Offer #2026-10541

Doctorant F/H Raisonnement graphique et tolérant aux fautes en informatique quantique

The offer description below is in French

Contract type : Fixed-term contract

Level of qualifications required : Graduate degree or equivalent

Fonction : PhD Position

Context

Les récentes avancées dans le domaine de l'informatique quantique nous permettent d'espérer que les avantages informatiques majeurs promis par l'informatique quantique seront mis en œuvre à moyen terme.
Après une phase d'étude des NISQ (Noisy intermediate scale quantum devices), les efforts de la communauté scientifique se portent aujourd'hui naturellement vers l'étude du calcul quantique tolérant aux fautes, avec comme ligne de mire des premières machines capables de correction d'erreurs dans un futur proche. Il s'agit d'une étape essentielle dans le développement d'un ordinateur quantique à grande échelle.

Dans ce contexte, le développement de la pile quantique, et plus généralement du logiciel quantique, est crucial. Les représentations les plus couramment utilisées en informatique quantique sont les circuits quantiques. En effet, ils sont fondamentaux pour l'informatique quantique, car ils fournissent une représentation de bas niveau des programmes quantiques et constituent le principal moyen de représenter les algorithmes quantiques. La plupart des langages de programmation quantique sont essentiellement des langages de description de circuits quantiques.

Assignment

Plusieurs tâches liées aux logiciels quantiques, telles que l'optimisation du code ou la vérification des algorithmes, sont nécessaires au développement d'un ordinateur quantique. Ces tâches ne sont rien d'autre que des transformations de circuits qui peuvent être formalisées par une théorie équationnelle décrivant comment les circuits peuvent être transformés en circuits équivalents. Plusieurs théories équationnelles ont été développées récemment pour les circuits quantiques, et ont été prouvées complètes, c'est-à-dire qu'elles capturent l'équivalence des circuits

quantiques [4, 3, 2, 8]. Diverses variantes et raffinements des circuits quantiques, tels que les calculs ZX [5, 12, 11, 13, 14], et ZH [1], ont été introduits et se sont révélés être des cadres utiles pour le raisonnement et l'optimisation des circuits [9, 16, 19]. L'équipe Mocqua a activement contribué à ces développements.

L'objectif de cette thèse est de développer ces techniques de raisonnement graphique dans le cadre du calcul tolérant aux fautes. De premiers travaux ont montré que certaines règles du ZX-calcul préservent les propriétés de tolérance aux fautes [17, 18], d'autres travaux montrent que le ZX-calcul est un langage permettant la description de codes correcteurs d'erreurs [10, 7, 6, 15].

Références

[1] Miriam Backens and Aleks Kissinger. Zh: A complete graphical calculus for quantum computations involving classical non-linearity. https://arxiv.org/abs/1805.02175, 2018. arXiv preprint arXiv:1805.02175.
[2] Alexandre Clément, Noé Delorme, and Simon Perdrix. Minimal equational theories for quantum circuits. In Proceedings of the 39th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science, LICS '24, New York, NY, USA, 2024. Association for Computing Machinery.
[3] Alexandre Clément, Noé Delorme, Simon Perdrix, and Renaud Vilmart. Quantum circuit completeness: Extensions and simplifications. In 32nd EACSL Annual Conference on Computer Science Logic (CSL 2024). Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum für Informatik, 2024.
[4] Alexandre Clément, Nicolas Heurtel, Shane Mansfield, Simon Perdrix, and Benoit Valiron. A complete equational theory for quantum circuits. In 38th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science (LICS), pages 1–13. IEEE, 2023.
[5] Bob Coecke and Ross Duncan. Categorical algebra and diagrammatics. 13(4):043016, apr 2011.
Interacting quantum observables:
New Journal of Physics,
[6] Niel de Beaudrap, Ross Duncan, Dominic Horsman, and Simon Perdrix. Pauli fusion: a computational model to realise quantum transformations from zx terms. arXiv preprint arXiv:1904.12817, 2019.
[7] Niel de Beaudrap and Dominic Horsman. The zx-calculus is a language for surface code lattice surgery. Quantum, 4:218, 2020.
[8] Noé Delorme and Simon Perdrix. Diagrammatic reasoning with control as a constructor, applications to quantum circuits, 2026.
[9] Ross Duncan, Aleks Kissinger, Simon Perdrix, and John Van De Wetering. Graph-theoretic simplification of quantum circuits with the ZX-calculus. Quantum, 4:279, 2020.
[10] Ross Duncan and Maxime Lucas. Verifying the Steane code with quantomatic. arXiv preprint arXiv:1306.4532, 2013.
[11] Amar Hadzihasanovic, Kang Feng Ng, and Quanlong Wang. Two complete axiomatisations of pure-state qubit quantum computing. In Proceedings of the 33rd Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science, pages 502–511, New York, NY, USA, 2018. ACM.
[12] Emmanuel Jeandel, Simon Perdrix, and Renaud Vilmart. A complete axiomatisation of the ZX-calculus for Clifford+T quantum mechanics. In Proceedings of the 33rd Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science LICS, 2018.

