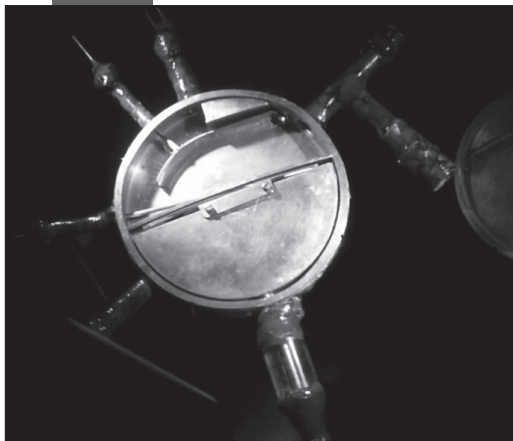


Het draait en het werkt

In mijn studietijd heb ik niet altijd opgelet. Wat de docent vertelde, was niet iedere keer interessant en wat er in het leerboek stond, was ik na een tijdje vergeten. Zo zijn de principes van een cyclotron mij bijgebleven, maar de details ben ik kwijt. Voor het dagelijkse leven is dat geen probleem, maar wel zodra je wordt gevraagd de werking van dat apparaat aan belangstellenden uit te leggen.

Vorig jaar heb ik voor het eerst een cyclotron *live* gezien, tijdens een onderhoud, wel te verstaan. Een drie meter hoge opstelling, grote blokken elektronica, de beide massieve D's duidelijk zichtbaar, de bundellijnen die eruit komen en daarboven, op een huishoudtrapje, twee monteurs die metingen uitvoeren. Ik wil een fotootje maken, maar dat mag niet, *Frans, de echte plaatjes staan op internet.*



Tijdens de exploitatie vliegen er wel eens deeltjes uit de bocht en zorgen voor activatie van de omgeving. Dat leidt ertoe dat de lucht vol is van kortlevende isotopen, die door een ventilatieschacht worden afgevoerd (*had ik dat moeten weten?*). Voordat we naar binnen gingen, moest de deur open, de toegang werd gevormd door een betonblok ($\frac{1}{2}$ m) dat over een stel rails moest worden verschoven (*stond zoiets in het leerboek?*).

Het doel van het apparaat is om protonen in preparaten te schieten, dat had ik onthouden. Maar wat blijkt? Dat gebeurt helemaal niet, men werkt niet met protonen,

maar met H-ionen (*had de docent dat verteld?*). Ik hoor de uitleg aan, de K-schil is vol en zo'n hybride toestand blijkt aardig stabiel te zijn, om aan het eind door een folie te worden geschoten om de elektronen eraf te strippen, waarna de H⁺-jes het target raken.

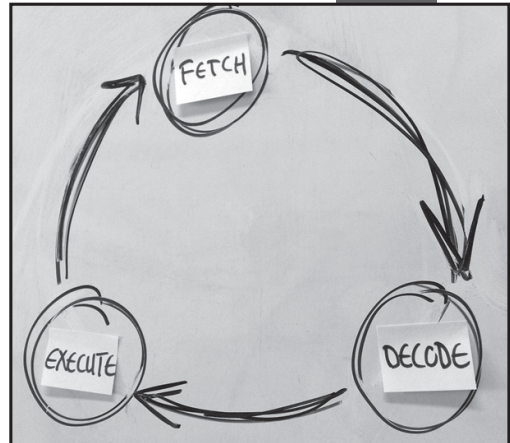
Mijn praatje over het cyclotron verliep zonder problemen, maar na afloop was er een toehoorder die vroeg: *Hoe kom je erbij om zo'n apparaat bedenken?* Ja, dat was een belangrijke vraag, hoe was Lawrence erop gekomen om de protonen te laten ronddraaien in een magneetveld? Ik wist het niet. Opnieuw huiswerk.

In de jaren dertig wilde men deeltjes versnellen tot hoge energieën. Hoe zou dat kunnen? Wat was ervoor nodig? De jonge Lawrence ontdekte in de Berkeley-bibliotheek een Duits artikel dat dit probleem behandelde, maar hij was niet in staat de publicatie te lezen, alleen de plaatjes kon hij begrijpen,

een constructie van achter elkaar opgehangen cilinders met verschillende lading.

Dit was het concept van een primitieve linac en een snelle berekening leerde Lawrence dat een dergelijk apparaat veel te lang werd. Zou het mogelijk zijn om met twee cilinders te volstaan? Het duurde even, maar hij begreep dat dit mogelijk was als je de protonen van de ene buis in de andere kon laten draaien. Zijn creatieve inval: een magnetisch veld was nodig.

Ronddraaien is een oplossing. Als het niet recht kan, dan moet het krom, dan moet je een bocht nemen die je niet had verwacht. Een fraai voorbeeld daarvan levert de werkwijze uit een heel ander domein, het werkgebied van Zhang Ruimin, ceo van de Haier group. In de jaren tachtig kreeg het bedrijf regelmatig kapotte wasmachines retour, vooral van het platteland. Waarom juist daar vandaan? Wel, de mensen gebruikten de trommels niet alleen voor kleding, maar ook voor aardappels.



Daar konden de apparaten niet tegen, daar waren ze niet voor bedoeld. Wat doet Zhang? In plaats van de Chinese boeren af te leren hun piepers in de wasmachine te deponeren, past hij zijn productielijn aan, er komen betere ophangsystemen, sterkere motoren, snaren en pompen, met als doel: een draaiende machine te maken waarmee je niet alleen aardappelen, maar ook noten en wortels, en zelfs klompen kunt wassen.

Draaiende toepassingen zijn ook nodig in de quantuminformatie, een nieuw gebied met onbekende perspectieven. Hier is de situatie vergelijkbaar met het begin van de computeranalyse, waar eerst rechtlijnige opvattingen nodig waren voordat een praktische toepassing mogelijk was (zoals het inzicht *dat er geen principieel verschil is tussen de programma's en de data die worden ingelezen* (Klaas Landsman)).

Neem een universele computer, een turingmachine, die elke berekening kan uitvoeren, dan heb je daar een half-oneindig lange tape voor nodig. In principe is daarmee alles berekenbaar, maar hoe valt het toe te passen? Op welke manier maak je een apparaat zonder zo'n oneindig lange data-sliert?

Von Neumann wist de oplossing, laat de data zichzelf genereren, met een ronddraaiende instructie: fetch → decode → execute → fetch → decode → enz. De micro-elektronica heeft vervolgens oplossingen gepresenteerd om ons aan dat draaiende mechanisme veel plezier te laten beleven.