



Maxwell

Issue 19.3
May 2016

What the VAr?

A Sneak Preview into the Imaginary World of Reactive Power

Project March

FSET

Study association in Aachen

Deep Learning

Nieuwe Ereleden

EvV'ers introduceren zich

Electrotechnische Vereniging



>topplek voor jouw stage



VAKGENOTEN



DIRECT
STARTEN



KENNIS
INZETTEN



ERVARING
OPDOEN

www.technolution.eu/stage

Waarom wachten tot je bent afgestudeerd? Ervaar al tijdens je studie het gevoel van werken in een dieptechnologische omgeving - tijdens een stage! Werken met vakgenoten waar je jouw technische kennis nu al kan inzetten. Bij Technolution krijg je die kans. Jouw werkplek staat zelfs al klaar.

>diep**technologisch**

From the Board

President

Although you might think otherwise, now is an extremely interesting time for us as a Board. Right now we're in the fourth period and that means we've already spent quite some time as a Board. We learned a ton and we've gained a lot of experience.

Having this kind of experience really allows us to spend more time on things that really matter. Of course we had a bunch of ideas when we started this year, but just keeping the association running turned out to be more time-consuming than we hoped. However, now that we have this experience, just keeping it running no longer requires our full focus. We have spare time that we can use to fulfill those ideas that we initially had. That's why this time is so interesting.

One key goal that we wanted to achieve was to offer more for a wider range of students. This doesn't mean bringing more people to a drink or party, but to think outside of the box and bring new ideas and a wider range of activities as well.



One example was our LaTeX beginners course. Quite a few first-years students and even a few older students showed up to learn about the basics of LaTeX. We had an interactive session, kind of like a workshop and the students were very content. Another example would be the power case day that we had during the third Lustrum week. Again, quite some master students showed up and had a fun and educational experience solving this case. These are the things that really matter to us, because it feels like we're really adding something to the association and thereby making sure that every member can benefit from our existence.

We even have another event coming up with the same general idea. This event is focused on motivating our bachelor students. We often see that 2nd to 3rd year students suffer from a lack of motivation to carry on with their study. This is mostly because their original thoughts of Electrical Engineering have faded and are replaced by loads of theoretical and abstract theorems. It is important that they don't forget that we are working in a kick-ass field and Electrical Engineering is still as awesome as they thought it was when they started. This is the idea we will stimulate during our Motivation Day on June, 8th. I really look forward to this event and hope to see as many bachelor students there!

Daniël Kappelle

Commissioner of Education

Last few weeks the education department is doing its utmost best to help future students during the "studie keuze check" (study choice days). In these days the future students are given a lecture and they have to do some assignments and a lab course. After this, they are given a recommendation if this education programme is something for them.

besides this I am trying to gather experiences of people who did their minor last semester. By this we can help students make their choice by offering them a broad database of experiences. If you've done a minor and haven't filled out the survey yet, please do so. (bit.ly/MinorETV). Also, in the near future, we will be organising the teacher of the year award. What do you think makes a good teacher? And who do you think is the person who has these capabilities? Who do you think has to be put in the spotlight? Keep looking out for elections and vote for your favourite teacher.

Jan de Jong





Colofon

Year 19, edition 3, May 2016
5000 copies

Editors

Ludo van den Buijs
Jonas Carpay
Bart Kölling
Dorus Leliveld
Tobias Roest
Marc Zwalua
Elke Salzmann
Daniël Kappelle

Contributors

Nils Barkawitz, Sjoerd Butter, Luc Does, Luc Enthoven, Rob Fastenau, Swier Garst, Han Geijp, Edwin Hakkennes, Philip van den Heuvel, William Hunter, Dimitri Jeltsema, Jan de Jong, Daniel Kappelle, Wouter Kayser, Kees Pronk, Gert-Jan van Raamsdonk, Roel de Rijk, Tobias Roest, Tom Runia, Tom Salden, Darija Šalehar, Wouter Serdijn, Johan Smit, Charlotte Treffers, Francisc Varkevisser, Ruben Verboon, Chris Verhoeven, Lotte Zwart

Advertisements

Inside cover front - Technolution
Page 7 - Sensata Technologie
Page 11 - AME
Page 33 - TenneT
Back cover - EPO

Printing

Quantes, Rijswijk

Electrotechnische Vereniging



The 144th board of the ETV

President: Daniël Kappelle
Secretary: Elke Salzmann
Treasurer: Jorden Kerkhof
External Affairs: Mitchel Chandi
Education: Jan de Jong
International: Erné Bronkhorst

Contact

Electrotechnische Vereniging
Mekelweg 4
2628 CD Delft
The Netherlands

Phone number: +31 (0) 15 278 6189

E-mail: Bestuur-ETV@tudelft.nl

Website: www.etv.tudelft.nl

Lustrum: www.lustrumetv.nl

Subscriptions

Non-members can receive the Maxwell four times a year, against a contribution of €10,- per year.

Change of address

Please send your changes to the address above, or use the website.

Editorial

By the time you're reading this, the Maxwell committee is enjoying a little rest before working on the next issue. Fortunately the weather here in Delft is great at the moment, so that should help. Once again I think we managed to fill this issue with a good portion of Electrical Engineering goodness. There are basically two types of articles; pure scientific articles and more association related articles. The vision the Maxwell is to keep a decent ratio of these two types of articles. We want to always continue to be a qualitative scientific periodic. Of course we must not completely get rid of the association articles, as those make us who we are, but the Maxwell shouldn't just be a report of what has happened the past month. This vision is difficult to maintain, but therefore a fun challenge for us as the committee.

I hope you'll enjoy reading this issue and while you do that, we'll work on the fourth and final issue of volume 19.

Daniel Kappelle

FSET

Fachschaft Elektrotechnik und Informationstechnik

06

Nieuwe Ereleden van Vereniging

Nieuwe Ereleden stellen zich voor

08

Solar Boat

The Solar Boat Dreamteam

14

Electrip

Report of the studytrip to the UK

16

What the VAR

The imaginary world of Reactive Power

20

EPO 3 - Ontwerp een chip

Verslag van groep B1, Morse Decoder

25

Deep Learning

Thesis project

28

Project March

The exoskeleton team of the Delft UT

34

FSC Update

12

Advertorial Technolution

18

Advertorial TenneT

26

Studieverzameling

36

Maxwell editorial office

43

Activities

44

FSET

Fachschaft Elektrotechnik und Informationstechnik

Nils Barkawitz

Hello lovely people from Delft,

Did you consider studying at the RWTH Aachen the day you had to decide where to go for University? Maybe not? Aachen might be too close to the Netherlands and is definitely not the most famous city in Germany.

Nonetheless the university has a high reputation - at least in research. The graduates benefit from this image since companies name our university very often when they ask where "the best or good" graduates have studied. Does it mean that we are living a perfect student life in Aachen?

It seems to be pretty fine with around 56.000 students vitalising the city with a total population of ~250.000. Still, the answer is maybe - If you are someone who needs water, (a river or a bigger lake) Aachen is not the perfect place to be. The student culture could include more events compared to the high amount of students. But there is the great opportunity to take a train to

other cities (Cologne, Düsseldorf, Dortmund ...) in North Rhine Westfalia as it is for free with our "Semesterticket", paid by our social fee every semester.

Our normal program in Electrical Engineering consists of four different majors within the bachelor degree. Until the fourth semester everybody attends the same courses. Then you have the choice between focusing on Energy, IT/Communication, Micro/Nanotechnology or Technical Computer Science.

The same majors are given within the master program. Additionally you can focus on biomedical or automation engineering.

Nowadays in Germany it is common not to provide only the typical Electrical Engineering program but a combination of Business Administration and Engineering. Around 200 people every semester start this studies which could be considered being close to the English Industrial Engineer with a focus on Energy.

The "Faculty of Electrical Engineering and Information Technology" counts nearly 4000 students where our student association tries to support the daily student life. Beside the representative part in the committees of our university we try to answer all questions via Facebook, Mail or during our consulting hours. Of course we are fulfilling many more tasks (organising the freshmen week, printing lecture notes etc.) but you might already know them all from your own experience.

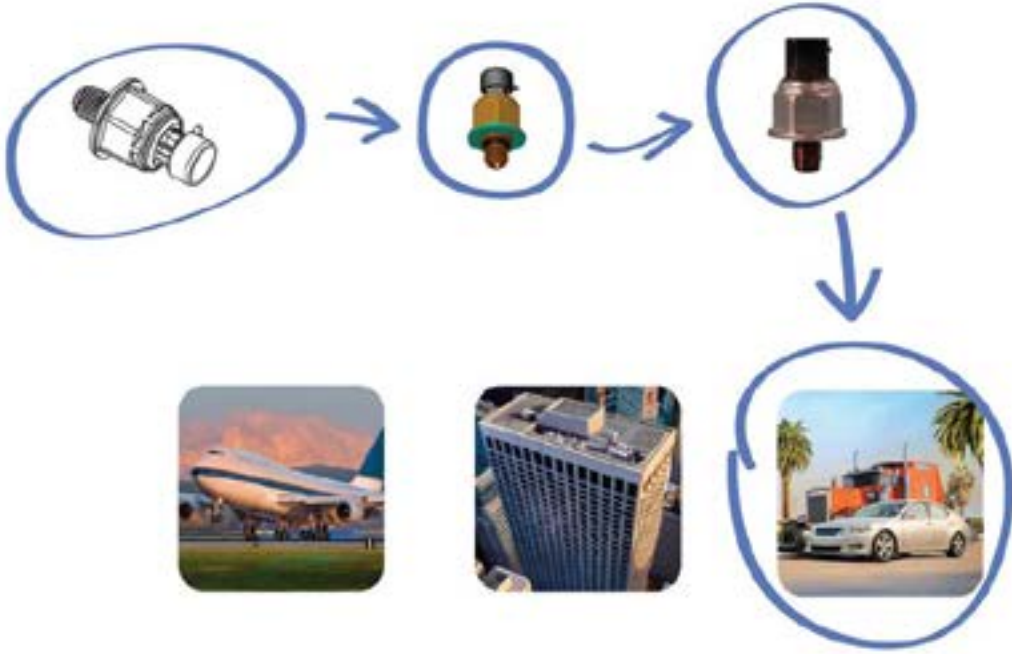
Within the network between our universities (called IDEA League -> <http://idealeague.org/>) you have the opportunity to be part of RWTH for a while - just let us know if you're interested in a short time stay. We would like to support you!

**Greetings from Aachen,
Fachschaft Elektrotechnik und Informationstechnik** ■





Sensata
Technologies



PEOPLE AND PRODUCTS THAT MAKE A DIFFERENCE

The World Depends on Sensors and Controls

Apply at www.workingatsensata.com



Nieuw Erelid van Vereeniging

Mijn tijd bij de faculteit en connectie met de ETV

Em.Prof.Dr. Johan J. Smit

Twintig jaar geleden verliet ik de Arnhemse KEMA (nu DNV GL) om te worden benoemd tot voltijds hoogleraar van de leerstoel "Hoogspanningstechnologie en Asset Management". Deze leerstoel was voor mij zo interessant omdat deze de beschikking kreeg over een van de grootste hoogspanningsonderzoekslaboratoria van Europa, "Het HSL", dat een grote aantrekkingskracht had op studenten, promovendi en niet te vergeten onze "klanten". Behalve de infrastructuur om op volle schaal te beproeven, is het team van technici en van wetenschappers, die het lab laten werken, essentieel. Een aantal zeer grote onderzoekopdrachten van bedrijfsleven en overheid namen we met succes op ons, zoals Synergie (smart grid componenten), SuperNet en NanoPower. Hierdoor kon de discipline "Hoogspanning in de Energietechniek" opbloeien en zich verder specialiseren. Met een toegewijde groep van associate/assistant professors, promovendi en studenten, focusten we op drie sub-disciplines, kort te omschrijven als Innovatieve Materialen, Diagnostische Intelligentie en Asset management. Deze aspecten vormen de bouwstenen van applicaties met hoge elektrische en magnetische velden, zoals die nodig zijn in de elektriciteitsvoorziening of non-energie sectoren (bijv. röntgenapparatuur). De oplopende eisen, die onze toekomstige samenleving hieraan stelt zijn ambitieus: compacter, krachtiger, slimmer en duurzamer. Hieraan werkte ik vele jaren en het was een genoeg dergelijke ambities als professioneel onderzoeker en docent te delen met jonge talenten, die nu met deze inzichten op weg gaan naar

de koolstofarme energiehuishouding van 2050. Om beter voorbereid te zijn op de duurzame toekomst maakte ik nog een begin met de ombouw van het HSL tot het Electrical Sustainable Power Lab, een geïntegreerd lab van alle secties van de afdeling ESE. Duurzaamheid in de opleiding Elektrotechniek stimuleerde ik direct en indirect via bachelor/master colleges, curriculum en opleidingscommissies en niet in het minst met de ETV.

Zo ging ik geregeld mee met de ETV studiereizen, zoals "Verne" - a once in a lifetime experience - en "Monitor" naar St. Petersburg met een knallende vermogensschakelaar in het ijskoude noorden bij de Russisch - Finse connectie. Recenter was Sunrise in 2011, zeg een halve wereld tour, die voor mij in Shenzhen begon met een enthousiast bezoek aan het hoogspanninglaboratorium van mijn collega prof. Guan van Tsinghua University. Ik ging een 2e week mee door, we vierden Sinterklaas in Korea en sloten af met de zonsopkomst in elektrotechnisch Japan. Laat naar bed maar gewekt worden door degene die "het zonnetje van de dag" was. Prima reisvoorbereiding van hostel en tot goedkoop OV en professioneel gedrag tijdens bedrijfsbezoeken. Ik genoot van jullie aanpak. Mijn laatste studiereis was de Discovery Tour 2014 door de VS, en met name het deel van de westkust mocht ik o.a. verrijken met het Synchrophasor en Smartgrid project van PG&E en de Transbay Cable. Ook deze reis had de succesformule hoe om te gaan met een hoogleraar, namelijk de ETV fungeert als zijn reis-leider en niet andersom. Je regelt een

goed hotel met zwembad, en sluit af met een onvergetelijk professorendiner. Awesome.

Behalve docent in de master, was ik ook de enige hoogleraar die nog les gaf aan alle ET eerstejaars met hoorcolleges voor E&M. Leren door inductie over inductie met proeven in de klas en nog een krijtbord en overhead projector. Vanaf 2000 gingen we over op PowerPoint en moderne Tipler-boek, en werd het geven en volgen van een studeerbaar hoorcollege een showkunst. Daarbij heb ik ook veel geleerd van de ETV, met o.a. scouts verstoep in de collegezaal, die voor terugkoppeling zorgen en zo het college instantaan verbeteren i.p.v. via een jaarlijkse evaluatiecyclus. Van binnenuit werkt het beste.

Het is naast de vele verleidingen in het Delftse verenigingsleven goed dat de ETV haar rol als echte studievereniging kent en voor de kwaliteit van onderwijs gaat, soms effectiever dan externe deskundigen. Ik heb de ETV ook van die kant leren kennen in de OCE, de Curriculumcommissie en als opleidingsdirecteur in 2005. In 2004 stelde de visitatiecommissie open lussen tussen studenten en docenten vast. Om die te sluiten, heb ik toen geleerd, luister dan naar de ETV, want zij kennen hun eigen onderwijs. Door daar samen aan te werken verkregen we de accreditatie en bleef de ET bachelor overeind en groeide voort. Zorg goed voor dit mooie vakgebied ET met zijn vele dimensies! Dank jullie van harte voor de benoeming tot erelid van de ETV, het is een ware eer! ■

Nieuw Erelid van Vereeniging

Decaan Rob Fastenau

1. Hoe bent u terechtgekomen op de plek waar u nu zit?

Ik heb met veel plezier Technische Natuurkunde gestudeerd hier aan de TU in Delft, waarna ik afgestudeerd ben bij de kernreactor. Als studentassistent heb ik meegeholpen met het organiseren van symposia. Na mijn master ben ik gepromoveerd bij Materiaalkunde en heb me gespecialiseerd in fusiereactormateriaal.

In 1982 ben ik begonnen bij Philips research, waar ik projecten begeleid heb. Voor Philips heb ik een jaar in Amerika gezeten, waar ik ook onderzoeksgroepen begeleid heb. Daarna ben ik technisch directeur voor Elektronische Instrumenten geweest. Die afdeling is verkocht door Philips en dat is FEI geworden, waar ze microscopen ontwerpen.

Toen het contract bij FEI afliep werd ik benaderd door de huidige rector magnificus Karel Luyben om in Delft als decaan aan het werk te gaan. In 2011 ben ik naar Delft gegaan als decaan van de faculteit EWI.

Mijn hele carrière heb ik met een been in het onderzoek en een been in het bedrijfsleven gestaan; eerst zag ik universiteiten als klant, nu als collega.

2. Hoe bent u in contact gekomen met de ETV?

Als decaan probeer ik veel in contact te komen met studenten en via de studieverenigingen is natuurlijk de makkelijkste manier om met hun in contact te komen.

