

Interview | Tom Jettes Photos | Bart van Overbeeke

# Goed geregeld

Tom Oomen geeft een ferme klap op zijn bureau. "Voel je hem trillen? Als je ver genoeg inzoomt dan lijkt dit harde tafelblad op een pudding, die op een heel complexe manier vervormt." Dergelijke trillingen en vervormingen zijn een groot probleem bij de productie van bijvoorbeeld computerchips, vertelt hij. "De bewegende onderdelen van de waferscanners van chipmachine-fabrikant ASML moeten over een afstand van een meter worden verplaatst, met versnellingen groter dan in de Formules, maar dan tot op een nanometer nauwkeurig - een miljoenste van een millimeter." Om zo weinig mogelijk last te hebben van trillingen uit de omgeving, zweven de bewegende onderdelen in een magnetisch veld, legt hij uit, maar toch is nog geavanceerde regeltechniek nodig om de invloed van de minuscule vervormingen in het apparaat zelf te compenseren.

Het zo precies mogelijk aansturen van mechatronische systemen,

zoals de chipmachines van ASML dus, maar bijvoorbeeld ook de industriële printers van Océ, is het vakgebied van de universitair docent uit de groep Control Systems Technology van TU/e-faculteit Werktuigbouwkunde. Hiervoor werkt Oomen nauw samen met de producenten van deze apparaten; behalve ASML en Océ ook met onder meer Philips en NXP Semiconductors. "Maar regeltechniek vind je overal, hoor. Niet alleen in de hightech-industrie. Ook moderne auto's zitten er vol mee, van de cruise control tot de aansturing van de motor en de automatische schakelbak."

Al die regelsystemen bevatten een combinatie van sensoren, actuatoren, en een regelmodel dat vertelt welke actie de actuatoren (bij cruise control het gas- en rempedaal) moeten uitvoeren afhankelijk van de input van de sensoren (de snelheidsmeter). "Het regelmodel houdt rekening met parameters als het gewicht van de auto en het

vermogen van de motor. Daardoor wordt automatisch de juiste hoeveelheid gas bijgegeven als de weg omhoog loopt. In de hightechindustrie zijn de regelsystemen niet wezenlijk anders, alleen veel nauwkeuriger en daardoor complexer."

## In het lab staan een flatbed-printer van Océ, een CT-scanner van Philips, en een reticle stage van ASML

Juist zijn nauwe samenwerking met die hightechindustrie in de regio heeft volgens Oomen wellicht een rol gespeeld bij zijn nominatie voor de verkiezing van het Wetenschapstalent 2016. "Een deel van mijn

regeltechniek is onmisbaar voor vrijwel alle moderne apparaten en machines, maar voor de gebruiker is het een nagenoeg onzichtbare technologie. Toch is het werk van universitair docent Tom Oomen bij Control Systems Technology niet onopgemerkt gebleven. Wetenschapsmagazine New Scientist nomineerde hem onlangs namelijk voor de titel 'Wetenschapstalent 2016'.

werk, het opstellen van de regelmodellen, is heel theoretisch en wiskundig van aard. Maar zonder concrete data afkomstig van de complexe machines waarvoor je de modellen wilt opstellen, kom je niet verder. Daarom hebben wij hier in het lab onder meer een CT-scanner van Philips staan, een Arizona flatbedprinter van Océ, en een onderdeel van een chipmachine, de zogeheten *reticle stage*, van ASML. Daarmee kunnen wij onze modellen direct testen op voor de industrie relevante apparaten. Dat is redelijk uniek, volgens mij."

Het *reticle* van ASML is het deel van de chipmachine waarop het masker wordt aangebracht met het patroon dat na belichting met UV-straling op de silicium wafer wordt weggeëtst. Het kan in zes verschillende richtingen worden bewogen (drie rotaties en drie translaties), maar bevat liefst veertien actuatoren. "Dat betekent dat we acht actuatoren als het ware over hebben. Die vrijheid willen we benutten om het flexibele gedrag van de *reticle* tegen te gaan. Overactuatie heet die aanpak."

