

Kernfusie in een nieuw jasje

Fusioreactor JET, de grande dame van de kernfusie, is weer helemaal bij de tijd. Een nieuwe reactorwand moet fusiereacties bij **150 miljoen graden** in goede banen leiden. *NWT Magazine* bezocht de vernieuwde reactor, die commerciële kernfusie dichterbij moet brengen. **Door Anouck Vrouwe**

DE VLOERBEDEKKING IN DE hal – een druk patroon met cirkels – is zo gedateerd, dat het bijna weer hip is. Het auditorium is een tijdsmachine naar de zeventig. En zelfs in het technologische hart van het Culham Center for Fusion Energy is het moeilijk te zien dat er bijna dertig jaar is verstreken sinds het eerste plasma werd opgewekt in 1983. In een immens grote hal staat de fusioreactor Joint European Torus (JET). De stalen pijpen, het oranjekeurig transformatorjuk en de overalls van de medewerkers – het oogt tijdloos. Maar schijn bedriegt: JET is helemaal bij. De machine loopt al twee decennia in reservetijd, maar is na een onderhoudsronde van twee jaar fitter dan ooit. Dankzij een nieuwe binnenwand en extra verhitte beginnen de fysici aan een nieuw hoofdstuk in kernfusie. In augustus brandde er weer een voorzichtig plasma.

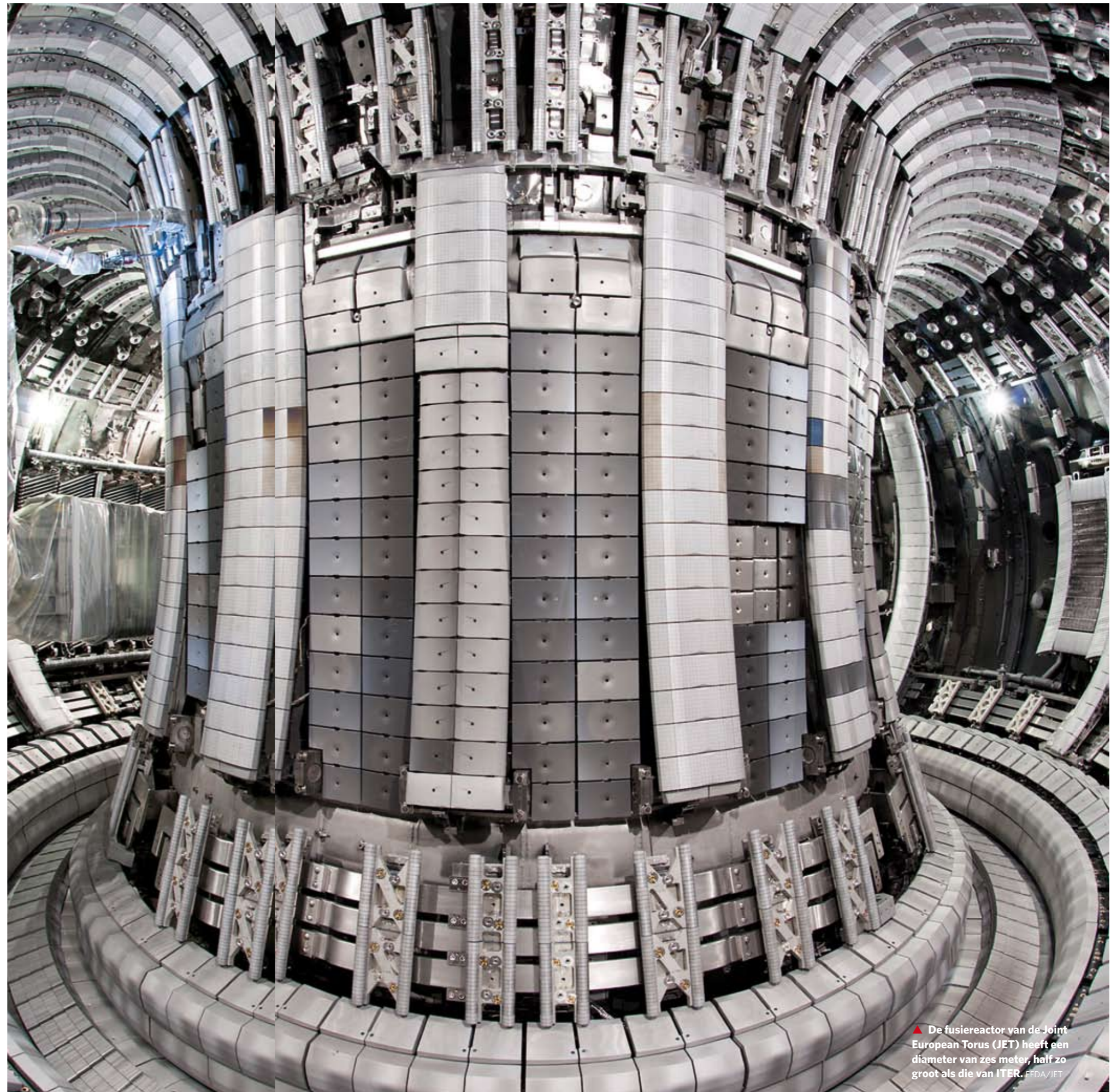
Hier bij JET moet duidelijk worden of kernfusie als energiebron haalbaar is. Bij kernfusie versmelten twee waterstofkernen (deuterium en tritium) tot helium en een neutron, waarbij veel energie vrijkomt. Dat voelen we dagelijks: de zon loopt op kernfusie.

