

## « Un benchmarking des ordinateurs quantiques orienté applications. »

LANCÉ EN SEPTEMBRE 2023 POUR TROIS ANS, LE PROJET BACQ (BENCHMARKS APPLICATIFS POUR LES CALCULATEURS QUANTIQUES) S'INSCRIT DANS METRIQS-FRANCE, LE PROGRAMME NATIONAL D'ÉVALUATION DE TOUTES LES TECHNOLOGIES QUANTIQUES, COORDONNÉ PAR LE LNE. IL VISE À DÉVELOPPER UN OUTIL CAPABLE D'ÉVALUER ET DE COMPARER LES PERFORMANCES DES ORDINATEURS QUANTIQUES. CE PROJET RASSEMBLE UN CONSORTIUM COMPOSÉ DE THALES, QUI EN EST LE COORDINATEUR, D'EVIDEN, DU CEA, DU CNRS, DE TERATEC ET DU LNE. INTERVIEW DE FRÉDÉRIC BARBARESCO, RESPONSABLE DU SEGMENT QUANTUM ALGORITHMS & COMPUTING CHEZ THALES.

### Quels sont les enjeux du projet BACQ en général, et pour Thales en particulier ?

**Frédéric Barbaresco :** L'informatique quantique pourrait révolutionner de nombreux domaines et secteurs d'activité, depuis la simulation pour la recherche jusqu'à l'ingénierie, en passant par l'optimisation, la logistique et la cryptographie. Mais pour soutenir son développement, il est essentiel d'en mesurer les progrès avec objectivité et fiabilité. L'enjeu du projet BACQ est de permettre aux utilisateurs et fournisseurs de technologies de comparer en toute transparence les performances des calculateurs quantiques.

Moteur du quantique en France, tant dans les capteurs et les telecoms que dans la conception d'algorithmes, Thales a développé une culture et une expertise uniques en France. C'est un axe stratégique fort de notre développement, avec des applications civiles et militaires allant de la conception d'antennes électromagnétiques, au contrôle du trafic aérien de drones, à la planification de missions des constellations de satellites...

### BACQ repose sur la réalisation de benchmarks. De quoi s'agit-il concrètement ?

**F.B. :** Ces benchmarks permettront d'évaluer les performances des calculateurs quantiques sous l'angle de quatre applications thématiques : la simulation de modèles de physique quantique pour la chimie fine par exemple ou l'étude des matériaux, l'optimisation de problèmes complexes, la résolution de systèmes linéaires notamment pour la simulation électromagnétique, la simulation de la mécanique des structures ou des fluides ou la simulation multi-physique, et la factorisation utilisée en crypto-analyse.

L'évaluation sera fondée sur l'agrégation de plusieurs critères techniques tels que la précision et le temps de calcul, l'échelle des problèmes à résoudre ou la consommation énergétique. Cette évaluation multicritère sera compréhensible et transparente pour les utilisateurs finaux, dont les préférences entre critères auront été capturées au préalable. Les critères techniques seront ainsi agrégés pour élaborer des qualités de service plus facilement interprétables par des utilisateurs finaux sans connaissance technique des calculateurs quantiques. Un outil d'explicabilité permettra aussi de comprendre la méthode d'évaluation et la note attribuée aux calculateurs.

### LE LNE, PLEINEMENT DANS LE QUANTIQUE

Le LNE dispose d'une expertise de niveau mondial sur les étalons quantiques : ses chercheurs ont par exemple été les premiers à proposer un étalon fondé sur l'effet Hall quantique et l'effet Josephson afin de réaliser la nouvelle définition de l'ampère fondée sur la charge élémentaire. Le Laboratoire est aussi membre de plusieurs initiatives et réseaux sur le quantique, tels que QUANTUM Paris-Saclay, QuantIP en Île-de-France, l'EMN-Q «The European Metrology Network on Quantum

Technologies» au sein d'EURAMET, QuIC «The European Quantum Industry Consortium».

