

Quantum information and computation

Titulaires

Nicolas CERF (Coordonnateur), Ognyan Oreshkov et Jérémie ROLAND

Mnémonique du cours

INFO-H514

Crédits ECTS

5 crédits

Langue(s) d'enseignement

Anglais

Période du cours

Deuxième quadrimestre

Campus

Solbosch

Contenu du cours

Introduction

- > Principes de base de la mécanique quantique (états purs et mixtes, évolution unitaire)
- > Mesures quantiques (mesures projectives et POVMs)
- > Notion de bit quantique (qubit)
- > Théorème de non-clonage quantique

Intrication quantique

- > Séparabilité et intrication d'états bipartites
- > Non-localité (paradoxe EPR et inégalités de Bell)
- > Codage dense, téléportation, fusion d'états
- > Jeux quantiques

Théorie de l'information quantique

- > Notions de base de la théorie de l'information classique
- > Codage de source quantique (entropie de Von Neumann)
- > Information classique accessible (borne de Holevo)
- > Capacités de canaux quantiques

Cryptographie quantique

- > Protocole BB84 pour la distribution de clés quantique
- > Distribution de clés quantique basée sur l'intrication

Informatique quantique

- > Circuits quantiques et portes universelles
- > Phase kickback: Algorithme de Deutsch-Jozsa
- > Amplification d'amplitude: Algorithme de Grover
- > Transformée de Fourier quantique: Algorithme de factorisation de Shor
- > Estimation de phase quantique: Description de Kitaev de l'algorithme de Shor

Correction d'erreur quantique

- > Décohérence
- > Correction d'erreur classique
- > Code de Shor à 9 qubits
- > Tolérance aux fautes (bases)

Objectifs (et/ou acquis d'apprentissages spécifiques)

Les objectifs finaux sont de

- > familiariser les étudiants avec les propriétés de base de l'information quantique, en particulier ses différences avec l'information classique et comment on peut la manipuler en maintenant la cohérence quantique;
- > exposer comment ces propriétés peuvent être exploitées dans différentes applications de communication et de calcul, en analysant en particulier la notion d'algorithmes quantiques;
- > de confronter les étudiants aux problématiques actuelles du domaine de l'information et de l'informatique quantique, à la fois du point de vue de la physique et de l'informatique.

Acquis d'apprentissage:

A la fin du cours, les étudiants seront capables de

- > comprendre les bases de la théorie de l'information quantique et ses principales applications;
- > résoudre des problèmes simples en information et informatique quantique;
- > concevoir et analyser des algorithmes quantiques simples en utilisant des outils de base comme le "phase kickback", l'amplification d'amplitude et l'estimation de phase.

Méthodes d'enseignement et activités d'apprentissages

- > Cours théoriques
- > Séances d'exercices
- > Projet (basé sur un article scientifique)

Références, bibliographie et lectures recommandées

- > Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press, 2000
- > John Preskill. Lecture notes for the course "Physics 219/ Computer Science 219" at Caltech. See in particular chapter 6 for quantum computation: <http://www.theory.caltech.edu/~preskill/ph219/index.html#lecture>

- › David Mermin. Quantum Computer Science; An introduction. Cambridge Univ Press, 2007

Support(s) de cours

Université virtuelle

Autres renseignements

Lieu(x) d'enseignement

Solbosch

Contact(s)

- › Nicolas CERF (Nicolas.Cerf@ulb.be)
- › Jérémie ROLAND (Jeremie.Roland@ulb.be)
- › Ognyan ORESHKOV (Ognyan.Oreshkov@ulb.be)

Méthode(s) d'évaluation

Examen oral et Présentation orale

Méthode(s) d'évaluation (complément)

- › Evaluation continue: projet (présentation orale d'un article scientifique)
- › Evaluation finale: examen oral à cahier ouvert

Construction de la note (en ce compris, la pondération des notes partielles)

Le projet et l'examen oral sont chacun noté sur 20.

- › Si les deux notes sont supérieures à 10/20, la note globale est la moyenne pondérée de ces deux notes (le projet intervient pour 20%, et l'examen oral intervient pour 80%), arrondie au demi-entier le plus proche.
- › Si le projet ou l'examen oral est en échec, la note globale est le minimum des deux notes.

En conclusion, pour valider le cours il faut réussir le projet **et** l'examen oral.

Langue(s) d'évaluation principale(s)

Anglais

Autre(s) langue(s) d'évaluation éventuelle(s)

Français

Programmes

Programmes proposant ce cours à l'école polytechnique de Bruxelles

MA-IRIF | **Master : ingénieur civil en informatique** | finalité Spécialisée/bloc 2 **et** MA-IRPH | **Master : ingénieur civil physicien** | finalité Spécialisée/bloc 2

Programmes proposant ce cours à la faculté des Sciences

MA-INFO | **Master en sciences informatiques** | finalité Spécialisée/bloc 2

