

Quadraad



Jaargang 10, december 2014

Beating heart cells on a silicon chip

*Stem-cell biology meets
micro-fabrication*

Qutech awarded National Icon status

*Edoardo Charbon: "Why build a
quantum computer? Because we can!"*

Nieuw programma BSc Electrical Engineering

Focus op studeerbaarheid

Inhoud Content

Qua decaan

Rob Fastenau



Foto Annelies te Selle

Qutech awarded National Icon status

"Why build a quantum computer?"

3



Licht, ruim en eigentijds!

Een vooruitblik op EWI 2.0

6



Beating heart cells on a silicon chip

Stem-cell biology meets
micro-fabrication

8



Nieuw programma BSc Electrical Engineering

Focus op studeerbaarheid

10



Culture: 'La dolce vita' in the Netherlands

12



Wiskundig modelleren van tumorgroei

"Juist simpele modellen worden
enorm gewaardeerd"

14



EEMCS scientists plunge into Rotterdam's night life

16



DARE gaat met Stratos II+ de uitdaging weer aan

18



Winners

A dean's life is full of surprises, fortunately mostly positive ones. However, the month of November really stood out, as our faculty won **three out of three** possible awards! The series of successes started on 11 November with Zaid Al-Ars winning the DIG-it award for the most innovative research project presented at the TU Delft research exhibition. His winning project is about improving the speed of DNA analysis using dedicated computer hardware. This new method will improve the speed of DNA analysis by a factor of ten, allowing medical researchers to improve the understanding of diseases, such as cancer, at a faster pace.

On 13 November, the best Master's student and the best teacher were chosen from the eight competing faculties of TU Delft, with the incredible result that both awards went to the candidate of the EEMCS faculty. Jörn Zimmerling was selected to be the best Master's graduate. Jörn studied Electrical Engineering and his Master's thesis was awarded a 10. Despite the complexity of his rather theoretical thesis subject, he presented his Master's research in a wonderfully insightful way. The improvement of the speed of optics simulation he realised is really impressive. Jörn will continue his research as a PhD candidate in the Circuits and Systems section of our Microelectronics Department.

Alexandru Iosup won the 'best teacher of the year' award. Alexandru introduced gamification in his first-year Computer Science course Computer Organisation, transforming this course from a hurdle for the students into a lively learning experience with an improved success rate as a great result. All three winners share an appetite for a bold innovative approach and aim for a significant improvement. They are great examples for all of us.

I would like to thank all of you for your contributions to the Faculty's successes in the past year and I wish you a happy festive season and a great 2015! ■



November was een topmaand. Zaid Al-Ars won de DIG-it award voor het meest innovatieve onderzoeksproject. Hij ontwierp nieuwe computerhardware om de snelheid van DNA-analyse substantieel te verbeteren, waardoor sneller inzicht kan worden verkregen in ziektes als kanker. Jörn Zimmerling (MSc EE) werd uitgeroepen tot beste afstudeerder van de TU Delft voor zijn indrukwekkende bijdrage aan de versnelling van optische simulaties. Alexandru Iosup won de titel 'beste docent van het jaar' voor zijn vernieuwende didactische aanpak. Dankzij zijn introductie van 'gamification' is het eerstejaars vak Computer Organisation een opwindende leerervaring en is ook het studierendement gestegen.

Ik wil iedereen bedanken voor zijn of haar bijdrage aan de successen van de faculteit. Fijne feestdagen en een geweldig 2015! ■

En verder: 2 Quadecaan | 7 Komen | 13 Pitch | 17 Gaan
19 Qiekjes | 20 A new process for making graphene

Qutech awarded National Icon status

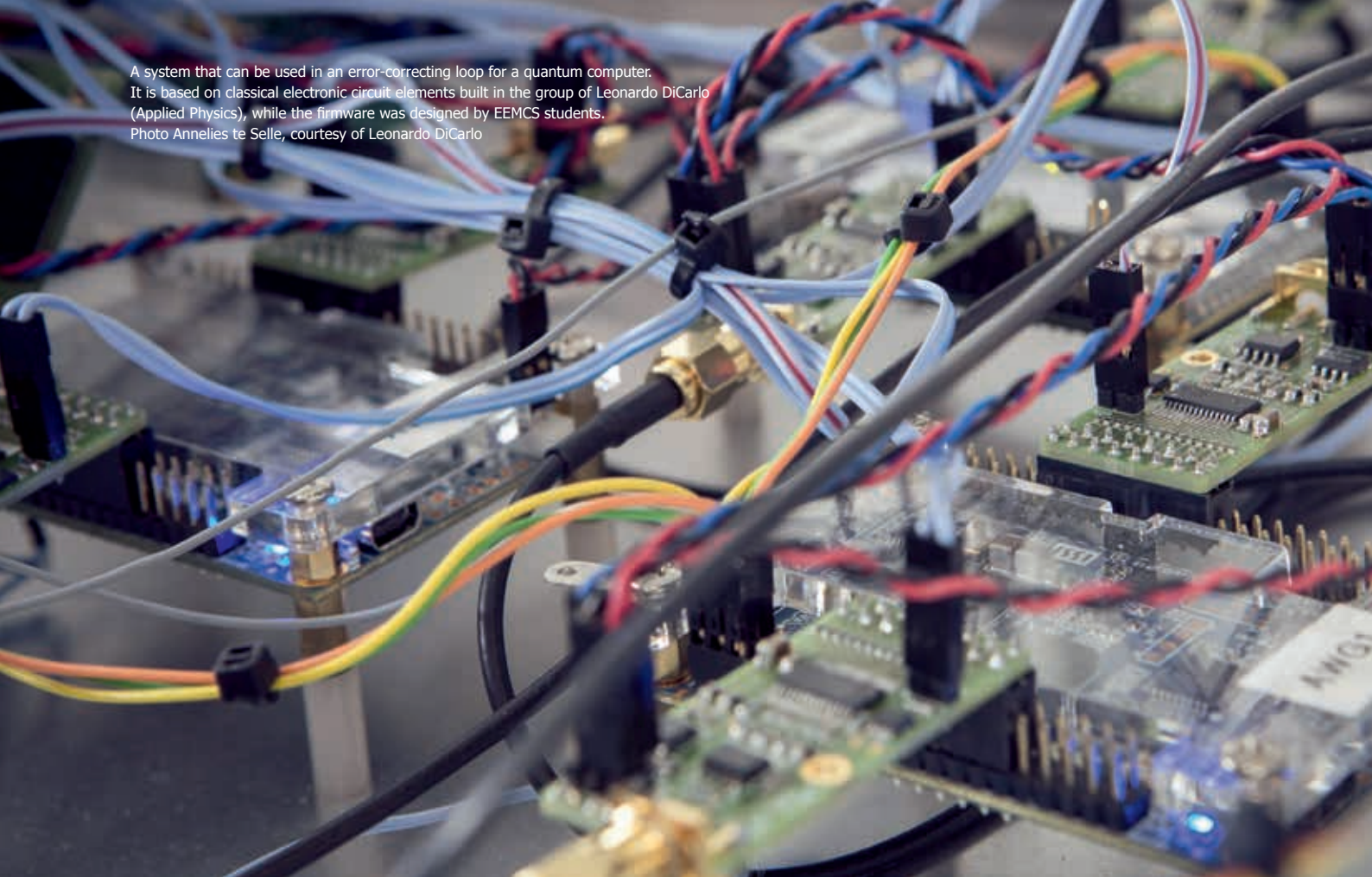
Edoardo Charbon:
“Why build a quantum computer?
Because we can!”