Als beginnend decaan heb ik wel eens het naïeve idee voorgesteld om CH en de ETV te laten fuseren, maar na een lange loopbaan hier op EWI durf ik daar niet meer over te beginnen. Het is leuk dat de twee studieverenigingen hun eigen tradities hebben, net zoals de TU zelf. Zo wordt de dies natalis van de TU altijd groots gevierd.

Daarnaast heb ik veel plezier in het contact met studenten, via de studieverenigingen is vaak erg gezellig en via de FSR is meestal iets serieuzer.

3. Wat vond u van de studiereis?

Ik ben op twee internationale reizen met studenten mee geweest. De eerste was met business school naar Silicon Valley, dat was onder andere met studenten, maar ook met medewerkers. Dat was erg leerzaam om met een groep naar grote bedrijven te gaan, er hing wel een apart sfeertje. Wat vooral interessant was, is om te zien dat bijvoorbeeld mensen die bij Google werken met de bus van het bedrijf naar San

Francisco gebracht worden en deze bussen worden vaak met eieren en tomaten bekogeld door de oorspronkelijke inwoners van San Francisco. Dit is namelijk vooral de armere bevolking, die nu niet meer in de stad kunnen wonen, omdat de huizen daar allemaal verkocht worden aan yuppen die voor Google gaan werken.

De tweede reis was naar Texas met de ETV. Hier hebben we een aantal serieuze bezoeken gedaan naar erg grote en waardevolle bedrijven. Daarnaast hebben we ook leuke activiteiten gedaan, zoals naar een baseballmatch geweest. We gingen daarheen met het OV en dat was al een uitdaging op zich. Daarnaast hebben we ook een kroegentocht gedaan en het mooiste was toch wel dat ik beerpong gewonnen heb.

4. Hoe ziet u uw baan over 10 jaar?

De bovengrondse optie is dat ik aanzienlijker gezonder leef. Ik heb afgelopen zaterdag een nieuwe fiets gekocht en mijn vrouw heeft een e-bike, dus samen kunnen we meer gaan sporten. Over 10 jaar werk ik ook minder, dus dan is daar meer tijd voor. Daarnaast moet ik wat achterstallig onderhoud aan mijn boekenkast inhalen, want meer dan de helft van de boeken die ik in de afgelopen jaren aangeschaft heb, heb ik nooit gelezen. ■

Rob Fastenau studied Physics at TU Delft where he gained his doctorate in 1982. After his doctorate he worked as researcher and research group leader at Philips Research in Eindhoven and in Sunnyvale, California. In 1995 he transferred to Philips Electron Optics, which later merged with FEI Company. In 2011 Rob Fastenau succeeded the former dean of the faculty EEMCS.



Nieuw Erelid van Vereniging

Professor Wouter Serdijn

1. Hoe bent u terechtgekomen waar u nu bent?

Dat is een heel saai verhaal eigenlijk. Ik studeerde hier Elektrotechniek toen het nog de faculteit Elektrotechniek aan de Technische Hogeschool heette. Dat deed ik van 1984 tot 1989. Na mijn studie heb ik bij de PTT gesolliciteerd, het toenmalige KPN, maar dat werd niets. Ik werd toen gevraagd door Jan Davidse, de toenmalige hoogleraar van de vakgroep Elektronica, of ik wilde promoveren. Dat was een idee waar ik eerst nog even aan moest wennen. Maar uiteindelijk ben ik hier schuin tegenover-- Wouter Serdijn wijst naar de kamer schuin tegenover zijn huidige kantoor --, toch gepromoveerd. Tussen het onderzoeken door ben ik ook uitvoerend docent geweest bij IO, want de beoogde docent van de wetenschappelijke staf durfde die taak niet op zich te nemen. Dit college geven vond ik zo leuk dat ik na mijn promotie post-doc ben geworden om later docent te kunnen worden.

Ik ben in mijn hele carrière maar liefst twee keer van kamer verhuisd, maar Delft bevalt me erg goed. Gelukkig kunnen we ook veel samenwerken met universiteiten, bedrijven en ziekenhuizen in andere steden.

2. Hoe bent u in contact gekomen met de ETV?

Tijdens mijn studietijd beschouwde ik de ETV vooral als een dienstverlenend orgaan, waar ik mijn boeken kocht. Ik had wel door dat het een sausje over het studentenleven heen gooide.

Als docent kwam ik vaker in contact met de ETV. In de opleidingscommissie zitten ook een paar studentleden die actief zijn bij de ETV en ik merk dat actieve ETV-leden ook vaak goede studenten zijn, omdat ze meer doen dan alleen studeren. De ETV maakt studeren in Delft een stuk leuker. En daarnaast hebben ze natuurlijk dit jaar een fantastisch gala georganiseerd.

3. Wat vond u van de presentaties geven bij de ouderdag en het EOW?

Het is een uitdaging om aankomende studenten op het EOW aan te spreken; het is de laatste stap voordat ze aan de door hen gekozen beroepsopleiding beginnen. Ze hebben allemaal verschillende achtergronden, verschillende verwachtingen en kunnen nog alle kanten op.

Ik ben zelf in Leiden blijven wonen tijdens mijn studie en ik had mijn hele sociale leven daar. Als studenten in Delft

op kamers gaan, zorgt de ETV voor een soort nieuwe familie; een studiefamilie en dit kan voor een goede saamhorigheid zorgen. We spreken allemaal de taal van de techniek en mensen voelen zich daarbij thuis, terwijl ze misschien thuis niet altijd begrepen worden.

4. Wat vindt u van het doceren van eerstejaars studenten?

Het doceren is fantastisch! Van veel verschillende achtergronden komen er nieuwe studenten en die moeten nog gevormd worden. Je krijgt ruw materiaal binnen met grote verwachtingen en je wil ze daar niet in teleurstellen, ook als je weet dat het zwaar zal gaan worden. Op die manier zorg ik dat ze met een goede basis op zak verder kunnen naar latere docenten.

Ik vind het altijd belangrijk om een groot scala aan docentmethodes te gebruiken, want er is niet één soort student. Het zou zonde zijn als mensen stoppen met de studie, omdat de onderwijsmethode niet werkt. Het is niet erg als ze zakken, als het geen goede ingenieurs zouden kunnen worden. Daarnaast is het natuurlijk het allerbelangrijkst om plezier te houden in de studie en daar hoop ik een beetje aan bij te kunnen dragen. ■

Wouter A. Serdijn was born in Zoetermeer, the Netherlands, in 1966. He received the M.Sc. (cum laude) and Ph.D. degrees from Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, in 1989 and 1994, respectively. Currently, he is a full professor in bioelectronics at Delft University of Technology, where he heads the Section Bioelectronics.





AME

AME is an independent developer and manufacturer of high quality electronic products located in the top technological region of the world (Brainport Eindhoven). Our goal is to create innovative products that exceed customer expectations. We accomplish this by integrating product development and manufacturing and keeping a clear focus on the product and its function. Driven by technology, we strive for the best solution combining the disciplines of electrical, mechanical, software and industrial engineering. Through creativity, passion, ambition, motivation and a highly educated level of our employees AME secures its goal of being a profitable company.

Join our teams

Driven to exceed expectations and to excel in creating innovative solutions, our team of experts is continuously looking for future best-in-class colleagues within the technological disciplines of applied physics, electrical, mechanical, software and industrial engineering.

Career

If you are interested in working with a talented, ambitious and experienced team of professionals using the best tools available and would like to work in a fast growing organization full of career opportunities then you are most welcome to apply for a job or take a look at our opportunities by visiting our website.

Internships

AME is the ideal work environment to develop hands-on experience while completing your studies. You will be involved in challenging real-world projects and work with experts from a multitude of technological disciplines. We invite you to get in touch with us to discuss any internship openings.

FSC-update

English bachelor and more!

by Ruben Verboon, Chairman of FSC-EEMCS



Er is een toenemende interesse om te studeren aan onze prachtige universiteit. Dit heeft aan het begin van het academisch jaar geleid tot capaciteitsproblemen. Op onze faculteit zien we dit vooral terug in de hoeveelheid werkplekken die beschikbaar is. Wij hebben het hier meermaals met de decaan over gehad, maar op korte termijn zijn niet echt structurele oplossingen mogelijk.

Steenkolenengels is misschien iets wat je meer associeert met een andere opleiding aan deze prachtige universiteit, toch hebben wij onze zorgen geuit aan de decaan met betrekking tot de kwaliteit van Engels docenten. De faculteit is van plan de bacheloropleiding technische informatica en elektrotechniek Engels te maken. Zoals jullie ongetwijfeld gemerkt hebben is een aanzienlijk deel van de academische staff buitenlands.

Bovendien ziet de faculteit ook een kans om internationale studenten aan te trekken. Dit is wat ons betreft een goede zaak, dit zou kunnen helpen

bij een betere integratie tussen ons en internationale studenten. Een zorgpunt hierbij is dat dit mogelijk een extra druk kan vormen op de capaciteit van de opleidingen.

Daarnaast gaan we als FSR bezig met het actueel maken van de reglementen. De FSR heeft op deze reglementen een zogenaamd instemmingsrecht, dat betekent dat de documenten pas gewijzigd kunnen worden met onze instemming. Deze reglementen regelen onder andere hoe de examens zijn en het onderwijs wordt ingevuld.

Dit jaar heb ik het voorrecht om voor-

zitter te zijn van de FSR, samen met drie andere informatica studenten, drie wiskunde studenten en vier elektrotechniek studenten, vormen wij de FSR van de faculteit. De FSR wordt elk jaar gekozen door studenten, als student heb jij ook het recht om je verkiesbaar te stellen. De kieslijst van dit jaar is inmiddels bekend en zeer binnenkort heb jij de mogelijkheid om te stemmen op een kandidaat voor jouw studie.

Ruben Verboon
Voorzitter FSR-EWI
Fsr-etv@tudelft.nl



In this FSR update we would like to tell you what is currently on our mind at the FSR. The FSR is the student chose faculty council. Our current affairs include the availability of working places, internationalising the bachelor curriculum, and the renewal of regulations.

Working places

There is a growing interest in studying at our lovely university. This resulted in capacity problem at the start of the academic year. At our faculty this resulted in the number of available working places. Especially with the closure of working spaces at the Dreibelweg (building 35). As FSR, we talked to the

dean about this issue on multiple occasions. However, it is not possible to realise this on the short term.

We proposed something relating to the reservation of meeting rooms. Now it is the case that you have to reserve a room, and then you can use a small meeting room at the faculty. If you want to use a room, practically the only possibility is to reserve it a month in advance, as they are usually pretty booked. If we walk along the meeting rooms, we see them often not used. Therefore we proposed if it is possible to void the reservations if they are not used, for instance if somebody does not collect the key

after 15 minutes, the reservation is void.

Internationalising

Stoan coal English is something you might associate with another study at our university, however this still an issue at our university. The faculty is planning on making the bachelor curriculum for Computer Science and Electrical Engineering fully taught in English. First we will list the reasons the faculty has for doing this, and then we will present our concerns.

First of all, most of the curriculum is already taught in English. Especially the books and other study material is al-

most exclusively English. Furthermore, most of the academic staff is of non-Dutch origin, this means that English is the best language which can be used for communication. From this point of view it is only a small step to change the curriculum to English.

Secondly, making the bachelor curriculum fully accessible for international students opens doors for new students. The faculty first aims at attracting only 10% international students. The supposed 'market' is only Europe, and not the whole world, as is the case in the masters. The reason to attract foreign students is supported by the demographic developments in the Netherlands, apparently there will be less student aged people in the future, therefore to sustain the student levels we need to attract students from other countries.

On the other hand, we think that there are few hurdles to overcome in internationalising the bachelor curriculum. As this sections started with, we think that the quality of some Dutch teacher's English is subpar. The dean assured us that part of the contract for teaching

staff, there is a requirement on the level of English proficiency. We noted, as FSR, that this level might not be good enough, as we see in the masters that there are teacher with subpar levels of English.

Moreover, relating to the capacity problem, attracting extra students might be not a good idea. We expressed this concern, the faculty assured us that this won't cause a problem.

Finally we saw problems with the transition between middle education and higher education. For a lot of people it is already a hurdle to switch between VWO and a university style of working. The coaching of people in this transition phase is of central importance. The transition might be more difficult if there is also a language transition involved. We expressed this concern, a solution offered by the faculty is that it still will be possible to have some Dutch interaction with academic staff.

Regulations

The FSR has right of consent on faculty regulations. These regulations, however, are a little bit outdated. Therefore

we go in the process of updating these regulations. By law these regulations are primarily written in Dutch, which might sound a little bit confusing relating to our previous point. These regulations arrange a number of important subjects, as the examination procedure. The plan is to update these regulations, we do this with a lot of help from supporting academic staff.

Final Remarks

This year I have the privilege of being chairman of the FSR-EEMCS. Together with four people from Electrical Engineering, three from Applied Mathematics, and three from Computer Science, we form the Faculty Student Council (FSC).

Each year, the FSC is chosen by students. Students have the right to be elected. The candidates for next year have been announced and soon you'll be able to vote for your representatives.

Ruben Verboon
Chairman FSC-EEMCS
Fsr-etv@tudelft.nl



Solar Boat

Dreamteam

door Luc Does, Chief Electronics

Alweer een flinke tijd geleden begon ik met vol goede moed aan mijn tweede jaar als elektro-student in het prachtige Delft. Aangezien ik mijn propedeuse had behaald, en dus de studiedruk wat lager was, bevond ik mij in de fijne situatie dat ik tijd over had. Naast de normale SOG-uitingen wilde ik iets doen wat nuttiger zou zijn dan de hoogste K/D-ratio van mijn huis halen. Ik ben dan wel niet een overrijverige student, maar wel een flink dichtgetikte elektro'er, dus ik besloot iets te zoeken waar ik mijn tijd aan kon besteden en tegelijkertijd ervaring kon opdoen met elektrotechniek.

Uiteindelijk kreeg ik van een van mijn huisgenoten die ook elektro studeert te horen dat ze bij zijn Dreamteam nog mensen nodig hadden binnen het elektro-departement. Dit leek mij zo gezegd een uitstekende mogelijkheid om praktische kennis te verwerven. Bij mijn sollicitatiegesprek werd mij gevraagd welke studie ik deed. Toen ik zei dat dit elektrotechniek was, kreeg ik meteen te horen dat ik was aangenomen. Het is inmiddels alweer meer dan drie jaar geleden en sindsdien heeft mijn departement (en ook ikzelf) onze kennis en kunde van elektrotechniek gigantisch vergroot en het elektronisch systeem binnen de boot flink verbeterd ten opzichte van eerdere jaren.

Het Solar Boat Team ontwerpt niet zo verrassend boten op zonne-energie. Een andere key feature van de boot is het gebruik van twee vleugels die

de boot uit het water tillen bij hogere snelheid (lees: de boot is eigenlijk een vliegtuig!). Om het concept te laten werken is er een pittige hoeveelheid elektronica aan boord. Vanzelfsprekend zijn er de zonnepanelen op het dek, de motor die de schroef aandrijft en een flinke accu die het systeem van vermogen voorziet wanneer de zon even wegduikt. Minder vanzelfsprekend zijn de systemen die door gebruik van ultrasone afstandssensoren, een inertial measurement unit (IMU) en een actuator de boot stabiel houden, de maximum power point trackers (MPPT's) die het vermogen uit de zonnepanelen maximaliseren en een data-acquisitiesysteem wat alle data naar het strategieteam doorspeelt.

Nu zijn de meeste dingen gewoon in de winkel te koop, maar het kan natuurlijk altijd beter (en vooral lichter).

Vandaar dat het grootste deel van de elektronica door teamleden wordt ontworpen en gefabriceerd. Dit is iets waarvan vaak wordt gezegd dat het bij de studie zelf veelal ontbreekt. Bij de EPO's moet er natuurlijk wel het een en ander gedaan worden, maar uiteindelijk is dit (flink versimpeld) wat code schrijven, een Matlab-toolbox gebruiken en weerstandswaardes uitzoeken. Het komt niet of nauwelijks voor dat je volledig wordt losgelaten om je eigen ontwerp te maken en te realiseren. In principe is dit wel begrijpelijk want er is naast de colleges niet zo heel veel tijd om de studenten het fijne te leren van switched-mode power supplies, het begrijpend lezen van datasheets of het solderen van 144-pins LQFP packages. Daarentegen zal een werkgever je uiteindelijk niet aannemen op je vermogen om op "auto-route" te drukken binnen je PCB-designsoftware.

Om terug te komen op de elektronica in de boot: vrijwel alles is in-house ontwikkeld en gebouwd. Zo heeft de boot een BMS dat de 1.5kWh accu keurig gebalanceerd houdt en alle elektronica kan afschakelen wanneer er iets mis is. Een E-ink display toont de piloot de meest noodzakelijke informatie; het oneindige contrast van E-ink helpt hierbij wanneer er felle zon schijnt. Data acquisitie wordt afgehandeld door een 4G-module die alle

relevante data vanuit de boot doorstuurt naar een dedicated server in het datacentrum van de TU Delft. Voor de hoogteregeling van de boot berekent een complex regelsysteem welke invalshoek de vleugels moeten maken om de boot stabiel te houden. Dit alles heeft een laag "Arduino"-niveau, de systemen worden aangestuurd door zuinige embedded ARM-microcontrollers die over een CANbus met elkaar communiceren.

