

Il “Quantum Computing” un’occasione anche per l’Italia

 [linkedin.com/pulse/Il-quantum-computing-unoccasione-anche-per-litalia-roberto-magnani](https://www.linkedin.com/pulse/Il-quantum-computing-unoccasione-anche-per-litalia-roberto-magnani)



Sommario

Il Computer Quantistico o Quantum Computing si affaccia molto velocemente sullo scenario del mercato informatico, nonostante sia una tecnologia ancora non consolidata e con un’evoluzione non ancora univoca. Si tratta di un ingresso dirompente perché scardina vari aspetti del mondo computazionale sinora conosciuto e richiede competenze diverse rispetto a quelle sinora utilizzate nel mondo dell’informatica. L’utilizzo delle leggi della meccanica quantistica obbligano infatti a lavorare con una tecnologia hardware a temperature vicine allo zero assoluto e a strutturare la programmazione in modo appropriato.

l’Italia dimostra di avere, con i suoi ricercatori di punta e alcune Università eccellenti, le competenze adeguate, occorre però considerare un approccio sistemico che coinvolga tutti gli attori, dai fornitori di hardware alla capacità di programmazione sino alla creazione di occasioni di progetti adeguati (Scienze della Vita, Chimica e Farmaceutica, Finanza, sicurezza Informatica etc). Si pone quindi il problema della creazione delle competenze adeguate in numero sufficiente. La richiesta di talenti da parte dell’industria cresce costantemente, rischiando di depauperare la ricerca quantistica pura.

Se a prima vista questo sembra essere un fenomeno positivo, può, nel lungo periodo influire sulla capacità di ricerca che rimane vitale per il consolidamento della tecnologia. Per questo occorre un coordinamento nazionale e sovranazionale, che garantisca la creazione di un numero di ricercatori adeguato il più rapidamente possibile e che, come anche altri paesi stanno attuando alla luce dei piani di investimento per la ripresa post-Covid, possa riportare l'Italia in una posizione di rilievo nel settore tecnologico proteggendo e rinforzando la coesistenza di ricerca ed industria ad alta tecnologia.

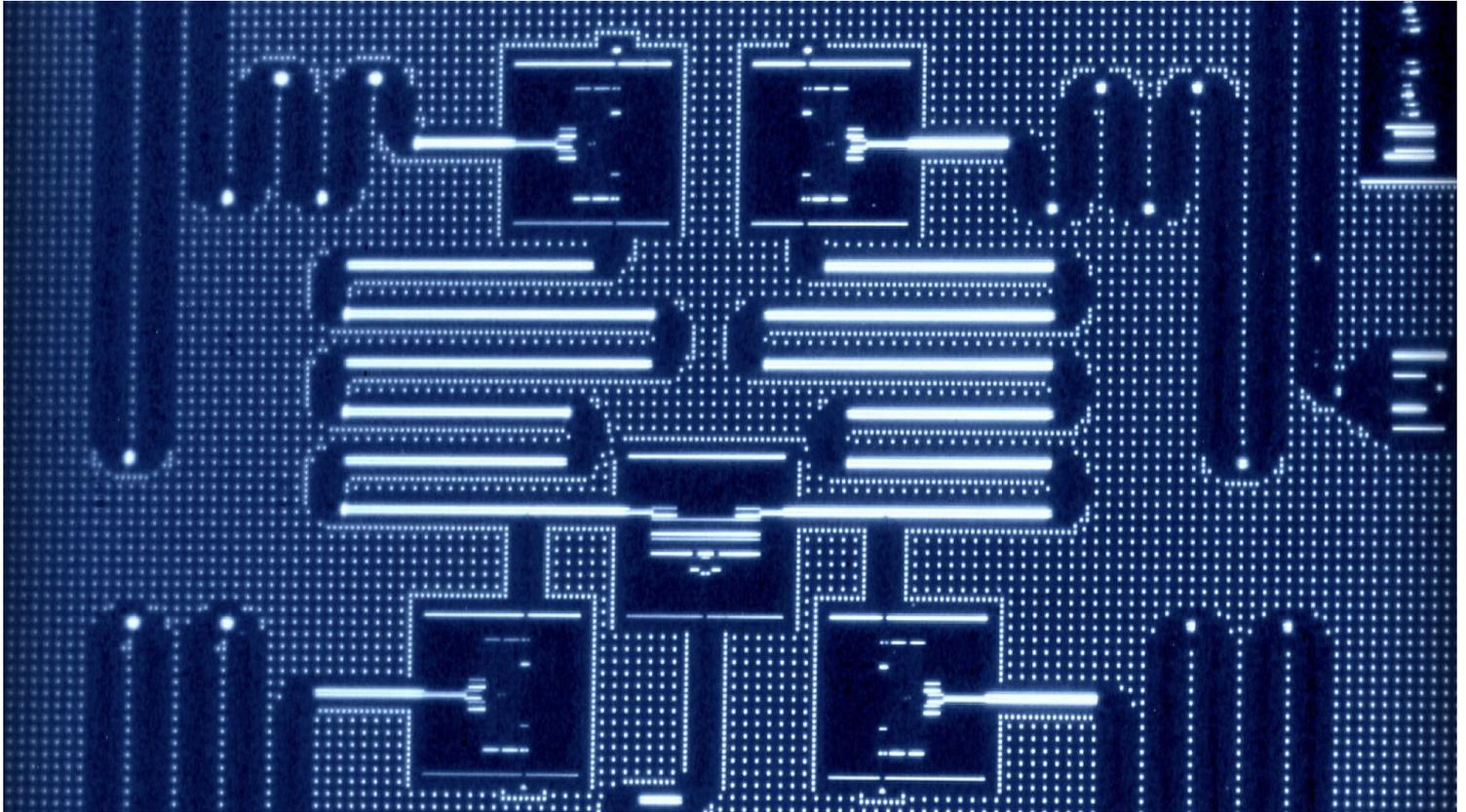


Fig. 1: Il processore a cinque qubit viene mantenuto a una temperatura di 15 millikelvin

