

IL QUBIT DI MICROSOFT

Il colosso fondato da Bill Gates sta puntando le sue carte sul futuro del computer quantistico.

Tom Simonite

Nel 2012, in mezzo a una piccola barra composta di cristalli di semiconduttore, portata a una temperatura inferiore a quella dello spazio, alcuni scienziati olandesi, per un breve periodo in odore di premio Nobel, scoprirono delle particelle. Quelle particelle altro non erano che il fermione di Majorana, come ipotizzato dal fisico sparito nel nulla nel lontano 1937. All'apparenza si trattava di una scoperta del tutto scollegata dai tentativi di vendere software per la produttività industriale o per venire a capo della concorrenza con Amazon nel *cloud computing*. Ma Craig Mundie, il responsabile della tecnologia e della ricerca strategica di Microsoft, era su di giri. L'ermetica scoperta – in parte finanziata da Microsoft – era in realtà cruciale per un progetto che l'azienda stava portando avanti: la costruzione di computer potentissimi per elaborare dati servendosi della fisica quantistica. «É stato un momento decisivo», spiega Mundie, «poiché questa ricerca ci ha confermato che stavamo seguendo la strada giusta».

Microsoft partecipa da oltre un decennio a questo progetto, ma ha cominciato solo ora a parlarne pubblicamente. Se l'operazione avrà successo, il mondo potrebbe cambiare radicalmente. Da quando, nel 1982, il fisico Richard Feynman ha per primo avanzato l'ipotesi del computer quantistico, gli esperti hanno teorizzato che questa macchina potrebbe risolvere problemi la cui soluzione avrebbe richiesto ai computer tradizionali qualche milione di anni o forse ancora di più. Per esempio, il computer quantistico offrirebbe ai ricercatori strumenti più avanzati per progettare nuove medicine o celle solari super-efficienti. Anche l'intelligenza artificiale sarebbe completamente rivoluzionata.

Il progresso verso questo nirvana computazionale è stato lento perché nessuno è riuscito a produrre una versione abba-

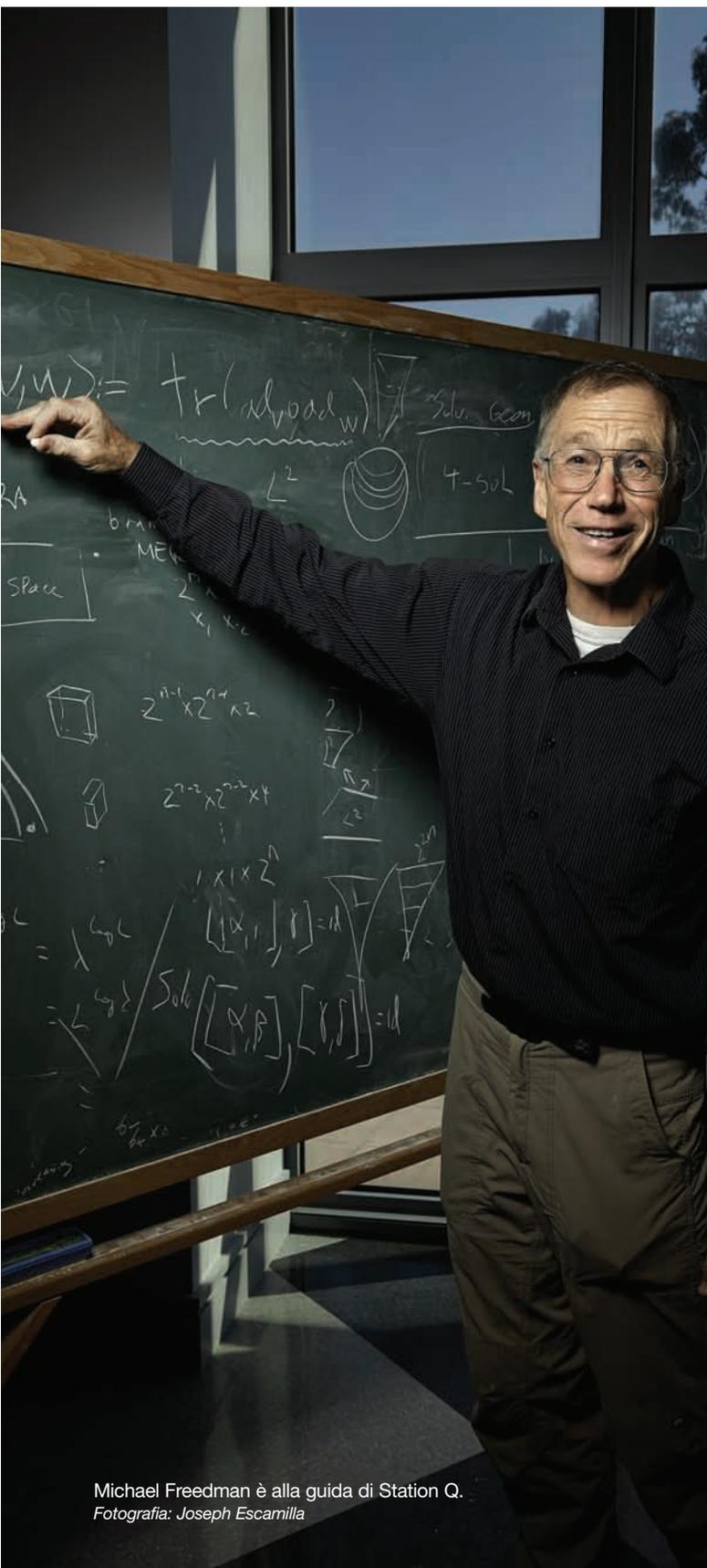
stanza affidabile del blocco costitutivo del computer quantistico: il bit quantistico, o qubit, che sfrutta le caratteristiche dei quanti per codificare i dati. I ricercatori universitari e governativi e i laboratori aziendali di IBM e Hewlett-Packard hanno collaborato per raggiungere questo risultato. Solo un piccolo numero di qubit sono stati cablati insieme e gli apparecchi realizzati sono in fase di implementazione. Ma non si è ancora in grado di controllare il substrato fisico dei qubit in modo che possano servire da base per computer multi-uso.