Ineke Temming

All eyes are on QuTech, in the Netherlands and beyond. The new centre for quantum technology, a collaboration between TU Delft, TNO and a number of private and public parties, has been awarded National Icon status by the Ministry of Economic Affairs. As one of our country's most impressive new innovations it is expected 'to contribute to future welfare and help solve global problems'. QuTech's 'man-on-the-moon' ambition is to develop the world's first quantum computer and quantum internet. This giant leap for mankind will be largely made possible by the unique cooperation between quantum mechanics experts from Applied Physics and computer scientists & electronics engineers from EEMCS. The research conducted in our faculty is coordinated by Edoardo Charbon, full professor of VLSI Design in the Microelectronics Department.

A system that can be used in an error-correcting loop for a quantum computer. It is based on classical electronic circuit elements built in the group of Leonardo DiCarlo (Applied Physics), while the firmware was designed by EEMCS students. Photo Annelies te Selle, courtesy of Leonardo DiCarlo



Quantum mechanical properties of matter and energy are often counter-intuitive and strange. How can two particles simultaneously exist in two apparently contradictory states? And how is it possible that they can exchange information over vast distances without being physically connected? "How these effects, superposition and entanglement, actually happen, isn't entirely clear", says Edoardo Charbon. "What counts is that we can use them to build the world's first true quantum computer."

Success formula

A quantum computer uses quantum bits or qubits. Unlike conventional bits that can hold only one of two states, 0 or 1, a qubit can hold both states simultaneously. Edoardo: "This means that a quantum computer based on, for example, 1024 qubits can potentially hold 2^{1024} states, which is an enormous number. So it is expected to be extremely powerful and fast. It will be capable of doing calculations that are way beyond the processing abilities of a classical computer." According to him the quantum computer can contribute greatly to solving grand challenges in science as well as society, for example in areas like energy, health and communication. "But if you ask me: 'why are we doing it?' my answer is: because we can! No matter how stiff the competition, QuTech has all the scientific and engineering expertise available to make a difference: from the state-of-the-art quantum mechanics knowledge of Leo Kouwenhoven's group to our extensive know-how in computer science and microelectronics. Combined with TNO's technological experience and its strong connections with the high-tech industry it's a unique formula for success."

Four research layers

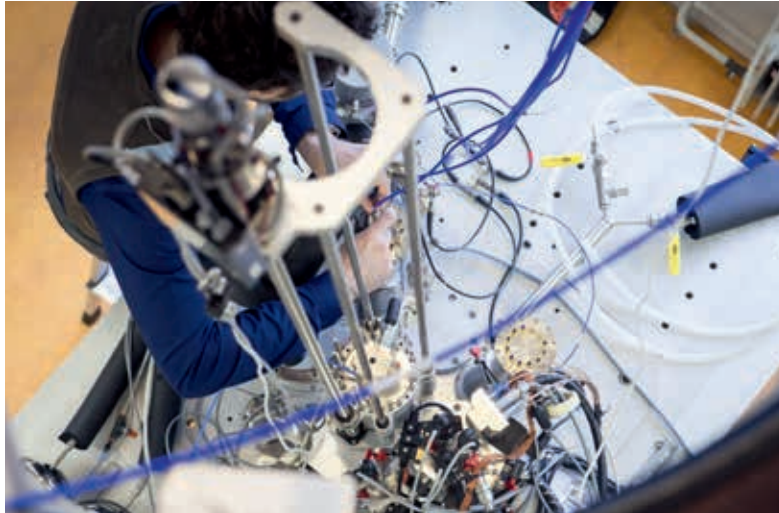
The physics researchers in the Quantum Computer lab mainly focus on the question of how to produce robust and scalable qubits. Four different technologies are currently being studied: superconducting qubits, electron spin qubits in quantum dots, spin qubits in diamond and qubits based on the recently discovered Majorana particles. As the production of qubits requires very low temperatures, in the milliKelvin range, the lab is equipped with several large cryostats. "One thing I want to stress is that a quantum computer cannot be built by qubits alone", Edoardo points out. "You always need the combination with a classical computer. So that's where EEMCS comes into play." The research at EEMCS has a stratified approach based on four mutually dependent layers: algorithms, computer architecture, electronics, and chip fabrication technology for quantum computing.

Quantum algorithms and architecture

EEMCS has been fortunate to attract Stephanie Wehner, an internationally renowned quantum information theorist, to lead the research on quantum algorithms. She will be focusing on quantum cryptography and communication (also see p.7). In the second layer, Koen Bertels' group is responsible for defining and building a micro-architecture that is capable of efficiently controlling and programming the quantum computer. Edoardo: "Somehow you need to determine a relationship between the algorithm and the quantum computer."



“A quantum cannot be built by qubits alone; you always need the combination with a classical computer”



Photos Annelies te Selle

The problem is that there is no such thing as a quantum compiler that turns classical code into quantum code. In addition, interfacing classical electronics with a quantum computer is far from trivial, involving complex microwave and optical interfaces. Thus, digital instructions have to be translated into very specific signals that are sent into the quantum system and allow algorithms to be executed.”

at low temperatures. “Ultimately, we want to fit the classical circuits interfacing to a quantum computer into integrated circuits, the very same technology used in smart phones and PCs, but operating at 4 to 15 Kelvin. We won’t see the difference though, since the human-computer interface (keyboard and display) will continue to be at room temperature.”

Quantum electronics

An important problem to be tackled is ‘quantum decoherence’. In this early stage of quantum technology, qubits very quickly lose their quantum superposition state, eliminating all the advantages of the quantum computer. To solve this issue Edoardo is working on an error-correcting feedback loop based on classical electronic elements. He is heading the electronics research of the third layer, where fast interfaces between the quantum device and the classical computer are built. The error correction techniques not only have to be very fast and scalable, he says, but they also have to operate

Quantum chip fabrication

Finally, Ryoichi Ishihara is leading the research on quantum chip fabrication technologies. One of his projects is the development of scalable interconnects between the qubits and the digital components. “No small matter, as the quantum computer of the future may involve billions of qubits”, Edoardo comments. After which he concludes: “QuTech will provide us with new and exciting challenges for many years to come!” ■

www.qutech.nl



Het ministerie van Economische Zaken heeft QuTech, het nieuwe centrum voor kwantumtechnologie, uitgeroepen tot Nationaal Icoon. Volgens Edoardo Charbon, onderzoekscoördinator binnen EWI, is de samenwerking tussen TNW, EWI, TNO en een aantal publieke en private partijen een succesformule. Het centrum heeft alle expertise in huis om 's werelds eerste kwantumcomputer en kwantuminternet te realiseren. Het onderzoek bij EWI kent vier lagen: bij Computer Science houdt de groep van Stephanie Wehner zich bezig met kwantumalgoritmes, vooral voor cryptografie en communicatie; Koen Bertels' Computer Engineering-groep werkt aan een micro-architectuur waarmee de kwantumcomputer efficiënt kan worden aangestuurd en geprogrammeerd; bij Microelektronica houdt Edoardo Charbon zich o.a. bezig met foutcorrectietechnieken en ontwikkelt Ryoichi Ishihara technologie voor de fabricage van kwantumchips. ■



Licht, ruim en eigentijds!

Een vooruitblik op EWI 2.0

"De beste ideeën krijg je samen!"

Christel Swinkels (rechts)
en Iljoesja Berdowski
Foto Annelies te Selle

De campus van de TU Delft moderniseert en EWI moderniseert mee! Christel Swinkels, waarnemend faculteitssecretaris, en Iljoesja Berdowski, ontwikkelaar bij Facilitair Management & Vastgoed (FMVG), vertellen waarom het nodig is en wat we kunnen verwachten.

Ineke Temming

EWI'ers hebben iets met hun gebouw. Hoe verouderd het ook is, het gaat iedereen aan het hart wat ermee gebeurt. "Anno nu zou je het natuurlijk nooit meer neerzetten", zegt Christel, "maar de mensen hier zijn er trots op dat ze in de belangrijkste landmark van de TU Delft werken of studeren. Welk ander TU-gebouw is zichtbaar vanaf de A13 en direct herkenbaar vanuit de lucht?" Het is een gevoeligheid die FMVG respecteert. Iljoesja: "Om maar direct een paar vooroordelen uit de weg te ruimen: 'EWI 2.0' is geen ander woord voor 'sloop' en we dwingen niemand tot flexwerken. Wat we beogen is een prettige en inspirerende academische werkomgeving te creëren. De gebruiker staat centraal."