Il computer quantistico in cosa differisce da quello tradizionale

Il progresso dei computer tradizionali è legato alla progressiva miniaturizzazione dei circuiti. Nel settore questo processo è noto come legge di Moore: “la complessità di un microcircuito, misurata ad esempio tramite il numero di transistor per chip, raddoppia ogni 18 mesi (e quadruplica quindi ogni 3 anni). Negli ultimi anni sembrava rallentare sino all’annuncio recente di una grande multinazionale americana, che ha introdotto una nuova categoria di chip con tecnologia a 2 nanometri destinata a migliorare le prestazioni del 45% a parità di energia, o a ottenere un risparmio energetico del 75% mantenendo lo stesso livello di prestazioni, rispetto agli attuali chip a 7 nm o 5nm. Si tratta di un balzo in avanti dell’innovazione nel settore proprio nel pieno di una crisi globale nella produzione dei semiconduttori, che dovrebbe portare sia ad un aumento delle prestazioni sia a un minore consumo complessivo, con dispositivi elettronici più veloci, e prestazioni computazionali più elevate, mantenendo consumi energetici ridotti (cioè, ad esempio, durata della batteria maggiore)

La stessa multinazionale è però una delle più avanzate nel costruire e mettere a disposizione computer quantistici, ne ha in diversi continenti a disposizione per progetti di ricerca avanzati.

Si tratta di un altro modo, non alternativo a quello tradizionale ma complementare, di incrementare in modo radicale le capacità di calcolo utilizzando il calcolo quantistico.

Il calcolo quantistico è stato pensato per la prima volta da Richard Feynman, il quale ha affermato che utilizzando gli effetti della meccanica quantistica, è possibile ottenere un calcolo esponenzialmente più veloce.

Invece di miniaturizzare si cambia paradigma. Si cerca di sfruttare le condizioni di particelle atomiche per caratterizzare ogni singolo stato con una quantità di informazione maggiore.

Con il sistema a transistor ad ogni cadenza di "clock" lo stato di un'entità unitaria, il bit, può essere solo 0 o 1 (sistema binario).

Senza entrare ora in una descrizione dettagliata, il vantaggio del Quantum Computing è quello di sfruttare due condizioni tipiche della fisica quantistica, "entanglement" (intreccio) e "superposition" (sovrapposizione). Questi fenomeni permettono di utilizzare particelle quantiche e definire con un unico stato una vasta varietà di informazioni che equivalgono a serie più o meno lunghe di "bit tradizionali". Se con un microprocessore con N bit posso rappresentare 2^N stati (andamento lineare) ad ogni battito di clock, con N "qubit" (entità di base del Quantum Computer) le possibilità sono 2 elevato alla N, accrescendo esponenzialmente potenza e velocità anche per calcoli estremamente complessi e riducendo di fatto i tempi di elaborazione da anni per un computer tradizionale a minuti per un computer quantistico.

Come costruire un processore "quantistico" è un argomento affascinante e serve un articolo a parte, per ora basti sapere che un processore a cinque qubit (che è quello attualmente disponibile in ambiente commerciale) viene mantenuto a una temperatura di 15 millikelvin. È 180 volte più freddo dello spazio esterno. (Fig. 1).

Ci sono diverse sfide ancora da risolvere nella costruzione di un computer quantistico su larga scala. La potenza del calcolo quantistico deriva dalla capacità di memorizzare uno stato complesso in un singolo qbit. Questo rende i sistemi quantistici difficili da costruire. Gli stati quantistici sono fragili (si modificano alla sola lettura), quindi la fabbricazione richiede altissima precisione, e i qbit devono spesso funzionare a temperature molto basse, per ridurre il "rumore termico". Gli errori hanno un'incidenza elevata rispetto al calcolo classico, rendendo la correzione degli errori il compito dominante che le architetture quantistiche devono ovviare: la perdita di coerenza quantistica (decoerenza) è principalmente causata da vibrazioni, fluttuazioni di temperatura, onde elettromagnetiche e altre interazioni con l'ambiente esterno.

Per ora teniamo in considerazione che i maggiori nomi di informatica ed elettronica sono impegnati in una corsa tecnologica per la loro realizzazione e non è ancora evidente quale sarà la tecnologia dominante, e se ce ne sarà una sola.

Va detto subito, che qualunque sia la tecnologia che prenderà il sopravvento, non è destinata a sostituire in toto i processori attuali. La necessità di lavorare a bassissime temperature per ridurre il "rumore" delle oscillazioni delle particelle, salvo innovazioni strabilianti, non rendono possibile la portabilità e la semplicità d'uso delle applicazioni che conosciamo (laptop, tablet, cellulari evoluti, super-calcolatori), lo

scenario più probabile è la coesistenza delle due tecnologie in simbiosi con i computer quantici accessibili in una forma di Cloud per utilizzi specialistici. Si prospetta quindi uno scenario ibrido, di coesistenza di classico e quantistico.