Microsoft non ha ancora prodotto neanche un qubit. Ma l'aspetto paradossale del mondo della fisica quantistica è che l'azienda potrebbe trovarsi più vicina di chiunque altro alla creazione di un computer quantistico.

Microsoft sta sviluppando un nuovo tipo di qubit, conosciuto come qubit topologico, basato fondamentalmente sulla scoperta effettuata in Olanda nel 2012. Ci sono buone ragioni per ritenere che questo prodotto sarà immune dalle "stravaganze" dei qubit già esistenti e si presterà maggiormente alla produzione su scala industriale. «Quello che stiamo facendo ricorda da vicino il percorso per arrivare ai primi transistor», afferma Peter Lee, responsabile della ricerca a Microsoft.

La sua azienda sta anche lavorando al design e al controllo dei circuiti del computer con qubit topologici. I ricercatori di Microsoft che si occupano degli algoritmi dei computer quantistici hanno mostrato che una macchina con un centinaio di qubit potrebbe gestire simulazioni chimiche al di fuori della portata di qualsiasi super-computer attuale.

Nel prossimo anno, o poco più, i laboratori di fisica in collaborazione con Microsoft cominceranno a testare parti essenziali del suo modello di qubit, ispirandosi al programma creato da un



Michael Freedman è alla guida di Station Q.
Fotografia: Joseph Escanilla

genio matematico che proviene dall'esterno all'azienda. Se questi test daranno riscontri positivi, un'azienda che si credeva prigioniera del suo passato potrebbe mettere una seria ipoteca su futuri trionfi.

Ancora più strano: un fisico ormai in ombra dei leggendari Bell Labs potrebbe essere in prima fila.

Un genio matematico

In una sala soleggiata a un centinaio di metri dall'Oceano Pacifico, Michael Freedman, l'ispiratore e il supervisore della tecnologia del progetto di Microsoft, ammette di sentirsi "spaventato" dall'impresa che ha davanti. «Quando si riflette sul computer quantistico, ci si rende conto che noi funzioniamo come una sorta di stupido computer "chimico"», egli dice. Il 63enne Freedman è direttore di Station Q, il gruppo di ricerca di Microsoft che coordina i tentativi di creazione del qubit topologico, e si sposta in continuazione tra una decina di uffici del campus dell'University of California, a Santa Barbara. Magro e abbronzato, le sue scarpe sono ricoperte della sabbia accumulata durante la sua passeggiata sul mare, di ritorno dal pranzo.