Een monster qua efficiency

Het uit de jaren zestig daterende EWI-complex is qua architectuur een voorbeeld van het functionalisme. Maar functioneel is het niet meer. "De grote kantoorruimtes herinneren aan een tijd waarin mensen papierwerk deden en veel kasten nodig hadden", zegt Christel, "maar nu werken en archiveren we voornamelijk digitaal." Qua efficiency is de hoogbouw een monster: volgens Iljoesja gaat veertig procent op aan gangen, liften en trappenhuizen. "En dat terwijl de huisvestingslasten van de TU Delft relatief hoog zijn. Dat geld steek je liever in onderwijs, onderzoek en valorisatie." Ook veiligheid is meer een issue dan vroeger. "Labs in de hoogbouw, dat moet je niet doen." Christel formuleert de voornaamste drijfveer voor EWI 2.0: "Het gebouw nodigt niet uit tot samenwerking, iedereen werkt op zijn eigen vierkante meter. Een gemiste kans, want de beste ideeën krijg je samen!"

Out-of-the-box

Volgens planning heeft EWI in 2017 een mooie, nieuwe entree en een aantrekkelijke kantooromgeving die interactie tussen mensen stimuleert. Christel: "De wat ingewikkelder labs zouden we graag concentreren in de labruimtes van de laagbouw, waar nu al een state-of-the-art labinfrastructuur wordt gecreëerd. Hieromheen komen hoogwaardige kantoren voor de gebruikers. En echt, het wordt er licht, ruim en eigentijds!" De afdelingen hebben de afgelopen tijd hun ideale werkomgeving kunnen schetsen. "Zodra de gewenste werkplekconcepten duidelijk zijn, wordt gekeken of deze in het huidige gebouw zijn in te passen", licht Iljoesja toe. Tot slot geeft ze een advies. "Het College van Bestuur wil dat de gekozen oplossing dertig jaar meegaat. Daarom is het essentieel dat EWI nu goed overweegt welke faciliteiten zij nodig heeft, los van de mogelijkheden en beperkingen van het huidige gebouw." Een warm pleidooi voor 'out-of-the-box-denken', letterlijk en figuurlijk... ■



The most important objective of the EEMCS 2.0 renovation project is to create an inspiring academic work environment that encourages collaboration. What is also envisioned is a state-of-the-art laboratory infrastructure in the lab space of the low-rise building - which will be drastically upgraded into a light, spacious and modern environment. The departments have been given the opportunity to design their ideal workplace. The next step is to see whether EEMCS's housing demands can be realised within the current building. ■

KOMEN

en gaan

Juliette Fhij

Stephanie Wehner
Foto Annelies te Selle

Stephanie Wehner

IS Associate Professor of Quantum Information Theory

Stephanie is no stranger to the Netherlands, but she still has to get used to the cold. The German scientist studied at the University of Amsterdam, where she obtained her doctorate. Since 2010 she has been leading her own group at the National University of Singapore. In Asia she got used to the average daily temperature of around 30 degrees, and she also developed her passion for outrigger canoeing. She joined EEMCS as a quantum theoretician in October. Stephanie: "I am a theorist at heart, but I am also fascinated by practical application. I can carry out my

"I'm a theorist at heart, but fascinated by practical application"

research anywhere, but here they can implement my ideas and build the hardware for my protocols. My present research includes finding the best possible way of transferring information in a quantum network. Long-distance quantum communication is difficult, but during the next five years we hope to set up a small quantum network. We will then go on to extend this network even further. It's all very exciting and I am really looking forward to it!" ■



De Duitse kwantumtheoreticus Stephanie Wehner komt regelrecht uit het warme Singapore, waar ze haar eigen groep leidde. Ze kwam hier omdat haar ideeën bij EWI kunnen worden geïmplementeerd en de hardware die bij haar protocollen past kan worden gebouwd. Ze houdt zich onder meer bezig met de vraag hoe informatie in een kwantumnetwerk zo goed mogelijk overgedragen kan worden. Ze verheugt zich op de bouw van een klein kwantumnetwerk, dat steeds verder zal worden uitgebreid. ■

Jitske van der Laan

IS International and Internship Officer

Jitske van der Laan is sinds juli werkzaam bij het International Office van EWI; studenten kunnen bij haar terecht voor al hun vragen over stages of studeren in het buitenland. Daarnaast is ze verantwoordelijk voor de exchange studenten en houdt ze zich bezig met de internationale programma's waarbij studenten bij verschillende universiteiten studeren en zo een dubbeldiploma behalen. Ze is nieuw binnen EWI, maar voor de TU Delft is ze een bekend gezicht. Ze startte in 2008 bij Civiele Techniek en Geowetenschappen waar ze een vergelijkbare functie

"Internationale ervaring is een toegevoegde waarde"

bekleedde. Jitske praat enthousiast over haar werk: "Ik krijg iedere dag ontzettend veel energie van het begeleiden en adviseren van studenten met plannen voor het buitenland. Ervaring opdoen in het buitenland is spannend, maar studenten komen vol zelfvertrouwen terug. Het is ook heel goed voor hun zelfstandigheid en probleemoplossend vermogen. Ik zie internationale ervaring als een toegevoegde waarde. En ik zet me er graag voor in dat nog meer studenten kiezen voor een leerzame en boeiende studietijd over de grenzen." ■



Since July students with questions about internships or studying abroad can speak to Jitske van der Laan of the International Office. She is also the one to contact if you are an exchange student or enrolled in a double degree programme. Jitske gets a lot of energy from coaching students with international plans. International experience is an added value, she says. She is committed to encouraging more students to go abroad. ■

Jitske van der Laan
Foto Annelies te Selle

Beating heart cells on a silicon chip

Stem-cell biology meets micro-fabrication



Ronald Dekker (left) and Lina Sarro supervising MSc student Nikolas Gaio and PhD student William Quiros Solano (right).
Photos Annelies te Selle

Organs on a chip or, more precisely, micro-devices in which living cells of a specific organ are cultivated, imitate the functions, dynamics and structure of human organs. Organs on chips offer great potential for the future, and they are receiving attention around the globe – including at EEMCS. In the Dimes Technology Centre, Lina Sarro and Ronald Dekker are developing the micro-structures of a heart on a chip.

Juliette Fhij

Organs on chips are realistic models of human tissues and organs on a silicon chip. Lina Sarro and Ronald Dekker are focusing on a heart on chip. Lina Sarro: "We are manufacturing a micro-level environment for heart cells that is true to nature. For example, a heart makes pulsating movements. The cells in the

chip must also be able to make such movements. To accomplish this, we use flexible membranes. We then use sensors to measure the electrical activity and contraction of the heart cells." Ronald adds: "We include a wide variety of sensors, for example sensors for measuring temperature, pH and the presence of ions. This all adds up to a major challenge, as the sensors must also be able to move, and even stretch."

Impact on society

Organs on chip are expected to improve insight into the onset of specific diseases, in addition to offering

IPS Technology

The development of Induced Pluripotent Stem cell (IPS) technology has greatly increased the pace of scientific research in the area of organs on chips throughout the world. With this technology it is possible to take a skin sample from an individual and reprogram the skin cells into stem cells, which can then be differentiated into one of the body's specialised cell types. Since stem cells can be kept in culture indefinitely, this opens a route to an endless supply of cells with - very importantly - specific genotypes. ■

a way of assessing the toxicity and medicinal properties of new drug compounds. Ronald: "Organ on chip is an emerging research field, but it is already clear that it will have a major impact on society. For example, consider the development of new medicines. In the future, they could be tested on a micro-fabricated device. This would accelerate the development process and reduce the need for

"We will be able to achieve world-class results"

laboratory animals. In addition, they could allow medicines to be adjusted to the genetic characteristics of patients, thus making them more effective and preventing serious side effects. Given the realism of the models, we also expect to obtain better insight into how organs work, into disease pathologies and into appropriate treatment methods."

