigers te onderzoeken.

In dit rapport worden onder andere meer details gegeven in verband met het gebruikte microscopische model voor de verkeersstromen, namelijk de STCA; hierbij worden vooral de hoofdresultaten van enkele eerder gepubliceerde artikels aangehaald. Men stelt ook dat het individuele rijgedrag van een voertuig in een TCA model niet direct een realistisch beeld geeft, maar dat dit ook niet belangrijk is aangezien men enkel geïnteresseerd is in het gedrag van een groep TCA voertuigen (i.e., meer macroscopische grootheden). Calibratie geschiedt met behulp van ringwegen met 1 of meer vakken (om bijvoorbeeld het fundamenteel diagram te calibreren, voor zover dit mogelijk is).

Een slotwoord gaat over het modelleren van emissies, waarbij wordt gesteld dat de standaard discretisatie van een TCA model te grof is; in *TRANSIMS* wordt daarom een Kalman filter ontwikkeld die verzachte voertuigtrajectories berekent uitgaande van de gemeten waarden in het TCA model.

34.4.2 The State of Open Source GIS

Referentie : [Ram04]

Vooreerst wordt in dit artikel besproken wat een "*Open Source*" implementatie succesvol maakt. Dit is niet het feit dat de broncode wordt vrijgegeven, maar eerder een samenspel van volgende peilers : de software moet modulair ontworpen en goed gedocumenteerd zijn, de kern ervan, alsmede de kern van ontwikkelaars, moet volledig transparant zijn. Dit maakt dat de maatschappelijke interesse in de software zo goed mogelijk benut kan worden.

Binnen de OS GIS gemeenschap zijn er twee stammen : C en Java. De eerste zijn meer ontwikkeld aangezien zij al een langere bestaansgeschiedenis kennen. Binnen de Java wereld werden oorspronkelijk verschillende pogingen ondernomen om complete kits te maken; hiervan is "*GeoTools*" een van de beste voorbeelden. De kern van de huidige architecturen steunt op de "*JTS Topology Suite*".

34.4.3 Towards an hybrid macro-micro traffic flow simulation model

Referentie : [MRG00]

Een van de grote problemen bij het mengen van macroscopische en microscopische modellen van verkeersstromen, is hoe het gedrag wordt gespecificeerd bij de transitiezones tussen beide soorten modellen. In dit artikel wordt telkens uitgegaan van een stationaire toestand (voor zover dit zinnig is), waarbij in eerste instantie een eerder microscopisch model werd aangepast zodat het correct (i.e., vergelijkbaar) macroscopisch gedrag vertoont. Merk hierbij op dat een van de aanpassingen later ook in Kerner's werk terugkomt, namelijk het specificeren van de tussenruimte in functie van de snelheid (Kerner noemt dit de synchronisatie-afstand).

De twee belangrijkste onderdelen van het artikel vormen in mijn ogen dan ook de volgende transities :

Macro → **micro** hierbij dient de juiste microscopische invoerstroom gegeneerd te worden (met behulp van een Poisson verdeling voor het aantal voertuigen en een afgekapte normaalverdeling voor hun snelheden). Daarnaast dient er ook op gelet te worden dat de achterwaartse propagatie van microscopische congestiegolven naar het macroscopisch model correct overgedragen wordt; hiervoor wordt een virtuele cel gebruikt, stroomopwaarts van het microscopische gebied.

Micro → **macro** dit gaat analoog aan de vorige transitie, waarbij er nu een virtueel voertuig gebruikt wordt dat ervoor zorgt dat de leider in het microscopische gebied effect ondervindt van de eventuele stroomafwaartse congestiegolven.

Het systeem alterneert vervolgens tussen beide modellen, waarbij er een stap van het macroscopische model wordt uitgevoerd, gevolgd door meerdere stappen van het microscopische model. Testresultaten tonen aan dat er geen significante verschillen zijn tussen een hybride model en een volledig macroscopisch model (gebaseerd op Papageorgiou's METANET).

34.4.4 Weekoverzicht

Vrijdag 18/06/2004 :

- ik heb de artikels "*TRANSIMS Travelogue*" (zie paragraaf 34.4.1 voor meer details hieromtrent) en "*The State of Open Source GIS*" (zie paragraaf 34.4.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Maandag 21/06/2004 :

- ik heb de artikels "*Towards an hybrid macro-micro traffic flow simulation model*" (zie paragraaf 34.4.3 voor meer details hieromtrent), "*De wet van Murphy op de E17*" [Ren04] en "*Bewegen of stilstaan*" [Tij04] gelezen.

Dinsdag 22/06/2004 :

- ik heb, ter voorbereiding van mijn gedistribueerde simulator *CATSIM*, de hoofdstukken "*Streams*", "*Sockets*", "*A Socket-Based Printer Server*" en "*The Same Server, Written Using RMI*" uit het boek "*Java RMI*" [Gro02] gelezen.

Woensdag 23/06/2004 :

- vandaag ging op Bouwkunde een *Transport & Mobility Leuven* seminarie door; de opzet was ditmaal helemaal anders, daar we het fameuze "*Beer Game*" hebben gespeeld. In dit spel wordt een keten nagespeeld van productie tot afname door de kleinhandelaars, waarbij constant dient rekening gehouden te worden met de huidige stock en het aantal bestellingen. Kleine fluctuaties tussendoor kunnen al snel leiden tot grote effecten waarbij de markt als het ware op hol slaat (i.e., het "*bull whip effect*").

Donderdag 24/06/2004 :

- omwille van enkele dwarsliggers ben ik een ganse tijd zoet geweest met het herplanen van de verantwoordelijken op de MTNS04-sessies.

Hoofdstuk 35

Juli 2004

35.1 Vrijdag 25/06 tot donderdag 01/07

35.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 25/06/2004 :

- als verdere voorbereiding van mijn gedistribueerde simulator *CATSIM*, heb ik de hoofdstukken "*Serialization*", "*Threads*", "*The RMI Registry*" en "*Naming Services*" uit het boek "*Java RMI*" [Gro02] gelezen.
- Ik heb bevestiging gekregen van de ontvangst van mijn artikel "*Non-concave fundamental diagrams and phase transitions in a stochastic traffic cellular automaton*" voor in het "*European Physical Journal B*".

Maandag 28/06/2004 :

- ik heb gebeld voor een afspraak om de jubileumzaal te gaan bekijken (morgen, 11u00). Op de middag ben ik bij Paul Bielen op mechanica langsgeweest om er het *conference timing system* af te halen (waarbij ik een uitgebreide demonstratie kreeg). Ook heb ik op het LUDIT het *wireless access point* gaan afhalen, wat ons zou toelaten om draadloze Internettoegang te krijgen in de inkomhal van de Nieuwe Valk. Spijtig genoeg hebben we in SISTA bij mijn weten geen draadloze netwerkkaartjes voor de laptops, zodat ik deze – na overleg – in de PC-shop op het LUDIT besteld heb.

Dinsdag 29/06/2004 :

- ik ben samen met Bart Motmans naar de jubileumzaal gaan kijken; gezien het opkomende slechte weer is de kans vrij groot dat de receptie uiteindelijk hier zal doorgaan. Daarnaast zijn we ook de Pieter De Somer aula gaan inspecteren (waar de beamer toch wel niet bleek te werken), alsmede het Pauscollege waar we de lastige mijnheer Verschoten mochten ontmoeten.
- Nadat ik in de PC-shop op het LUDIT drie netwerkkaartjes ben gaan afhalen, lukte het me niet om het *wireless access point* aan de praat te krijgen op ESAT; de systeembeheerders stelden voor om er eens een kijkje naar te nemen.

Woensdag 30/06/2004 :

- ik heb beide laptops naar de systeembeheerders gebracht om ze van VPN accounts te laten voorzien en om het *wireless access point* te testen (later op de avond vernam ik van Herman Moons (LUDIT) dat dit *access point* enkel in de Nieuwe Valk werkt).

Donderdag 01/07/2004 :

- de systeembeheerders hebben de SISTA-laptops teruggegeven, met VPN accounts voor Ilse en mij erop proper geïnstalleerd. Verder heb ik alle beamers (ESAT + SISTA) bijeen gesprokkeld, en ben ik het *wireless access point* in de inkomhal van de Nieuwe Valk gaan testen, alsmede de testopstelling in de grote vergaderzaal van de Oude Valk; alles werkt perfect.

35.2 Vrijdag 02/07 tot donderdag 08/07

35.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 02/07/2004 :

- het was een enorm drukke dag, waarbij ik al ons technisch materiaal naar de Nieuwe Valk sluisde. Op de middag gaf ik op ESAT een demonstratie van het *conference timing system* (zie de foto's in figuur 35.1); in de namiddag hebben we dit systeem in de auditoria van de Oude en Nieuwe Valk getest, waarbij echter bleek dat het zich niet correct gedraagt. We hebben besloten om het systeem *niet* te gebruiken. Tegen de avond aan werd het al wat spannender want Ilse's laptop kreeg in de inkomhal van de Nieuwe Valk geen toegang tot de MTNS databank, waarbij ik op het allerlaatste moment nog naar ESAT diende te rijden om daar dan de databank lokaal te kopiëren.



Figuur 35.1: Geven van een demonstratie van het *conference timing system* van Paul Bielen.

Maandag 05/07/2004 :

- mijn eerste dag van MTNS, alsook ineens de meest intense dag. Pas tegen 17u00 's avonds kon ik even rustig gaan zitten (zie foto in figuur 35.2), weliswaar niet voor lang want rond 18u00 diende ik al onze beamers terug op te halen en achter slot te zetten.
- 's Avonds ging de receptie door in de Jubileumzaal in de Hallen (in plaats van het Pauscollege); de hapjes en drank waren abundant aanwezig en vervingen een volledig avondmaal (zie bijvoorbeeld de foto in figuur 35.3).

Dinsdag 06/07/2004 :

- MTNS, tweede dag; enkel de voormiddag had een drukte. De ochtenden zijn altijd hetzelfde : beamers overal aansluiten en aanzetten, microfoons testen, overhead projectoren aanzetten, en op elke deur papieren met het overzicht van de sessie hangen. . . en dat voor 10 lokalen !

We bieden daarenboven nu ook draadloos Internet aan in de inkomhal van de Nieuwe Valk; het is een direct succes en werkt redelijk vlekkeloos !



Figuur 35.2: Mijn vaste 'werkplek' aan het onthaal in de Nieuwe Valk tijdens de MTNS04 conferentie.



Figuur 35.3: De weinig resterende SISTA leden op de MTNS04 receptie.

Woensdag 07/07/2004 :

- MTNS, derde dag; een kapotte lamp in een beamer bracht wat extra spanning (blijkbaar werkt de Centrale Dispatch niet zo snel en efficiënt als ze laten uitschijnen). Draadloos Internet op onze vrije laptop aanbieden nam toch wel twintig minuten in beslag, tot grote ergernis van een conferentieganger, maar die was niet significant. . .

Donderdag 08/07/2004 :

- MTNS, vierde dag; volop routine.
- Blijkbaar is de betaling voor mijn inschrijving voor de "*TransTec04*" conferentie in Athene niet in orde; Veerle ging het nakijken.

35.3 Vrijdag 09/07 tot donderdag 15/07

35.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 09/07/2004 :

- MTNS, vijfde en laatste dag; van 's middags af hebben we het conferentie secretariaat opgeruimd en alle tafels aan de kant gezet. Alle technisch materieel heb ik terug naar ESAT gebracht.
- Nu de conferentie is afgelopen, vind ik dat er toch een aantal zaken op een rijtje gezet dienen te worden. Een **evaluatie** achteraf lijkt me hier wel zeer van toepassing. Enkele zaken die direct bij me opkomen zijn :
 - we kunnen onze Internettoegang wat duidelijker aanbieden; daarenboven zouden we best ook laptops in elke conferentieruimte voorzien (zeker voor de grootte van deze conferentie).
 - Laserpointers kunnen soms wel handig zijn (maar of ze echt nodig zijn, laat ik in het midden).
 - Het gezaag van enkele collega's is echt wel overbodig, gezien de verwaarloosbare tijd die zij in de conferentie moesten steken (mij kostte dit immers enkele weken).
 - Van in het begin dient zeer duidelijk gesteld te worden wat eenieders verantwoordelijkheid is; zelf had ik al vrij snel door dat ik quasi alles van infrastructuur diende te regelen (reserveren tafels, stoelen, de Jubileumzaal, beamers, verlengkabels, ...) en op te volgen. Maar toch waren er blijkbaar enkele kleine misverstanden, waarbij de verantwoordelijke(n) in kwestie de knopen niet zelfstandig doorhakte(n), wat allerhande complicaties met zich meebracht.
 - Sommige systeembeheerders lijken afstammelingen van de duivel te zijn; in mijn ogen zijn zij een dienst die verleend wordt door ESAT en dienen zij de taken uit te voeren die hen opgedragen worden door hun klanten, zijnde wij. Om bijvoorbeeld VPN geïnstalleerd te krijgen, ging ik dit eerst aan hen persoonlijk vragen, waarna ik vervolgens tegen een muur liep, om dan uiteindelijk via Bart Motmans te gaan, die dan op zijn beurt naar hun rechtstreekse baas Wim Dehaene ging en die er dan wel voor kan zorgen dat ze luisteren. Dit is echt een overbodige situatie; nukkig doen (of overkomen ?) levert niets op, al is het raar dat ze uiteindelijk wel poeslief alles doen wat hen gevraagd wordt.
 - Nauw gerelateerd aan het vorige punt, is de ellendige bureaucratie waarmee de K.U.Leuven te kampen heeft. De afgelopen weken ben ik meermaals tot de constatacie gekomen dat er tal van diensten zijn die elk voor zeer specifieke doeleinden gecontacteerd/ingeschakeld moeten worden (e.g., het gras afrijden aan het Pauscollege). Ik vraag me af of er ergens een overzichtelijke manier bestaat om dit alles eenvoudig te weten te komen, zonder dat je dit allemaal via via en ter zijner tijd moet vernemen.

We weten nu wat deze organisatie allemaal inhoudt, waardoor we een volgende keer hopelijk korter op de bal kunnen spelen.

Maandag 12/07/2004 :

- er is een nieuw exemplaar van *Scientific Computing World* [Wil04c] aangekomen.
- Vermits *design patterns* een belangrijk onderdeel vormen als programmeerparadigma vandaag de dag, ben ik begonnen om de columns te lezen die in *JavaWorld* verschijnen, van de hand van David Geary. De teksten zijn geschreven voor ervaren Java programmeurs die voor het grootste deel niet vertrouwd zijn met deze methodologie. In het oorspronkelijke boek hierover worden 23 *design patterns* voorgesteld; zij vormen de beste praktijken van ervaren object-georiënteerde software ontwikkelaars. Ik heb in eerste instantie volgende artikels gelezen : "Amaze your developer friends with design patterns" [Gea01a], "Adopt Adapter" [Gea03a], "A look at the Composite design pattern" [Gea02a], "An inside view of Observer" [Gea03c] en "Decorate your Java code" [Gea01b].

Dinsdag 13/07/2004 :

- ik heb verder de *design patterns* columns in "JavaWorld" gelezen, meerbepaald de artikels : "Take control with the Proxy design pattern" [Gea02d], "Strategy for success" [Gea02b], "Take command of your software" [Gea02c], "Simply Singleton" [Gea03e], "Facade clears complexity" [Gea03b] en "Make your apps fly" [Gea03d].

Woensdag 14/07/2004 :

- ik heb de artikels "Sleeping in Java" [SVBD04], "Help with ints" [Sin00], "Why extends is evil" [Hol03a], "Why getter and setter methods are evil" [Hol03b] en "More on getters and setters" [Hol04] gelezen.
- Aangezien mijn hotel voor de "TransTec04" conferentie in Athene helemaal in het zuiden ligt, heb ik besloten een nieuw hotel te zoeken; een geschikte kandidaat is Hotel Plaka¹. Ik heb hen gevraagd of er nog een kamer voor 1 persoon vrij is.

Donderdag 15/07/2004 :

- start vakantieperiode.

¹<http://www.plakahotel.gr>

35.4 Vrijdag 16/07 tot donderdag 22/07

35.4.1 Vakantieperiode

35.5 Vrijdag 23/07 tot donderdag 29/07

35.5.1 Vakantieperiode

Hoofdstuk 36

Augustus 2004

36.1 Vrijdag 30/07 tot donderdag 05/08

36.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 30/07/2004 :

- einde vakantieperiode.

Maandag 02/08/2004 :

- heel de dag ging naar het verwerken van de ongeveer 200 nieuwe e-mails (waarvan er slechts 20 spam waren).

Dinsdag 03/08/2004 :

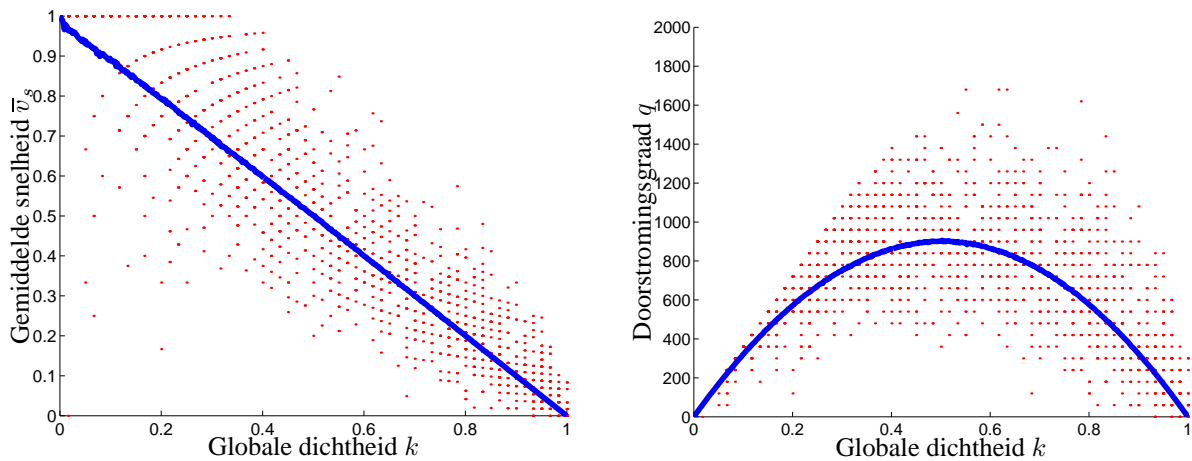
- na ongeveer twee weken gerekend te hebben op een Intel P4 2.8 GHz, zijn de resultaten van mijn experimenten met de ASEP TCA beëindigd. De reden waarom dit zo lang duurde is omdat de ASEP TCA per tijdsstap enkele subtijdsstappen dient te simuleren. De systeemgrootte bedroeg 1000 cellen, en de experimenten hadden een transiënte periode van 1000 tijdsstappen en een simulatieduur van 10000 tijdsstappen (dit is per datapunt). In figuren 36.1 en 36.2 zijn de resultaten van de (k, \bar{v}) en (k, q) fundamentele diagrammen te zien voor respectievelijk $v_{\max} = 1$ cel/s en $v_{\max} = 5$ cellen/s.

De dikke blauwe lijnen geven de gemiddelde *globale* metingen weer, terwijl de rode punten telkens *lokale* meetgegevens van een aggregatieperiode van 60 seconden voorstellen.

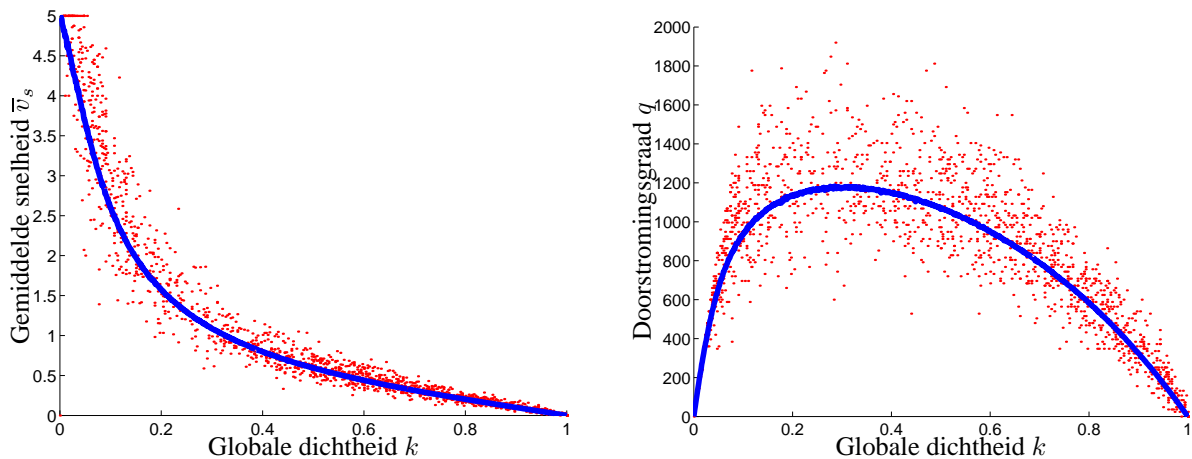
Toename van de maximale snelheid $v_{\max} \rightarrow +\infty$ leidt tot volgende conclusie :

$$\lim_{k \rightarrow 0} \left(\frac{\partial q}{\partial k} \right) = +\infty \quad (36.1)$$

Merk daarenboven op dat voor $v_{\max} = 1$ cel/s we Greenshields' relatie perfect terugvinden.



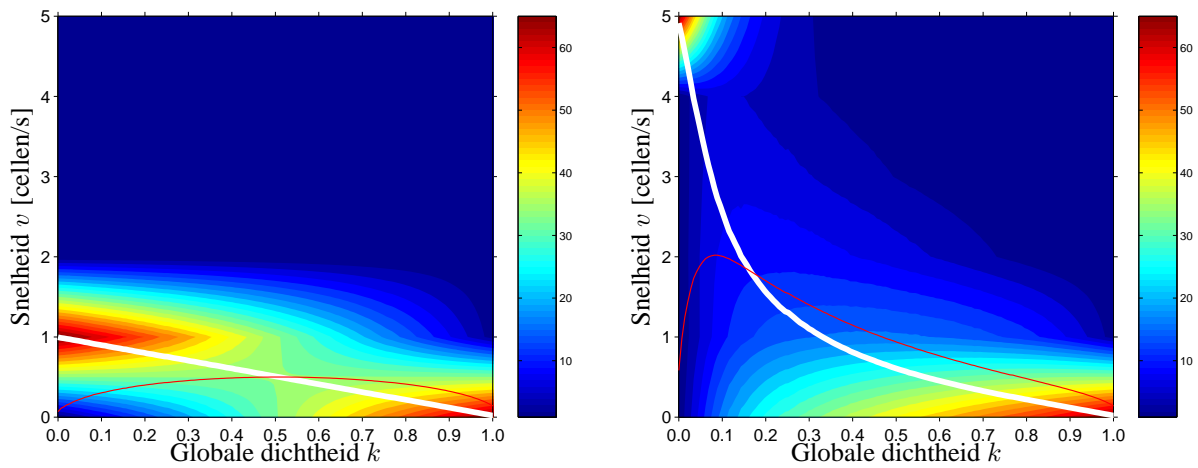
Figuur 36.1: De (k, \bar{v}) en (k, q) fundamentele diagrammen van de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cel/s.



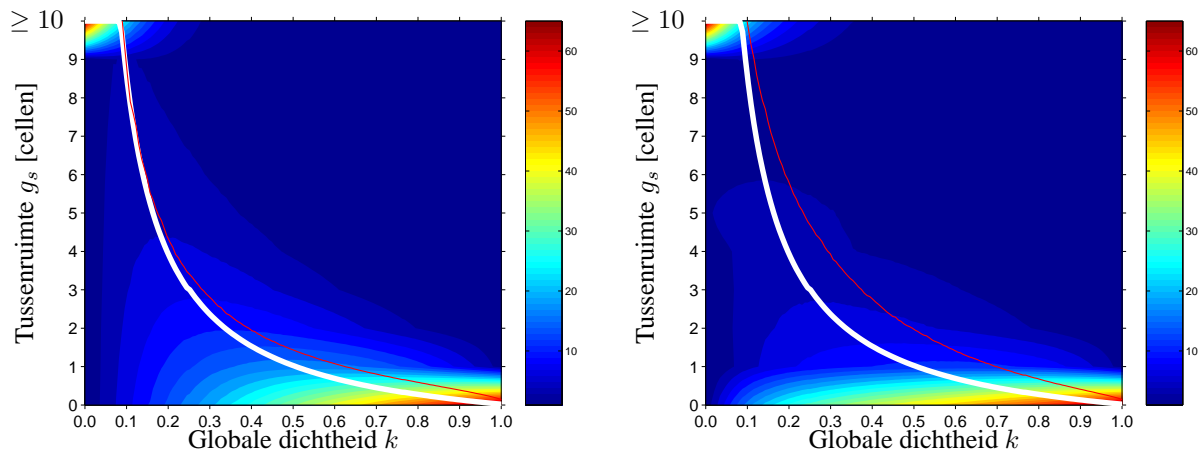
Figuur 36.2: De (k, \bar{v}) en (k, q) fundamentele diagrammen van de ASEP TCA met $v_{\max} = 5$ cellen/s.

Woensdag 04/08/2004 :

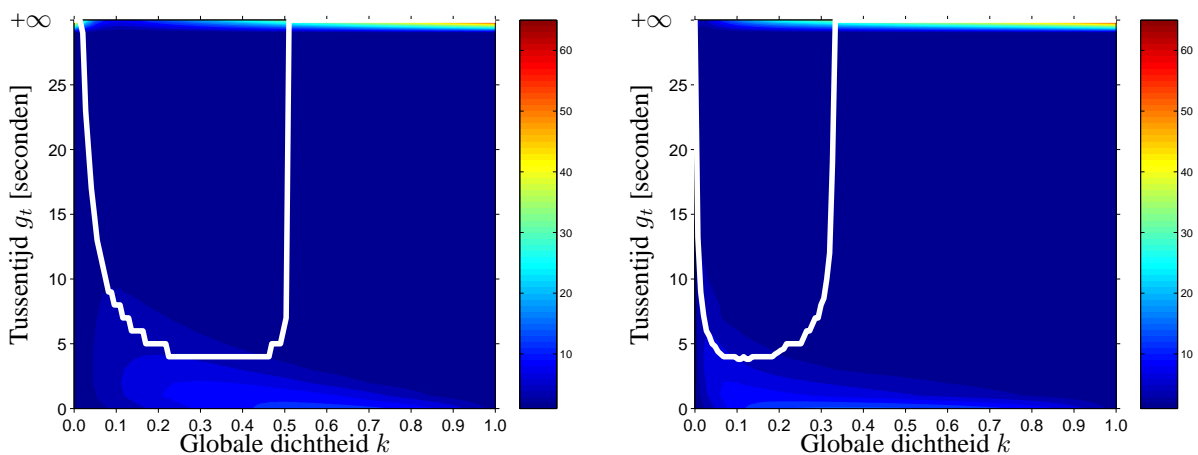
- op de middag ging er een *Transport & Mobility Leuven* seminarie door; gastsprekers waren Stijn Tastenhoye en Art Bleukx.
- Verdere experimenten met de ASEP TCA leverden nieuwe histogrammen op (waarbij er voor de tussentijd de mediaan werd gebruikt vermits deze oneindig kan worden voor stilstaande voertuigen). De rekentijden bleven beperkt tot ongeveer 1 dag voor drie histogrammen. De systeemgrootte bedroeg telkens 300 cellen, de transiënte periode 500 seconden en de simulatieduur 50000 seconden per dichtheidsstap. In figuren 36.3, 36.4 en 36.5 worden de histogrammen van respectievelijk de snelheden, de tussenruimtes en de tussentijden getoond, telkens voor $v_{\max} = 1$ cel/s en $v_{\max} = 5$ cellen/s. De dikke witte lijnen tonen telkens de gemiddelde waarde (behalve voor de tussentijd, waar de mediaan wordt getoond), de dunne rode lijnen de standaardafwijkingen.



Figuur 36.3: De histogrammen van de snelheid v voor de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cel/s (links) en $v_{\max} = 5$ cellen/s (rechts).



Figuur 36.4: De histogrammen van de tussenruimte g_s voor de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cel/s (links) en $v_{\max} = 5$ cellen/s (rechts).



Figuur 36.5: De histogrammen van de tussentijd g_t voor de ASEP TCA met $v_{\max} = 1$ cel/s (links) en $v_{\max} = 5$ cellen/s (rechts).

Donderdag 05/08/2004 :

- ik heb de artikels "*Design for performance, Part 1 - Interfaces matter*" [Goe01a], "*Design for performance, Part 2 - Reduce object creation*" [Goe01b], "*Java performance programming, Part 2 - The cost of casting*" [Sos99] en "*StringBuffer versus String*" [Hut00] gelezen.
- Filio Markou wist me te melden dat de betaling voor mijn deelname aan de "*Trans-Tec04*" conferentie (eindelijk) in orde is.
- Paul Bielen (van het *conference timing system*) wist me te melden dat de reden waarom het niet werkte hoogstwaarschijnlijk een kapotte antenne was; de antenne van de zender was in de behuizing losgekomen (doordat we ze waarschijnlijk te fluks aan- en losdraaiden). Volgende keer beter. . .

36.2 Vrijdag 06/08 tot donderdag 12/08

36.2.1 Traffic jams – Adapting to road conditions

Referentie : [UNK04]

Dit korte artikel beschrijft hoe adaptieve cruise controle (ACC) ervoor kan zorgen dat een verkeersstroom zich stabiliseert. De reden hiervoor is dat de reactietijd bij het voertuig-volgen nu van menselijk naar bijna instantaan gaat (dankzij de computersturing). Een trage reactietijd kan er bij het invoegen van een voertuig toe leiden dat de achterliggers hard op de rem moeten gaan staan; ACC kan hier een mogelijke opstopping vermijden.

Het verrassende inzicht is dat men niet eens zoveel voertuigen met ACC dient uit te rusten, opdat er een systeem optimum wordt bereikt (i.e., 13–20%). Nochtans werkt dit niet in alle gevallen, maar de oplossing hiervoor is om de volgtijd (i.e., h_t) korter te maken, wat tot significante verbeteringen kan leiden.

36.2.2 Traffic flow – Cruising through congestion

Referentie : [Pep04]

L.C. Davis onderzocht het gebruik van adaptieve cruise controle (ACC) op autosnelwegen, waarbij hij vond dat vanaf 13% voertuigen uitgerust met ACC, de verkeersstroom stabiel verloopt en congestie niet ontstaat. Een nadeel van deze techniek is wel dat er nu geen grote tussenruimtes meer zijn, waardoor voertuigen die via een oprit willen invoegen vrij veel hinder zullen onder vinden, en er alsnog congestie kan ontstaan.