Se la sua mente è uno stupido computer chimico, si tratta ugualmente di qualcosa di straordinario. Un prodigio matematico entrato all'University of California, a Berkeley, all'età di 16 anni e laureatosi solo due anni dopo. A 30 anni ha fornito la soluzione della congettura generalizzata di Poincaré per una varietà quadridimensionale, uno dei problemi matematici irrisolti di più lunga data. Freedman lo risolse senza scrivere nulla, ma solo visualizzando la distorsione delle quattro dimensioni nella sua mente: «Avevo immaginato cosa dovevo fare per risolverlo». Quando trasferì la sua "visione" in una dimostrazione scritta di 95 pagine, Freedman ricevette la Fields Medal, il più alto riconoscimento in campo matematico.

Il premio consolidò il suo ruolo prominente in una disciplina come la topologia, che studia le proprietà delle forme che non cambiano anche se sottoposte a distorsione. Una storiella che gira da tempo dice che un esperto di topologia non saprebbe distinguere tra una tazzina da caffè e una ciambella: tutte e due sono superfici con un buco.

Nel 1988, venne coinvolto negli studi di fisica dopo che un collega scoperse un collegamento tra la matematica della teoria dei nodi, una branca della topologia, e una teoria che spiegava alcuni fenomeni quantistici. «Fu un'esperienza indimenticabile», racconta Freedman, che si rese immediatamente conto di come questo collegamento potesse permettere a una macchina governata dalle leggi della fisica quantistica di risolvere problemi troppo complessi per i computer tradizionali. Non sapendo che il concetto di computer quantistico già esisteva, Freedman lo aveva reinventato in piena autonomia.

Si mise allora a lavorare a questa idea e nel 1997 si unì al gruppo di ricerca di matematica teorica di Microsoft. Poco dopo, collaborò con Alexei Kitaev, il fisico teorico russo che aveva dimostrato come un "qubit topologico" da lui creato potesse risultare molto più affidabile dei qubit su cui stavano lavorando altri gruppi. Freedman comprese che si trovava dinanzi a qualcosa che andava oltre le sue conoscenze di ordine fisico e matematico. Nel 2004, si presentò nell'ufficio di Craig Mundie per comunicare di avere sco-

perto un metodo per creare un qubit abbastanza affidabile da produrlo in grandi quantità. «Avevo compiuto un passo in avanti decisivo. Sembrava che ci fossero finalmente le condizioni per partire con la tecnologia», spiega Freedman.

Mundie non si lasciò sfuggire l'occasione. Anche se Microsoft non aveva mai provato a produrre un computer quantistico, era cosciente del formidabile potenziale della tecnologia e delle paludi in cui si erano arenati i tentativi precedenti. «Capii immediatamente che si trattava di un approccio al problema del tutto differente», dice Mundie. «Questi tipi di computer hanno la possibilità di avviare una rivoluzione simile a quella che i normali computer hanno provocato negli ultimi 60 anni». Mundie decise di mettersi subito al lavoro per creare il qubit topologico, affidando a Freedman il timone dell'operazione. «Ero agitato. Nella mia vita non avevo costruito neanche una radio a transistor», confida Freedman.

Sogni futuri

Per molti aspetti, un computer quantistico non dovrebbe essere molto differente da quelli normali. Entrambi hanno a che fare con bit di dati rappresentati in forma binaria e sono dotati di unità di base che passano da uno stato a un altro. In un computer tradizionale, ogni piccolo transistor su chip può spostarsi da off, per indicare 0, a on, per indicare 1. Ma a causa delle regole "stravaganti" della fisica quantistica, che governano il comportamento della materia e dell'energia a scale estremamente ridotte, i qubit possono diventare particolarmente potenti. Il qubit può entrare in uno stato quantistico, conosciuto come sovrapposizione, in cui rappresenta 0 e 1 allo stesso tempo. Una volta in questo stato, i qubit si collegano tra loro, o meglio si allacciano, in un modo tale che qualsiasi operazione su uno cambia immediatamente anche il destino dell'altro. In virtù della sovrapposizione e dell'allacciamento (il cosiddetto *entanglement*), una sola operazione in un computer quantistico permette di effettuare una serie di calcoli che richiederebbero molte, ma molte più operazioni, nel caso di un numero equivalente di bit ordinari. In sostanza, un computer quantistico è in grado di esplorare in parallelo un numero sconfinato di percorsi computazionali. In alcuni tipi di problemi, i vantaggi di questo tipo di computer rispetto a quelli normali crescono esponenzialmente con l'incremento dai dati da prendere in esame. «La loro potenza continua a lasciarmi a bocca aperta», dice Raymond Laflamme, direttore esecutivo dell'Institute for Quantum Computing all'University of Waterloo, in Ontario. «Cambiano le basi della scienza informatica e il significato stesso del calcolo».