De mensheid droomt al tijden van een eigen zonnetje op aarde. In 1955, tijdens de eerste Atoms for Peace-conferentie van de Verenigde Naties, voorspelde conferentievoorzitter Homi J. Bhabha dat er binnen twintig jaar een methode zou komen om fusie-energie gecontroleerd vrij te laten komen. 'Als dat lukt, zal het energieprobleem van de wereld voor altijd zijn opgelost', beweerde hij optimistisch.

Bhabha zat er ver naast: JET is 'slechts' een onderzoeksreactor en ook opvolger ITER zal een onderzoeksreactor zijn. De eerste commerciële fusioreactoren kunnen pas op zijn vroegst in 2050 verschijnen – als ze al ooit haalbaar zijn. Toch riep Bhabha niet zomaar wat. Hij baseerde zijn verwachting op de ontwikkeling van kernsplijting. De wereld was in slechts tien jaar tijd van kernbom naar kerncentrale gegaan. De eerste waterstofbom ontplofte in 1952. Hoe lang kon het nou duren, van een bom naar de eerste fusiecentrale?

Afremmen

Het is inmiddels 2011. In het Engelse plaatsje Culham, in de buurt van Oxford, werken wetenschappers aan een nieuwe



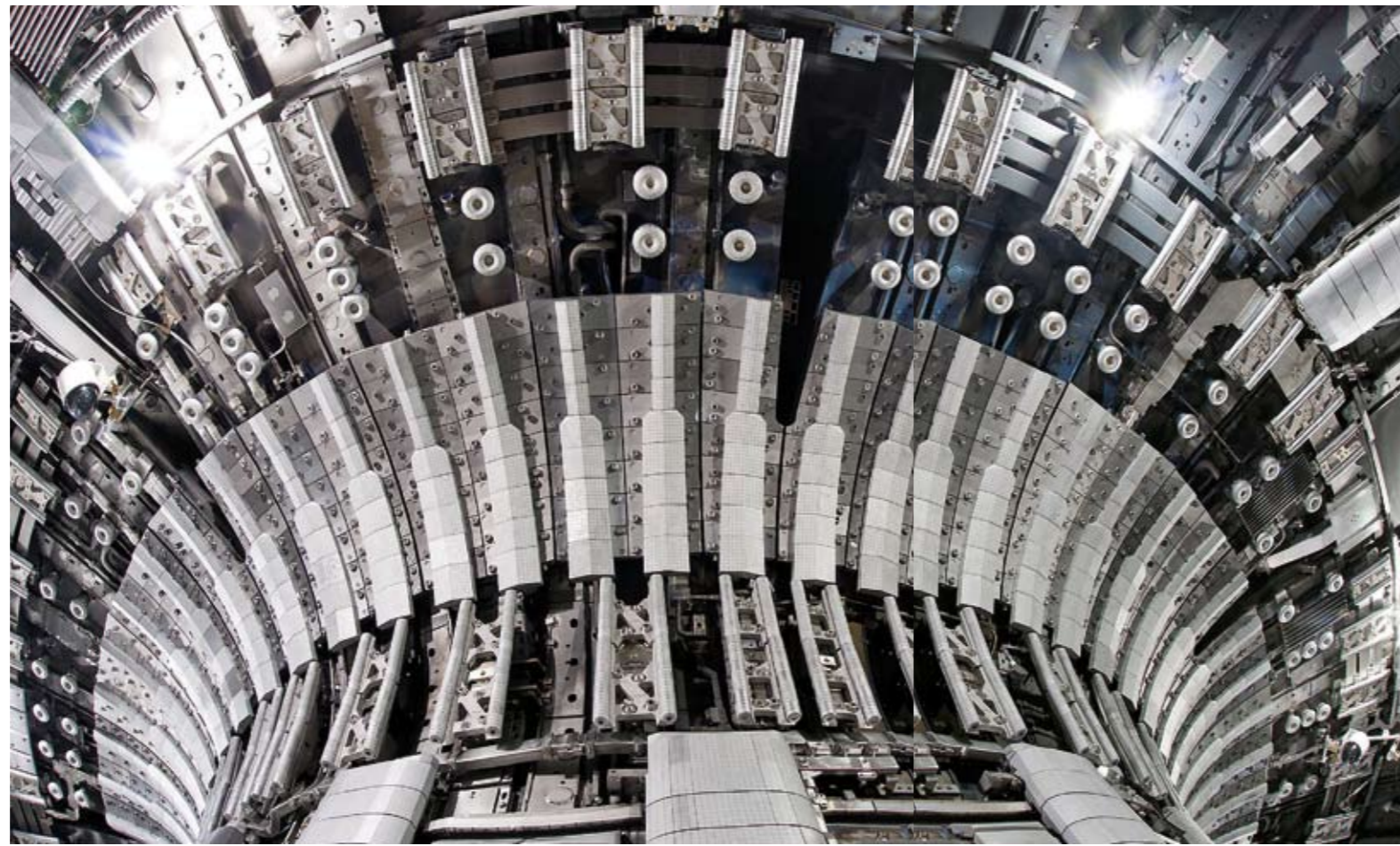
▲ De fusioreactor van de Joint European Torus (JET) heeft een diameter van zes meter, half zo groot als die van ITER. EFDA/JET