36.2.3 Sound and vision

Referentie : [But04]

De Europese wetgeving heeft vooropgesteld dat tegen 2007 alle deelstaten geluidskaarten van alle grote steden, spoorwegen, autowegen, industriële gebieden en luchthavens moeten maken; dit alles om het probleem van de steeds maar toenemende geluidspollutie aan te pakken. Frankrijk, met zijn lange traditie van kaart maken, heeft hier een eerste slag thuis gehaald : zij bieden via Internet 3D kaarten van heel Parijs aan, waarbij er 26 miljoen virtuele microfoons het geluid in een virtuele stad registreren. De belangrijkste oorzaak van geluidsoverlast blijkt op dit moment het autoverkeer zijn, waar dan ook de grootste aandacht naar uitgaat.

Belangrijk in de aanpak is dat de propagatie van geluid met behulp van een techiek gebaseerd op ray tracing wordt berekend; dit is nodig vermits men ontdekt heeft dat lange wegen tussen gebouwen een soort van geluidscanyon vormen, waarbij het geluid heen en weer botst tussen de gebouwen en de grond.

36.2.4 An empirical test for cellular automaton models of traffic flow

Referentie : [KSSS04]

Dit zeer lijvige artikel handelt over de empirische eigenschappen van diverse TCA modellen; iets waar ik min of meer over wou schrijven in mijn eigen artikel dat handelt over hun kwalitatief gedrag.

In eerste instantie wordt een empirische test voorgeschreven, waarmee alle modellen worden vergeleken; deze test omvat (1) de correcte reproductie van *lokale metingen* in het fundamenteel diagram, (2) de verdeling van de volgtijden en (3) de OV-curve (i.e., het (g_s, v) fundamenteel diagram). De TCA modellen in kwestie zijn de STCA, de VDR-TCA, de TOCA, de ER-TCA (van Emmerich en Rank), de HS-TCA (van Helbing en Schreckenberg), de BL-TCA (*brake light*) en tot slot de KKW-TCA (van Kerner, Klenov en Wolf).

De lokale metingen worden met behulp van een artificiële lusdetector gedaan, waarbij in tegenstelling tot mijn aanpak, de doorstromingsgraad wordt *gemeten* en lokale dichtheid wordt *berekend*. Dit heeft als gevolg dat er nu geen opstoppingsdichtheid meer bereikt wordt (want de metingen convergeren naar 0 in plaats van naar k_j). Er ontstaat naast een tak van vrij-stromend verkeer, ook een tak van opgestopt verkeer (i.e., de *wide moving jam* fase in Kerner's 3-fase theorie) met een lagere gemiddelde snelheid. Ook gesynchroniseerd verkeer kan op deze manier aan het licht komen (waarbij men zich dan vooral op type (iii) concentreert, i.e., sterke fluctuaties in dichtheid en doorstromingsgraad). De simulaties werden allen uitgevoerd op roosters met ruim 10^4 cellen voor tijdsperiodes groter dan 5×10^4 tijdsstappen.

Van alle modellen wordt vrij nauwkeurig beschreven wat het effect van hun parameters is, en hoe goed ze de empirische metingen kunnen nabootsen. Naar het einde van het artikel toe worden ook de (k, q) fundamentele diagrammen op basis van *globale metingen* bekeken, waarbij men kwalitatieve uitspraken over de TCA modellen doet. In een eerste appendix wordt gekeken naar het effect van een fijnere discretisatie in de ruimte, wat tot hysteresis effecten kan leiden, zelfs voor de STCA ! Deze metastabiele homogene toestanden van hoge doorstromingsgraad, ontstaan hier nu enkel door de stabiliteit van de tak van vrij-stromend verkeer, en niet door de verlaagde uitstroom aan een filefront zoals in de VDR-TCA.

Als markantste slotconclusies wordt gesteld dat de ER-TCA en de HS-TCA beide problemen hebben op macroscopisch niveau, terwijl de STCA, de VDR-TCA, de TOCA en de BL-TCA het fundamenteel diagram vrij goed kunnen nabootsen. In de BL-TCA ontstaan net zoals in de VDR-TCA ook grote compacte opstoppingen, maar de remlichten zijn verantwoordelijk voor het ontstaan van gesynchroniseerd verkeer (waar voertuigen aan lage snelheid met een grote doorstromingsgraad rijden).

Vermits de auteurs zelf de BL-TCA hebben ontwikkeld, is hun artikel niet gespeend van de nodige dosis relativering, wat zich uit in het grootste lof voor hun eigen model ten opzichte van alle andere modellen.

36.2.5 Weekoverzicht

Vrijdag 06/08/2004 :

- ik heb de artikels "*Traffic jams – Adapting to road conditions*" (zie paragraaf 36.2.1 voor meer details hieromtrent) en "*Traffic flow – Cruising through congestion*" (zie paragraaf 36.2.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Hotel Plaka (Athene) wist me te melden dat ze mijn kamer gereserveerd hebben gedurende mijn verblijf op de "*TransTec04*" conferentie.

Maandag 09/08/2004 :

- ik heb de artikels "*Sound and vision*" (zie paragraaf 36.2.3 voor meer details hieromtrent) en "*A Graduate Student's Guide to LaTeX and AMS-LaTeX*" [Abl03] gelezen.
- Daarnaast heb ik een online aanvraag ingediend om toegang tot de START/SITTER¹ databanken te krijgen; in deze databanken worden te tellingen in reële tijd bewaard van alle Belgische autosnelwegen.
- Ik heb mijn reservatie in London Hotel (Glyfada, Athene) geannuleerd gedurende mijn verblijf op de "*TransTec04*" conferentie.

Dinsdag 10/08/2004 :

- Danny Weckhuyzen² van Siemens NV heeft me toegang tot het START/SITTER systeem verleend; dit recht verloopt op 01/12/2004. Gebruik van het systeem vereist *Netscape 4.79*; om meer zaken te consulteren, dien ik contact op te nemen met Jan Van Den Bossche³.
- Ook heb ik de artikels "*JUnit Test Infected - Programmers Love Writing Tests*" [BG98] en "*Short introduction to log4j*" [Gül02] gelezen. Tot slot heb ik mijn artikelsdatabank volledig bijgewerkt.
Daarnaast heb ik de "*log4j*" Java logger geïnstalleerd en getest, alsmede de "*Chainsaw*" visualisatie tool.

Woensdag 11/08/2004 :

- ik heb het artikel "*An empirical test for cellular automaton models of traffic flow*" (zie paragraaf 36.2.4 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Donderdag 12/08/2004 :

- heel de dag ging naar het omzetten van mijn bestaande *Traffic Cellular Automata* software naar een variant waarbij een voertuig meer dan 1 cel kan innemen (dit naar aanleiding van de meer modernere TCA modellen waarbij de cellengtes verkleind worden wat tot meer realistische acceleraties leidt).
- Het boek "*The Physics of Traffic*" van Boris Kerner dat ik reeds maanden geleden bestelde via Ida is nog steeds niet toegekomen. Ik ga kortelings de winkel waar de bestelling gebeurde zelf contacteren.

¹<http://www.start-sitter.be>

²0495/252.063

³02/775.60.20

36.3 Vrijdag 13/08 tot donderdag 19/08

36.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 13/08/2004 :

- in de voormiddag heb ik in mijn nieuwe *multi-cel TCA* software het model van Emerich en Rank (ER-TCA) geïmplementeerd (het oorspronkelijke artikel is "*An improved cellular automaton model for traffic flow simulation*" [ER97]).
Belangrijk om weten is dat er nu een impliciete beweging van de voertuigen is, wat wil zeggen dat alle regels ineens op een voertuig toegepast worden (dit in tegenstelling tot de parallele beweging waarbij de laatste regel apart van de andere wordt toegepast). Dit maakt dat voertuigen met een tussenruimte van nul cellen toch aan hoge snelheden kunnen volgen ! Ook wordt het bepalen van de veilige snelheid bij het volgen van een voertuig, aangepast door middel van het gebruik van een volledige matrix, waar voor iedere combinatie van snelheid en tussenruimte een veilige snelheid wordt gegeven.
- De rest van de dag ging naar het implementeren van de Helbing-Schreckenberg TCA (HS-TCA). Het oorspronkelijke artikel is "*Cellular Automata Simulating Experimental Properties of Traffic Flow*" [HS99].
Oorspronkelijk werd dit model ontwikkeld met ondersteuning voor meerdere voertuigklassen, doch deze hebben we in onze implementatie achterwege gelaten (vermits we op dit moment nog werken met homogeen verkeer). Ondanks de volgens mij toch correcte programmatie van de gedragsregels van dit TCA model, vind ik dat het (k,q) fundamenteel diagram er toch maar vrij raar uitziet. Belangrijk om weten is dat in dit model, de vorming van opstoppingen van chaotische aard is, vermits er een niet-lineaire term in het voertuig-volg model zit.

Maandag 16/08/2004 :

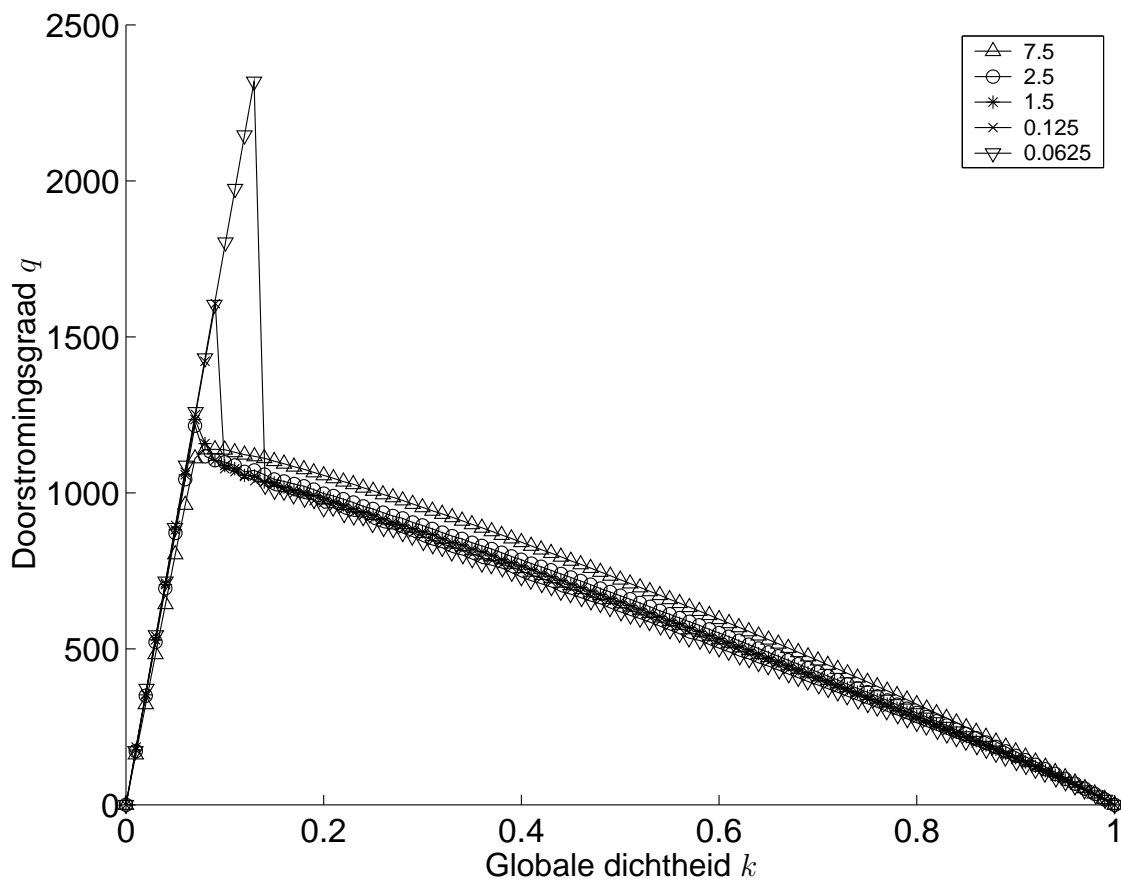
- heel de dag ging naar het correct implementeren van de *brake light* TCA (BL-TCA); het blijkt me niet volledig te lukken om dezelfde resultaten (qua fundamentele diagrammen gebaseerd op globale metingen) als in de literatuur te reproduceren. In het oorspronkelijke artikel ("*Towards a realistic microscopic description of highway traffic*" [KSS00b]) waar dit TCA model wordt besproken, zijn de regels terug te vinden; deze verschillen echter een weinig van de regels die worden vermeld in het recentere artikel "*An empirical test for cellular automaton models of traffic flow*" [KSS04] wat ik geen normale zaak vind ! Mijn resultaten blijken ook zeer sterk af te wijken van die van hen.
Ik ga bijgevolg kortelings de auteurs contacteren en hen mijn resultaten voorleggen.

Dinsdag 17/08/2004 :

- in de voormiddag heb ik het model van Kerner, Klenov en Wolf (de KKW-TCA) geïmplementeerd (het oorspronkelijke artikel is "*Cellular automata approach to three-phase traffic theory*" [KKW02]). Met dit model lukt het me wel redelijk goed om de resultaten uit de literatuur te reproduceren, wat me ertoe neigt te denken dat mijn software wel in orde is, maar dat de parameters van de vorige modellen niet volledig correct gekozen zijn.

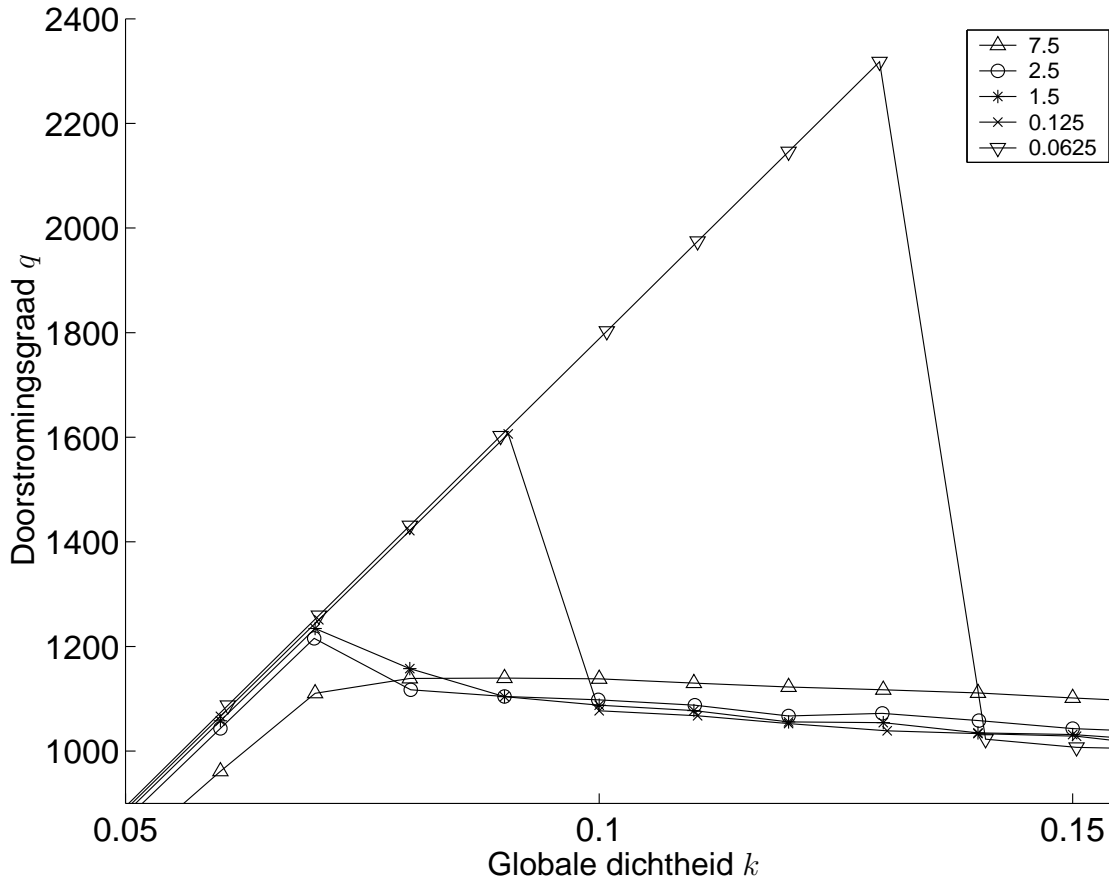
- Om zeker te zijn dat mijn *multi-cel TCA* correct werkt, heb ik de klassieke STCA geïmplementeerd. Tot mijn grote verrassing bleek dat er een *capaciteitsval* in het fundamenteel diagram plaatsvindt, iets wat ik totaal niet verwachtte. Bij mijn eerste reactie dacht ik dat het probleem in de bepaling van de tussenruimtes lag, maar deze bleek correct te zijn. Een volgende reactie deed me twijfelen aan de manieren waarop ik lokale en globale metingen vergaar, maar ook deze bleken te kloppen. De enige overblijvende conclusie is dan dat we hier te maken hebben met *inherent systeemgedrag*. Na lang zoeken kreeg ik dan ook bevestiging van de literatuur, waar dit ook werd aangehaald. Opmerkelijk is wel, dat in het *TRANSIMS* project eerder al een artikel verscheen (namelijk "*Issues in the Representation of Traffic using Multi-Resolution Cellular Automata*" [BEN⁺95]) waarin fijnere discretisaties werden besproken, maar geen melding van dit metastabiël gedrag wordt gemaakt. Enkel in het artikel "*An empirical test for cellular automaton models of traffic flow*" [KSS04] en de licentiaatsthesis "*Numerische Untersuchungen zum Nagel-Schreckenberg-Verkehrsmodell und dessen Varianten*" [Gra01] worden deze effecten vermeld.

Het effect van fijnere celdiscretisaties (7.5 m, 2.5 m, 1.5 m, 0.125 m en 0.0625 m) is duidelijk te zien in figuur 36.6. Merk op dat we enkel niet-deterministische resultaten tonen (i.e., geen CA-184), aangezien er anders geen invloed op het fundamenteel diagram is. Het valt op dat de celgrootte geen significante invloed heeft op de tak van opgestopt verkeer; figuur 36.7 geeft daarom een beter beeld weer wat er gebeurt in de buurt van de kritische dichtheid waar de capaciteitsval optreedt.



Figuur 36.6: De (k, q) fundamentele diagrammen van de multi-cel STCA met fijnere celdiscretisaties.

We zien daar dat naarmate we de celgrootte verkleinen (en systematisch de voertuiglengte alsmede de maximale snelheid v_{\max} vergroten), de kritische dichtheid groter wordt (want de homogene tak van vrij-stromend verkeer wordt stabielere vermits de acceleraties gereduceerd worden door de kleinere cellen) en de capaciteit van het systeem vergroot.

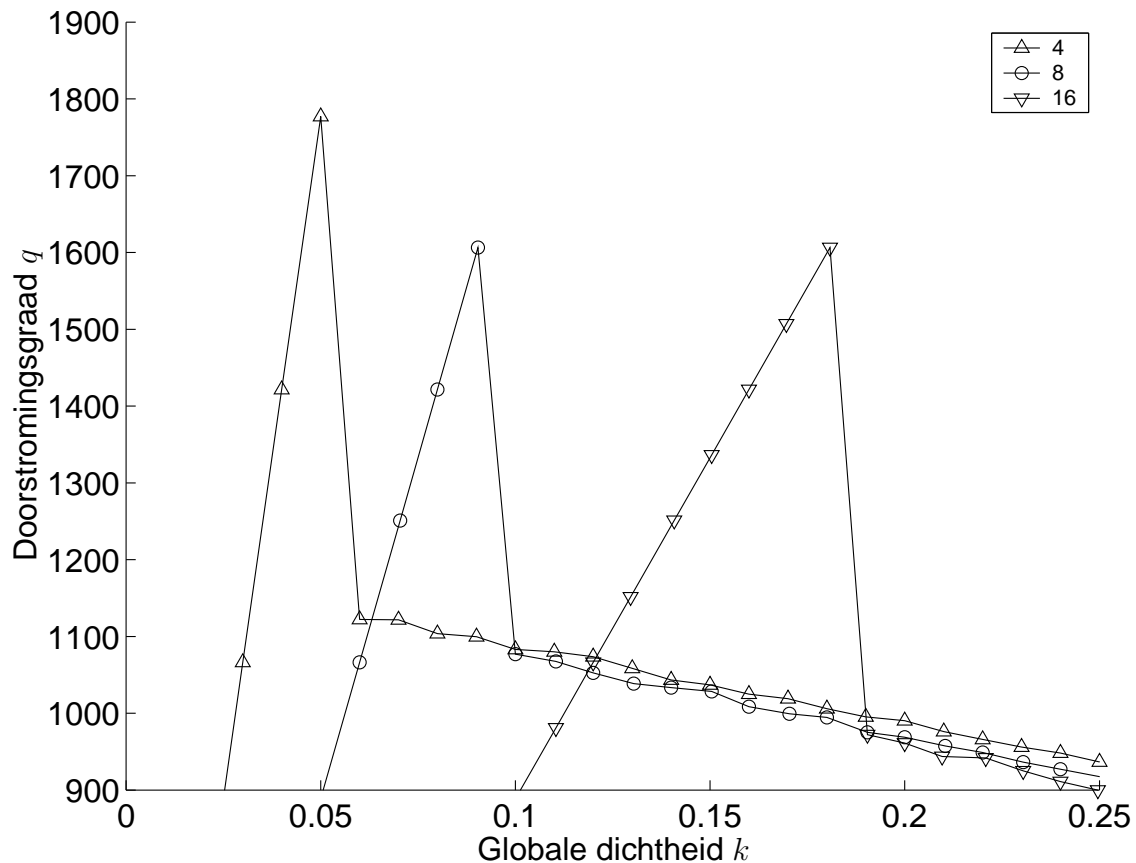


Figuur 36.7: De (k, q) fundamentele diagrammen van de multi-cel STCA met fijnere cel-discretisaties (vergroet).

In figuur 36.8 zien we tot slot wat het effect is van een kleinere of grotere voertuiglengte; de celdiscretisatie ΔX bedraagt telkens 0.125 m ($= 1 \div 8$) en de maximale snelheid werd constant gehouden op 40 cellen/tijdsstap. De (k, q) fundamentele diagrammen worden getoond voor voertuiglengtes van 4, 8 en 16 cellen. We merken dat naarmate een voertuig korter (langer) wordt, de kritische dichtheid kleiner (groter) wordt.

Woensdag 18/08/2004 :

- ik heb het verzekeringsformulier voor een zending naar het buitenland opnieuw ingevuld vermits mijn hotel voor 1 dag langer is geboekt (omwille van een latere terugvlucht).
- Ik heb een online enquête van De Morgen ingevuld in verband met de status van het wetenschappelijk onderzoek in Vlaanderen.



Figuur 36.8: De (k, q) fundamentele diagrammen van de multi-cel STCA met een fijnere celdiscretisatie van $\Delta X = 0.125$ m met verschillende voertuiglengtes (vergroet).

- De Faculteit Toegepaste Wetenschappen stuurde me een brief met een herinnering aan het evaluatieformulier na het eerste jaar doctoraatsopleiding. Mijn planning is echter om pas in november mijn doctoraatscommissie bijeen te roepen, waar ik ineens de inhoud van mijn dissertatie uiteen zal zetten en op die manier rechtstreekse voor mijn onderzoek relevante opmerkingen krijg (veel collega's stoorden zich immers aan het niet nuttig zijn van een dergelijke vergadering).
- Tot slot heb ik mijn vorige weekverslagen verder aangevuld.

Donderdag 19/08/2004 :

- na lange tijd heb ik aan Dusty Somers (student aan het RUCA) gevraagd hoe het staat met zijn eindwerk om diamanten te ray traceren. Blijkt dat het dit jaar wordt verder gezet, weliswaar met een deels gewijzigde opdracht : nu dient de ray tracer gedistribueerd te werken (in de zin van parallelisatie). Naar aanleiding hiervan heb ik eens gekeken naar de artikels "*Distributed Computing in Practice - The Condor Experience*" [TTL04] en "*Lightweight self-organizing frameworks for metacomputing*" [SK02]. De reden hiervoor is dat ik denk dat dit werk vrij gelijklopend is met de implementatie van mijn gedistribueerde microscopische verkeerssimulator *CATSIM*, gebaseerd op cellulaire automaten.

Het blijkt dat *Condor* bedoeld is voor *high-throughput computing* (HTC), waarbij de software in een omgeving geïnstalleerd wordt, en ervoor zorgt dat taken verdeeld worden over de beschikbare desktop-werkkrachten, rekening houdend met prioriteiten, wachtrijen, performantie, ... Daarbij wordt er op gelet dat de gebruiker steeds de controle over zijn eigen machine kan behouden. HTC biedt dus een grote hoeveelheid fout-tolerante rekenkracht aan over lange tijdsperiodes. Het *H2O* project is min of meer gelijklopend hiermee, met dit verschil dat er nu extra functionaliteit kan geïncorporeerd worden op vrij transparante wijze (dit gebeurt met behulp van zogenaamde *pluglets*).

Al bij al zijn deze systemen heel proper, en denk ik dat ze de SISTA-rekencluster met gemak kunnen vervangen (ervan uitgaande dat we alternatieve programmacode voor de *MATLAB* programma's gebruiken, want *MATLAB* in zijn geheel draaien zou een verspilling van hulpbronnen zijn, denk ik). Dit maakt dat een organisatie *al* haar rekenkracht voor zichzelf beschikbaar stelt (in SISTA levert dit dan een cluster van ruim 50 tot 100 redelijk performante werkstations op).

Het addertje onder het gras zit hem volgens mij wel in een ander aspect : zaken zoals gedistribueerd ray traceren of een gedistribueerde verkeerssimulator, vereisen een nauwe koppeling van de rekenkrachten in zowel ruimte als tijd, waarbij we dan eerder van *high-performance computing* (HPC) spreken. Dit maakt dat bovenstaande twee systemen mijns inziens teveel extra overhead genereren. Het valt natuurlijk af te wachten op de eerste testen, waarbij ik op het oordeel van Somers' eindwerk zal afgaan. Ondertussen zet ik mijn ingeslagen richting verder (i.e., zoals beschreven in mijn artikel op de "ITSS03" conferentie te Madrid).

- Ik heb in de bibliotheek het artikel "*Distribution of time-headways in a particle-hopping model of vehicular traffic*" [GMC98] opgezocht.

36.4 Vrijdag 20/08 tot donderdag 26/08

36.4.1 Distribution of time-headways in a particle-hopping model of vehicular traffic

Referentie : [GMC98]

Dit beknopte artikel (het is een *Brief Report* in *Physical Review E*) handelt over de analytische afleiding van de verdeling van de volgtijden in het klassieke STCA model. Er wordt een analytische uitwerking gegeven voor een maximale snelheid van 1 cel/s, waarbij men steunt op een *cluster* benadering. Voor hogere maximale snelheden zijn analytische afleidingen te complex, waarbij men overschakelt op numerieke experimenten. Interessant om lezen is volgende afleiding van de relatie tussen de doorstromingsgraad q en gemiddelde volgtijd \bar{h}_t (met N het aantal beschouwde voertuigen gedurende een tijdsperiode T) :

$$q = \frac{N}{T} \quad (36.2)$$

$$= \frac{N}{\sum_{i=1}^N h_{t_i}} \quad (36.3)$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_{t_i}} \quad (36.4)$$

$$= \bar{h}_t^{-1}. \quad (36.5)$$

36.4.2 Weekoverzicht

Vrijdag 20/08/2004 :

- reeds geruime tijd heeft een van de reviewers van mijn artikel voor "*The European Physical Journal B*" zijn opmerkingen naar het editoriaal bureau gestuurd, maar hebben we van de andere reviewer na bijna anderhalve maand nog steeds niks gehoord. Toen ik hiernaar informeerde bleek dat de e-mail niet kon afgeleverd worden en bijgevolg terugkwam. Vervolgens contacteerde ik John Hertz (hoofdeditor van het tijdschrift) die me op de hoogte ging houden van zodra alles terug in orde komt.

Maandag 23/08/2004 :

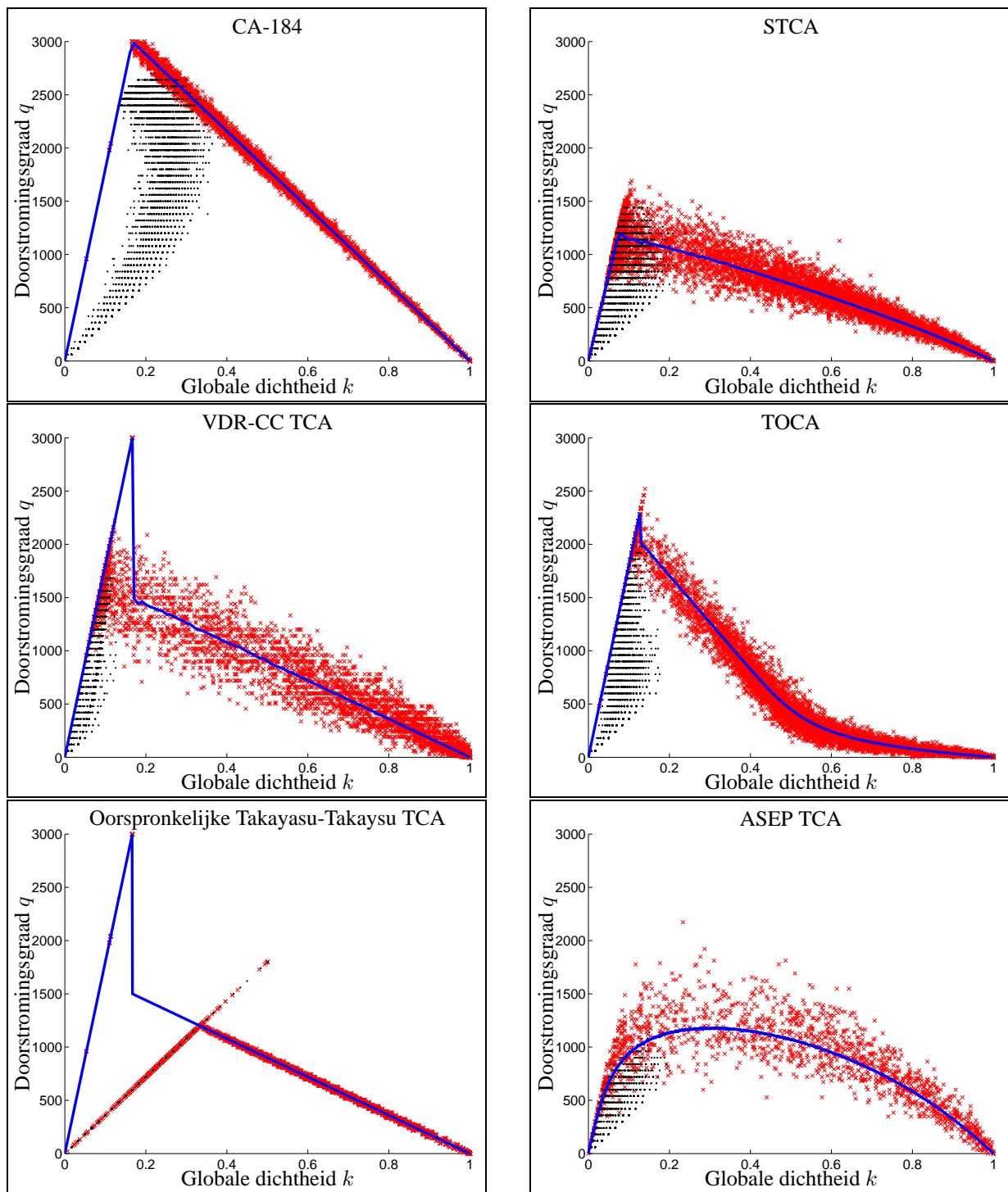
- ik heb mijn VISA kaart aangevraagd voor mijn trip naar Athene ("*TransTec04*" conferentie) volgende week; omwille van mijn domicilie diende ik hiervoor naar mijn hoofdkantoor in Zwijndrecht zelf te gaan.