La situazione italiana nella ricerca

Le competenze in Italia ci sono, non per nulla Il Department of Energy degli Stati Uniti che finanzia il Superconducting Quantum Materials and Systems Center, coordinato dal Fermilab di Chicago, finanzia progetti con L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare per il suo know-how scientifico e tecnologico,

In realtà, come sempre, siamo una nazione esportatrice di competenza teorica di alto livello.

In una recente analisi sulle pubblicazioni di fisica quantistica effettuato da Elsevier, leader in information and analytics for customers across the global research and health ecosystems, si nota una crescita costante delle pubblicazioni di ricerca su quantum computing. (Fig 2)

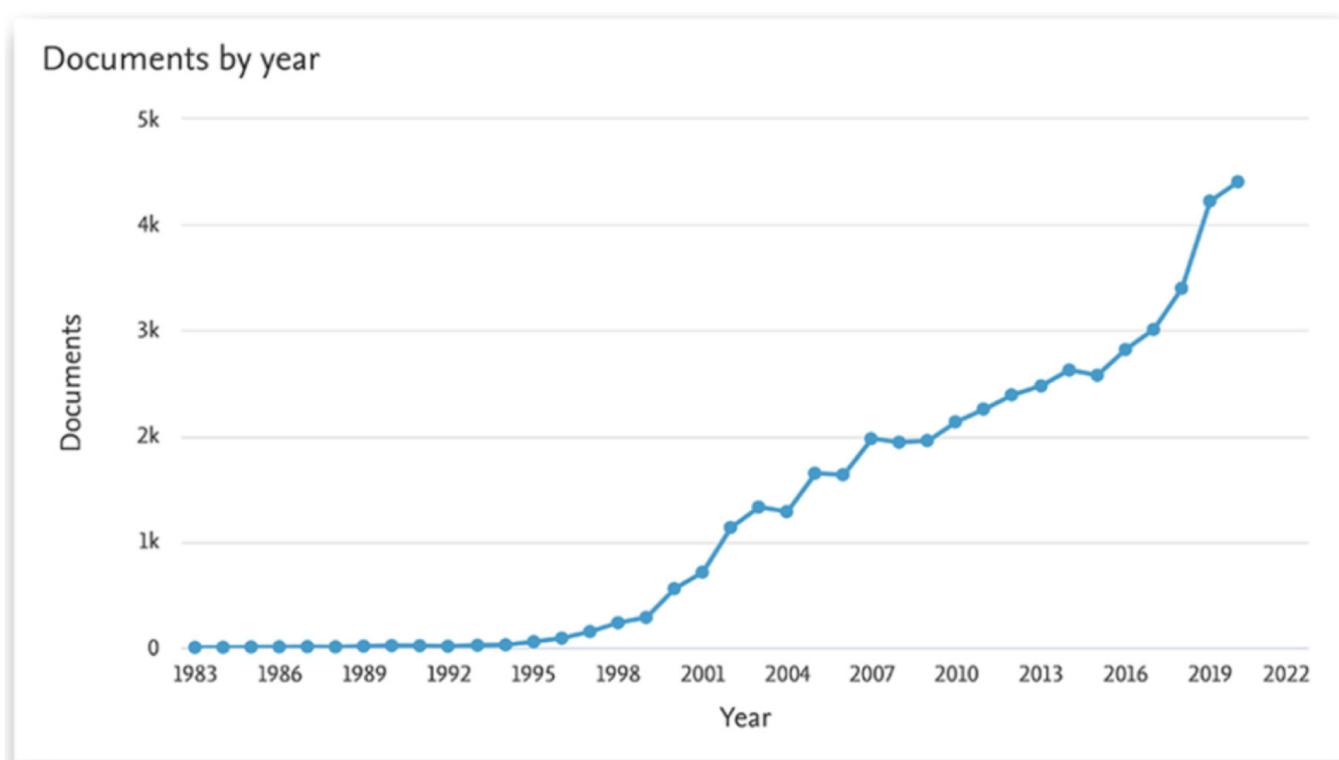


Fig 2. Pubblicazione di documenti su Computer Quantico negli anni (source Elsevier)

Le 10 istituzioni con il maggior numero di pubblicazioni si trovano in Cina, Francia (tramite i laboratori del CNRS), Canada, Stati Uniti, Regno Unito e Singapore. L'Accademia cinese delle scienze mostra una produzione particolarmente elevata. La spesa complessiva della Cina per le tecnologie quantistiche, compresa l'informatica quantistica, non è un'informazione pubblica. Tuttavia, l'interesse del governo nel finanziamento delle tecnologie quantistiche è chiaro dal piano quinquennale 2016-2020 e da un investimento di 10 miliardi di dollari per costruire la più grande struttura di ricerca quantistica del mondo.

La maggior parte delle affiliazioni di autori sono istituti di ricerca accademici e governativi.

