

Calcul Haute Performance Quantique : donner vie à la prochaine vague d'informatique



Par Jay Gambetta, IBM Fellow and Vice President, Quantum Computing, le 09 novembre 2022 : La mission d'IBM Quantum est d'apporter au monde une informatique quantique utile.

Depuis que nous avons mis pour la première fois un ordinateur quantique sur le Cloud [en 2016](#), nous avons développé du matériel, des logiciels et des services de pointe pour nos utilisateurs afin de les préparer à la prochaine vague informatique. Mais en suivant notre [feuille de route de développement](#), nous avons réalisé que cette année, nous ne nous contentons plus de nous préparer. Nous sommes prêts à commencer la mise en œuvre de la prochaine vague de l'informatique, et avec elle, d'une informatique quantique utile.

C'est pourquoi nous avons choisi « The Next Wave » (La Nouvelle Vague) comme thème de l'IBM Quantum Summit de cette année, l'événement le plus important pour les membres de l'IBM Quantum Network. Aujourd'hui, nous avons fait 12 annonces présentant du nouveau matériel informatique quantique, des capacités logicielles permettant d'extraire de la valeur de ces processeurs, et la manière dont nos produits et services contribuent à créer une industrie quantique mondiale. Nous avons également déclaré que 2023 serait un point d'inflexion majeur : nous sommes prêts à commencer à réaliser un calculateur haute performance quantique (quantum-centric supercomputer), une architecture informatique modulaire qui permet la mise à l'échelle, en combinant la communication et le calcul quantiques pour augmenter la capacité de calcul tout en utilisant un middleware Cloud hybride pour intégrer de manière transparente les flux de travail quantiques et classiques.

Accroître les performances, la valeur et l'adoption dès aujourd'hui

Cette année, notre première annonce majeure a été l'introduction d'IBM Quantum Osprey, de 433 qubits, le plus grand processeur quantique à ce jour, trois fois plus grand que le processeur Eagle que nous avons annoncé l'année dernière. [Comme Eagle](#), Osprey comprend un câblage à plusieurs niveaux pour offrir une certaine flexibilité en ce qui concerne l'acheminement des signaux et l'organisation des processeurs, tout en ajoutant un filtrage intégré pour réduire le bruit et améliorer la stabilité. Mais nous avons également fait d'autres annonces importantes concernant le matériel. Séparément, nous avons validé un nouvel acheminement des signaux de commande à haute densité avec un câblage flexible pour fournir une augmentation de 70 % de la densité des câbles et une réduction par un facteur 5 du coût par ligne.

Nous avons également présenté notre système de contrôle de troisième génération, qui sera bientôt capable de contrôler 400 qubits dans un seul rack à un prix encore plus bas que les générations précédentes. Nous avons également progressé dans nos autres mesures de performance - qualité et vitesse - en améliorant de 4 fois le volume quantique, qui est passé de 128 à 512, et de 10 fois [le nombre de couches de circuits exécutés par seconde \(CLOPS\)](#), qui est passé de 1 400 à 15 000, dépassant ainsi notre objectif de 10 000 CLOPS, le tout sur des puces Falcon.

Mais un matériel performant ne suffira pas seul à rendre l'informatique quantique utile : nous devons apporter de la valeur, c'est-à-dire des capacités avancées que nos utilisateurs peuvent déployer [sans difficulté](#). Nous avons annoncé plusieurs nouvelles fonctionnalités lors du sommet de cette année. Premièrement, les utilisateurs peuvent désormais utiliser la suppression d'erreurs dans les primitives de Qiskit Runtime en fixant simplement un niveau d'optimisation dans l'API. Deuxièmement, ils peuvent ajouter des [stratégies d'atténuation des erreurs](#) de plus en plus avancées à leurs primitives en utilisant le nouveau réglage du niveau de résilience, ce qui leur permet d'explorer le compromis entre la précision accrue d'une atténuation des erreurs plus avancée et l'augmentation des durées d'exécution. Ces deux fonctionnalités ont été publiées en version bêta, avec un support complet en 2025.

