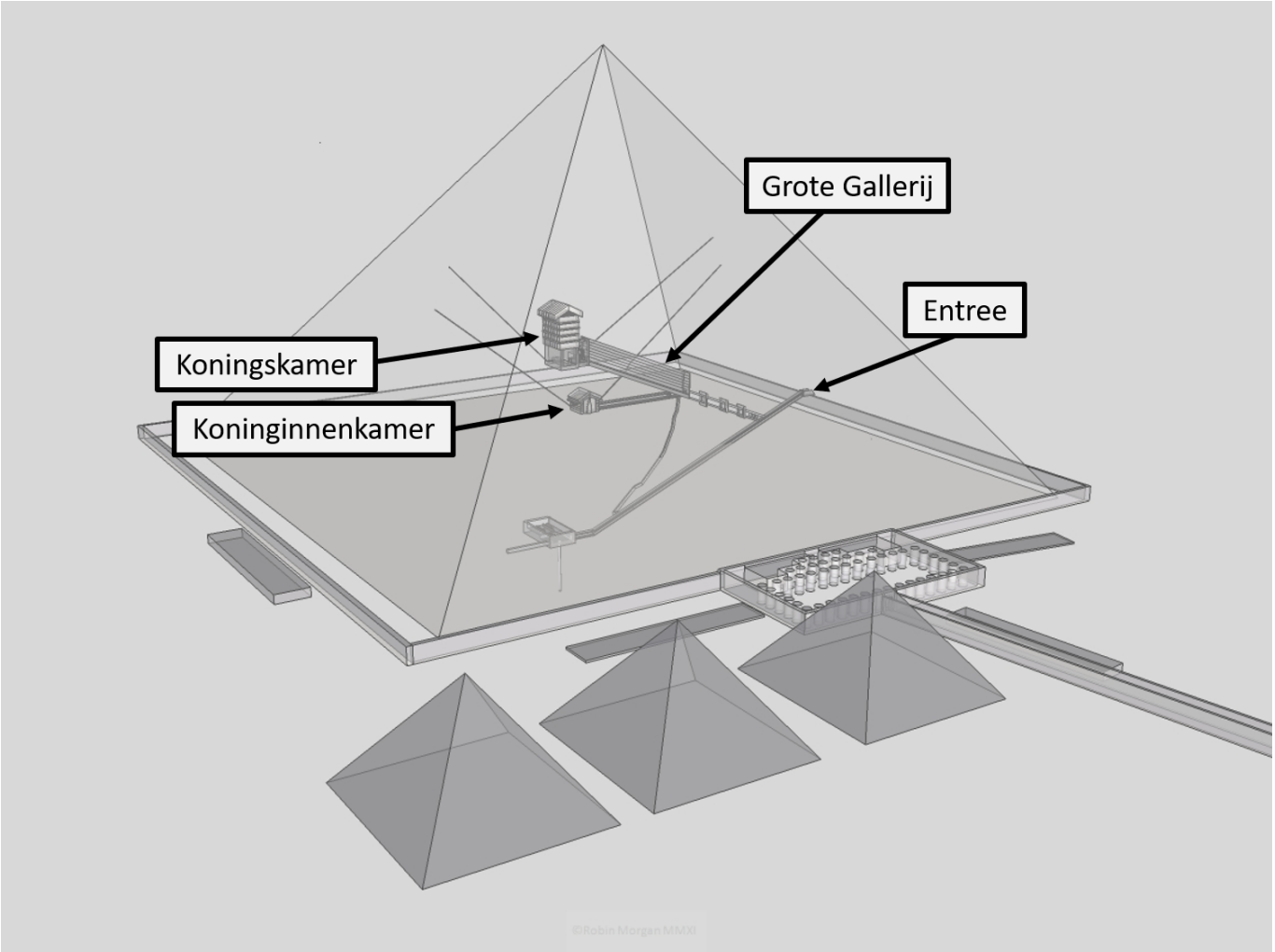
Moderne archeologen gebruiken muonen

De millennia-oude piramides in Egypte vormen een van de grootste enigma's ter wereld. Ondanks eeuwenlang onderzoek weten we nog steeds weinig over hoe en waarom ze gebouwd zijn. Met behulp van moderne niet-invasieve technieken wil de ScanPyramids missie helpen om deze vragen te beantwoorden.