Le università italiane sono subito dietro alle nazioni citate, e nel complesso rappresentano il 5% dei contributi. Valore che sale se si considerano i numerosi italiani presenti o collaboranti con istituti stranieri, tra tutti menziono il prof Franco Nori, che uscito dall'Università Federico II di Napoli e' attualmente in forza all'Università del Michigan, Ann Arbor, negli Stati Uniti dopo una lunga esperienza giapponese, ed è uno dei più quotati, e anche più prolifico, tra gli autori di pubblicazioni, come potete vedere nella Fig 3, sempre estratta da uno studio Elsevier. *Fig 3. Pubblicazioni del prof Franco Nori al Febbraio 2021 (source Scopus/Elsevier)*



Fig 3. Pubblicazioni del prof Franco Nori al Febbraio 2021 (source Scopus/Elsevier)

Le imprese del settore privato appaiono più in basso nell'elenco con aziende come Nippon Telegraph and Telephone (NTT), IBM Thomas Watson Research Center e Microsoft Research.

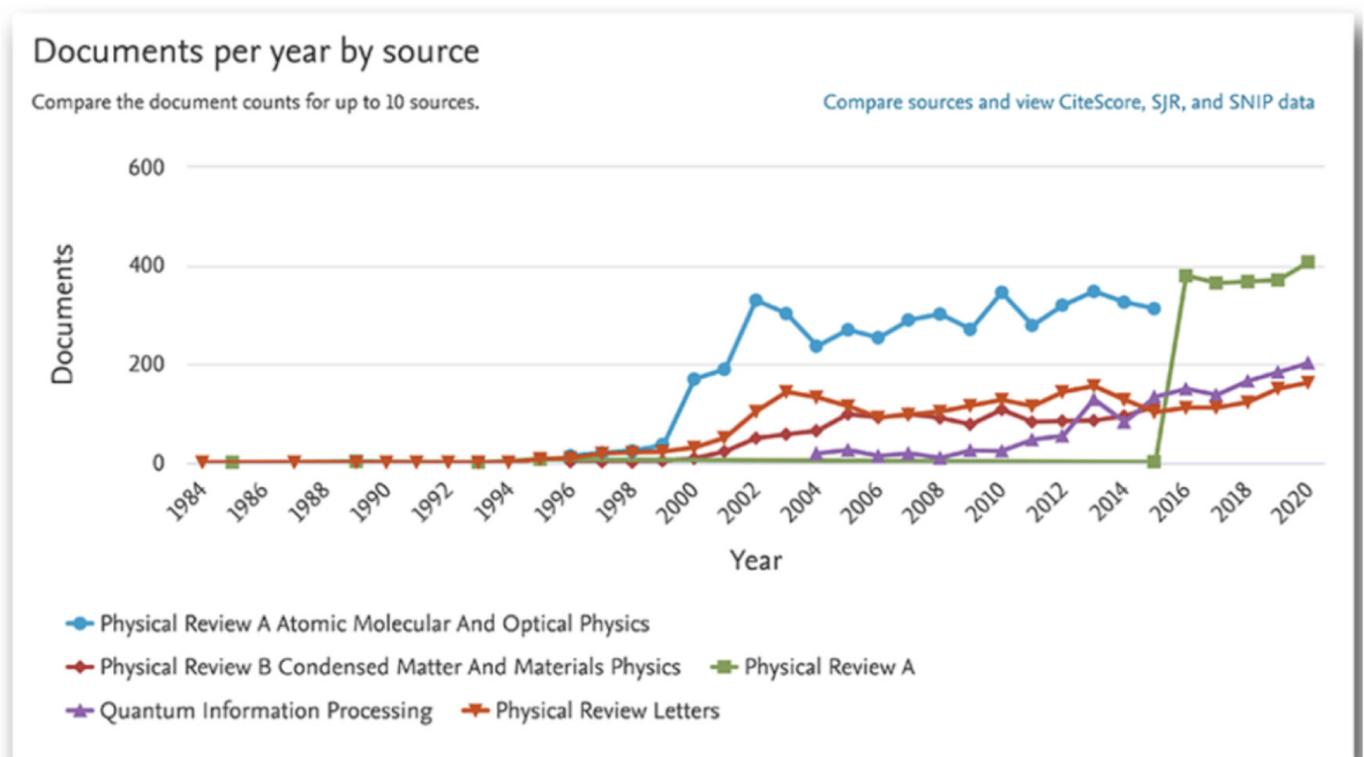


Fig. 4: Argomenti principali delle pubblicazioni di Fisica Quantistica

Interessante notare come negli ultimi anni un'area che cresce più delle altre sia quella relativa all'elaborazione quantistica dell'informazione (curva viola della Fig . 4)

Come accennato Il Department of Energy degli Stati Uniti finanzia il Superconducting Quantum Materials and Systems Center (SQMS), coordinato dal Fermilab di Chicago. L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) parteciperà al progetto con il suo know-how scientifico e tecnologico, e grazie al finanziamento di 115 milioni di dollari realizzerà anche una facility per dispositivi quantistici nei suoi Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Si tratta di un annuncio del 26 Agosto scorso. Il progetto guidato da Anna Grassellino, ricercatrice di origine italiana del Fermilab che ha iniziato la sua carriera all'Istituto italiano. Il SQMS avrà il compito di sviluppare un computer quantistico d'avanguardia con prestazioni mai raggiunte finora basato su tecnologie superconduttive. Il Centro svilupperà anche nuovi sensori quantistici con importanti applicazioni in fisica fondamentale, in particolare nella ricerca sulla materia oscura e altre particelle esotiche.