Ma gli stati quantistici "puliti" sono molto fragili e si possono osservare e controllare solo in particolari circostanze escogitate ad arte. Per assicurare una sovrapposizione stabile, il qubit deve venire protetto da disturbi apparentemente insignificanti come le oscillazioni casuali delle particelle sub-atomiche o i deboli campi elettrici delle componenti elettroniche circostanti. Le due tipologie di qubit tecnologicamente più avanzate rappresentano i bit sotto forma di proprietà magnetiche di atomi con carica elettrica unitaria intrappolati in campi magnetici o come un minimo passaggio di corrente all'interno dei circuiti di un metallo superconduttore. Questi qubit possono mantenere le

Progetti di computer quantistici

Azienda	Tecnologia	Possibili cause di fallimento
IBM	Produce qubit da circuiti metallici superconduttori.	La percentuale di errori dei qubit è troppo elevata per assicurare il normale funzionamento di un computer.
Microsoft	Sta creando un nuovo tipo di "qubit topologico" che in teoria dovrebbe essere più affidabile degli altri.	L'esistenza delle particelle sub-atomiche utilizzate in questi qubit non è ancora provata. Anche se reali, non esiste prova che possano venire controllate.
Alcatel-Lucent	Sulla scia della ricerca di Microsoft, l'azienda sta lavorando a un qubit topologico basato su un diverso materiale.	Come sopra.
D-Wave Systems	Vende computer basati su chip super-conduttori con 512 qubit.	Non è chiaro se i suoi chip sfruttino effetti quantistici. Anche in questo caso, però, il loro design è limitato alla soluzione di un set ristretto di problemi matematici.
Google	Dopo un periodo di sperimentazione con i computer di D-Wave, iniziatosi nel 2009, ha di recente aperto un laboratorio per produrre chip come quelli di D-Wave.	Come sopra. Inoltre, Google sta provando ad adattare la tecnologia a un tipo di qubit diverso da quello di D-Wave.

sovrapposizioni per non più di una frazione di secondo prima di collassare in un processo chiamato decoerenza. Il gruppo più numeroso di qubit sperimentato finora con successo è costituito da soli 7 elementi.

Dal 2009, Google ha iniziato a collaudare una macchina presentata dalla start-up D-Wave Systems come il primo computer quantistico commerciale al mondo e, nel 2013, ha acquistato una versione della macchina con 512 qubit. Ma questi qubit sono cablati in un circuito per uno specifico algoritmo, limitando il numero dei problemi che possono affrontare. Se coronato da successo, questo tentativo potrebbe creare l'equivalente in termini quantistici di un paio di pinze, uno strumento utile solo per alcuni compiti. L'approccio più tradizionale di Microsoft si basa su un computer completamente programmabile, vale a dire l'equivalente dell'intera cassetta degli attrezzi.

Inoltre, alcuni ricercatori indipendenti hanno messo in dubbio che la macchina di D-Wave Systems funzioni effettivamente come un computer quantistico. Google ha di recente avviato un suo laboratorio di hardware per creare e mettere in circolazione una sua versione della tecnologia.



Le ricerche sui computer quantistici di Bob Willett dei Bell Labs sembrano muoversi sulla strada giusta.
Fotografia: Stephanie Diani.

A breve termine, i laboratori di fisica finanziati da Microsoft cominceranno a sperimentare un nuovo tipo di qubit tecnologico.

La ricerca di soluzioni al problema della decoerenza e degli errori che provoca nei calcoli è diventato il cruccio dominante di chi si occupa di computer quantistici. Per produrre i qubit su scala industriale, la decoerenza si dovrebbe presentare solo una volta su un milione di operazioni, sostiene Chris Monroe, professore dell'University of Maryland e co-leader di un progetto di computer quantistico finanziato dal Dipartimento della Difesa statunitense e dalla IARPA (Intelligence Advanced Research Projects Activity). Oggi la decoerenza si presenta migliaia di volte, se non di più.

