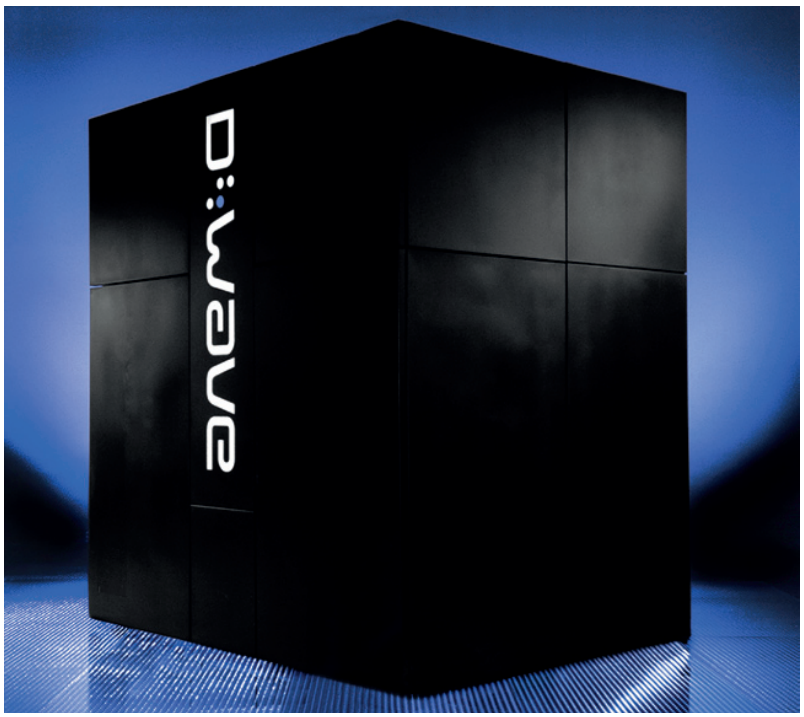
Maakt D-Wave quantumcomputers?

Quantumcomputers zijn er in soorten en maten en het is niet eenvoudig om aan te tonen dat ze daadwerkelijk volledig quantummechanisch opereren. Dat zijn tot nu toe wellicht de belangrijkste conclusies die getrokken kunnen worden uit de activiteiten van het Canadese bedrijf D-Wave, fabrikant van de naar eigen zeggen eerste commercieel beschikbare quantumcomputer. Een korte inleiding over de geschiedenis van D-Wave en haar producten. Miriam Blaauboer

In 2011 baarde het Canadese bedrijf D-Wave wereldwijd opzien met de aankondiging van een quantumprocessor die uit 128 geïntegreerde qubits bestaat. De D-Wave One, zo luidde hun claim, was de eerste commercieel beschikbare quantumcomputer ter wereld. D-Wave, gevestigd in British Columbia, is opgericht in 1999 en inmiddels uitgegroeid tot een bedrijf met meer dan honderd werknemers [1].

De D-wave One bestaat uit 128 paarsgewijs gekoppelde flux qubits, qubits waarbij de basistoestanden $|0\rangle$ en $|1\rangle$ uit linksom en rechtsom lopende persisterende stromen in supergeleidende juncties bestaan. De processor voert een optimalisatie-operatie uit door middel van een proces genaamd *quantum annealing*. Je kunt dit vergelijken met de beweging van een quantummechanische bal door een landschap van bergen en dalen, waarbij het laagste dal het gewenste antwoord voorstelt. De bal start in alle dalen 'tegelijkertijd', door gebruik te maken van superpositie van qubits, en ondergaat een langzame (adiabatische) quantummechanische evolutie. Na een tijdje is de golffunctie van de bal voornamelijk in de lagere dalen geconcentreerd en uiteindelijk komt hij – via tunnelen door de bergen, die als potentiaalbarrières fungeren – in de laagste dalen terecht. De toestand van die dalen vormt het antwoord en daarmee geeft het programma een zo goed mogelijke benadering van de oplossing.