L'INFN riceverà un contributo da parte del Department of Energy e contribuirà al progetto grazie al suo know-how competitivo a livello mondiale in fisica teorica, nelle tecnologie superconduttive e criogeniche e nello sviluppo di rivelatori. Grande importanza nell'ambito di SQMS riveste la realizzazione di un laboratorio per misure, test e validazione di dispositivi quantistici ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso, luogo unico al mondo per attività a bassissime radioattività ambientali e per le riconosciute competenze in ambito criogenico. Inoltre, l'impiego dei dispositivi quantistici realizzati da SQMS consentirà all'INFN di sviluppare rivelatori più sensibili per l'osservazione di particelle esotiche che potranno essere impiegati, per esempio, in esperimenti sulla materia oscura. Ci si aspetta che i risultati del progetto possano aprire la strada a studi teorici più accurati di fisica fondamentale e possano

rivoluzionare le metodologie di analisi dei dati dei grandi esperimenti agli acceleratori, inoltre le impressionanti prestazioni di calcolo potranno fornire un contributo sostanziale anche in altri ambiti tecnico-scientifici quali ad esempio la biologia e le biotecnologie.

Non si tratta solo di sfide sulla costruzione di hardware appropriati. Come anticipato dalla Fig 3, ci si trova di fronte ad una nuova sfida anche per i programmatori che devono fare i conti con forme di programmazione influenzate dai limiti di rumore e dalla volatilità degli stati quantici a cui sono legate le informazioni.

Lo sviluppo software nel calcolo quantistico si può considerare a differenti livelli. Al livello hardware (Kernel) si opera con operazioni di assembly a livello macchina su cui poi gli sviluppatori possono creare circuiti quantistici ad alte prestazioni (secondo livello ad alta prestazione). Infine, ad un terzo livello, c'è lo sviluppo dei modelli quantistici che applicano gli algoritmi a casi d'uso del mondo reale: in questo momento si lavora sulla modellistica complessa (molecole in chimica a farmaceutica, modelli finanziari, meteorologia), sulle prestazioni per intelligenza e apprendimento artificiale e non ultimo la crittografia

Ad esempio l'UE si sta interessando allo specifico campo della crittografia con un progetto pilota OpenQd (Open European quantum key distribution testbed). Si tratta della creazione di un'infrastruttura per le comunicazioni quantistiche nei paesi europei, utilizzando una forma di cifratura basata sulla trasmissione di segnali "quantici" di decifrazione impossibile, (Qkd, Quantum key distribution o distribuzione quantistica di chiavi crittografiche). **L'Italia partecipa** al progetto con il gruppo di ricerca **QuantumFuture del Dipartimento di Ingegneria dell'informazione dell'Università di Padova**, una delle avanguardie internazionali nella ricerca sulle tecnologie quantistiche grazie agli studi sulla fattibilità delle comunicazioni quantistiche satellitari. La meccanica quantistica sta aprendo affascinanti orizzonti che stravolgeranno le tecniche di comunicazione.

A latere del recente G7 si è infatti parlato di sicurezza informatica come uno degli argomenti strategici dei prossimi anni, argomento ripreso nella susseguente riunione NATO, a dimostrare come la ricerca in questo campo sia d'importanza vitale.

Cosa si sta facendo nelle varie nazioni europee

Degli investimenti pubblici enormi di Cina e USA nella ricerca e applicazione della meccanica quantistica in campo computazionale e delle comunicazioni abbiamo già dato qualche accenno.

In Europa è stato lanciato nel 2018 il cosiddetto **Quantum Flagship**, una delle iniziative di ricerca più grandi e ambiziose dell'Unione europea. Con un budget di almeno 1 miliardo di euro e una durata di 10 anni, il faro riunisce istituti di ricerca, università, industria, imprese e responsabili politici, in un'iniziativa congiunta e collaborativa su una scala senza precedenti. **Il CNR è stato uno dei promotori** e coordinerà le attività del nostro paese legate a questa iniziativa.

L'iniziativa Europea si articola in 24 progetti-madre che indirizzano aspetti di Strategia, Scienze di Base, Metrologia, aspetti Computazionali e di Comunicazione, Simulazione ed Educazione,

Ogni singolo paese sviluppa parte dei progetti in base alle specifiche competenze

Per la **Francia**, a Gennaio 2021, Emmanuel Macron ha lanciato la strategia della Francia per sviluppare il proprio computer quantistico. In totale, il piano prevede un finanziamento di 1,8 miliardi di euro in cinque anni per mantenere la sovranità tecnologica su questo progetto cruciale. Nel campus di Saclay, nella regione di Parigi, uno dei più grandi centri di ricerca del paese, è stato presentato in dettaglio un piano quinquennale per sviluppare il computer quantistico, sottolineando l'urgenza dello sviluppo per mantenere il controllo di una tecnologia, considerata "strategica".

Per la **Germania**, il cancelliere Angela Merkel, al rientro dal recente G7, con lo stesso tono, annuncerà in questi giorni alcune alleanze strategiche per mettere a disposizione già da ora un computer quantistico, con il coordinamento dell'Istituto Fraunhofer, uno dei più grandi Istituti di ricerca del Paese. La stessa Merkel aveva comunque già preannunciato che la Germania investirà 2 miliardi di euro nell'informatica quantistica e nelle tecnologie correlate nell'arco di cinque anni, con il ministero dell'istruzione e della ricerca che stanziava 1,1 miliardi di euro entro il 2025 per R&S, mentre il ministero dell'economia contribuirà 878 milioni di euro per sviluppare applicazioni.

La **Danimarca** ha una consolidata comunità di ricerca quantistica, costruita sull'eredità di Niels Bohr, premio Nobel danese e padre fondatore della teoria quantistica. La forza della comunità di ricerca fornisce alla Danimarca un vantaggio competitivo e un vantaggio nella corsa allo sviluppo di tecnologie quantistiche.