Station Q di Microsoft potrebbe avere una sorte migliore. Gli stati quantistici che hanno avvicinato Freedman allo studio della fisica – verificabili quando gli elettroni sono intrappolati in un piano all'interno di determinati materiali – dovrebbero fornire la stabilità cercata da chi progetta i qubit, perché non rispondono a quasi tutti i disturbi che destabilizzano i normali qubit. Internamente a questi materiali, gli elettroni assumono particolari proprietà a temperature vicine allo zero assoluto, formando i cosiddetti flussi di elettroni. Le proprietà quantistiche collettive dei flussi di elettroni si possono sfruttare per esprimere un bit. L'eleganza del design insieme alla disponibilità di risorse finanziarie, apparecchiature e tecnologie ha indotto alcuni dei più importanti ricercatori di fisica del mondo a collaborare con Microsoft (l'azienda non dice quale parte della spesa di 11 miliardi di dollari annuali di R&S viene dedicata al progetto).

Ma il nodo irrisolto rimane sempre quello del substrato fisico. Per utilizzare le proprietà quantistiche dei flussi di elettroni come bit, i ricercatori dovrebbero manipolare alcune particelle al loro interno, conosciute con il nome di anioni non-abeliani, in modo da farle girare una intorno all'altra. Anche se i fisici sono convinti che gli anioni non-abeliani esistano, nessuno è in grado di dire una parola definitiva su tale esistenza.

Le particelle di Majorana, il tipo di anioni non-abeliani che Station Q e i suoi collaboratori cercano, sono particolarmente sfuggenti. Predette per la prima volta nel 1937 dal fisico italiano Ettore Majorana, poco prima della sua scomparsa avvolta nel mistero, hanno catturato l'attenzione dei fisici per decenni perché possiedono la proprietà unica di coincidere con la propria antiparticella, in modo che se due di loro si incontrano, si annichiliscono l'una con l'altra in un flash di energia.

Nessuno ha avanzato prove concrete della loro esistenza fino al 2012, quando Leo Kouwenhoven della Delft University of Technology, nei Paesi Bassi, con i finanziamenti e l'assistenza di Microsoft, ha annunciato di averle trovate nei nanofili di un materiale superconduttore, l'antimoniuro di indio. Kouwenhoven ha mostrato la loro esistenza collegando un nanofilo a una estremità di un elettrodo superconduttore e un filo normale

all'altra. Si è trattato di una conferma determinante per il progetto di Microsoft. «La scoperta ci ha dato lo slancio per andare avanti su questa strada», spiega Lee di Microsoft. Il gruppo di Kouwenhoven e altri laboratori stanno ora affinando i risultati dell'esperimento per dimostrare che le particelle si possono manipolare. Allo scopo di rendere più rapidi i progressi e creare le condizioni per la produzione su scala industriale, Microsoft ha cominciato a collaborare con le aziende che forniscono nanofili semiconduttori e i sistemi superconduttivi necessari al controllo dei qubit topologici.

A oggi, però, Microsoft non ha ancora il suo qubit. È fondamentale trovare il modo per far girare le particelle di Majorana una intorno all'altra al fine di scrivere gli equivalenti degli 0 e degli 1. Alcuni scienziati dei materiali del Niels Bohr Institute, a Copenhagen, hanno di recente scoperto un modo di produrre nanofili con canali laterali, per permettere a una particella di spostarsi al passaggio dell'altra. Charlie Marcus, un ricercatore del Niels Bohr Institute, che ha collaborato con Microsoft dall'inizio, è oggi impegnato a costruire un sistema funzionante con i nuovi fili. «Mi sento di affermare che avremo tanto da fare negli anni a venire», afferma Marcus.

Un eventuale successo dimostrerebbe la validità del progetto dei qubit di Microsoft e porrebbe fine ai recenti dubbi sulla veridicità della scoperta della particella di Majorana da parte di Kouwenhoven, nel 2012. Ma John Preskill, un professore di fisica teorica al Caltech, dice che il qubit topologico rimane poco più di una suggestiva teoria: «L'idea in sé è di grande valore, ma dopo qualche anno di seri tentativi non si è visto ancora nulla».