National collaboration: hDMT

The researchers of the EEMCS faculty are collaborating at the national level with other universities, the business community and the pharmaceutical industry. The collaboration is taking place within the virtual institute that is being developed: hDMT (human Organ and Disease Model Technologies).

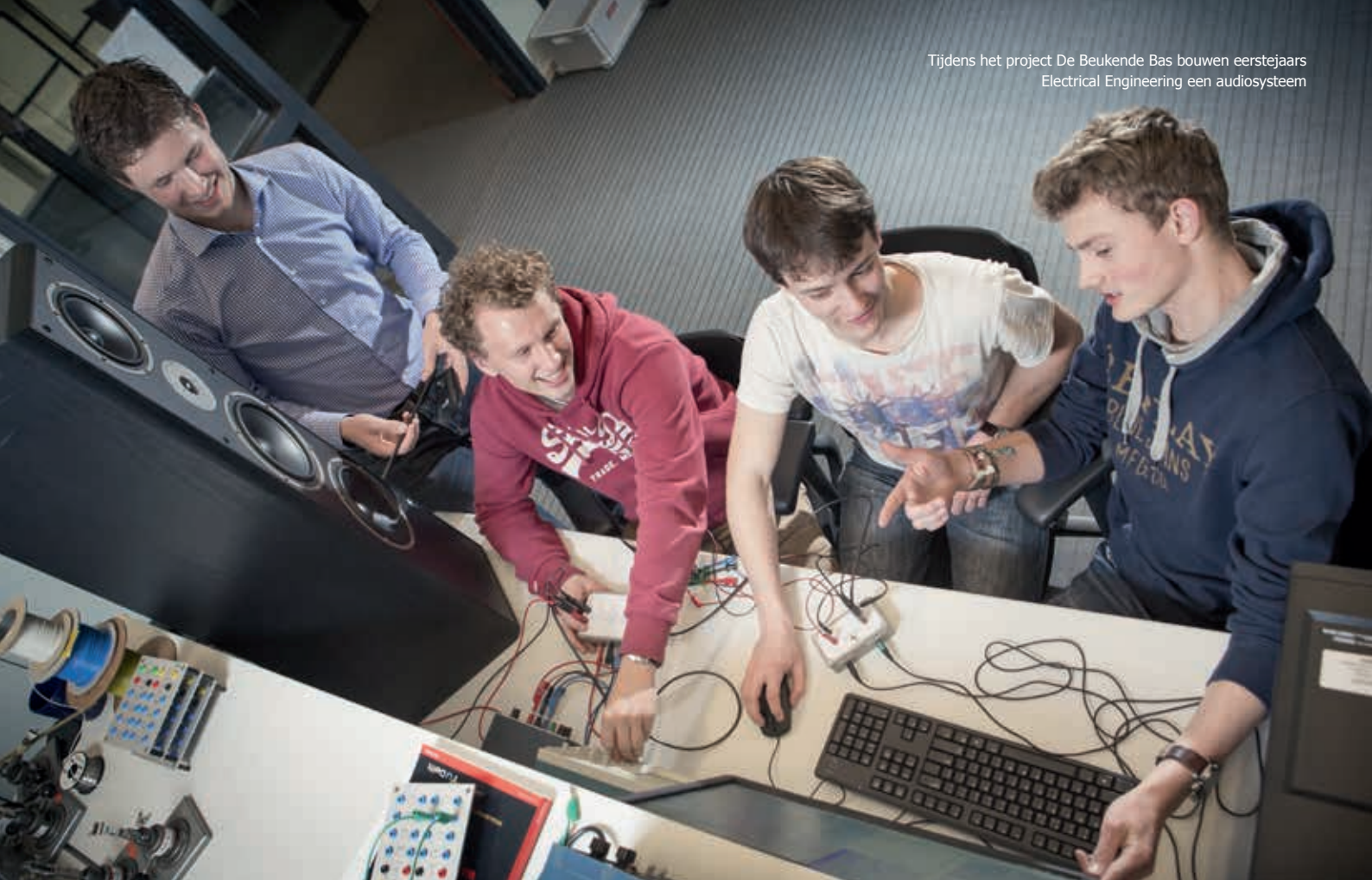
This institute will focus on three topics: heart, cancer and blood vessels on chip. Lina: "Various leading scientists have affiliated with this institute, and the collaboration is quite good. Each partner brings unique expertise, and we therefore reinforce each other. For example, here at Delft, we are concentrating on the micro-fabrication of the chip, while the stem cells are coming from Leiden and Utrecht." Lina and Ronald expect that hDMT will provide an important stimulus for research in the area of organs on chip. Lina: "I am extremely excited about hDMT and the entire field. We have the competence and the infrastructure to achieve world-class results, provided that there is sufficient funding and time. It is a fantastic experience to be able to contribute to this process." ■



Photos Annelies te Selle



'Organen op chips' - mogelijk gemaakt door opzienbarende ontwikkelingen in het stamcelonderzoek - zijn realistische modellen van menselijke weefsels en organen op een siliciumchip. Lina Sarro en Ronald Dekker richten zich op de fabricage van een natuurgetrouwe omgeving voor hartcellen, waarvan het gedrag met sensoren wordt gemeten. Een uitdaging, want doordat hartcellen pulseren, moeten de membranen en sensoren flexibel zijn. Door het realisme van de modellen kunnen organen op chips inzicht geven in het ontstaan van ziektes, in de werking van organen, in ziektebeelden en behandelmethoden. Ook zijn ze bruikbaar bij de beoordeling van de werking en de toxiciteit van medicijnen. Het onderzoek vindt plaats binnen het landelijke virtuele instituut in oprichting hDMT (human Organ and Disease Model Technologies), dat zich op drie thema's richt: hart, kanker en bloedvaten op chip. Volgens Lina heeft hDMT de nodige competenties en infrastructuur in huis om resultaten van wereldniveau te boeken. ■



Ineke Temming

Nieuw programma BSc Electrical Engineering Focus op studeerbaarheid

De eerstejaars van de BSc Electrical Engineering zijn gestart met een fonkelnieuw programma. Werd het curriculum in 2010 al verrijkt met aantrekkelijke projecten, nu is ook de studeerbaarheid aangepakt. Opleidingsdirecteur Nick van der Meijs en UHD Gerard Janssen lichten de veranderingen toe.

"Er was onbegrip." Zo vat Gerard de reacties van de elektrotechniekdocenten samen, toen de TU Delft in 2011 een hervorming van al het bacheloronderwijs aankondigde. De studeerbaarheid - en daarmee het studierendement - moest omhoog, was de achterliggende gedachte. Uiterekend het jaar daarvoor was het curriculum van de BSc Electrical Engineering al volledig vernieuwd. "Dat was gebeurd in een zorgvuldig proces, waarbij iedereen zich zeer betrokken had betoond", zegt Nick. "Uiteraard waren we teleurgesteld, omdat de nieuwe opzet nauwelijks kans had gehad zich te bewijzen. Bovendien was in het eerste jaar het rendement met 9% gestegen." Desondanks was het 'terug naar de tekentafel'.

