

Plan du séminaire : L'algorithme quantique

RAETH Léandre, SANNA Thomas
L3 Sciences et Technologie P. Informatique

13 février 2025

1 Introduction

1.1 Présentation du sujet

- L'informatique quantique est bien plus qu'un simple ordinateur "sous stéroïde" (V2F 2024).
- Objectif du séminaire : comprendre pourquoi et comment les algorithmes quantiques surpassent les algorithmes classiques.

1.2 Exemple introductif

- Recherche d'un élément dans une liste classique ($\epsilon(n)$ en informatique classique vs. $\epsilon(\sqrt{n})$ en quantique avec Grover).

2 Informatique classique vs. Informatique quantique

2.1 Bits classiques

- Représentation en 0 et 1 via des transistors et du courant électrique.
- Opérations logiques via des portes (AND, OR, NOT...).

2.2 Qubits quantiques

- Différents supports physiques (ions, supraconducteurs, spin d'électrons).
- Principales différences : Superposition, Intrication, Interférence.

3 Propriétés fondamentales de l'informatique quantique

3.1 Superposition

- Un qubit peut être simultanément en état 0 et 1.
- Notation mathématique : $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$. (SCIENCEETONNANTE 2015)

3.2 Intrication

- Deux qubits intriqués partagent un lien instantané, peu importe la distance.

3.3 Interférence

- Permet de manipuler les probabilités des états mesurés. (NICOLAZIC 2024)

4 L'algorithme de Grover

4.1 Problématique

- Recherche d'un élément dans une liste non triée.

4.2 Comparaison des algorithmes

- Algorithme classique : n étapes dans le pire des cas.
- Algorithme quantique : \sqrt{n} étapes grâce à Grover. (WIKIPEDIA s. d.)

4.3 Fonctionnement en deux étapes

1. **Oracle** : Marquage de l'élément recherché.
 2. **Diffusion** : Amplification de la probabilité de la bonne réponse. (V2F 2024)
- Reprise de la boucle \sqrt{n} fois pour obtenir une probabilité optimale.

5 Expérimentation : coder un algorithme quantique

5.1 Exécution d'un programme quantique

- Utilisation d'un simulateur ou d'un véritable ordinateur quantique via IBM Q Experience ou Microsoft Azure Quantum. (*Azure Quantum — Homepage — quantum.microsoft.com* s. d.) (WOOTTON s. d.)

5.2 Exemple de code en Qiskit

- Exemple de code simple en Qiskit : exécution d'un circuit de Grover.

6 Limites et perspectives

6.1 Défis actuels

- Fragilité des qubits (décohérence, erreurs de mesure).
- Nombre limité de qubits utilisables aujourd'hui. (V2F 2024)

6.2 Futur de l'informatique quantique

- Augmentation du nombre de qubits et correction d'erreurs. (TUZHILIN 2024)
- Applications potentielles (cryptographie, optimisation, intelligence artificielle).

7 Conclusion et Q&A

7.1 Récapitulatif des points clés

- Importance de l'informatique quantique dans l'avenir. (NICOLAZIC 2024)

7.2 Session de questions-réponses

- Session de questions-réponses avec le public.

Références

- Azure Quantum — Homepage — quantum.microsoft.com (s. d.). <https://quantum.microsoft.com/>. [Accédé le 13-02-2025].
- NICOLAZIC, Damien (2024). *Introduction to quantum computing and quantum programming*. [Accédé le 10-02-2025].
- SCIENCEETONNANTE (2015). *La mécanique quantique en 7 idées*. <https://www.youtube.com/watch?v=Rj3jTw2DxXQ>. [Accédé le 13-02-2025].
- TUZHILIN, Dr. Alexander (2024). *What Quantum Computers Cannot Do : An Overview* — [uopeople.edu](https://www.uopeople.edu). <https://www.uopeople.edu/blog/what-quantum-computers-cannot-do/>. [Accédé le 13-02-2025].
- V2F (2024). *L'informatique quantique, c'est simple, en fait*. <https://www.youtube.com/watch?v=wfxs7QXy4IU>. [Accédé le 11-02-2025].
- WIKIPEDIA (s. d.). *Algorithme de Grover* — Wikipédia — fr.wikipedia.org. https://fr.wikipedia.org/wiki/Algorithme_de_Grover. [Accédé le 13-02-2025].
- WOOTTON, Dr James (s. d.). *Getting started with the IBM Q Experience* — medium.com. <https://medium.com/qiskit/how-to-turn-on-your-quantum-computer-fba0a4152d92>. [Accédé le 11-02-2025].