

Helpt ITER het energieprobleem uit de wereld?

Onder impuls en kundige begeleiding van professor Jef Ongena, gelauwerd expert in kernfusieonderzoek aan de Koninklijke Militaire School, organiseerde KVAB (Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten) een bezoek aan het ITER-project in Cadarache, in de buurt van Aix-en-Provence. ITER staat voor: 'International Thermonuclear Experimental Reactor' en is een internationaal samenwerkingsproject (de Europese Unie, het Verenigd Koninkrijk, Japan, Zuid-Korea, China, India, de Verenigde Staten en de Russische Federatie), met als doel de haalbaarheid aan te tonen van kernfusie als energiebron op aarde.

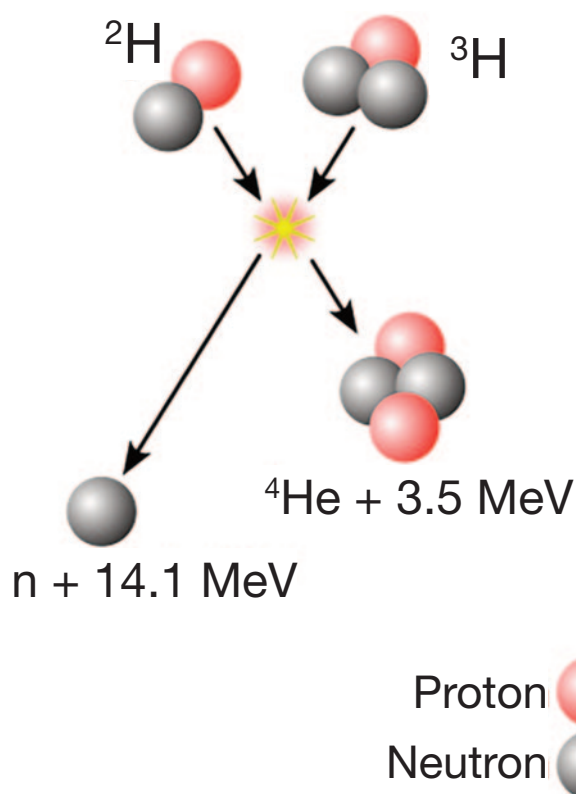
HENDRIK VAN BRUSSEL

WAT IS KERNFUSIE?

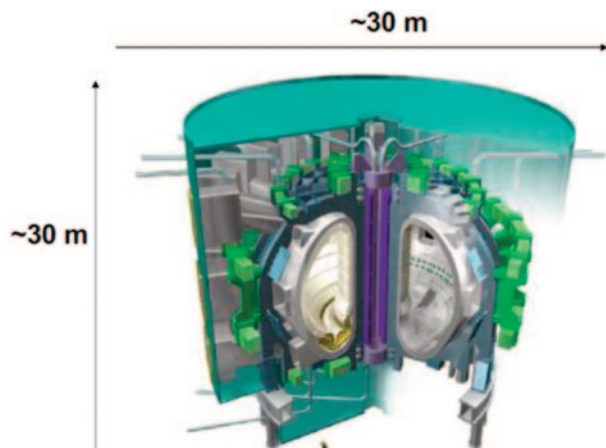
In tegenstelling tot klassieke kernreactoren waarin energie opgewekt wordt door splijting van onstabiele zware atoomkernen in twee of meer lichtere kernen, waarbij aanzienlijke hoeveelheden energie vrijkomen, worden bij kernfusie lichte atoomkernen samengesmolten tot zwaardere atoomkernen, waarbij eveneens grote hoeveelheden energie vrijkomen. In de zon worden waterstofkernen, protonen dus, gefuseerd tot heliumkernen. Om de afstotingskrachten tussen de protonen te overwinnen en de fusiereactie mogelijk te maken wordt in de zon de temperatuur tot 15 miljoen graden opgevoerd bij een druk van ongeveer 150 miljard bar. Alleen bij die extreem hoge temperatuur en druk hebben de deeltjes voldoende energie om de afstotende elektrostatische kracht tussen de positief geladen kernen te overwinnen.

Bij fusie ontstaat massaverlies (een heliumkern weegt minder dan vier waterstofkernen) dat omgezet wordt in energie volgens de beroemde formule van Einstein ($E=mc^2$). Daar $c^2 = 90\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$ (m/s)² geeft een heel klein beetje massa formidabel veel energie!