Van 54 naar 164 studenten

Het voornaamste doel van de curriculumherziening van 2010 was vergroting van de instroom. "In 2008 hadden we nog maar 54 eerstejaars", vertelt Nick. "Veel jongeren bleken een onjuist beeld van elektrotechniek te hebben: het vakgebied zou niet meer bijdragen aan innovatie. We moesten het belang voor de maatschappij dus beter benadrukken. Maar nog belangrijker: die maatschappelijke relevantie moest scherper in het programma tot uiting komen." Dit werd gerealiseerd door de introductie van projectonderwijs; in jaar 1 en 2 verschenen vier projecten rondom hot issues als 'robotica' en 'energie'. Om studenten al in het eerste jaar een beeld van de (zwaarte van de) opleiding te geven, werd het 'signature project' De Beukende Bas ingevoerd. "Dit bleek een prima filter: 84% van de studenten die dit project haalden, kwam ook door het eerste jaar." De maatregelen hadden succes: de instroom nam toe tot 164 eerstejaars in 2013.

“De meeste studenten zijn superpositief over het nieuwe programma”



Gerard Janssen:
“Een opleiding is een investering in je leven!”



Nick van der Meijs:
“Geen vooruitgang in EE zonder wiskundige berekeningen en modelvorming”

Course labs

In 2011 stonden de docenten voor de uitdaging hun oorspronkelijke uitgangspunten te verenigen met de richtlijnen uit het rapport Koersen op Studiesucces. “Eén ding stond vast”, zegt Gerard, “op kwaliteit mocht niet worden ingeleverd. Aan de inhoud en leerdoelen viel niet te tornen.” Nick licht dit toe: “Ons masterprogramma trekt excellente internationale studenten. Daar moeten onze studenten mee kunnen concurreren.” De grootste opgave werd gevormd door de vereiste modulaire structuur waarin maximaal drie studieonderdelen van elk 5 EC parallel mogen lopen. Dit had als gevolg dat de semesterprojecten van 8 EC zijn ingekort tot kwartaalprojecten, die in de even kwartalen worden gegeven. In de oneven kwartalen zitten drie theorievakken die voorbereiden op het project. Om de studenten de link tussen theorie en praktijk te laten ervaren heeft elk vak zijn eigen ‘course lab’. “Zij leren inzien dat er in de elektrotechniek geen vooruitgang mogelijk is zonder wiskundige berekeningen en modelvorming”, zegt Nick.

Vinger aan de pols

Na een lang proces van wikken, wegen, schrappen en schuiven ligt er een resultaat waar iedereen trots op kan zijn. Volgens Nick hangen de vakken logisch samen, wordt de contacttijd optimaal benut, stimuleert de wijze van toetsen de voortgang en is de studielast goed gespreid. De studenten worden via het student- en docentmentoraat begeleid en gemonitord.

Om de vinger aan de pols te houden wordt het onderwijs van het eerste jaar in 2014-2015 intensief geëvalueerd. Het doel is om de uitkomsten daarvan zo snel mogelijk te gebruiken voor bijsturing van het programma.

“De uitkomsten van de eerste enquête waren een tikje tegenstrijdig”, meldt Nick. “Hoewel een flink gedeelte aangeeft niet helemaal bij te zijn, zijn de meeste studenten superpositief over het nieuwe programma.”

Studiekeuzecheck

Optimale studeerbaarheid is natuurlijk geen garantie voor studiesucces. Dat hangt ook samen met de aanleg en het commitment van de student. “Uitval doet zich vooral voor onder studenten die niet goed weten waaraan ze beginnen”, zegt Gerard. “Daarom intensiveren we ook de studievoorbereiding.” In juni van dit jaar zijn er twee ‘studiekeuzecheck-dagen’ georganiseerd waar de deelnemers konden ontdekken of EE wel echt iets voor hen is. “Het was een pittig programma. Ze kregen huiswerkopgaven, twee colleges, een instructie-uur en een toets. ‘s Middags, tijdens het praktische gedeelte, was er gelegenheid om met docenten te praten.” In 2015 zullen er drie van deze dagen worden gehouden - maar nu aan het begin van het jaar, om de studenten ruim de tijd te geven een weloverwogen beslissing te nemen. Gerard: “Want met de studiekeuze spring je niet laconiek om. Een opleiding is een investering in je leven!” ■



The Bachelor in Electrical Engineering had just been revised in 2010, when TU Delft announced a reform of all Bachelor education in 2011. The objective of the first revision was to increase student enrolment, which was successfully realised by introducing projects with clear social relevance. The second revision was aimed at enhancing the ‘studiability’, in order to increase the success rate of the programmes. It was a challenge to combine the principles

underlying the first revision with the new TU Delft guidelines, but EE can be proud of the result. In 2014-2015 the first year’s programme is being subjected to an intensive evaluation. The first survey showed that most students are enthusiastic about the new curriculum. To prevent students from making the wrong programme choice, study days are organised where prospective students are introduced to all aspects of EE, including its mathematical character. ■

'La dolce vita' in the Netherlands

After four years in Switzerland, the Italian Pasquale Cirillo came to TU Delft in 2012. An assistant professor for the chair in Applied Probability, he is focusing on risk management for banks, hospitals and similar organisations. He recently gave a successful MOOC on this topic. How is Pasquale enjoying the Netherlands? What cultural differences has he experienced?

Pasquale Cirillo grew up in Tuscany. In the summer, his town was filled with tourists. This is how he first encountered Dutch people. Their open attitudes and tolerance appealed to him even then. Now that he is living here, he is pleased with the country and its residents. Pasquale: "When you mention Italy, everyone thinks of 'la dolce vita', but the work pressure there is very high. There is no good balance between work and private life. This is arranged much better in the Netherlands. The way of life here is much more relaxed."

"The way of life here is much more relaxed"

Were there any habits or customs in the Netherlands that took some getting used to?

"There is one thing that I'll never adopt, and that is the Dutch food culture. My first time in the cafeteria, I was shocked to see what Dutch people eat for lunch. I took some photos and sent them to my friends. Otherwise, they would never have believed me. The things they spread on bread... And croquettes and 'frikandellen' – that's not even meat! Here, eating is largely seen as a way to satisfy your hunger."

There was another thing to which Pasquale had to become accustomed: the informal and nonchalant manner in which students approach their lecturers. Pasquale: "I got e-mails saying things like: 'Hi, can you put the presentation on Blackboard?'" and that was it. Not even a signature. In Italy,



"My first time in the cafeteria, I was shocked..."
Photo Annelies te Selle

the distance between lecturers and students is fairly large, in my opinion. The relationship there is very formal. In contrast, Dutch students are very relaxed in their interactions with their lecturers. I think the ideal form would be somewhere in the middle. I don't regard starting an e-mail with 'Dear Mr Cirillo' as an unnecessary courtesy."

Do you miss Italy?

"No, I don't miss my homeland. I can go to Italy whenever I wish. The flight is only an hour, and friends come to visit regularly. Life in the Netherlands is suiting me well. Even the food. I like good food, and I'm extremely fond of cooking. Fortunately, I'm able to buy everything I need in the stores." ■



Pasquale Cirillo, UD bij Applied Probability, is gespecialiseerd in risk management en docent van een succesvolle MOOC. De Italiaan prijst de openheid en tolerantie van de Nederlanders. Ook is er hier een betere balans tussen werk en privé, zegt hij. Maar van de Nederlandse eetcultuur moet hij niets hebben: hij gruwet van kroketten en frikadellen. Gelukkig kan hij zelf goed koken. Pasquale stoort zich aan de informele manier waarop studenten docenten hier benaderen, al vindt hij de Italianen te formeel. Voor hem ligt de ideale omgangsvorm ergens in het midden. ■



BloxAR & Taxi Trouble

Face-to-face interaction through computer games



THE PITCH!

Two games developed in the second-year BSc Computer Science context project (duration: ten weeks!) were nominated in the ACM CHI PLAY Student Game Design Competition. Just before leaving for Toronto, team representatives Leon Helsloot and Rob van Bekkum gave their pitches to Quadraad.