Dinsdag 24/08/2004 :

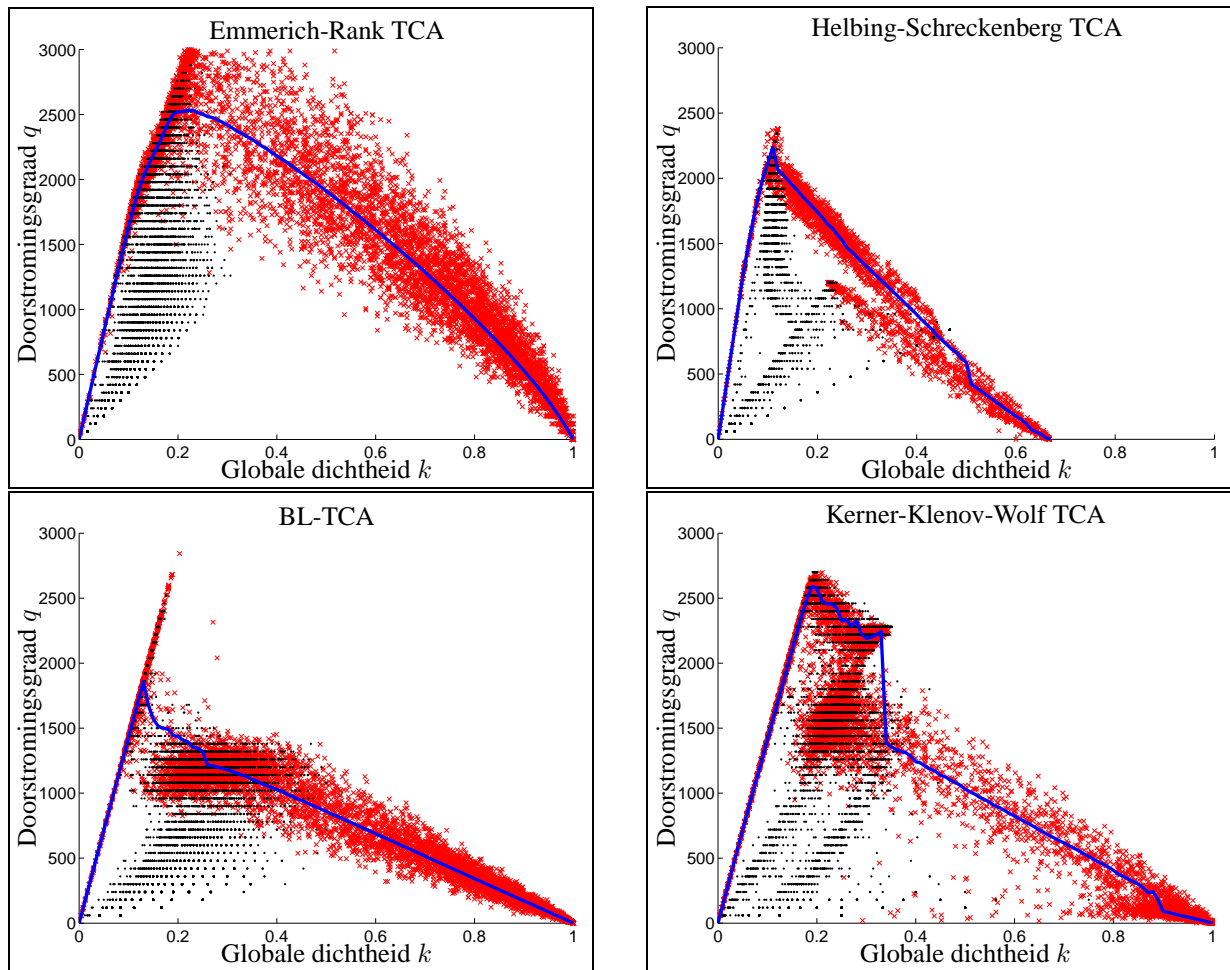
- in de voormiddag heb ik een voorlopig lesschema voor het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) opgesteld en de uitnodigingen naar alle gastdocenten verstuurd.
- Ik heb het artikel "*Distribution of time-headways in a particle-hopping model of vehicular traffic*" (zie paragraaf 36.4.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.

Woensdag 25/08/2004 :

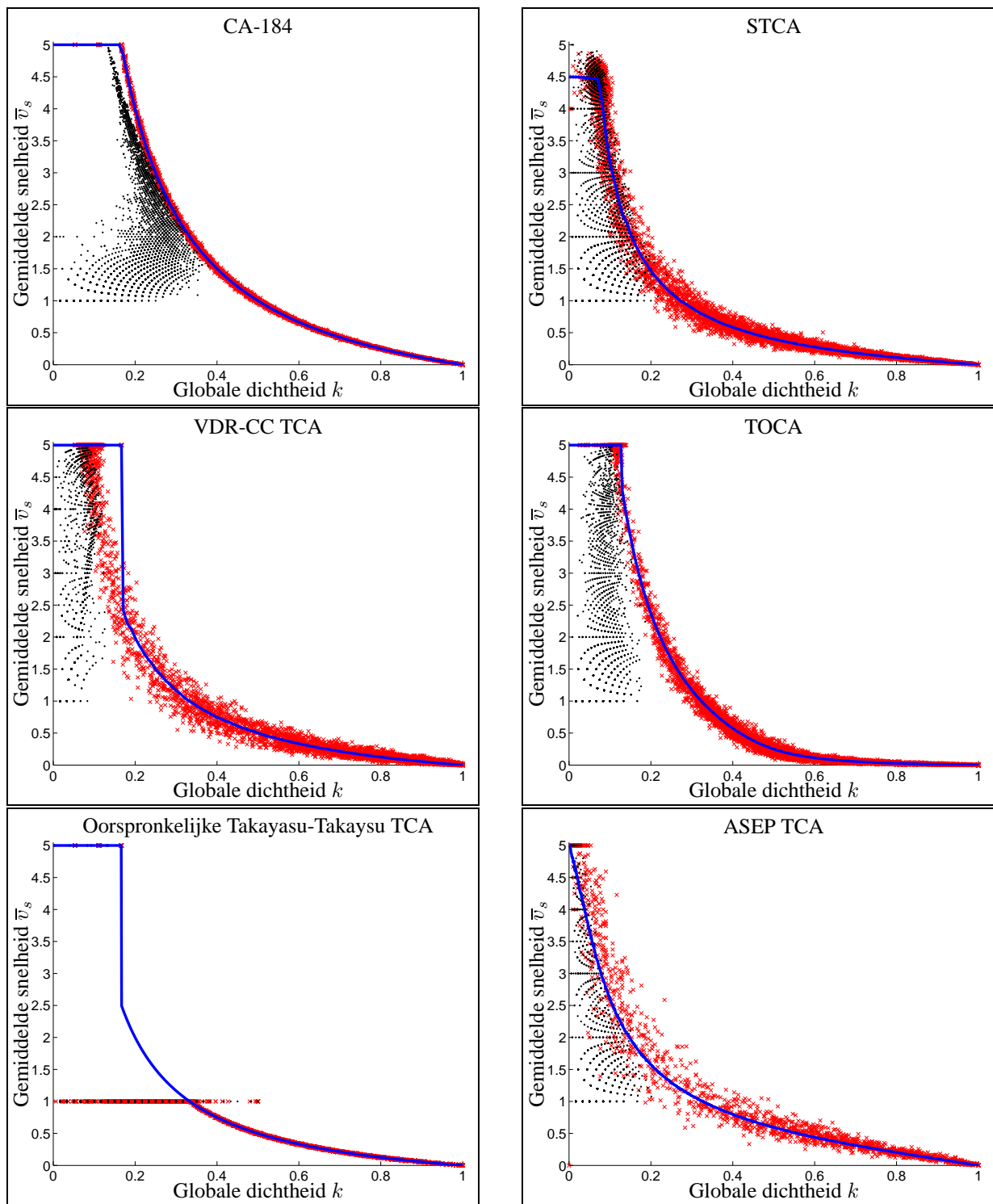
- John Hertz (van "*The European Physical Journal B*") liet me weten dat de reviewer reeds vier weken niks van zich laten horen heeft; ze gaan hem opnieuw verwittigen waarna ze een beslissing over het al dan niet publiceren van mijn artikel kunnen treffen.
- Na enige inspanning van de laatste dagen heb ik alle resultaten van zowel de lokale als globale metingen voor de fundamentele diagrammen van alle TCA modellen bekomen. De resultaten zijn te zien in figuren 36.9, 36.10, 36.11 en 36.12. De blauwe curves stellen globale metingen voor, de rode kruisjes klassieke lokale metingen en de zwarte punten zijn de nieuwe lokale metingen waarbij de dichtheid expliciet wordt berekend en de doorstromingsgraad wordt gemeten (stilstaande voertuigen worden hier niet meegeteld). De blauwe curve bepaalt min of meer het gemiddelde van de rode kruisjes. De systemen waren telkens 10^4 cellen groot, de simulatieduur bedroeg 5×10^4 s en de lokale metingen werd per minuut geaggregeerd (een tijdsstap bedroeg altijd 1 s in alle TCA modellen).
In de figuren 36.9 en 36.11 worden de CA-184, de STCA, de VDR-CC TCA, de TOCA, de oorspronkelijke Takayasu-Takaysu TCA en de ASEP TCA getoond (de Fukui-Ishibashi TCA is volledig analoog aan de CA-184 en werd weggelaten). In de figuren 36.10 en 36.12 worden de resultaten van de nieuwere TCA modellen getoond : de Emmerich-Rank TCA (ER-TCA), de Helbing-Schreckenberg TCA (HS-TCA), de *brake light* TCA (BL-TCA) en de Kerner-Klenov-Wolf TCA (KKW-TCA). De discrepanties tussen mijn resultaten en die in de literatuur treden op voor de HS-TCA en de BL-TCA; nader onderzoek dringt zich hier op. Merk op dat in de figuren daarentegen wel de correcte diagrammen worden getoond !
- Verder heb ik nog enkele datumconflicten voor HK05 opgelost.



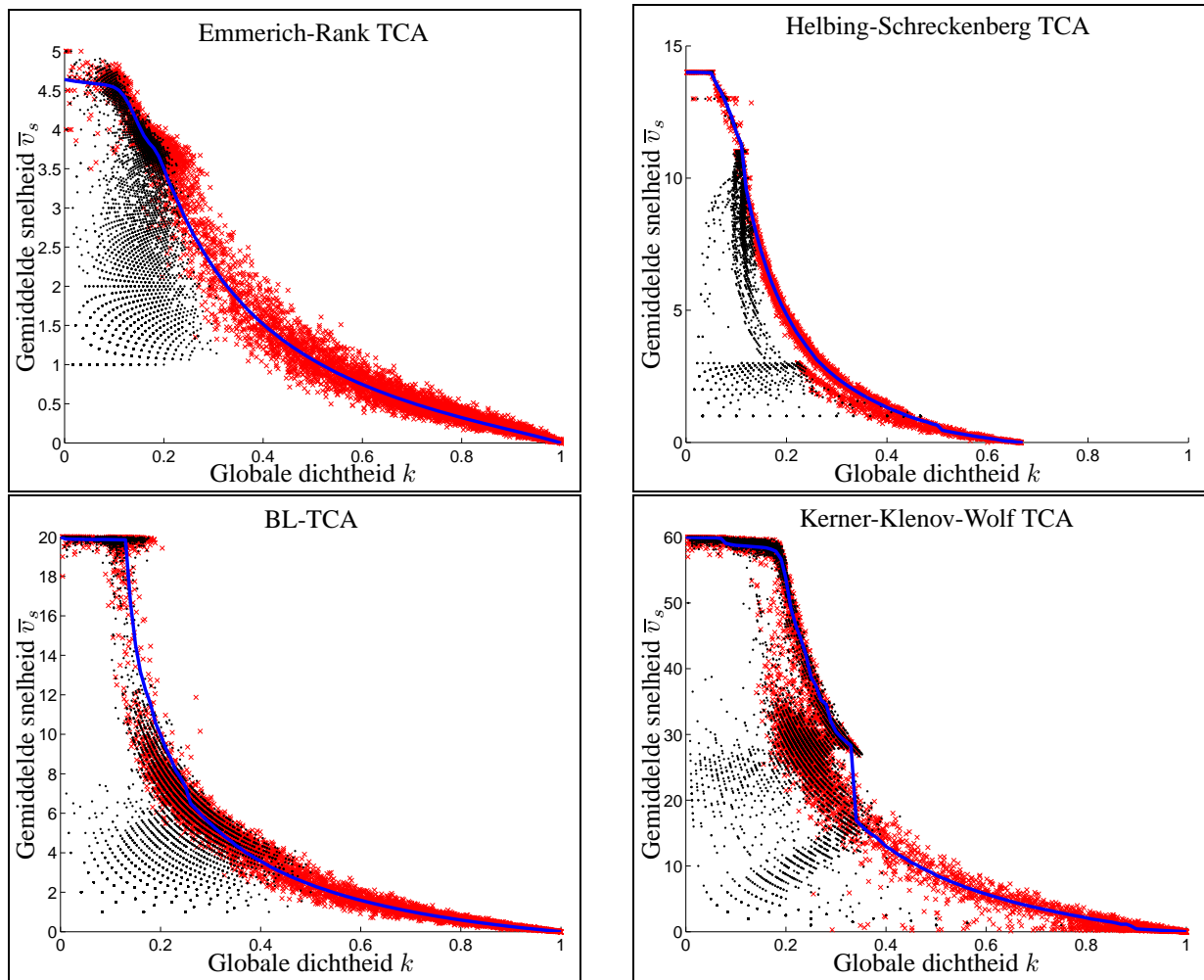
Figuur 36.9: De (k, q) fundamentele diagrammen voor de CA-184, de STCA, de VDR-CC TCA, de TOCA, de oorspronkelijke Takayasu-Takayasu TCA en de ASEP TCA modellen.



Figuur 36.10: De (k, q) fundamentele diagrammen voor de ER-TCA, de HS-TCA, de BL-TCA en de KKW-TCA modellen.



Figuur 36.11: De (k, \bar{v}_s) fundamentele diagrammen voor de CA-184, de STCA, de VDR-CC TCA, de TOCA, de oorspronkelijke Takayasu-Takayasu TCA en de ASEP TCA modellen.



Figuur 36.12: De (k, \bar{v}_s) fundamentele diagrammen voor de ER-TCA, de HS-TCA, de BL-TCA en de KKW-TCA modellen.

Donderdag 26/08/2004 :

- tot nu toe werd in mijn *Traffic Cellular Automata* software aangenomen dat de grootte van de tijdsstap ΔT altijd 1 s was. Ik heb de software dan ook aangepast zodat met een willekeurige grootte van deze tijdsstap kan gewerkt worden. Dit kan vrij eenvoudig gebeuren vermits er niets aan de dynamica van het systeem verandert, enkel aan de omzetting van de globale en lokale metingen. Volgende Java-classes in de software werden aangepast : `SimulatorFundamentalDiagrams`, `SimulatorFundamentalDiagramsMultiCell` en `SimulatorHistograms`. Gaan we uit van een tijd-ruimte discretisatie ΔT en ΔX , en stellen we een meetperiode T_{mp} voorop, dan is de effectieve meetperiode T (in TCA eenheden) gelijk aan :

$$T = \left\lceil \frac{T_{mp}}{\Delta T} \right\rceil. \quad (36.6)$$

Indien bijvoorbeeld $T_{mp} = 60$ s en $\Delta T = 1.2$ s, dan is $T = 50$ tijdstappen in de simulatie.

Hierna volgt een overzicht van de globale (subscript ‘g’) en lokale (subscript ‘l’) metingen in mijn software. Zoals voorheen, geldt ook hier de conventie dat de grootheden met accent uitgedrukt worden in werkelijke wereld eenheden, en al de andere grootheden uitgedrukt worden in TCA eenheden).

Dichtheid

– uitgedrukt in voertuigen / ΔX

$$\left\{ \begin{array}{l} k_g = \frac{N}{K}, \\ k_l = \frac{1}{T \cdot L_d} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{L_d} \delta_{i,t}, \end{array} \right.$$

– uitgedrukt in voertuigen / kilometer

$$k'_{g,l} = \frac{k_{g,l}}{\frac{\Delta X}{N} \sum_{i=1}^N l_i} \cdot 1000,$$

Gemiddelde snelheid

– uitgedrukt in $\Delta X / \Delta T$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{v}_{s_g} = \frac{1}{T \cdot N} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N v_{i,t}, \\ \bar{v}_{s_l} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i, \end{array} \right.$$

– uitgedrukt in kilometer / uur

$$\bar{v}'_{s_{g,l}} = \bar{v}_{s_{g,l}} \cdot \frac{\Delta X}{\Delta T} \cdot 3.6,$$

Doorstromingsgraad

– uitgedrukt in voertuigen / ΔT

$$q_{g,l} = k_{g,l} \cdot \bar{v}_{s_{g,l}},$$

– uitgedrukt in voertuigen / uur

$$q'_{g,l} = k'_{g,l} \cdot \bar{v}'_{s_{g,l}}.$$

In de vorige afleidingen geldt dat :

- N is het aantal voertuigen in het rooster (of het aantal voertuigen dat over de artificiële lusdetector rijdt),
- K is het totaal aantal cellen in het rooster,
- T is de meetperiode (uitgedrukt in TCA tijdstappen),
- L_d is de lengte van de artificiële lusdetector (typisch wordt $L_d = v_{\max}$ genomen),

- $v_{i,t}$ en l_i zijn respectievelijk de snelheid en lengte van een voertuig i op tijdstip t (de lengte wordt uitgedrukt in het aantal cellen)
- en de grootte $\delta_{i,t} \in \{0, 1\}$ duidt de bezetting (*occupancy*) van cel i op tijdstip t aan (waarbij een voertuig met $l > 1$ dus meerdere cellen inneemt, wat aanleiding tot meerdere $\delta_{i,t} = 1$ geeft).

Verder geldt dat $N, T, v_i, t \in \mathbb{N}$, $K, l_i \in \mathbb{N}_0$ en $k_{g,l} \in [0, 1]$.

Merk op dat we voor de globale metingen ervan uitgaan dat het aantal voertuigen *niet* verandert tijdens de meetperiode, zodat k_g constant blijft. Daarenboven gaan we er voor de berekening van k'_g van uit dat de lengte van de voertuigen niet verandert tijdens de meetperiode, zodat we een extra sommatie over T tijdstappen mogen weglaten.

De sommatie in de noemer bij de berekening van $k'_{g,l}$ duidt op de *gemiddelde voertuiglengte*, wat dus bijvoorbeeld tot gevolg heeft dat we de ‘gemiddelde opstoppingsdichtheid’ kunnen schrijven als :

$$k_j = \left\lfloor \frac{1000}{\bar{l} \cdot \Delta X} \right\rfloor \quad (36.7)$$

Sinds kort heb ik ook een alternatieve manier om lokale metingen te verrichten geïmplementeerd; hierbij wordt nu niet de doorstromingsgraad berekend uit de gemiddelde snelheid en de dichtheid, maar wordt de dichtheid berekend uit de gemiddelde snelheid en de doorstromingsgraad (deze laatste wordt dus direct gemeten). Dit levert volgende afleidingen op :

Doorstromingsgraad

- uitgedrukt in voertuigen / ΔT

$$q_l = \frac{N}{T},$$

- uitgedrukt in voertuigen / uur

$$q'_l = q_l \cdot \frac{3600}{\Delta T},$$

Gemiddelde snelheid

- uitgedrukt in $\Delta X / \Delta T$

$$\bar{v}_{sl} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i,$$

- uitgedrukt in kilometer / uur

$$\bar{v}'_{sl} = \bar{v}_{sl} \cdot \frac{\Delta X}{\Delta T} \cdot 3.6,$$

Dichtheid

- uitgedrukt in voertuigen / ΔX

$$k_l = \frac{q_l}{\bar{v}_{sl}} \cdot \bar{l},$$

- uitgedrukt in voertuigen / kilometer

$$k'_l = k_l \cdot \frac{1000}{\bar{l} \cdot \Delta X}.$$

Merk op dat indien $\bar{v}_{s_l} = 0$, we $k_l = 0$ stellen (en idem voor \bar{v}'_{s_l} en k'_l). Verder geldt dat de berekende dichtheid $k_l \in [0, 1]$, waarbij we expliciet met \bar{l} dienen te vermenigvuldigen (dit omdat we moeten corrigeren voor de lengtes van de passerende voertuigen).

En in tegenstelling tot de klassieke manier om lokale metingen te bekomen, worden stilstaande voertuigen op deze meetwijze *niet* meebeschoofd; de vorige methode gaf aanleiding tot *ruimtelijke gemiddeldes* aangezien de lokale dichtheid werd gebruikt, terwijl deze methode aanleiding tot *temporele gemiddeldes* geeft vermits hier de lokale dichtheid wordt berekend en de doorstromingsgraad (i.e., een meting in de tijd) wordt gebruikt.

Deel IV

Academiejaar 2004 - 2005

Hoofdstuk 37

September 2004

37.1 Vrijdag 27/08 tot donderdag 02/09

37.1.1 Pinch Effect in a Cellular Automaton (CA) Model for Traffic Flow

Referentie : [LBSK03]

De stochastische verkeersstroommodellen van tegenwoordig proberen ook om gesynchroniseerd verkeer te modelleren; volgens de auteurs leidt dit in de meeste gevallen tot te sterke fluctuaties in de (k,q) faseruimte. Het in dit artikel voorgestelde TCA model past daar een mouw aan, door het concept van ‘optimistisch rijden’ in te voeren : hiermee bedoelt men dat het een bestuurder toegestaan is om voor een korte periode een kleine tussentijd aan te nemen, indien de situatie optimistisch is (en dit laatste hangt af van de lokale verkeerssituatie).

Toepassing van dit model op een open systeem (met een gesimuleerde oprit), leidt tot het zogenaamde *pinch-effect*, waarbij lokale zelfcompressie in gebieden met gesynchroniseerd verkeer ervoor zorgt dat hier kleine opstoppingen ontstaan, waarna ze samensmelten tot een *wide-moving jam*.

37.1.2 Cellular Automaton Modeling of the Autobahn Traffic in North Rhine-Westphalia

Referentie : [HCP⁺03]

Het noorden van het Duitse Rijn-Westfalen gebied is een druk bevolkte kern, waarin de bestaande capaciteit van het wegennetwerk niet aan de verkeersvraag kan voldoen. Een van de ministeries in Duitsland voorzag dan ook fondsen om een nieuw website-gebaseerd *publiek* verkeersinformatiesysteem te bouwen.

Het onderliggende model is de *brake light* TCA (BL-TCA), waarbij er twee verschillende voertuigklassen worden onderscheiden (i.e., personenwagens en vrachtwagens) en een asymmetrisch rijstrook-keuze model wordt toegepast. De software is zo ontwikkeld in C++, dat aanpassingen volgens de auteurs vlot mogelijk zijn. Verder worden de TCA roosters van het wegennetwerk bijgehouden als dubbel-gelinkte lijsten, en gebruikt men statische functies om de last van een virtuele oproep te vermijden.

Het NRW gebied bestaat uit bijna 4000 links, met ruim 800 op- en afritten en bijna 70 kruispunten; dit maakt een totale lengte van twaalfduizend kilometer, oftewel ruim acht miljoen cellen. Routing van de voertuigen gebeurt op basis van lokale meetgegevens (aangezien men geen globale HB-matrices heeft). Voertuigen worden lokaal ingevoegd of verwijderd op basis van de metingen die van zo'n 4000 lusdetectoren in de werkelijke wereld opgevraagd worden.

37.1.3 Weekoverzicht

Vrijdag 27/08/2004 :

- ik heb de artikels "*Pinch Effect in a Cellular Automaton (CA) Model for Traffic Flow*" (zie paragraaf 37.1.1 voor meer details hieromtrent) en "*Cellular Automaton Modeling of the Autobahn Traffic in North Rhine-Westphalia*" (zie paragraaf 37.1.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Ik ben in Zwijndrecht mijn VISA kaart gaan halen.
- Verder heb ik Ludo Froyen (decaan Faculteit Toegepaste Wetenschappen) verwittigd dat ik mijn doctoraatscommissie pas rond november bijeenroep, waarna het 'evaluatieformulier van het doctoraatsonderzoek' aan de faculteit zal worden voorgelegd. Hij bedankte me voor de rechtzetting en bevestigde de nieuwe periode.
- Ook heb ik aan Bart Motmans gevraagd of er een manier bestaat om verzoekpunten op de agenda van ESAT's *Comp*-vergaderingen te krijgen. Ik zou daar willen vragen of ze (= de systeembeheerders, maar eigenlijk eerder hun opdrachtgevers, i.e., het departement in zekere zin) het mogelijk zien om externe toegang tot ESAT's intranet te voorzien. Bart ging het aankaarten op de volgende vergadering.
De reden is dat ik regelmatig thuis werk, en dan niet aan SISTA's lokale informatie kan; als je trouwens binnen het ESAT-domein zit, dan moet je evengoed inloggen ... dus waarom geen login van buitenaf toestaan ?

Maandag 30/08/2004 :

- naast de laptop heb ik mijn valies in orde gebracht voor de reis naar Athene ("*TransTec04*" conferentie).

Dinsdag 31/08/2004 :

- vroeg in de ochtend (i.e., 6u30) vertrok ik met het vliegtuig naar Athene voor de "*TransTec04*" conferentie. Bij aankomst verliep alles zeer vlot (excellente metroverbinding van de luchthaven naar mijn hotel, dat in het oude Plaka gedeelte lag in tegenstelling tot de meesten die in het Hilton zelf verbleven).
Tegen de avond heb ik de eerste hand gelegd aan mijn presentatie (layout).

Woensdag 01/09/2004 :

- een belangrijk deel van de dag ging naar het afwerken van mijn presentatie "*Sustainability Effects of Traffic Management Systems*" [Mae04d], die ik vrijdag dien te geven.
Daarnaast ben ik me gaan registreren op het conferentiesecretariaat in het Hilton hotel (waar men me eerst een half uur liet wachten in de veronderstelling dat ze nog een kamer voor me dienden te zoeken).

Donderdag 02/09/2004 :

- Konstadinos (Kostas) Goulias opende de conferentie, vrij laat aangezien men wachtte op de minister van Transport; tot dat moment kregen we allemaal een kopij van zijn speech. Toen de minister eindelijk aankwam, gaf hij zijn speech in het Grieks, terwijl iedereen die al drie keer in het Engels had gelezen tijdens het wachten. Een belachelijke situatie, maar die konden we ook in Madrid meemaken (zij het dan wel tijdens een reguliere sessie).

Daarna sprak onder andere Hani Mahmassani "*New paradigms in Information Technology and Transport Systems*", waarbij hij dan af en toe op DTA inging, maar eigenlijk eerder zijn fancy woordje *e-mobility* probeerde te promoten.

Na de middag waren er enkele interessante lezingen, waaronder ook "*Advanced Toll Modelling with Cube Voyager*"; *Cube* is een volledig geïntegreerd softwarepakket, ongeveer hetzelfde als *OmniTRANS*.

37.2 Vrijdag 03/09 tot donderdag 09/09

37.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 03/09/2004 :

- in de voormiddag spraken onder andere Chandra Bhat over "*Emerging Simulation-Based Methods for Transportation Model Estimation*" en Lily Elefteriadou over "*Highway Capacity Analysis – State-of-the-Art and Future*". Daarna waren er nog enkele lezingen, waaronder Wolfgang Tuchscheerer met "*Image Processing Based Traffic Estimation System*".
- In de namiddag gaf ik mijn lezing in de sessie "*New Ways to Evaluate and Design Facilities and Systems*"; het nadeel was dat er naar mijn gevoel te veel diversiteit in de onderwerpen zat. Alex Lago opende de sessie met "*Reconsidering the Spatial Analysis of Congestion*" wat vrij interessant was (vooral omdat ook Carlos Daganzo in het publiek zat), maar daarna kwamen M. Boilé en S. Theofanis die zowat het saaiste onderwerp aller tijden aansneden : "*The Role of Liner Shipping within an Intermodal System – The Port Community Case*". Deze ongelooflijke verspilling van tijd (als ze nu nog een deftige presentatie konden geven ...) werd gevolgd door het al even flauwe "*Using Performance Measures to Determine Work Needs – An Operator's Perspective*" van K. Jefferson.

Toen het aan mij was, heb ik dan maar alles wat ik heb aangewend om de presentatie levendig te houden; met succes blijkbaar want achteraf kreeg ik nog goede commentaar te horen.

Veel belangrijker is echter dat ik achteraf met Carlos Daganzo, Alex Lago en Juan Muñoz een onderonsje had, waarbij Daganzo me wist te vertellen dat een recente doctoraatsstudent van hem (Jorge Laval) een interessant werk had gemaakt : "*Hybrid traffic flow models – impacts of bounded vehicle accelerations*". Daarnaast hebben we ook nog gebabbeld of verkeer nu eigenlijk op stochastische of geometrische wijze moet verklaard worden; na wat heen en weer gepraat, vond Daganzo dat het misschien toch niet zo slecht zou zijn om eens naar een volgende "*Traffic and Granular Flow*" conferentie af te zakken.

Tegen de avond was er nog de workshop "*Data Analysis Using Computational Intelligence*", gegeven door Ondrej Pribyl; tijdens zijn uiteenzetting, bekeek en vergeleek hij volgende methodes : vage logica, artificiële neurale netwerken, adaptieve neuro-vage inferentie systemen en tot slot genetische algorithmen.