Een van de meest gecompliceerde elektronische componenten zijn de MPPT's. Feitelijk zijn dit gewoon DC-DC boost-converters, maar door het gebruik van een algoritme kan de transimpedantie van de converter zo worden ingesteld dat de zonnepanelen hun maximaal haalbare vermogen leveren; de IV-curve van een zonnepaneel is namelijk niet lineair. Op zich is dit niet al te lastig, maar om de MPPT's zo efficiënt mogelijk te maken, worden er verschillende methodes gebruikt om de verliezen te beperken. Zo bestaat de MPPT uit twee fases die "interleaved" werken waardoor de ripple, en dus de verliezen, wordt beperkt. Ook worden er geen diodes gebruikt in de fases, maar enkel MOSFET's die complementair aan elkaar werken (synchronous

switching). Als laatste grote troef wordt er gebruik gemaakt van gallium-nitride in plaats van standaard silicium voor de MOSFET's. Het resultaat is een converter met een geteste efficiëntie van ruim 99%.

Het bedenken van alle subonderdelen kunnen de meeste pas afgestudeerde studenten waarschijnlijk ook, maar het daadwerkelijk ontwerpen en bouwen van werkende printplaten en systemen is iets waar ervaring voor nodig is. Dit is dan ook waar het team voor staat: het opleveren van completer opgeleide ingenieurs. Door het volledige proces van blokschema, naar schematic, naar print naar product, dan weer naar schematic (want het gaat vrijwel nooit in de eerste keer goed) en uiteindelijk naar een werkend eindproduct te doorlopen leer je veel dingen die je bij de studie nooit zou leren. Dit zorgt er ook voor dat in volgende ontwerpen al bij de conceptfase andere keuzes worden gemaakt op basis van eerdere ervaringen en uiteindelijk dat je beter bent voorbereid op een toekomstige loopbaan.

Op het moment zijn wij binnen het elektro-departement bezig met de productie en het testen van de laatste



onderdelen, en natuurlijk ook met de tentamens. We verwachten dat we medio april de boot voor het eerst gaan testen en uiteindelijk hopen we te winnen tijdens de Dutch Solar Challenge begin juli.

Ook volgend jaar zal het team een nieuwe boot ontwikkelen en hopelijk daarbij ook het elektrisch systeem nog beter maken, met als grote doel de wereldbekerraces in Monaco. Voel jij je geroepen om samen met een enthousiast team een volledig jaar fulltime of parttime te werken aan het elektrisch systeem (of iets anders), stuur dan een mailtje naar apply@solarboatteam.nl. Natuurlijk kun je ook meer informatie over het project vinden op onze website www.solarboatteam.nl, waar ook de sollicitatieprocedure staat beschreven. ■



Electrip

Studytrip to the UK

by Charlotte Treffers

In the middle of the night on 17 February, 27 students gathered together to begin their journey to the United Kingdom. In the UK the students paid visits to five companies and two different cities. On Wednesday the high voltage DC electricity interconnector BritNed and the manufacturer of silicon wafers PV Crystalox were visited. After a night of sleep in Oxford the Thursday was spent at Airbus Defence and Space. That night the students stayed at the next university city: Cambridge. On Friday the companies Marshall Aerospace and Defence group and Aveillant were visited.

The ElecTrip started in the middle of the night at EWI. After a long drive and with use of the train the UK was reached before the first sunbeams. After a short break to eat breakfast the group reached their first destination: BritNed. To our surprise we were welcomed by a Dutchman. The man had specially come to the UK to give us a tour at the site in Isle of Grain. In a short presentation he told that high voltage DC electricity interconnector is a collaboration between Tennet and the National Grid. The cable between Isle of Grain and the Maasvlakte across the North Sea has a capacity of 1000 MW. In both Isle of Grain and the Maasvlakte there are convertor stations, whom are identical. At these stations the cable is monitored closely to prevent for any errors. After the presentation it was time for a short tour on the site, where we could see all the elements of the convertor and even feel the EM-field created by the convertor. After a typical English lunch

with sandwiches and chips, it was time to say goodbye and go to PV Crystalox.

At PV Crystalox the weather was bad, but luckily the presentation and tour were inside. Crystalox makes multicrystalline silicon wafers, whom are later used to make solar cells. They sell these wafers to the world's leading solar cell producers. In Oxfordshire they make blocks of multicrystalline silicon. They are made with high-purity polysilicon. The manufacturing of the blocks and later wafers is very precise and costly. After a quality check the blocks are distribute to their site in Germany. In Germany the block are cut into the wafers. The wafers are 180-200 micrometer thin and therefor very fragile. From the five wafers we received only one made it in one piece to Delft.

That evening the group stayed at a hostel in Oxford. After a diner in a small Italian restaurant the pubs in Oxford



were visited and the English beers were tried. After a typical English breakfast the next morning it was time to leave Oxford. That day we paid a visit to Airbus Defence and Space. The site of Airbus in Stevenage focus mainly on satellites. For example the satellite Rosetta, whom had landed on a comet, was built in Stevenage. Besides building these satellites, Airbus does a large amount on research. During the tour on the site it became clear that nearly all elements of the satellites were produced by Airbus. After some presentations and the tour it was time for a case. In the case



the groups had to build a satellite by making the right decisions. The last part of the day was a visit to the Mars Yard. At the Mars Yard the Mars Rover was tested before going to Mars. When we were at the Mars Yard they were testing the new Mars Rover. Funny fact is that the software on the Mars Rover is writing in C++. After some photos it was time to go to Cambridge.

In Cambridge we had diner at a pub. After the diner some of us checked a lot of pubs, others visited the cocktail bar where they had happy hour. After a short night it was time for the next company: Marshall Aerospace and Defence. In a short presentation the employee told us that Marshall is specialized in overhauling military, private and commercial airplanes. Besides that, Marshall also builds other army equipment, like collapsible hospitals. Also they were the first company to build a CT scanner in a shipping container. The container could be transported to the battlefield where wounded soldiers can be scanned. For this Marshall received

the 'Queens award of Enterprise innovation'. Also told he that some airplanes where delivered at night because of the privacy of the owner. After the presentation it was time for an impressive tour. In the big hangars there were a lot of different airplanes. In the first hangars they were overhauling some C130's and other military airplanes. It became clear that Marshall had contracts with many European air forces. Some airplanes from the Norwegian, Danish, Swedish, British and Dutch air forces were at the site in Cambridge. In the last hangar there were some private and commercial airplanes. The overhauling of those airplanes has tight schedules, because each hour the airplanes doesn't fly the commercial airlines loses money. After the tour we took some pictures and left to visited Aveillant.

Aveillant is a startup company, specialized in radars. They had invited us to their test site. This test site was in the middle of nowhere and was reached by some country roads. The test site was no more than a radar and a shipping

container. In the shipping container we got a presentation of one of the co-founders of Aveillant. Radars nowadays send out a radar pulse and detected the frequency Doppler shift of the returned radar pulses. This becomes a problem if there are wind farm in the area. The wind turbines generates radar pulse Doppler shift and large radar returns. Therefore objects within the wind farm are difficult to detect. The Holographic Radar from Aveillant solves this problem. Also they were testing a radar that can detect small, low flying objects, like drones. Unfortunately the wind at the test site was too hard and therefor the test flight was cancelled. Nevertheless we so some object on the live radar. After the presentation we went with small group to the radar to take a look at the inside.

After the visited to Aveillant it was time to go back to Delft. Despite the traffic jam we reached Folkestone early and took the train earlier than planned. After a smooth drive from Calais to Delft we reached the EWI building nearly 72 hours after we had left. All exhausted but satisfied about the great ElecTrip.



Advertorial Technolution

Keep It Simple: Robot kever heeft last van bugs

Chris Verhoeven (TU Delft) en Edwin Hakkennes (Technolution B.V.)

Chris Verhoeven is associate director education van het TU Delft Robotics Institute. In zijn werkkamer op de achttiende verdieping van het Elektrogebouw is hij in gesprek met een tweedejaars student die graag onderzoek komt doen aan "zwermrobots". Gezeten aan een tafel vol robots en onderdelen vertelt Verhoeven enthousiast over de mogelijkheden van de kleine robot. Een grote variant staat er ook, maar die is inmiddels ter zijde geschoven. "Die heeft te veel last van epileptische aanvallen", verklaart Verhoeven. "De grote robot draait op een Linux platform, en heeft regelmatig last van storingen. De kleine robot heeft nog nooit een storing gehad. Die heeft alleen een microcontroller die met een beperkt aantal regels de robot bestuurt."

Ambitieuze missie: Robot op de maan

Een simpelere robot, met minder intelligentie werkt dus beter. In zijn eentje is hij tamelijk dom. Maar zet een groep van die robots bij elkaar, en ze zijn als zwerm tot grootse dingen in staat. Verhoeven vertelt over de ambitieuze plannen van zijn instituut: een zwerm robots naar de maan sturen om daar een radiotelescoop uit te zetten. "Aan de achterzijde van de maan, om onder

de 20 MHz te kunnen meten zonder last van signalen vanaf de aarde. Dat betekent voor ons instituut: we moeten robots bouwen die 100 km kunnen lopen, maar dat mag best een half jaar duren. Ze moeten een maannacht overleven, maar ook in de volle zon. Ze moeten volledig autonoom kunnen werken en een goede spreiding over het maanoppervlak realiseren, dus ze moeten hun onderlinge positie kunnen bepalen."

Simpel is niet eenvoudig

Inspiratie voor het zwerm-idee haalde Verhoeven uit de natuur, bij de rozenkever. "Er lijkt weinig intelligentie te steken achter het gedrag van een kever. Ze doen maar wat. Maar toch weten ze als soort al miljoenen jaren te overleven. Blijkbaar leidt dat primitieve gedrag wel ergens toe. Daarom maken we de robot zo simpel mogelijk."

De robot krijgt geen ingewikkelde algoritmes waarbij hij gaat nadenken over zijn situatie. Een paar simpele gedragsregels en een goede random generator volstaan. Daarmee bewandelt de robot een gebied van een paar meter, maar nooit verder dan dat. Om hem een wat grotere actieradius te geven kan je een regel toevoegen: 'niet te lang op dezelfde plek'.

Gezelligheid programmeren

Om een zwerm robots bij elkaar te houden, kijkt elke robot naar zijn buren terwijl hij zich verplaatst, legt Verhoeven uit. "Zie ik nog genoeg buren? Als dat er minder dan twee zijn, keert hij om. Zo zorg je dat ze als groep bij elkaar blijven. In wezen programmeer je gezelligheid. Een typisch Nederlandse uitvinding. Het is niet voor niks dat robo-valley in Nederland is."



Samenwerking met Technolution en Edwin

Een groep robots is nog geen zwerm. Op dit moment ontbreekt de zwerm-intelligentie. Die komt voort uit de regels van die ene kleine robot. "Het zenuwstelsel en de primitieve gedragingen van de robot om tot dat zwermgedrag te komen, daar moet nog werk worden gedaan", verklaart Verhoeven. "Er zijn genoeg studenten, maar om vooruitgang te boeken is nu vooral een professional nodig die dit coördineert en teams leidt met creativiteit en inhoudelijke kennis. We hadden al contacten met Technolution, dus we weten dat zij ons daarbij kunnen helpen. En dat werkt: we gaan vooruit."

Edwin Hakkennes is vanuit Technolution drie dagen per week gedetacheerd bij

Verhoeven: "Ik begeleid de studenten zo dat hun resultaten kunnen dienen als basis voor volgende groepen. We bouwen nu aan een goede modulaire robot-architectuur. Als de basis van motoren en sensoren goed werkt, kan je het zwermen gaan implementeren. Dan kunnen een aantal groepen hun eigen methode uitproberen met een stel robots. Degene die het best werkt, neem je mee als basis voor het volgende kwartaal. En als een deel-onderzoek mislukt, wordt het grotere geheel niet in gevaar gebracht."

Alle studierichtingen

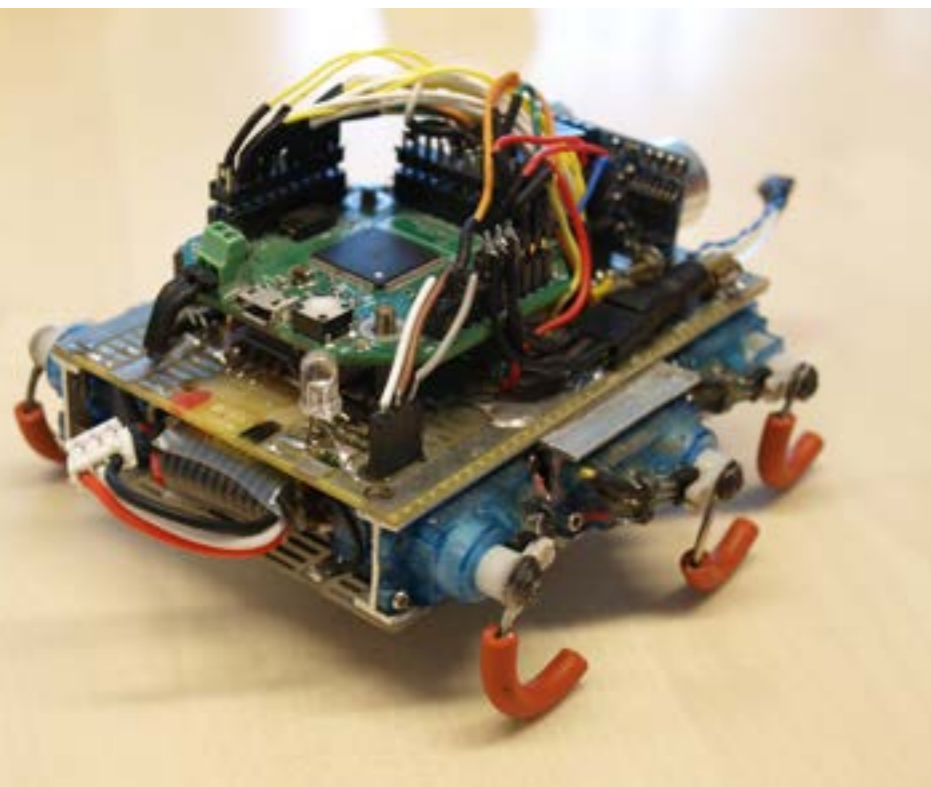
Zeker 100 studenten zijn met zwermen bezig. Verhoeven: "Ons instituut biedt vooral ruimte om aan een missie-gedreven project te werken. Je komt hier bijna alle studierichtingen tegen. Zelfs

bouwkunde studenten die aan domotica werken."

Delft, stad van robots

Verhoeven ziet de robots graag als een promotiemiddel om de zichtbaarheid van de TU in de stad Delft te vergroten. "Ik zie graag ideeën van studenten om projecten in de openbare ruimte op te zetten. Een zwerm robots die op de campus rondloopt, of op het NS-station. Als een trekpleister voor bezoekers: in Delft kom je robots in het wild tegen. Robots die je kaartje controleren, je de weg wijzen, de straat schoonmaken." Dus als jij graag je technische creativiteit wil toepassen in een robotproject, neem dan contact op met Chris Verhoeven. ■

"In wezen programmeer je gezelligheid."



Technolution

What the VAr?

A Sneak Preview into the Imaginary World of Reactive Power

Dr. ing. Dimitri Jeltsema, M.Sc.

“The meters in use today [...] are designed and built following a tradition rooted in the 1930s and 1940s. It is well known that meters that measure energy (kWh) and active power (kW) provide accurate measurements also under nonsinusoidal or unbalanced conditions; nevertheless, meters dedicated to apparent power (kVA) and nonactive power (kVAr) measurements are prone to significant errors when the current and voltage waveforms are distorted. The main reason for such uncertainties stems from the inadequate power definitions that dictate the conceptual design of such instrumentation. Evidently this situation led to the search for a practical solution. The progress toward universally accepted definitions is slow and hindered by economic factors tied to an existing infrastructure of large proportions. A lively debate over the apparent power definition and its resolution started a century ago and has not yet reached a conclusion.” – A. E. Emanuel, *Power Definitions and the Physical Mechanism of Power Flow*, Wiley-IEEE Press, 2010.

Sometimes it is joked in the power engineering community that there are some people building a career on the definition of reactive power. I am certainly among those researchers that are interested in a deep understanding of energy flow, but my view on power resolution has been subject to some radical changes in the last couple of years. In this Maxwell article I would like to provide a sneak preview into some recent thoughts and findings on this subject. I will start with some history about the problem and how I got into the subject. Subsequently, I will briefly elaborate on how I met Dr. Gerald ('Gerry') Kaiser, the researcher with whom I recently developed some seemingly crazy but exciting and original ideas about reactive power that will be presented at the forthcoming ETV lunch symposium on Thursday 26 May 2016.

What all the Fuss is About?