Vergeleken met wat op de zon gebeurt, bekommt men een veel grotere efficiëntie (de reactiesnelheid neemt toe met een factor 10^{24} !) door in plaats van waterstof een deuteriumkern (waterstof met één neutron) en een tritiumkern (waterstof met twee neutronen) te fuseren tot een helium-4-kern, waaruit een neutron en een grote hoeveelheid energie (17,6 MeV) ontstaan (Figuur 1).



Figuur 1. Het energieproductiemechanisme in fusiereactoren



Figuur 2. De ITER Tokamak reactor

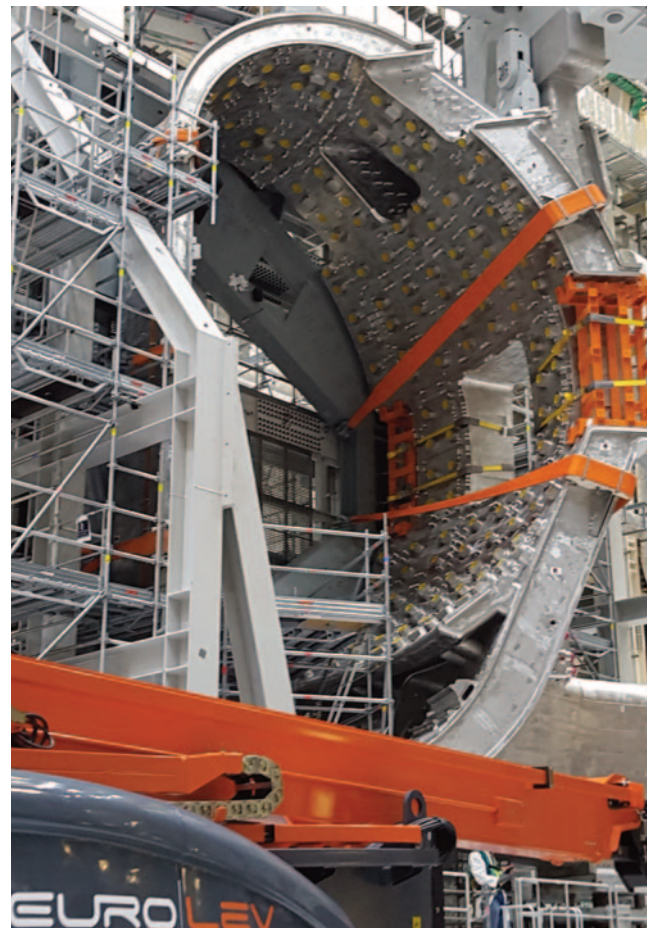
Tritium (T) komt in tegenstelling tot deuterium (D) bijna niet voor in de natuur. Het kan echter in een lithiummantel omheen de fusiereactor gekweekt worden met de neutronen die vrijkomen uit de fusiereactie.

Om kernen te laten samensmelten is een grote hoeveelheid kinetische energie nodig. Bij de hoge temperaturen nodig voor de reactie worden deuterium en tritium ontdaan van hun elektronenschillen, wat resulteert in een zogenaamd plasma, de vierde aggregatietoestand van de materie, bestaande uit positief geladen atoomkernen en negatieve vrije elektronen. Pas wanneer de kernen dicht genoeg bij elkaar komen krijgt de aantrekkende sterke kernkracht er vat op en kan de afstotende kracht tussen positieve kernladingen teniet gedaan worden en vindt er fusie plaats. Waterstof in de zon heeft hiervoor in principe voldoende kinetische energie bij ongeveer 15 miljoen graden. Voor een acceptabele fusieopbrengst in een fusiereactor op aarde, gebruikmakend van deuterium en tritium, moet de temperatuur ongeveer tien keer zo hoog liggen, ongeveer 150 miljoen graden. Om de atomen onder aardse omstandigheden op die temperaturen te brengen, wordt er een elektrische stroom door het gas gestuurd of worden de atoomkernen bestraald met microgolflstraling (linksonder op rechter-Figuur 2).

DE ITER TOKAMAK

De grootste technologische uitdaging is het opsluiten van een plasma van 150 miljoen graden zonder dat de wanden van het omsluitend vat het begeven. Voor ITER is er gekozen voor een torusconfiguratie, TOKAMAK genaamd, een Russisch acroniem dat 'toroïdale kamer met magneetspoelen' betekent. Het hete plasma wordt van de wand verwijderd gehouden door een sterk magnetisch veld dat de plasmabundel in het centrum van de torusdoorsnede houdt (Figuur 2).