Oomen beweegt en buigt een collegeblok in zijn handen om te laten zien hoe de extra actuatoren kunnen bijdragen aan een grotere nauwkeurigheid van de machine. "Daarvoor moeten we uiteraard zo goed mogelijk weten hoe de *reticle* precies vervormt, en dat kunnen we nu zelf hier in het lab gaan meten." Ondertussen moeten echter ook nog flinke stappen worden gezet met de theorie. "Een systeem modelleren met zoveel in- en uitgangen, en met een zo grote nauwkeurigheid, dat kunnen we eigenlijk nog niet aan."

Terwijl de opstelling van ASML ideaal is voor het testen van overactuatie, is de Arizona flatbedprinter van Océ voornamelijk bedoeld om zelflerende regelsystemen te ontwikkelen. Opnieuw komt het collegeblok van pas: Oomen verfrommelt een vel papier tot een propje en gooit het richting de prullenmand in de hoek van zijn kantoor. Het belandt net voor de

afvalbak op de vloer. "Ik had iets harder moeten gooien", zegt de werktuigbouwkundige, waarna er nog een propje volgt, dat afketst op de rand van de prullenmand.

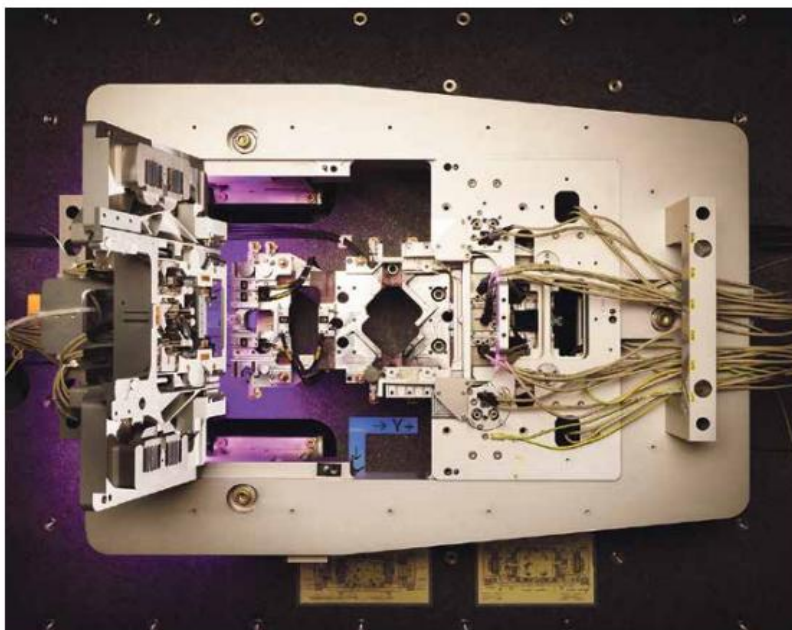
Ook een printer kan nauwkeuriger worden door te leren door trial and error, legt hij uit. "De regelsystemen van veel apparaten werken met een vast model. Als de omstandigheden veranderen, bijvoorbeeld door slijtage, dan gaat zo'n apparaat daardoor minder presteren. Terwijl je met de meetgegevens van de sensoren prima kunt compenseren voor de invloed van die slijtage."