Sul fronte della concorrenza

Ai Bell Labs nel New Jersey, Bob Willett dice invece di avere in mano qualcosa di concreto. Il suo sguardo si dirige verso un cristallo rettangolare di un nero opaco, grande come l'unghia di un dito, che ai lati presenta dei fili saldati a mano e sulla superficie delle linee a zig zag di alluminio. Nel mezzo del chip, in un'area di non più di un micrometro, Willett dice di avere scoperto alcuni anioni non-abeliani. Se è nel giusto, Willett è più avanti di chiunque altro stia lavorando con Microsoft. Nei suoi piccoli laboratori, carichi di incombenze, Willett sta per «dare alla luce» quello che potrebbe essere il primo qubit topologico al mondo. «Stiamo nella fase di transizione dalla scienza alla tecnologia», dice. Il suo ambiente di lavoro è pieno di richiami storici. Lungo il corridoio che porta ai suoi laboratori, appena oltrepassato un busto gigante di Alexander Graham Bell, si trova una vetrinetta con dentro il primo transistor, prodotto in questa sede nel 1947.

L'apparecchio di Willett è una versione di un progetto che Microsoft ha di fatto abbandonato. Prima del tentativo attuale, Freedman e i suoi collaboratori avevano ritenuto che fosse possibile produrre un qubit topologico utilizzando cristalli di arseniuro di gallio ultra-puri per intrappolare gli elettroni.

Ma in quattro anni di esperimenti i laboratori di fisica che collaboravano con Microsoft non hanno trovato traccia degli anioni non-abeliani. Willett si era occupato per anni di tematiche simili e, dopo la lettura di un saggio di Freedman sul progetto, decise di scendere in campo a sua volta. In alcune pubblicazioni comparse tra il 2009 e il 2013, Willett sostenne di avere

trovato queste particelle nei suoi apparecchi basati sui cristalli. Se un cristallo viene raffreddato con l'elio liquido a meno di un 1 Kelvin (corrispondente a $-272,15$ °C) e sottoposto a un campo magnetico, al centro si forma un flusso di elettroni.

Willett si serve di elettrodi per indirizzare le particelle verso le zone periferiche; se si tratta di anioni non-abeliani che girano intorno ai loro omologhi al centro, si dovrebbe modificare lo stato topologico dell'intero flusso di elettroni. Willett ha pubblicato i risultati di diversi esperimenti in cui afferma di avere riscontrato quegli oscillamenti, che gli scienziati hanno previsto, nella corrente di flusso di queste particelle. Willett sta organizzando un nuovo esperimento, non molto diverso dal precedente, per generare un qubit. Si tratta anche in questo caso di due circuiti affiancati nello stesso cristallo, con elettrodi aggiuntivi collegati al flusso di elettroni che possono decodificare ed estrarre gli stati quantistici che rappresentano gli 0 e gli 1.

Willett spera che questo apparecchio spazzerà via lo scetticismo intorno ai suoi risultati, che nessuno è stato finora in grado di replicare. Charlie Marcus, il collaboratore di Microsoft, dice che Willett «ha colto dei segnali che noi non abbiamo visto». Willett controbatte che Marcus e altri hanno costruito degli apparecchi troppo grandi e utilizzato cristalli con proprietà troppe diverse tra loro. Inoltre, sostiene anche di averne avuto conferma di recente esaminando alcuni apparecchi costruiti seguendo le indicazioni degli altri ricercatori: «Avendo lavorato con i materiali da loro utilizzati, ho capito perché non sono riusciti ad andare avanti».

I Bell Labs, ora di proprietà della azienda di telecomunicazioni francese Alcatel-Lucent, sono più piccoli e con meno risorse di quando AT&T, l'azienda che deteneva il monopolio della telefonia americana, permetteva a molti ricercatori di agire in piena autonomia.

Quest'anno un'intera area dei laboratori è stata demolita e in molte stanze regna il disordine e l'incuria. Ma, con meno personale che circola nei laboratori, è più facile avere accesso alle apparecchiature, afferma Willett. Alcatel ha iniziato a investire di più sul suo progetto.

Willett era solito collaborare con soli tre fisici, ma di recente è stato affiancato anche da matematici ed esperti di ottica. I dirigenti dei Bell Labs hanno mostrato grande interesse a capire quali tipi di problemi si possono risolvere con un modesto numero di qubit. «C'è una consapevolezza crescente dell'importanza della ricerca», dice Willett, il quale si presenta più come un collega accademico dei ricercatori di Microsoft che come un concorrente aziendale.

A conferma di ciò, ha partecipato al convegno biennale dei collaboratori di Microsoft e di altri autorevoli fisici, che si tiene a Santa Barbara. Ma la presenza di Microsoft si è fatta sentire sempre di più nei recenti convegni, dice Willett, che aggiunge di avere sentito una certa «freddezza» nei suoi confronti, in quanto appartenente a un'altra azienda.

