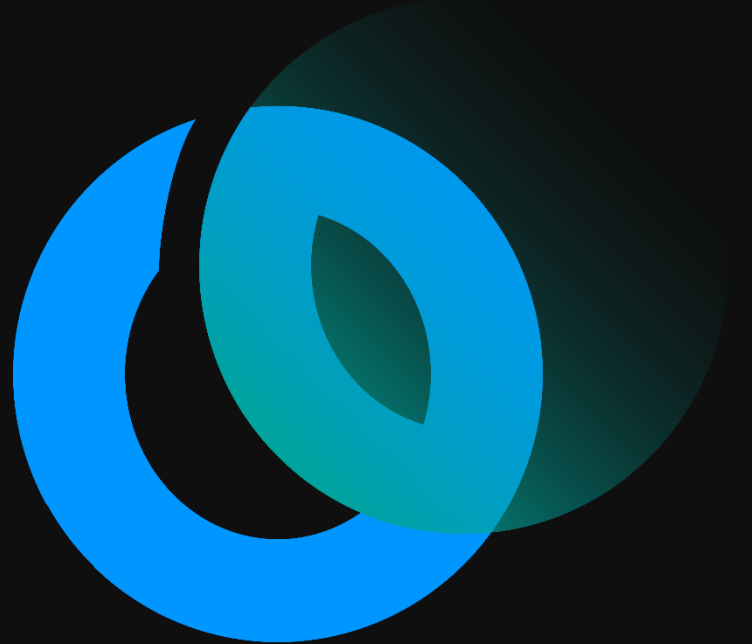
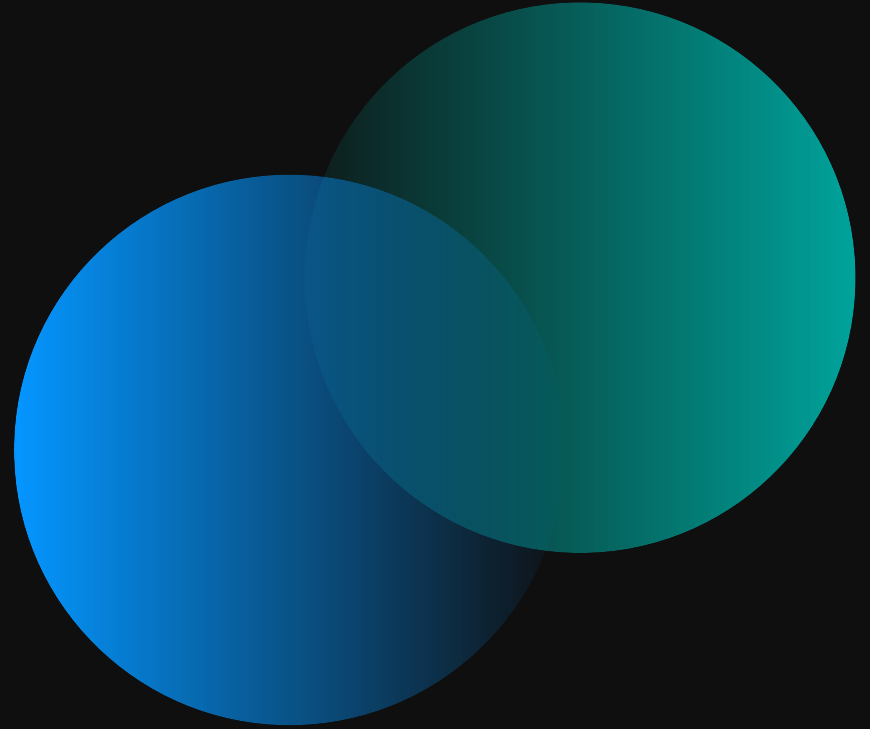


# Calcul hybride classique / quantique: Quelles architectures de systèmes?

Cyril ALLOUCHE  
Fellow & VP Quantum Computing  
31/03/2022



01. Quelques propriétés  
structurantes du  
calcul quantique



# L'accélération quantique n'est pas universelle

- Un algorithme classique n'est JAMAIS accéléré sur un ordinateur quantique
- La classe des algorithmes quantiques connus avec un gain exponentiel est mince:
  - Exemple 1 : Shor
  - Exemple 2 : HHL