De piramides van Gizeh behoren tot de bekendste en oudste bouwwerken van de mensheid. De piramide van Cheops, oftewel de Grote Piramide, is de enige van de zeven klassieke wereldwonderen die bewaard is gebleven. Via een tunnel die rond het jaar 830 in opdracht van de kalief Al'Mamoen gegraven werd, is een deel van deze piramide van binnen verkend, en met behulp van robots zijn de luchtwegen ook onderzocht. De bekende gangen, kamers en luchtwegen zie je in afbeelding 1 hieronder.



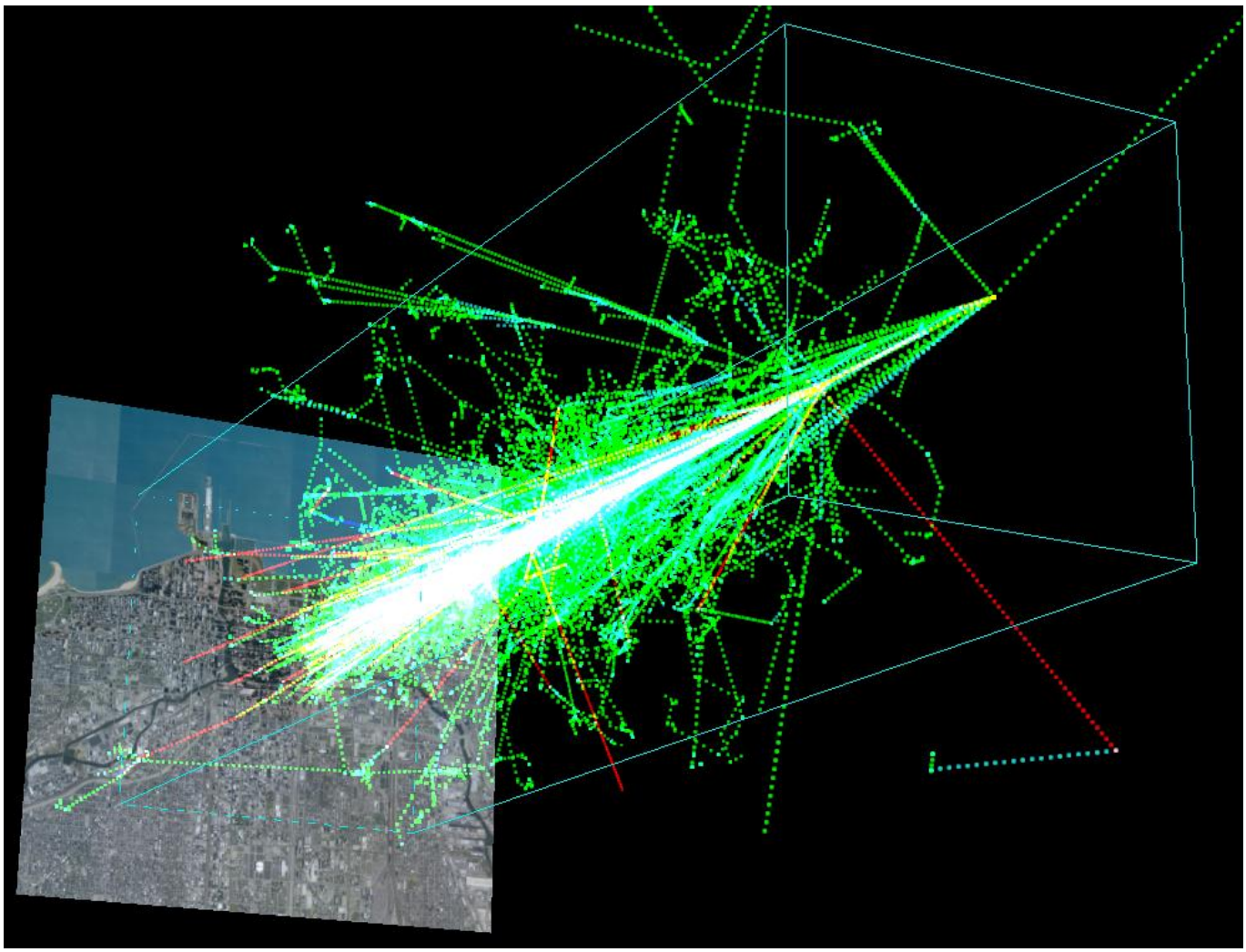
Afbeelding 1. De bekende interne structuren van de Grote Piramide. Afbeelding: Wikipediagebruiker R. F. Morgan (labels toegevoegd).