▼ Projectleider Guy Matthews voor een poster van de kernfusiereactor.



ronde fusie-experimenten. De aandacht gaat vooral uit naar de binnenwand van JET. Met robotarmen zijn de oude koolstoftegels vervangen door 2200 nieuwe, metalen tegels. 'De wand is het meest uitdagende onderdeel van de reactor,' zegt projectleider Guy Matthews. In feite is zijn boodschap: 'de wand vormt het hoofdpijndossier van het fusieonderzoek'

Dat aspect had Bhabha niet voorzien. Bhabha's voorspelling kwam niet uit doordat kernfusie wezenlijk verschilt van kernsplijting. De kunst van een kerncentrale is om de kernreactie af te remmen, zodat hij niet ontspoord. Kernfusie moet je daarentegen behoorlijk aanjagen. Bijkomstige moeilijkheid: de reactie verloopt in een plasma van 150 miljoen graden. Dat plasma wordt met sterke magneten zwevend gehouden in een donutvormig reactorvat. Bij de wand is het plasma kouder, maar de wandtemperatuur loopt toch nog op tot een paar honderd graden. Onderin de reactor komen uitschieters tot 1500 graden voor.



De oude koolstofwand van JET was sterk, maar koolstof reageert met het plasma. De wand slee snel en vervuilde de reactor. De brandstof voor fusie mag dan goedkoop en ruim voorradig zijn, als een fusiecentrale in plaats daarvan in hoog tempo dure binnenwanden verslindt, wordt het niets. Zeker niet omdat de wand radioactief wordt door de neutronen uit de fusiereactie.

Een wand vervangen kan dan ook alleen met behulp van robots, wat weer tijdrovend en kostbaar is. Matthews: 'Of fusie-energie in de toekomst economisch rendabel wordt, hangt in hoge mate af van de levensduur van de wand.' ITER, de internationale onderzoeksreactor

