



Chaire de professeur junior Inria

Établissement/organisme porteur : Centre de recherche Inria Saclay – Ile-de-France
Nom du chef d'établissement/d'organisme : Jean-Yves BERTHOU
Site concerné : IP Paris
Région académique : Ile-de-France

Établissements/organismes partenaires : *Ecole Polytechnique (pour le compte d'IP Paris)*

Nom du projet :
CALCUL QuAnTique : InfORmation quantique implémentable sur systèmes réels

Acronyme : CALCULATOR

Thématique scientifique :
Calcul quantique à l'interface physique-informatique : algorithmes quantiques implémentables sur systèmes réels

Mots-clés :
Circuits robustes au bruit (NISQ), cas d'applications pour le calcul quantique, algorithmes quantiques implémentables sur un hardware spécifique, contrôle quantique

Durée visée : 6 ans.
Le projet est proposé en contrat à durée déterminée de 3 à 6 ans ayant vocation à titularisation dans le corps des Directeurs de recherche Inria

Profil recherché : jeune chercheur expérimenté (thèse+5 ou plus).

Voir aussi :

<https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid156968/www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid156968/des-carrieres-plus-attractives-les-chaire-de-professeur-junior.html>

Environnement financier : 825 000 € pour la durée du projet

Section (s) CNU/CoNRS/CSS correspondante (s) : CoNRS 2, 3, 4, 27

Contact : bertrand.thirion@inria.fr

Stratégie d'établissement :

Les sciences et technologies quantiques sont une thématique prioritaire d'IP Paris, porté en concertation avec UPSaclay dans le cadre de l'Institut Quantum commun. En Physique, les activités portent sur la théorie des systèmes quantiques fortement corrélés, la simulation quantique, l'information quantique et la matière topologique (CPHT), les systèmes quantiques hybrides et les circuits supraconducteurs (LPMC), les points quantiques (LPMC), l'interaction lumière-matière (LOA) et les systèmes photoniques (LTCl) pour les communications quantiques. Le département d'Informatique d'IP Paris et le centre Inria Saclay IdF ont quant à eux de fortes activités dans les domaines de la sémantique et l'algorithmique classique et des contributions en codes correcteurs d'erreurs quantiques au LIX et au sein de l'équipe Inria Grace par exemple. L'essentiel des activités en informatique quantique est actuellement porté par l'équipe du LCTI sur les communications et les réseaux quantiques. Ces forces restent néanmoins encore disséminées à l'état actuel. Le présent projet vise à créer des passerelles entre Physique et Informatique, en fédérant les activités quantiques à IP Paris et en créant une réelle synergie entre les deux disciplines.

Stratégie du laboratoire d'accueil :

Le projet s'inscrit dans le cadre de la création d'une équipe-projet commune INRIA-IPP visant à rassembler physiciens et informaticiens dans le domaine du quantique, initialement autour de trois chercheurs/enseignants chercheurs, en informatique théorique, en physique expérimentale et à l'interface. Le rôle de ce dernier, qui aura un profil de spécialiste de l'information quantique implémentable sur systèmes réels, sera tout particulièrement d'assurer le lien entre informatique théorique et systèmes quantiques réalistes. La présente demande de Chaire junior porte sur ce poste-clef qui doit être le garant du succès de cette initiative interdisciplinaire. Le professeur junior recruté pourra développer des collaborations avec les équipes d'IP Paris déjà en place, notamment au CPHT, au LIX, au LTCl et au LPMC, qui développent des programmes sur la simulation quantique, les potentielles applications du futur calcul quantique et les communications quantiques. Ce dernier sera affecté définitivement dans une équipe Inria si le processus de création d'équipe Inria commune INRIA-IPP n'a pas abouti un an après la date de son entrée en fonction. Cette équipe sera identifiée lors de la phase de recrutement du professeur junior.

En plus du soutien administratif d'INRIA, l'équipe projet bénéficiera du soutien (scientifique, administratif et budgétaire) du département DIX et du laboratoire LIX pour la partie informatique, et du département de physique pour la partie physique et interfaces. Le physicien expérimentateur sera par ailleurs épaulé par un soutien en instrumentation par les ingénieurs du département de physique et du laboratoire PMC. Des moyens complémentaires pourront être obtenus dans le cadre du projet STEP2, déposé dans le cadre de l'AAP Excellences.

Résumé du projet scientifique :

Bien que porté par les spectaculaires percées des dernières années, le calcul quantique se heurte encore à des défis majeurs, liés à la fois au traitement, au stockage et à la communication de l'information. Face à l'absence, au moins à moyen terme d'un ordinateur quantique universel, de l'avis de toute la communauté, il ne saurait se développer sans un dialogue constant entre algorithmique (software) et dispositifs dédiés (hardware). Il est très vraisemblable que les premiers ordinateurs quantiques réellement utiles seront des systèmes dédiés où le dispositif déterminera les algorithmes et vice-versa. Créer les conditions d'un véritable dialogue entre des spécialistes de ces deux axes sera donc un atout majeur dans la course à l'ordinateur quantique. C'est tout l'objectif de cette équipe projet que nous proposons organisée autour de trois chercheurs/enseignants chercheurs, en informatique théorique, en physique expérimentale et à l'interface. Ce dernier, dont le poste fait l'objet de la présente demande, sera un spécialiste des circuits robustes au bruit (NISQ), de l'identification de cas d'études prometteurs pour les applications et du développement d'algorithmes quantiques implémentables pour un hardware spécifique.

