



**Boost voor
MYRRHA**

02

MYRRHA schakelt over op gefaseerde ontwikkeling



150 ingenieurs, wetenschappers, technici en administratieve assistenten uit 27 verschillende landen werken aan MYRRHA, de Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications. Hoe ver staat het met de financiering en de ontwikkeling van deze opvolger van BR2? Projectdirecteur Hamid Aït Abderrahim maakt een stand van zaken op.

In 2009 werd de investering in MYRRHA geschat op 960 miljoen euro.

Wat geeft de teller vandaag aan?

Hamid Aït Abderrahim: Als gevolg van de lichte maar gestage inflatie van de euro kwam er 112 miljoen euro bij. Ondertussen gebeurde in 2011 ook het kernongeval in Fukushima. Gevolg: hoewel ons project nog maar op papier stond, kregen we bijkomende veiligheidseisen opgelegd door het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, het FANC. Dat resulteerde in bijna 150 miljoen euro extra investeringen. Tot slot is het ontwerp van MYRRHA geëvolueerd, en dat brengt een meerprijs van 250 miljoen euro mee. Zo bereikten we in het totaal 1,6 miljard euro. Dat was eind 2014 en we houden dat bedrag nog altijd aan.

Is MYRRHA überhaupt nog interessant om te realiseren?

Die vraag hebben we in 2015 samen met externe experts bekeken. Het antwoord was unaniem positief. De portfolio van de onderzoeken blijft geldig én nodig.

En wat met de planning?

De raad van bestuur heeft ons gevraagd de implementatiestrategie van het MYRRHA-project onder de loep te nemen. Door een stapsgewijze strategie moet het mogelijk zijn de risico's te verminderen en de investeringen te spreiden.

Wat houdt die strategie in?

We gaan uit van drie fasen, waarvan fase 1 nu het meest concreet is. In die fase is het onze bedoeling de versneller tot 100 MeV (mega-elektronvolt) te bouwen en één of twee onderzoeksstations, eentje om radio-isotopen te produceren en eentje om materiaalonderzoek te doen. We doen dat in fase 1 om de betrouwbaarheid van onze versneller aan te tonen. Normaal gezien stopt zo'n grote versneller vaak – bijvoorbeeld 2000 keer per jaar. In MYRRHA willen we het aantal stops die langer dan drie seconden duren terugbrengen tot tien per kwartaal. De versneller moet dus super betrouwbaar zijn. Dat zal lukken dankzij een fouttolerant ontwerp waarin caviteiten het van elkaar kunnen overnemen en door redundantie bij de injector.

Hoelang gaat de ontwikkeling van de versneller duren?

We bouwen de versneller tot 100 MeV op ware grootte tussen 2019 en 2022. Daarna nemen we twee jaar om de betrouwbaarheid in realiteit te testen, tot in 2024. Uit onze simulaties blijkt dat we de gewenste betrouwbaarheid zullen halen, nu is het aan ons om dat écht aan te tonen. Tegelijkertijd loopt de ontwikkeling van de stations voor de productie van radio-isotopen en/of het materiaalonderzoek. Daardoor zullen de onderzoeksstations van meet af aan hun waarde bewijzen.

“ Bij de bouw van het hele project zullen bijna 1000 mensen gedurende drie jaar betrokken zijn, tijdens de exploitatie zullen er constant tussen 300 en 400 mensen voor MYRRHA werken. En al die banen zullen nog eens drie indirecte banen genereren. ”

Wat gebeurt er in de twee volgende fasen?

Fase 2 dient voor de verdere ontwikkeling van de versneller tot en met 600 MeV. Fase 3 is de bouw van de reactor, dus de complete opbouw en afwerking van MYRRHA. Voor fase 2 en 3 voorzien we 1,25 miljard euro. Door MYRRHA te bouwen in een periode van 11 jaar, kunnen we de investering spreiden en hebben we meer tijd om alle fondsen bijeen te krijgen.

Waar zal de financiering vandaan komen?