Traditionally, the effectiveness of energy transfer is measured using the power factor. The power factor is defined as the ratio between the power consumed by a load (active power), denoted as P , and the apparent power that is needed to transfer the energy, denoted as S :

$$\lambda = P/S. \quad (1)$$

If the load is linear and time-invariant (LTI) and the supplied voltage is sinusoidal, the resulting stationary current is a shifted sinusoid, and the power factor is the cosine of the phase difference between the source voltage and current. Classically, the remaining part of the power is called reactive power, and is denoted as Q . The relationship between the three types of power is given by the well-known power triangle

$$S^2 = P^2 + Q^2. \quad (2)$$

Thus, any improvement of the power factor is accomplished by the reduction of the absolute value of the reactive power, hence reducing the phase difference between the current and the voltage.

For nonsinusoidal waveforms, the problem of decomposing the apparent power into meaningful quantities is much more involved and has been debated in the power engineering community for over 120 years. Indeed, after Proteus Steinmetz's (the same guy who invented phasor calculus!) observation

in 1892 [1] that the apparent power S in a circuit with nonsinusoidal waveforms could be higher than the active power P , even at zero reactive power Q , dozens of articles have been published on this subject. Most of these contributions aim either at decompositions of the load current into physical meaningful orthogonal quantities or the introduction of an instantaneous power model. While the latter approach is only valid for 3-phase systems as it usually relies on the dq0-transformation, the former is often introduced as follows [5]. First, if the waveforms are T -periodic, the active power is defined as the mean value of the instantaneous power, i.e.,

$$P := \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t)dt \quad (3)$$

and the apparent power as $S = \|u\| \|i\|$, with $\|\cdot\|$ the rms norm. Then, after introducing a new definition of the reactive power, say Q_{new} , it is assumed that the geometric sum of all power components is equal to the apparent power. When the geometric sum is smaller than the apparent power, a new quantity, say REST, is introduced to fulfill

$$S^2 = P^2 + Q_{\text{new}}^2 + (\text{REST})^2. \quad (4)$$

Often 'REST' is either considered as an essential measure of a certain load parameter or is decomposed further into the geometric sum of new power components,

$$(\text{REST})^2 = (\text{REST}_1)^2 + (\text{REST}_2)^2 + \dots$$

So far, the methods of describing the power phenomena and to increase the effectiveness of the energy flow between the source and the load under nonsinusoidal conditions have not been standardized and the IEEE standard definition of reactive power alone has been changed several times (compare IEEE Standards 1459-2000 and 1459-2010). Unfortunately, to this day, there is still no satisfactory resolution as is witnessed from the quote by Alexander Emanuel (which is the person in charge of the current IEEE standard!) at the start of this article. The main reason behind this dissension is simple: there is no fundamental theory of reactive energy and power. Consequently, all power models proposed so far are inherently phenomenological in character and form a patchwork of ad hoc constructions, each with its pros and cons. As electricity is a commodity, the absence of an underlying physical theory of electrical energy and power has economic consequences by putting strains on the power grid that result in inefficiency, overheating, and the necessity to overdimension the system to protect it.

A 'Career' in Energy and Power

Since I started to work on my Master's thesis back in 1999, my research is mainly devoted to the mathematical theory of physical systems. This means that I try to find efficient and uniform ways to model, analyze, and control the dynamics of, for example, electro-mechanical

systems. The key role in this approach is played by the energy and power properties of the system. During my PhD research I started with the application of Lagrangian and Hamiltonian methods stemming from classical mechanics to model and control electrical circuits with switches, such as power converters. During the numerous explorations through the old library stockings (which at that time were still fully accessible and located at the 2nd floor of the EWI building) I accidentally came across the beautiful paper "A Theory of Nonlinear Networks" by Robert Brayton and Jürgen Moser from the early sixties. The approach in this paper uses the powers in the network to analyze stability and it became the main source of inspiration for my thesis. It served as the basis for a variety of interesting developments, ranging from a new control paradigm called "power shaping" to the characterization of nonlinear load behavior, and I also wrote a chapter about reactive Hamiltonians and the characterization of nonlinear load networks that is closely related to reactive power.

After my PhD research my interest in reactive power and related topics somewhat declined until early 2012, where I had to review a paper about a possible new reactive power framework. What struck me again was the utter confusion around the subject and the fact that there was still an ongoing debate about the right definition of reactive power and resolution of apparent power. I soon started finding my way into the literature and after studying literally hundreds of papers and books I was also totally confused. Especially about the seemingly simple circuit of Figure 1. In the meantime I wrote a few papers trying to approach the problem from a system-theoretic point of view, but every time was ending up just like the others: dancing around the apparent power decomposition (4).

Back to Basic

Early 2014, I decided to start all over again and went back to the basics...

From Tellegen's theorem we know that the instantaneous power balance of a load network consisting of resistors, inductors, and capacitors satisfies

$$u(t)i(t) = p_d(t) + \frac{dw}{dt}(t), \quad (5)$$

where $w(t) = w_m(t) + w_e(t)$ is the instant electromagnetic energy stored in the inductors and capacitors, and $p_d(t)$ is the instantaneous power dissipated in the resistors. This equation is consistent with conservation of energy and holds regardless the nature of the elements and the type of waveforms. Clearly, for periodic waveforms, the active power simply follows from (3). Unfortunately, there is no such obvious connection between (5) and the reactive and apparent power.

On the other hand, if the load network is LTI and is subject to a sinusoidal the port voltage, we can introduce the time-harmonic phasors

$$\underline{u}(t) = U\sqrt{2}e^{j\omega t}, \quad \underline{i}(t) = I\sqrt{2}e^{j(\omega t - \phi)},$$

yielding the notion of complex power:

$$\underline{S} = \frac{1}{2}\underline{u}(t)\underline{i}^*(t) = UIe^{j\phi} = P + jQ. \quad (6)$$

Note that the magnitude of \underline{S} equals the apparent power: $S = |\underline{S}|$.

An appealing feature of this representation is that the phasor counterpart of (5) is given by

$$\underline{S} = P_d + j2\omega(W_m - W_e), \quad (7)$$

where P_d , W_m , and W_e represent the mean values of the dissipated power, the magnetic energy, and the electric

energy, respectively. Obviously, active power equals $P=P_a$, whereas

$$Q = 2\omega(W_m - W_e). \quad (8)$$

Apparently, if $Q>0$ the load is dominantly inductive as W_m is dominating W_e , whereas if $Q<0$ it is dominantly capacitive as W_e is then dominating W_m . Hence, using (8), it can be shown that

$$Q = \begin{cases} \max \frac{dw}{dt}(t) & \text{if } W_m > W_e, \\ \min \frac{dw}{dt}(t) & \text{if } W_m < W_e. \end{cases}$$

Since the majority of domestic and industrial loads exhibit a dominantly inductive behaviour, this explains the physical reason behind the installation of capacitor banks such that $W_e=W_m$, implying $\lambda = 1$.

Sit Back, Re-think, and Ask Questions

Ok, so the active power P is the mean value of the instantaneous power and reactive power Q is the extremum of the rate of change of stored energy. But isn't it a bit weird to sum these quantities like is done in (2). Moreover, apparent power is traditionally measured in Volt-Ampère [VA], active power in Watt [W], and reactive power in Volt-Ampère reactive [VAr]. This smells like comparing 'apples' with 'oranges'? Furthermore, the real part of the complex power (6) is satisfying a balance or conservation law like (5) since

$$\frac{dW}{dt} = 0 \Leftrightarrow P = P_d \quad (9)$$

(recall that $W=W_m+W_e$ is constant), but what about the imaginary part? And, not less important, what are the mathematical foundations behind the concept of phasors anyway? This was a question that has been bothering me ever since I started to study electrical engineering. Ultimately, can we generalize (6) to arbitrary waveforms without ending up at (4)?

A Little Breakthrough

At the end of 2014 I finally had a little break-through. It appeared to me that the concept of a time-harmonic phasor is a special case of what is known as an analytical signal. Such signals are often used in telecommunication theory and signal processing, and in the time-domain involve the Hilbert transform. In the frequency domain its notion is perhaps a little bit more intuitive as the analytical signal is then simply obtained by taking the inverse Fourier transform of the spectrum of a real signal, but disregarding the negative frequency content. The analytical signal is a complex time-varying function that can be represented in polar form, just like the time-harmonic phasors, but for nonsinusoidal waveforms possesses a time-varying magnitude and phase. Key outcome: time-varying complex power

$$\underline{S}(t) = P(t) + jQ(t). \quad (10)$$

This approach is valid for arbitrary (possibly non-periodic) waveforms and leads to many new insights and no 'REST' term. I will skip the details here and at this point refer the interested reader to [2]. One result I would like to mention though is that the real part of (10) naturally extends to

$$P(t) = P_d(t) + \frac{dW}{dt}(t), \quad (11)$$

where $P_d(t)$ and $W(t)$ are now moving time-averages that only reduce to the static mean quantities P_d and W defined earlier in the sinusoidal case. In that case, (11) implies (9) and the time-varying complex power (10) reduces to (6), as should be expected. Note the remarkable similarity of (5) and (11).

Temporal Stagnation

The notion of analytic signals and the time-varying complex power thus provide a consistent framework to answer the questions raised above. Well, almost, but not quite. The real part of

(10) satisfies a balance law in terms of the rate of change of the time-averaged energy, but what about the imaginary part? A physical theory without a conservation or balance law seems rather artificial. Not to speak about the 'apples' and 'oranges'? So, how to get the physics right? Does there exist a function, like the time-averaged energy, for which its rate of change can be related to the imaginary part of the complex power? Can we explain the units of VAr and relate them in a natural manner to the units of VA and W? Whatever I tried, it didn't seem to be possible. So I decided to leave the subject, at least for some time, and was thinking about writing a paper stating that all power theories must be artificial and that this must be the main reason why hundreds of researchers are still debating over this controversial topic -- even 120 years after the problem was first brought to attention by Steinmetz.

Reactive Time

In November last year, I decided to give the power business one more chance and started looking at the electromagnetic field aspects of energy flow. Here Gerry comes into the picture. I discovered that this retired professor from the University of Massachusetts had been asking the same question in the context of the complex Poynting Theorem. There the imaginary part equals

$$\omega(\mathbf{B} \cdot \mathbf{H}^* - \mathbf{E} \cdot \mathbf{D}^*),$$

which clearly is very similar to (8). However, there does not seem to be one book or article about electromagnetism that explicitly relates this term to the rate of a reactive energy. Recently, Gerry found out [4] that by complexifying time to $t + js$, and interpreting s as reactive time, it is possible to set up a reactive power balance in terms of the rate of change of reactive energy in reactive time. In essence, the idea of reactive time is brought into

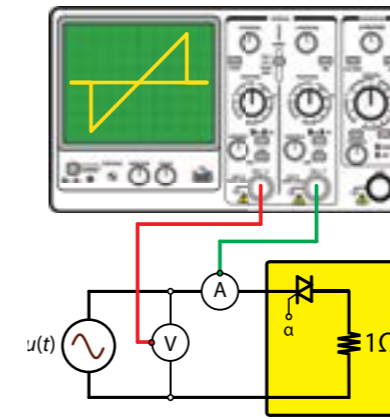


Figure 1: A confusing circuit in terms of power resolution: A load consisting of an ideal switch (triac) and a resistor. Under the assumption that $u(t)=220\sqrt{2}\sin(t)$, $R=1\Omega$, and a switching angle $\alpha = 135^\circ$, the apparent power equals $S=14.588$ [kVA], whereas the active power $P_A=4.397$ [kW]. Hence, $S > P$, which means that the power factor is far less than unity ($\lambda \approx 0.3$). There is certainly no energy storage as can also be observed from the Lissajous plot of the scope (both voltage and current pass the origin at the same time). Is there reactive power? Well, representing the nonsinusoidal current as a Fourier series shows that the fundamental current harmonic is out of phase with the voltage. This implies $Q = 7.703$ [kVAr], which indeed coincides with the sum of the areas of Lissajous plot. Furthermore, it is easily checked that $S^2 > P^2 + Q^2$. This seems to suggest that there must be another power present or that the apparent power is misleading in such case or that we need to gain a deeper understanding of what is going on here.

the power framework by an analytic continuation in time of the analytical signal transformation described above and for sinusoidal waveforms leads to a reactive power balance law of the form

$$-\frac{dX}{ds}(s) = 2\omega X(s), \quad (12)$$

where $X(s) = [W_m - W_e] e^{2\omega s}$ is called the scaled reactive energy. Interestingly, the balance law (12) represents a mechanism of exponential decay. It suggests that in the imaginary world inductors and capacitors become imaginary re-

sistors that dissipate imaginary power. Note that in the nonsinusoidal case the latter equation also becomes a function of time. See [3] and [4] for details.

Catching a Bus

Although the notion of reactive (imaginary) time seems very unusual, its commonly used in quantum physics and there are many philosophers that think that real time does not exist. Also Stephan Hawkins used the notion of imaginary time to avoid space-time singularities in his Big-Bang theory. More-

over, as illustrated in Figure 2, we often seem to be on edge with imaginary time if we try to catch a bus. Additionally, but not less important, the notion of reactive time also provides a logical explanation to the units of VAr and turns 'oranges' into 'apples'. To see how this works, you are most welcome to join the ETV lunch seminar on Thursday May 26 as I am currently running out of (real) time (and space), and I have to catch a bus...



Figure 2: A nice example where the notion of complex time appears can be found in "An Imaginary Tale: The Story of $\sqrt{-1}$ " by Paul J. Nahin: Imagine that you have to catch a bus that is accelerating a meters per second². The distance between you and the bus is d meters and you are running at a top speed of v meters per second. The distance you travel by running is vt meters, while at the same moment the bus is moving $at^2/2$ meters. Let's assume that the moment you would catch the bus is $t=\tau$. This means that $a\tau^2/2 = v\tau - d$, which has $\tau = v/a \pm j\sqrt{(2ad - v^2)/a}$ as solution. Now, this time becomes complex when you do not catch the bus as the transition between catching the bus or not is represented by the condition $2ad - v^2 = 0$. Again, although complex time seems rather artificial, missing a bus might have negative consequences in the real world (missing out on your final exam for instance ;-). Something similar applies to reactive power. It is stemming from the rate of change of a reactive energy X with respect to a reactive (imaginary) time, which in the real world gives rise to an increase in conduction losses in the process of transferring energy from a source to load.

- [1] C. P. Steinmetz, "Findet eine Phasenverschiebung im Wechselstromlichtbogen statt?," *Elektrotechnische Zeitschrift* (1892), Issue 42, pp. 567-568. An English translation is available at <http://arxiv.org/abs/1602.06868>.
- [2] D. Jeltsema, "Budeanu's concept of reactive and distortion power revisited," *Przeglad Elektrotechniczny*, vol. R92, no. 4, pp. 68-73, 2016.
- [3] D. Jeltsema and G. Kaiser, "Active and reactive energy balance equations in active and reactive time", To appear in *proc. CPE-POWERENG*, Bydgoszcz, Poland, 2016. Preprint available at <https://arxiv.org/abs/1601.08207>.
- [4] G. Kaiser, "Completing the complex Poynting theorem: Conservation of reactive energy in reactive time," 2014. <http://arxiv.org/abs/1412.3850>. See also "Conservation of reactive EM energy in reactive time," in *proc. IEEE AP-S Symposium on Antennas & Propagation and URSI CNC/USNC Joint Meeting*, Vancouver, BC, July 2015. <http://arxiv.org/abs/1501.01005>.
- [5] P. S. Filipski, "Apparent power - a misleading quantity in the nonsinusoidal power theory: Are all nonsinusoidal power theories doomed to fail?," *ETEP* Vol. 3, No 1, Jan/Feb 1993.

Lunch colloquium

What the VAr?

ETV lunch seminar devoted to the imaginary world of reactive power and energy

Speaker: Dr. Gerald Kaiser from the Center for Signals and Waves (Portland, OR)

With a short introduction by Dr. Dimitri Jeltsema TUD-DIAM (Delft, NL)

Date: Thursday May 26, 2016

Place: EWI building - Lecture hall

Ampere

Time: 12:30 - 13:30

Abstract:

Reactive power for systems operating under sinusoidal conditions is generally understood in terms of the imbalance between the magnetic and electric storage characteristics.

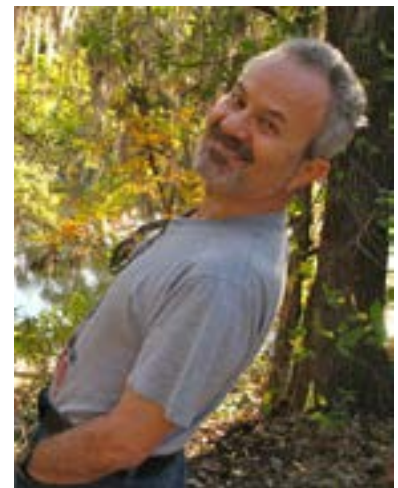
The concept is accepted world-wide and considered standard practice in the power industry. However, in the last decades we have witnessed a significant increase of alternative energy resources and nonlinear loads within the existing power grid. Consequently, the problem of energy transfer optimization increasingly involves nonsinusoidal waveforms. But even at the end of the 19th century researchers were already confronted with the question of how to generalize the power definitions to nonsinusoidal cases when studying electric AC arcs. Ever since

there have been many attempts to improve the concept of reactive power to the most general case, and there is still no consensus. The reason is simple: there is no fundamental physical theory of reactive energy. In this lunch seminar, a short historical overview will be presented, some simple examples will be provided to illustrate the core of the problem, and a novel power theory for circuits and electromagnetic fields will be outlined that resolves several open questions.