Il est aussi partenaire de plusieurs projets de recherche Horizon Europe, comme Qu-Test ou FLATS, et collabore régulièrement avec des équipes en pointe sur le sujet au C2N (CNRS-U. Paris-Saclay), au CEA/SPEC, au CEA/Pheliqs. Enfin, il coordonne le programme MetriQs-France, dans le cadre de la Stratégie nationale quantique.



### LES AVANTAGES QUANTIQUES

Grâce à la superposition et à l'intrication d'états quantiques, qu'il est possible de réaliser avec des qubits, les calculateurs quantiques peuvent effectuer plusieurs calculs à la fois, et pourraient ainsi radicalement accélérer la résolution de problèmes complexes... ou tout simplement les résoudre - si l'on pense par exemple aux problèmes d'optimisation dans la logistique ou à la simulation de matériaux. Le calcul quantique est également une aubaine pour des modèles d'apprentissage automatique en IA ou le cryptage de données. Le tout, en pouvant être plus efficace énergétiquement qu'un superordinateur.

### Quelle sera sa plus-value ?

**F.B. :** BACQ est résolument orienté utilisateurs. Grâce à cette évaluation comparée des performances, ils pourront suivre le degré de maturité technologique des calculateurs quantiques pour résoudre leurs problèmes ou développer de nouvelles applications.

C'est aussi un moyen de rassurer l'écosystème et les investisseurs sur les performances du calcul quantique, en suivant leur évolution sur la base de critères impartiaux. L'enjeu de ce projet est de fournir une boussole fiable et durable sur le cap à prendre et les technologies à suivre, mais aussi de faire adhérer les constructeurs à notre méthodologie et à notre outil.

Les travaux menés dans le cadre de BACQ alimenteront également des groupes qui travaillent sur la normalisation des technologies quantiques en France, en Europe et à l'international.

### L'une des premières missions a consisté, en 2023, à adapter le Q-Score d'Eviden ?

**F.B. :** Développé par Eviden il y a trois ans, le Q-Score, dans sa version originale, mesure la capacité d'un système quantique à résoudre un problème d'optimisation (MaxCut). Dans le cadre d'une phase préliminaire au projet BACQ débutée en février 2023, il a été adapté pour tester une grande variété de machines quantiques et déjà adopté par certains constructeurs, ce qui nous permet d'avoir des premiers retours d'expérience. La prochaine étape concernant Q-Score sera de développer un nouveau Q-Score/Many-body, adapté à la simulation de la physique quantique. Il s'agira aussi de commencer l'agrégation des critères développés dans le cadre du projet, en se basant sur notre outil de décision multicritère MYRIAD.

Nous travaillons également à l'élargissement du programme à l'Allemagne et aux Pays-Bas, avec l'objectif de faire adhérer le maximum de pays, en particulier européens, à ce benchmark.

### Quelle est, à vos yeux, la valeur ajoutée du LNE dans le projet BACQ ?

**F.B. :** BACQ s'inscrit dans le cadre de MetriQs-France, le programme national d'évaluation de toutes les technologies quantiques, coordonné par le LNE. Nous allons donc profiter de son expertise sur ce sujet, mais aussi, plus généralement, dans les méthodes de mesure de référence. Durant tout le projet, le LNE animera des échanges avec l'écosystème des constructeurs et des utilisateurs, participera à des workshops pour faire connaître nos travaux et jouera un rôle d'interface avec les organismes de normalisation.

À l'issue du projet, le jeu de benchmarks sera livré et maintenu par le LNE, pour être mis à la disposition des utilisateurs et des constructeurs d'ordinateurs quantiques. Tiers de confiance, le Laboratoire fournira une évaluation aussi impartiale et indépendante que possible des performances des différentes solutions de calcul quantique.



Frédéric Barbaresco,

RESPONSABLE DU SEGMENT QUANTUM ALGORITHMS & COMPUTING CHEZ THALES