

Université de  
Sherbrooke

## Baccalauréat en sciences de l'information quantique

# BSQ 110 – Introduction aux sciences quantiques et à leurs applications

### Plan d'activité pédagogique

Automne 2022

---

#### Enseignants

	Karl Thibault	Maxime Dion
Courriel :	<a href="mailto:karl.thibault@usherbrooke.ca">karl.thibault@usherbrooke.ca</a>	<a href="mailto:maxime.dion@usherbrooke.ca">maxime.dion@usherbrooke.ca</a>
Local :	D9-1027	D9-2023
Téléphone :	+1 819 821-8000 x65991	-
Disponibilités :	Consultez le site Moodle du cours	

**Responsable(s)** : Direction du département

---

**Site web du cours** : <https://moodle.usherbrooke.ca>

---

#### Horaire

Exposé magistral :	Mardi	10h30 à 12h20	salle D3-2032
	Vendredi	13h00 à 14h50	salle A1-108

---

#### Description officielle de l'activité pédagogique<sup>1</sup>

Cibles de formation :	S'éveiller aux sciences quantiques et à leurs applications, ainsi qu'au rôle qu'il est possible de jouer dans cet écosystème. Développer des bases en compétences transversales : communication, coopération, pensée critique et créative, revue de littérature, etc.
Contenu :	L'importance et le développement d'une connaissance de base des sciences quantiques. Applications de l'ordinateur quantique et autres technologies quantiques. Logiciels et plateformes pour le calcul quantique. Réalisation d'un projet d'équipe portant sur une technologie quantique spécifique : recherche de littérature, rédaction d'un rapport et présentation orale.
Crédits :	3
Organisation :	3 heures d'exposé magistral par semaine 6 heures de travail personnel par semaine
Particularités :	Aucune

---

<sup>1</sup><https://www.usherbrooke.ca/admission/fiches-cours/bsq110>

# 1 Présentation

Cette section présente les cibles de formation spécifiques et le contenu détaillé de l'activité pédagogique. Cette section, non modifiable sans l'approbation du comité de programme du Département d'informatique, constitue la version officielle.

## 1.1 Mise en contexte

Ce cours s'insère en tout début du parcours au baccalauréat en sciences de l'information quantique et se veut un survol de ce qui se fait dans le domaine et une introduction aux concepts fondamentaux et aux outils mathématiques impliqués.

## 1.2 Cibles de formation spécifiques

À la fin du cours, l'étudiante ou l'étudiant sera capable :

1. de comprendre le vocabulaire propre à l'information quantique et au calcul quantique ;
2. d'utiliser (lire et écrire) le formalisme du calcul quantique et de comprendre les outils mathématiques impliqués ;
3. de comprendre des principes fondamentaux du calcul quantique (superposition, intrication et interférence) ;
4. d'appliquer et d'exploiter ces principes à l'aide d'algorithmes jouets ;
5. de programmer des circuits quantiques simples à l'aide d'outils à interface graphique et en lignes de code ;
6. d'entrevoir en quoi l'ordinateur quantique offre un potentiel de puissance de calcul inédit ;
7. d'entrevoir les limitations actuels et futurs des calculateur quantiques et d'être critique face aux promesses du calcul quantique ;
8. de rester au fait de l'état de l'art des technologies quantiques ;
9. de reconnaître les écosystèmes en quantiques (Sherbrooke, Québec, Canada, Monde) et leurs intervenants industriels, académiques et gouvernementaux ;
10. de se conscientiser à la place de la science et des scientifiques dans notre société.

### 1.3 Contenu détaillé

Thème	Contenu	Nbr. d'heures	Objectifs
1	Historique du quantique à Sherbrooke, au Québec, au Canada et dans le Monde.	4	9
2	Contextes industriel, académique et gouvernemental et intérêts économiques des technologies quantiques.	4	7 et 8
3	Les champs d'application du quantique.	4	8 et 10
4	Le marché du travail en sciences.	4	9 et 10
5	Les outils mathématiques en quantique : algèbre linéaire, nombres complexes, tenseurs.	4	2
6	L'état à un qubit, la superposition, le vecteur d'état, les probabilités de mesure, les phases, la sphère de Bloch.	4	1, 2 et 3
7	Les portes à un qubit, les matrices, les propriétés, la composition, les portes paramétrées.	4	1, 2 et 3
8	Les systèmes à deux qubits, le produit tensoriel, les portes à deux qubits, les portes contrôlées, la porte à un qubit.	4	1, 2 et 3
9	Les systèmes à n qubits, les circuits quantiques, théorème de «no cloning».	4	1, 2 et 3
10	Introduction aux outils de programmation quantique, circuit composer, qiskit.	4	5 et 6
11	Projets de programmation	12	4, 5 et 6

## 2 Organisation

Cette section propre à l'approche pédagogique de chaque enseignante ou enseignant présente la méthode pédagogique, le calendrier, le barème et la procédure d'évaluation ainsi que l'échéancier des travaux. Cette section doit être cohérente avec le contenu de la section précédente.