Uit verschillende bronnen. De Belgische regering heeft ons alvast 40 miljoen euro toegekend voor de periode 2016-2017 om het project te ontwikkelen met de nieuwe fasering. Vóór eind 2017 moeten we de regering elf grote verslagen bezorgen zodat ze de knoop kan doorhakken voor de bouwwerkzaamheden in fase 1. Maar er is meer. Begin januari 2015 heeft de regering beslist om MYRRHA voor een bedrag van 1,5 miljard euro te laten opnemen in de lijst van Belgische projecten voor het nieuwe investeringsplan van de Europese Commissie, het zogenoemde Juncker-plan of EFSI. En in het nieuwe Horizon 2020-programma van EURATOM zal voor ruim 11 miljoen euro geïnvesteerd worden in MYRRHA, waarvan 9 miljoen door de Europese Commissie via het H2020 MYRTE project. Bovendien is MYRRHA door de Europese Investeringsbank geselecteerd als potentieel project voor de financiering via het InnovFin-programma. Dat zou een lening van 120 à 240 miljoen euro kunnen opleveren met een aflossingsvrije periode van 10 jaar en een lange terugbetalingsperiode met een lage rentevoet. Er lopen allerlei onderhandelingen.

Op welke termijn moet de investering in MYRRHA terugbetaald zijn?

We starten een bouwperiode van 11 jaar, tussen nu en 2030. Daarna zal MYRRHA 35 jaar gebruikt worden, tot in 2065. De terugbetaling op zich moet lukken op 26 jaar. Dat is wel zonder rekening te houden met de impact van de tewerkstelling. Bij de bouw zullen bijna 1000 mensen gedurende drie jaar betrokken zijn, tijdens de exploitatie zullen er constant tussen 300 en 400 mensen voor MYRRHA werken. En al die banen zullen nog eens drie indirecte banen genereren.

Welke inkomsten zal MYRRHA genereren?

De wereld zit te wachten op nieuwe technieken voor het beheer van radioactief afval. Kunnen we die ontwikkelen én patenten, dan creëert dat perspectieven. Ook is MYRRHA van belang voor de bouw van toekomstige loodgekoelde 4^e generatie reactoren en de zogenaamde SMR's (kleine modulaire reactoren). Onze kennis bij het ontwikkelen van een nieuw type reactor die dezelfde kern gedurende tien jaar kan gebruiken zonder te herladen, met minder afvalproductie en een hogere veiligheid ... dat kunnen we allemaal valoriseren.

Hoe staat het ondertussen met de samenwerking met andere landen?

Met verschillende landen lopen besprekingen over een deelname aan MYRRHA. We bereiden een samenwerkingsakkoord voor met het Franse CNRS (Centre national de la recherche scientifique), Zweden is bereid te participeren, Japan zal beslissen over een mogelijke deelname en ook de Duitse regering buigt zich terug over een samenwerkingsrapport. Meer nieuws in de loop van 2017!

Archimedes geeft een boost aan MYRRHA

Splijstofbundels en controlestaven onder de loep

In de lood-bismut kringloop COMPLIT onderzoeken onze wetenschappers het thermo-hydraulische en hydrodynamische gedrag van reactorcomponenten die bestemd zijn voor MYRRHA op ware grootte. Het voorbije jaar bogen ze zich over de drukverliezen in de splijstofbundel. En ze bouwden en testten een prototype van de controlestaven.

De drukverliezen in de splijstofbundel bepalen het debiet van het koelmiddel door de reactorkern. Het is belangrijk om te weten of er steeds voldoende koeldebiet is, vooral bij een plotse stop van de reactor. Die moet dan op een passieve manier – dus zonder tussenkomst van de pompen – de warmte van de splijstof kunnen wegnemen.

Onderzoekers Katrien Van Tichelen en Graham Kennedy bekeken in COMPLIT deze drukverliezen: "We toonden aan dat de gegevens die we bij het reactorontwerp gebruiken voor drukverliezen in de splijstofbundel voldoende precies zijn." Nog andere omgevingsfactoren oefenen een invloed uit: "De temperatuur verandert de eigenschappen van het koelmiddel

en van het materiaal van de bundel. Zo kunnen bijvoorbeeld de wanden van de bundel ruwer worden, waardoor een extra drukverlies ontstaat."

In de nabije toekomst willen ze het gedrag van de splijstofbundel verder onderzoeken: "Wat is bijvoorbeeld de sterkte van trillingen van de splijstofnaalden die ontstaan door de stroming van het koelmiddel? We gaan ook na of de drukverliezen in de loop van de tijd zullen variëren als er eventueel bijkomende fenomenen optreden."





Bedankt Archimedes

Een tweede onderzoek in COMPLIT ging over de controlestaven: “Ze vormen een complexe component van bijna 10 meter lang, met dezelfde omvang, geometrie en hetzelfde gewicht in het experiment als in MYRRHA. We proberen aan te tonen dat het mogelijk is ze in minder dan één seconde in de reactor kern te brengen. Dat is belangrijk voor de veiligheid, want de reactor moet snel kunnen worden gestopt. Het is een grote uitdaging om de ranke structuur precies te positioneren, zodat ze tijdens de beweging nergens geklemd of vervormd raakt.”