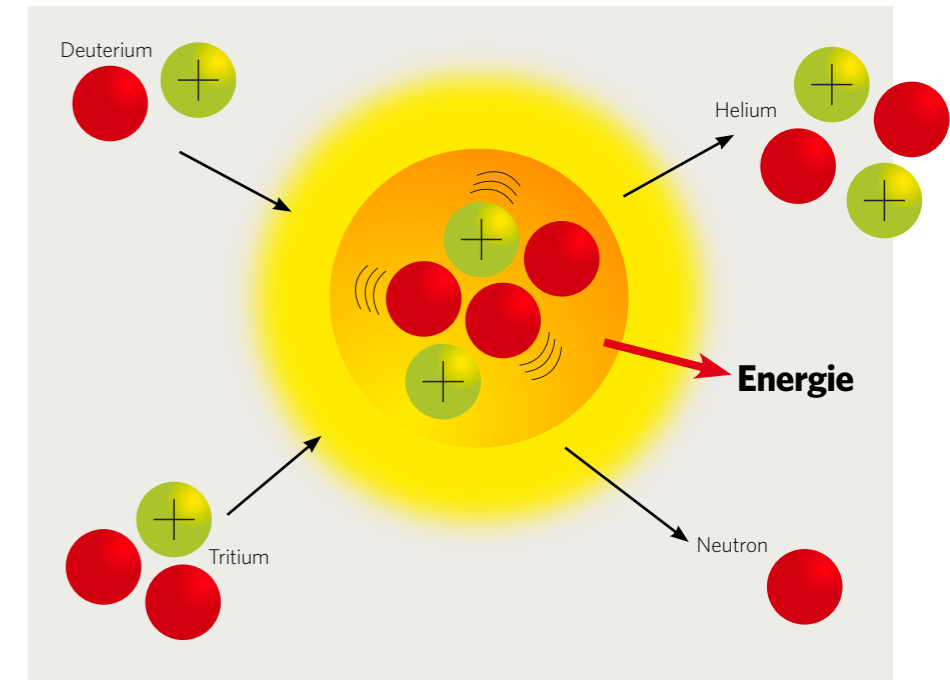
die nu in Frankrijk in aanbouw is, krijgt een volledig metalen wand. Het wordt een wand van beryllium, met onderin, waar de grootste klappen vallen, een deel gemaakt van wolfram. ITER is een slag groter dan JET. Hij is ontworpen om tien keer meer energie te maken dan er in gaat. Ter vergelijking: JET is de huidige kernfusierecordhouder met een topprestatie van 64 procent - 25 megawatt er in, 16 megawatt er uit.

Ter voorbereiding op ITER is JET nu ook uitgerust met een wand van beryllium en wolfram. 'Onze kleine ITER,' noemt Francesco Romanelli, wetenschappelijk directeur van JET, zijn machine liefdevol. Zijn zware, Italiaanse accent maakt het

extra charmant. Voor de operators van JET is de mini-ITER wennen. Een fusiereactor is geen apparaat dat zich eenvoudig laat aanzetten, waarna het verder gewoon 'doet'. Het is eerder een delicaat muziekinstrument, dat bij een verkeerde behandeling ontstemd raakt. In het ergste geval ontspoord het plasma en vliegt het tegen de wand, die daardoor kan beschadigen. De operators voeren het vermogen daarom voorzichtig op. De Nederlander Peter de Vries is een van hen: 'We moeten opnieuw leren lopen, het is een totaal nieuw apparaat.' De nieuwe wand heeft mooie eigenschappen. Wolfram is hard en met zijn smeltpunt van 3700°C zeer hittebestendig. Beryllium is een licht

◀ JET is nu voorzien van een volledig metalen reactorwand à la ITER. EFDA/JET

▼ Om 1 gigawatt energie te maken heeft een kernfusiecentrale 250 kilogram fusie-brandstof (100 kilogram deuterium en 150 kilogram tritium) nodig. Een kolencentrale heeft daar 2.700.000.000 kilogram kolen voor nodig. ERICK VERMEULEN

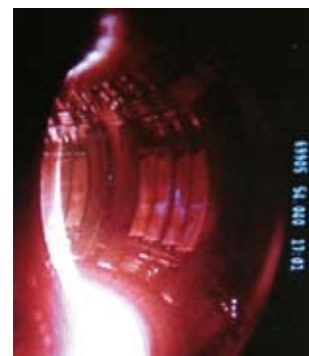


'We moeten opnieuw leren lopen. Het is een totaal nieuw apparaat'

element, maar sterker dan staal. 'De experimenten verlopen als verwacht,' zegt projectleider Matthews. Dat is belangrijk nieuws voor de ITER-bouwers. Het megaproject loopt achter op schema en kan geen gedoe met de nieuwe wand gebruiken. Toch weet Matthews nu al dat deze wand

een tussenoplossing is. Beryllium erodeert snel en is niet zo hittebestendig als koolstof en wolfram. Wolfram is een relatief zwaar element, nummer 74 in het periodiek systeem. Als er atomen losspringen, gedraagt het zich als een olifant in de porseleinkast: het plasma wordt er zo ernstig door vervuild dat het kan doven. Bovendien wordt wolfram bros door de neutronen die vrijkomen bij fusie.