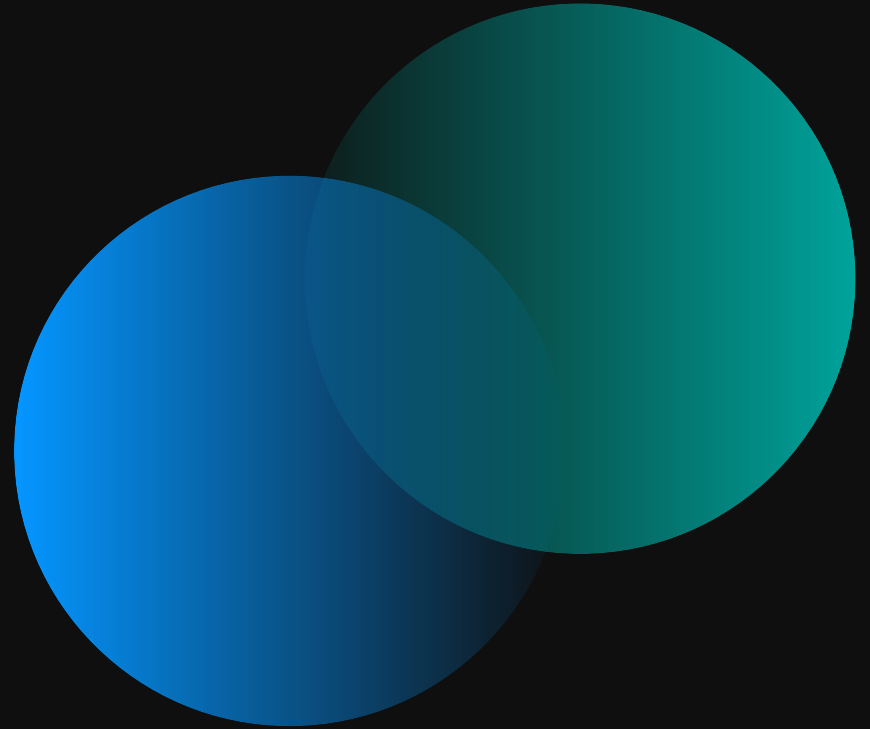
<https://quantumalgorithmzoo.org/>



# Mouvement de données quantiques

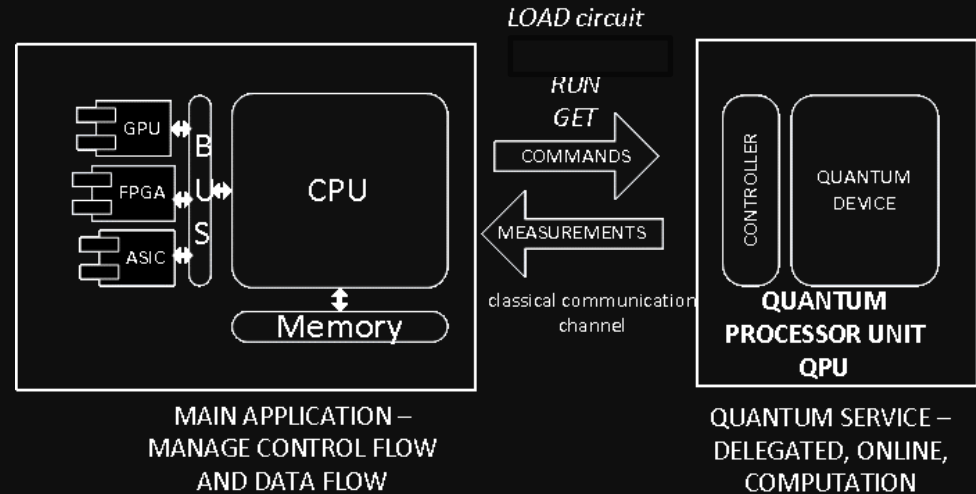
- Copie : no cloning theorem !
- Test : la mesure détruit la superposition!
- Chargement de données: la création d'un état quantique donné a un coût **exponentiel** en nombre de portes!
- Communication avec un QPU :
  - IN: Circuit + paramètres – pas d'état quantique!
  - OUT: mesure (bitstring)

