

'Robots houden kernfusiereactor in goede staat'

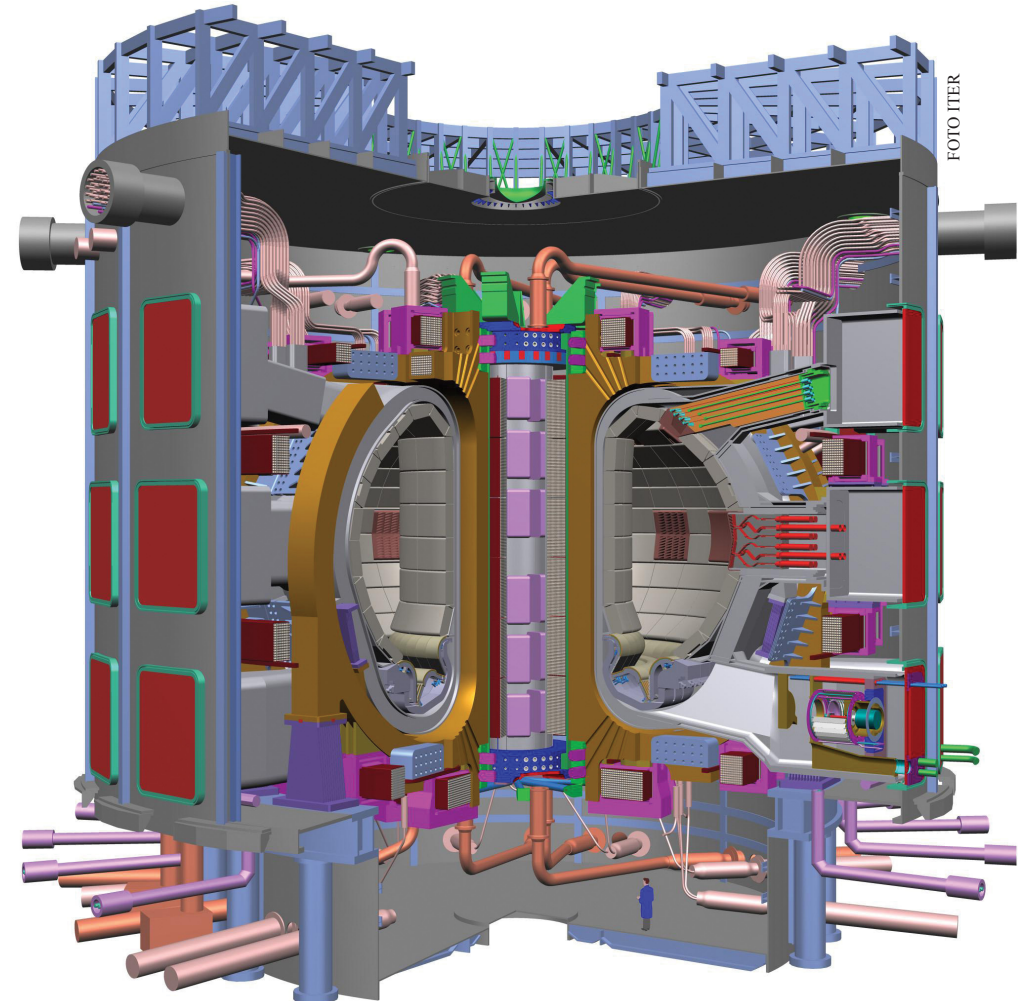
Voor de enorme, nieuwe kernfusiereactor ITER in Zuid-Frankrijk ontwikkelt werktuigbouwkundige dr.ir. Cock Heemskerk de onderhoudsrobots. Zijn onderhoudsontwerp moet ervoor zorgen dat tijdens werkzaamheden het plasma van 100 miljoen °C toch doordanst in de reactor.

- Robert Visscher -

In het Franse Cadarache verrijst de komende jaren een kathedraal van de wetenschap. Vanaf 1985 ontwikkelen internationale onderzoekers de spectaculaire nieuwe fusiereactor ITER, met als doel de wetenschappelijke en technische haalbaarheid aantonen van kernfusie als energiebron. Het gebouw, dat in 2018 klaar is, wordt groter dan menig kerk en bevat drie keer meer staal dan de Eiffeltoren. Vrijwel alles aan die reactor is gigantisch. Voor een goed functioneren is het van belang dat de grote onderdelen eenvoudig zijn te onderhouden. Daarvoor zorgt dr.ir. Cock Heemskerk van Heemskerk Innovative Technology. Wat in de reactor zit, mag uiteraard vanwege het hoge stralingsniveau niet met de handen worden beroerd. De werktuigbouwkundige ontwikkelt daarom speciale robots die onderhoudswerkzaamheden verzorgen. Daar hangt veel van af. 'De reactor wordt gezien als nucleair en moet voldoen aan de allerhoogste veiligheids-eisen. Van tevoren moeten we bewijzen dat het onderhoudbaar is. We werken die bewijzen helemaal tot op het bot uit. Soms testen we één op één met hetzelfde materiaal. Anders mag straks de reactor niet aan.'