In **Svezia** il Wallenberg Center for Quantum Technology è uno sforzo di ricerca di 12 anni da 1 miliardo di corone svedesi che mira a portare il Paese in prima linea in questo settore della tecnologia in rapida espansione con lo sviluppo di un computer quantistico localmente.

Nell'aprile 2020, i **Paesi Bassi** hanno contribuito al lancio della prima piattaforma di calcolo quantistico pubblica in Europa, chiamata Quantum Inspire. QuTech, con sede a Delft, una collaborazione tra TU Delft e TNO, ha sviluppato Quantum Inspire per rendere il computer quantistico accessibile a tutti

L'Università di Oxford è in prima linea negli sforzi del **Regno Unito** per costruire la prima generazione di computer quantistici con prestazioni leader a livello mondiale. L'informatica quantistica ha il potenziale per trasformare aree della nostra vita come l'assistenza sanitaria, la finanza e la sicurezza - e Oxford è all'avanguardia nella teoria, nella tecnologia e nell'innovazione responsabile per garantire che il suo potere porti benefici a tutta la società.

Lo sforzo dell'Industria.

Le multinazionali americane dell'informatica e molte start-up stanno profondendo uno sforzo enorme per capitalizzare il prima possibile le potenzialità dei computer quantistici, sia mettendo a disposizione i primi prototipi funzionanti sia favorendo la creazione di competenze di sviluppo di applicazioni.

Esistono già applicazioni disponibili: dai modelli finanziari alla medicina – inclusa la ricerca per il Covid-19 –, dalle previsioni meteorologiche alla crittografia.

IBM ha lanciato il suo primo computer quantistico a 7 qubit nel 2001 all'Almaden Research Center un elaboratore quantistico a 7 qubit. Ha poi proseguito sino alla situazione di mettere a disposizione sistemi quantici che mette a disposizione dei suoi clienti e della sua community, che conta ormai centinaia di migliaia di utilizzatori. A febbraio 2021, IBM ha aggiornato la sua roadmap per lo sviluppo delle sue

soluzioni di quantum computing allargando la strategia dall'hardware al software e all'implementazione cloud-native dei workload quantistici, cercando di creare una comunità open-source del calcolo quantistico dotandola di strumenti di sviluppo aperti e favorire così l'accesso alla tecnologia il più velocemente possibile. Per questo ha anche creato un percorso formativo accessibile liberamente. Dal loro comunicato si può estrarre che lo scopo è di offrire un percorso per persone con conoscenze di base di programmazione ed arrivare ad una certificazione nella programmazione con Qiskit, un linguaggio evoluto per lo sviluppo di applicazioni su Quantum computer. Il quantum computing. Secondo alcune ricerche di mercato, sarà un'industria da 65 miliardi di dollari nel 2030 e **avrà bisogno di molte figure professionali**.

In parallelo recentemente i ricercatori di Google hanno annunciato, in uno studio apparso su Nature, di essere riusciti ad effettuare in 3 minuti e 20 secondi un calcolo estremamente complesso utilizzando il chip quantistico Sycamore a 53 qubit. Gli scienziati di Google sono focalizzati sia sugli aspetti hardware (al momento dichiarano che mirano ad ottenere con il **Superconducting qubit**, basato su architettura replicabile a 2-qubit, un errore al "gate" inferiore $< 0.5\%$ (indirizzando il problema del contenimento dell'errore, uno dei principali problemi del mondo computazionale quantico). Nel contempo mirano a sviluppare applicazioni di simulazione di sistemi fisici, in particolare sugli algoritmi quantistici per la modellazione con applicazioni in chimica e scienza dei materiali. Rimane tra i focus dei ricercatori della multinazionale californiana lo sviluppo di un ambiente per attuare una rete neurale quantistica. Un'ulteriore area di attenzione riguarda lo sviluppo di soluzioni ibride quanto-classiche per l'ottimizzazione degli algoritmi ad approssimazioni successive e statistiche attualmente in uso con i computer tradizionali.

Microsoft ha rilasciato un "**Quantum Development Kit**" basato sul linguaggio di programmazione Q# per favorire la creazione di programmatori di applicazioni. Il nodo del software è cruciale: i computer quantistici hanno bisogno di algoritmi dedicati.

Tra i produttori di hardware da riportare **D-Wave Systems**, canadese, se non altro perché ha fornito un computer quantistico al consorzio italiano **CINECA**. In realtà è un fornitore anche di Lockheed Martin e, con processore a 512 qubit, di Google per il suo Quantum Artificial Intelligence Lab, per le sperimentazioni condotte con la Nasa.

Intel, tramite i suoi Intel Laboratori, dichiara che sarà in grado di accelerare lo sviluppo dei sistemi di quantum computing su superconduttori.

La competenza hardware è, per ora, localizzata in Nord America, e anche i coreani di **Samsung** hanno investito nella startup americana **IonQ**, nel Maryland

Amazon ha deciso di entrare nell'arena del computer quantistico lanciando Braket, un servizio completamente gestito offerto all'interno del portafoglio di servizi cloud di AWS (Amazon Web Services) che permette di iniziare a usare il computing quantistico offrendo un ambiente di sviluppo in cui esplorare e progettare gli algoritmi quantici, testarli su computer quantici simulati e applicarli alle varie tecnologie quantistiche. La filosofia applicata è ibrida, favorendo lo sviluppo su simulatori classici per poi instaurare connessioni, a bassa latenza, con l'hardware quantistico.