### 2.1 Méthode pédagogique

- Lectures et visionnements préalables aux cours magistraux.
- Leçons approfondissant les points essentiels à l'aide de courtes présentations, accompagnées de questions conceptuelles discutées avec la classe.
- Activités de programmation quantique pour la mise en pratique des notions théoriques.
- Résolution de problèmes à travers des exercices dirigés et les devoirs.
- Activités en espace expérimentiel.

### 2.2 Calendrier

Semaine	Date	Thème		Lectures
1	2022-08-29	1	Structure et philosophie du cours. Raison d'être du BSQ. Historique des sciences quantiques à Sherbrooke.	
2	2022-09-05	3	Être scientifique. Milieu du travail en sciences. Champs d'application du quantique. Révision nombres complexes.	Introduction : Chapitre 0 (8 pages) + Nombres complexes : Annexe A.A (3 pages)
3	2022-09-12	5 et 6	L'état à un qubit.	Section 1.A (12 pages)
4	2022-09-19	5 et 7	Les portes à un qubit.	Section 1.B (11 pages)
5	2022-09-26	5 et 8	L'état à deux qubits. Les portes à deux qubits.	Chapitre 2 (13 pages)
6	2022-10-03	5 et 9	Les systèmes à n qubits.	Chapitre 3 (5 pages)
7	2022-10-10	Révision	Consolider les acquis.	
8	2022-10-17	Examen périodique	Intra	
9	2022-10-24	Relâche		
10	2022-10-31	10	Introduction aux Jupyter Notebooks. Calcul quantique avec Circuit Composer + Numpy. Activité de programmation : énigmes quantiques.	Visionner énigme 1
11	2022-11-07	10 et 11	Activité de programmation : énigmes quantiques. Programmation quantique avec Qiskit.	Visionner énigme 2
12	2022-11-14	10 et 11	Algorithme de Deutsch. Programmation quantique avec Qiskit.	Section 4.A (5 pages)

13	2022-11-21	1 et 4	Histoire des sciences quantiques. Discussion sur le monde académique. Contexte industriel actuel en quantique. Marché du travail en industrie quantique. Pratiques de présentations.	Articles scientifiques variés
14	2022-11-28	2	Intérêt des gouvernements envers la quantique. Intérêts économiques et financiers envers la quantique. Cycle du hype, le rôle et devoir du scientifique, l'éthique de la science et l'interrelation entre industrie-gouvernement-université-société. Pratiques de présentations.	Stratégie nationale en quantique du Canada (partiellement) et articles scientifiques variés.
15	2022-12-05		Présentations finales.	
16	2022-12-12	Examen final	Pas d'examen final.	
17	2022-12-19	Examen final	Pas d'examen final.	

## 2.3 Évaluation

Devoirs	30 %
Projet de session	40 %
Examen intra	30 %

Le projet de session consiste en une présentation orale sur l'écosystème quantique combinée à un rapport technique traitant d'un algorithme quantique.

### 2.3.1 Qualité de la langue et de la présentation

Conformément à l'article 17 du règlement facultaire d'évaluation des apprentissages<sup>2</sup> l'enseignante ou l'enseignant peut retourner à l'étudiante ou à l'étudiant tout travail non conforme aux exigences quant à la qualité de la langue et aux normes de présentation.

### 2.3.2 Plagiat

Le plagiat consiste à utiliser des résultats obtenus par d'autres personnes afin de les faire passer pour sien et dans le dessein de tromper l'enseignante ou l'enseignant. Vous trouverez en annexe un document d'information relatif à l'intégrité intellectuelle qui fait état de l'article 9.4.1 du Règlement des études<sup>3</sup>. Lors de la correction de tout travail individuel ou de groupe une attention spéciale sera portée au plagiat. Si une preuve de plagiat est attestée, elle sera traitée en conformité, entre autres, avec l'article 9.4.1 du Règlement des études de l'Université de Sherbrooke. L'étudiante ou l'étudiant peut s'exposer à de graves sanctions qui peuvent être soit l'attribution de la note E ou de la note zéro (0) pour un travail, un examen ou une activité évaluée, soit de reprendre un travail, un examen ou une activité pédagogique. Tout travail suspecté de plagiat sera transmis au Secrétaire de la Faculté des sciences. Ceci n'indique pas que vous n'avez pas le droit de coopérer entre deux équipes, tant que la rédaction finale des documents et la création du programme restent le fait de votre équipe. En cas de doute de plagiat, l'enseignante ou l'enseignant peut demander à l'équipe d'expliquer les notions ou le fonctionnement du code qu'elle ou qu'il considère comme étant plagié. En cas d'incertitude, ne pas hésiter à demander conseil et assistance à l'enseignante ou l'enseignant afin d'éviter toute situation délicate par la suite.