## "Zelflerende algoritmes lopen continu achter de feiten aan"

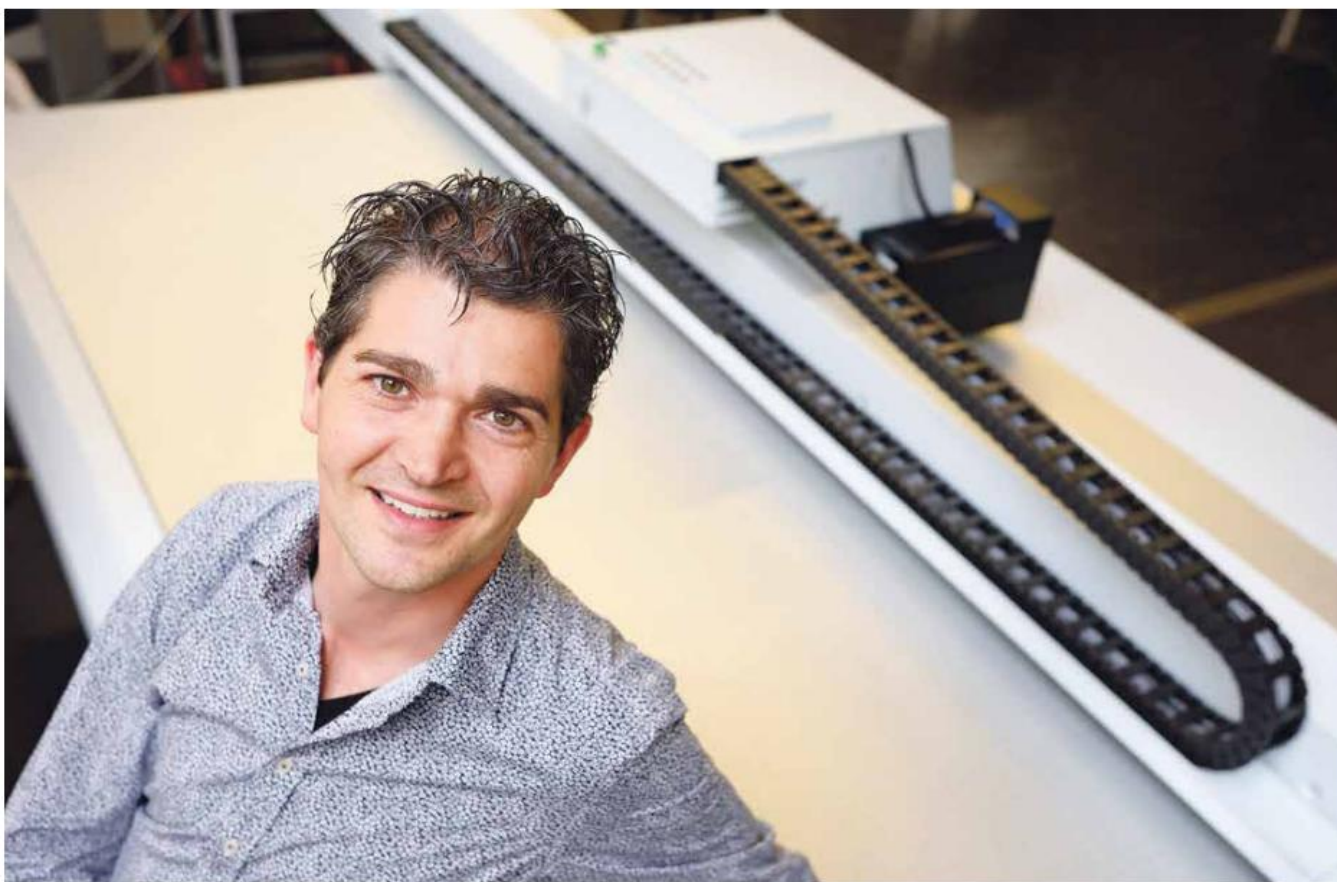
Het belangrijkste nadeel van zo'n zelflerend systeem illustreert hij opnieuw aan de hand van de prullenbak. "Als ik die bak telkens een stukje verschuif, dan zul je met een zelflerend algoritme nooit raak gooien." Het algoritme loopt als het ware continu achter de feiten aan, doordat het doel zich voortdurend verplaatst. Die - toch wel essentiële - tekortkoming van zelflerende regelsystemen willen Oomen en zijn collega's oplossen.

Het idee is dat er niet alleen gebruik wordt gemaakt van realtime metingen (feedback error), maar dat het regelsysteem ook vooraf bekende informatie tot zich neemt, bijvoorbeeld over de te volgen baan (zoals in feedforward). "Onze ervaring leert dat je met de introductie van feedforward een factor tien aan nauwkeurigheid kunt winnen, en met zelflerende systemen nogmaals een factor tien."