Donut

In de reactor draait alles om het huzarenstukje: de reactorkamer, die de vorm heeft van een donut. Met magneetvelden wordt daar plasma van 100 miljoen °C opgesloten, zodat het in een soort wolk in de rondte zweeft. 'Op drie niveaus, onder, midden en boven, zijn er toegangspoorten naar de kamer. De onderdelen slijten en daar is onderhoud aan nodig. Met een plasmakanon is het mogelijk een kluis te kraken, dat doen ze wel eens in speelfilms. Wie dat heeft gezien, weet dat plasma materiaal kan verdampen.' De ingenieur ontwikkelt de onderhoudsmethode voor de pluggen in de bovenste toegangspoorten. Daar zitten achttien pluggen van 16.000 kg van 1 m breed en hoog en 6 m lang in de vorm van een flessenhals. Vier hiervan zijn verwarmingspluggen, de andere zijn diagnostiekpluggen. De verwarmingspluggen



De ITER-reactor is 24 m hoog en 34 m in doorsnee. In het oranje segment rechtsboven zitten de pluggen van 6 m lang en 1 m breed.

zorgen voor een corrigerende straal. 'Door de hoge temperatuur ontstaan er magnetische instabiliteiten, die door het plasma dansen en uiteindelijk de reactie tot stilstand kunnen brengen. Dat is natuurlijk niet de bedoeling. Deze storingen krijgen via de pluggen met millimeterstraling op hun donder. In elke plug zitten acht golfpijpen voor millimeterstraling. Via twee spiegels in de neuskap is het mogelijk met neutronen op het plasma, dat in de rondte danst, zuiver te mikken. Tijdens deze procedure 'slijt' de neuskap, doordat het in aanraking komt met plasma.' Een eenvoudig te bedienen systeem voor het onderhoud is daarom een must. Is reparatie aan een plug of een deel ervan nodig, dan last een robot het ding los nadat de reactor is afgekoeld. Een man in een maanpak loopt naar binnen en haalt de golfpijpen waarmee de plug vastzit, weg. Daarna wordt de plug in een container getakeld en gaat het ding naar de zogeheten *hot cell*, een gebouw van twee voetbalvelden groot waar het onderhoudswerk wordt verricht. Daar komt de robot van Heemskerk in actie. Voor het ontwerp laat hij zich inspireren door de automaat van de Joint European Torus (JET) in 's werelds grootste nucleaire fusiereactor in Oxford.



Dr.ir. Cock Heemskerk: 'Bij dit internationale project zijn beslissingen vaak politiek.'

'We hoeven het wiel niet helemaal opnieuw uit te vinden. De robot in JET heeft zich bewezen. De automaat heeft twee armen, alle motoren zijn in de body verwerkt, de overbrenging verloopt via kabels en JET heeft elektromotoren. Iemand stuurt de robot in de controlekamer aan door de armen van de robot te bewegen. Een even grote kopie, de *slave robot*, voert in de hot cell precies dezelfde bewegingen uit. De robot van JET is gebaseerd op technologie van de jaren zestig. De armen komen uit de jaren tachtig. Ik probeer de hardware opnieuw te bouwen met de techniek van vandaag. Dat is ook nodig, want alles is destijds speciaal voor JET gemaakt, de onderdelen zijn nergens meer te koop.' Heemskerk werkt samen met Oxford Technology, het bedrijf dat ook het onderhoud van JET doet. Aan een onderhoudsoperatie werken behalve de bestuurder van de robot nog vijf anderen. Zij selecteren onder meer de juiste camerabeelden en testen de laskwaliteit. Het is van fundamenteel belang dat zij uitstekend zicht hebben. Daarvoor zitten er camera's op de twee armen, de buik en op de bovenkant van de robot. 'Maar voor een aantal werkzaamheden is het gewenst 10 m boven de robot beeld te hebben. Maar dat kan niet.' Hij toont een animatiefilm, waarbij een robot een schroef uit de plug probeert te verwijderen. Het is niet goed te zien of de schroevendraaier precies voor de schroef zit. 'Dan wil je juist op de millimeter nauwkeurig werken.' Heemskerk is daarom bezig met een speciaal virtual reality-systeem, dat de bestuurder goed zicht op de werkzaamheden verschaft. 'Die kan zowel tijdens het echte repareren worden

ingezet als bij het oefenen. Op basis van alle gegevens, zoals de camerabeelden en de positie van de robot, geeft de computer virtueel het ideale beeld weer. De bestuurder van de robot kijkt dan in de virtuele realiteit naar een handeling die de robot daadwerkelijk uitvoert.' Daarnaast werkt Heemskerk aan software die er voor zorgt dat de *slave robot* de bewegingen van de bestuurder versterkt kan uitvoeren, zodat het een peulenschil wordt om zware dingen te tillen.

Zolder

Om er zeker van te zijn dat alles klopt, bouwt Heemskerk momenteel een hypermoderne controlekamer op een bijzondere, historische plek, namelijk op de zolder van het zeventiende-eeuws kasteel van het FOM-instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen. 'Ik hoop zo ook te ontdekken hoeveel mensen er nodig zijn om de controlekamer te bemannen. In totaal zijn er straks twaalf werkcellen en twaalf robots. Stel dat we concluderen dat vijf in plaats van zes mensen per kamer genoeg is, dan scheelt dat personeel.' ITER is een internationaal project, waarbij de Europese Unie, China, India, Japan, Korea, Rusland en Amerika de krachten bundelen. 'Ik merk dat bij dit internationale project beslissingen ook vaak politiek zijn. In Nederland maak je op technisch niveau afspraken, maar zo werkt het hier niet. Je moet op het juiste niveau mensen spreken, die wat hoger in de hiërarchie zitten en zich met politiek bemoeien. Anders lukt het niet lastige technische aanpassingen te veranderen.'

www.iter.org