Wat we niet weten, is of dit alles is. Het probleem is dat we niet nog meer van dit wereldwonder willen afbreken om daarachter te komen, dat zou natuurlijk jammer zijn. Daarom hebben we nieuwe niet-invasieve technieken nodig om de piramide te verkennen. Zo ontstond de ScanPyramids missie, een project van het Egyptische ministerie van oudheden, het Heritage Innovation Preservation-instituut, en de Universiteit van Caïro.

Door de stenen kijken

Wat de onderzoekers ScanPyramids missie doen, is kosmische straling gebruiken om letterlijk door de stenen heen te kijken. De aarde wordt continu bekogeld door deeltjes − voornamelijk protonen − afkomstig uit allerlei astrofysische objecten in de ruimte. Wanneer deze deeltjes onze atmosfeer raken, veroorzaken ze een soort waterval van andere deeltjes, waaronder

zogeheten muonen (zie afbeelding 2). Handig genoeg is de hoeveelheid kosmische straling redelijk constant, zodat die een stabiele bron van muonen vormt.



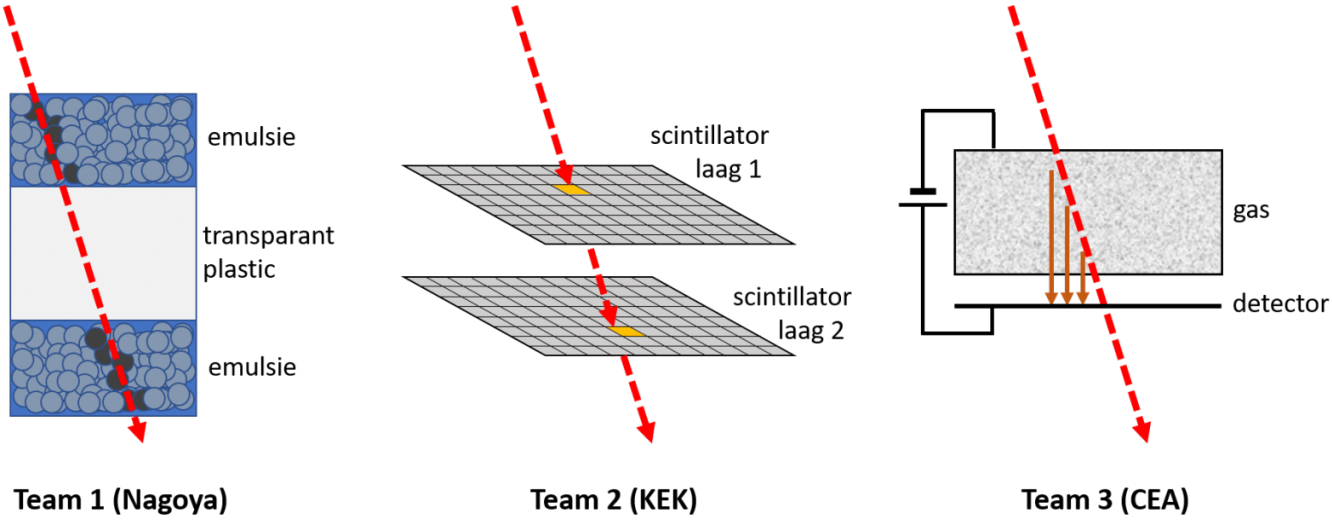
Afbeelding 2. Een kosmische stralingsbui.Een simulatie van de kosmische stralingsbui veroorzaakt door een proton dat aankomt met een energie van 1 TeV – dat is ongeveer de energie van een rondvliegende mug, maar dan samengeperst in een deeltje dat een *miljoen miljoen keer* kleiner is. De rode stippellijnen zijn muonen. De afbeelding is een simulatie gemaakt door Dinoj Surendran, Mark SubbaRao, en Randy Landsberg van de COSMUS groep op de Universiteit van Chicago.

Muonen zijn elementaire deeltjes, de zwaardere broertjes van de elektronen. Ze worden maar gedeeltelijk gestopt door steen; net zoals we röntgenstraling gebruiken om onze botten in beeld te brengen, kunnen we aan de hand van de hoeveelheid muonen die bij een detector aankomen, bepalen hoeveel materiaal ze zijn gepasseerd. Met andere woorden: als we een muonendetector onder de piramide leggen, en in een bepaalde richting méér muonen meten

dan we zouden verwachten, zou dat betekenen dat er langs die richting een onverwacht gat (bijvoorbeeld een gang or kamer) zou moeten zitten in de piramide!