Zaterdag 04/09/2004 :

- op deze voor de bezoekers laatste conferentiedag, ben ik nog naar twee lezingen geweest : "*Driver-Shift Design for Single-Hub Transit Systems under Uncertainty*" van Juan Muñoz en "*Comparison of ASDA and FOTO Application for Tracing of Spatial-temporal Congested Patterns on German and USA Freeways*" van Boris Kerner. Tot slot heb ik nog even met Thanasis Ziliaskopoulos (een belangrijk man op het vlak van DTA) gebabbeld, en ben ik naar de slotopmerkingen van de organisator gaan luisteren.

Maandag 06/09/2004 :

- collectief verlof personeel K.U.Leuven wegens Leuven Kermis.

Dinsdag 07/09/2004 :

- een hele dag ging naar het zoeken naar een oplossing voor het verschil tussen mijn globale en lokale fundamentele diagrammen van mijn multi-cel TCA modellen. He-
laas zonder succes ...

Woensdag 08/09/2004 :

- op de middag ging er een *Transport & Mobility Leuven* seminarie door; spreker was Eef Delhaye en zij had het over "*Kostenbaten analyse van vervanging van een geregeld kruispunt door een rotonde*".

Donderdag 09/09/2004 :

- in de voormiddag ben ik naar Duo/Icto gegaan naar aanleiding van een afspraak met Kim Waeytens : we hebben het gehad over de sessie die ik volgende week aan docenten van de K.U.Leuven zal geven, met als onderwerp de evaluatie van studenten aan de hand van papers. Het leek me wel onnodig om fysisch tot bij hen te komen : achteraf gezien kon dit evengoed telefonisch geregeld worden (maar ze stonden er op ...).
- Op de middag heeft Héloïse Côté met me gebeld in verband met het eindrapport voor ons DWTC-project CP/40; daarnaast gaf ze me ook Fay Dunkerley's spreadsheet met de details van de duurzame kostfunctie in.
- Tegen de namiddag ontdekte ik wat het probleem was met de multi-cel TCA modellen : het bleek dat bij het toepassen van de TCA regels op een enkel voertuig, eerst de huidige cel in de volgende toestand wordt gewist; wat niet mag gebeuren aangezien er bij sommige TCA modellen anticipatief gedrag optreedt, waardoor voertuigen veel korter op hun voorliggers kunnen rijden.

37.3 Vrijdag 10/09 tot donderdag 16/09

37.3.1 An Example of Microscopic Car Models Validation using the Open Source Traffic Simulation SUMO

Referentie : [KHWR02]

De auteurs van dit artikel hopen met hun tekst de wetenschappelijke gemeenschap te stimuleren tot experimenteren met hun microscopische verkeerssimulator *SUMO*¹. Hiertoe leggen ze bondig uit hoe *SUMO* als een softwarepakket in C++ opgebouwd is. Vervolgens maken ze een kleine gevalstudie (vergelijkbaar met onze proefstrook op de E17), waarbij ze de simulatieparameters calibreren wat de fout van 40% tot 15% deed slinken.

37.3.2 New topologies in the fundamental diagram of a one dimensional traffic flow – A comparison with empirical results

Referentie : [EZJB04]

Uitgaande van een systeem waarin twee verschillende voertuigklassen aanwezig zijn (elk met een verschillende maximale snelheid), kan men op basis van de respectievelijke aantallen, niet-concave (k,q) fundamentele diagrammen krijgen. Sommige van deze diagrammen gelijken op degene die ik in mijn artikel heb besproken, er wordt echter geen melding van gemaakt. De auteurs stellen wel dat dit soort diagrammen overeenstemt met metingen uit de werkelijke wereld, waarbij ze naar Kerner's werk verwijzen.

37.3.3 Weekoverzicht

Vrijdag 10/09/2004 :

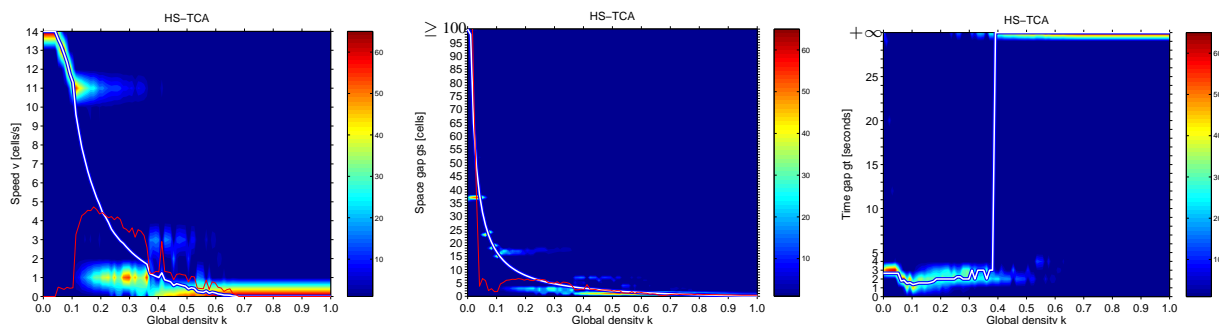
- in de voormiddag woonde ik een debat bij over *Open Source Software* (OSS) bij IBM, waarbij de gastspreker Douglas Heintzman (*director technical strategy*) was. Na de sessie bedacht ik me dat in plaats van de broncode vrij te geven, we evengoed enkel een *webservice* kunnen verlenen (zoals onze bioi-subgroep dat reeds doet).
- Ik heb het artikel "*An Example of Microscopic Car Models Validation using the Open Source Traffic Simulation SUMO*" (zie paragraaf 37.3.1 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Tot slot heb ik mijn presentatie voor HK05 afgewerkt, waarbij ik enkele nieuwe dingen heb toegevoegd, zoals Kerner's drie-fasen theorie, het klassieke vierstapsmodel met de noodzaak tot dynamische modellen, de (k,q) fundamentele diagrammen van TCA modellen, emissies modelleren met microscopische verkeerssimulatie en de impact van een turborotonde.

¹<http://sumo.sourceforge.net>

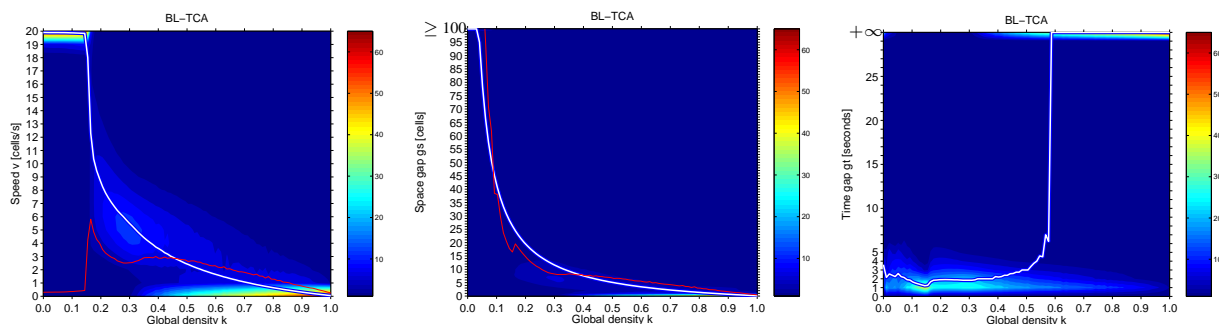
Maandag 13/09/2004 :

- ik heb het artikel "New topologies in the fundamental diagram of a one dimensional traffic flow – A comparison with empirical results" (zie paragraaf 37.3.2 voor meer details hieromtrent) gelezen.
- Verder heb ik de website op Toledo voor HK05 volledig in orde gebracht, en een herinnering naar Jan Van Impe gestuurd. Tevens ben ik bij Lut de studentenlijst gaan opvragen; er zullen dit academiejaar slechts zes studenten ingeschreven zijn.
- Er is een nieuw exemplaar van "Scientific Computing World" [Wil04d] toegekomen.
- Verder heb ik ook de slides voor mijn aanstaande presentatie op Duo/Icto afgewerkt.
- Na een weekend rekenen zijn de resultaten van de histogrammen van de gemiddelde snelheid \bar{v}_s , de tussenruimte g_s en de tussentijd g_t voltooid voor de Helbing-Schreckenberg TCA, de *brake light* TCA en de Kerner-Klenov-Wolf TCA; de resultaten zijn te zien in figuren 37.1, 37.2 en 37.3.

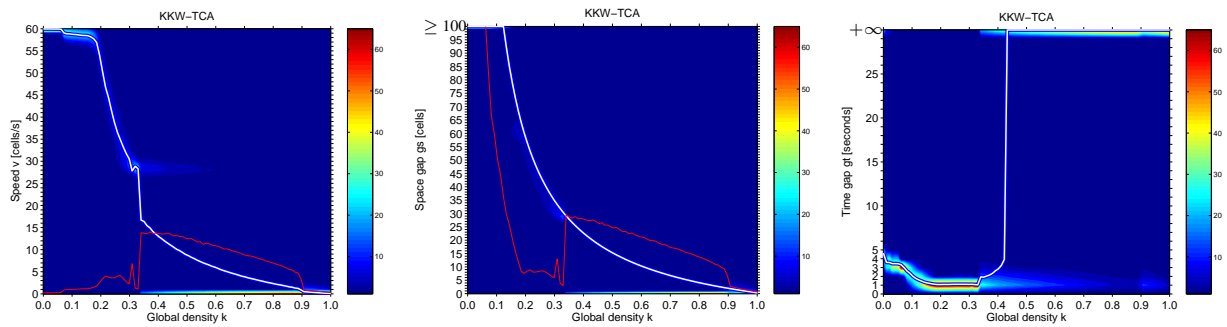
Wat direct opvalt aan de histogrammen van deze multi-cel TCA modellen, is dat bij de mediaan van de tussentijd g_t , er al voor zeer lage globale dichtheden een vrij kleine tussentijd is (daar waar deze bij de standaard TCA modellen altijd vrij hoog begon). Verder merken we dat voor de HS-TCA in figuur 37.1, er een cluster van tussenruimtes g_s te vinden is voor vrij lage dichtheden. De reden hiervoor dient nog bestudeerd te worden aan de hand van tempo-spatiale diagrammen van het systeem.



Figuur 37.1: De histogrammen van de gemiddelde snelheid \bar{v}_s , de tussenruimte g_s en de tussentijd g_t voor de Helbing-Schreckenberg TCA (HS-TCA).



Figuur 37.2: De histogrammen van de gemiddelde snelheid \bar{v}_s , de tussenruimte g_s en de tussentijd g_t voor de *brake light* TCA (BL-TCA).

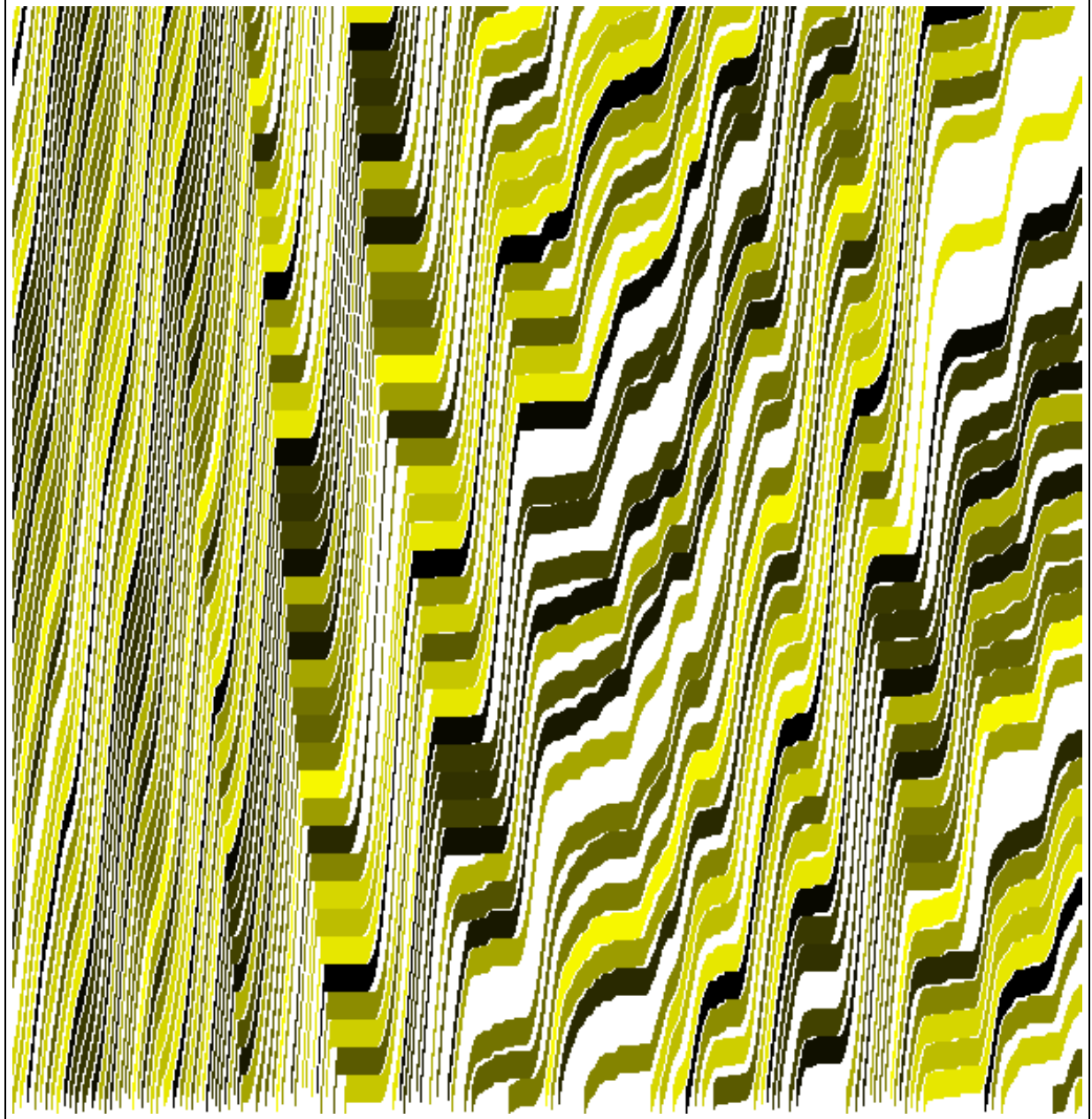


Figuur 37.3: De histogrammen van de gemiddelde snelheid \bar{v}_s , de tussenruimte g_s en de tussentijd g_t voor de Kerner-Klenov-Wolf TCA (KKW-TCA).

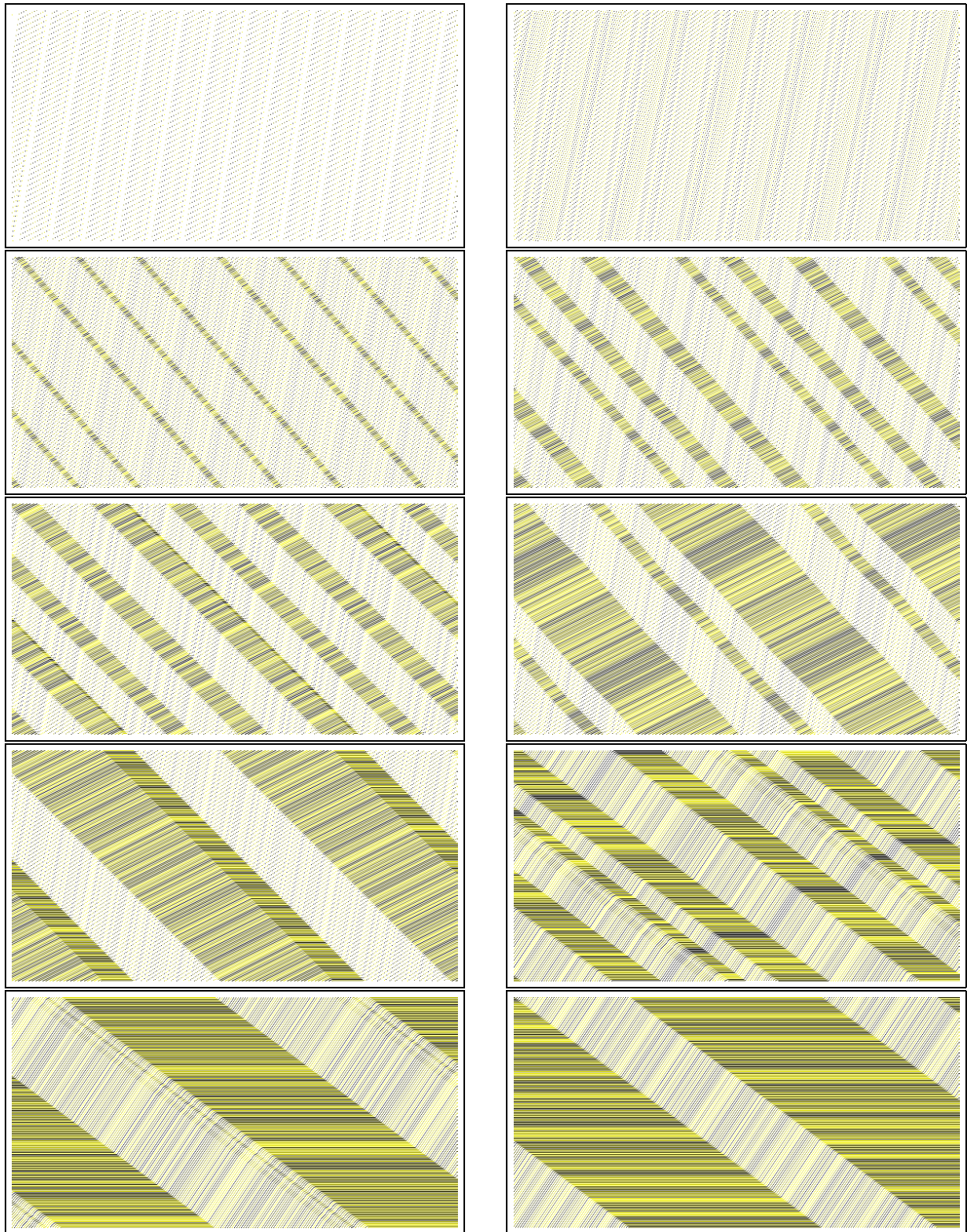
Dinsdag 14/09/2004 :

- ik heb een reisaanvraag ingediend voor mijn trip naar het UCL morgen.
- Voor HK05 heb ik aan de valven een bericht achtergelaten wanneer de lessen starten.
- De rest van de dag ging naar het visualiseren van de tijd-ruimte diagrammen van de HS-TCA, de BL-TCA en de KKW-TCA. Een extra moeilijkheid hierbij was het correct weergeven van de grotere voertuigen; in deze multi-cel TCA modellen nemen voertuigen immers meer cellen in. De nieuwe vereenvoudigde software implementatie, laat toe om een tijd-ruimte diagram te animeren, waarbij het mogelijk is om dit rechtstreeks in het PNG-formaat op schijf te bewaren. De reden voor deze laatste functionaliteit is dat er met vrij grote systemen moet gewerkt worden : indien een voertuig bijvoorbeeld 15 opeenvolgende cellen inneemt (i.e., in de KKW-TCA), dan dienen er ook 15 keer zoveel cellen in het systeem aanwezig te zijn. Nadat het tijd-ruimte diagram op schijf werd bewaard, kan dit in een beeldverwerkingsprogramma verkleind worden tot de vergelijkbare grootte van de standaard TCA modellen (i.e., 300 cellen in mijn geval). De reden hiervoor is dat de trajectories van de voertuigen anders raar kunnen ogen (zie bijvoorbeeld figuur 37.4).

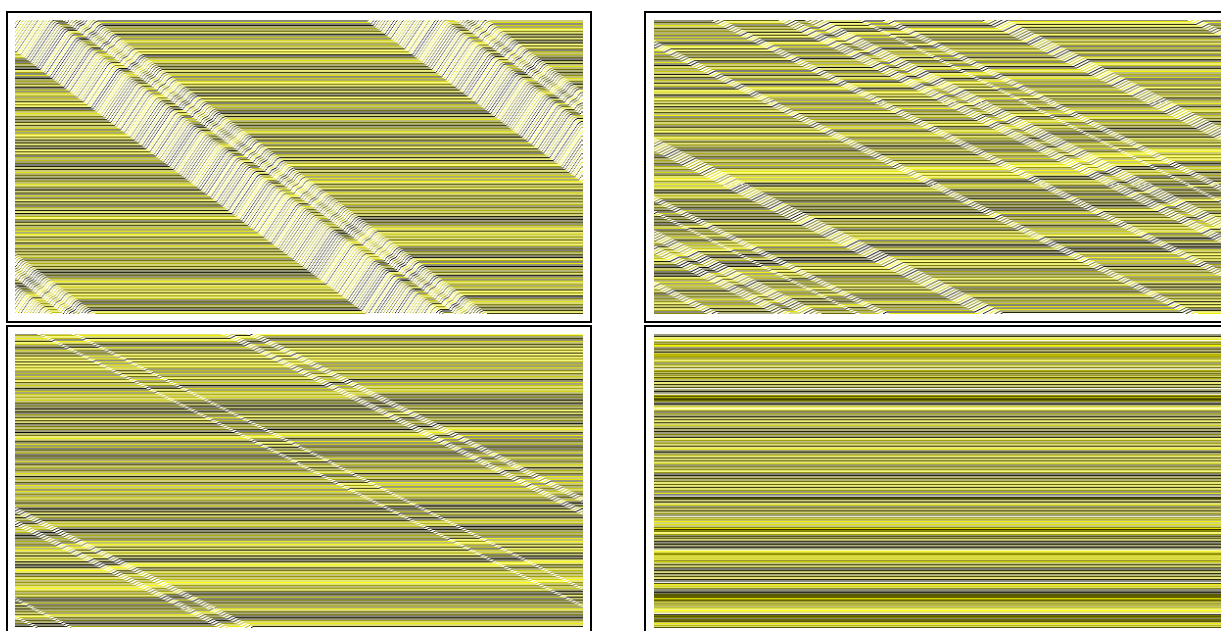
In figuren 37.5, 37.6, 37.7, 37.8, 37.9 en 37.10 worden de tijd-ruimte diagrammen van de HS-TCA, de BL-TCA en de KKW-TCA getoond voor globale dichtheden gaande van 0.05 tot 0.95, in stappen van 0.05.



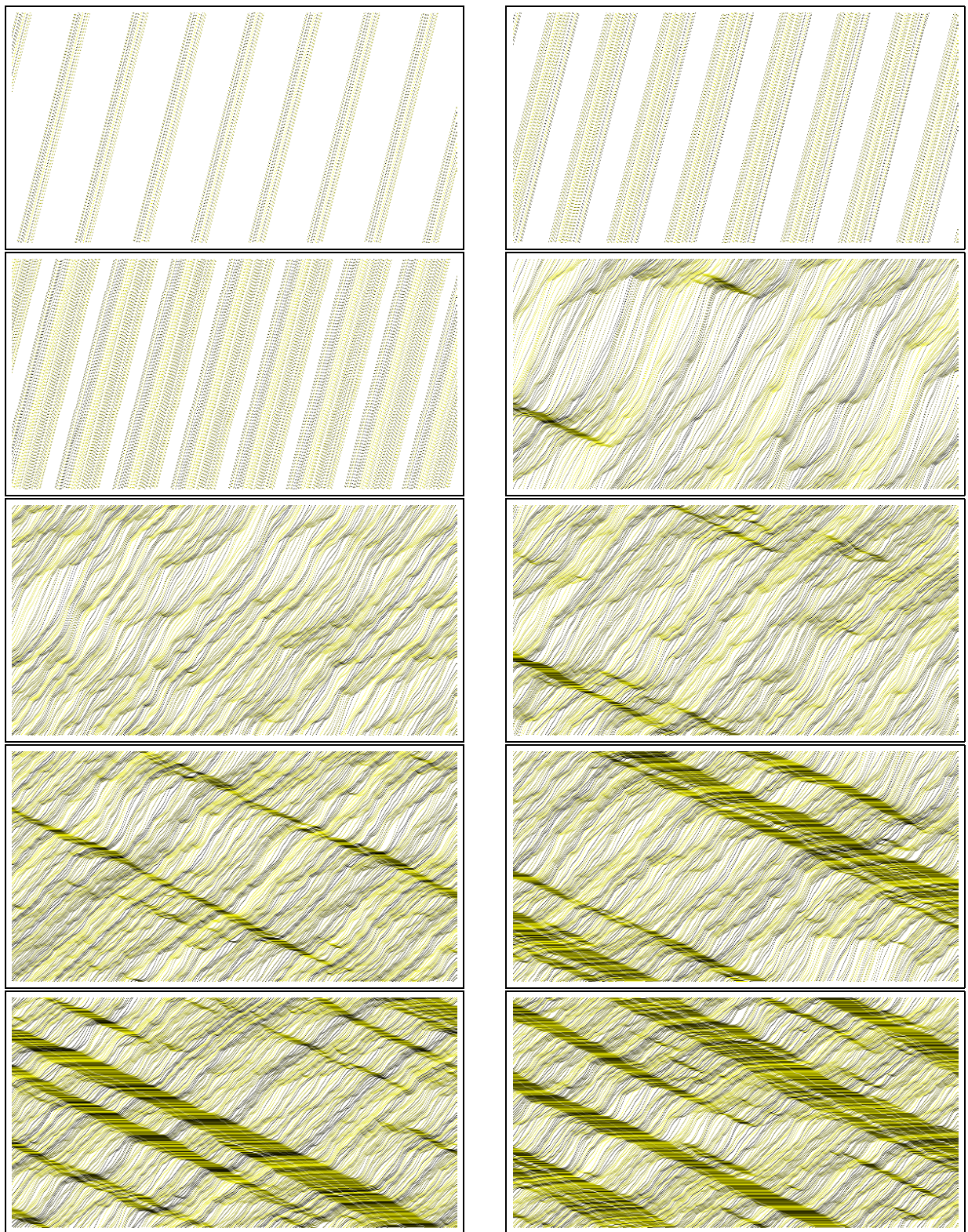
Figuur 37.4: Een *onverkleind* tijd-ruimte diagram van de KKW multi-cel TCA.



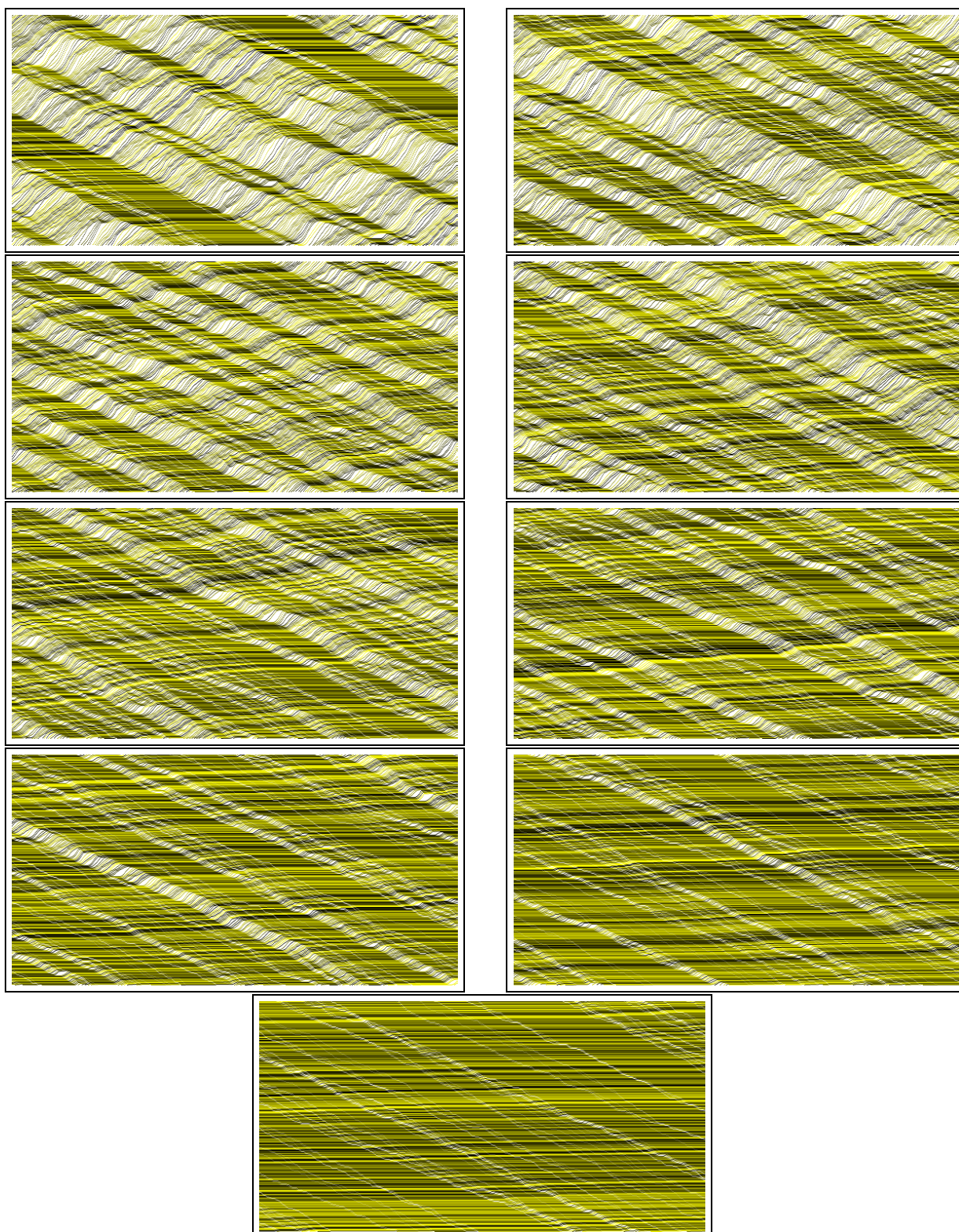
Figuur 37.5: De tijd-ruimte diagrammen van de HS-TCA, voor k gaande van 0.05 tot en met 0.50.



