

## Focus en massa – Universiteit Utrecht

Format nieuwe focusgebieden 2014-2017

### A) Gegevens

- Naam focusgebied: Foundations of Complex Systems
- Penvoerende decaan: Prof. G.F.B.P. van Meer
- Participerende onderzoeksprogramma's inclusief programmaleider: <sup>1</sup>

Mathematical Institute (Prof. E.P. van den Ban)  
Institute for Theoretical Fysics (Prof. S.J.G. Vandoren)  
Theoretical Epidemiology (Prof. J.A.P. Heesterbeek)  
Department of Epidemiology (Prof. A.W. Hoes)  
Theoretical Biology (Prof. R.J. de Boer)  
Utrecht University School of Economics (Prof. J. Plantenga)  
Department of Methodology and Statistics (Prof. H. Hoijtink)

- Beoogde trekker:

Prof. H.T.C. Stoof

### B) Beschrijving van het focusgebied

#### "Body of knowledge" en interdisciplinariteit

In zijn algemeenheid is een complex systeem een systeem dat als geheel eigenschappen bezit die niet eenvoudig uit de afzonderlijke onderdelen af te leiden zijn, maar alleen uit de combinatie hiervan. Populair gezegd betekent dat dus dat het geheel meer is dan de som der delen. Een van de oorzaken is dat vaak vele positieve en negatieve terugkoppelingen bestaan tussen de onderdelen, bijvoorbeeld in netwerken, die maken dat zo'n systeem als geheel bijvoorbeeld grote en snelle verandering kan laten zien bij slechts een ogenschijnlijk kleine verandering in een van de onderdelen. De bestudering van deze emergente eigenschappen uit eenvoudige natuurwetten of wiskundige vergelijkingen is een centraal thema binnen de wis- en natuurkunde, en er is daardoor veel ervaring met een uitgebreide set van geavanceerde methoden voor de bestudering van complexe systemen binnen deze vakgebieden. Wis- en natuurkundestudenten en promovendi worden ook uitgebreid geschoold in deze methoden van kwantitatieve analyse.

In vrijwel alle takken van wetenschap, met name in de levenswetenschappen, maar ook in economische, sociale en geesteswetenschappen, groeit met de beschikbaarheid van data en empirische kennis, het inzicht dat veel systemen "complex" zijn in bovenstaande zin. Daarmee groeit ook de behoefte aan meer gericht modelmatig kwantitatief onderzoek op het gebied van complexe systemen. Dit vraagt om meer onderzoekers die geschoold zijn in kwantitatieve analyse, met de daarvoor benodigde wiskundige bagage in combinatie met kennis van het toepassingsgebied. Zo zei bijvoorbeeld op november 2010 de president van de Europese Centrale Bank Jean-Claude Trichet:

*"When the crisis came, the serious limitations of existing economic and financial models immediately became apparent. Macro models failed to predict the crisis and seemed incapable of explaining what was happening to the economy in a convincing manner. As a policy-maker during the crisis, I found the available models of limited help. In fact, I would go further: in the face of the crisis, we felt abandoned by conventional tools. [...] In this context, I would very much welcome inspiration from other disciplines: physics, engineering, psychology, biology. Bringing experts from these fields together with economists and central*

---

<sup>1</sup> Deze lijst zal nog sterk kunnen groeien door verdere actieve benadering zoals later in meer detail aangegeven.

*bankers is potentially very creative and valuable. Scientists have developed sophisticated tools for analysing complex dynamic systems in a rigorous way. These models have proved helpful in understanding many important but complex phenomena: epidemics, weather patterns, crowd psychology, magnetic fields. Such tools have been applied by market practitioners to portfolio management decisions, on occasion with some success."*