Biography Dr. Gerald Kaiser:

Gerald Kaiser received the Ph.D. degree in physics from the University of Wisconsin, Madison, in 1970 and the Ph.D. degree in mathematics from the University of Toronto, Toronto, ON, Canada, in 1977. From 1977 to 1998, he was a Professor of mathematical sciences at the University of Massachusetts, Lowell, where he is now Professor Emeritus. Since 1998, he has been the

Founder and Head of the Center for Signals and Waves, and since 2012 he is based in Portland, OR. The ideas of acoustic and electromagnetic wavelets were introduced in his 1994 book *A Friendly Guide to Wavelets* (Birkhauser-Boston, 1994; sixth printing 1999). His research interests include electromagnetic fields, real and complex geometry, physics-based signal and image processing, radar, remote sensing, and communication theory. Further information is available at www.wavelets.com



EPO 3 - Ontwerp een chip

Groep B1, Morse Decoder

door Francesc Varkevisser

Voor het EPO-3 project "ontwerp een chip" hebben wij met groep B1 een morse decoder gemaakt. We hebben lang gezocht naar een alternatief op de spelletjes via VGA dat ook uitdagend genoeg zou zijn. Het gekozen project bleek achteraf gelukkig uitdagend genoeg.

Morse is een codetaal dat vroeger veel gebruikt werd bij vooral scheepsvaart. Berichten worden gecodeerd naar dot's en dashes met daartussen stiltes. De stiltes kunnen drie verschillende lengten hebben om onderscheid te maken tussen een ruimte tussen punt en streep binnen een letter, een pauze naar de volgende letter en een woordspatie. Een dash is altijd 3 keer zo lang als een dot. Dit hebben wij uitgedrukt in 'tijdseenheden', zo hadden alle mogelijkheden de volgende waarden: Een dot of korte pauze is één tijdseenheid lang, een dash of letterspatie is drie tijdseenheden en de woordspatie heeft een lengte van zeven tijdseenheden. De snelheid van morse wordt uitgedrukt in WPM (words per minute), wat wordt gemeten aan de hand van het standaard woord "paris". Een morse snelheid van 15 wpm kan dus 15 keer per minuut het woord "paris" verzenden.

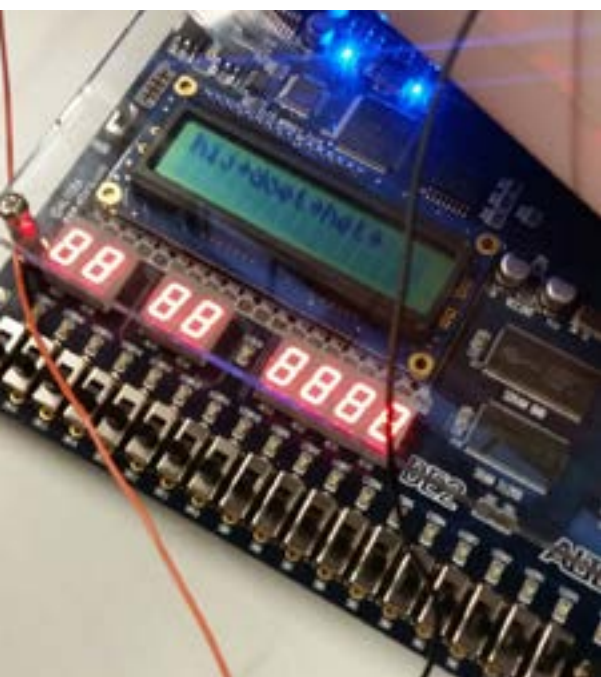
Ons project hebben we opgedeeld in drie modules: Input, output en kalibratie. Het systeem moest een morse bericht, uitgezonden in een lichtsignaal, kunnen omzetten naar tekst. Voor de inputmodule moest een ADC gemaakt worden en alle inkomende waarden moesten worden geteld. Een counter telt hoelang een puls of ruimte duurt, onthoud daarbij ook of het signaal hoog (puls) of laag (pauze) is en slaat vervolgens deze waarden op in registers. Deze registers zouden redelijk eenvoudig te ontcijferen zijn als het bericht altijd in dezelfde snelheid verzonden zou worden, maar wij wilden een systeem dat een range van 10 - 25 wpm kon coderen. Daarvoor is de kalibratiemodule gemaakt. Aan de hand van de eerste vier counterwaarden bepaald deze module op welke snelheid het bericht wordt verzonden, dit is geïmplementeerd door een algoritme te bedenken die de vier waarden met elkaar vergelijkt en door de informatie van de verschillende lengtes kan bepalen hoe lang één tijdseenheid moet zijn. Als het algoritme is doorlopen stelt de module drie grenswaarden op en zet deze aan de output. Deze grenswaarden

hebben dan de lengte van een halve tijdseenheid (G1), twee tijdseenheden (G2) en vijf tijdseenheden (G3). Daarmee is het systeem gekalibreerd en kan de laatste module, de output, zijn werk gaan doen.

De output module bekijkt de waarden in de registers en vergelijkt deze met de grenswaarden. Stel de waarde is een hoog signaal met een lengte die tussen G1 en G1 zit, dan moet het een dot zijn. De lage signalen met een lengte groter dan G3 zijn spaties etc. Alle waarden met een lengte korter dan G1 worden gezien als een glitch en dus genegeerd door het systeem. Met behulp van een tree kan de sequentie dot's en dashes worden omgezet naar tekst en deze wordt vervolgens weergegeven op een lcd scherm. Zo kan ons ontworpen systeem berichten verzonden in morsecode decoderen en live vertalen op een lcd schermpje.

Groepsleden B1

Bilal Bouazzata, Laurens Buijs, Nick Cancrinus, Rik Koch, Gyula Max, Sjors Peterse, Armin Sabanovic, Francesc Varkevisser, Tristan Wieffering ■



Advertorial TenneT

Cross-border cooperation of Transmission System Operators.

In date, the European power systems are facing new developments such as the liberalisation and the integration of renewable power generation. The liberalisation should lead to more competition in which cost-efficiency can be pursued. The integration of renewable power generation is the logical step for delivering sustainable energy to all Europeans. What is left is to provide secure electricity in an affordable way.

Therefore, new arrangements are introduced for increased cooperation between countries. The Continental European power system consist of multiple sub-areas, called Load-Frequency Control Areas (LFC Areas), almost always related to a country. Each LFC Area is operated by a Transmission System Operator (TSO). In the Netherlands only one LFC Area exist, and is operated by TenneT TSO B.V. TenneT also owns part of the German system, and therefore is spread over two countries, unique in Europe.

Every TSO has the responsibility to se-

cure at all times the balance between generation and load within its LFC Area. Secondly, the TSO is also responsible of the high voltage transmission network, to connect (remote/offshore) generation with system load, such as offshore wind power plants as depicted in Figure 1. Thirdly, the TSO should facilitate market parties with well-functioning energy markets for a competitive sell and buy of energy. The increased integration of renewables has aroused the interest in capacity markets, where the availability of generation capacity is rewarded, and not only the actual supply of electricity.

Nevertheless, TenneT believes in the Energy-only market, the current market model just needs some adjustments like a significant role for the demand side, where the elasticity of demand should be utilized, e.g. via the efficient use of smart grids.

Another key component for a sustainable power supply is the cooperation between TSOs. Here, TSOs could improve the balancing process by preventing reserve activation when imbalances within LFC Areas are contra-directional. This is called imbalance netting. Another cooperation relates to power transmission, how to calculate the available transmission capacity (which is limited). Up to this year, capacity calculation was based on bidirectional calculation (between two TSOs). Since May 2015, the new coordinated capacity calculation of Flow-Based is implemented. Within Flow-Based, more precise transmission capacity can be calculated because, where among other ingenuities, the transmission positions of other countries are also taken into account. It should lead to more efficient use of the network, and to determine where new interconnection capacity is needed, Figure 2.

The cross-border cooperation also includes challenges, which TenneT is currently working on. For the inter-TSO



Figure 2: Installation of new high voltage transmission lines to secure power transmission within the system.

support for the balancing process, harmonization of balancing products is essential, otherwise e.g. certain areas cannot be compliant to deliver the quality of electricity supply compliant to regulation. Besides this, the cross-border transfer of balancing energy on top of market trades may lead to an over use of the transmission network. Unfortunately, traffic jam (overload) on power lines is not possible. Overload will lead to thermal implications in which power lines will become longer with increased risk of shortcuts with its surroundings.

Furthermore, it may lead to vaporization of the lubricant between the steel core (for strength of line) and the outer aluminium conductor.

TenneT is continuously working on bringing the power system to the next level, within a renewable energy dominated system, to supply cost-efficiently electricity to the end-consumer. The ambition is to harmonize prices within Europe, by inter-TSO cooperation and by involving the demand side into the system. ■

TenneT is Europe's first cross-border grid operator for electricity. With approximately 21,000 kilometres of (extra) high voltage lines and 41 million end users in the Netherlands and Germany we rank among the top five grid operators in Europe. Our focus is to develop a Northwest European energy market and to integrate renewable energy. For that purpose, large investments and innovative technical solutions are necessary. Over 2.500 professionals work with passion for excellence on the ever growing need for electricity. Taking power Further.

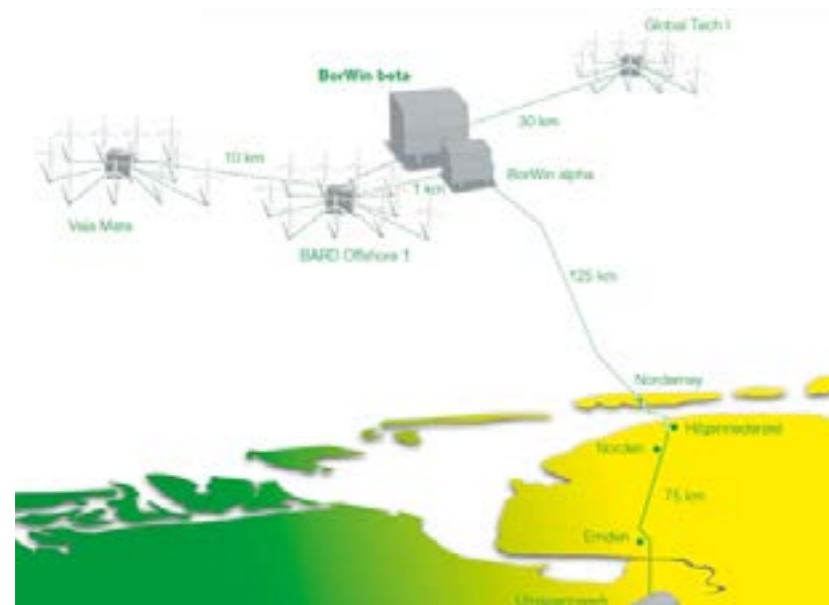


Figure 1: Offshore transmission networks able to connect offshore wind power generation from wind power plants to the existing transmission networks of Europe.

Deep Learning

Tom Runia, University of Amsterdam, QUVA Deep Vision Lab

Artificial intelligence seems to be present everywhere in the technology industry. Over the last couple of years, we have seen impressive breakthroughs in artificial intelligence: the rise of self-driving cars, the animal-like robots of Boston Dynamics, exciting image recognition systems, and DeepMind's AlphaGo winning from the world champion in the game of Go. Increasingly these systems are powered by a technique called Deep Learning. This branch of machine learning utilizes deep neural networks for building complex feature representations and learning highly non-linear functions for solving classification or regression problems. In this article, we present the reader with an introduction to neural networks and discuss some fascinating applications empowered by deep learning.

Introduction

Over the last couple of years, it is hard to have missed the uprise in artificial intelligence (AI) in the news. Scientists all over the world have devoted an incredible amount of research to the field, leading to important breakthroughs which enable a wide range of new technological possibilities. In the world of big data that we live in, arguably the most promising approach to building smart systems is the branch of AI called machine learning. The main focus of machine learning is the development of algorithms that can learn models from large amounts of data,

and use these models to make predictions based on new unseen data. Such models make data-driven predictions instead of following strictly static program instructions, hence making them highly relevant in real-world applications. Machine learning is driving technology behind many modern systems including identifying objects in images, self-driving cars, voice recognition, language translation and recommendation systems. More and more, these systems are using deep neural networks for representation learning and constructing highly nonlinear functions for problem-solving. This renewed in-

terest in neural networks is commonly known as deep learning.

Before discussing the power of deep learning, we look at the classic machine learning problem of image classification. Given an input image, the task is to predict the class (label) of the visual content, e.g. birds, cars or humans. The conventional supervised learning approach to this problem is training a model from a large amount of training data from which we extract certain feature vectors (Figure 1). These features typically give a numerical representation of the local image regions in terms of shape, color or texture. Computing these local descriptors requires a powerful feature extractor that transforms the input image into a suitable internal representation from which the classifier could classify input images. For that reason, when deploying machine learning in practice, much of the actual engineering effort is put into the data preprocessing and feature extraction pipeline (Bengio et al., 2013). Feature engineering has long been a thorn in the side of machine learning: ideally, we would like to automatically find the best features for a given problem. Deep learning is a family of machine learning algorithms that alleviates the

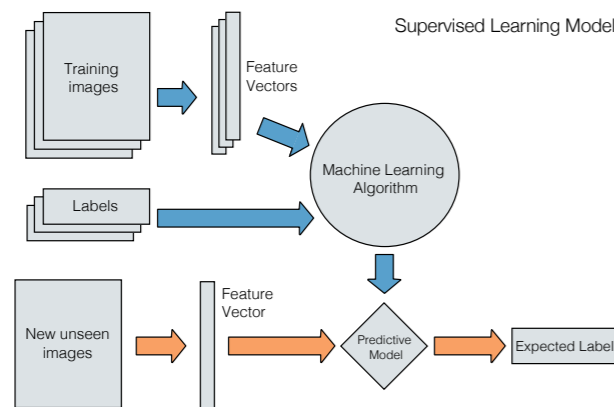


Figure 1
Example of supervised learning. Training a model for image classification by learning from a large amount of labeled training data.

feature engineering by proving powerful representation learning.

Representation learning is a set of methods that can automatically discover internal representations by feeding raw data into the system. The most popular type of representation learning is deep learning, in which multiple levels of increasingly complex representations are built from raw input data. Progressing through the pipeline, at each level simpler features are combined using a series of non-linear modules that each transform the representation at one level (LeCun et al., 2015). By stacking a large amount of such non-linearities, very complex functions can be learned. These complex functions are well-suited for performing classification or regression in challenging tasks such as the image classification problem. Learning complex functions sounds formidable, but how do we devise these algorithms? In the next section, we discuss the ideas behind neural networks which are nowadays the most widely used technique for these learning systems.

Neural Networks

Neural networks originate from the 1950s but were very hard to train back in the days due to limited amounts of training data and insufficient computing resources. Currently, neural networks are one of the most active research areas in computer science. Better training techniques (e.g. dropout), powerful graphic processing units (GPUs) for large matrix multiplications and enormous training datasets have made it possible to train effectively and obtain state of the art performance on many benchmarks.

Neural networks are models inspired by biological networks in our brain and are generally structured as a set of interconnected neurons (or units) that can communicate with each other.

Figure 2 displays a neural network organized in layers; one input layer followed by two hidden layers and a final output layer. The remainder of this section discusses the process of training a neural network in the supervised learning context for performing a classification task.

Again, looking at the example of image classification, the input layers can be fed with raw pixels from images x and the desired output $y = y(x)$ is a one-hot vector encoding the object class. For example, if we have a problem with 6 classes and object x_i belongs to class 2 we denote $y(x_i) = (0, 1, 0, 0, 0, 0)^T$. During training, the network is presented a large amount of training images with ground truth labels. The core idea behind learning is that we define a loss function $\mathcal{L}(w, b)$ that measures the error between the ground truth and predictions of the network. This loss function is expressed in terms of the adjustable variables: weights w and biases b of our network corresponding to the edges and nodes respectively of the network in Figure 2. The quadratic loss function is a simple example (although rarely used in practice):

$$\mathcal{L}(w, b) = \frac{1}{2n} \sum_{i=0}^n \|y(x_i) - a\|^2$$

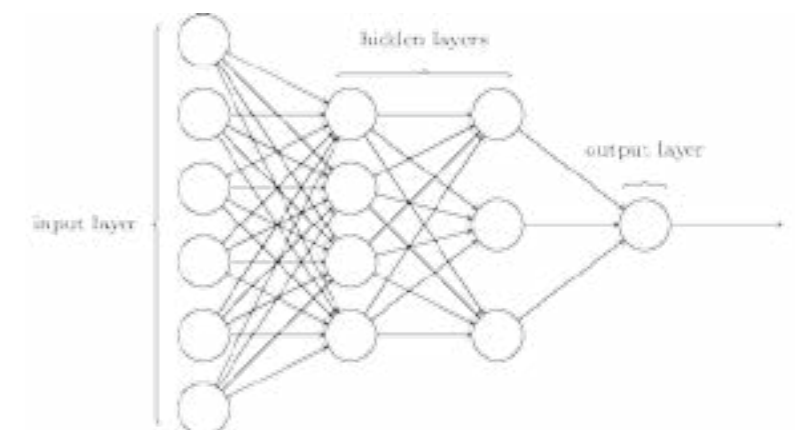


Figure 2
Example architecture of a neural network with two hidden layers. The input can be raw vectorized data and the output corresponds to a vector of classification scores, one for each object class. Image is taken from (Nielsen 2016).