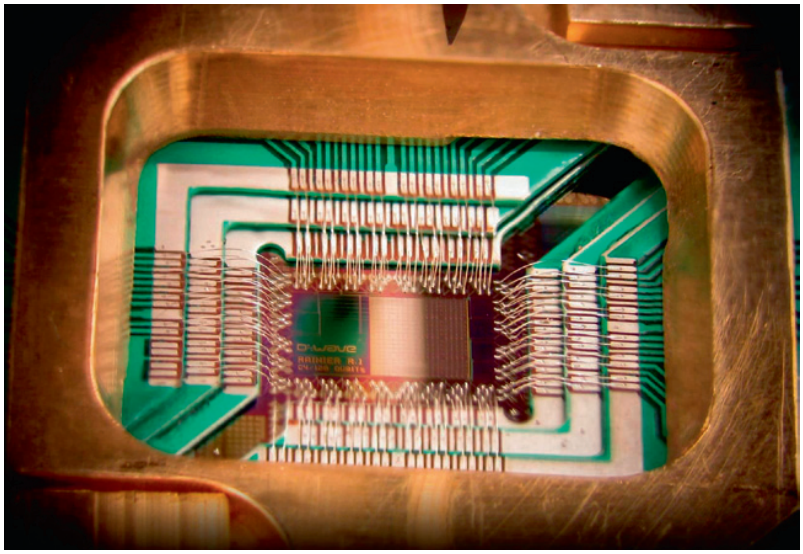
De D-Wave One, volgens het bedrijf D-Wave 's werelds eerste commercieel verkrijgbare quantumcomputer. Foto: Courtesy of D-Wave Systems Inc.

Fysisch gesproken is de D-wave One speciaal ontworpen voor specifieke problemen die beschreven kunnen worden als een klassiek tweedimensionaal Isingmodel in een magneetveld, waarbij men geïnteresseerd is in de oplossing met de laagste energie. Het is dus geen *universele* quantumcomputer waarop een willekeurig quantumalgoritme gedraaid kan worden, maar een gespecialiseerde quantumoptimalisatiemachine. D-wave's computer is met name geschikt voor het doorzoeken van complexe data – zoals bijvoorbeeld het debuggen van grote computerprogramma's en het analyseren van mogelijke manieren waarop eiwitten kunnen vouwen – maar bijvoorbeeld niet voor factorisatie in priemgetallen. Voor dit laatste is een