Comunque al di là di problematiche e sperimentazioni che restano nei laboratori dei grandi nomi dell'informatica, esistono già applicazioni operative.

Il calcolo quantistico viene, ad esempio, applicato per la rilevazione di anomalie statistiche. Per **Goldman Sachs, RBS e Citigroup**, tra gli altri, il calcolo quantistico viene utilizzato per il rilevamento di instabilità dei mercati e opportune simulazioni per ottimizzazione i portafogli di investimento, sviluppare previsioni finanziarie ed strategie di trading.

In problemi logistici complessi e trasporti **Daimler e Honda** hanno già pianificato l'uso di computer quantistici così come alcune società aerospaziali. **Volkswagen** si sta concentrando invece su programmi di gestione del traffico urbano.

La collaborazione tra pubblico e private

La corsa allo sfruttamento delle potenzialità del Quantum Computing richiede una sinergia tra le varie organizzazioni. Pubbliche e private.

Per la Germania abbiamo già accennato all'annuncio del cancelliere tedesco di questi giorni che attraverso l'**Istituto Fraunhofer** metterà a disposizione un Quantum Computer fornito da **IBM**, per attività di sviluppo di applicazioni per la ricerca e l'industria tedesca.

In parallelo anche in **Gran Bretagna** il **ministro della Scienza** Amanda Solloway ha recentemente annunciato una partnership quinquennale da 210 milioni di sterline con la stessa multinazionale americana.. La sua missione è supportare le imprese del Regno Unito e il settore pubblico facilitando, con l'esperienza già maturata da **IBM**, l'adozione di esplorare nuove tecnologie digitali nel campo l'intelligenza artificiale (AI) e l'informatica quantistica. Velocizzando il ritmo con cui le imprese possono trarre vantaggio dalle nuove tecnologie digitali. Ci si aspetta che questa collaborazione aumenti la produttività, ma soprattutto crei nuovi posti di lavoro qualificati e stimoli la crescita economica regionale e nazionale.

Anche la **Francia** intende proseguire sulla stessa strada consapevole che coloro che padroneggiano la tecnologia quantistica ai livelli più alti e più veloci avranno un chiaro vantaggio a livello internazionale. Anche se non ancora dichiarato ufficialmente il piano sarebbe di assicurare che le applicazioni industriali "quantiche" siano fortemente sostenute finanziariamente da stakeholder quali **banche di investimento pubbliche e fondi privati**, in un ecosistema tecnologico dai confini più o meno ampi, fortemente supportato anche da cooperazioni in consorzi competitivi come Techinnov o Systematic Polar Quantum Strategy. In questo modo i grandi investitori, pubblici o privati, possono sviluppare applicazioni specifiche con benefici nelle loro specifiche attività o mercati.

In **Italia** le diverse organizzazioni pubbliche hanno sinora un approccio meno sistematico, con varie cooperazioni di enti diversi con imprese private.

Tre le molte ne cito un paio di rilevanti in aggiunta alla già citata cooperazione del FermiLab americano con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

La prima è la cooperazione del **CINECA con D-Wave system Inc**, una società di sistemi di calcolo quantistico, software e servizi. Hanno annunciato una collaborazione formale per offrire alle università, ricercatori e sviluppatori italiani un accesso ampliato a pratiche tecnologia e risorse di calcolo quantistico attraverso il servizio cloud quantistico Leap di D-Wave.

Il CINECA (<https://www.cineca.it>) comprende 69 università italiane, 25 enti di ricerca nazionali, il Ministero dell'Istruzione e il Ministero dell'Università e della Ricerca. Beneficerà di un accesso esteso e in tempo reale al servizio cloud quantistico Leap. Questa collaborazione permette al consorzio di supportare la comunità scientifica italiana e migliorare l'alfabetizzazione informatica quantistica e la formazione delle competenze per i partner universitari. Questo, a sua volta, andrà a beneficio della più ampia amministrazione pubblica e dell'ecosistema delle imprese private. Ci sono già piani per per esplorare il riutilizzo e lo sviluppo di farmaci, la risposta e il soccorso ai disastri naturali e le sfide della sostenibilità come la decarbonizzazione e la produzione di energia.

Un'altra cooperazione pubblico privato riguarda l'**Università Federico II di Napoli** (da cui proviene tra l'altro il già citato prof. Franco Nori) e **Seeqc**, un'azienda di computazione quantistica digitale con sedi negli Usa e in Europa, il cui il team napoletano di Seeqc, ha sviluppato e misurato con successo un'operazione logica (**gate**) a **due-qubit**. Quello di Seeqc è il primo team italiano e uno dei pochi tra una manciata di altre aziende internazionali di computazione quantistica a raggiungere questo traguardo.

Seeqc è in procinto di equipaggiare a Napoli un nuovo laboratorio e strutture di test in collaborazione col dipartimento di fisica presso l'Università. Il laboratorio dovrebbe essere completato entro la fine del 2021 e ospiterà ricercatori esperti nel campo delle tecnologie quantistiche.