'In de proefreactoren JET en ITER is dat nog geen probleem,' zegt Matthews. 'Veel van het onderzoek gebeurt met deuterium-plasma's, en daarbij komen geen neutronen vrij. Bovendien duren de experimenten niet lang. Maar na ITER staat de fusiereactor



Break-even

De bouw van de Europese fusiereactor JET was in 1983 een reuzenstap. Het vier meter hoge reactorvat was groter dan alle voorgaande kernfusie-experimenten. En hoe groter de reactor, hoe hoger de opbrengst. Na JET moest de grote internationale

fusiereactor ITER er komen. Toen begon de bureaucratie: het ontwerp moest kleiner en goedkoper, Amerika trok zich terug, Amerika deed weer mee en er werd eindeloos gediscussieerd over de locatie. In 2005 werd eindelijk besloten ITER te

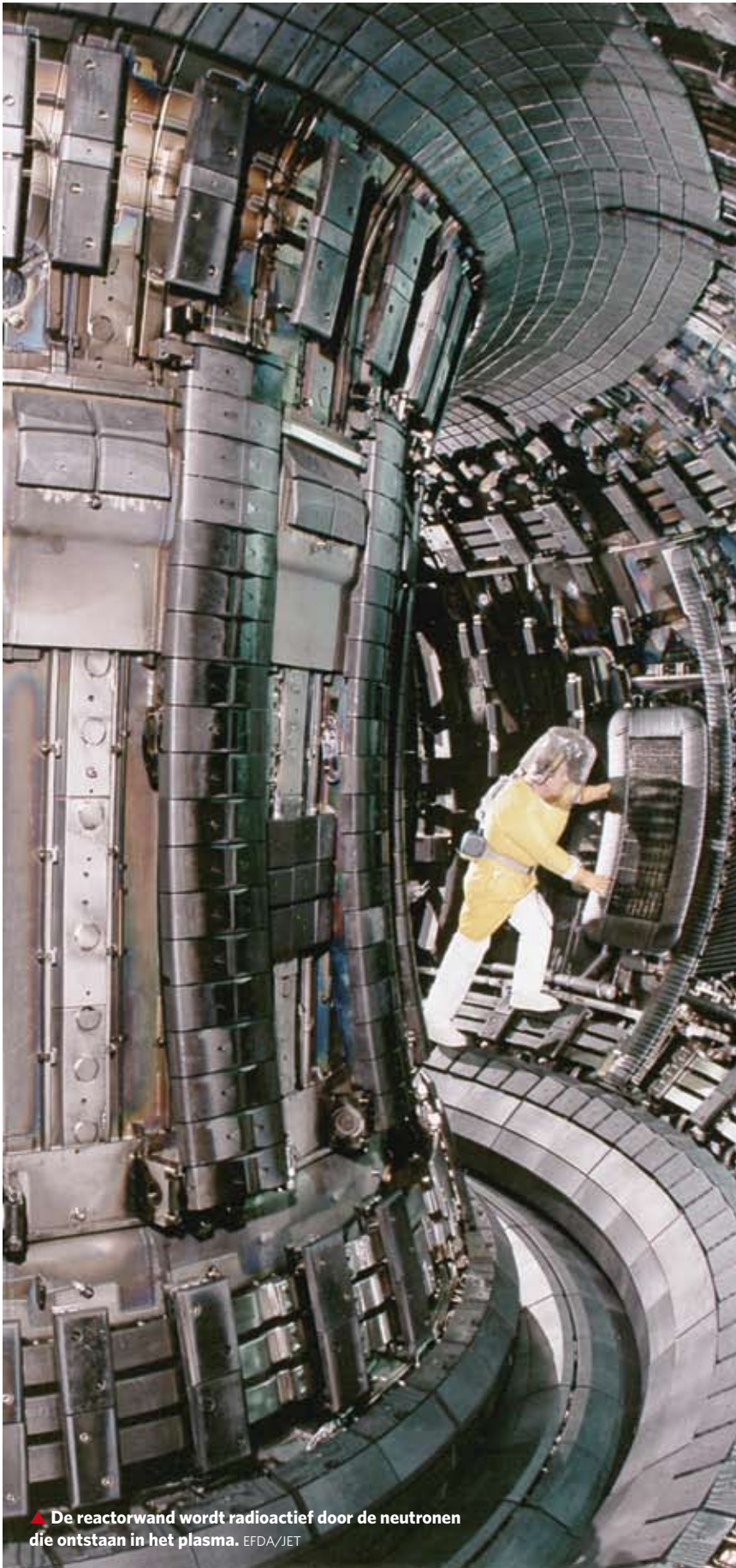
bouwen, in Frankrijk. Daarmee komt het lang beloofde break-evenpoint binnen bereik: meer energie het plasma uit dan er in gaat (50 megawatt in, 500 megawatt uit). JET is nu recordhouder met een rendement van 64 procent (25 megawatt in, 16