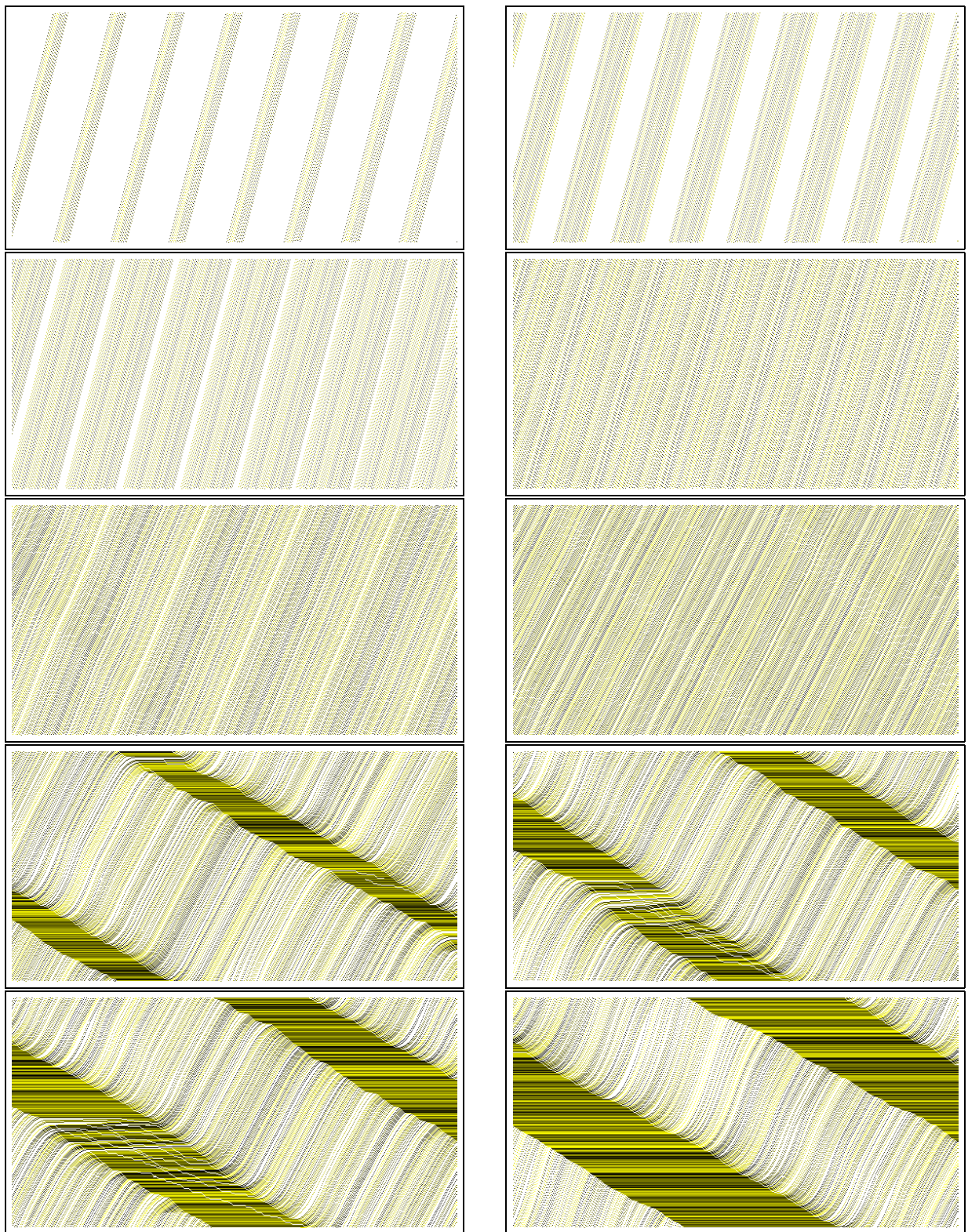
Figuur 37.6: De tijd-ruimte diagrammen van de HS-TCA, voor k gaande van 0.55 tot en met 0.70.



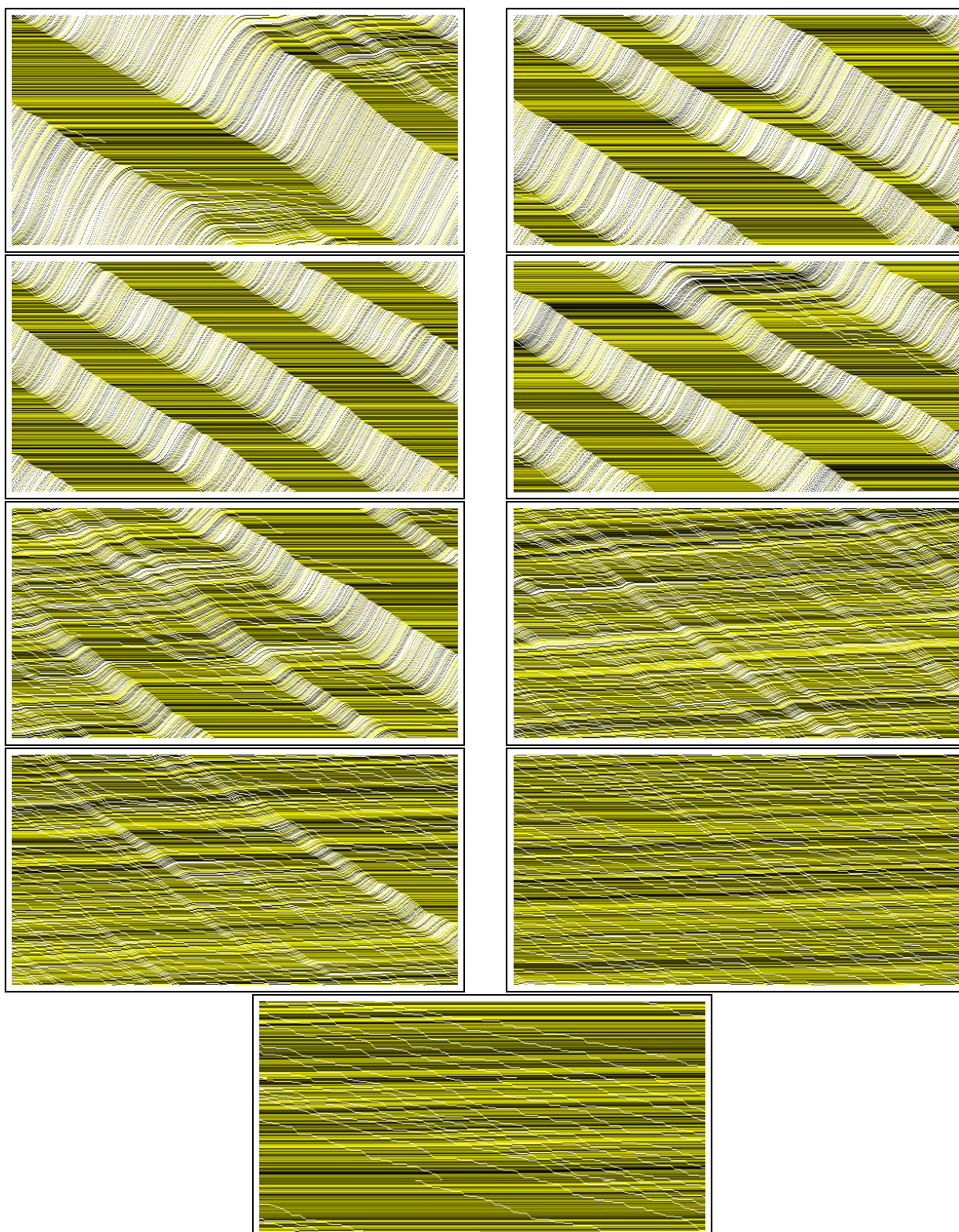
Figuur 37.7: De tijd-ruimte diagrammen van de BL-TCA, voor k gaande van 0.05 tot en met 0.50.



Figuur 37.8: De tijd-ruimte diagrammen van de BL-TCA, voor k gaande van 0.55 tot en met 0.95.



Figuur 37.9: De tijd-ruimte diagrammen van de KKW-TCA, voor k gaande van 0.05 tot en met 0.50.



Figuur 37.10: De tijd-ruimte diagrammen van de KKW-TCA, voor k gaande van 0.55 tot en met 0.95.

Woensdag 15/09/2004 :

- in de voormiddag ben ik naar CESAME (UCL) gereden om er met Héloïse Côté, Bertrand Haut, Guy Champion en Georges Bastin eens te overleggen inzake het DWTC-project CP/40.
- De nieuwe versie van mijn *Traffic Cellular Automata* + software heb ik online geplaatst, alsmede enkele voorbeelden van de nieuwe fundamentele diagrammen op basis van lokale en globale metingen.
- Ik heb mijn presentatie "*Evalueren aan de hand van papers*" voor Duo/Icto morgen voorbereid.
- Tot slot heb ik een F2-formulier ingediend om mijn reiskosten van de "*TransTec04*" conferentie te laten vergoeden.

Donderdag 16/09/2004 :

- in de voormiddag gaf ik twee keer een gastlezing "*Evalueren aan de hand van papers*" voor de Duo/Icto zomercursus "*Doceren in het BaMa tijdperk*" (de eerste keer sprak ik voor een vijftal mensen, de tweede keer voor een vijftiental).

We kregen volgende relevante opmerkingen :

- **Is het wel degelijk zo dat er een lacune is aan het schrijven van een goede paper ?**

In sommige richtingen wordt immers door de studenten geklaagd dat ze *teveel* werkjes dienen te maken. Een belangrijk aspect aan onze aanpak, is dat we niet vragen om zomaar *een* paper te schrijven, maar dat ze aangespoord worden tot kritisch denken wat betreft (hun opinie over) het onderwerp in kwestie (cfr. sociaal/economisch/maatschappelijk belang). Het stuk dat handelt over het technologisch en wetenschappelijk deel is een onderdeel van de paper, maar de kunst is om dit alles in een grotere context te kaderen, en dat is (samen met een blik naar de student zijn/haar afgelopen curriculum) de motivatie achter het schrijven van de paper.

- **Waarom wordt de paper niet in het Engels geschreven ?**

Het antwoord hierop is tweeledig : enerzijds is er volgens sommigen een wettelijke regeling dat examens in Nederlands dienen te zijn. Anderzijds lijkt het ons een beetje raar om de studenten de paper in het Engels te laten schrijven, als een aantal onder hen nog niet eens de Nederlandse taal machtig zijn (i.e., spel-, taal- en DT-fouten). Daarenboven vinden we dat er een onderwaardering is voor academische Nederlandstalige papers; om een zo groot mogelijk bereik te kennen, is het nodig om (bijvoorbeeld voor beleidsmakers en dergelijke) regelmatig ook in het Nederlands te publiceren.

- **Worden de papers achteraf ergens gepubliceerd, of is het een "louter academische schrijfoefening-?"**

De papers worden nergens gepubliceerd, in die termen is het een "louter academische schrijfoefening".

– **Is er voldoende tijd voor het schrijven van de paper ?**

Rond eind november / begin december weten de studenten reeds over welke gevalsstudie ze iets willen schrijven; we laten het ook quasi volledig aan hen over om de examendatum (en deadline voor het indienen van de paper) vast te leggen (ze plannen deze tijdsinvulling dus grotendeels zelf in de mate van het mogelijke). Daarnaast geven we hen ook mee dat het schrijven van de paper niet op een-twee-drie gebeurt, maar dat hier enige tijd in kruipt, en dat de studenten deze benodigde tijd soms ook onderschatten. Als voorbeeld geven we het schrijven van een samenvatting : het eigenlijke schrijven kan snel gaan (i.e., vijf minuten tot een half uur), maar het volledig afwerken kan enkele uren tot zelfs dagen duren; men laat immers de tekst liggen, waarna men deze op een later moment weer ter hand neemt en herbekijkt. Het feit dat we dit advies aan de studenten meegeven, werd door Duo/Icto als een belangrijk aspect geprezen.

– **Het blijkt dat in de industrie, veel afgestudeerden te moeilijke papers schrijven (i.e., heel technisch jargon et cetera); hoe zit dat bij jullie ?**

We dwingen de studenten het onderwerp in een ruimere context te kaderen door middel van de inhoudelijke vormvereisten. Dit leidt ertoe dat de inhoud van de paper zich op een hoger niveau bevindt, in vergelijking met een zuiver technische paper. Verder dwingen we de studenten beknopt te zijn (door middel van een paginalimiet) en toch alle inhoudelijk relevante vormvereisten coherent te integreren; dit maakt dat bijvoorbeeld het technologisch/wetenschappelijk deel van de paper (waar de wiskunde aan bod kan komen) niet meer (alleen) de hoofdzaak vormt.

– **Welke vormen van plagiaat kan je te weten komen ?**

Door de studenten te verplichten hun referenties op te geven, met de afspraak dat deze door ons opvraagbaar dienen te zijn, kunnen we kijken in welke mate ze stukken literatuur en/of structuur overnemen (deze methode werd reeds succesvol door ons toegepast); meer gesofistikeerdere vormen van plagiaat kunnen we niet te weten komen. Het blijkt dat er richtingen zijn waar de studenten op voorhand een contract dienen te ondertekenen, waarin gestipuleerd staat dat zij de academische integriteit niet zullen schenden; zelfs met deze harde restrictie, zijn er nog studenten die over de schreef gaan.

– **Wat is de meerwaarde van de evaluatie aan de hand van papers, ten opzichte van het schrijven van een eindwerk dat in hetzelfde jaar plaatsvindt ?**

Het eindwerk is niet zozeer enkel de tekst die aan bod komt, maar ook heel het proces van tot stand komen, van vooronderzoek doen, experimenten uitvoeren, literatuurstudie, resultaten rapporteren en kritische zelf-reflectie op het eigen werk. In onze evaluatiemethode, wordt er enkel naar gestreefd dat de studenten (1) kritisch leren denken, (2) een bepaald (breed) onderwerp economisch/maatschappelijk kunnen kaderen, (3) hun eigen reeds afgelopen curriculum in kaart brengen en dit in relatie tot het onderwerp zetten, en (4) dit alles op een beknopte en overzichtelijke wijze bundelen. Daarenboven lijkt ons dat dit de beste evaluatiemethode is die het nauwst aansluit op wat de doelstellingen van het vak en de evaluatie inhouden, wat het schrijven van een paper als evaluatievorm in hetzelfde jaar als het eindwerk niet uitsluit.

– **Hoe wordt het eindcijfer bepaald bij de beoordeling van het mondeling examen door de titularissen/assistent ?**

Dit resultaat wordt in consensus tussen de verschillende partijen opgesteld, waarbij de studenten gaandeweg onderling worden vergeleken en de resultaten fijner bijgesteld. Dit lijkt ons een logische en eerlijke aanpak, vermits het quoteren van een student op basis van de indruk van een mondeling examen een zeer subjectieve manier van werken is, waarbij een uitweg kan gevonden worden in het onderling vergelijken van de studenten.

- Ik heb aan ESAT's systeembeheerders gevraagd of ze terug `pico` (een handige mini-tekstverwerker) op *tullibardine* willen installeren; de reactie die ik kreeg was dat deze server werd geïnstalleerd met *RedHat Enterprise*, waarbij `pico` geen deel uitmaakt van de standaard distributie en dus ook niet (meer) werd geïnstalleerd. Ik heb ze gevraagd of ze het alsnog in orde willen brengen (aangezien we anders altijd moeten doorloggen naar bijvoorbeeld *schelde*), temeer daar dit in het verleden *ook* werd gedaan.

Dus in plaats van een kordaat "nee", krijg je gewoon een reden te horen, en wordt er aan je 'probleem' niks verholpen. ESAT's systeembeheerders zijn niet allen even aangenaam in het in mijn ogen niet (!) uitvoeren van hun opdracht . . .

- Tot slot heb ik enkele zaken voor HK05 afgedrukt en in orde gebracht, wat me wat werk voor de volgende weken bespaart.

37.4 Vrijdag 17/09 tot donderdag 23/09

37.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 17/09/2004 :

- ik heb het artikel "*A High-Resolution Cellular Automata Traffic Simulation Model with Application in a Freeway Traffic Information System*" [HCP⁺04] gelezen; dit komt in grote lijnen volledig overeen met het eerder besproken artikel "*Cellular Automaton Modeling of the Autobahn Traffic in North Rhine-Westphalia*" [HCP⁺03] (zie paragraaf 37.1.2 voor meer details hieromtrent).

Zaterdag 18/09/2004 tot en met woensdag 22/09/2004 :

- persoonlijk verlof. Tijdens ons verblijf in Texel (noorden van Nederland), zagen we een bizar type 'verkeersdrempel' : een holte in het wegdek (zie figuur 37.11). Deze 'verkeersput' lijkt me toch niet zo goed te zijn als een gewone verkeersdrempel; hij is min of meer bolvormig (hol weliswaar) gemaakt waarbij het diepste punt in het midden ligt en niet over de hele lengte. Wat het comfort van de fietsers betreft, denk ik dat zij langs de kant moeten rijden want het is veel aangenamer om over een heuvel te rijden dan doorheen een put.



Figuur 37.11: Een 'verkeersput' in Texel.

Nederland denkt hard aan de verkeersveiligheid, en in tegenstelling tot de Belgen in ons land, houden onze noorderburen zich vrij goed aan de snelheid. Er zijn echter twee uitzonderingen die me opvielen :

- op de meeste ringwegen geldt een snelheidsbeperking van 100 km/u, en dat is soms echt wel belachelijk aangezien er geen fysisch merkbaar verschil is tussen een autosnelweg van 120 km/u en een dergelijke ringweg. Merk daarnaast op dat op gewone autowegen er ook 100 km/u mag gereden worden, in tegenstelling tot bij ons waar deze beperking op 90 km/u ligt.
- Verder worden er bij wegenwerken ook snelheden van 90 km/u op een autosnelweg gehanteerd, en dat voor zeer korte afstanden. De reden is dat er dan meestal langs rechts een harde wand is gezet en men wil behoeden voor in- en uitvoegend werkverkeer. Ik vind dat ze er dan op zijn minst uren op mogen zetten want een dergelijke snelheidsbeperking heeft geen nut buiten de werkuren. Verder valt het op dat we een dergelijke situatie in België al meemaken, maar dat wij iets scherper zijn en onze beperking op 70 km/u leggen (cfr. de Antwerpse Ring).

Donderdag 23/09/2004 :

- ik heb een account aangevraagd bij het *Freeway Performance Measurement System*² (PeMS); prompt kreeg ik antwoord dat ik toegang heb tot de historische en actuele verkeersgegevens van de detectoren op de autosnelwegen in Californië.
- Verder heb ik enkele nieuwe Monte Carlo experimenten gestart om fundamentele diagrammen van de KKW-TCA te bekomen; de reden is dat deze een klein dichtheidsgebied hebben waar de metingen nogal sterk fluctueren. Uitmiddelen helpt in dit geval om het nerveuze gedrag van de grafiek een beetje te verminderen.

²<http://pems.eecs.berkeley.edu>

37.5 Vrijdag 24/09 tot donderdag 30/09

37.5.1 Weekoverzicht

Vrijdag 24/09/2004 :

- na lang wachten heb ik eindelijk de commentaren van de referees gekregen inzake mijn artikel voor in *The European Physical Journal B – Condensed Matter Physics*. Het blijkt dat het artikel vooral als te lang wordt ervaren en dat ik het met minstens een derde moet inkorten. Daarnaast vraagt men ook om de relatie met het werk van Awazu wat beter uit de doeken te doen.

- Via Internet kwam ik op een project uit ("*Traffic Modeling using Cellular Automata*") waar men naar mijn *Traffic Cellular Automata* software refereert :

<http://www.student.carleton.edu/~gavilanl/index2.html>

Daarnaast kwam ik ook nog volgende referentie tegen naar mijn artikel over niet-concave fundamentele diagrammen :

<http://forum.wolframscience.com/showthread.php?s=b59887294254f94f8209e5cd9d804d20&threadid=458>

Een interessante – zij het negatieve – reactie die hier te lezen valt, is de volgende :

Having constructed 'CA' models of traffic flow, and published on them and having extensively read the literature in the field, it should be noted that most of the workers in the field have no conception of what properly constitutes a CA. Their models are certainly NOT cellular automata except in the sense of having objects move on a lattice subject to various rules and constraints. That does not make them CA's.

Maandag 27/09/2004 :

- ik heb met de mensen van het departement Bouwkunde samen gezeten voor een startvergadering rond het projectvak in 2e kandidatuur Burgerlijk Ingenieur, *Probleemoplossen en ontwerpen, deel 3 (P&O3)*. Blijkbaar heeft men een projectvoorstel over het opstellen van een parkeerplan voor Leuven ingediend, waarbij SISTA mee werd opgegeven. Me dunkt dat dit een rare situatie is, aangezien ik hier in eerste instantie niks aan te zeggen had (het wordt indirect gemailed en je moet je er maar bij neerleggen *zonder dat men de beleefdheid heeft om dit eerst eens aan ons te vragen vooraleer men ons spontaan als kandidaat naar voor schuift*). Het project wordt gedragen door vier medewerkers van Ben Immers, plus mezelf die onder Joos Vandewalle resorteert. Al bij al is het wel ok daar dit project me wel enigszins boeit. . .

Dinsdag 28/09/2004 :

- na even na te denken heb ik een goede motivatie gevonden om het verrichte onderzoek naar *single lane* verkeer te staven : op onze West-Europese autosnelwegen is rechts inhalen verboden, wat maakt dat bij gematigd verkeer er een dichtheidsinversie optreedt op autosnelwegen met twee rijstroken waarbij er een trager rijdend voertuig zich op de rechter rijstrook bevindt. Het verkeer gedraagt zich op dat moment dus als een enkel-rijstrooksmodel op de linker rijstrook.
- Verder heb ik de slides voor de studenten van HK05 gekopieerd, en de laptop in orde gebracht voor mijn presentatie morgen.

Woensdag 29/09/2004 :

- in de voormiddag ging de eerste les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) door; na een korte introductie, legde ik de studenten de opzet en eindtermen van dit vak uit, waarna ik de eerste gastlezing gaf, getiteld : "*Verkeerskunde : een samenspel van modellen, simulaties en regelacties*".

Donderdag 30/09/2004 :

- het grootste deel van de dag ging naar het samen met Bouwkunde uitwerken van het projectvoorstel (Ontwikkelen van een parkeerplan voor Leuven) voor P&O3.
- Op de middag werd ik door Hilde Van Dongen gecontacteerd in verband met de eindrapporteringsmodaliteiten en een mogelijke verlenging van het project.

Hoofdstuk 38

Oktober 2004

38.1 Vrijdag 01/10 tot donderdag 07/10

38.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 01/10/2004 :

- ik heb met Bart Motmans samengezeten voor de technische organisatie van de SCORES workshop. Het evenement zal in de Oude Valk doorgaan, zodat ik de meeste van mijn contacten en connecties terug kan aanspreken.

Maandag 04/10/2004 :

- de K.U.Leuven heeft het lumineuze idee om iedereen wiens studentenkaart verlopen is, automatisch uit SAP te wissen. Dit maakte dat ik plots ESAT niet meer binnenkon; vermits me dit al een paar keer overkomen is, wist ik bij wie ik moest zijn (Josette Vanderidt¹ van de dienst Bewakings- en beveiligingsbeleid) zodat ik mijn kaart terug kon laten registreren.
- ik heb op Bouwkunde de projectuitleg voor P&O3 gegeven aan de eerste groep studenten (BWKA3).

Dinsdag 05/10/2004 :

- ik heb op Bouwkunde de projectuitleg voor P&O3 gegeven aan de tweede groep studenten (BWKB3).
- Na het inkorten van mijn artikel voor *The European Physical Journal B – Condensed Matter Physics*, heb ik de oorspronkelijke versie aangepast en als een *technical report* via *SISTA's publication engine* beschikbaar gesteld onder de naam "*Advancing density waves and phase transitions in a velocity dependent randomization traffic cellular automaton*" (03-111).
Verder heb ik de commentaren van de referees beantwoord en het artikel opnieuw ingestuurd.

¹016/32.21.49

Woensdag 06/10/2004 :

- in de voormiddag ging de tweede les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) door; gastspreker was Pieter Van den Braembussche (Verhaert NV) en hij had het over "*Ontwerp, modelleren en regelen van mini-satellieten*".
- Daarnaast ben ik begonnen om een L^AT_EX template op te stellen voor het schrijven van mijn dissertatie (ik had hier al een stuk gekregen van Tom Bellemans, wiens broncode teruggaat tot het werk van Bart De Schutter).

Donderdag 07/10/2004 :

- ik heb besloten om de bestaande L^AT_EX template overboord te gooien en hem zelf op punt te stellen; na enkele uren was me dit perfect gelukt, met als resultaat een volledige directorystructuur waar een doctoraatsdissertatie overzichtelijk in kan worden ondergebracht.

38.2 Vrijdag 08/10 tot donderdag 14/10

38.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 08/10/2004 :

- *The European Physical Journal B – Condensed Matter Physics* wist me te melden dat er een probleem was met de L^AT_EX code van mijn artikel; ik heb ze een nieuwe versie toegestuurd, alsmede het finale PDF-bestand.
- Ik heb een eerste poging ondernomen om een inhoudstafel voor mijn dissertatie op te stellen; er worden enkele grote delen onderscheiden, zoals TCA modellen, data-analyse, gedistribueerde simulatie en toepassingen.

Maandag 11/10/2004 :

- zo goed als de hele dag ging naar het treffen van de laatste voorbereidingen voor de SCORES workshop die morgen start; men staat soms versteld van hetgeen er op het laatste moment allemaal nog niet voorzien was of kan wijzigen. . .

Dinsdag 12/10/2004 :

- heel de dag zorgde ik voor het welzijn van de SCORES workshop. Volledig gelijklopend aan de afgelopen MTNS conferentie, had ik ook hier weer mijn handen vol om alles gegeregeld te krijgen, wat maakt dat deze job toch wel een beetje intensiever is dan de meeste andere ‘rand-opdrachten’.

Woensdag 13/10/2004 :

- net zoals gisteren, zorgde ik vandaag ook heel de dag voor het welzijn van de SCORES workshop.
- *The European Physical Journal B – Condensed Matter Physics* wist me te melden dat mijn journal artikel werd aanvaard voor publicatie !

Donderdag 14/10/2004 :

- in de voormiddag bundelde ik alle presentaties die gegeven werden tijdens de SCORES workshop.
- Daarna ging de *SISTA Newcomers’ Introduction and Reception* door.

38.3 Vrijdag 15/10 tot donderdag 21/10

38.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 15/10/2004 :

- ik heb de titelbladen van mijn dissertatie in orde gebracht; dit had wat meer voeten in de aarde dan aanvankelijk gedacht (dit omdat het K.U.Leuven-sedes hoger op het voorblad komt wegens de blauwe band bovenaan).
- In de namiddag woonde ik een *Transport & Mobility Leuven* seminarie op Bouwkunde bij; Isaak Yperman kwam spreken over dynamische verkeerstoedeling. Naar aanleiding hiervan, heb ik besloten eens te kijken naar hybride modellen (waarbij microscopische en macroscopische modellen tesamen gedraaid worden). Al blijf ik met de onbeantwoorde vraag zitten hoeveel trager een grootschalige zuivere TCA simulator draait dan een evenwaardig macroscopisch model (met stukken TCA modellen voor de meer gedetailleerdere gebieden).

Maandag 18/10/2004 :

- op Bouwkunde gingen de interviews door van de eerste groep studenten (BWKA3) voor het vak P&O3; zij spelen een studie bureau dat het parkeerplan dient te ontwerpen, en wij (i.e., de begeleiders) spelen de rol van de bewoners, van de kleine zelfstandigen, van de K.U.Leuven en haar studenten en van het stadsbestuur.

Dinsdag 19/10/2004 :

- op Bouwkunde gingen de interviews door van de tweede groep studenten (BWKB3) voor het vak P&O3.
- Daarnaast heb ik nog alle slides voor de studenten van HK05 gekopieerd.

Woensdag 20/10/2004 :

- in de voormiddag ging de derde les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) door; gastspreker was Dries Van Dromme en hij had het over "*Large Scale Datasets and Knowledge Management Systems*".
- Ik heb volgende onderdelen aan mijn dissertatie toegevoegd : *List of publications (journal papers, conference proceedings, abstracts, internal reports), List of presentations (lectures and seminars, posters, project presentations), About the author.*

Donderdag 21/10/2004 :

- ik heb *Eclipse 3* als IDE geïnstalleerd, samen met de JDK 1.5.0 (Tiger); het is blijkbaar nog geen gemakkelijke klus om de nieuwe features van de compiler onder de IDE aan de praat te krijgen.
- Jan Engelen wist me te melden dat er geen bijdrage rond Verkeer verwacht wordt tijdens de komende Wetenschapsweek.

38.4 Vrijdag 22/10 tot donderdag 28/10

38.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 22/10/2004 :

- ik heb mijn weekverslagen van de voorbije maand aangevuld.
- Verder heb ik nog kort met Bart Motmans samengezeten over het voorstel tot een gedragsaanpak van verkeersveiligheid (we gaan het laten voor wat het is) en het verlengen van ons DWTC-project CP/40.
- Een zekere Seyed Nabavi heeft me via mijn website enkele artikels gevraagd.
- Na zeven (!) maanden te wachten op het nieuwe boek van Boris Kerner, heb ik Springer in Heidelberg (Duitsland) gecontacteerd met de vraag of er nog iets van in huis komt...

Maandag 25/10/2004 :

- op de middag zijn we met enkelen uitgebreid gaan lunchen als ‘beloning’ van onze inzet tijdens de afgelopen SCORES Workshop.
- Ik heb, ter voorbereiding op het maken van mijn gedistribueerde verkeerssimulator, het hoofdstuk "*Data Structuring with Generics, foreach, and Enumerations (JDK 1.5)*" [Dar04] uit het "*Java Cookbook*" gelezen en mezelf met de nieuwe taalconstructies vertrouwd gemaakt.

Dinsdag 26/10/2004 :

- het grootste deel van de dag ging naar het omzetten van mijn *SMTools* en *Traffic Cellular Automata* software voor gebruik met de *Eclipse 3.1²* IDE, in combinatie met de nieuwe JDK 1.5.0 (J2SE5.0, codenaam *Tiger*), naast de bestaande JDK 1.3.1.
- Frauke Schlie van Springer contacteerde me met de melding dat het door ons bestelde boek "*Physics of Traffic*" van Boris Kerner gereserveerd is, maar nog niet gepubliceerd; we hebben gevraagd het alsnog te leveren van zodra het beschikbaar is.
- Martin Necas contacteerde me; hij is juist gestart met doctoraat in de robotica en vroeg enkele van mijn artikels. Hij wist me ook te vertellen dat hij mijn artikelsdata-bank ging gebruiken voor zichzelf; volgende uitdrukking geeft dit mooi weer :

"When I see the amount of articles in your database, I realize the importance of solid organisation."

²<http://www.eclipse.org>

Woensdag 27/10/2004 :

- in de voormiddag ging de vierde les van het vak "Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole" (HK05) door; gastspreker was Herman Vanderauweraer en hij had het over "Modelleren van structuurdynamisch gedrag".
- Na wat opzoekingswerk, kwam ik tot de vaststelling dat enkele belangrijke J2SE5.0 features zoals *autoboxing/unboxing* en *varargs* nog niet door de laatste *Eclipse* build ondersteund worden :

Eclipse 3.1 milestone build M2 (24/09/2004) - New and Noteworthy

Status of J2SE 5.0 features

The changes to the Java tools to support J2SE 5.0 (aka 1.5) are proceeding nicely. The Eclipse Java compiler now handles generics, enhanced for loops, and hexadecimal floating point literals (at this point we're passing 96.8% of the JCK1.5 compliance tests). The other language additions - enumerations, annotations, static imports, varargs, autoboxing - make it past the parser, but are not yet being processed any deeper than that. Support for these other new language features will be introduced in future 3.1 milestones.