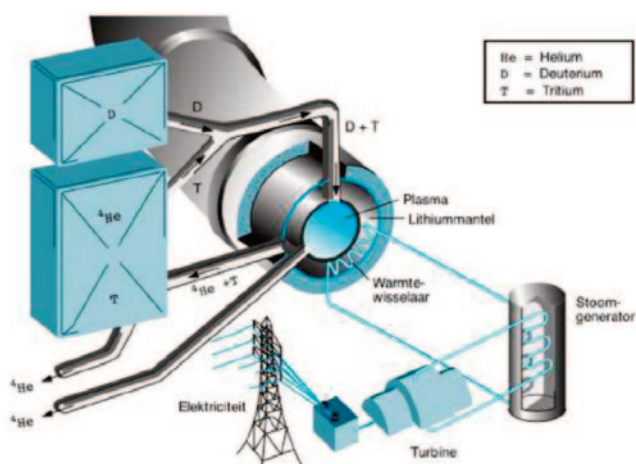
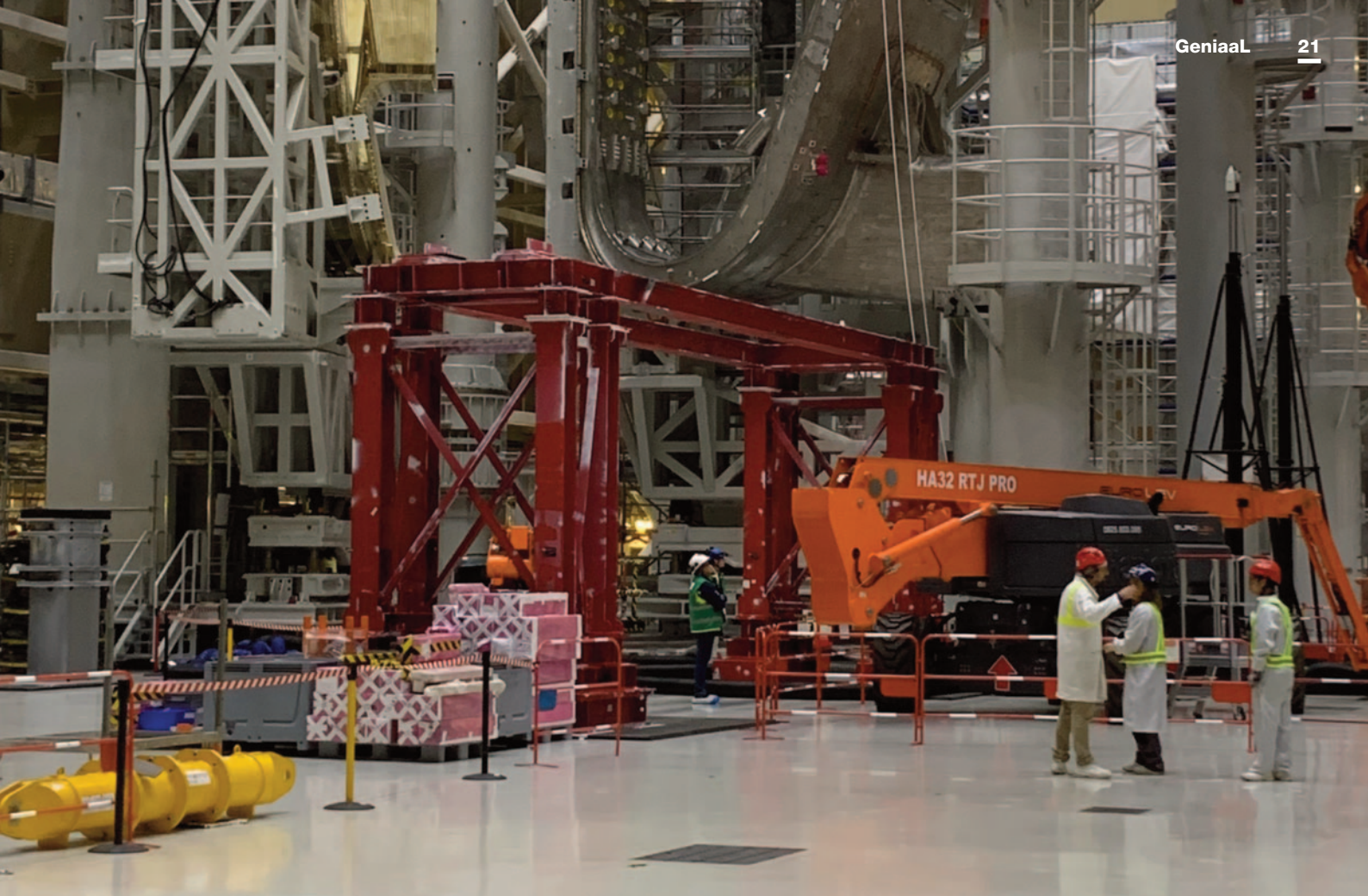
ITER is ontworpen om een thermisch fusievermogen van 500 MW af te leveren met een inputvermogen (voor plasmaverwarming) van 50 MW, wat een verwachte vermogensvermenigvuldiging van $Q = 10$ oplevert. ITER is een gigantische constructie van ongeveer 24m hoog en 34 meter in doorsnede. De straal van de torus is 6 meter en de hoogte van de plasmakamer ongeveer 8 meter (Figuur 3). Het totale plasmavolume is 850 m³.