## 02. Modèles de programmation et architectures



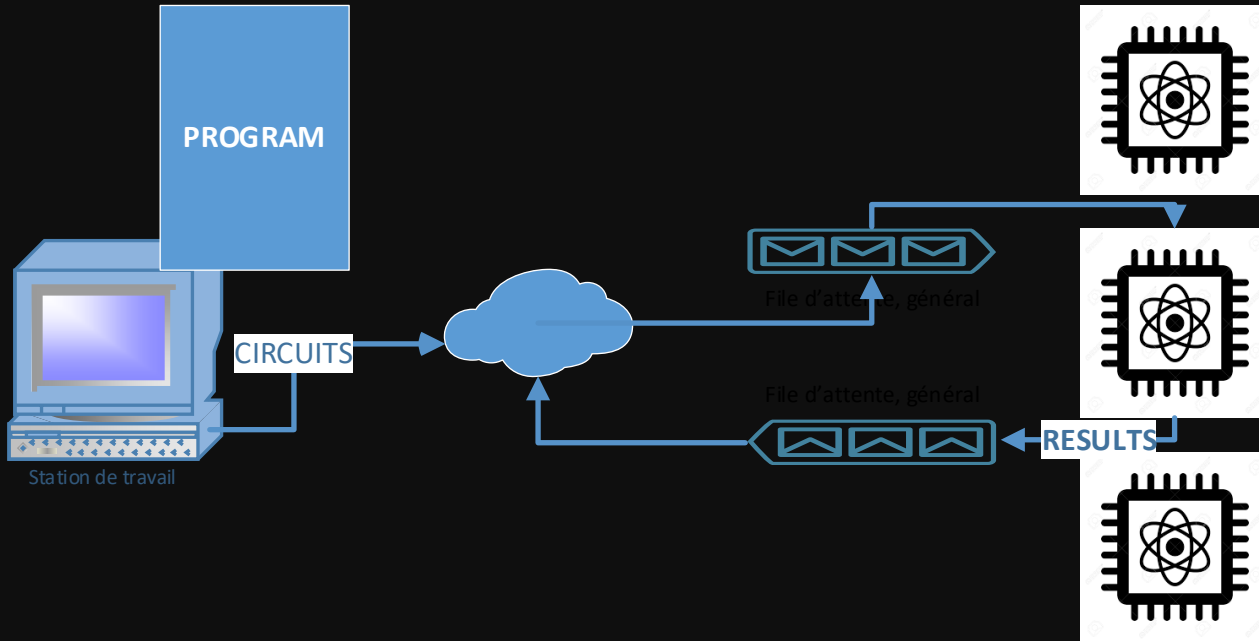
# Modèle de calcul hybride

- Quantum Processor Unit (QPU) en tant que co-processeur (très) spécialisé
- Le contrôle d'exécution reste au CPU
- QPU en esclave synchrone du CPU
- Le CPU construit les circuits à la volée, les soumet au QPU, et récupère des mesures



# Quelle architecture pour le HPC et le cloud?

1<sup>ère</sup> option : QPUaaS – ex IBM Q v1, AWS, ..