Certo, sarà molto più che freddezza, se Willett batterà Microsoft sui tempi, dimostrando la validità del suo progetto. Per Microsoft, inaugurare la stagione dei computer quantistici sarebbe sorprendente, ma per i decaduti Bell Labs, di proprietà di un'azienda che non si occupa di computer, sarebbe sbalorditivo.



Uno dei cristalli su cui Willett sostiene di avere reperito qubit topologici.

Il codice quantistico

Nel verdeggianti campus di Redmond, a Washington, migliaia di esperti di software sono impegnati a correggere i bug e ad aggiungere nuove caratteristiche a Windows e Microsoft Office. I visitatori si scattano delle fotografie nel museo aziendale accanto a un ritratto a grandezza naturale di Bill Gates, risalente al 1978. Nell'edificio principale dedicato alla ricerca, Krysta Svore guida un gruppo di una decina di persone che stanno lavorando a un software per un computer che potrebbe non venire mai alla luce.

Il gruppo, che sta prefigurando quanto la prima generazione di computer quantistici potrebbe realizzare, è stato creato perché, anche se potenti, i computer quantistici non possono risolvere tutti i problemi. Solo un modesto numero di algoritmi quantistici sono stati sviluppati in modo così dettagliato da adattarsi facilmente all'hardware. «I computer quantistici mostrano potenzialità senza precedenti, ma dobbiamo capire bene quali sono i punti di forza», dice Svore.

Secondo Peter Lee di Microsoft, esiste davvero la possibilità di fare qualcosa che getterà le fondamenta di una nuova economia.

Nessun computer quantistico sarà alla nostra portata, perché i qubit adottano un sistema di super-raffreddamento (a meno che non si prendano in considerazione qubit del tutto diversi). Il loro impiego sarà principalmente nei centri dati o a sostegno del sistema di servizi di Internet o per risolvere problemi che consentano di migliorare le altre tecnologie.

Un'idea promettente è quella di utilizzare i computer quantistici per le simulazioni chimiche di grande complessità o per tematiche di fondo legate alla salute o all'energia.

Un computer quantistico potrebbe replicare la realtà così minuziosamente da rimpiazzare anni di lavoro nei laboratori, spiega Svore. Oggi, secondo il Department of Energy, circa un terzo del tempo dei supercomputer viene dedicato alle simulazioni chimiche o a tematiche inerenti la scienza dei materiali.

Il gruppo di Svore ha sviluppato un algoritmo che permetterebbe anche a una prima generazione di computer quantistici di affrontare, in poche ore o addirittura minuti, problemi di enorme complessità, come la sperimentazione di un catalizzatore per rimuovere l'anidride carbonica dall'atmosfera. «È una delle possibili applicazioni vincenti dei computer quantistici», conclude Svore. Ma ce ne sono innumerevoli altre.

Il gruppo di Svore ha già in parte dimostrato che i computer quantistici si possono sfruttare per l'apprendimento automatico, una tecnologia sempre più centrale nei piani di Microsoft e dei suoi concorrenti.

I recenti progressi nei settori del riconoscimento vocale e delle immagini hanno favorito lo sviluppo di nuove ricerche sull'intelligenza artificiale. Ma in questo campo ci si affida ancora a cluster di migliaia di computer che lavorano insieme e i risultati concreti appaiono ancora lontani dal venire.

Si capisce bene, quindi, di quali vantaggi, senza precedenti nella storia della tecnologia, potrà godere l'azienda che per prima produrrà un computer quantistico. «Crediamo di avere le carte in regola per fare qualcosa che potrebbe favorire l'avvento di una economia radicalmente diversa», afferma Peter Lee di Microsoft.

Come è ovvio aspettarsi, Lee e tutti quelli che lavorano al software quantistico dicono di essere fiduciosi. Ma con tutto quello che c'è ancora da fare, la meta finale sembra lontana nel tempo. È come se la tecnologia del qubit sia in una sovrapposizione tra il cambiamento del mondo e l'avvitamento in una serie di oscure ricerche. L'imponderabile è il destino di chi lavora a questa tecnologia. Ma con una prospettiva così esaltante di fronte a loro, nessuno potrà mai avere il coraggio di biasimarli. ■

Tom Simonite è redattore capo di MIT Technology Review USA.