[13] Emmanuel Jeandel, Simon Perdrix, and Renaud Vilmart. Diagrammatic reasoning beyond Slifford+t quantum mechanics. In Anuj Dawar and Erich Gradel, editors, Proceedings of the 33rd Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science, pages 569–578. ACM, 2018.
[14] Emmanuel Jeandel, Simon Perdrix, and Renaud Vilmart. A generic normal form for ZX-diagrams and application to the rational angle completeness. In 34th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science, pages 1–10. IEEE, 2019.
[15] Andrey Boris Khesin, Jonathan Z. Lu, and Peter W. Shor. Graphical quantum Clifford-encoder compilers from the ZX-calculus, 2025.
[16] Aleks Kissinger and John van de Wetering. Reducing the number of non-Clifford gates in quantum circuits. Phys. Rev. A, 102:022406, aug 2020.
[17] Benjamin Rodatz, Boldizsar Poor, and Aleks Kissinger. Fault tolerance by construction (2025). arXiv preprint arXiv:2506.17181.
[18] Maximilian Rüsch, Benjamin Rodatz, and Aleks Kissinger. Completeness for fault equivalence of clifford zx diagrams. arXiv preprint arXiv:2510.08477, 2025.
[19] Vivien Vandaele. Qubit-count optimization using ZX-calculus, 2024.

Main activities

De solides bases en informatique théorique sont attendues. Aucun prérequis en physique quantique n’est exigé, bien que des connaissances en informatique quantique soient appréciées.

La personne retenue pour cette thèse rejoindra l’équipe Mocqua, du Centre Inria de l’Université de Lorraine, et collaborera directement avec son directeur de thèse Simon Perdrix et le reste de l’équipe Mocqua. Des séjours dans des équipes partenaires, notamment chez des partenaires industriels, seront encouragés pendant le doctorat.

Benefits package

- Restauration subventionnée
- Transports publics remboursés partiellement
- Congés: 7 semaines de congés annuels + 10 jours de RTT (base temps plein) + possibilité d'autorisations d'absence exceptionnelle (ex : enfants malades, déménagement)
- Possibilité de télétravail (après 6 mois d'ancienneté) et aménagement du temps de travail
- Équipements professionnels à disposition (visioconférence, prêts de matériels informatiques, etc.)
- Prestations sociales, culturelles et sportives (Association de gestion des œuvres sociales d'Inria)
- Accès à la formation professionnelle
- Sécurité sociale

Remuneration

2300 € brut/mois

General Information

- **Theme/Domain :** Proofs and Verification
- **Town/city :** Villers lès Nancy
- **Inria Center :** Centre Inria de l'Université de Lorraine
- **Starting date :** 2027-01-01
- **Duration of contract :** 3 years
- **Deadline to apply :** 2026-11-30

Contacts

- **Inria Team :** MOCQUA
- **PhD Supervisor :**
  Perdrix Simon / simon.perdrix@loria.fr

About Inria

Inria, the French national institute for research in digital science and technology, supports the French government in national research and innovation strategies in the digital field, acting as Digital Programs Agency. Inria leads over 300 research and innovation projects with its 3,500 scientists, engineers, and support staff, in partnership with universities and the digital ecosystem (businesses, entrepreneurs, and public stakeholders). Together, we explore strategic fields such as artificial intelligence, cybersecurity, quantum computing, cloud technologies, digital transformation in healthcare, digital twins, and digital technologies for defence. We develop practical solutions such as software, tech startups, partnerships with national companies, and cutting-edge training programmes. Our goal is to drive scientific, technological, and industrial excellence to ensure France's digital sovereignty.

Warning : you must enter your e-mail address in order to save your application to Inria. Applications must be submitted online on the Inria website. Processing of applications sent from other channels is not guaranteed.

Instruction to apply

Defence Security :
This position is likely to be situated in a restricted area (ZRR), as defined in Decree No. 2011-1425 relating to the protection of national scientific and technical potential (PPST).Authorisation to enter an area is granted by the director of the unit, following a favourable Ministerial decision, as defined in the decree of 3 July 2012 relating to the PPST. An unfavourable Ministerial decision in respect of a position situated in a ZRR would result in the cancellation of the appointment.

Recruitment Policy :
As part of its diversity policy, all Inria positions are accessible to people with disabilities.