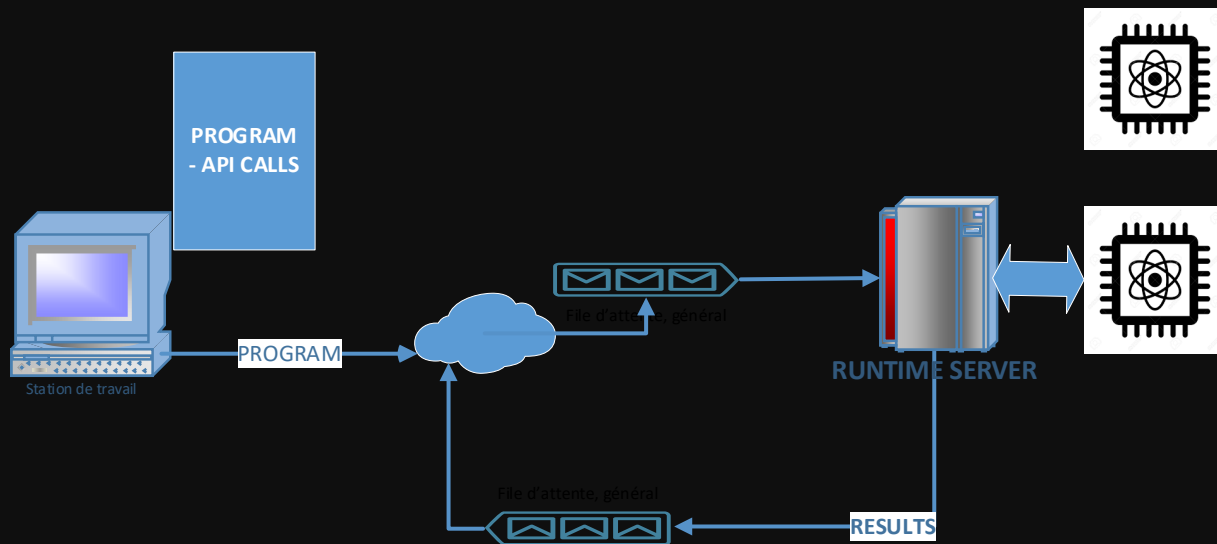


Problèmes:

- Latence utilisateur
- Sous-utilisation des QPU (98% idle!)

# Quelle architecture pour le HPC et le cloud?

2<sup>ème</sup> option : Runtime aaS – ex IBM Q OpenQASM3



Problèmes:

- Perte de contrôle utilisateur
- Perte valeur ajoutée code utilisateur
- Non scalable – runtime monolithique



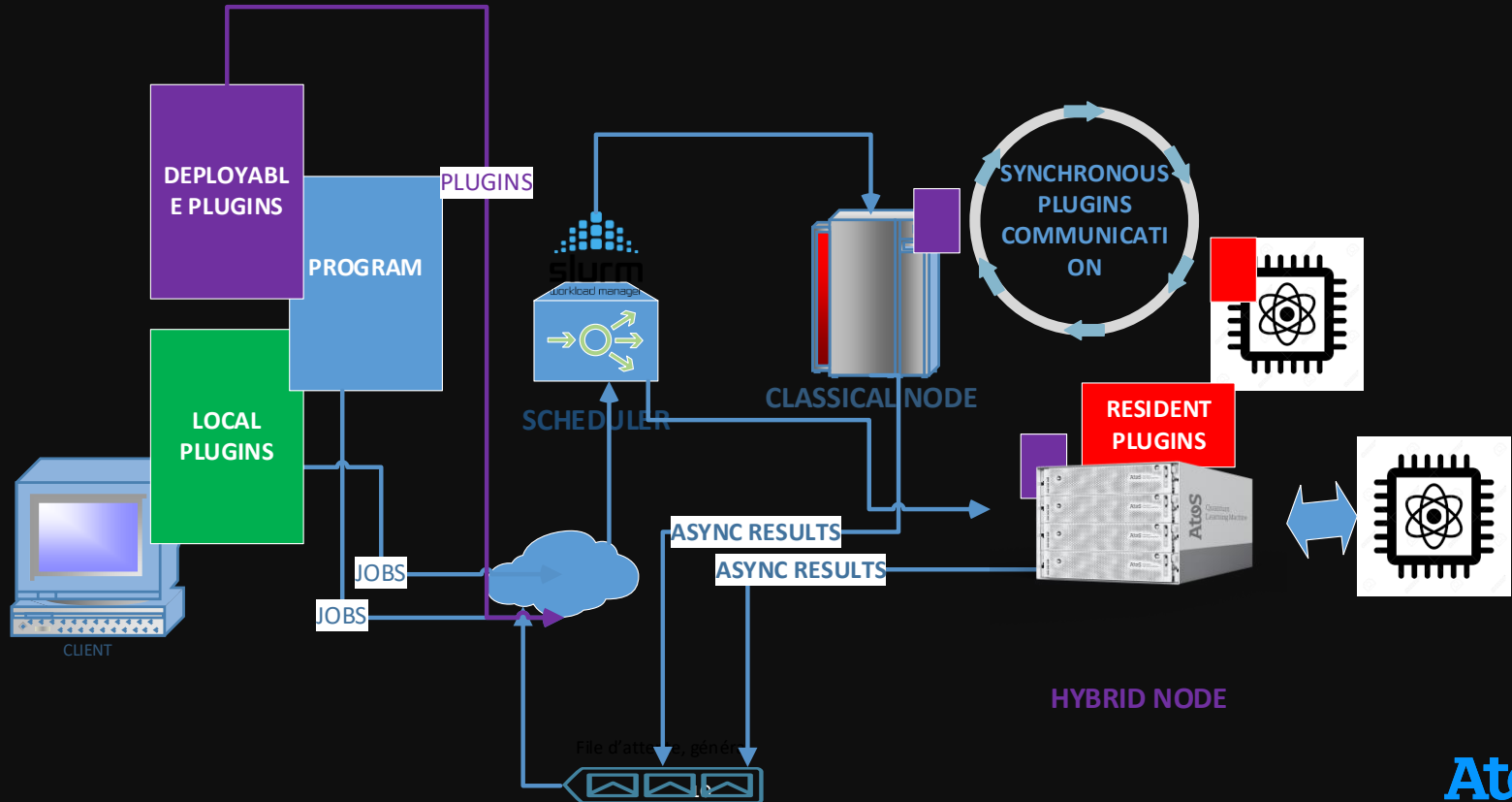
# Quelle architecture pour le HPC et le cloud?