Leon: "Most people in a waiting room or queue are staring at their smartphone screens, completely caught up in their own worlds. What a missed opportunity for human contact! Our assignment was to develop a computer game that would encourage face-to-face interaction among complete strangers."

Rob: "All eight teams succeeded brilliantly. During the demonstration in the EEMCS hall there was a lot of hustle and bustle going on. People were laughing and shouting, which prompted others to join in. It was good to see players of computer games having so much interaction."

BloxAR

Leon: "BloxAR is a great puzzle game. The objective is to replicate a given virtual structure of coloured blocks; the challenge is to do this faster than the other team. The competition can be watched on a public screen. The beauty of BloxAR is that it uses Augmented Reality: the structure appears on your screen as if it exists in the real world. Cooperation is essential, as blocks of

secondary colours can only be obtained by bumping phones together – it's like giving a high-five to a friend. Tests show that people who didn't know each other beforehand have elaborate conversations afterwards. BloxAR really works!"

"Turn waiting into an opportunity to make friends"

Taxi Trouble

Rob: "Don't just stand there! Convince other smartphone users to have some

fun! Go and get Taxi Trouble on Google Play and split up in teams of two players: one is the taxi driver, the other the navigator. The goal is to deliver the most passengers to their destinations. You'll face many challenges: you have to pick the best route, avoid other traffic, steal passengers from competitors and prevent them doing the same to you. This requires verbal communication between the two players, arguably intensifying personal contact. So you don't have to isolate yourself anymore, while playing a game in a waiting room. Turn waiting into an opportunity to make friends: play Taxi Trouble!" ■



Twee van de acht computerspellen die tijdens het tweedejaars context-project van de bacheloropleiding Technische Informatica zijn ontwikkeld, wonnen een nominatie voor de ACM CHI PLAY Student Game Design Competition. Maak een spel dat persoonlijke interactie tussen wachtenden stimuleert, was de opdracht. In BloxAR bouwen spelers samen een virtuele blokkenstructuur na die met behulp van Augmented Reality in de reële ruimte lijkt te staan. Er is samenwerking nodig om blokken van een secundaire kleur te krijgen. In Taxi Trouble nemen teams van twee personen het tegen elkaar op om de meeste passagiers op hun bestemming te krijgen. De navigator loodst de chauffeur met verbale aanwijzingen langs allerlei uitdagingen. Zo maak je vrienden in de wachtkamer! ■

Wiskundig modelleren van tumorgroei

“Juist simpele modellen worden enorm gewaardeerd”



Fred op bezoek bij de Afdeling Radiologie van het Reinier de Graafziekenhuis in Delft.
Foto Annelies te Selle

Ineke Temming

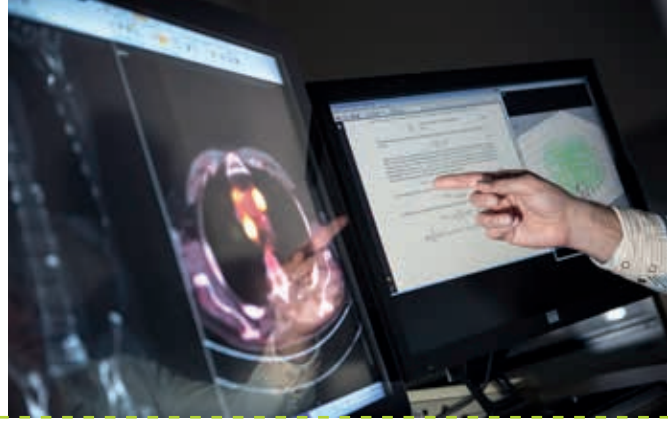
Fred Vermolen (UHD bij Numerieke Analyse) werkt graag aan biomedische toepassingen. Naast zijn succesvolle onderzoek op het gebied van wondheling, houdt hij zich sinds kort ook bezig met het modelleren van tumoren.

“Ik vind het menselijk lichaam een zeer interessante fabriek,” begint Fred. In het interview praat hij met grote kennis van zaken over allerlei biologische mechanismen. “Maar ik ben echt bezig met wiskunde”, verzekert hij. Een toelichting op zijn rol: “In medisch-biologisch onderzoek worden op basis van experimenten kwantitatieve verbanden gelegd tussen deelprocessen. Wij ontwikkelen methoden om de wiskundige

vergelijkingen op te lossen. De gevonden waarden worden weer gevoed aan de experimenten om te testen of de hypothesen kloppen. Zo nodig wordt de cyclus herhaald, net zolang tot er een bevredigende theorie gevonden is.”

Betere behandelingen

Er is veel gebeurd sinds Quadraad in 2010 aandacht besteedde aan Freds wondhelingsmodellen. Een subsidietoekenning door de Nederlandse Brandwondenstichting leidde tot de komst van promovendus Daniël Koppenol en tot samenwerking met de plastische chirurgen Paul van Zuijlen en Frank Niessen, die hun klinische praktijk bij het brandwondencentrum in Beverwijk combineren met onderzoek aan het VU Medisch Centrum. “Zij hebben veel waardering voor onze inbreng”,



vertelt Fred. "Om de modellen te kunnen maken vragen wij hen het hemd van het lijf. Daardoor krijgen zij zelf meer inzicht in de biologische processen die zich bij patiënten afspelen en dat opent de weg naar betere behandelingen."

Schaalniveaus

Volgens Fred is het wiskundig gezien een logische stap van wondheling naar kanker. "Het zijn allebei 'bewegende randwaardeproblemen', want bij beide verschijnselen is er een grens tussen beschadigd en intact weefsel." Trots toont hij een door studenten gemaakte computersimulatie van het ontstaan van een tumor. "Kanker wordt op verschillende schaalniveaus gemodelleerd", legt hij uit. "Op subcellulaire schaal gaat het om de dynamiek binnen één tumorcel. Op cellulaire schaal bestudeer je mechanismen waarbij zo'n tien tot honderd cellen betrokken zijn. Op celkolonieschaal modelleer je het gedrag van enige tienduizenden cellen - dit is wat de studenten hebben gedaan. En op weefselschaal kijk je wat een tumor van miljarden cellen doet met een heel orgaan. Het blijkt dat deze schalen nog nauwelijks worden verbonden. Dat is iets waarin ik een belangrijke rol wil spelen."

Simpel en snel

Een jaar of wat geleden had Fred de ambitie om zijn modellen heel complex en compleet te maken. "Dat was een domme strategie", zegt hij nu. "Veel interacties tussen biologische deelprocessen zijn nog onbekend en daardoor introduceer je veel onzekerheid in je model. Ik beperk me nu tot de essentie. En juist simpele modellen worden enorm gewaardeerd, want ze zijn snel te gebruiken." Zo paste hij in zijn model voor celdeformatie en -migratie een slimme truc toe die hem in staat stelt het gedrag van honderden cellen in slechts een paar seconden te berekenen, terwijl bestaande, complexe modellen uren doen over één enkel celletje.

Kansprocessen

Voor een leek is het opmerkelijk dat zo'n woekerproces als kanker wiskundig valt te beschrijven. "Ook chaos kan wiskundig gemodelleerd worden", reageert Fred. "Wat mij het meest boeit is de vraag: wat is de kans dat een gegeven beginsituatie uitgroeit tot een levensgevaarlijke tumor? Een DNA-kopiefout kan tot kanker leiden, maar dat hoeft niet. Het gaat om kansprocessen, want cellen staan onder veel verschillende invloeden. Heeft een tumor zich eenmaal gevormd, dan bestaat de kans dat er cellen in de kern doodgaan door zuurstofgebrek. De tumor scheidt dan een hormoon af dat de vorming van bloedvatjes stimuleert. Zo kunnen er kankercellen in de bloedbaan terecht komen, met uitzaaiing als gevolg. Maar dit zijn geen deterministische processen, er zit altijd een onzekere component in."