Het doel van dit focusgebied is om een brug te slaan tussen de methodiek van de wis- en natuurkunde, en de vraagstellingen en toepassingen uit andere wetenschappen die te maken hebben met complexe systemen en complexiteit. Om dit doel de meeste kans van slagen te bieden is er is gekozen voor de opzet om uit te gaan van een binnen Utrecht al bestaande wetenschappelijke samenwerking op het toepassingsgebied van de levenswetenschappen om de verschillende groepen samen te brengen. Gaandeweg zal echter wederzijdse bekendheid tot een divers pallet van samenwerking en kruisbestuiving leiden, alsmede uitbreiding naar andere vakgebieden buiten de levenswetenschappen ("olievlek-werking"). Men kan dan denken aan emergente eigenschappen van sociale netwerken, van netwerken van instituties, van zelforganisatie en patroonvorming, en van klimaat. Als een nucleus voor de stimulering van interactie is gekozen voor complexe systemen op het gebied van de dynamica van infectieziekten zowel binnen de gastheer, als in een populatie gastheren. Deze populatie kan daarbij zowel de algehele bevolking zijn maar ook een subpopulatie daarvan, met name bijvoorbeeld een ziekenhuispopulatie. Hierbij wordt voortgebouwd op vier Utrechtse pijlers: (1) de succesvolle samenwerking tussen wiskunde en theoretische fysica op het gebied van de opleiding van jonge onderzoekers, (2) de internationaal unieke samenwerking tussen biologie en het UMCU op het gebied van de kwantitatieve immunologie, (3) de succesvolle samenwerking tussen wiskunde, biologie, het UMCU, diergeneeskunde, en de sociale wetenschappen binnen het "Utrecht Centre for Infection Dynamics" (UCID) in een wiskundige benadering van ziekteverspreiding, en (4) de bestaande expertise binnen de "Utrecht University School of Economics" (USE) en de sociale wetenschappen op het gebied van netwerkanalyse.

Om dit doel te bereiken met de financiële middelen die verbonden zijn aan een Focus en Massa programma (0.2 MEuro/jaar), is ons concrete voorstel het aantrekken van een nieuw veelbelovend junior staf lid complexe systemen, met een aanstelling voor de periode van de financiering. Dit staf lid zal zijn onderzoek richten op de ontwikkeling en analyse van nieuwe modellen en netwerkformuleringen van complexe systemen, in nauwe samenwerking met de deelnemers van dit programma. Van deze persoon wordt in het bijzonder verwacht in kaart te brengen waar interessante en nuttige fundamentele en methodologische vernieuwing mogelijk en vanuit toepassingsgebieden binnen de UU nodig is. Er zal onder andere gebruik gemaakt worden van de methodieken die gangbaar zijn in de wiskunde van Bayesiaanse statistiek, niet-lineaire dynamica en de niet-evenwichts statistische fysica. Hij/zij zal hiervoor zo actief mogelijk raakvlakken en samenwerking in kaart brengen en stimuleren binnen alle mogelijke voor de UU relevante gebieden. De onderzoeker zal hierbij als een aandrijver moeten fungeren en in eerste instantie interactie stimuleren tussen de groepen van Barkema, Panja, van Roij, Duine en Stoof (natuurkunde), Fernandez, Frank, Verduyn Lunel en Bootsma (wiskunde), de Boer (biologie), Bonten en Moons (geneeskunde/UMCU), Heesterbeek (diergeneeskunde), Rosenkranz en Hassink (economie), van der Heijden, Buskens en Hoijtink (sociale wetenschappen) en van der Gaag (informatica). Daarnaast verwachten wij dat mogelijk ook andere groepen bij ons initiatief zullen willen aansluiten. Hierbij denken wij in het bijzonder aan de groepen van Rietkerk, de Jong en Bierkens (geowetenschappen), van Oudenaarden (Hubrecht) en van Bavel (geesteswetenschappen). Complexe systemen spelen namelijk in zeer verschillende interessegebieden, een rol, waarbij te denken valt aan stabiliteit van vegetatiepatronen, netwerken in cellulaire interactie, stabiliteit in netwerken van instituties en netwerken voor stedelijke ruimtelijke mobiliteit.

Ter ondersteuning van het staf lid wordt tevens een promotieplaats aangevraagd, plus financiën om de beoogde nieuwe samenwerkingen binnen het Focusgebied vorm te geven, zoals onder andere het organiseren van wetenschappelijke bijeenkomsten en het opzetten van een website. De onderwijstaak van dit staf lid zal zijn het opzetten en verzorgen van twee nieuwe vakken, één op bachelor en één op masterniveau, gericht op studenten in de wis- en natuurkunde, met als doel het voorbereiden van de studenten op interdisciplinair

onderzoek op het kruisvlak van de verschillende onderzoeksgebieden binnen dit Focusgebied. In deze context is het belangrijk op te merken dat, naast de gebruikelijke persoonsgebonden steun, ook het recentelijk gehonoreerde NWO Graduate programme QBio de meest excellente studenten kans geeft op een promotieplaats.