## L'approche d'Atos

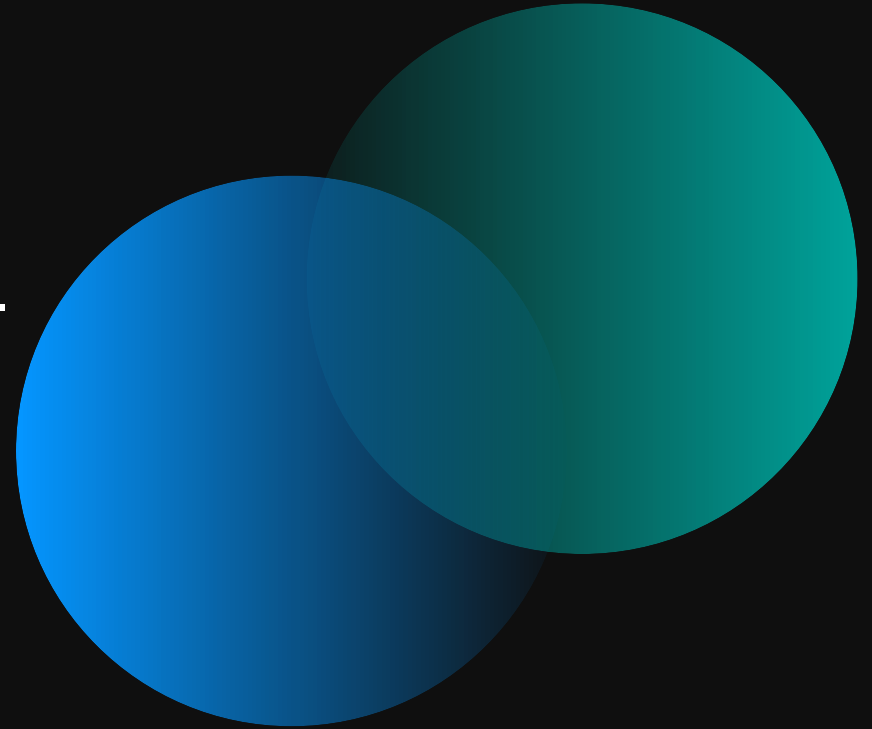
- Framework de programmation hybride par micro-services
- Microservices déployables sur client / serveur / QPU, synchrones / asynchrones
- gestion des communications entre MS transparente pour l'utilisateur
- Interfaçage au resource manager (HPC)

# Quelle architecture pour le HPC et le cloud?

Atos myQLM PowerAccess



### 03. Problématiques Post-NISQ



- Programmation quantique distribuée
  - Interconnect classique ?
  - Interconnect quantique?
- Programmation hétérogène distribuée
- Programmation LSQ : circuits statiques pré-compilés

The image shows a server rack with four units, each labeled 'AtoS'. To the right of the rack is a box labeled 'AtoS Quantum Learning Machine'. The word 'AtoS' is also written vertically on the side of the box. The background is a dark blue gradient.