Where n is the number of training examples, and a is the vector of output scores from the network when x is the input. By minimizing the loss function we hope to find network weights that are well-suited for discriminating between all object classes. One might ask, why not directly optimize the number of images correctly classified by the network instead of the loss function? The problem lies in the fact that the number of correctly classified images is not a smooth function of the weights and biases. For this reason, it is difficult to find out the effect of small changes in weights and biases on the performance of the network (Nielsen 2016). By iteratively feeding the machine with training examples, the network modifies its internal parameters to reduce the loss. State of the art networks for image classification and speech recognition can have hundreds of millions of these adjustable weights and several millions of labeled examples are required for learning these parameters.

The question that remains is how to adjust the "knobs" w and b in each iteration to minimize the loss function. Adjusting the weights and biases for minimizing the loss function can be done by computing the gradient vector for each



Figure 3
Top-5 class predictions of ImageNet test images using AlexNet ConvNet architecture. Image is taken from (Krizhevsky *et al.*, 2012).

weight, or in other words, the increase or decrease in loss as a result of a small modification in the weight. The weight vector is then adjusted in the opposite direction to the gradient vector. As long as the internal units (neurons) are relatively smooth functions¹ the *backpropagation* procedure (Rumelhart *et al.*, 1988) can be used as practical application of the chain rule for derivatives. Starting from the last (prediction) layer of the network, the backpropagation procedure can be applied repeatedly to propagate the gradients through all units in the network until the input layer is reached. Using the gradients to update the weights and biases to minimize the loss is then straightforward. The discovery of backpropagation in the 1980s was a major breakthrough in machine learning and currently is the workhorse of training deep neural networks because it is efficient in for propagating gradients *through neural networks with many hidden layers*, i.e. deep neural networks.

In practice each training iteration performs a forward and backward pass through the network. For a batch of labeled examples, the network output is evaluated in the forward pass. Then the loss is computed and the gradients are back-propagated through the network. Upon the gradients reaching the input layer, the gradients are used for updating the weights and biases

of the network. This process continues for a number of training *epochs* (an epoch consists of processing all the training examples once). Training deep networks with many layers requires extremely large datasets and can easily take weeks of training time. To put this in context, in our lab we are running a cluster of NVIDIA Titan X GPUs (each with 3072 CUDA cores), and even then, training deep networks can take more than a week on the well-known ImageNet dataset².

On a high-level, in this section we have seen how neural networks can be utilized for finding complex representations from raw data. This is done by iteratively feeding training examples to the network and updating the weights and biases depending on the loss of the network. Important to notice is that the weights correspond to the representation that is automatically learned from the raw data. With this we conclude our brief introduction to neural networks. Although many important theoretical and practical considerations are not discussed, the high-level ideas in this section form the core of deep learning and are applied everywhere in modern machine learning. At the end of this article we refer the interested reader to additional reading on training deep neural networks. We continue by reviewing a number of interesting applications made possible by deep

learning.

Applications of Deep Learning

The ability to train very large networks that are capable of learning very complex representations by progressively combining simple features using non-linear transformations has led to a large amount of practical applications and intriguing experiments. In this section, we will have a look at some possibilities powered by deep learning.

Convolutional Neural Networks (CNNs)

Convolutional Neural Networks (LeCun *et al.*, 1989) are currently the most popular deep learning architecture, well-suited for understanding *images*. Loosely inspired by the layers in the visual cortex of primate brains, CNNs consist of increasingly complex convolutional filter layers that are learned during the training process. The classical CNN consist of alternatively stacked convolutional layers and spatial pooling layers: each convolution layer generate a feature map by linear convolutional filters followed by a non-linear activation function (Figure 4). Thus, each convolution layer progressively extracts higher-level features, until the final layer essentially makes a decision on what the image shows. The adjustable parameters of the network are the weights and biases of the convolutional filters, i.e. the networks automatically learns a set of feature maps that are highly descriptive for the images.

CNNs demonstrate the power of deep learning very well. For the image classification task on the ImageNet benchmark, which requires recognizing 1,000 object classes, state-of-the-art CNNs with 150 layers achieve an error rate of 3.5%. The object classes are highly complex and require a great level of specific knowledge, some examples are visualized in Figure 3. Trained hu-

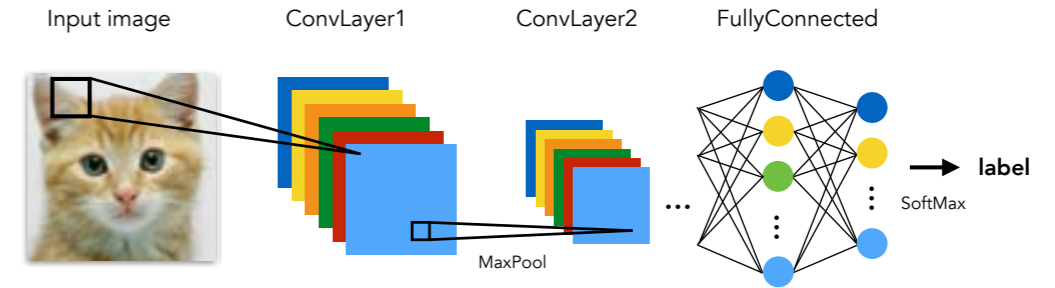


Figure 4
Example of a convolutional neural network (CNN) architecture. For classification the last fully-connected layer produces a predicted probability distribution over all object classes. State-of-the-art CNN architectures for image classification can have more than 100 layers.

mans achieve a performance of approximately 5% error rate (Karpathy, 2015b), clearly displaying the unbelievable discriminative power of deep learning.

Particularly interesting for ConvNets is that the learned weights can be visualized as images. This experiment was first performed by Zeiler and Fergus (2014), see Figure 5. These feature map visualizations show how the network learns increasingly complex features. The first layer extracts very simple features such as edges or corners. Intermediate layers construct higher-level features that respond to blobs, certain texture and increasingly complex shapes progressing through the layers. It is intriguing to observe how computers automatically learn visual features in the first layers (e.g. edges, corners) similar to visual representations that we humans have learned in the first layers of our visual cortex (DiCarlo *et al.*, 2012).

Recurrent Neural Networks (RNNs)

Traditional neural networks have the major shortcoming of not being able to deal with sequential data, such as speech and language. Recurrent neural networks are a very popular family of deep learning architectures that tackle this problem, by storing information about previous events internally. RNNs process an input sequence one element at a time, maintaining an internal representation of the history of past

elements of the sequence. More concretely, in traditional neural networks the behavior of hidden neurons is only determined by previous hidden layers, while for RNNs the weights are also determined by the activations at earlier times. While many types of RNNs architectures are described in the literature, the most popular are the Long Short-Term Memory (LSTM) networks, capable of learning long-term dependencies (Hochreiter & Schmidhuber, 1997).

One example showing the success of RNNs is the voice recognition software on your smartphone. More interestingly however is the fact that RNNs can also be used for *generating* new sequential data such as text. RNNs can be trained on large amounts of text to generate new text of the same kind. Experiments show that these systems are already capable of writing simple stories that are grammatically correct (for example by

training on the works of Shakespeare or Wikipedia). My favorite example is training a recurrent network on large amounts of LaTeX source. After several hours of training the machine begins to understand the syntactic language and is able to generate "hallucinated" algebraic geometry and other types of mathematics (Karpathy, 2015a). Figure 6 displays an example. Although the generated mathematics is meaningless, it is very interesting that the machine is able to learn how write text with few mistakes. For the same research, the authors also trained LSTMs on the complex Linux source code, also with surprisingly well-written code produced by the machine that compiled right away.

Conclusion

In this article, we have presented the reader with an introduction to neural networks and a primer for some fascinating applications of deep learning. What else is going on in neural networks and deep learning? There is a

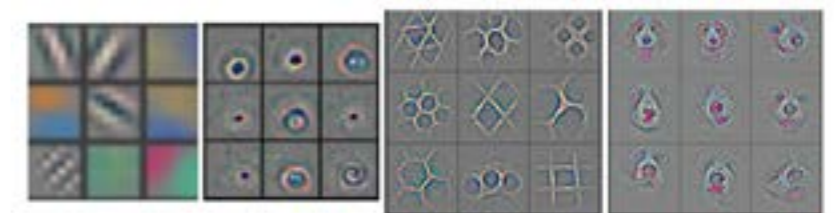


Figure 5
Visualization of feature maps learned in first four convolutional layers by training on millions of images. Starting from the first layer (left), we notice that the learned features become increasingly complex moving to higher layers. Image is taken from (Zeiler & Fergus, 2014).

¹ In practice, sigmoid functions $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ and rectified linear units (ReLU) $f(x) = \max(0, x)$ are commonly used as non-linear activations functions for a neuron.

² <http://www.image-net.org/challenges/LSVRC/>

huge amount of fascinating work going on. Active research areas include unsupervised learning, reinforcement learning, language processing and video understanding. Many experts argue that unsupervised learning is becoming increasingly important for machine learning. Obtaining enormous datasets of *labeled* training examples is a very costly process while unlabeled data is inexhaustible. With this regard, we end with a quote of Yann LeCun, one of the founding fathers of deep learning: "We need to solve the unsupervised learning problem before we can even think of getting to true AI. And that's just one obstacle we know about. What about all the ones we don't know about?"

Further Reading

In particular over the last three years, an astonishing amount of literature has been written on deep learning. The literature in the current generation of deep learning is all very recent and good (published) books are non-existent. However, two books in preparation for press are "Deep Learning" (Ian Goodfellow & Courville, 2016) and "Neural Networks and Deep Learning" (Nielsen, 2016). Additionally, reading all the papers by the founding fathers

References

Bengio, Yoshua, Courville, Aaron, & Vincent, Pierre. 2013. Representation learning: A review and new perspectives. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 35(8), 1798-1828.

DiCarlo, James J, Zoccolan, Davide, & Rust, Nicole C. 2012. How does the brain solve visual object recognition? *Neuron*, 73(3), 415-434.

Gatys, Leon A., Ecker, Alexander S., & Bethge, Matthias. 2015. A Neural Algorithm of Artistic Style. *CoRR*, abs/1508.06576.

Hochreiter, Sepp, & Schmidhuber, Jürgen. 1997. Long shortterm memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.

Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, & Courville, Aaron. 2016. *Deep Learning*. Book in preparation for MIT Press.

Karpathy, Andrej. 2015a. *The Unreasonable Effectiveness of Recurrent Neural Networks*.

Karpathy, Andrej. 2015b. *What I learned from competing against a convnet on ImageNet*.

Krizhevsky, Alex, Sutskever, Ilya, & Hinton, Geoffrey E. 2012. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Pages 1097-1105 of: Advances in neural information processing systems*.

LeCun, Yann, Boser, Bernhard, Denker, John S, Henderson, Donnie, Howard, Richard E, Hubbard, Wayne, & Jackel, Lawrence D. 1989. Backpropagation applied to handwritten zip code recognition. *Neural computation*, 1(4), 541-551.

LeCun, Yann, Bengio, Yoshua, & Hinton, Geoffrey. 2015. Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.

Nielsen, Micheal. 2016. *Neural Networks and Deep Learning*. Determination Press.

Rosenblatt, Frank. 1958. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological review*, 65(6), 386.

Rumelhart, David E, Hinton, Geoffrey E, & Williams, Ronald J. 1988. Learning representations by backpropagating errors. *Cognitive modeling*, 5(3), 1.

Russakovsky, Olga, Deng, Jia, Su, Hao, Krause, Jonathan, Satheesh, Sanjeev, Ma, Sean, Huang, Zhiheng, Karpathy, Andrej, Khosla, Aditya, Bernstein, Michael S., Berg, Alexander C., & Li, Fei-Fei. 2014. ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge. *CoRR*, abs/1409.0575.

Zeiler, Matthew D, & Fergus, Rob. 2014. Visualizing and understanding convolutional networks. *Pages 818-833 of: Computer vision-ECCV 2014*. Springer.

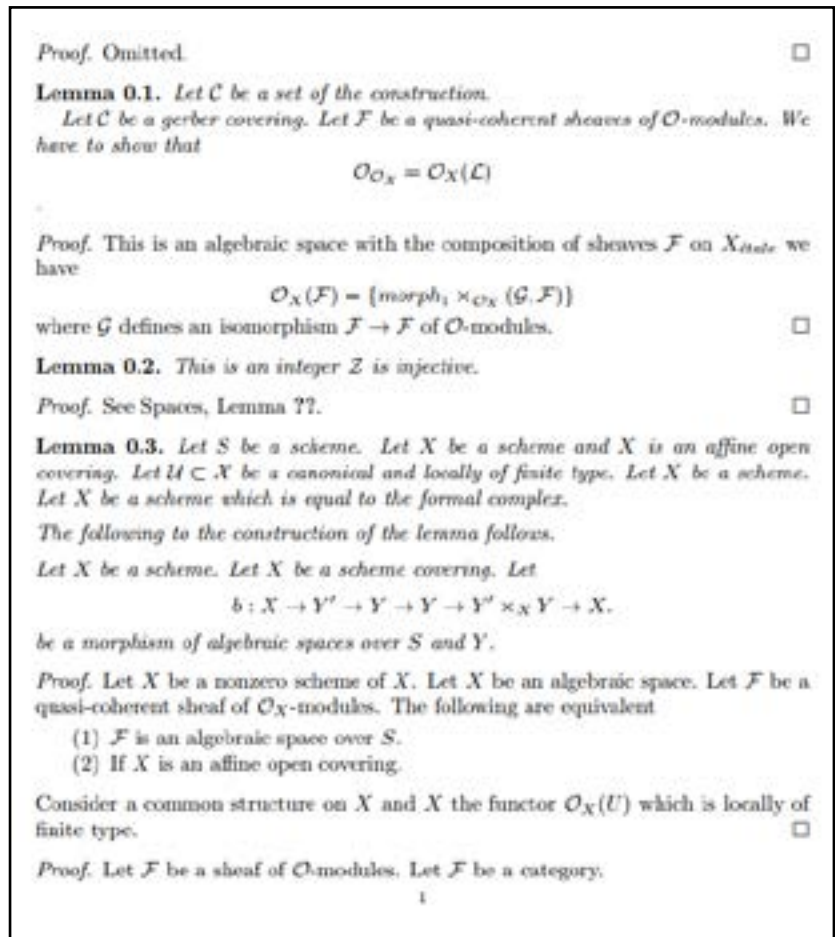


Figure 6

Hallucinated mathematics generated by a multilayer LSTM trained on a large amount of LaTeX source. Note how the proof is omitted by the machine (haha). Image is taken from (Karpathy, 2015a).

of deep learning: Geoffrey Hinton, Yann LeCun and Yoshua Bengio is highly recommended.



Link yourself to the power of TenneT

Netwerken: daar gaat het om bij TenneT. Letterlijk en figuurlijk. We zijn de eerste grensoverschrijdende elektriciteitstransporteur van Europa met 20.000 kilometer aan hoogspanningsnetwerken in Nederland en Duitsland. Onze focus is gericht op de ontwikkeling van een Noordwest-Europese energiemarkt en de integratie van duurzame energie. Tegelijkertijd staat de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening voorop.

24 uur per dag, 7 dagen per week. We zoeken de samenwerking met professionals die interesse hebben in een unieke uitdaging. Wil jij op hoog niveau aan de slag in je vak? Bij een bedrijf dat in meerdere opzichten netwerken verbindt? Link yourself en ga vandaag nog naar

www.werkenbijTenneT.nl

TenneT zoekt:

Ambitieuze technici en andere professionals

Project MARCH

The exoskeleton team of the Delft UT

Sjoerd Butter

To give paraplegics back the ability to stand up and walk, to overcome obstacles they face in daily life and communicate on eye level again. That is our goal!

The team was founded by a group of alumni of the TU Delft, all of whom knew how valuable participating in a Dreamteam can be. As one of the new student teams in the Dreamhall we are developing an exoskeleton together with our paraplegic pilot Claudia. An exoskeleton is an external wearable frame that enables paraplegics to stand up and walk again. Her feedback and experience will help us improve the exoskeleton before participating in the Cybathlon 2016. This competition will be the first bionic para-athletic games in the world, to be held in Zürich.