Het bewegen van de controlestaven gebeurt in lood-bismut, een zwaar vloeibaar metaal. Dat maakt de omstandigheden anders dan bij een klassieke reactor, zeggen Katrien en Graham: “In een klassieke reactor gaan de controlestaven naar beneden dankzij de zwaartekracht. Hier is de vloeistof zo zwaar dat standaard materialen erin blijven drijven.”

De oplossing? “We brengen de controlestaven onder de reactor kern in. Als we ze vrijlaten, bewegen ze naar boven. Deze proof-of-principle testen zijn uniek in hun soort. Voor het eerst werd gebruikgemaakt van de archimedeskracht voor het inbrengen van controlestaven. En met succes.”

Na de principe-testen peilt het onderzoek naar het gedrag van de controlestaven bij herhaalde inbrenging. Ze moeten minstens één reactorcyclus van drie maanden meegaan: “We gaan er van uit dat het langer zal zijn, want we hebben de duurzaamheid erg conservatief ingeschat.”

In de toekomst staan testen van andere componenten op het programma. “De hoofdmoot van onze tijd zal gaan naar de aanpassing van COMPLIT voor het testen van het thermo-hydraulisch gedrag van de warmtewisselaarbuizen van MYRRHA. We willen bewezen basisinformatie geven aan onze ontwerpers, zodat ze die kunnen gebruiken in de volgende ontwerpvisie.”



“ Voor het eerst werd gebruikgemaakt van de archimedeskracht voor het inbrengen van controlestaven. En met succes! ”

Innovatie

Unieke experimentele installaties zijn onontbeerlijk

Het SCK•CEN past geavanceerde en complexe wiskundige modellen toe bij de ontwikkeling van innovatieve nucleaire systemen. De modellen worden gevalideerd door gerichte experimenten in specifieke experimentele opstellingen. Deze unieke verzameling van experimentele installaties versterkt het internationale karakter van het SCK•CEN en oefent een unieke aantrekkingskracht uit.

Peter Baeten

Instituutsdirecteur Geavanceerde Nucleaire Systemen



Corrosiekringloop uniek in zijn soort

Klare kijk via correlaties

Ben je van plan in een kernreactor zwaar vloeibaar metaal als koelmiddel te gebruiken? Hou er dan rekening mee dat er bij bepaalde materialen vormen van corrosie kunnen optreden. Voor de temperatuur en de levensduur van de componenten is dat niet goed. Daarom is het nodig de gevolgen van corrosie zorgvuldig te onderzoeken voor het ontwerp van een installatie als MYRRHA. Maar hoe kun je aantonen dat materialen overleven als MYRRHA nog niet bestaat?

MYRRHA wordt een onderzoeksinstallatie die technologieën voor vierde-generatie-kernreactoren zal bevatten. Een knelpunt in de ontwikkeling van MYRRHA vormen de materialen. Ze moeten standhouden in moeilijke omstandigheden – denk aan hoge temperatuur, sterke straling en een corrosieve omgeving.

Hoge temperaturen

In de toekomstige reactoren heersen andere omstandigheden dan in traditionele reactoren. De temperatuur in MYRRHA kan bijvoorbeeld oplopen tot 400 °C, in vierde-generatie-kernreactoren met vloeibaar lood als koelmiddel kan hij zelfs tot 600 °C klimmen. Wat is dan de corrosiebestendigheid van de geselecteerde materialen als ze in contact komen met het koelmiddel, vloeibaar lood-bismut metaal?

Dat wordt onderzocht in het materiaalprogramma voor MYRRHA. Het doel is de kandidaat-materialen voor structurele en functionele componenten voor het primaire circuit van MYRRHA te selecteren en verifiëren.

De tests voor dit onderzoek vinden plaats in een omgeving die de echte corrosie-omstandigheden simuleert. Een levenschte aanpak om corrosie in omstandigheden die representatief zijn voor MYRRHA te onderzoeken, zou veel dure en geavanceerde opstellingen vragen, die dan ook nog eens vele jaren parallel zouden moeten lopen.