Donderdag 28/10/2004 :

- ik heb het artikel "Parameterized Types" [Lan04] gelezen. Verder heb ik in mijn *SM-Tools* software min of meer afgewerkt, waarbij er nu een `Registry` beschikbaar is, waarin verschillende `Hives` kunnen ondergebracht worden (dit geeft de mogelijkheid tot *globale toegang* van objecten). Deze `Registry` wordt trouwens ingeladen en bewaard aan het begin en einde van het programma.

Hoofdstuk 39

November 2004

39.1 Vrijdag 29/10 tot donderdag 04/11

39.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 29/10/2004 :

- ik heb de voorlopige inhoudstafel van mijn dissertatie afgewerkt, alsmede een daaraan gekoppelde ruwe planning opgesteld; de delen en hoofdstukken in kwestie zijn :
 - Introduction
 - **Traffic Cellular Automata**
 - * Classes of traffic flow models
 - * Traffic cellular automata
 - * LWR versus TCA
 - **Numerical Traffic Data**
 - * Calibration
 - * Statistical analysis
 - **Distributed Simulation of Traffic Flows**
 - * Mixing traffic flow models
 - * CATSIM implementation
 - **Applications**
 - * General applications
 - * Congestion prediction
 - **Conclusions**
 - * General conclusions and future research
 - **Appendices**
 - * Glossary of terms
 - * Nomenclatura
 - * Some thoughts on obtaining a PhD
- Eduardo Camponogara (*Federal University of Santa Catarina, Department of Automation and Systems, Brazilië*) vroeg me om enkele artikels (in verband met het regelen van verkeersstromen en daarop gebaseerde toedeling) uit mijn databank naar hem te e-mailen.

Maandag 01/11/2004 :

- collectief verlof personeel K.U.Leuven wegens Allerheiligen.

Dinsdag 02/11/2004 :

- collectief verlof personeel K.U.Leuven wegens Allerzielen.

Woensdag 03/11/2004 :

- ik heb de tussentijdse verslagen verbeterd van de groepen BWKA3 en BWKB3 voor het projectwerk P&O3.

Donderdag 04/11/2004 :

- ik heb twee SCORES seminars bijgewoond; Bert Pluymers sprak over "*Polyhedral invariant sets for LPV systems *are* computable !*" en Bart Paijmans sprak over "*Simulation and stability analysis of an LPV model and controller*". Het viel me op dat het tweede seminarie op niks trok; de spreker was veel te snel klaar (slechte tijdsinschatting) en veronderstelde teveel achtergrondkennis van zijn publiek. Daarenboven liet hij het telkenmale na om zijn grafiekassen te labelen.
- Er is een nieuw exemplaar van "*Scientific Computing World*" [Wil04e] toegekomen.

39.2 Vrijdag 05/11 tot donderdag 11/11

39.2.1 Weekoverzicht

Vrijdag 05/11/2004 :

- ik heb mijn opmerkingen over P&O3 doorgegeven aan Bouwkunde; de groep BW-KA3 was gisteren echter al langsgeweest (zonder op voorhand te verwittigen), maar bij Bouwkunde dachten ze er wel eventjes niet aan om mij op het moment zelf te verwittigen !
- Tot slot heb ik een halve dag verlof genomen.

Maandag 08/11/2004 :

- Stephen Kelley contacteerde me terug in verband met mijn *OpenGL* code :

Sven,

FS Hill Jr, author of Computer Graphics in OpenGL, and I are updating the graphics textbook as you may remember. I contacted you a few months ago about your OpenGL code. Would you be willing to give us permission to use your code in our upcoming graphics textbook ? We would give you proper recognition and would you thank you for your contributions in the text also. The book will be published in the middle of 2005 by Prentice Hall. Let me know if you have any problems with dr Hill and I incorporating your code into the next edition of the textbook.

Stephen M. Kelley Jr. and FS Hill Jr, co-authors.

Ik heb hen direct een uitgebreid positief bericht terug gestuurd, met daarin enkele concrete opmerkingen omtrent de keuzes bij implementatie van mijn *SvenGL C++* code.

- Tot slot heb ik me ingeschreven voor het aanstaande *TNO-TRAIL* congres.

Dinsdag 09/11/2004 :

- Veerle Foulon (van Duo/Icto) vroeg me – naar aanleiding van mijn afgelopen gastlezing – om het evaluatieformulier van HK05 door te sturen :

Beste Sven,

op de zomercursus van DUO-ICTO (september) heb jij een evaluatieformulier laten zien dat jullie gebruiken bij de evaluatie van schriftelijk werk en de bijhorende mondelinge verdediging. De manier waarop het formulier opgesteld was, leek me zeer interessant en zou ter inspiratie kunnen dienen voor onze assistenten (deze worden in een didactische sessie gevraagd om evaluatiecriteria voor schriftelijk werk op te stellen en dat te vertalen in een evaluatieformulier). Zou je het formulier even kunnen doorsturen ?

- Daarnaast heb ik ook de slides voor de studenten van HK05 afgedrukt en de website op Toledo in orde gebracht.
- De editors van *The European Physical Journal B – Condensed Matter* hebben me een proefexemplaar van mijn artikel toegestuurd. Ik heb het verbeterd en terug gestuurd.

Woensdag 10/11/2004 :

- in de voormiddag ging de vijfde les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) door; gastspreker was Paul Van Hummelen en hij had het over "*Micro-arrays en bio-informatica*".
- Naar aanleiding van de afgelopen *TransTec04* conferentie in Athene, had ik enkele opmerkingen in verband met een goede presentatiestijl op papier geformuleerd; ik heb deze wat uitgewerkt in een voorlopig manuscript.

Donderdag 11/11/2004 :

- collectief verlof personeel K.U.Leuven wegens Allerzielen.

39.3 Vrijdag 12/11 tot donderdag 18/11

39.3.1 Weekoverzicht

Vrijdag 12/11/2004 :

- ik heb verder gewerkt aan mijn manuscript dat handelt over een goede presentatiestijl.

Maandag 15/11/2004 :

- vermits ik in mijn manuscript werk met resultaten van de proefstudie die ik voor het vak *Academic English* uitvoerde, heb ik alles omgezet naar een volledig artikel waarbij in het eerste deel aandacht aan dit onderzoek wordt besteed, terwijl het tweede deel handelt over een goede presentatiestijl.

Dinsdag 16/11/2004 :

- ik heb contact gehad met Theresa Enos in verband met mijn artikel "*Graduate Students and The Art of Public Speaking*" [MM04a]; zij is editor van het tijdschrift "*Rhetoric Review*" en wist me volgend nieuws te melden :

I think your research is exciting, and I'd like to have it submitted to Rhetoric Review. We don't have online submissions, but I think we can make an exception, given you're overseas. Let me see what I can find out about an online link to MLA style guidelines for manuscripts and get back to you.

- Tot slot heb ik de slides voor de studenten van HK05 afgedrukt en de website op Toledo in orde gebracht.

Woensdag 17/11/2004 :

- in de voormiddag ging de zesde les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) door; gastspreker was Erwin Bastings en hij had het over "*Geïntegreerde procescontrole en datamining in de chemische industrie*".
- Ik heb mijn artikel omgezet naar de MLA stijl (i.e., *Modern Language Association*), wat toch wel wat werk met zich meebracht. Daarna heb ik het opgestuurd naar het tijdschrift "*Rhetoric Review*".

Donderdag 18/11/2004 :

- ik diende een kort voortgangsrapport van de doctoraatsopleiding in te vullen; dit naar aanleiding van het laten goedkeuren van de verlenging van mijn doctoraatsbeurs.
- Verder heb ik een *indexer* afgewerkt die me toelaat, gegeven een verzameling te indexeren woorden, mijn ganse documentstructuur achteraf *automatisch* te indexeren.
- Therese Enos van "*Rhetoric Review*" wist me nog het volgende te melden :

I will send the manuscript out for peer review; we try hard to get back to submitters within 3 months, and usually do. Do know that your kind of research, because of its empirical nature, is not the kind of article that Rhetoric Review usually publishes. That said, perhaps the reviewers will welcome it. If this doesn't work out for you, you might submit to a communications studies journal, or Research in the Teaching of English.

Dit laatste is wel (mogelijk) spijtig nieuws en het is een beetje raar dat ze daar nu pas mee op de proppen komt.

39.4 Vrijdag 19/11 tot donderdag 25/11

39.4.1 Weekoverzicht

Vrijdag 19/11/2004 :

- op de middag ging er een *Transport & Mobility Leuven* seminarie door; Steven Loghe had het over de modellering van geluidsemissies in verkeersmodellen.

Maandag 22/11/2004 :

- ik ben mijn treinticket voor Rotterdam gaan halen in het station van Leuven.
- Verder heb ik de verlenging van het DWTC-project CP/40 geregeld.
- Daarnaast heb ik de slides voor de studenten van HK05 afgedrukt en de website op Toledo in orde gebracht.
- En tot slot heb ik *Eclipse 3.1 M3* afgehaald, waarbij er nu ook worden varargs ondersteund.

Dinsdag 23/11/2004 :

- de hele dag vertoefde ik in Rotterdam's World Trade Center waar het *TRAIL-TNO Congress* [Bov04] naar aanleiding van 10 jaar TRAIL doorging.

Woensdag 24/11/2004 :

- in de voormiddag ging de zevende les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) door; gastspreker was Marcelo Espinosa en hij had het over "*Datamining in a liberalized electricity market*".
- Ik heb de introductie van het deel "*Traffic Cellular Automata – Background and physical setup*" van mijn dissertatie geschreven.

Donderdag 25/11/2004 :

- ik heb verder aan het deel "*Traffic Cellular Automata – Background and physical setup*" gewerkt, waarbij er nu aandacht werd besteed aan "*Physical environment*" en "*Rule set*".

Hoofdstuk 40

December 2004

40.1 Vrijdag 26/11 tot donderdag 02/12

40.1.1 Weekoverzicht

Vrijdag 26/11/2004 :

- ik heb het deel "*Traffic Cellular Automata – Mathematical notation*" geschreven, waarbij er aandacht werd besteed aan "*Classic notation*"; dit had enkele voeten in de aarde daar het niet zo evident was om een geschikte uniforme (klassieke) notatie voor de cellulaire automaten te vinden. Gelukkig loopt deze uiteindelijk vrij parallel aan de gebruikte notatie in de theoretische informatica (cfr. Turing machines, ...).

Maandag 29/11/2004 :

- zo goed als heel de dag werkte ik – met succes – verder aan het deel "*Classic notation*" van mijn dissertatie.

Dinsdag 30/11/2004 :

- ik ben begonnen aan het deel "*Classification of CA rules*" van mijn dissertatie.
- Tot slot heb ik de slides voor de studenten van HK05 afgedrukt en de website op Toledo in orde gebracht.

Woensdag 01/12/2004 :

- in de voormiddag ging de achtste les van het vak "*Gevallenstudies van datamining en industriële procescontrole*" (HK05) door; gastspreker was Christophe Traest en hij had het over "*Gebruik van wiskundige modellen in de staalindustrie*".
Ik heb de studenten ook uitgelegd wat de praktische opdracht voor dit vak inhoudt, waarbij ze nu al konden kiezen over welk onderwerp ze hun artikel willen schrijven.
- Gedurende de rest van de dag heb ik het deel "*Classification of CA rules*" van mijn dissertatie afgewerkt.

Donderdag 02/12/2004 :

- mijn artikel "*Non-concave fundamental diagrams and phase transitions in a stochastic traffic cellular automaton*" is vandaag op het Internet verschenen (Springer's website); het wordt gepubliceerd in "*The European Physical Journal B – Condensed Matter Physics*", vol. 42, nr. 1, pagina's 131–140, november 2004.
- Het grootste deel van de dag ging naar het automatisch laten genereren van mijn *Paper Repository* : deze 'databank' bevat *al* mijn elektronisch beschikbare artikels, en dit zijn er 956 op dit moment. De beschikbare categorieën zijn verkeer, ray tracing, cellulaire automaten, zelf geschreven artikels, Java en al de rest.
- Tot slot heb ik nog snel mijn weekverslagen van de afgelopen maand aangevuld.

Deel V

Appendices

Appendix A

Lijst van afkortingen

ACC	adaptive cruise control
AHS	automated highway systems
AID	automatic incident detection
AIMSUN	Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks
AMI	average mutual information
APTS	American Physical Society
APTS	advanced public transportations systems
AR	autoregressive model
ARIMA	autoregressive integrative moving average
ARMA	autoregressive moving average
ARTS	advanced rural transport systems
ASEP	asymmetric stochastic exclusion process
ATIS	advanced travelers information systems
ATMS	advanced traffic management systems
AVCS	advanced vehicle control systems
BL-TCA	brake-light TCA
BML	Bigham-Middleton-Leving
BPR	Bureau of Public Roads
CA	cellular automaton
CACC	cooperative adaptive cruise control
CCA	canonical correlation analysis
CLO	camera Linkeroever
CNN	cellular neural network
COVID	computer ondersteunde verwerking van incident detectie
CVO	commercial vehicle operations

DNL	dynamic network loading
DOCOP	doctoraatsopleiding
DSO	dynamic system optimum
DTA	dynamic traffic assignment
DUE	dynamic user equilibrium
DVM	dynamisch verkeersmanagement
DWTC	Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden
DynaMIT	Dynamic Network Assignment for the Management of Information to Travelers
ER-TCA	Emmerich-Rank TCA
ESAT	Electronics Systems Automation Technology
ETA	equilibrium traffic assignment
ETC	electronic toll collection
FCD	floating car data
FIR	finite impuls response
FNN	false nearest neighbour
GETRAM	Generic Environment for Traffic Analysis and Modelling
GIS	geographical information system
GKT	gas kinetic theory
GoE	Garden of Eden
GPS	global positioning system
GSMC	global system for mobile communications
HB	herkomst-bestemming
HCM	Highway Capacity Manual
HLA	high level architecture
HPC	high-performance computing
HS-TCA	Helbing-Schreckenberg TCA
HTC	high-throughput computing
IAP	interuniversity attraction poles
ICA	independent component analysis
IDM	intelligent driver model
IIR	infinite impuls response
ILD	inductive loop detector
ILT	Instituut voor Levende Talen
ITS	intelligent transportation systems
KKW-TCA	Kerner-Klenov-Wolf TCA
KUL	Katholieke Universiteit Leuven

LED	light emitting diode
LIDAR	light detecting and ranging
LOS	level-of-service
LPR	license plate recognition
LUDIT	Leuvens Universitair Dienstencentrum voor Informatica en Telematica
LWR	Lighthill – Whitham – Richards
MA	moving average
MagLev	magnetic levitation
Mitrasim	Microscopic Traffic Simulator
MITSIM	Microscopic Traffic Simulator
ML-TCA	multi-lane traffic cellular automaton
MPC	model predictive controller
MPI	message passing interface
MSA	method of successive averages
NaSch	Nagel-Schreckenberg
OD	origin-destination
ODE	ordinary differential equation
OLED	organic light emitting diode
OPT	overtaking prohibition for trucks
OSS	Open Source Software
OWN	onderliggend wegennet
PARAMICS	Parallel Microscopic Simulator
PATH	Partners for Advanced Transit and Highways
PCA	principal component analysis
PCE	passenger car equivalents
PCU	passenger car units
PDE	partial differential equation
PELOPS	Program for the dEvelopment of Longitudinal micrOscopic traffic Processes in a Systemrelevant environment
PHF	peak-hour factor
RDS-TMC	radio data signal - traffic message channel
RMS	root mean square error
RMSP	root mean square percentage error
RP	recurrence plot
RQA	recurrence quantification analysis
RUCA	(Rijks)Universitair Centrum Antwerpen

SCC	symmetric cruise control
SISTA	Signals, Identification, System Theory, and Automation
SITTER	Système Intelligent de Trafic en TEmps Réel des autoroutes
SMS	space mean speed
SO	system optimum
SQL	structured query language
SR	stochastische resonantie
SSO	stochastic system optimum
STA	static traffic assignment
START	Systeem Trafiek Autowegen in Reële Tijd
STCA	stochastic traffic cellular automaton
SUE	stochastic user equilibrium
SVD	singular value decomposition
TAP	Technologische Attractie Polen
TCA	traffic cellular automaton
TCC	traffic control center
TIC	traffic information center
TMS	time mean speed
TOCA	time-oriented cellular automaton
TOLED	transparent organic light emitting diode
TOLEDO	TOetsen en LEren Doeltreffend Ondersteunen
TRAIL	Transport, Infrastructure and Logistics
TRANSIMS	Transportation Analysis and Simulation System
TRAQ	Traffic Flow Analysis and Queueing Theory
TRP	thresholded recurrence plot
TTS	teletravel systems
UE	user equilibrium
UIA	Universitaire Instelling Antwerpen
UPO	unstable periodic orbit
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
URP	untresholded recurrence plot
VDR	velocity-dependent-randomization
VERDI	vehicle relayed dynamic information
VI	variational inequality
VMS	variable message sign
WYA	whole year analysis
XFCD	extended floating car data

Referenties

- [Abl03] Rafal Ablamowicz. *A Graduate Student's Guide to LaTeX and AMS-LaTeX*. Technisch Rapport 2003-1, Tennessee Technological University, Cookevill, TN 38505, U.S.A., Februari 2003.
- [AC03] Mickaël Antoni en Raffaele Cafiero. *Dynamical phases and hysteresis in a simple one-lane traffic model*, Maart 2003.
- [Arn01] Richard Arnott. *The Economic Theory of Urban Traffic Congestion – A Microscopic Research Agenda*. Workshop on Environmental Economics and the Economics of Congestion: Coping with Externalities, Juli 2001. CESifo Venice Summer Institute, Venice International University, San Servolo.
- [AS] S. Albeverio en M. Schreckenberg. *Connexion and completion of traffic data recorded unevenly in space and time*. Contribution to the Schwerpunktprogramm 1114 of Deutsche Forschungsgemeinschaft.
- [Ave] Sean R. Avent. *Time Series Analysis – An Introduction*. Webextract.
- [Avn00] Jeremy Avnet. *Theory of Cellular Automata*. Webextract, University of California, Santa Cruz, Juni 2000.
(URL : <http://www.theory.org/complexity/cdpt/html/node4.html>).
- [AW03] Eitan Altman en Laura Wynter. Equilibrium, games, and pricing in transportation and telecommunication networks. *Networks and Spatial Economics*, 2, 2003.
- [Awa99] Akinori Awazu. Cellular automaton rule 184 + + C. A simple model for the complex dynamics of various particles flow. *Physics Letters A*, 261:309–315, Oktober 1999.
- [Bac03] Martin Bach. Working in the Sixth Dimension. Uit *Traffic Technology International*. UK & International Press, December 2003.
- [Bae01] John C. Baez. *The Octonions*. Technisch rapport, Department of Mathematics, University of California, Riverside CA 92521 (USA), Juni 2001.
- [Bar] J. Barceló. *Microscopic Traffic Simulation : A Tool for the Analysis and Assessment of ITS Systems*. TSS – Transportation Simulation Systems. Department of Statistics and Operations Research, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- [Bar98] Robert Barlović. *Metastabile Zustände im Zellularautomatenmodell für den Straßenverkehr*. Licentiaatsthesis, Gerhard-Mercator-Universität, Gesamthochschule Duisburg, April 1998.

- [BB03] M. Blue en B.W. Bush. *Information content in the Nagel-Schreckenberg cellular automata traffic model*. Submitted to Physical Review E, Februari 2003.
- [BBL02] Mark Baker, Rajkumar Buyya, en Domenico Laforenza. Grids and Grid technologies for wide-area distributed computing. Uit *Software – Practice and Experience*, 2002.
- [BC99] Marian Bubak en Przemyslaw Czerwiński. Traffic simulation using cellular automata and continuous models. *Computer Physics Communications*, pagina's 395–398, 1999.
- [BC01] Richard P. Batley en Richard G. Clegg. Driver Route and Departure Time Choices – The Evidence and the Models. Uit *Proceedings of the 33rd Annual UTSG conference*, St. Anne's College, Cambridge, 2001.
- [BC02] Jaime Barceló en Jordi Casas. *Heuristic Dynamic Assignment based on Microscopic Traffic Simulation*. 9th Meeting of the Euro Working Group on Transportation, Juni 2002. Bari, Italy.
- [BDS] Saifallah Benjaafar, Kevin Dooley, en Wibowo Setyawan. *Cellular Automata for Traffic Flow Modeling*. University of Minnesota, Department of Mechanical Engineering.
- [BE99] Hanna Bratt en Eva Ericsson. Measuring vehicle driving patterns – estimating the influence of different measuring intervals. Uit *Urban Transport Systems 2nd KFB Research Conference.*, Lund, Sweden, Juni 1999.
- [BEF⁺99] R. Barlovic, J. Esser, K. Froese, W. Knospe, L. Neubat, M. Schreckenberg, en J. Wahle. Online Traffic Simulation with Cellular Automata. *Traffic and Mobility : Simulation-Economics-Environment*, pagina's 117–134, Juli 1999. Institut für Kraftfahrwesen, RWTH Aachen, Duisburg.
- [BEN⁺95] Christopher L. Barrett, Steven Eubank, Kai Nagel, Steen Rasmussen, Jason Riordan, en Murray Wolinsky. *Issues in the Representation of Traffic using Multi-Resolution Cellular Automata*. Technisch Rapport LA-UR-95:2658, Los Alamos National Laboratory, 1995.
- [Ber99] Dennis S. Bernstein. A Student's Guide to Research. *IEEE Control Systems*, pagina's 102–108, Februari 1999.
- [BFGG98] J. Barceló, J.L. Ferrer, D. García, en R. Grau. *Microscopic Traffic Simulation for ATT Systems Analysis – A Parallel Computing Version*. Contribution to the 25th Anniversary of CRT, 1998. University of Montreal.
- [BFZ97] N. Boccara, H. Fukś, en Q. Zeng. Car accidents and number of stopped cars due to road blockage on a one-lane highway. *Journal of Physics A – Mathematical and General*, 30:3329–3332, Februari 1997.
- [BG98] Kent Beck en Erich Gamma. JUnit Test Infected - Programmers Love Writing Tests. *Java Report*, 3(7), Juli 1998.
- [BJH96] Simon C. Benjamin, Neil F. Johnson, en P.M. Hui. Cellular automata models of traffic flow along a highway containing a junction. *Journal of Physics A: Mathematical and General*, 29:3119–3127, Juni 1996.

- [BKS03] Elmar Brockfeld, Reinhart D. Kühne, Alexander Skabardonis, en Peter Wagner. Towards a benchmarking of microscopic traffic flow models. Uit *Transportation Research Board, 82nd Annual Meeting*, Washington, D.C., Januari 2003.
- [BM00] Mark Brackstone en Mike McDonald. Car Following : A Historical Review. *Transportation Research F*, 2(4):181–196, 2000.
- [BM02] Elizabeth Bradley en Ricardo Mantilla. *Recurrence Plots and Unstable Periodic Orbits*. Technical Report CU-CS 919-01, Chaos, April 2002.
- [BML92] Ofer Biham, A. Alan Middleton, en Dov Levine. Self-organization and a dynamical transition in traffic-flow models. *Physical Review A*, 46(10):R6124–R6217, November 1992.
- [BMN04] David E. Boyce, Hani S. Mahmassani, en Anna Nagurney. *A Retrospective on Beckmann, McGuire and Winsten's Studies in the Economics of Transportation*, April 2004.
- [BMW55] Martin Beckmann, C.B. McGuire, en Christopher B. Winsten. *Studies in the Economics of Transportation*. Nummer RM-1488. Yale University Press, Mei 1955.
- [Bot99] Hein Botma. The Free Speed Distribution of Drivers : Estimation Approaches. Uit *TRAIL Conference Proceedings – Recent Advances in Traffic Flow Modelling and Control*, PO Box 5048, 2600 GA Delft, The Netherlands, September 1999.
- [Bot00] H. Botma. *Verkeersafwikkeling*. Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, September 2000. Course CTvk 4820.
- [Bou98] Paul Bourke. *Recurrence plots*. Webextract, Januari 1998.
(URL : <http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/fractals/recurrence/>).
- [Bov04] Piet H.L. Bovy, editor. *A World of Transport, Infrastructure and Logistics – Proceedings of the 8th International TRAIL Congress 2004*, World Trade Center, Rotterdam, The Netherlands, November 2004. The Netherlands Research School for Transport, Infrastructure and Logistics (TRAIL), DUP Science – Delft University Press. ISBN 90-407-2555-1.
- [Bra69] Dietrich Braess. Über ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung. *Unternehmensforschung*, (12):256–268, 1969.
- [Bra99] Elizabeth Bradley. Time-Series Analysis. Uit *Intelligent Data Analysis : An Introduction*. Springer-Verlag, 1999.
- [Bra02] David Bradley. What does my molecule look like ? Uit *Scientific Computing World*, pagina's 19–21. Cambridge Publishers Ltd., Maart 2002.
- [Bre99] Elizabeth A. Bretz. Transportation. *IEEE Spectrum, Technology 1999 Analysis and Forecast*, pagina's 98–103, Januari 1999.
- [Bri00] Werner Brilon. Traffic Flow Analysis Beyond Traditional Methods. Uit *Transportation Research Circular E-C018 : 4th International Symposium on Highway Capacity*, pagina's 26–41. Transportation Research Board and National Research Council, Juni 2000.

- [Bro63] Robert Goodell Brown. *Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1963.
- [BS00] Nick Brieger en Simon Sweeney. *The Language of Business English – Grammar and Functions*. Pearson Education Limited, 2000. ISBN 0-13-042516-8.
- [BSM00] Tom Bellemans, Bart De Schutter, en Bart De Moor. On data acquisition, modelling and simulation of highway traffic. Uit *Proceedings of the 9th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems*, pagina's 22–27, Braunschweig, Germany, Juni 2000.
- [BSM01a] Tom Bellemans, Bart De Schutter, en Bart De Moor. An improved first-order macroscopic flow model for highway traffic simulation. Uit *Proceedings of the American Control Conference*, pagina's 2105–2110, Arlington, VA, Juni 2001.
- [BSM01b] Tom Bellemans, Bart De Schutter, en Bart De Moor. Models for traffic control. Ongepubliceerd artikel, 2001.
- [BSS98] R. Barlović, L. Santen, A. Schadschneider, en M. Schreckenberg. Metastable states in cellular automata for traffic flow. *European Physics Journal*, B5(793), 1998.
- [Bud00] Stephen Budiansky. The Physics of Gridlock. *The Atlantic Online*, 286(6):20–24, December 2000.
(URL : <http://www.theatlantic.com/issues/2000/12/budiansky.htm>).
- [But04] Decan Butler. Sound and vision. *Nature*, 427, Februari 2004.
- [BV02] J. Barceló en D. Van Vliet. *Traffic Study : from Static through Dynamic to Simulation*. DHV, Amersfoort, The Netherlands, Mei 2002.
- [BvB01] J. Bethlehem en S. van Buuren, editors. *Missing Values - Proceedings of the tenth Symposium Statistical Software on incomplete data*, Jaarbeurs Congres Centrum, Utrecht, Nederland, November 2001. CANdiensten, Amsterdam, the Section on Statistical Programming of the Netherlands Society for Statistics and Operations Research, SSS'01. ISBN 90-9015323-3.
- [BW99a] W. Brilon en N. Wu. Evaluation of Cellular Automata for Traffic Flow Simulation on Freeway and Urban Streets. *Traffic and Mobility : Simulation-Economics-Environment*, pagina's 163–180, Juli 1999. Institut für Kraftfahrwesen, RWTH Aachen, Duisburg.
- [BW99b] Werner Brilon en Frank Weiser. *Recent Developments in Highway Cross Section Design in Germany*, hoofdstuk 15, pagina's 1–15. Transportation Research Board, 1999.
- [BW03] Phil Bishop en Nigel Warren. *JavaSpaces in practice*. Addison-Wesley, 2003. ISBN 0-321-11231-8.
- [CBN02] Nurhan Cetin, Adrian Burri, en Kai Nagel. *Parallel Queue Model Approach to Traffic Microsimulations*. Presented at TRB'03, November 2002.

- [CHBA] Owen J. Chen, Anthony F. Hotz, en Moshe E. Ben-Akiva. *Development and Evaluation of a Dynamic Ramp Metering Control Model*. Intelligent Transportation Systems Program, Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA 02142, USA.
- [CHC98] Alan Chachich, Masroor Hasan, en David Cuneo. Extraction of Driver Behavior Information from Traffic Video to Support Microscopic Traffic Simulation. Uit *SPIE Proceedings*, deel 3207, Pittsburgh, PA, USA, Oktober 1998.
- [CJV01] Chao Chen, Zhanfeng Jia, en Pravin Varaiya. Causes and Cures of Highway Congestion. *IEEE Control Systems Magazine*, pagina's 26–32, December 2001.
- [CKS98] S. Cheybani, J. Kertész, en M. Schreckenberg. Correlation functions in the Nagel-Schreckenberg model. *Journal of Physics A*, (31):9787–9799, 1998.
- [CKWS00] Roland Chrobok, Oliver Kaumann, Joachim Wahle, en Michael Schreckenberg. Three Categories of Traffic Data : Historical, Current and Predictive. Uit E. Schlieder en U. Becker, editors, *9th IFAC Symposium Control in Transportation Systems*, pagina's 250–255, IFAC, Braunschweig, 2000, 2000.
- [Cla97] Keith Clayton. Basic Concepts in Nonlinear Dynamics and Chaos. Uit *Society for Chaos Theory in Psychology and the Life Sciences*, Milwaukee, Wisconsin, Juli 1997. Marquette University.
- [CLD97] Randall Cayford, Wei-Hua Lin, en Carlos F. Daganzo. *The NETCELL simulation package : technical description*. Ucb-its-prr-97-23, California PATH Research Project, University of California, Berkeley, Mei 1997. ISSN : 1055-1425.
- [Coc00] Richard Cochinos. *Introduction to the Theory of Cellular Automata and One-Dimensional Traffic Simulation*. (URL : <http://www.theory.org/complexity/traffic>), Juni 2000.
- [Coi99] Benjamin Coifman. *Vehicle Reidentification and Travel Time Measurement on Congested Freeways*. Transportation Research A/B, Oktober 1999.
- [Coi01a] B. Coifman. Improved Velocity Estimation Using Single Loop Detectors. *Transportation Research : Part A*, 35(10):863–880, 2001.
- [Coi01b] Benjamin Coifman. *Estimating Travel Times and Vehicle Trajectories on Freeways Using Dual Loop Detectors*. Submitted for publication in Transportation Research-B, 2001.
- [Coo] Stephen Cook. *The P versus NP Problem*. University of Toronto.
- [CPS98] Debashish Chowdhury, Abhay Pasupathy, en Shishir Sinha. *Distributions of Time- and Distance-Headways in the Nagel-Schreckenberg Model of Vehicular Traffic: Effects of Hindrances*. Technisch rapport, Physics Department, Indian Institute of Technology, Kanpur 208016, India, 1998.
- [CR01] Anthony Chen en Wilfred W. Recker. Considering Risk Taking Behavior in Travel Time Reliability. Uit *TRB Annual Meeting*, 2001. UCI-ITS-WP-00-24.
- [CSa] Rolando Castro en Tim Sauer. *Chaos and noise in excitable systems*.