<sup>2</sup>[https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/Etudiants\\_actuels/Informations\\_academiques\\_et\\_reglements/2017-10-27\\_Reglement\\_facultaire\\_-\\_evaluation\\_des\\_apprentissages.pdf](https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/2017-10-27_Reglement_facultaire_-_evaluation_des_apprentissages.pdf)

<sup>3</sup><https://www.usherbrooke.ca/registraire/droits-et-responsabilites/reglement-des-etudes/>

## 2.4 Échéancier des travaux

Les dates de remise des travaux seront indiquées sur les énoncés.

## 2.5 Utilisation d'appareils électroniques et du courriel

Selon le règlement complémentaire des études, section 4.2.3<sup>4</sup>, l'utilisation d'ordinateurs, de cellulaires ou de tablettes pendant une prestation est interdite à condition que leur usage soit explicitement permise dans le plan de cours.

Dans ce cours, l'usage de téléphones cellulaires, de tablettes ou d'ordinateurs est autorisées. Cette permission peut être retirée en tout temps si leur usage entraîne des abus.

Tel qu'indiqué dans le règlement universitaire des études, section 4.2.3<sup>5</sup>, toute utilisation d'appareils de captation de la voix ou de l'image exige la permission de la personne enseignante.

**Note :** L'utilisation du courriel est recommandée pour poser vos questions à l'extérieur des périodes de cours.

## 3 Matériel nécessaire pour l'activité pédagogique

Ordinateur personnel

## 4 Références

[1] MAXIME DION : [Introduction au calcul quantique](#). Notes de cours, 2022.

<sup>4</sup>[https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/Etudiants\\_actuels/Informations\\_academiques\\_et\\_reglements/Sciences\\_Reglement\\_complementaire.pdf](https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/Sciences_Reglement_complementaire.pdf)

<sup>5</sup><https://www.usherbrooke.ca/registraire/droits-et-responsabilites/reglement-des-etudes/>

## L'intégrité intellectuelle passe, notamment, par la reconnaissance des sources utilisées. À l'Université de Sherbrooke, on y veille!

---

### Extrait du Règlement des études (Règlement 2575-009)

#### 9.4.1 DÉLITS RELATIFS AUX ÉTUDES

Un délit relatif aux études désigne tout acte trompeur ou toute tentative de commettre un tel acte, quant au rendement scolaire ou une exigence relative à une activité pédagogique, à un programme ou à un parcours libre.

Sont notamment considérés comme un délit relatif aux études les faits suivants :

- a) commettre un plagiat, soit faire passer ou tenter de faire passer pour sien, dans une production évaluée, le travail d'une autre personne ou des passages ou des idées tirés de l'œuvre d'autrui (ce qui inclut notamment le fait de ne pas indiquer la source d'une production, d'un passage ou d'une idée tirée de l'œuvre d'autrui);
  - b) commettre un autoplagiat, soit soumettre, sans autorisation préalable, une même production, en tout ou en partie, à plus d'une activité pédagogique ou dans une même activité pédagogique (notamment en cas de reprise);
  - c) usurper l'identité d'une autre personne ou procéder à une substitution de personne lors d'une production évaluée ou de toute autre prestation obligatoire;
  - d) fournir ou obtenir toute aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle, pour une production faisant l'objet d'une évaluation;
  - e) obtenir par vol ou toute autre manœuvre frauduleuse, posséder ou utiliser du matériel de toute forme (incluant le numérique) non autorisé avant ou pendant une production faisant l'objet d'une évaluation;
  - f) copier, contrefaire ou falsifier un document pour l'évaluation d'une activité pédagogique;
- [...]

#### Par plagiat, on entend notamment :

- Copier intégralement une phrase ou un passage d'un livre, d'un article de journal ou de revue, d'une page Web ou de tout autre document en omettant d'en mentionner la source ou de le mettre entre guillemets;
- reproduire des présentations, des dessins, des photographies, des graphiques, des données... sans en préciser la provenance et, dans certains cas, sans en avoir obtenu la permission de reproduire;
- utiliser, en tout ou en partie, du matériel sonore, graphique ou visuel, des pages Internet, du code de programme informatique ou des éléments de logiciel, des données ou résultats d'expérimentation ou toute autre information en provenance d'autrui en le faisant passer pour sien ou sans en citer les sources;
- résumer ou paraphraser l'idée d'un auteur sans en indiquer la source;
- traduire en partie ou en totalité un texte en omettant d'en mentionner la source ou de le mettre entre guillemets ;
- utiliser le travail d'un autre et le présenter comme sien (et ce, même si cette personne a donné son accord);
- acheter un travail sur le Web ou ailleurs et le faire passer pour sien;
- utiliser sans autorisation le même travail pour deux activités différentes (autoplagiat).

---

## Autrement dit : mentionnez vos sources

---