The Team

The team was founded in May 2015, it started out with the first interest drinks and soon the first core members took

up the challenge: building an exoskeleton that is versatile enough to compete and win the Cybathlon. At the end of August, the first steps were taken in the design process but soon we realized that to achieve all of our ideas we needed a bigger team. So the team increased from 8 to 26 part-time and full time members in the following months. Right now we are already on the lookout for people to continue the project next year.

The Cybathlon

The Cybathlon is the first competition for bionic para-athletes worldwide. It is focused on the development of state-of-the-art prosthetic devices. Academic and commercial teams from all over the world will compete in the "Powered

Exoskeleton Race". The course consists of six obstacles from daily life, such as getting up from a sofa and walking up the stairs:

The obstacles depicted above are still very challenging for exoskeletons currently still on the market. One of the goals of the Cybathlon is to boost innovation in healthcare technology. This is achieved in a competitive spirit, similar to other challenges worldwide by for example the world solar challenge or the Hyperloop challenge by Elon Musk.

The exoskeleton

The team had a head start by using the MINDWALKER exoskeleton as a starting point.

This exoskeleton was the result of a conjoint European project in which the TU Delft and University Twente participated. The focus in the MINDWALKER exoskeleton was to have the user control the exoskeleton by means of brainwaves (EEG), but after thorough testing it was proven this technique was too unreliable. Another feature that made the MINDWALKER special compared to commercially available exoskeletons is the use of Series Elastic Actuators to control the exoskeleton. Two extra joints were also added in the hip to provide an extra degree of freedom there. These two extra joints increase the range of motion of the exoskeleton by enabling sideward and forwards movement.



Figure 2: FPGA with Zylinq modules

The concept of the MINDWALKER exoskeleton was studied, the knowledge and proven concepts were taken to our own exoskeleton the MARCH. The frame was redesigned to make it lighter and modular, the modularity is important since we are going to produce two frames. The first frame to be completed is an adjustable frame, enabling multiple people to test the exoskeleton. During the testing a second frame will be developed for the pilot that will compete in the Cybathlon. This frame will be modelled after 3D scans that are made of the legs of the pilot, which will result in a personalized frame that will transfer loads in a more natural

way through the body and to take in account the locations of pressure points.

The exoskeleton will be controlled through a real-time Simulink model that will be run on a speedgoat, a dedicated computer. Furthermore, there are local processors at every joint. The processors are used as data acquisition systems and they run the control loop for the BLDC motors. Next to that they also do some pre filtering before the data is sent to the speedgoat. Because of the filtering and the high speed control of the motors, the processors should be fast and adaptable. This is done using Zynq modules from Xilinx. The Zynq modules combine FPGA fabric with a dual core ARM processor. This ensures the processing power needed for real time control with additional filtering. On top of the Linux kernel is Dyplo software deployed. This piece of software together with specialized FPGA fabric, can change the FPGA fabric real time while the system is running. This is used for fast prototyping and a learning system.

The communication protocol is etherCAT, an industrialized protocol that is based on Ethernet. The advantage of etherCAT in perspective of Ethernet is that the overhead is much smaller and therefore allows for a higher bandwidth. With that we can achieve a system sample rate of 2 kHz. Although it is smaller than some of the sample rates



Figure 3: Render of the exoskeleton

of the subparts, which are around 50 kHz, is it quite fast for a robotic system.

Due to the complexity of the Zynq modules, the hardware development of the boards are outsourced, but simpler systems like power management are developed in-house. With help of different parties, we design, test and produce our own PCB's. This is done to keep the technology and knowledge within our team.

The pilot

The user of the exoskeleton is called a pilot since the user will control a highly advanced device, and should not be treated as a passenger. Being treated as a passenger is the case in most exoskeletons on the market, where a pre-programmed movement is used to get the user from A to B. To give the user more control and become the pilot of the exoskeleton, a point and go system will be implemented in the MARCH.

Besides developing a technologically advanced exoskeleton, it should be an exoskeleton that fulfills the needs of the pilot. We get valuable feedback from our pilot, Claudia. She had a spinal cord injury 12 years ago when she fell off the back of a horse. With her feedback the exoskeleton is optimized through an iterative design process. To win the Cybathlon Claudia will train under supervision of a physiotherapist and our engineers, this will ensure sufficient preparation in order to win the Cybathlon 2016.

Interested?

Project MARCH will continue the development of the MARCH exoskeleton next year. Are you interested in joining our team or maybe even become part of the core team? Visit the site:

<http://projectmarch.nl/>

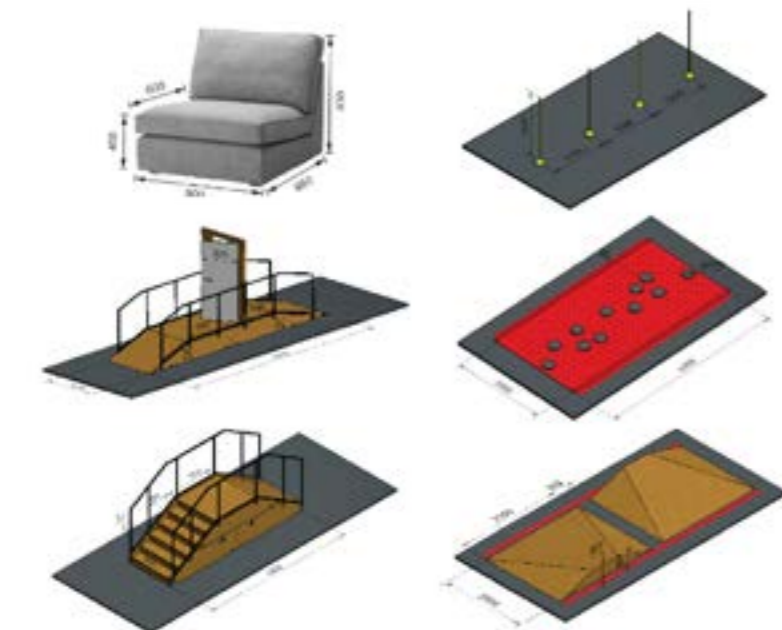


Figure 1: The obstacles of the Cybathlon

Studieverzameling

Programmeren - avant la lettre

Tekst: Kees Pronk, Foto's: Han Geijp en Kees Pronk

De studieverzameling heeft in haar lange bestaan, maar vooral in de laatste tien jaren meer structuur gekregen. Vele vrijwilligers werken aan de toegankelijkheid en verdere vervolmaking van de verzameling. Op maandag treft men deze mensen aan in de kelders van de laagbouw van EWI. Dankzij hun werk kan de huidige student inzicht krijgen in het erfgoed van EWI.

Ponskaarten

In deze bijdrage willen wij laten zien hoe men in het verleden, nog voordat er bedrijfsmatige computers bestonden, ponskaartapparatuur en regeldrukkers programmeerde. Ponskaarten zijn nu buiten gebruik geraakt, maar ze hebben vanaf 1920 - 1980 een heel belangrijke rol gespeeld bij de gegevensverwerking bij de overheid en in het bedrijfsleven. Om enige indruk te geven: de IBM-fabriek in Nederland produceerde per dag één miljoen ponskaarten. De ponskaart, en de bakken gevuld met ponskaarten waren toen het hart van een bedrijfsadministratie en vormden wat we nu kennen als de data-base van een bedrijf. Ponskaarten werden in die tijd ook gebruikt voor gegevensuitwisseling. Iedereen gebruikte ponskaarten, bijv. om betalingen

te doen via de giro of om lid te worden van een vereniging. Op nl.wikipedia.org/wiki/Ponskaart staat een artikel waarin de werking van de ponskaart wordt uitgelegd.

Op een ponskaart werd informatie vastgelegd in 80 kolommen. In elke kolom stond één codering. Elke codering kon 256 tekens bevatten en daarmee bevatte elke ponskaart maximaal 80 bytes. Meestal werden niet alle kolommen voor informatie gebruikt; de laatste 8 kolommen bevatten vaak het volgnummer van de kaart. Er werden diverse coderingen gebruikt; de bekendste codering in die tijd was de EBCDIC-code.

Volkstelling

In 1947 vond in Nederland een volk-



stelling plaats. Zie nl.wikipedia.org/wiki/Volkstelling. In die tijd bestonden er nog geen computers. Voor de gegevensverwerking werden ponskaarten gebruikt. Elk gezin werd geïnterviewd en de interviewers legden de gegevens van een gezin op formulieren vast. Deze formulieren werden door ambtenaren gecodeerd op schrapkaarten die later automatisch werden omgezet in ponskaarten. Als voorbeeld van de benodigde gegevensverwerking veronderstellen we

dat de gezinssamenstelling (het aantal kinderen) werd vastgelegd in twee kolommen; bijv. in de kolommen 15 en 16. Twee kolommen want in die tijd was het heel gewoon dat een echtpaar meer dan 10 kinderen had. Om bij de volkstelling statistische gegevens over het kindertal in Nederland te verkrijgen was het nodig alle kaarten te sorteren naar kindertal dus naar het getal in de kolommen 15 en 16. Voor het sorteren van ponskaarten had men al sinds de dertiger jaren kaartsorteermachines ter beschikking. Aan de ene kant van zo'n machine werd een stapel gecodeerde kaarten ingevoerd; de machine had twaalf aflegvakken waarin de kaarten werden gesorteerd. In aflegvak 1 de kaarten van gezinnen zonder kinderen, in aflegvak 2 de kaarten van gezinnen met één kind, enzovoort. In het elfde vak werden de kaarten van gezinnen met meer dan 10 kinderen afgelegd. Die kaarten werden dan in een tweede en eventueel derde sorteergang alsnog gesorteerd. Aan elk vak was een teller verbonden die het aantal in dat vak afgelegde kaarten telde. Op het juiste moment moest die teller worden gereset; na afloop van het sorteerproces werden alle tellers uitgelezen. Op Youtube staat een filmpje over de werking van een ponskaartsorteermachine van IBM ([youtube.com/watch?v=xZRR4pS9Ed8](https://www.youtube.com/watch?v=xZRR4pS9Ed8)). Opmerking: Na afloop van het sorteerproces werden alle kaarten verzameld; echter de kaarten lagen na sortering in een an-



dere volgorde. Denk eens na over een computerprogramma dat de kaarten weer in de juiste volgorde sorteert, uitgaande de volgordecodering in de kolommen 73 t/m 80 en van de beschikbaarheid van slechts 10 aflegvakken.

Programmeren

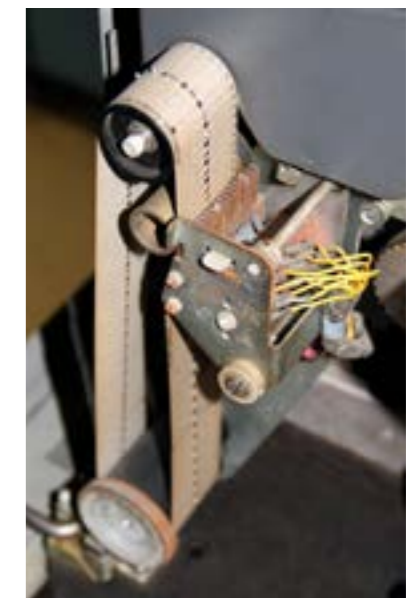
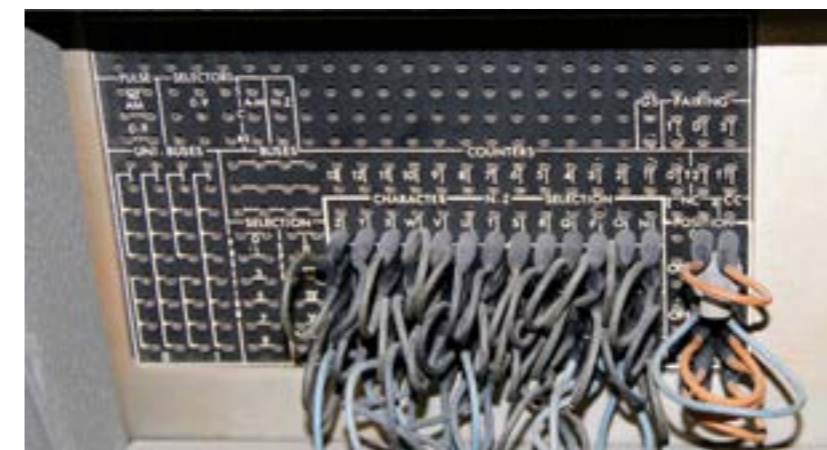
Voor het sorteren van kaarten op een ander criterium moest de kaartsorteermachine steeds van een ander programma worden voorzien: op welke kolommen wordt er gesorteerd, wat is het sorteercriterium en in welk aflegvak komen de gesorteerde kaarten? Om de kaartsorteermachine te kunnen programmeren was deze voorzien van een programmeerpaneel. Het benodigde programma werd ingesteld door het aanbrengen van verbindingssnoeren op het paneel. Let ook op de aanduidingen op het paneel die de functie van de verbindingen verduidelijken. Tijdens het programmeren van het

paneel kon de sorteermachine niet worden gebruikt. In een latere fase van de ontwikkeling werd een inplugbaar paneel gebruikt dat off-line kon worden geprogrammeerd.

Het programmeren was een zodanig ingewikkelde taak dat hiervoor een speciaal formulier werd ontworpen. Dit formulier diende ook als documentatie. Om zeker te zijn van de correcte werking van een programma was het nodig proef-runs te maken met geprepareerde testkaarten. Zo was het vroeger en zo is het nu nog steeds.

Regeldrukkers

De resultaten van een berekening werden door een regeldrukker op kettingformulieren vastgelegd. Kettingformulieren zijn vellen papier die aan elkaar zitten en die aan de zijkant





transportgaten hebben voor het verticale papiertransport in de regeldrukker. Regeldrukkers werden zodanig geconstrueerd dat ze met verschillende papierformaten (bijv. 80-koloms en 132-koloms papier) en met verwisselbare character-sets overweg kunnen. In een bepaald type regeldrukker was zo'n character-set aangebracht op een ketting die voor het papier langs bewoog. Als een letter op de ketting op de gewenste afdrukpositie was aange-

komen werd een hamertje afgevuurd dat ervoor zorgde dat de letter op het papier terecht kwam. De gebruikte character-set, het papierformaat en de benodigde tabulator-posities konden worden ingesteld en vroegere modellen regeldrukkers waren dus ook voorzien van soortgelijke programmeerpanelen. Later werden die panelen vervangen door kleine bandjes waarop de programmering werd vastgelegd.

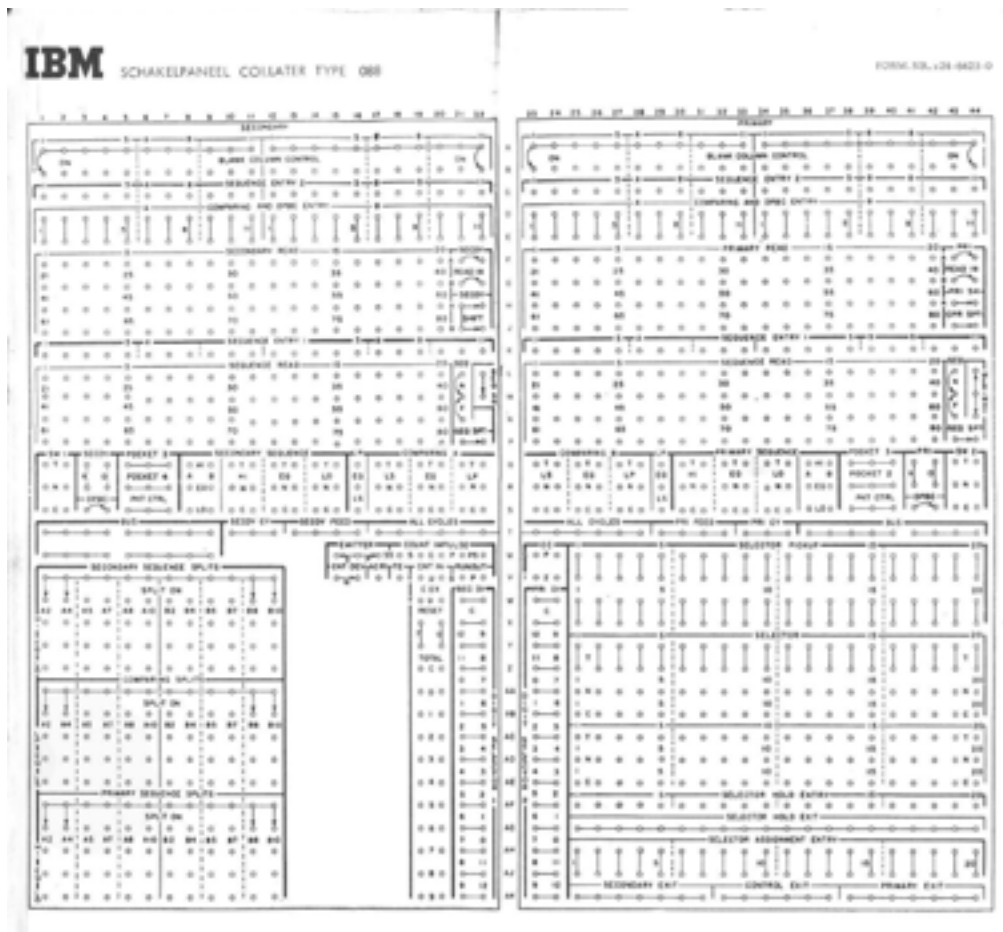
Dergelijke bandjes werden weer geprogrammeerd met behulp van een handponsapparaat.