Figuur 3. Element van de ITER Tokamak torus in aanbouw

HOE WORDT DE ENERGIE AFGETAPT?

De energie verlaat de fusiereactor in de vorm van snelle neutronen. Deze worden in een lithiummantel die rond de tokamak is aangebracht, afgeremd waardoor warmte gedissipeerd wordt in de lithiummantel. Via ingebouwde warmtewisselaars wordt water verwarmd en in stoom omgezet. Vanaf hier wordt de klassieke cyclus gevolgd met stoomturbines die alternatoren aandrijven (Figuur 4).



Figuur 4. Fusiecentrale

WELKE VOORDELEN BIJDIT FUSIE-ENERGIE?

Het eindproduct van de fusiereactie is het edelgas helium, naast energie uiteraard onder vorm van snelle neutronen. De impact op het milieu is dus quasi onbestaande: geen broeikas-effect, geen aantasting van de ozonlaag, geen zure regen.

Het radioactieve tritium verdwijnt in de reactie. Recyclage van de radioactieve reactorwand vergt geen opslag op lange termijn zoals bij fusiereactoren wel het geval is. De bedoeling is een wandmateriaal te ontwikkelen met een korte halfwaardetijd zodat het na ongeveer honderd jaar hergebruikt zou kunnen worden. Voor de bouw van een laboratorium voor de ontwikkeling van deze speciale materialen is onlangs een overeenkomst ondertekend.

Het fusieproces is inherent veilig en kan niet op hol slaan. De restwarmte na het stilleggen van het proces is heel beperkt. Bijgevolg zijn calamiteiten à la Chernobyl, Three Mile Island, Fukushima niet mogelijk. De benodigde brandstoffen, water en lithium, zijn rijkelijk voorhanden. Er is geen gevaar voor monopolies. Trouwens, de nodige hoeveelheden zijn uiterst klein: 15 gram brandstof is voldoende om een persoon in Europa voor 80 jaar van elektriciteit te voorzien. Met dank aan Albert Einstein en zijn formule.

EPILOOG

Kernfusie is sinds meer dan vijftig jaar de droom van de wetenschap als onuitputbare energiebron die definitief de energiehonger van de wereld moet stillen zonder de nadelen op financieel en ecologisch vlak van de bestaande systemen. De technologische uitdagingen zijn enorm en hebben voor grote vertragingen gezorgd. Het op internationale leest geschoeide ITER-project zou tegen medio jaren 2030 het experimenteel bewijs kunnen leveren dat een fusiereactor met een Q-factor 10 mogelijk is. De geschatte totale kostprijs van het project lijkt exuberant, grootteorde 15 miljard euro, wat vergelijkbaar is met de kost van de Large Hadron Collider (LHC). De doelstellingen zijn echter totaal verschillend. Als ITER succesvol is, en veel laat dat vermoeden, dan zal de investering een zegen geweest zijn voor de mensheid.

België levert substantiële bijdragen - financieel en vooral wetenschappelijk - aan de vooruitgang die ITER maakt. Vooral de onderzoeksgroep van professor Jef Ongena van de Koninklijke Militaire School schrijft geschiedenis met regelmatig nieuwe ontwikkelingen.