I problemi aperti e la carenza di specialisti qualificati

La maggior parte dei concetti alla base dei computer quantistici provengono da ricerche finanziate con fondi pubblici. Ora che il calcolo quantistico è potenzialmente prezioso, molti governi stanno aumentando il supporto e anche i finanziamenti pubblici per l'informatica quantistica sono in forte espansione. E' un tema trattato nel recente G7 in Cornovaglia e rimane una delle più importanti aree su cui si basa la ripresa economica dopo la pandemia.

La carenza di specialisti rischia però di diventare un limite alla crescita. Da un lato la ricerca focalizzata delle imprese attrae i migliori talenti, focalizzando la ricerca su specifici aspetti. In qualche caso alcune start-up che stanno brevettando prodotti della ricerca finanziata con fondi pubblici, limitano le vie di indagine alla ricerca pura nelle università, che sta peraltro soffrendo dell'esodo dei migliori ricercatori verso le istituzioni private. Si rischia di rallentare lo studio della meccanica quantistica pura, che rimane necessario per il progresso della tecnologia.

La cooperazione tra impresa e pubblico è necessaria per unire gli sforzi con un'approccio aperto.

È quindi necessario procedere in modo bilanciato che eviti resistenze allo scambio di informazioni e che favorisca i piani nazionali ad integrarsi in un rapido progresso da un lato sulla ricerca pura aperta e dall'altro in favore di soluzioni applicative commerciali. Esempi ce ne sono già, come la citata community IBM che di fatto punta a creare una base di competenze di programmazione, così come Microsoft.

Il Quantum Computing è quindi **un'area di sviluppo** di interesse **per tutti i giovani** che si affacciano al mondo del lavoro o della ricerca universitaria. Di fronte ad una nuova rivoluzione **l'Italia ha tutte le carte** in regola per giocare **un ruolo primario** per la sua riconosciuta **competenza** e, attraverso il Piano Nazionale di Resilienza e Ripresa, recuperare qualche posizione persa nel recente passato. Serve solo un maggiore coordinamento

Roberto Magnani

Sr Consultant

[linkedin.com/in/robertomagnani](https://www.linkedin.com/in/robertomagnani)

References

1. Feynman, R. 1982. Simulating physics with computers. *Int. J. Theor. Phys.* 21: 467.
2. Shor, P.W. (1994). "Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring". *Proceedings 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*. IEEE Comput. Soc. Press: 124–134.
3. EU Commission, "Quantum Flagship", <https://qt.eu> , accessed 2021
4. Elsevier Scopus ®, 2021 " Quantum computing research trends report" <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/who-uses/research-and-development/quantum-computing-report> " accessed June 2021
5. IDQ. 2018. China's growing investment in quantum computing. Accessed March 2021.
6. Morgan Stanley, 2021, "Counterpoint Global Insights on Quantum Computing" https://www.morganstanley.com/im/publication/insights/articles/article_quantumcomputing_a4.pdf, accessed March 2021
7. Martin-Lopez, E. et al. 2012. Experimental realization of Shor's quantum factoring algorithm using qubit recycling. *Nature Photonics* 6: 773.
8. D-Wave Systems. 2017. Temporal Defense Systems purchases the first D-Wave 2000Q quantum computer. Accessed February 2021.
9. Google AI Quantum and Collaborators. 2020. Hartree-Fock on a superconducting qubit quantum computer. *Science* 369: 1084.
10. W. Zhurek, "Decoherence and the Transition from Quantum to Classical"Physics"; <https://doi.org/10.1063/1.881293>, accessed May 2021
11. Drug Discovery Online. 2020. Researchers use NSF Convergence Accelerator to shorten drug discovery timeline. Accessed March 2021
12. Alvarez-Rodriguez, U. et al. (2018) Quantum artificial life in an IBM quantum computer. *Scientific Reports* 8: 1479
13. Adrian Cho. IBM promises 1000-qubit quantum computer—a milestone—by 2023, *Science*, Sep. 15, By Adrian Cho Sep. 15, 2020.
14. Digital360, Quantum Computing, Seeqc a Napoli rende l'Italia più protagonista del calcolo del futuro <https://www.digital4.biz/executive/digital-transformation/quantum-computing-seeqc-a-napoli-rende-litalia-piu-protagonista-del-calcolo-del-futuro/>, accessed May 2021
15. ETSI White Paper No. 8 Quantum Safe Cryptography and Security An introduction, benefits, enablers and challenges June 2015 ISBN No. 979-10-92620-03-0.

16. The word qubit coined in 1995 by B. Shumacher and W.K. Woiters, see <https://quantumfrontiers.com/2015/06/09/who-named-the-qubit/>, accessed February 2021
17. J. von Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Springer-Verlag, Berlin (1932)
18. M. Gell-Mann, J. B. Hartle, in *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*, W. H. Zurek, ed., Addison-Wesley, Redwood City, Calif. (1990)
19. Ono K, Shevchenko SN, Mori T, Moriyama S, **Nori F**. Analog of a Quantum Heat Engine Using a Single-Spin Qubit. *Physical Review Letters*. 125: 166802. PMID 33124837 DOI: 10.1103/PhysRevLett.125.166802



Roberto Magnani

I help organizations, including Healthcare and Life Science, in improving clients satisfaction, patients care and profitability through Artificial Intelligence, Design Thinking and shortly Quantum Computing

The attached article focus on #quantumcomputing in Italy, therefore I have developed it in Italian. If the automatic translation in English is not clear, please contact me directly. It is a topic that requires #openness and #networking. I hope to contribute a little in understanding the potential disruptive revolution that can bring in the next few years. #Innovation #university #quantumresearch #quantumphysics