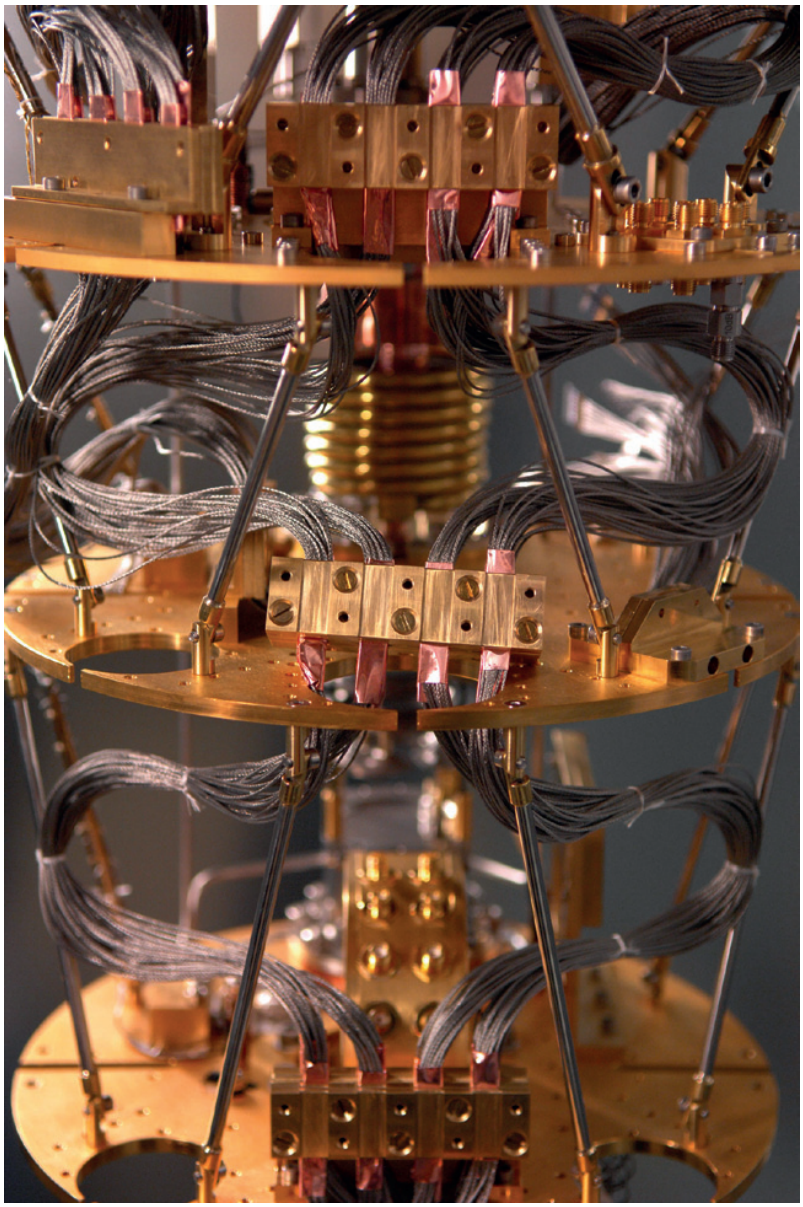
universele quantumcomputer vereist (zie de artikelen van Ronald de Wolf op pagina 183 en van Ronald Hanson en Floris Zwanenburg op pagina 179). Van begin af aan was de D-Wave One (en ook zijn opvolger de D-Wave Two, die uit 512 qubits bestaat) omstreden. Verschillende teams van universitaire onderzoekers hebben bij het analyseren en testen van door D-Wave gepubliceerde data weliswaar aanwijzingen gevonden voor quantum *annealing* en korte-afstandsverstrengeling, maar geen tijdwinst ten opzichte van klassieke computers [2]. Ook zijn diverse vergelijkingen tussen klassieke en quantummechanische modellen enerzijds en data gegenereerd door de D-Wave Two anderzijds tot nu toe vrijwel altijd in het voordeel van een klassiek model uitgevallen. Over de vraag of D-Wave's computer intrinsiek quantummechanisch opereert is duidelijk het laatste woord nog niet gesproken.

Ondanks deze twijfels heeft D-Wave inmiddels twee grote klanten aangetrokken. In 2011 heeft vliegtuigfabrikant Lockheed Martin een quantumcomputer van D-Wave aangeschaft, die gehuisvest is bij de University of Southern California. In 2013 kondigde Google aan een D-wave Two te installeren in het door hen en NASA nieuw opgerichte Quantum Artificial Intelligence-laboratorium in Californië. Met de oprichting van dit instituut beoogt Google voortgang te boeken in onder andere onderzoek naar machinaal leren, waarbij het bedrijf klassieke en quantumcomputingstijlen wil combineren.

D-Wave heeft aangekondigd in 2015 een 2048-qubit quantumprocessor op de markt te willen brengen. Nader onderzoek door universiteiten en bedrijven zal in de komende jaren hopelijk meer inzicht verschaffen in het ware karakter van de computers van D-Wave – en ons op weg daarheen allerlei interessante natuurkunde op het gebied van quantuminformatie opleveren.



Chip uit de D-Wave One met 128 qubits. Foto: Courtesy of D-Wave Systems Inc.



De processor van de D-Wave moet afgeschermd worden tegen interferentie van buitenaf en moet tot nagenoeg het absolute nulpunt worden afgekoeld om gebruik te kunnen maken van quantumeffecten. Foto: Courtesy of D-Wave Systems Inc.

Referenties:

1 www.dwavesys.com.
2 Zie bijvoorbeeld http://arxiv.org/abs/1401.2910. Verder is op de blog van Scott Aaronson (MIT) veel informatie te vinden over D-wave: www.scottaaronson.com/blog/.