uit). Maar dankzij de nieuwe wand en extra verhitting kan er nu meer in JET. 'We hebben nu 34 megawatt tot onze beschikking. Dat zal de machine laten zingen', straalt Elizabeth Surrey, die meewerkte aan het nieuwe ontwerp van de verhitting.

Break-even kan een mooie stunt zijn, maar de wetenschappers bij JET zien het in hun fusiereactor niet gebeuren. Wetenschappelijk coördinator Peter de Vries kijkt er vies bij. 'Break-even, daar bouwen we ITER voor. ITER is zo groot dat je weet dat het lukt.

Hier is het op de grens van wat kan.' De Vries riskeert de machine liever niet met een wildwestactie. Andere fysici denken er net zo over, ook omdat het breken van de grens geen 'nieuwe fysica' oplevert. Het is een symbolisch punt, belangrijk

voor de pers en voor managers, maar niet voor de wetenschap - zo klinkt het. En wat als je het probeert en je blijft het op steken op 95 procent? Dan lijkt het op falen, terwijl break-even nooit het doel van JET was. In Engeland laten ze de eer aan ITER.



▲ De reactorwand wordt radioactief door de neutronen die ontstaan in het plasma. EFDA/JET

DEMO in de planning, een demonstratiecentrale. Dan gebruiken ze wél de echte brandstofmix en brandt het plasma lang achter elkaar. De wand moet daar wel tegen bestand zijn, maar daar is de huidige wand nog niet op gemaakt.'

Hoe zal de opvolger er dan uitzien? 'Dat weten we nog niet,' erkent Matthews. Toch wolfram? Of misschien andere exotische alternatieven, zoals het gebruik van vloeibaar metaal? 'Er wordt hard aan gewerkt,' zegt Matthews terwijl hij zijn schouders optrekt. Wat het wordt, weet niemand. Mogelijk levert niet JET het antwoord, maar het Nederlandse onderzoeksinstituut FOM Rijnhuizen. Daar bouwde men een nieuwe faciliteit waar de

'De mens kan het zich niet veroorloven een energiebron van dit formaat te laten liggen'

interactie tussen plasma en wandmaterialen wordt onderzocht (zie *NWT Magazine*, december 2011). Tony Donné, hoofd van de fusieafdeling van FOM Rijnhuizen, vertelt dat het nieuwste onderzoek zich richt op wolframverbindingen die robuuster zijn dan de huidige variant. Ook gaat 'Rijnhuizen' met vloeibare metalen aan de slag. Donné: 'Denk daarbij aan een dunne film, die over de wand stroomt. Het fijne is dat je zo ook veel warmte afvoert.'

Geen van de wetenschappers bij JET twijfelt eraan dat ITER zijn doelstellingen haalt. Iedereen verwacht dat er in de toekomst betere wanden komen. Maar aan uitspraken à la Bhabha - of kernfusie commercieel haalbaar is en op welke termijn - waagt niemand zich. We moeten het in ieder geval onderzoeken, zo luidt het motto. 'De mens kan het zich domweg niet veroorloven om een energiebron van dit formaat te laten liggen,' vindt Romanelli. Dat gebeurt hoe dan ook niet, voorspelt de JET-directeur. Als het westen er geen vaart achter zet, als ITER verder vertraagt en het eindeloos duurt om geld voor demonstratiecentrale DEMO op tafel te krijgen, dan neemt Azië volgens hem het snel stokje over. Romanelli: 'Daar voelen ze de urgentie van het energieprobleem. In China zijn al plannen om een reactor van de omvang van ITER te bouwen.' Het stelt hem gerust: als wij het hier verprutsen, is daar een kernfusievangnet. ■