



Université du Québec
à Chicoutimi

PLAN DE COURS PRÉLIMINAIRE

Hiver 2026

*Introduction à l'informatique quantique
(8INF896)*

Département d'informatique et de mathématique

Professeur

Adresse électronique:

Bureau:

Téléphone:

Présentation

Précisons d'abord que **ce cours ne porte pas sur l'intelligence artificielle** bien que celle-ci puisse bénéficier grandement de l'accélération de calcul promise par l'informatique quantique. L'année 2025 a été proclamée par l'UNESCO **Année de la science et de la technologie quantiques** ce qui m'a incité à proposer d'offrir un cours d'introduction à l'informatique quantique.

Au début du XX^e siècle, les idées révolutionnaires d'**Albert Einstein** ont révélé que l'espace et le temps ne sont pas des entités distinctes, mais les dimensions étroitement liées d'un **continuum à quatre dimensions**, au sein duquel planètes et galaxies obéissent aux **lois de la relativité générale**. Presque simultanément, l'**émergence de la mécanique quantique**, en 1925, a ouvert une tout autre fenêtre sur la nature : celle d'un monde où les particules se comportent comme des **ondes de probabilité**, capables d'exister dans plusieurs états à la fois et de s'influencer instantanément à distance.

Ces deux révolutions scientifiques — la relativité et la mécanique quantique — ont profondément transformé notre compréhension du réel. Mais si la première a remodelé la physique du cosmos, la seconde a ouvert la voie à une **nouvelle manière de penser l'information, le calcul et la complexité**. En effet, au cœur du paradigme quantique se trouve l'idée que **l'information est physique** : elle n'est pas une abstraction mathématique, mais un contenu encodé dans l'état d'un système matériel, soumis aux lois de la physique quantique.

C'est dans ce contexte qu'est née, à la fin du XX^e siècle, l'**informatique quantique** — discipline à la croisée de la physique, des mathématiques et de l'informatique théorique. Elle explore comment les principes de superposition, d'intrication et d'interférence peuvent être exploités pour **traiter l'information d'une manière radicalement nouvelle**. Ce domaine, longtemps purement conceptuel, a aujourd'hui atteint un niveau de maturité où **des ordinateurs quantiques expérimentaux** permettent déjà de réaliser des calculs simples, autrefois inimaginables.

Le présent cours vise à introduire les **fondements conceptuels et formels** de l'informatique quantique. Nous y aborderons les notions essentielles de **qubit**, de **porte unitaire**, de **mesure**, ainsi que les grandes familles d'**algorithmes quantiques** (comme ceux de Deutsch-Jozsa, Grover et Shor).

Au-delà de la technique, ce cours propose une **réflexion sur la nature même de l'information**, sur les limites du calcul classique, et sur la façon dont le monde quantique nous oblige à repenser ce que “informer” et “comprendre” signifient.

Préalables

Alors que l'informatique classique est basée sur la logique booléenne, la théorie des ensembles et les probabilités, l'informatique quantique repose essentiellement sur l'algèbre linéaire sur les nombres complexes. L'étudiant est supposé avoir déjà reçu une formation portant sur les sujets suivants :

- Algèbre linéaire (Espace vectoriel, base, orthonormalité, valeurs et vecteurs propres, etc.)
- Nombres complexes (Opérations, Formes algébrique et exponentielle)
- Théorie des probabilités (Notions élémentaires)

Ces sujets seront brièvement revus en classe.

Contenu du cours

Les sujets abordés dans le cours seront choisis parmi les suivants :

- Motivation et historique
- Nombres complexes et amplitudes probabilistes
- Qubits, opérateurs unitaires, mesure, sphère de Bloch
- Registres quantiques, opérateurs de Bell, Mesure totale ou partielle
- Circuits quantiques
- Intrication quantique : Téléportation, Codage superdense, Échange d'intrication, Jeu de CHSH
- Algorithmes élémentaires (Deutsch, Deutsch-Jozsa, Simon)
- Algorithme de factorisation de Shor
- Algorithme de recherche de Grover
- Cryptologie quantique

Des exercices théoriques et pratiques seront donnés. Nous utiliserons la bibliothèque logicielle Qiskit d'IBM développée en Python.

Références

Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. (2020). *Quantum Computation and Quantum Information* (10th Anniversary Edition). Cambridge University Press.

Preskill, J. (2015). *Quantum Computation Lecture Notes*. California Institute of Technology. Disponible en ligne : <http://theory.caltech.edu/~preskill/ph219/>

Preskill, J. (2021). *Quantum Computing: 40 Years Later*. arXiv:2106.10522. Disponible à :
<https://arxiv.org/abs/2106.10522>

IBM Quantum Team. (2025). *Qiskit Tutorials*. Disponible en ligne :
<https://qiskit.org/documentation/tutorials/>

IBM Quantum Team (2024). *Learn Quantum Computation Using Qiskit*. IBM Quantum Textbook.
Disponible en ligne : <https://qiskit.org/textbook>