Questions?

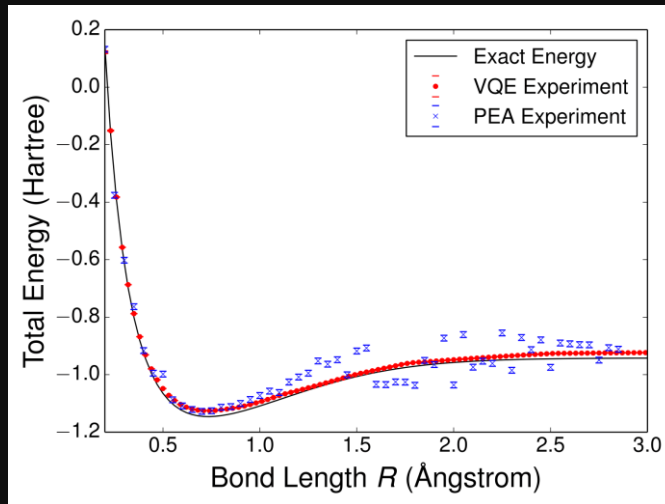
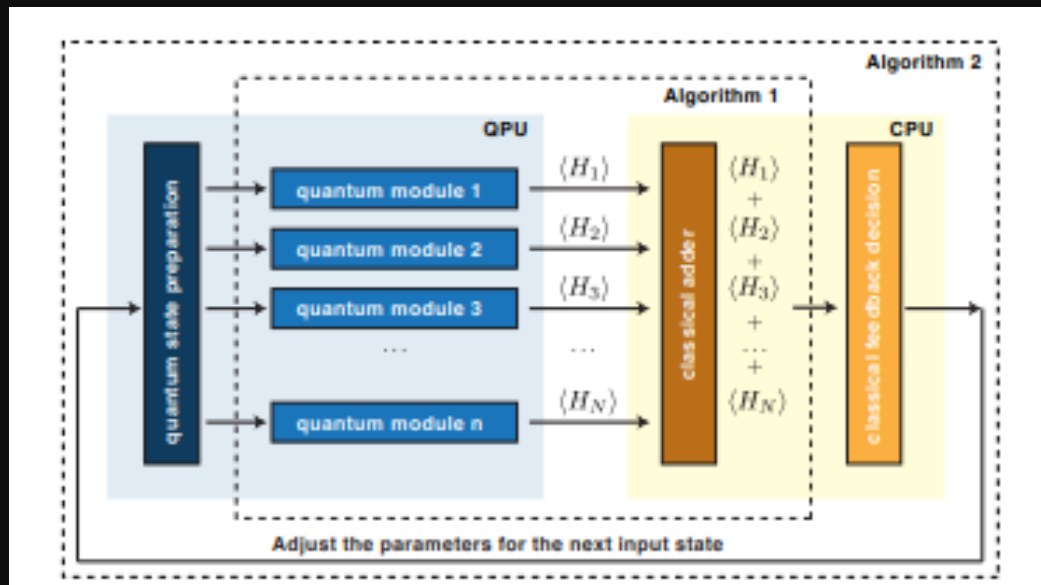
# Thank you!



Atos, the Atos logo, Atos | Syntel are registered trademarks of the Atos group. March 2022. © 2022 Atos. Confidential information owned by Atos, to be used by the recipient only. This document, or any part of it, may not be reproduced, copied, circulated and/ or distributed nor quoted without prior written approval from Atos.

# Computing True With Errors : the VQE Algorithm

- Peruzzo 2014 - find minimal eigenvector of matrix H



Source: Google, UC Santa Barbara