- [CSb] Rolando Castro en Tim Sauer. *Reconstructing chaotic dynamics through spike filters*.
- [CSS99] Debashish Chowdhury, Ludger Santen, en Andreas Schadschneider. Vehicular Traffic : A System of Interacting Particles Driven Far From Equilibrium. *Current Science*, 77(411), 1999.
- [CSS00] Debashish Chowdhury, Ludger Santen, en Andreas Schadschneider. Statistical Physics of Vehicular Traffic and Some Related Systems. *Physics Reports*, 329, 2000.
- [CV00] Kristof Carlier en Bruno Villé. *Dynamisch Verkeersmanagement – Toepassing op de E17 met behulp van micro-simulatiemodel Aimsun2*. Licentiaatsthesis, Katholieke Universiteit Leuven, departement Bouwkunde, Mei 2000.
- [Dag97] Carlos F. Daganzo. *Fundamentals of Transportation and Traffic Operations*. Elsevier Science Ltd., 2 editie, 1997. ISBN 0-08-042785-5.
- [Dag99] C.F. Daganzo. Remarks on Traffic Flow Modelling and Its Applications. *Traffic and Mobility : Simulation-Economics-Environment*, pagina's 105–115, Juli 1999. Institut für Kraftfahrwesen, RWTH Aachen, Duisburg.
- [Dar04] Ian F. Darwin. *Java Cookbook*, hoofdstuk 8 – Data Structuring with Generics, foreach, and Enumerations (JDK 1.5), pagina's 208–221. O'Reilly, 2004. ISBN 0-596-00170-3.
- [Dav00] Clyde M. Davenport. *The General Analytical Solution for the Burgers Equation*. Webextract, 2000.
(URL : <http://home.usit.net/~cmdaven/burgers.htm>).
- [DB01] DB. Autobelasting per kilometer in Nederland ! Uit *De Zondag*, pagina 12, November 2001.
- [DC98] Alexandre Dupuis en Bastien Chopard. Parallel Simulation of Traffic in Geneva Using Cellular Automata. *Parallel and Distributed Computing Practices Journal*, 1(3):79–92, September 1998.
- [DCS] Ltd. Diamond Consultation Services. *Idris Smart Loops - The Complete Answer*. Webextract.
(URL : <http://www.diamond.demon.co.uk/idrisweb.htm>).
- [dJV04] Bram de Jager en Vincent Verdult, editors. *23rd Benelux Meeting on Systems and Control*. Technische Universiteit Eindhoven, Maart 2004. ISBN 90-386-2955-9.
- [DLP96] Olof Damberg, Jan T. Lundgren, en Michael Patriksson. An Algorithm for the Stochastic User Equilibrium Problem. *Transportation Research Part B*, 30:115–131, Januari 1996. Report LiTH-MAT-R-1992-48.
- [Don97] Manus J. Donahue. *An Introduction to Chaos Theory and Fractal Geometry*. Webextract, 1997.
(URL : <http://www.duke.edu/~mjd/chaos/chaosp.html>).
- [dPM02] André de Palma en Fabrice Marchal. Real cases applications of the fully dynamic METROPOLIS tool-box – an advocacy for large-scale mesoscopic transportation systems. *Networks and Spatial Economics*, 2(4):347–369, 2002.

- [Dra01a] Dirk Draulans. Anatomie van de file. Uit *Knack*, pagina's 70–74, Oktober 2001.
- [Dra01b] Dirk Draulans. Het heelal is een hologram. Uit *Knack*, pagina's 37–42, Oktober 2001.
- [DRM02] Rudolf Damrath, Martin Rose, en Peter Milbradt. *Simulation of Traffic Dynamics. Fundamentals and Applications of Computer Science in Civil Engineering - State of the Art in Germany*, 2002.
- [DSSZ00] G. Diedrich, L. Santen, A. Schadschneider, en J. Zittartz. Effects of on- and off-ramps in cellular automata models for traffic flow. *International Journal of Modern Physics C*, 11(2):335–345, 2000.
- [DT02] Daniel J. Dailey en Nancy Taiyab. *A Cellular Automata Model for Use with Real Freeway Data*. Technisch Rapport WA-RD 537.1, ITS Research Program, University of Washington, Januari 2002.
- [Eec01] Hendrik Eeckhaut. *Digitale neurale netwerken in de bio-informatica*. Aanvraag IWT-specialisatiebeurs 1ste termijn, September 2001. Universiteit Gent, Faculteit Toegepaste Wetenschappen, Vakgroep Elektronica en Informatiesystemen.
- [EH00] Dirk Ehmanns en Almut Hochstädter. Driver-Model of Lane Change Maneuvers. Uit *7th World Congress on Intelligent Transport Systems*, Turijn, November 2000.
- [Emm98] Richard H.M. Emmerink. Road Pricing : An Introduction. Uit *Information and Pricing in Road Transportation*, Advances in Spatial Science, pagina's 35–57. Springer-Verlag, 1998.
- [Eng91] Ulf Martin Engel. *Time Series Analysis – A Part III Essay*. Darwin College, Cambridge CB3 9EU, United Kingdom, November 1991.
- [Env98] Environmental Systems Research Institute, Inc. *ESRI Shapefile Technical Description*, Juli 1998.
- [ER97] H. Emmerich en E. Rank. An improved cellular automaton model for traffic flow simulation. *Physica A*, 234:676–686, 1997.
- [ES] J. Esser en M. Schreckenberg. *Deriving Traffic State Information in Urban Road Networks based with Microscopic Simulations based on Local Measurements*.
- [ES97] J. Esser en M. Schreckenberg. Microscopic Simulation of Urban Traffic based on Cellular Automata. *International Journal of Modern Physics C*, 8(5):1025–1036, Juni 1997.
- [ESSS98] B. Eisenblätter, L. Santen, A. Schadschneider, en M. Schreckenberg. Jamming transition in a cellular automaton model for traffic flow. *Physical Review E*, 57:1309–1314, 1998.
- [EW03] N. Eissfeldt en P. Wagner. Effects of anticipatory driving in a traffic flow model. *European Physical Journal B*, 23:121–129, 2003.
- [EZBB03] H. Ez-Zahraouy, Z. Benrihane, en A. Benyoussef. The optimal velocity traffic flow models with open boundaries. *The European Physics Journal B*, (36):289–293, 2003.

- [EZJB04] Hamid Ez-Zahraouy, Kamal Jetto, en Abdelilah Benyoussef. *New topologies in the fundamental diagram of a one dimensional traffic flow – A comparison with empirical results*, Augustus 2004.
- [Fai01] Jerome Faist. *Equation de transport de Boltzman*. Webextract, Juni 2001. (URL : <http://www.unine.ch/phys/enseignement/PhysSemi/PhysSemihtml/node61.html>).
- [Fas] Ulrich Fastenrath. *Floating Car Data on a Larger Scale*. DDG Gesellschaft für Verkehrsdaten mbH.
- [FB] J.L. Ferrer en J. Barceló. *Advanced Interactive Microscopic Traffic Simulation for Urban and Non-Urban Networks – System Description*. Universitat Politècnica de Catalunya, Departamento de EIO LIOS. Report de Investigación.
- [FB01] Henryk Fukś en Nino Boccara. Convergence to equilibrium in a class of interacting particle systems evolving in discrete time. *Physical Review E*, (64), 2001.
- [Fel98] Martin Fellendorf. Static Assignment versus Dynamic Simulation. Uit *Proceedings of the Conference on Computational Engineering in Systems Applications*, Hammamet, 1998.
- [Fey65] Richard P. Feynman. The development of the space-time view of quantum electrodynamics. Uit *Nobel Lectures, Physics 1963–1970*, pagina's 155–178, 1965.
- [FHA99] Eric Freeman, Susanne Hupfer, en Ken Arnold. *JavaSpaces : Principles, Patterns and Practice*. Addison-Wesley, 3rd editie, November 1999. ISBN 0-201-30955-6.
- [FI96] Minoru Fukui en Yoshihiro Ishibashi. Traffic Flow in 1D Cellular Automaton Model Including Cars Moving with High Speed. *Journal of the Physical Society of Japan*, 65(6):1868–1870, 1996.
- [FI97] Minoru Fukui en Yoshihiro Ishibashi. Effect of Delay in Restarting of Stopped Cars in a One-Dimensional Traffic Model. *Journal of the Physical Society of Japan*, 66(2):385–387, Februari 1997.
- [FJM⁺01] Lino Figueiredo, Isabel Jesus, J.A. Tenreiro Machado, José Rui Ferreira, en J.L. Martins de Carvalho. Research Issues in Intelligent Transportation Systems. Uit *Proceedings of the European Control Conference*, pagina's 301–306, 2001.
- [Foo03] Tim Fooy. *Vergelijkende studie van JavaSpaces en GigaSpaces*. Licentiaatsthesis, Departement Wiskunde-Informatica, Universiteit Antwerpen, 2003.
- [FV] Martin Fellendorf en Peter Vortisch. *Validation of the Microscopic Traffic Flow Model VISSIM in Different Real-World Situations*. PTV.
- [FWO01] FWO. *Wetenschappelijke resultaten in de pers krijgen – Enkele raadgevingen*. Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek, Vlaanderen, Februari 2001.
- [Gaw98] Christian Gawron. *Simulation-Based Traffic Assignment*. Doctoraatsthesis, Universität zu Köln, Februari 1998.

- [GC64] D.L. Gerlough en D.G. Capelle, editors. *An Introduction to Traffic Flow Theory*, Washington, D.C., 1964. Highway Research Board of the Division of Engineering and Industrial Research, National Academy of Sciences – National Research Council. Special Report 79.
- [GCBZ98] Alessandro Giuliani, Alfredo Colosimo, Romualdo Benigni, en Joseph P. Zbilut. On the constructive role of noise in spatial systems. *Physics Letters A*, 247:47–52, 1998.
- [Gea01a] David Geary. Amaze your developer friends with design patterns. *JavaWorld*, Oktober 2001.
- [Gea01b] David Geary. Decorate your Java code. *JavaWorld*, December 2001.
- [Gea02a] David Geary. A look at the Composite design pattern. *JavaWorld*, September 2002.
- [Gea02b] David Geary. Strategy for success. *JavaWorld*, April 2002.
- [Gea02c] David Geary. Take command of your software. *JavaWorld*, Juni 2002.
- [Gea02d] David Geary. Take control with the Proxy design pattern. *JavaWorld*, Februari 2002.
- [Gea03a] David Geary. Adopt Adapter. *JavaWorld*, September 2003.
- [Gea03b] David Geary. Façade clears complexity. *JavaWorld*, Mei 2003.
- [Gea03c] David Geary. An inside view of Observer. *JavaWorld*, Maart 2003.
- [Gea03d] David Geary. Make your apps fly. *JavaWorld*, Juli 2003.
- [Gea03e] David Geary. Simply Singleton. *JavaWorld*, April 2003.
- [GG01] Lawrence Gray en David Griffeath. The Ergodic Theory of Traffic Jams. *Journal of Statistical Physics*, 105(3-4):413–452, November 2001.
- [GHP02] Thomáš Gedeon, Matt Holzer, en Mark Pernarowski. *Attractor reconstruction through spike filters and phase locking*. Submitted to Elsevier Science, April 2002.
- [GK01] Sven Geerts en Erik Kenis. Verkeerscentrum Vlaanderen leidt verkeer in goede banen. Uit *Het Ingenieursblad*, pagina's 28–37, Oktober 2001.
- [GKW97] C. Gawron, S. Krauß, en P. Wagner. Dynamic User Equilibria in Traffic Simulation Models. Uit *Proceedings of Traffic and Granular Flow*, nummer 307, Duisburg, Germany, 1997.
- [GL01] A. Galstyan en K. Lerman. *A Stochastic Model of Platoon Formation in Traffic Flow*. Information Sciences Institute, University of Southern Carolina, Maart 2001.
- [Gle90] James Gleick. *Chaos*. Uitgeverij Contact Amsterdam, isbn 90-254-6628-1 editie, 1990. translated by Patty Adelaar.
- [GMC98] Kingshuk Ghosh, Arnab Majumdar, en Debashish Chowdhury. Distribution of time-headways in a particle-hopping model of vehicular traffic. *Physical Review E*, 58(3):4012–4015, September 1998.

- [GNU] GNU. *GNU GPL/LGPL/FDL and The Open Source Definition*.
- [God02] Bill Godfrey. *A primer on distributed computing*, 2002.
- [Goe01a] Brian Goetz. Design for performance, Part 1 - Interfaces matter. *JavaWorld*, Januari 2001.
- [Goe01b] Brian Goetz. Design for performance, Part 2 - Reduce object creation. *JavaWorld*, Februari 2001.
- [Gol96] Oded Goldreich. *How NOT to write a paper*. Department of Computer Science and Applied Mathematics, December 1996. Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel.
- [Gol97] Anna C. Goldoff. *Symposium on Chaos Theory and Management*. The Pennsylvania State University, 1997.
(URL : <http://www.hbg.psu.edu/Faculty/jxr11/goldoff.html>).
- [Gra01] Sascha Grabolus. *Numerische Untersuchungen zum Nagel-Schreckenberg-Verkehrsmodell und dessen Varianten*. Licentiaatsthesis, Institut für Theoretische Physik, Universität zu Köln, 2001.
- [Gra02] Felix Grant. We all need a good reference. Uit *Scientific Computing World – Research Information*, pagina's 16–20. Cambridge Publishers Ltd., Maart 2002.
- [Gro02] William Grosso. *Java RMI*. O'Reilly, 2002. ISBN 1-56592-452-5.
- [Gül02] Ceki Gülcü. *Short introduction to log4j*, Maart 2002.
- [GVA96] GVA. *ViVA Traffic Analysis Software – The Problem*. Technisch rapport, Gesellschaft für VerkehrsAnalyse mbH, Jägerstraße 22, 67655 Kaiserslautern, 1996.
- [HB] Serge P. Hoogendoorn en Piet H.L. Bovy. *State-of-the-art of Vehicular Traffic Flow Modelling*. Special Issue on Road Traffic Modelling and Control. *Journal of Systems and Control Engineering*.
- [HB99] Serge P. Hoogendoorn en Piet H.L. Bovy. A Closer Examination of Overtaking Prohibitions for Trucks. Uit *TRAIL Conference Proceedings – Recent Advances in Traffic Flow Modelling and Control*, PO Box 5048, 2600 GA Delft, The Netherlands, September 1999.
- [HCP⁺03] S.F. Hafstein, R. Chrobok, A. Pottmeier, J. Wahle, en M. Schreckenberg. Cellular Automaton Modeling of the Autobahn Traffic in North Rhine-Westphalia. Uit I. Troch en F. Breiteneker, editors, *Proceedings of the 4th MATHMOD Vienna, 4th IMCAS Symposium on Mathematical Modelling*, pagina's 1322–1331, Vienna, Austria, 2003.
- [HCP⁺04] Sigurdur F. Hafstein, Roland Chrobok, Andreas Pottmeier, Michael Schreckenberg, en Florian C. Mazur. A High-Resolution Cellular Automata Traffic Simulation Model with Application in a Freeway Traffic Information System. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, (19):338–350, 2004.
- [Hel] B. Hellinga. *CIVE 440 – Transport Systems Analysis*. Department of Civil Engineering, University of Waterloo.

- [Hel97a] Dirk Helbing. Empirical traffic data and their implications for traffic modeling. *Physical Review E*, 55, 1997.
- [Hel97b] Dirk Helbing. Fundamentals of Traffic Flow. *Physical Review E*, 55:3735–3738, 1997.
- [Hel97c] Dirk Helbing. Traffic data and their implications for consistent traffic flow modeling. Uit M. Papageorgiou en A. Pouliezios, editors, *Transportation Systems*, deel 2, pagina's 809–814, Chania, Greece, 1997. International Federation of Automatic Control.
- [Hel01] Dirk Helbing. Traffic and related self-driven many-particle systems. *Reviews of Modern Physics*, 73:1067–1141, Oktober 2001.
- [Her02] B. Van Herbruggen. *In Depth Description of the TREMOVE Model*. Transport & Mobility Leuven, Maart 2002.
- [HFV00] Dirk Helbing, Illés Farkas, en Tamás Vicsek. Simulating Dynamical Features of Escape Panic. *Nature*, 407:487–490, September 2000. Copyright Macmillan Magazines Ltd.
- [HGS99] K. Henning, K. Grobel, en H. Saß. Analysis of Traffic Flow of Goods on Motorways by Means of Video Data – Chances and Limits. *Traffic and Mobility : Simulation-Economics-Environment*, pagina's 73–83, Juli 1999. Institut für Kraftfahrwesen, RWTH Aachen, Duisburg.
- [HH96] Sven Hammarling en Nicholas J. Higham. How to Prepare a Poster. *SIAM News*, 29(4), Mei 1996. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [HH98] D. Helbing en B.A. Huberman. Coherent moving states in highway traffic. *Nature*, 396(738):738–740, December 1998.
- [HHST00] D. Helbing, A. Hennecke, V. Shvetsov, en M. Treiber. *Micro- and Macrosimulation of Freeway Traffic*. Mathematical and Computer Modelling, Maart 2000.
- [HHSW99] D. Helbing, H.J. Herrmann, M. Schreckenberg, en D.E. Wolf, editors. *Traffic and Granular Flow '99 : Social, Traffic and Granular Dynamics*, Stuttgart, September 1999. Springer-Verlag, Berlin. ISBN 3-540-67091-2.
- [Hil01] Francis S. Hill. *Computer Graphics Using Open GL*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, 2001. ISBN 0-02-354856-8.
- [HKS99] Rainer Hegger, Holger Kantz, en Thomas Schreiber. Practical implementation of nonlinear time series methods : The TISEAN package. *Chaos*, (9):413–435, 1999.
- [HL98] Lonnie E. Haefner en Ming-Shiun Li. Traffic Flow Simulation for an Urban Freeway Corridor. Uit *Transportation Conference Proceedings*, 1998.
- [HLO] Werner Huber, Michael Lädke, en Rainer Ogger. *Extended Floating-Car Data for the Acquisition of Traffic Information*. BMW Group.
- [Hol03a] Allen Holub. Why extends is evil. *JavaWorld*, Augustus 2003.
- [Hol03b] Allen Holub. Why getter and setter methods are evil. *JavaWorld*, September 2003.

- [Hol04] Allen Holub. More on getters and setters. *JavaWorld*, Januari 2004.
- [Hom] Scott Hommel. *Java Code Conventions*. Sun Microsystems.
- [HS99] Dirk Helbing en Michael Schreckenberg. Cellular Automata Simulating Experimental Properties of Traffic Flow. *Physical Review E*, 59:2505–2508, 1999.
- [HSH⁺01] A. Hegyi, B. De Schutter, J. Hellendoorn, S.P. Hoogendoorn, en C. Tampère. Gelijke behandeling voor verkeersstroommodellen. *Verkeerskunde*, 52(4):32–36, 2001.
- [HT98] Dirk Helbing en Martin Treiber. Jams, Waves and Clusters. *Science*, 282, 1998.
- [HT99] Dirk Helbing en Martin Treiber. Numerical Simulation of Macroscopic Traffic Equations. *Computing in Science and Engineering*, 1(5):89–99, September 1999.
- [HT02] Dirk Helbing en Martin Treiber. Critical Discussion of Synchronized Flow. *Cooperative Transportation Dynamics*, 1:2.1–2.24, 2002.
- [Hup00] Susanne Hupfer. *The Nuts and Bolts of Compiling and Running JavaSpaces Programs*. Sun Microsystems, Inc., Januari 2000.
(URL : <http://developer.java.sun.com/developer/technical/Articles/jini/javaspaces>).
- [Hut00] Reggie Hutcherson. StringBuffer versus String. *JavaWorld*, Maart 2000.
- [IB98] Joseph S. Iwanski en Elizabeth Bradley. Recurrence plot analysis : To embed or not to embed ? *Chaos*, 8:861–871, 1998.
- [IL01] L. H. Immers en S. Logghe. *Verkeersstroomtheorie*. Katholieke Universiteit Leuven, Maart 2001. Onderdeel van de cursustekst H111 *Verkeerskunde Basis*.
- [IN] Tom Ioerger en Paul Nelson. *Analysis of Patterns in Traffic Congestion*. Department of Computer Science, Texas A&M University.
- [IS98] L.H. Immers en J.E. Stada. *Verkeersmodellen*. Departement Burgerlijke Bouwkunde, Faculteit Toegepaste Wetenschappen, Katholieke Universiteit Leuven, Oktober 1998. Cursus H111.
- [IWdR98] Ben Immers, Marcel Westerman, en Hans de Ruiter. Sturen zonder Structuren. Uit *Proceedings Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, Amsterdam, The Netherlands, November 1998.
- [JB02] D. Joksimovic en M. Bliemer. *Dynamic Assignment Models for Assessing Road Pricing Policies*. Md-pit meeting, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Amsterdam, The Netherlands, September 2002.
- [JMS] T. Jiménez, P. Mussi, en G. Siegel. *A Road Traffic Simulator – Car-Following and Lane-Changing*.
- [JN03] Dominic Jost en Kai Nagel. Probabilistic traffic flow breakdown in stochastic car following models. Uit *Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington, D.C., 2003. Paper 03-4266.
- [Jon01] Willie D. Jones. Keeping Cars from Crashing. Uit *IEEE Spectrum*, pagina's 40–45, September 2001.

- [Jos02] Dominic Jost. *Breakdown and recovery in traffic flow models*. Licentiaatsthesis, Department of Computer Science, ETH Zürich, Augustus 2002.
- [JW] Arhtur Jaffe en Edward Witten. *Quantum Yang-Mills Theory*.
- [KAK] Hisao Kameda, Eitan Altman, en Takayuki Kozawa. *A Case where a Paradox Like Braess's Occurs in the Nash Equilibrium but Does Not Occur in the Wardrop Equilibrium*. University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan.
- [Kan] Josh Kantor. *Cellular Automata in Mathematical Modeling*.
- [KB98] Dimitris Kugiumtzis en Moses A. Boudourides. Chaotic Analysis of Internet Ping Data : Just a Random Number Generator ? Uit *SOEIS meeting*, Bielefeld, April 1998.
- [Ker02] Boris S. Kerner. *Three-Phase Traffic Theory and Highway Capacity*, December 2002.
- [KHWR02] Daniel Krajzewicz, Georg Hertkorn, Peter Wagner, en Christian Rössel. An Example of Microscopic Car Models Validation using the Open Source Traffic Simulation SUMO. Uit A. Verbraeck en W. Krug, editors, *Proceedings of the 14th European Simulation Symposium*. SCS Europe BVBA, 2002.
- [Kim02] Youngho Kim. Online Traffic Flow Model Applying Dynamic Flow-Density Relations. Doctoraatsthesis, Technische Universität München, Maart 2002.
- [KKW96] Axel Klar, Reinhart D. Kühne, en Raimund Wegener. Mathematical Models for Vehicular Traffic. *Surveys on Mathematics for Industry*, (6):215–239, 1996.
- [KKW02] Boris S. Kerner, Sergey K. Klenov, en Dietrich E. Wolf. Cellular automata approach to three-phase traffic theory. *Journal of Physics A: Mathematical and General*, 35:9971–10013, November 2002.
- [KL] B. Kwella en H. Lehmann. *Floating Car Data Analysis of Urban Road Networks*. Berlin, Germany.
- [Kle97a] Lawrence A. Klein. Vehicle Detector Technologies for Traffic Management Applications - Part 1. Technisch rapport, Communication Alchemy, Inc., Austin, TX (USA), 1997.
(URL : http://www.itsonline.com/detect_pt1.html).
- [Kle97b] Lawrence A. Klein. Vehicle Detector Technologies for Traffic Management Applications - Part 2. Technisch rapport, Communication Alchemy, Inc., Austin, TX (USA), 1997.
(URL : http://www.itsonline.com/detect_pt2.html).
- [KMK01] Hideki Kozuka, Yohsuke Matsui, en Hitoshi Kanoh. Traffic Flow Simulation using Cellular Automata under Non-equilibrium Environment. Uit *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pagina's 1341–1345, Oktober 2001.
- [Knu01] Donald Knuth. *All Questions Answered*. Technische Universität München, Oktober 2001.
- [Kon99] Eugene Kononov. *Visual Recurrence Analysis Demonstration*. Webextract, 1999.
(URL : <http://home.netcom.com/~eugenek/demo.html>).

- [Kra98] Stefan Krauß. Microscopic Modeling of Traffic Flow : Investigation of Collision Free Vehicle Dynamics. Doctoraatsthesis, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, April 1998.
- [KS98] Junji Kaneko en Akihide Shimamura. A Design of Lane Change Maneuver for Automated Vehicles. Uit *Proceedings of the 37th IEEE Conference on Decision & Control*, Tampa, Florida USA, December 1998.
- [KSSM] Ulrich Klein, Thomas Schulze, Steffen Straßburger, en Hans-Peter Menzler. *Traffic Simulation Based on the High Level Architecture*.
- [KSSS00a] W. Knospe, L. Santen, A. Schadschneider, en M. Schreckenberg. *CA Models for Traffic Flow : Comparison with Empirical Single-Vehicle Data*. Universität Duisburg, Universität zu Köln, Germany, Januari 2000.
- [KSSS00b] W. Knospe, L. Santen, A. Schadschneider, en M. Schreckenberg. Towards a realistic microscopic description of highway traffic. *Journal of Physics A : Mathematical and General*, 33:477–485, 2000.
- [KSSS02] Wolfgang Knospe, Ludger Santen, Andreas Schadschneider, en Michael Schreckenberg. Human behavior as origin of traffic phases. *Physical Review E*, 65, 2002.
- [KSSS04] Wolfgang Knospe, Ludger Santen, Andreas Schadschneider, en Michael Schreckenberg. An empirical test for cellular automaton models of traffic flow. *Physical Review E*, 70(016115), Juli 2004.
- [KWG97] S. Krauß, P. Wagner, en C. Gawron. Metastable States in a Microscopic Model of Traffic Flow. *Physical Review E*, 55(304):5597–5602, 1997.
- [Lag03] Alejandro Lago. Spatial Models of Morning Commute Consistent with Realistic Traffic Behavior. UCB-ITS-DS-2003-1, Institute of Transportation Studies, University of California at Berkeley, 2003. ISSN 0192 4109.
- [Lan04] Angelika Langer. *Parameterized Types*. Java 1.5, 2004.
- [Lár02] M.E. Lárraga. *Cellular Automata for One-Lane Traffic Flow Modelling : Safety and Automation*. Universidad Nacional Autónoma de México, Februari 2002.
- [LBSK03] Hyun Keun Lee, Robert Barlović, Michael Schreckenberg, en Doochul Kim. Pinch Effect in a Cellular Automaton (CA) Model for Traffic Flow. Uit P.H.L. Bovy, S.P. Hoogendoorn, M. Schreckenberg, en D.E. Wolf, editors, *Traffic and Granular Flow '03*. Springer, 2004, Oktober 2003.
- [LdRS03] M.E. Lárraga, J.A. del Río, en A. Schadschneider. *Platoon formation in a traffic model with variable anticipation*, Juni 2003.
- [Leu] Transport & Mobility Leuven. *Projectvoorstel reisinformatie en GSM*. Intern onderzoek.
- [Leu01] Transport & Mobility Leuven. *Verkeersindices voor het gebruik van het autosnelwegennet in België*. Rapport in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Infrastructuur, Oktober 2001.
- [Leu02] Transport & Mobility Leuven. *Folders*. Webextract, 2002.

- [Lev01] Randall J. Leveque. Some Traffic Flow Models Illustrating Interesting Hyperbolic Behavior. Uit *Minisymposium on traffic flow*,. SIAM Annual Meeting, Juli 2001.
- [LI] Steven Logghe en Ben Immers. Micro-simulation of congested traffic flows. Departement Bouwkunde, onderzoeksgroep Verkeer en Infrastructuur, Katholieke Universiteit Leuven.
- [LI03] Steven Logghe en Ben Immers. *Is inhalend vrachtverkeer een achterhaald fenomeen ?* Technisch Rapport 2003-03, Transport & Mobility Leuven, September 2003.
- [Lim00] Quadstone Limited. Paramics-online v3 – System Overview. Technisch rapport, Quadstone Limited, 16 Chester Street, Edinburgh EH3 7RA, Scotland, November 2000.
(URL : <http://www.paramics-online.com>).
- [LLK01] H.K. Lee, H.-W. Lee, en D. Kim. Macroscopic traffic models from microscopic car-following models. *Physical Review E*, 64(056126), 2001.
- [LMQ01] Pablo Lotito, Elina Mancinelli, en Jean-Pierre Quadrat. *A Minplus Derivation of the Fundamental Car-Traffic Law*. Technisch Rapport RR 4324, Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA), November 2001.
- [Lo99] Hong K. Lo. A Dynamic Traffic Assignment Formulation that Encapsulates the Cell-Transmission Model. Uit A. Cedar, editor, *Transportation and Traffic Theory*, pagina's 327–350. Elsevier Science, 1999.
- [Loo03] Robin Van Loock. *Vergelijkende studie van JavaSpaces en TSpaces*. Licentiaats-thesis, Departement Wiskunde-Informatica, Universiteit Antwerpen, 2003.
- [LS02] Hong K. Lo en W.Y. Szeto. A cell-based variational inequality formulation of the dynamic user optimal assignment problem. *Transportation Research Part B*, 36:421–443, 2002.
- [LSL01] H. Lenz, R. Sollacher, en M. Lang. Standing Waves and the Influence of Speed Limits. Uit *Proceedings of the European Control Conference*, pagina's 1228–1232, September 2001.
- [LW55] M.J. Lighthill en G.B. Whitham. On kinematic waves : II. A theory of traffic flow on long crowded roads. Uit *Proceedings of the Royal Society*, deel A229, pagina's 317–345, 1955.
- [LY03] Steven Logghe en Isaak Yperman. *De dynamica van congestie en prijsbeleid*. Technisch Rapport 2003-02, Transport & Mobility Leuven, September 2003.
- [Mae01a] Sven Maerivoet. *Het gebruik van microscopische verkeerssimulatie bij een onderzoek naar de fileproblematiek op de Antwerpse ring*. Licentiaatsthesis, UIA - Universitaire Instelling Antwerpen, Departement Wiskunde-Informatica, 2001.
(URL : <http://mitrasim2000.dyns.cx>).
- [Mae01b] Sven Maerivoet. *Leidt het Standaardmodel in de elementaire deeltjesfysica tot een quantum veldentheorie van Alles ?*, 2001. UIA - Universitaire Instelling Antwerpen, Departement Wiskunde-Informatica.