#### Wetenschappelijke kwaliteit

De wetenschappelijke kwaliteit van de deelnemende onderzoeksgroepen blijkt onder andere uit de hoge waarderingen bij onderzoeksvisitaties, het grote succes van individuele onderzoekers binnen NWO (o.a. 11 VICI beurzen, waaronder een groot aantal van bovengenoemde programmaleiders, en twee Spinoza premiums) en ERC (een advanced en twee startings grants), deelname aan twee recent gehonoreerde projecten in het kader van NWO Zwaartekracht: "Delta-Institute for Theoretical Physics: Matter at all Scales" en "Individual development: Why some children thrive, and others don't.", aan het NWO Graduate programma kwantitative biologie (QBio) en deelname van diverse programmaleiders aan het NWO programma Complexe Systemen.

#### Vernieuwende aspecten, nieuwe samenwerking, zicht op wetenschappelijke doorbraken

De samenwerking tussen wiskunde, de sociale wetenschappen en de levenswetenschappen binnen de UU is niet nieuw, maar de samenwerking met economie (en mogelijke ook met geowetenschappen en geesteswetenschappen) en de versterking van de methodologische kant door de uitbreiding naar de theoretische fysica is dat wel. De beoogde rol in het onderwijs is dat ook. Deze nieuwe activiteiten zullen een sterke impuls geven aan de doorstroming van excellente studenten en jonge onderzoekers vanuit de wis- en natuurkunde naar de levenswetenschappen, economie en de sociale wetenschappen. Gezien de revolutionaire ontwikkelingen in de verschillende wetenschappen op het gebied van grootschalige (high-throughput) experimenten, de beschikbaarheid en modellering van kwantitatieve data, is het zonder meer duidelijk dat dit tot nog meer wetenschappelijke doorbraken zal leiden, en dat een exacte en kwantitatieve benadering hierin een steeds grotere rol zal gaan spelen. De potentie is dus groot, met name op de langere termijn.

#### Maatschappelijke relevantie (inc. earning capacity); Huidige en toekomstige partners buiten de UU

Het Focusgebied heeft unieke mogelijkheden om als UU in de komende jaren de leiding te nemen voor een NWO-Zwaartekrachtvoorstel in 2016 op het gebied van complexe systemen. Er bestaan ook al plannen om in die ronde een NWO-Zwaartekrachtvoorstel in te dienen op het gebied van de dynamica van infectieziekten met de UU als penvoerder, waar dit Focusgebied belangrijk kan bijdragen aan de succeskans. Partners buiten de UU zullen voor beide initiatieven in 2014 worden geselecteerd en actief worden benaderd. In het bijzonder zijn er al bestaande verbanden met het RIVM in de persoon van Mirjam Kretzschmar en Roel Coutinho.

#### Onderscheidend vermogen

Een sterke samenwerking tussen enerzijds de fundamentele wiskunde, theoretische natuurkunde, economie en sociale wetenschappen, en aan de andere kant de levenswetenschappen, met de focus op de dynamica van complexe systemen en op de schaal zoals hier voorgesteld, is uniek voor Nederland. Deze samenwerking zal dan ook leiden tot een kwaliteitsimpuls in de kwantitatieve analyse van complexiteit in brede zin binnen Utrecht. Ook zal de aantrekkingskracht van de opleidingen in de wis- en natuurkunde in Utrecht stijgen, door een goede aansluiting op een carrière in met name de levenswetenschappen en economie. Dit focusgebied kan enerzijds bijdragen aan de fundering voor de UU strategische thema's "Life Sciences", "Institutions", en "Duurzaamheid" door via wiskundige modellering de theoretische aspecten van zowel de levenswetenschappen als van sociale, geografische en economische processen te voeden, maar heeft anderzijds goede mogelijkheden om uit te groeien tot een nieuw UU-breed

strategisch thema waarmee de UU zich in de toekomst belangrijk kan profileren en onderscheiden.