Unieke corrosiekringloop

Daarom ontwikkelden de onderzoekers van het SCK·CEN een methode die een klare kijk geeft op corrosie dankzij het

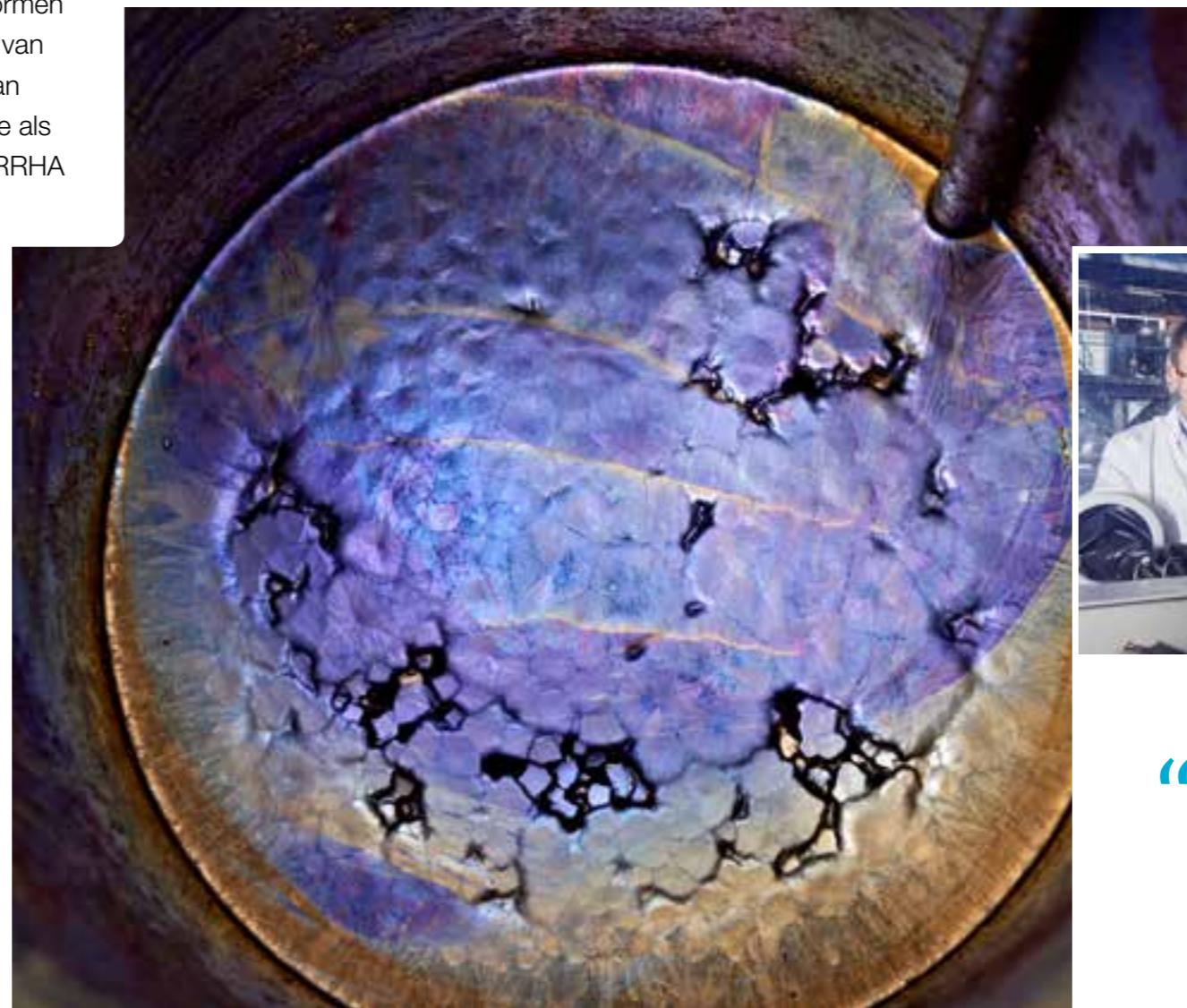
correlatieprincipe: de mogelijke onderlinge samenhang tussen twee reeksen van waarnemingen. De onderzoekers namen niet alleen enkele kleine testopstellingen in gebruik, maar bouwden ook een grote corrosiekringloop, die uniek is in zijn soort. Hij is nodig om te bewijzen dat de in de kleine opstellingen berekende correlaties voor de corrosie-ontwikkeling conservatief genoeg zijn.

Door de testresultaten te analyseren en te vergelijken, vinden de onderzoekers oplossingen tegen de effecten van corrosie. De berekeningen vormen een nuttige tool voor de MYRRHA-ontwerpers om beperkingen te definiëren, werkingsparameters in te schatten en de toegestane corrosie in componenten – zoals splijstofelementen, warmtewisselaarbuizen, reactorvat en vele andere – te valideren.