Enfin, les utilisateurs bénéficient désormais d'un accès complet aux [circuits dynamiques](#), ceux qui intègrent le calcul classique pendant le temps de cohérence des qubits afin d'effectuer un éventail plus riche d'opérations de circuit. Les circuits dynamiques réduiront considérablement la longueur de certains circuits quantiques et sont donc essentiels pour le potentiel à court terme d'une informatique quantique utile.

Maintenant que vous voyez comment nous prévoyons d'apporter de la valeur, nous montrons à la communauté quantique comment tirer profit des ordinateurs quantiques en favorisant l'adoption des produits et services

d'IBM Quantum. Nous continuons à investir dans des [initiatives de formation](#) dont plus de 5,4 millions de personnes ont bénéficié afin de préparer une main-d'œuvre qui contribuera à faire progresser le quantique.

Nous développons notre réseau IBM Quantum Network, qui compte désormais plus de 200 membres, en accueillant les centres d'innovation quantique Arizona State University, DESY, IIT Madras et uptownBasel, ainsi que de nouveaux clients industriels tels que [Crédit Mutuel Alliance Fédérale](#), Bosch, Erste Digital, Tokyo Electron, HSBC et Vodafone. Et nous continuons à soutenir la communauté quantique avec nos offres simplifiées, notamment notre plan ouvert, notre plan de paiement à l'usage, ainsi que notre plan premium et [l'offre IBM Quantum Accelerator](#) - ces deux dernières étant liées à l'adhésion à l'IBM Quantum Network.

Mais alors que nous préparons l'ère du « quantique utile », nous sommes conscients qu'un ordinateur quantique d'une échelle et d'une qualité suffisantes permettrait de casser les schémas de chiffrement des données actuels, et qu'il faudra du temps pour assurer la transition vers une nouvelle cryptographie - il est donc crucial de commencer à se préparer dès aujourd'hui. Depuis 2016, IBM travaille avec des organismes de normalisation pour définir de nouvelles normes de cryptographie résistante aux ordinateurs quantiques afin de se préparer à cette nouvelle ère. Cette année, le National Institute of Standards and Technology (NIST) américain a sélectionné [quatre algorithmes](#) pour être normalisés - trois de ces algorithmes ont été codéveloppés avec des IBMers. Et maintenant, nous en faisons profiter l'industrie, avec [l'offre IBM Quantum Safe](#) qui prépare nos clients à la transition vers la cryptographie post-quantique. IBM et Vodafone s'associent pour préparer Vodafone et le secteur des télécommunications à la transition vers la cryptographie résistante aux ordinateurs quantiques.

La prochaine vague de l'informatique

Nous avons dit que l'année 2023 marquerait un point d'inflexion majeur dans l'informatique quantique, où nous commencerions à réaliser du calcul haute performance quantique (quantum-centric supercomputing). L'année prochaine, nous commencerons donc à prendre les mesures nécessaires pour y parvenir.

Au centre de ce calculateur haute performance quantique se trouve un middleware, conçu pour maximiser les performances des applications quantiques exécutées sur des ressources informatiques quantiques et classiques, parallélisées et basées sur le Cloud. Ce middleware intégrera la boîte à outils Circuit Knitting, un ensemble de techniques intégrant le calcul classique pour étendre la capacité de calcul des systèmes quantiques. Parallèlement, [Quantum Serverless](#) permet aux développeurs de se concentrer sur le code, plutôt que sur le provisionnement de ressources, en effectuant le découpage des circuits, en exécutant les circuits

quantiques ainsi obtenus en parallèle et en reconstruisant les circuits avec l'informatique classique pour obtenir un résultat final. Nous avons annoncé que la boîte à outils Circuit Knitting Toolbox et Quantum Serverless ont été publiés en version alpha, la version complète étant prévue pour 2025.