"Ook chaos kan wiskundig gemodelleerd worden"

Medicijnen

Fred wil zich op termijn ook richten op de werking van medicijnen, want daar valt veel aan te verbeteren. "Door chemotherapie wordt de mobiliteit van kankercellen verkleind, maar er gaan ook goede cellen dood, waardoor de patiënt zich ellendig gaat voelen. Mijn collega Daphne Weihs van het Technion in Haifa, met wie ik nauw samenwerk, doet onderzoek naar een nieuw type medicijn dat intelligente nanodeeltjes bevat. Die zijn in staat zich heel precies op tumoren te richten. Voordat je zo'n nieuw middel op patiënten toepast, wil je natuurlijk eerst goed begrijpen wat er gebeurt. Onze modellen kunnen daarbij zeer behulpzaam zijn." ■



Associate Professor of Numerical Analysis Fred Vermolen likes biomedical applications. He has been successfully working on the mathematical modelling of wound healing for several years, and has now expanded his research to tumour growth. Modelling of cancer is performed at four different scales, the subcellular, cellular, cell colony and tissue scale. It's Fred's objective to link these scales. In his models

he only includes what's essential, as many biological processes are still unknown and simple models are easier to use. The development of cancer is a probability-based event, not a simple cause-and-effect relationship. His key research question is: what is the chance of a given initial situation developing into a malignant tumour? He is also interested in modelling the effects of new cancer drugs. ■

EEMCS scientists plunge into Rotterdam's night life

The New Horizons Festival was held in Rotterdam on Friday 26 September. The night-time festival was an exciting new cross-over between science, art and music.



Feliene Hermans
How smart is Facebook?
Photo Annelies te Selle



SocialGlass
Photo Simplestudio Photography



Make a rain sensor
Photo Simplestudio Photography

Three scientists from Delft Data Science addressed the theme 'Big data, your life in the cloud' with great enthusiasm. Alessandro Bozzon, Feliene Hermans and Birna van Riemsdijk used gripping workshops to transport the festival audience into their day-to-day world of science.

SocialGlass

More and more people are living in urban environments. But what do we know about our cities, their problems and their citizens? Alessandro Bozzon and his team let festival goers view their own city of Rotterdam through a SocialGlass: an instrument aimed at improving our ability to feel, interpret and understand an urban environment. Social Glass combines public information with user-generated data from social media (e.g. Twitter, Instagram and Foursquare). The power of the crowd-generated knowledge allows SocialGlass to provide citizens and decision makers with useful insights into the dynamics of the city. On a chart, the visitors could indicate what was going well in Rotterdam and where there was room for improvement.

Return to the core of Facebook

How can companies cope effectively with large amounts of data? The first step is to know how others are doing it. In her workshop 'How Smart is Facebook?', Feliene Hermans took a look under the bonnet of this popular social medium. She used pen, paper, scissors, strings and plastic cups to explain how a Facebook search algorithm works, thus reducing the complex process to its core. In a no-nonsense manner, Feliene explained the smart combination of friends and interests, and she provided visitors with insight into the foundations of the overwhelming success of Facebook.

Citizens as rain sensors

Better data lead to a better understanding and better decisions. This is the principle underlying the SHINE research project, that is led by Birna van Riemsdijk. Today's smartphones make it possible for anyone to play an important role in the process of gathering valuable information. This is also known as crowd sensing: deploying citizens as sensors. One example involves mapping extreme weather in the city. In her workshop 'Do It Yourself! Make a Make a rain sensor', Birna addressed this problem in a smart way. Based on a concept of McGuyver scientist Rolf Hut, festival goers transformed simple photo frames into rain sensors. The visitors were very enthusiastic, and at least 200 rain sensors were made. ■

Het thema van het nachtelijke New Horizons Festival (Rotterdam, 26-9-2014) was dit keer 'Big data, your life in the cloud'. Delft Data Science presenteerde zich met boeiende workshops van Alessandro Bozzon, Feliene Hermans en Birna van Riemsdijk. Alessandro's workshop ging over SocialGlass. Deze applicatie combineert publieke informatie met data van de social media en is bedoeld om burgers en bestuurders inzicht te geven in de dynamiek van hun stad. Feliene legde op ludieke wijze uit hoe een Facebook-zoekalgoritme werkt. Birna liet de bezoekers regensensors maken; zo illustreerde zij het belang van 'crowd sensing' voor het verzamelen van data over onze leefomgeving. ■

KOMEN EN GAAN

Juliette Fhij

Geerlinge Pessers-van Reeuwijk
Foto Annelies te Selle

Geerlinge Pessers-van Reeuwijk WAS faculteitssecretaris EWI

Precies acht jaar werkte Geerlinge als faculteitssecretaris bij EWI. Geerlinge: "Een heerlijke periode waarin ik me bezighield met uiteenlopende vraagstukken. Ik ben heel nieuwsgierig en wil graag alles weten. Deze baan paste goed bij mij. Als secretaris was ik breed betrokken bij de faculteit en wist ik als een van de eersten wat er speelde binnen EWI." Vanaf 1 september 2014 is Geerlinge hoofd O&S bij de faculteit 3mE. "Ik was klaar voor een nieuwe uitdaging. Ook bij 3mE is het aantal studenten enorm gestegen. Om de nieuwe aantallen aan te kunnen,

Quadraad dankt Geerlinge voor haar jarenlange inzet als redactielid!

moeten processen en procedures onder de loep worden genomen en zo nodig vernieuwd. Een enorme klus, maar ik doe het met veel plezier en met een enthousiast en deels nieuw team." Onderwijs- en studentzaken is geen nieuw terrein voor Geerlinge. "Voordat ik secretaris werd, werkte ik al ruim tien jaar bij de universiteit als beleidsmedewerker Onderwijs- en Onderzoeksbeleid. Het is erg leuk om weer terug te zijn bij mijn roots." ■



Faculty secretary Geerlinge Pessers-van Reeuwijk has switched to a new faculty and a new field: she is now heading 3mE's Education and Student Affairs office. Geerlinge loved the diversity of her job at EEMCS; she was always one of the first to know what was happening.

At 3mE she is faced with a large increase of students, requiring a revision of processes and procedures. A tough job, but because she used to be an Education and Research policy advisor, she enjoys having returned to her roots. ■

Klaus Jäger

WAS post-doc Photovoltaic Materials and Devices

Klaus is from Austria, but he speaks perfect Dutch. After studying Physics at ETH Zürich, he joined EEMCS in 2008 to start his doctoral research into solar cells. Klaus: "Rough surfaces enable you to increase the absorption and thus also the yield of solar cells. During my research I developed a theoretical model to gain a better understanding of this process." Once he obtained his doctorate (cum laude), Klaus left his comfort zone for the business world, but he found out to be more suited to the academic world. "Fortunately I was able to return to

"I'm more suited to the academic world"

EEMCS. During the past year I have written a textbook on solar energy, which I am hoping will be published in early 2015." Klaus is taking up a post-doc position at the Helmholtz-Zentrum Berlin research institute. "Here I will be researching how optical structures influence or hinder the movement of electrons through the solar cell. This knowledge will enable us to optimise solar cells even further. I can't wait to get started." ■



Klaus Jäger promoveerde bij Photovoltaic Materials and Devices. Na een kort uitstapje in het bedrijfsleven kwam hij terug als post-doc, omdat een academische omgeving beter bij hem bleek te passen. Klaus, die bij EWI een leerboek over zonne-energie schreef, gaat bij het onderzoeksinstituut Helmholtz-Zentrum Berlin onderzoeken hoe optische structuren de beweging van elektronen door een zonnecel beïnvloeden of belemmeren. Met deze kennis kunnen we zonnecellen verder optimaliseren. Hij heeft er veel zin in. ■

Klaus Jäger
Photo Annelies te Selle

DARE gaat met Stratos II+ de uitdaging weer aan



Foto Dreamteam DARE

Juliette Fhij

Begin oktober had het in Spanje moeten gebeuren: de lancering van de raket Stratos II. Een raket die, inclusief 'hybride' raketmotor, helemaal zelf door studenten van het DreamTeam DARE is ontwikkeld.