Corrosiemechanismen onder de loep

Op dit moment zijn de onderzoekers bezig te controleren of de correlaties de corrosieschade precies kunnen voorspellen door elk verkregen experimenteel resultaat met de voorspellingen te vergelijken. Tot dusver is het voorspellend vermogen van de ontwikkelde correlaties erg gunstig.

Ook nemen ze corrosiemechanismen onder de loep – zowel met moderne technieken om de microstructuur en microchemie te beschrijven als met verschillende soorten elektronenmicroscopie. Dit inzicht in mechanismen is noodzakelijk om de correlaties te staven. Tot slot willen de onderzoekers ook de ontwikkelde correlaties verbeteren en bijwerken, specifiek voor de lasnaden in materialen.



“ De onderzoekers namen niet alleen enkele kleine testopstellingen in gebruik, maar bouwden ook een grote corrosiekringloop, die uniek is in zijn soort. ”

Structurele materialen voor reactoren van de 4^e generatie

Veelbelovende samenwerking tussen het SCK•CEN en de KU Leuven

In de MYRRHA reactor bevindt zich een pompimpeller. Dat is een roterende component van een pomp die het koelmiddel Lead Bismuth Eutectic (LBE) moet kunnen verplaatsen. Bij traditionele structurele materialen zoals roestvast staal bestaat het risico op oplossing en erosie. Om te voorkomen dat de pompimpeller het pijnpunt van de reactor wordt, sloegen het SCK•CEN en de KU Leuven de handen in elkaar. Resultaat: innovatieve structurele materialen gebaseerd op MAX fasen.

Welke materialen behouden hun vorm en eigenschappen als ze in contact komen met snelstromende zware vloeibare metalen (ZVM) zoals LBE en lood? Thomas Lapauw, doctoraatsstudent aan de KU Leuven, onderzoekt het potentieel van MAX fasen: "Deze klasse van ternaire carbiden en nitriden vertoont een unieke combinatie van eigenschappen – sommige hebben de kenmerken van keramieken en andere die van metalen."

Superieure weerstand

MAX fasen kunnen tegen een stootje. Ze zijn superieur bestand tegen corrosie bij vloeibare metalen en munten uit door een hoge schadetolerantie. Daardoor, hebben MAX fasen een groot potentieel voor gebruik in ZVM-gekoelde nucleaire systemen. Konstantza Lambrinou van het SCK•CEN begeleidt het onderzoek

en is erg enthousiast over de MAX fasen: "Je kunt er componenten met een complexe geometrie mee vervaardigen. Zelfs als de duurzaamheid van sterk presterende MAX fasen niet volstaat bij blootstelling aan snelstromende ZVM, is het mogelijk om duurzame fasen zoals binaire carbiden en nitriden op het impeller-oppervlak te vormen."

MAX fasen zijn ook relevant voor pompimpellers van vierde generatie loodgekoelde snelle reactoren (Gen-IV LFRs). De impeller moet in MYRRHA betrouwbaar zijn bij 270 °C, maar bij LFRs stijgt de temperatuur tot 480 °C. Dat vergt natuurlijk grondig onderzoek. Thomas Lapauw vertelt hoe hij dat aanpakt: "Ik bereid eerst MAX fase-gebaseerde monolieten en hun composieten - bijvoorbeeld cermets (samengesteld



MAX fasen vormen een materiaal waarmee het mogelijk is ingewikkelde vormen te maken. Ook conventioneel frezen kan perfect.

materiaal van keramische deeltjes in een metaalmatrix) - voor door middel van poedermetallurgie. Daarna voer ik een micro-structurele karakterisering van de geproduceerde materialen uit en ik beoordeel de sterkte en breuktaaiheid. Tot slot evalueer ik de weerstand tegen corrosie en erosie in vloeibare metalen."

Ontdekking van nieuwe MAX fasen

Wat is de blikvanger van dit project? Konstantza Lambrinou laat er geen twijfel over bestaan: "De poeder metallurgische synthese van moeilijk te maken MAX fase-materialen. Thomas ontdekte nieuwe veelbelovende MAX fasen, ideaal voor toepassingen in ZVM-gekoelde systemen en hogetemperatuuroepassingen. Logisch dat het SCK•CEN en de KU Leuven een gezamenlijke octrooiaanvraag ingediend hebben."

Is het mogelijk om cermets te produceren op basis van MAX fasen? Dat is een vraag waar in de nabije toekomst een antwoord op zal komen. Deze composieten kunnen de voordelen van deze ternaire carbiden behouden én de breuktaaiheid verbeteren. Thomas Lapauw heeft een eerste generatie van deze materialen klaar om hun mechanische eigenschappen te evalueren.