Bien entendu, nous construisons notre matériel autour de cette vision d'un ordinateur haute performance quantique. L'année prochaine, nous lancerons le processeur [IBM Quantum Heron](#) de 133 qubits, basé sur notre nouvelle architecture de coupleur accordable. Heron sera capable de se combiner de manière modulaire et d'intégrer la communication classique pour accélérer les flux de travail, afin de tirer parti de la boîte à outils Circuit Knitting. Mais nous ne pouvons pas nous contenter de penser de manière modulaire : nous devons aussi évoluer de manière rentable. C'est pourquoi nous développons notre contrôleur de qubits cryo-CMOS 4K, que nous pouvons utiliser pour contrôler des qubits depuis l'intérieur du réfrigérateur, avec une puce de la taille d'un ongle.

Sur le plan logiciel, vous serez bientôt en mesure d'exécuter des circuits sur des processeurs quantiques parallèles avec une communication classique en temps réel grâce à l'extension Threaded Runtimes. En ajoutant des circuits dynamiques, nous espérons permettre aux utilisateurs d'exécuter en 18 heures des circuits qui prendraient 180 ans sans ces nombreuses avancées. En outre, avec le Flamingo en 2024, nous pourrions explorer les coupleurs à longue portée et réduire encore ce temps, potentiellement jusqu'à 1ms.

À quoi ressemblera le ordinateur haute performance quantique ? Cette année, nous avons dévoilé les plans de l'élément central du ordinateur haute performance quantique : l'IBM Quantum System Two, dont la sortie est prévue en 2023. L'IBM Quantum System Two est un système modulaire et extensible que nous envisageons comme l'élément central du ordinateur haute performance quantique. Le System Two est l'aboutissement de nos avancées vers une architecture emblématique, représentative de la direction que nous prenons dans l'ère quantique.

Le défi 100X100

En simplifiant tout, la mise en place d'une informatique quantique utile est une entreprise à deux volets : IBM Quantum développera un superordinateur quantique performant, capable et « accessible à tous ». Parallèlement, nous collaborons avec nos utilisateurs pour trouver des cas d'usage potentiels qui pourraient bénéficier de l'informatique quantique et, avec eux, d'un avantage quantique. Nous nous engageons à respecter la première partie et, afin de contribuer à la seconde, nous annonçons un défi : le défi 100x100.

Qu'est-ce que le défi 100×100 ? En 2024, nous prévoyons de proposer un outil capable de calculer des observables non biaisées de circuits comportant 100 qubits et 100 opérations de profondeur dans un temps d'exécution raisonnable. Nous sommes confiants dans notre capacité à fournir cet outil grâce à Heron : si nous pouvons construire un processeur Heron avec [des taux de fidélité supérieurs à 99,9% pour les portes à deux qubits](#), ainsi que l'infrastructure logicielle pour effectuer les mesures sur les circuits de concert avec les ressources classiques, alors nous pourrons exécuter un circuit de 100x100 en moins d'une journée et produire des résultats non biaisés. Ce système sera capable d'exécuter des circuits quantiques dont la complexité et la durée d'exécution dépassent les capacités des meilleurs ordinateurs classiques actuels.

Notre mission consiste à mettre l'informatique quantique au service du monde. Lors de notre Sommet annuel, nous avons démontré que nous sommes en bonne voie pour faire de cette déclaration une réalité, et nous vous avons montré ce que nous allons faire à partir de maintenant. Nous allons continuer à fournir la meilleure offre quantique complète du secteur, et c'est à l'industrie d'utiliser ces systèmes quantiques complets. Ensemble, faisons de l'informatique quantique utile une réalité.

Contacts Presse :

Weber Shandwick pour IBM

IBM

Gaëlle Dussutour

Tél. : + 33 (0)6 74 98 26 92

dusga@fr.ibm.com

Louise Weber / Jennifer Tshidibi

Tél. : + 33 (0)6 89 59 12 54 / + 33 (0)6 13 94 26 58

ibmfrance@webershandwick.com