We hopen hiermee een kort overzicht te hebben gegeven van het programmeren van ponskaartverwerkende apparatuur en regeldrukkers. Dit programmeren gebeurde al in een tijd ver voordat er computers beschikbaar waren.

Alle hier getoonde objecten zijn beschikbaar in de Studieverzameling



(www.ewi.tudelft.nl/over-de-faculteit/studieverzameling/) en (deels) op de web-site van het vitrinemuseum (vitrinemuseum.ewi.tudelft.nl). Geïnteresseerden zijn van harte welkom om de apparatuur te komen bezichtigen in de kelder van de laagbouw. De ingang is vlak bij de toegang tot de Et-praktika. De Studieverzameling is elke maandag geopend van 10:00 tot 18:00 uur.



Maxwell editorial office

As the pages turn

by Tobias Roest

These are the people that make sure the Maxwell keeps dropping on your doormat. With a lot of love and as much care as possible we make sure every edition is filled with interesting content and also looks good. If you are interested in the world behind the one and only ETV magazine, ask one of the editors or the ETV board. They will answer all your questions and one day, you might be an editor yourself



Tobias Roest

For me, the Maxwell is a great way to make contact with interesting people in EE. Designing the layout keeps my inner hipster satisfied as well! (Editor since 16.2)



Dorus Leliveld

Every good magazine needs someone with a beard. I'm pleased that I can be that person for the Maxwell, as it is a good way to connect with people in EE. (Editor since 18.1)



Ludo van den Buijs

I joined the Maxwell two and a half years ago, and since then I have contacted people all over the world. That makes me very happy. (Editor since 17.1)



Daniël Kappelle

For me, the Maxwell is a way to provide EE students with interesting and fun scientific articles. We really focus on science and always try to improve. (Editor since 19.1)



Bart Kölling

As you can see from my colour, I worked on the yearbook "Eenheid" before joining the Maxwell. This has made me a semi-pro in InDesign! (Editor since 18.1)



Elke Salzmann

After designing the Yearbook, I wanted to develop my skills further. Doing this while learning more about subjects regarding EE is the perfect combination. (Editor since 19.1)



Jonas Carpay

The thing I love most about the Maxwell is all the white space. When Tobias and I re-designed the Maxwell we chose the page margins as large as we could. (Editor since 18.1)

You?

If you are interested in joining the ranks of the Maxwell editors, don't hesitate to address one of us. You'll also get your very own Maxwell mug with customized colour!



Activities

Wintersport

Door Swier Garst

Op vrijdag 29 januari is de ETV met 24 man sterk naar Frankrijk vertrokken om een week lang te wintersporten. Het duurde niet lang voordat iedereen zijn vaste ochtendroutine te pakken had: Beginners zochten elkaar 's ochtends op om samen naar hun skiklasje te gaan, terwijl de ervarenere mensen bij elkaar langsgingen om de fysieke status van hun medeskiers te peilen, waarna er vervolgens opgesplitst werd in kleinere groepjes die van nature gevormd werden op basis van de plannen. Met meer dan 200 km aan piste, verdeeld in blauw, rood, zwart en niet te vergeten terrorzwart, was er voor iedereen de hele week wat wils. In het begin van de week was er nog maar weinig sneeuw en dit dreeg alleen maar minder te worden door hoge temperaturen, maar gelukkig werd het al gauw kouder, en er viel ook een paar keer een goed pak sneeuw, waardoor de pistes gered waren, en daarmee ons skiplezier. Aan het eind van de dag



werden de avonturen op de piste nabesproken, en 's avonds was er uiteraard après-ski voor wie daar zin in had. Ik denk dat ik voor allen spreek als ik zeg dat het een geslaagde week was, en ik ga volgend jaar zeker weer mee!

Ouderdag

Door William Hunter

Het is voor veel elektro'ers een herkenbare situatie: je ouders vragen wat je nou eigenlijk voor nuttigs doet in Delft, en als je het enigszins probeert uit te leggen, word je met lege blikken geconfronteerd. Dat uitleggen blijkt moeilijker dan je denkt!

Gelukkig komt daar de ouderdag om de hoek kijken. Een zaterdag, speciaal om alle ouders een kijkje in de keuken van elektro en een beter beeld van de opleiding te geven: 13 februari was het zover. Nadat iedereen voorzien was van een gepaste hoeveelheid koffie, werd de dag afgetrapt met een kort maar krachtig praatje over de ETV, waarna professor Wouter Serdijn de microfoon overnam voor een interessant college over elektroceutica, waarin ook wat knipogen naar de stof van het eerste semester werden gegeven.

Na een voedzame lunch werd het programma hervat met een rondleiding van EWI: naast de studieverzameling en het Else Kooi-lab werden de ouders onder andere getraakteerd op het mooie uitzicht vanaf het een-na hoogste gebouw van Delft. Een ochtend van theorie vroeg natuurlijk om wat afwisseling, dus een practicum kon vervolgens niet ontbreken. Wat reken- en soldeerwerk leverden een puik schakelingetje op, met een led die continu van kleur veranderde.



Zoals het een goede dag betaamt, eindigde het programma tenslotte in de / Pub. Onder het genot van wat goudgele ridders kon iedereen bijkomen van het harde zwoegen in de Tellegenhal. Hoewel menig elektro'er de barmanen nog wel even bezighield, taaiden veel ouders redelijk snel af. In ieder geval een ervaring en veel inzicht rijker keerden ze terug naar huis: een geslaagde dag dus!

EESTEC FRAME

By Darija

From the 21st till the 26th of February 2016 EESTEC LC Delft and ETV hosted an operational event FRAME - Fund Raising Annual MEeting! During four intensive days twelve motivated EESTECers were learning and sharing experience about sales, how to contact companies, what to offer them and how to close the deal. Trainings were offered by the sponsor companies and experience ETVers who shared their experience gained during their work in ETV board. Event was a big success since participants gained a lot of new knowledge and ideas which they will be able to utilize on local and as well on international level of EESTEC. Participants were hosted by ETV members who also joined some training sessions and social activities.

Besides the professional training sessions participants also had time to enjoy the beautiful city of Delft and get to know the university and the Dutch student life. Event was connected with motivational weekend hosted in Am-

sterdam where more EESTECers join. From Friday to Sunday participants got to know the city of Amsterdam in many fun social activities.

Do you also want to experience fun international event abroad this summer? Read more about EESTEC on <https://eestec.net/> and send an email to CP-ETV@tudelft.nl.

Cantus

Door Wouter Kayser



Twee maanden geleden waren wij in Leiden voor een cantus. Een cantus is een soort karaoke, maar gelukkig zijn er wel een paar verbeteringen op de normale karaoke. Ten eerste wordt er altijd met de hele groep gezongen. Hierdoor sta je nooit alleen een liedje te zingen die je niet kent. De tweede verbetering is dat de muziek kwaliteit niet bepaald wordt door je zang kunsten of het kennen van de tekst, maar door het volume en enthousiasme waarmee je zingt. Dus zelfs als je niet kan zingen, zoals ik, kan je nog steeds goed meedoen. De derde verbetering is het tussendoor smeren van de keel met adtjes bier. Dit wordt gedaan om je stem langer te sparen. Hoe wel de volgende ochtend blijkt dat dit toch geen nut had.

Nu iedereen weet wat een cantus is, kan ik vertellen over deze mooie avond. Op deze avond werden wij vergezeld door de studievereniging CoDe. Deze studievereniging hoort bij de studie criminologie en kon de man vrouw-verhouding normalizeren. Samen konden de studenten met de meeste liedjes goed meezingen, of schreeuwen. Af en toe werd er wel eens een couplet overgeslagen, dit maakte het zingen best avontuurlijk. Des al niet te min konden wij toch een versie van Billy Joel's Piano Man zingen die tien minuten duurde. Daarnaast kwamen natuurlijke alle Delftse klassieker langs. CoDe had zo ook hun eigen nummers, maar helaas hebben wij die niet gehoord, vanwege ons eigen gezang. Al met al een geweldige avond.

WakCie schaatsen

Door Tom Salden

Door het jaar heen krijgen studenten te maken met de barre winters die Nederland te bieden heeft, en kan de motivatie soms ver te zoeken zijn. Gelukkig bestaat de Winteractiviteitencommissie, de WakCie, om ervoor te zorgen dat ze ons hierdoor heen slepen. Ook deze, niet zo heftige winter werd gevuld met een aantal activiteiten van de commissie, waaronder het schaatsen. Op een vrije woensdag in februari vertrok daarom een man of 15 met de trein richting de schaatsbaan in Rotterdam. Eenmaal aangekomen bleken meer



mensen op het idee gekomen te zijn, en was het best wel druk. Zo begon het al met een rij voor de schaatsverhuur (die wij zelf natuurlijk veel groter maakten), en het ging door op de schaatsbaan, waar het niet de kunst bleek om zo snel mogelijk te gaan, maar om het zo goed mogelijk ontwijken van mensen op je pad. Gelukkig werd het steeds rustiger, en konden we allemaal een heerlijk stuk schaatsen. Naast het schaatsen had de WakCie iedereen een kop warme chocomel beloofd, en dus verscheen er na die uren van inspanning een heerlijke kop chocolademelk voor ons. Na deze versnapering besloten we dat het maar weer tijd was om terug te gaan naar Delft en de activiteit eindigde daar.

Samenvattend was het een heel heel leuke activiteit die aan deze matige winter een dag met veel ijsplezier heeft toegevoegd.

Lustrum activities

Radio

By Roel de Rijk

The third lustrum week started with the launch of ETV-radio. Not just online, but at 107.0 fm (and for a little while on the frequency of the airport police) everyone in the Delft area was able to listen to the ETV. Everything was taken care of. There was a live video stream from the studio and a phone to which you could call. On the website a shout box was available for listeners to join



the conversation on the radio and to request songs to be played. It was also very possible to stop by the studio (next to the ETV boardroom) to grab a microphone and tell a story or do an interview. The members of the ETV were very eager to let their voice be heard on the radio and constantly called into the studio, they requested songs, created jingles for the radio and participated in games. On Monday evening we created commercials for all kinds of different things, like committee activities or to get someone a date for the gala (we didn't succeed with the last one), for the first time in radio history people requested commercials instead of songs. In the end it was a very successful activity due to the enthusiasm of the ETV members that were listening day and night.



DJ workshop

By Luc Enthoven

On the Thursday morning of the third lustrum week of the ETV, a peculiar event had been planned. A small group of Electrical Engineering students had signed up for a workshop where an instructor (Koen van Dijk) was going to learn them the basics of being a DJ. At 10:30 the delegation assembled in lecture hall Electron which had been turned into a sort of studio with three DJ sets. First, Koen explained about the equipment, then talked about the most fundamental aspects of being a DJ and simultaneously showed these aspects with a demonstration. Then it was time for the hands on experience, the group was split up in groups of two or three and each group took place behind a DJ set. It immediately became clear that each person enjoyed a different kind of music, so one could hear weird musical combinations like House being mixed with Hardcore or Dance being mixed with Dubstep. Unfortunately, this did not make for good-sounding mixes, but it did increase the amount of fun people were having and it allowed for creativity. Because there were three different DJ-sets, every group rotated from time to time so that every was able to get familiar with each set. Koen walked from group to group to give tips and tricks and at the end, there were some participants who were able to produce some decent sounding mixes. The DJ workshop was a great event that was great at mixing up the third lustrum week with a creative atmosphere.



event had been planned. A small group of Electrical Engineering students had signed up for a workshop where an instructor (Koen van Dijk) was going to learn them the basics of being a DJ. At 10:30 the delegation assembled in lecture hall Electron which had been turned into a sort of studio with three DJ sets. First, Koen explained about the equipment, then talked about the most fundamental aspects of being a DJ and simultaneously showed these aspects with a demonstration. Then it was time for the hands on experience, the group was split up in groups of two or three and each group took place behind a DJ set. It immediately became clear that each person enjoyed a different kind of music, so one could hear weird musical combinations like House being mixed with Hardcore or Dance being mixed



Power Caseday

Gert-Jan van Raamsdonk

On the Thursday morning of the third lustrum week of the ETV, a peculiar

with Dubstep. Unfortunately, this did not make for good-sounding mixes, but it did increase the amount of fun people were having and it allowed for creativity. Because there were three different DJ-sets, every group rotated from time to time so that every was able to get familiar with each set. Koen walked from group to group to give tips and tricks and at the end, there were some participants who were able to produce some decent sounding mixes. The DJ workshop was a great event that was great at mixing up the third lustrum week with a creative atmosphere.

Symposium

Door Philip van den Heuvel

Als een kleine proefje voor het grote ETV Lustrum Symposium dat aankomend college jaar in November georganiseerd zal worden was er tijdens de derde Lustrumweek een mini-symposium georganiseerd door KIVI in samenwerking met de ETV. Het onderwerp was Smart Grids & Smart Homes.



Tijdens het symposium werd naar de uitdagingen, die de duurzame energie bronnen gaan brengen, gekeken vanuit een grid en een home perspectief waarna een discussie was over de invulling van deze uitdagingen. Ondanks dat dit erg interessant was viel de studenten opkomst erg tegen, het kwam vooral neer op een afvaardiging van de Symposium commissie en enkele Sterkstroom master studenten. De zaal

in Bouwkunde was echter prima gevuld en vooral met oud studenten. Een symbool was dan ook dat vlak voor het symposium begon, twee oud bestuurders van heel wat jaren terug weer eens een kijkje bij de ETV kwamen kijken.

Voor ons als symposium commissie was het erg leuk dat meermaals ons symposium onderwerp als oplossing genoemd werd voor de uitdagingen van fluctuaties van gegenereerd vermogen. De auto van de toekomst, de elektrische auto heeft namelijk een accu die prima opgeladen kan worden wanneer het gegenereerde vermogen een piek kent. Deze techniek is nog makkelijker als de auto's Autonom worden en daardoor zelf, wanneer dat nodig is, naar een oplaadpunt kunnen gaan. Al deze accu's kunnen zodoende voor voldoende slimme capaciteit zorgen om het elektriciteitsnet stabiel te houden. Wat dat betreft is de auto industrie opeens erg interessant voor ons als Electrical Engineering studenten.

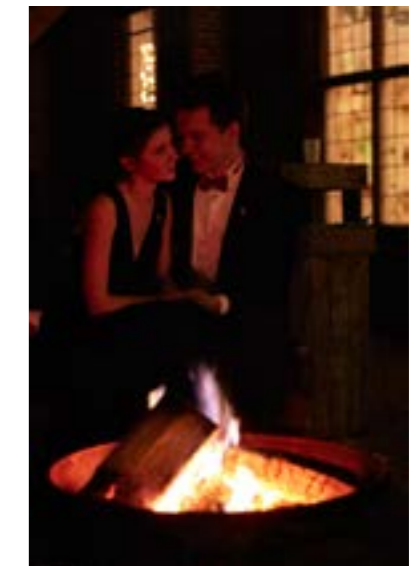
Al met al dus een erg geslaagd Symposium waar oud en nieuw Elektrotechniek student van kon genieten en een bijzonder interessante Lustrum activiteit!

Gala

By Lotte Zwart

After months of anticipation (and stress of finding a date) it was finally there: the ETV Lustrum ball! On the 18th of March, members went to Germany with several busses. Depending on your package,

you had the choice of going to a three course meal, the ball itself and a hotel stay afterwards. The organising committee had done its best; everything was taken care of!



The ambiance was great, our in-house band 'De broer van Henk' rocked the stage and a lot of pictures were taken. Being that all the drinks had been paid for everyone got more 'gezellig' as the night progressed. If things got too 'gezellig' or when you just needed some quieter space there was a lounge to, well lounge and get more drinks, some fire's and blankets outside or if you hadn't taken your picture yet there was a photo booth.

All in all, it was a very successful evening (in multiple ways) and because this is a once in every five years activity, we'll unfortunately have to wait another five years for the next ball...





Join Europe's top

engineers and scientists

In 2016 the European Patent Office plans to recruit more than 200 engineers and scientists to work as patent examiners.

Our engineers and scientists – drawn from over 30 different European countries – work at the cutting edge of technology, examining the latest inventions in every technical field in order to protect and promote innovation in Europe.

If you have a diploma of completed university studies at Master's level in physics, chemistry, engineering or the natural sciences, a good

working knowledge of at least two of our official languages (English, French and German) and the willingness to learn the third, you too could be part of our team of patent examiners in Munich, The Hague and Berlin.

We offer a competitive net basic salary (EUR 5 200-7 400 per month, depending on experience) as well as various benefits and allowances.

To find out more about working as a patent examiner, and for details of our benefits package, visit our website at www.epo.org/jobs