Door een vastgevroren hoofdklep, liep het, slechts enkele minuten voor de lancering, anders. Maar de studenten laten zich niet uit het veld slaan. Bastiaan Bom, commissaris Externe Relaties van DARE: "Toen duidelijk werd dat de lancering definitief niet doorging, waren we diep teleurgesteld. Ik zie ons nog buiten zitten, zwijgend op een grote stenen trap. Maar snel beseften we ook: we hebben hier ontzettend veel van geleerd en er komt een Stratos II+."

"Een raket die 50 km hoogte haalt, hoe gaaf is dat!"

Leerzaam

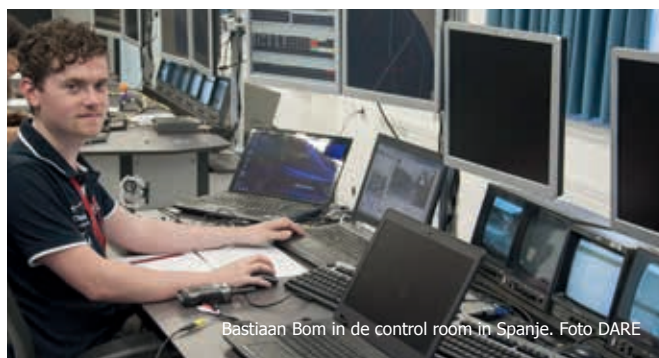
Bastiaan is masterstudent Embedded Systems en sinds twee jaar actief binnen DARE. Hij vertelt: "Dit DreamTeam is een ontzettend leerzame en praktische aanvulling op mijn studie. Zo ontwerpen we zelf alle elektronica. Een grote uitdaging omdat er geen standaarden zijn. De belangrijkste component in de raket is de vluchtcomputer. Met sensoren meet deze de snelheid en de positie van de raket en bepaalt op basis daarvan wanneer de parachute uitgeworpen moet worden. Dit is een hele uitdaging voor een raket die met meer dan drie maal de geluidssnelheid vliegt."

Shaker table

Een andere uitdaging voor de elektronica heeft te maken met de hevige trillingen die een raket maakt. Alles moet wel blijven zitten. Voor Stratos II+ gaan we daarom ook testen uitvoeren met een shaker table. Deze speciale tafel test of de elektronica blijft werken, ook onder extreem trillende omstandigheden."

Vastvriezen

Binnen een jaar gaan de studenten van DARE de uitdaging weer aan. Dan met nog meer kennis en ervaring. Bastiaan: "De raket is nu nog helemaal intact, dit geeft ons de unieke kans om alle verschillende systemen en onderdelen in samenhang te testen. Op dit moment lopen we uitgebreid de hele raket na en testen we waar de zwakke plekken zijn. Voor Stratos II+ zetten we vooral in op de betrouwbaarheid van de systemen. Een lek moet niet kunnen leiden tot het vastvriezen van cruciale componenten. We zijn super gemotiveerd het dit keer wél te laten slagen. Want het bouwen van een raket die 50 km hoogte haalt, hoe gaaf is dat!" ■



Bastiaan Bom in de control room in Spanje. Foto DARE



The DARE students were disappointed by the Stratos II misfire, which was caused by a frozen main valve. But realising they had learned a lot from the failure, they immediately started preparing the rocket's follow-up, Stratos II+. All systems will be extensively tested in order to ensure the rocket's reliability. Within a year another launch will be attempted, and this time they are determined to succeed. After all, it's really cool to build a rocket that can reach a height of 50 kilometres. They consider the practical work in DARE to be a valuable addition to their studies. It's a real challenge to design non-standard electronics for such a highly demanding environment as a rocket. ■

Qiekjes

Qandid Qamera

Teamuitjes!

🇬🇧 Team outings!



The Bioelectronics and Electronics groups spent the day in Haarlem and had a barbecue in Zandvoort

EEMCS's support staff also went to Haarlem. They made a nice cruise on the Spaarne, among other things



The DIAM department had an active day: they visited the Muiderslot and played country games in Hazerswoude



The Tera-Hertz Sensing group had their outing in Zeeland. After a morning filled with presentations they had a typical Zeeland lunch. The rest of the day was more

active: they went sailing and had a water sports relay race on the Veerse Meer



The Software & Computer Technology department had a golf clinic at the Delfland golf track. An Italian buffet completed the successful day.



Qolofon

Quadraad is een Nederlands-Engelse uitgave van de Faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica/TU Delft voor EWI-medewerkers. Quadraad is a Dutch-English magazine for EEMCS personnel. ■ **Redactie:** Emiel van Elderen, Juliette Fhij, Hester Oosterhof, Elly Pauw, Dagmar Stadler, Christel Swinkels, Ineke Temming, Eveline Vreede ■ **Aan dit nummer werkten mee:** Rob Fastenau, Judith Reijnen-Hemmer/Reinier de Graaf Gasthuis Delft, UvA Talen ■ **Eindredactie:** Ineke Temming, Juliette Fhij ■ **Coördinatie:** Temming Tekstproducties, Delft

(www.temmingtekst.nl) ■ **Fotografie:** Annelies te Selle, Delft (www.anneliesteselle.nl) ■ **Ontwerp en layout:** Scheepens reclame adviseurs, Tilburg ■ **Druk:** Printadvise bv, Ulvenhout ■ **Redactieadres:** Postbus 5031, 2600 GA Delft, nieuws@ewi.tudelft.nl. Niet door ons achterhaalde rechthebbenden van foto's kunnen zichzelf bekend maken via dit e-mailadres. Volg EWI op Twitter (@EEMCS_TUD) en Facebook (Electrical Engineering – TU Delft; Technische Wiskunde – TU Delft; Technische Informatica – TU Delft)

A new process for making graphene

This is the equipment in the Dimes cleanroom that post-doc Sten Vollebregt works with daily. It is a chemical vapour deposition reactor. Sten: "I use it to perform experiments making graphene. This material, which was first made in 2004, is only one atom thick, is an excellent heat and electricity conductor, stronger than steel and allows no less than 97.7% of visible light to pass through it. The applications for this material are endless, such as transparent electrodes for mobile phones and extremely sensitive sensors, but it will probably still take decades to develop them. There is a great deal of industrial interest in graphene, but right now the real challenge is to make it. The process requires nickel and copper in particular, but these metals have a number of negative properties. I am exploring using two alternative metals, and the first results are very promising. I can't say too much about this just yet, but hopefully a great publication will follow soon!"

Dit is het apparaat, in de cleanroom van DIMES, waarmee postdoc Sten Vollebregt dagelijks werkt. Het is een chemical vapour deposition reactor. Sten: "Hiermee experimenteer ik met het maken van grafeen. Dit materiaal, in 2004 voor het eerst gemaakt, is slechts één atoomlaag dik, kent een zeer goede warmte- en elektrische geleiding, is sterker dan staal en laat maar liefst 97,7% van het zichtbare licht door. De toepassingen van dit materiaal kunnen eindeloos zijn, zoals transparante elektroden voor mobiele telefoons en extreem gevoelige sensoren, maar laten waarschijnlijk nog tientallen jaren op zich wachten. Sten: "De industrie is zeer geïnteresseerd in dit materiaal, maar op dit moment is het maken van grafeen nog een uitdaging. Er wordt hiervoor met name nikkel en koper gebruikt, maar deze metalen hebben een aantal negatieve eigenschappen. Ik ben bezig met twee andere metalen en de eerste resultaten zijn veelbelovend. Ik kan er nog niet teveel over zeggen, maar binnenkort volgt hopelijk een mooie publicatie!"



Photo Annelies te Selle