Oomen (35) is een van de vijftientig overgebleven kanshebbers voor de titel Wetenschapstalent 2016. Vorig jaar won Maaike Kroon, toen nog hoogleraar aan TU/e-faculteit Scheikundige Technologie. Zij maakte ongeveer gelijktijdig



"Reticle stage", onderdeel van een chipmachine van ASML.



Tom Oomen bij de Arizona flatbedprinter van Océ.

bekend dat ze de universiteit zou verruilen voor Abu Dhabi. Een dergelijke stap ligt voor de werktuigbouwkundige, in tegenstelling tot Kroon 'eigen kweek' van de TU/e, niet voor de hand.

"Ik ben hier perfect op mijn plek, ook met alle hightechindustrie in de omgeving; ik zou niet weten waar ik mijn vak beter zou kunnen uitoefenen dan hier in Eindhoven."

De bekendmaking van het Wetenschapstalent 2016 vindt plaats op 22 september in Amsterdam, waar beste de vijf genomineerden een presentatie mogen geven voor de jury. De samenstelling van de top vijf is afhankelijk van het aantal stemmen dat de kandidaten hebben behaald. Stemmen kan tot 8 september via [www.newscientist.nl/talent/](http://www.newscientist.nl/talent/)



## Great control

**Control technology is indispensable for nearly all modern devices and machines, but for users it is virtually invisible. Still, the work of Assistant Professor Tom Oomen at Control Systems Technology has not gone unnoticed. Indeed, science magazine New Scientist has recently nominated him for the title of 'Scientific talent 2016'.**

Tom Oomen slaps his desk firmly. "Can you feel it vibrate? If you zoom in far enough then this hard table top looks like a jelly pudding, which is deformed in an extremely complex manner." Such vibrations and deformations are a big problem in the production of things like computer chips, he says. "The moving components of the wafer scanners of lithography machine manufacturer ASML must be moved across a distance of one meter, which involves accelerations exceeding those in Formula 1 racing, but accurate up to one nanometer - a millionth of a millimeter." In order to be hindered as little as possible by vibrations from the environment, the moving parts float in a magnetic field, he explains, but it still takes sophisticated control technology to compensate for the impact of the minuscule deformations inside the machine itself.

The most accurate control of mechatronic systems, such as the lithography machines from ASML, but also of devices like industrial printers from Océ, is the specialization of the Assistant Professor from the Control Systems Technology group of the TU/e Department of Mechanical Engineering.

To this end, Oomen is cooperating closely with the producers of these devices; they include ASML and Océ as well as Philips and NXP Semiconductors. "Control technology can be found everywhere, by the way. Not only in high-tech industry. Modern cars are full of it, from the cruise control to the engine management and the automatic gearbox."

All those control systems contain combinations of sensors, actuators, and a control model that says which action the actuators (which in cruise

control are the gas and brake pedals) must carry out depending on the input of the sensors (the speedometer). "The control model takes parameters such as the weight of the car and the engine power into account. This implies that the proper amount of gas is added automatically when the road goes up. In the high-tech industry the control systems are not essentially different, just far more accurate and consequently more complex."

Oomen thinks that it is precisely his close cooperation with that high-tech industry in the region which may have been a factor in his nomination for the election of the Scientific Talent 2016. "A part of my work, the arrangement of the control models, is of a quite theoretical and mathematical nature. However, without concrete data coming from the complex machines for which you want to arrange the models, you cannot get any further. That's the reason why in this lab our equipment includes a CT scanner from Philips, an Arizona flatbed printer from Océ, and part of a lithography machine, the so-called reticle stage, from ASML. This makes it possible for us to test our models directly on devices relevant to the industry. Which is quite unique, I think."

The announcement of the Scientific Talent 2016 will take place on September 22 in Amsterdam, where the top five nominees can give a presentation to the jury. The composition of the top five depends on the number of votes which the candidates have obtained. Voting is possible until September 8 via [www.newscientist.nl/polls/new-scientist-wetenschapstalent-2016/](http://www.newscientist.nl/polls/new-scientist-wetenschapstalent-2016/)

**In the lab there is a flatbed printer from Océ, a CT scanner from Philips, and a reticle stage from ASML**