- [Mae02a] Sven Maerivoet. *An introduction to the modeling and simulation of traffic flows*. SISTA-seminars, slides, Juni 2002.
- [Mae02b] Sven Maerivoet. *Modelleren, simuleren en beheersen van verkeersstromen*. Lecture slides, Oktober 2002.
- [Mae03a] Sven Maerivoet. Development of a Traffic Cellular Automaton Model for Highway Traffic. Uit *22nd Benelux Meeting on Systems and Control (slides)*, De Vossemeren, Lommel, Belgium, Maart 2003.
- [Mae03b] Sven Maerivoet. *A Survey on the Qualitative Behaviour of Traffic Cellular Automata*. SISTA-seminars, slides, April 2003.
- [Mae04a] Sven Maerivoet. Efficient microscopic simulation of large scale highway traffic flows. Uit *23rd Benelux Meeting on Systems and Control (slides)*, Helvoirt, The Netherlands, Maart 2004.
- [Mae04b] Sven Maerivoet. *Models in Aid of Traffic Management*. Seminar slides for ‘Transportmodellen ter ondersteuning van het mobiliteits- en vervoersbeleid’, Mei 2004. Federaal Wetenschapsbeleid.
- [Mae04c] Sven Maerivoet. *Verkeer @ SISTA*. Slides presented at the Transport & Mobility Leuven seminar, April 2004.
- [Mae04d] Sven Maerivoet. Sustainability Effects of Traffic Management Systems. Uit *The Transport Science and Technology Congress, Athens, Greece, 2004*, September 2004. Slides presented at TransTec 2004.
- [Mar01] Fabrice Marchal. Contribution to dynamic transportation models. Doctoraatsthesis, Department of Economics, University of Cergy-Pontoise, December 2001.
- [May90] Adolf D. May. *Traffic Flow Fundamentals*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1990. ISBN 0-13-926072-2.
- [MBMV03] K.M. Malone, M.C.J. Bliemer, C.H. Menard, en H.H. Versteegt. *Testing INDY for use as the Dynamic Traffic Assignment model in the Dutch National Model*. Technisch Rapport 03-7N-084-73431, TNO Inro, Delft, Juni 2003. ISBN 90-5986-015-2.
- [MCBB98] L. Montero, E. Codina, J. Barceló, en P. Barceló. Combining Macroscopic and Microscopic Approaches for Transportation Planning and Design of Road Networks. Uit *Proceedings of the 19th Conference of the Australian Road Research Board*, Sidney, 1998.
- [McC] Frank McCabe. *Modelling Transport – Theory and Practice*. Dublin Transportation Office.
- [McN00] Michael G. McNally. *The Activity-Based Approach*. Technisch Rapport UCI-ITS-AS-WP-00-4, Center for Activity Systems Analysis, University of California, December 2000.
- [MD02] Juan Carlos Muñoz en Carlos F. Daganzo. Fingerprinting Traffic from Static Freeway Sensors. *Cooperative Transportation Dynamics*, 1(1):1–11, Mei 2002.

- [MDR01] MDR. Antwerpen is voorstander van tweede toltunnel onder Schelde. Uit *De Tijd*, 2001.
- [Mei00] Jim Meiss. *sci.nonlinear FAQ*. Webextract, Mei 2000. (URL : <http://www.enm.bris.ac.uk/research/nonlinear/faq-Contents.html>).
- [MGH00] Marc Mazzariol, Benoit A. Gennart, en Roger D. Hersch. Dynamic load balancing of parallel cellular automata. Uit *Proceedings SPIE Conference, Parallel and Distributed Methods for Image Processing IV*, deel 4118, pagina's 21–29, San Diego, USA, Juli 2000.
- [MGWZ99] Cesare Manetti, Alessandro Giuliani, Charles L. Webber, en Joseph P. Zbilut. Recurrence quantification analysis as a tool for the characterization of molecular dynamics simulations. *Physical Review E*, 59:992–998, 1999.
- [MIBL01] Bart De Moor, Ben Immers, Tom Bellemans, en Steven Logghe. *Het fileprobleem in België : wiskundige modellen, analyse, simulatie, regeling en acties*. Eindverslag DWTC Project MD/01/024 MD/01/025, Juni 2001.
- [Mic01] E. Michler. Statistical Analysis of Floating Car Data Systems. Uit *8th World Congress on Intelligent Transportation Systems*, Sydney, September 2001.
- [MLMI03] Sven Maerivoet, Steven Logghe, Bart De Moor, en Ben Immers. A Comparison of a Cellular Automaton and a Macroscopic Model. Uit M. Schreckenberg, editor, *Proceedings of the Workshop on Traffic and Granular Flow '03*, Delft, The Netherlands, Oktober 2003. Delft University of Technology.
- [MM03] Sven Maerivoet en Bart De Moor. Development of an Improved Traffic Cellular Automaton Model for Traffic Flows on a Highway Road Network. Uit *Proceedings of the 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services*, Madrid, Spain, November 2003. ERTICO, ITS Europe.
- [MM04a] Sven Maerivoet en Bart De Moor. *Graduate Students and The Art of Public Speaking*. Technisch Rapport 04-206, Katholieke Universiteit Leuven, November 2004.
- [MM04b] Sven Maerivoet en Bart De Moor. Non-concave fundamental diagrams and phase transitions in a stochastic traffic cellular automaton. *The European Physical Journal B – Condensed Matter Physics*, 42(1):131–140, November 2004.
- [MR] Z. Maraïkar en D.N. Ranasinghe. *From Linda to JavaSpaces – A Review of the Tuple Space Paradigm*. University of Colombo School of Computing.
- [MRG00] Laurent Magne, Sylvestre Rabut, en Jean-François Gabard. Towards an hybrid macro-micro traffic flow simulation model. Uit *INFORMS Salt Lake City Spring 2000 Conference*, Mei 2000.
- [MS97] F. Meisgen en E. Speckenmeyer. *Dynamic Load Balancing on Clusters of Heterogenous Workstations*. Technisch Rapport 97-261, Universtät zu Köln, Februari 1997.
- [Nag94] Kai Nagel. Life-times of simulated traffic jams. *International Journal of Modern Physics C*, 1994.

- [Nag96] Kai Nagel. Particle hopping models and traffic flow theory. *Physical Review E*, 53(5):4655–4672, Mei 1996.
- [Nag98] Kai Nagel. Experiences with iterated traffic microsimulations in Dallas. *Traffic and Granular Flow II*, 1998. D.E. Wolf and M. Schreckenberg, Springer Verlag.
- [Nag02a] Kai Nagel. Distributed intelligence in large scale traffic simulations on parallel computers. Uit *Collective Cognition : Mathematical Foundations of Distributed Intelligence*. Santa Fe Institute, Augustus 2002.
- [Nag02b] Kai Nagel. Traffic Networks. Uit S. Bornholdt en H.G Schuster, editors, *Handbook on Networks*, Januari 2002.
- [NBR96] K. Nagel, C.L. Barrett, en M. Rickert. *Parallel Traffic Microsimulation by Cellular Automata and Application for Large-scale Transportation Modeling*. Los Alamos National Laboratory, Februari 1996.
- [NCS03] Katsuhiko Nishinari, Debashish Chowdhury, en Andreas Schadschneider. Cluster formation and anomalous fundamental diagram in an ant trail model. *Physical Review E*, 67(036120), Maart 2003.
- [NFJ⁺98] K. Nagel, R. Frye, R. Jakob, M. Rickert, en P. Stretz. *Dynamic Traffic Assignment on Parallel Computers*, Mei 1998.
- [NKW01] Kai Nagel, Christopher Kayatz, en Peter Wagner. Breakdown and recovery in traffic flow models. Uit Y. Sugiyama en other, editors, *Traffic And Granular Flow 2001*, 2001.
- [NLRG] Attoor Sanju Nair, Jyh-Charn Liu, Laurence Rilett, en Saurabh Gupta. *Non-Linear Analysis of Traffic Flow*.
- [NLS99] L. Neubert, H.Y. Lee, en M. Schreckenberg. Density Waves and Jamming Transition in Cellular Automaton Models for Traffic Flow. *Journal of Physics A*, 32:6517–6525, 1999.
- [NR94] Kai Nagel en Steen Rasmussen. Traffic at the edge of chaos. Uit R. A. Brooks en P. Maes, editors, *Artificial Life IV : Proceedings of the Fourth International Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems*, pagina 222, 1994.
- [NR01] Kai Nagel en Marcus Rickert. Parallel implementation of the TRANSIMS microsimulation. *Parallel Computing*, 27(1611), 2001.
- [NRSP00] Kai Nagel, Marcus Rickert, Patrice M. Simon, en Martin Pieck. *The dynamics of iterated transportation simulations*. Submitted to Transportation Research C, Februari 2000.
- [NS92] Kai Nagel en Michael Schreckenberg. A cellular automaton model for freeway traffic. *Journal de Physique I France*, 2:2221–2229, 1992.
- [NS95] Kai Nagel en Michael Schreckenberg. *Traffic Jam Dynamics in Stochastic Cellular Automata*. Technisch Rapport 95ATS089, Los Alamos National Laboratory and Santa Fe Institute, 1995.

- [NSP⁺98] Kai Nagel, Paula Stretz, Martin Pieck, Shannon Leckey, Rick Donnelly, en Christopher L. Barrett. *TRANSIMS traffic flow characteristics*. Technisch rapport, Los Alamos National Laboratory, Juni 1998.
- [NSS99] L. Neubert, L. Santen, A. Schadschneider, en M. Schreckenberg. Single-vehicle data of highway traffic : A statistical analysis. *Physical Review E*, 60(6):6480–6490, December 1999.
- [NWW02] Kai Nagel, Peter Wagner, en Richard Woesler. *Still flowing : Old and new approaches to traffic flow and traffic jam modeling*, April 2002.
- [NWS98] Kai Nagel, Dietrich E. Wolf, Peter Wagner, en Patrice Simon. Two-lane traffic rules for cellular automata : A systematic approach. *Physical Review E*, 58(2):1425–1437, Augustus 1998.
- [Off] Frank Offerman. *Fusion of Local Traffic Data and Floating Car Data for Travel Speed Estimation by a Neuro Fuzzy Approach*. Heusch/Boesefeldt GmbH, Aachen, Germany.
- [Pal97] Milan Paluš. Kolmogorov Entropy from Time Series using Information-Theoretic Functionals. *Neural Network World*, 7(3):269–292, 1997.
- [Pap98] Markos Papageorgiou. Some Remarks on Macroscopic Traffic Flow Modelling. *Transportation Research A*, 32(5):323–329, 1998.
- [Pap01] Markos Papageorgiou. Dynamic Traffic Flow Modelling and Control. Les transparenten, Dynamic Systems and Simulation Laboratory – Technical University of Crete, Oktober 2001.
- [Par98] Ulrich Parlitz. Nonlinear Time-Series Analysis. Uit Johan A.K. Suykens en Joos Vandewalle, editors, *Nonlinear Modeling : Advanced Black-Box Techniques*, hoofdstuk 8, pagina's 209–253. Kluwer Academic Publishers Boston, Juni 1998. ISBN 0-7923-8195-5.
- [Pep04] Mark Peplow. Traffic flow – Cruising through congestion. *Nature*, 429:725, Juni 2004.
- [Pet] Karl Petty. *Small Time Scale Analysis of the Loop Data*. California PATH Program.
- [Pig20] Arthur Cecil Pigou. *The Economics of Welfare*. Macmillan and Co., 4th (1932) editie, 1920.
- [PL00] Panos D. Prevedouros en Honglong Li. Comparison of Freeway Simulation with INTEGRATION, KRONOS and KWaves. Uit *Transportation Research Circular E-C018 : 4th International Symposium on Highway Capacity*, pagina's 96–107. Transportation Research Board and National Research Council, Juni 2000.
- [PR86] Heinz-Otto Peitgen en Peter H. Richter. *The Beauty of Fractals – Images of Complex Dynamical Systems*. Springer-Verlag, 1986. ISBN 0-387-15851-0.
- [PRE03a] *Physical Review E – Editorial Policies and Practices*, Januari 2003.
- [PRE03b] *Physical Review Web Submission Guidelines*, Augustus 2003.
- [Pri] Les Pritchard. *A guide to starting a JavaSpace*.

- [PSG⁺02] K. Pelckmans, J.A.K. Suykens, T. Van Gestel, J. De Brabanter, L. Lukas, B. Hammers, B. De Moor, en J. Vandewalle. *LS-SVMLab Toolbox User's Guide*. Tr 02-145, Department of Electrical Engineering ESAT-SCD (SISTA), K.U.Leuven, November 2002.
- [PTV] PTV. *VISSIM Traffic Flow Simulation – Technical Description*. PTV Planung Transport Verkehr AG, Stumpfstr. 1, D-76131 Karlsruhe, Germany.
- [Ram04] Paul Ramsey. *The State of Open Source GIS*. Refrations Research, 209–560 Johnson Street, Victoria, BC, V8W-3C6, Mei 2004.
- [RCH⁺01] R. Rajamani, C. Chen, A. Howell, J.K. Hedrick, en M. Tomizuka. A Complete Fault Diagnostic System for Automated Vehicles Operating in a Platoon. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 9(4), Juli 2001.
- [RCV⁺03] Bryan Raney, Nurhan Cetin, Andreas Völlmy, Milenko Vrtic, Kay Axhausen, en Kai Nagel. An agent-based microsimulation model of Swiss travel – First results. *Networks and Spatial Economics*, 3:23–41, 2003.
- [Ren04] Ine Renson. De wet van Murphy op de E17. *De Tijd*, Juni 2004.
- [RGH⁺01] S. Rosswog, C. Gawron, S. Hasselberg, R. Böning, en P. Wagner. Computational Aspects in Traffic Simulation Problems. *Future Generation Computer Systems*, 17(5):659–665, Maart 2001.
- [RL87] P.J. Rousseeuw en A. M. Leroy. *Robust Regression and Outlier Detection*. John Wiley & Sons, New York, 1987.
- [Rod] Roddefig. *How to Use PHP Tables Instead of Frames*.
- [RT99] Donald A. Redelmeier en Robert J. Tibshirani. Why cars in the next lane seem to go faster. *Nature*, 401, September 1999.
- [RT02] Tim Roughgarden en Éva Tardos. How Bad is Selfish Routing ? *Journal of the ACM*, 49(2):236–259, Maart 2002.
- [San] Ludwig Santen. *CA models for traffic flow – Numerical results*. Institut für Theoretische Physik, Universität zu Köln.
- [Sar00] Palash Sarkar. A Brief History of Cellular Automata. *ACM Computing Surveys*, 32(1):80–107, Maart 2000.
- [Sau93] Tim Sauer. Time Series Prediction by Using Delay Coordinate Embedding. Uit A.S. Weigend en N.A. Gershenfeld, editors, *Time Series Prediction : Forecasting the Future and Understanding the Past*, deel XV. Addison-Wesley, Juli 1993.
- [Sav03] Pieter-Jan Savat. *Vergelijkende studie van GigaSpaces en TSpaces*. Licentiaatsthesis, Departement Wiskunde-Informatica, Universiteit Antwerpen, 2003.
- [SBL⁺99] B. De Schutter, T. Bellemans, S. Logghe, J. Stada, B. De Moor, en B. Immers. Advanced traffic control on highways. *Journal A*, 40(4):42–51, Juni 1999.
- [Sch99] Andreas Schadschneider. The Nagel-Schreckenberg model revisited. *European Physical Journal B*, 10(3):573–582, Augustus 1999.

- [Sch02] Andreas Schadschneider. Traffic flow : A statistical physics point of view. *Physica A*, 313(153), 2002.
- [Ses03] Peter Sestoft. *Java Performance – Reducing time and space consumption*. Royal Veterinary and Agricultural University and IT University, Copenhagen, Denmark, Maart 2003.
- [SF94a] John M. Swales en Christine B. Feak. *Academic Writing for Graduate Students – A Course for Nonnative Speakers of English*. The University of Michigan Press, 1994. ISBN 0-472-08263-9.
- [SF94b] John M. Swales en Christine B. Feak. *Academic Writing for Graduate Students – Commentary*. The University of Michigan Press, 1994. ISBN 0-472-08293-0.
- [SF97] Thomas Schulze en Thomas Fliess. Urban Traffic Simulation with Psycho-Physical Vehicle-Following Models. Uit S. Andradóttir, K.J. Healy, D.H. Withers, en B.L. Nelson, editors, *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, pagina's 1222–1229, 1997.
- [SG98] P.M. Simon en H.A. Gutowitz. A Cellular Automaton Model for Bi-Directional Traffic. *Physical Review E*, 57(2):2441–2444, 1998.
- [Shi03] Jack Shirazi. *Java Performance Tuning*. O'Reilly, second edition editie, 2003. ISBN 0-596-00377-3.
- [Sho99] Peter Shor. Quantum Information Theory : Results and Open Problems. Uit *Visions in Mathematics – Towards 2000 conference*, deel 2, Tel Aviv, September 1999. GAFA – Geometric and Functional Analysis.
- [Sie92] Siemens. *Voertuigtellingen - Functionele Analyse*. v1.00 T643, Siemens N.V., Augustus 1992.
- [Sin00] Tony Sintes. Help with ints. *JavaWorld*, November 2000.
- [SK02] Vaidy Sunderam en Dawid Kurzyniec. Lightweight self-organizing frameworks for metacomputing. Uit *The 11th International Symposium on High Performance Distributed Computing*, Edinburgh, Scotland, Juli 2002.
- [SL03] Jan Swevers en Christophe Lauwerys, editors. *22nd Benelux Meeting on Systems and Control*, De Vossemeren, Lommel, Belgium, Maart 2003. Katholieke Universiteit Leuven, departement Werktuigkunde. Book of Abstracts.
- [SM02] Inc. Sun Microsystems. *Java Message Service API Specification v1.1*, 2002.
- [SM03] Andreas S. Schulz en Nicolás Stier Moses. On the Performance of User Equilibria in Traffic Networks. Uit *Proceedings of the fourteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms*, pagina's 86–87, Baltimore, Maryland, USA, 2003. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA, USA. ISBN 0-89871-538-5.
- [Smi96] LaRon Smith. *TRANSIMS Travelogue*. Technisch Rapport LAUR-96-4003, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico 87545, U.S.A., November 1996.

- [SN95] Michael Schreckenberg en Kai Nagel. *Physical Modeling of Traffic with Stochastic Cellular Automata*. Technisch Rapport LA-UR 95-2160, Los Alamos National Laboratory, 1995.
- [Sol01] Hi-Tech Solutions. *License Plate Recognition – A Tutorial*. Webextract, September 2001.
(URL : <http://www.licenseplaterecognition.com>).
- [Sos99] Dennis M. Sosnoski. Java performance programming, Part 2 - The cost of casting. *JavaWorld*, December 1999.
- [SPN] Narinnat Suksawat, Yuen Poovarawan, en Somchai Numprasertchai. *The Development of Scalable Traffic Simulation based on Java Technology*. The Department of Computer Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.
- [SRKK01] M. Schreckenberg, R.Barlović, W. Knospe, en H. Klüpfel. Statistical Physics of Cellular Automata Models for Traffic Flow. Uit K. H. Hoffmann en M. Schreiber, editors, *Computational Statistical Physics*, pagina's 113–126, Berlin, 2001. Springer.
- [SS99] Andreas Schadschneider en Michael Schreckenberg. *Traffic flow models with 'slow-to-start' rules*, Mei 1999.
- [ST00] Rafael P. Saldaña en Winfer C. Tabares. Traffic Modeling on High Performance Computing Systems. Uit *Proceedings of the Philippine Computing Science Congress (PCSC)*, 2000.
- [Sta02] Inc. StatSoft. *Time Series Analysis*. Electronic Textbook, 2002.
(URL : <http://www.statsoftinc.com/textbook/sttimser.html>).
- [Str01] Kristof Stroobants. *Grafisch modelleren van verkeer op snelwegen*. Katholieke Universiteit Leuven, 2001. Eindwerk Burgerlijk Elektrotechnisch Ingenieur.
- [Sue00] Mark D. Suennen. *A Traffic Detection Toolkit for Traveler Information Systems*. 2000 Mentors Program, Texas A&M University, Augustus 2000.
- [Sun00] Sun Microsystems, Inc. *How to Write Doc Comments for the Javadoc Tool*, 2000.
- [SV00] Johan A.K. Suykens en Joos Vandewalle. The K.U.Leuven Competition Data : a Challenge for Advanced Neural Network Techniques. Uit *Proceedings of the European Symposium on Artificial Neural Networks (ESANN '2000)*, pagina's 299–304, Brugge, Belgium, 2000.
- [SVBD04] Gunther Stuer, Kurt Vanmechelen, Jan Broeckhove, en Tom Dhaene. Sleeping in Java. Uit *EuroMedia*, Huize Corswarem, Hasselt, Belgium, April 2004.
- [SY] Rafael P. Saldaña en William Yu. *Cellular automata explorations on a Beowulf cluster computer*. High Performance Computing and Networking Laboratory, Ateneo de Manila University.
- [Sys01a] Safetran Traffic Systems. *Model 170 ATC Microcomputer*. Webextract, 2001.
(URL : <http://www.safetran-traffic.com/170atc.htm>).
- [Sys01b] Safetran Traffic Systems. *Model 170E Microcomputer*. Webextract, 2001.
(URL : <http://www.safetran-traffic.com/170e.htm>).

- [Tad00] Shin-ichi Tadaki. *Can We Explain Traffic Congestion ?* Slides, Department of Information Science, Saga University, 2000.
- [TdHST00] Henk Taale, Aad de Hoog, Stef Smulders, en Onno Tool. The Results of a Dutch Experiment with Floating Car Data. Uit *Proceedings of the 9th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems*, deel I, Braunschweig, Germany, Juni 2000.
- [Tec98] Technum. *Sterkte-Zwakte Analyse van het Intermodaal Vervoer in Vlaanderen – Strategische Beleidsnota*. Technisch rapport, Economic and Strategic Evaluation Group, 1998.
- [TH99] Martin Treiber en Dirk Helbing. *Explanation of Observed Features of Self-Organization in Traffic Flow*. Physical Review Letters – ongepubliceerd artikel, 1999.
- [TH00] Benno Tilch en Dirk Helbing. Evaluation of Single Vehicle Data in Dependence of the Vehicle-Type, Lane and Site. Uit D. Helbing, H. J. Herrmann, M. Schreckenberg, en D. E. Wolf, editors, *Traffic and Granular Flow '99 : Social, Traffic, and Granular Dynamics*. Springer, Berlin, 2000.
- [TH02] Martin Treiber en Dirk Helbing. Reconstructing the Spatio-Temporal Traffic Dynamics from Stationary Detector Data. *Cooperative Transportation Dynamics*, 1(1):1–20, Februari 2002.
- [The01a] The American Physical Society, 1 Research Road, Ridge, New York 11961. *APS Compuscript Guide for REVTeX 4*, Juli 2001.
- [The01b] The American Physical Society, 1 Research Road, Ridge, New York 11961. *REVTeX 4 Author's Guide*, Augustus 2001.
- [Tib] Andrej Tibaut. *Parallel Traffic Simulation with an Algorithm for Adaptive Load-Balancing*. Faculty of Civil Engineering, University of Maribor. Maribor, Slovenia.
- [Tij04] De Tijd. Bewegen of stilstaan. *De Tijd*, April 2004.
- [Toi93] Philippe L. Toint. *Transportation modelling methods and advanced transport telematics*. EC COMETT Program, ATRACC 3 seminar on 'att impact assessment and evaluation' editie, Maart 1993.
- [Tri95] Tritel. *Mobiliteitsplan voor de provincie Vlaams-Brabant en de arrondissementen Mechelen en Aalst*. Hoofdrapport in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, November 1995.
- [TT93] Misako Takayasu en Hideki Takayasu. $1/f$ Noise in a Traffic Model. *Fractals*, 1(4):860–866, 1993.
- [TTK⁺00] Zong Z. Tian, Rod Troutbeck, Michael Kyte, Werner Brilon, Mark Vandehey, Wayne Kittelson, en Bruce Robinson. A Further Investigation on Critical Gap and Follow-Up Time. Uit *Transportation Research Circular E-C018 : 4th International Symposium on Highway Capacity*, pagina's 397–408. Transportation Research Board and National Research Council, Juni 2000.
- [TTL04] Douglas Thain, Todd Tannenbaum, en Miron Livny. Distributed Computing in Practice - The Condor Experience. *Concurrency and Computation - Practice and Experience*, 2004.

- [TW96] Ph. Toint en L. Wynter. Asymmetric Multiclass Traffic Assignment - a coherent formulation. Uit J.-B. Lesort, editor, *Proceedings of the 13th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, pagina's 237–260, Lyon, France, Juli 1996. Pergamon, Oxford, Great Britain.
- [UNK04] *Traffic jams – Adapting to road conditions*. The Economist, Juli 2004.
- [VG01] Filip Vanhove en Christophe Van Ginderachter. *Analyse en Ontwerp van de Zuid-Oost toegang (Parkpoort) tot de stad Leuven*. Licentiaatsthesis, Katholieke Universiteit Leuven, departement Bouwkunde, 2001.
- [VNP01] Jo Vandeputte, Erik Nuyts, en Eddy Peetermans. Het Masterplan Antwerpen : ook voor Antwerpenaars ? Uit *Het Ingenieursblad*, pagina's 38–45, Oktober 2001.
- [VVR⁺01] Andreas Voellmy, Milenko Vrtic, Bryan Raney, Kay Axhausen, en Kai Nagel. Status of a TRANSIMS implementation for Switzerland. *Networks and Spatial Economics*, December 2001.
- [vZ99] Henk J. van Zuylen. *Het spel van de regels; Het richting geven aan chaotische maatschappelijke processen*. Technische Universiteit Delft, 1999.
- [Wag95] P. Wagner. Traffic Simulations using Cellular Automata : Comparison with Reality. Uit *Traffic and Granular Flow 1995*, nummer 95.214, 1995.
- [War52] J.G. Wardrop. Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research. Uit *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, deel 1 van 2, 1952.
- [WCPS] Joachim Wahle, Roland Chrobok, Andreas Pottmeier, en Michael Schreckenberg. *A Microscopic Simulator for Freeway Traffic*. Physics of Transport and Traffic, Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, Germany.
- [Wei00] Antje Weinert. Estimation of Critical Gaps and Follow-Up Times at Rural Unsignalized Intersections in Germany. Uit *Transportation Research Circular E-C018 : 4th International Symposium on Highway Capacity*, pagina's 409–421. Transportation Research Board and National Research Council, Juni 2000.
- [Wik] Wikipedia. *Fluid Dynamics*.
- [Wil97] James C. Williams. Two-Fluid Theory. Uit Nathan Gartner, Hani Mahmassani, Carroll J. Messer, Henry Lieu, Richard Cunard, en Ajay K. Rathi, editors, *Traffic Flow Theory: A State-of-the-Art Report*, pagina's 6.17–6.29. Federal Highway Administration, Transportation Research Board, 1997.
- [Wil02a] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*. Nummer 64. Tom Wilkie, Mei 2002.
- [Wil02b] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*. Nummer 65. Tom Wilkie, Juli 2002.
- [Wil03a] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*. Nummer 68. Tom Wilkie, Januari 2003.
- [Wil03b] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*. Nummer 69. Tom Wilkie, Maart 2003.
- [Wil03c] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*. Nummer 70. Tom Wilkie, Mei 2003.
- [Wil03d] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*. Nummer 71. Tom Wilkie, Juli 2003.

- [Wil03e] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*. Nummer 72. Tom Wilkie, September 2003.
- [Wil04a] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*. Nummer 74. Tom Wilkie, Januari 2004.
- [Wil04b] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*. Nummer 75. Tom Wilkie, Maart 2004.
- [Wil04c] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*, deel 76. Tom Wilkie, Mei 2004.
- [Wil04d] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*, deel 77. Tom Wilkie, Juli 2004.
- [Wil04e] Tom Wilkie. *Scientific Computing World*, deel 78. Tom Wilkie, September 2004.
- [WJM93] Anne Waldron, Peggy Judd, en Valerie Miller. *Physical Review – Style and Notation Guide*. The American Physical Society, Februari 1993.
- [WNS99] J. Wahle, L. Neubert, en M. Schreckenberg. Modeling and simulation of traffic flow. *Computer Physics Communications*, pagina's 402–405, 1999.
- [Wol99] Dietrich E. Wolf. Cellular automata for traffic simulations. *Physica A*, 263:438–451, 1999.
- [WSW00] Manfred Wermuth, Carsten Sommer, en Sven Wulff. Teletravel Systems (TTS) – Telematic System for the Automatic Survey of Travel Behaviour. Uit *Proceedings of the 9th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems*, deel I, Braunschweig, Germany, Juni 2000.
- [WW00] Xiubin Wang en Feghuan Wang. *A Driver's Utility Function and its Properties*. Institute of Transportation Studies and Department of Civil and Environmental Engineering, December 2000. UCI-ITS-WP-00-14.
- [WW02] S.C. Wong en G.C.K. Wong. An analytical shock-fitting algorithm for LWR kinematic wave model embedded with linear speed-density relationship. *Transportation Research Part B*, 36:683–706, 2002.
- [Yam99] Yoshiharu Yamamoto. *Detection of Chaos and Fractals from Experimental Time Series*, modern techniques in neuroscience research 24, pagina's 669–687. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1999.
- [YI03] Isaak Yperman en Ben Immers. Capacity of a Turbo-Roundabout Determined by Micro-Simulation. Uit *Proceedings of the 10th World congress on Intelligent Transportation Systems*, Madrid, Spain, November 2003.
- [YSI03] Isaak Yperman, Jim Stada, en Ben Immers. Punctuele logistiek dankzij een robuust netwerk. Uit *10e Vervoerslogistieke Werkdagen*, Corsendonck, België, November 2003.
- [ZGW98] Joseph P. Zbilut, Alessandro Giuliani, en Charles L. Webber. Recurrence Quantification Analysis and Principal Components in the Detection of Short Complex Signals. *Physics Letters A*, 237:131–135, 1998.
- [Zha03] H.M. Zhang. Anisotropic property revisited – does it hold in multi-lane traffic ? *Transportation Research B*, 37B(6):561–577, Juli 2003.

- [Zil01] Thanasis Ziliaskopoulos. *Traffic Equilibrium Models – the Past, the Present and the Future*. TC Seminar, 2001.
- [ZR99] Xiaoyan Zhang en John Rice. *Visualizing Loop Detector Data*. California PATH Working Paper UCB-ITS-PWP-99-21, University of California, Berkeley, December 1999. ISSN 1055-1417.