Muonen meten

In tegenstelling tot het maken van een röntgenfoto, waarbij we de richting van de straling precies weten, komen de muonen van alle kanten uit de lucht vallen. Om iets nuttigs te kunnen zeggen over hoeveel materiaal de muonen zijn gepasseerd, moet je dus niet alleen het aantal muonen tellen, maar ook weten uit welke richting ze kwamen. Dit maakt het meten van de muonen een stuk ingewikkelder, maar zeker niet onmogelijk. Voor de ScanPyramids missie hebben drie onderzoeksteams onafhankelijk een eigen muonendetectiesysteem ontwikkeld – zie afbeelding 3.



Afbeelding 3. De drie soorten muondetectoren.Zie tekst voor toelichting. De rode pijl geeft het traject van de inkomende muon aan.

Team 1, van de Universiteit van Nagoya (Japan), gebruikt zogeheten ‘muon-emulsiefilms’. Wanneer geladen deeltjes − zoals kosmische muonen − door deze speciale fotografische films vliegen, laten ze een herkenbaar spoor achter. Met een optische microscoop kunnen de sporen van muonen herkend worden, en omdat de films een bepaalde dikte hebben kan de richting van de muonen ook achterhaald worden. Deze films hebben enkele maanden in de Koninginnenkamer (zie afbeelding 1) gelegen, en zijn daarna naar Japan gestuurd om ontwikkeld en geanalyseerd te worden.

Team 2, van de High Energy Research Organisation van Japan (KEK), gebruikte een

‘scintillatorhodoscoop’. Een scintillator is een materiaal dat oplicht wanneer het geraakt wordt door een geladen deeltje. De detector bestaat uit twee lagen, iedere laag opgebouwd uit een rooster van kleine vierkante plaatjes van een scintillatormateriaal. Ieder klein vierkantje is via een glazvezelkabel verbonden met een computer. Wanneer een muon door de detector vliegt, gaat het eerst door de bovenste laag, waardoor een van de plaatjes oplicht, en daarna de onderste laag, waarbij een ander plaatje oplicht. De glasvezelkabels geven door aan de computer wanneer hun plaatje oplicht, en de computer kan zo de baan van iedere muon terugrekenen. Deze detectoren werden ook in de Koninginnenkamer geplaatst, naast de emulsie-films van team 1.

Team 3, van de Commissie voor Atoomenergie en Alternatieve Energieën (CEA) in Saclay (Frankrijk), gebruikte detectoren gebaseerd op de ionisatie van gas. Wanneer een muon door een van hun detectoren vliegt, ioniseert het de gasdeeltjes die het tegenkomt. Deze geladen gasdeeltjes worden door een ladingsverschil tussen de boven- en onderkant van de detector naar beneden getrokken en geven een signaal wanneer ze de onderste plaat raken. Door de positie van, en de tijd tussen de landing van de geladen gasdeeltjes te meten, kan het traject van het muon achterhaald worden. Deze detectoren werden naast de piramide geplaatst.

De ScanPyramids Big Void

De drie teams deden vorig jaar een verrassende ontdekking: hun metingen lieten zien dat er naast de bekende kamers en gangen van de Grote Piramide nóg een grote open ruimte moest bestaan, ongeveer evengroot als de Grote Gallerij (zie afbeelding 1). Dit is de eerste grote ontdekking in deze piramide sinds de 19e eeuw! Het filmpje hieronder (in het Engels) vertelt het verhaal van deze ontdekking.

ScanPyramids Video ReportVideo: ScanPyramids 2017 Video Report van het HIP Institute.

Zoals te zien in het filmpje is de missie nog lang niet klaar. Er worden komend jaar nog meer metingen gedaan om de grootte en positie van de ‘ScanPyramids Big Void’ nauwkeuriger te bepalen. Wie weet kunnen archeologen met de hulp van natuurkundigen op deze manier dus nog veel meer over de pyramides ontekken – al zullen ook natuurkundigen een harde dobber hebben aan de logische vervolgvraag: hoe kom je, zonder de piramide stuk te maken, nu ín de Big Void?