Résumé du projet d'enseignement :

IP Paris a récemment créé plusieurs nouveaux programmes pour renforcer son offre dans les thématiques du quantique, notamment un PhD Track « Sciences et Technologies Quantiques » porté conjointement par les départements de physique et d'informatique d'IP Paris, une spécialisation « Technologies Quantiques » au niveau du M1 de Physique, ouverte également aux élèves de la troisième année du cycle ingénieur polytechnicien et des cours dans le programme ARTeQ porté conjointement par IP Paris et l'Université Paris-Saclay, dans le cadre du centre QUANTUM Saclay. Face à la demande croissante, nous constatons néanmoins un manque clair en enseignants dans le domaine. Le professeur junior recruté dans le cadre du présent projet contribuera à amplifier et étoffer l'offre en enseignement, notamment dans le cadre du PhD Track et des programmes de master. Il pourra par exemple assurer des enseignements d'introduction aux technologies quantiques, à l'information quantique et au calcul quantique, aux dispositifs quantiques et contribuer à l'encadrement de projets et stages dans le domaine. Ces enseignements seront également ouverts aux élèves des cycles ingénieurs, notamment aux polytechniciens en 3e année dans le cadre du parcours Technologies Quantiques et aux élèves de Télécom Paris, dans le cadre de leur programme de troisième année, Quantum Engineering.

**Diffusion scientifique :**

Les résultats du présent projet seront diffusés par voie de publications et de contributions à des conférences nationales et internationales. Par ailleurs, le projet pourra donner lieu à la publication de logiciels.

Science ouverte :

Le projet donnera lieu à des livrables (publications, logiciels, matériel pédagogique) mises à disposition de la communauté par des moyens appropriés (plateformes open accès pour les publications, pages web pour certains logiciels, MOOCs etc).

Science et société :

Le quantique est en train de devenir un sujet de société et une communication auprès du grand public s'impose. L'Ecole Polytechnique et IP Paris, en lien avec les départements concernés, s'y attacheront. La forme précise (et les échéances) seront élaborées en concertation avec les scientifiques de l'équipe projet.

Indicateurs :

Les indicateurs de suivi du projet consistent d'une part dans la production scientifique et pédagogique du professeur junior (publications, contributions dans les conférences, workshops ou écoles, enseignements mis en place, évaluation de ces enseignements par les étudiants concernés, matériel pédagogique etc.). Un deuxième volet concerne l'établissement de collaborations entre les deux communautés concernées, physiciens et informaticiens. Un indicateur intéressant sera le nombre et la nature des interactions entre les deux communautés.



Chair of Junior Professor

Supporting institution/organization: Inria Research Center Saclay - Ile-de-France
Head of the institution/organization: Jean-Yves BERTHOU
Site concerned: IP Paris
Academic Region: Ile-de-France

Partner institutions/organizations : IP Paris on behalf of École Polytechnique and Télécom Paris

Project name:
CALCUL QuAnTique : InfORmation implementable on real systems

Acronym : CALCULATOR

Scientific topic:
Quantum computation at the physical-computer interface: quantum algorithms implementable on real systems

Keywords:
Noise robust circuits (NISQ), application cases for quantum computing, quantum algorithms implementable on specific hardware, quantum control.

Target duration: 6 years.
The initial Tenure Track period may last from 3 to 6 years, depending on seniority, and will be followed by tenure as INRIA Research Director after a positive evaluation.

Profile required: Young experienced researcher (thesis+5 or more).
See also <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid156968/www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid156968/des-carrieres-plus-attractives-les-chaieres-de-professeur-junior.html>

Financial overview: 825 000 € for the project.

Section (s) CNU/CoNRS/CSS corresponding : CoNRS 2, 3, 4, 27

Contact : bertrand.thirion@inria.fr

Establishment strategy:

Quantum sciences and technologies are a priority theme of IP Paris, carried out in concert with UPSaclay in the framework of the joint Quantum Institute. In Physics, activities focus on the theory of strongly correlated quantum systems, quantum simulation, quantum information and topological matter (CPHT), hybrid quantum systems and superconducting circuits (LPMC), quantum dots (LPMC), light-matter interaction (LOA) and photonic systems (LTCI) for quantum communications. The Computer Science department of IP Paris and the Inria Saclay IdF center have strong activities in the fields of semantics and classical algorithms and contributions in quantum error correction codes at LIX and within the Inria Grace team for example. Most of the activities in quantum computing are currently carried out by the LCTI team on quantum communications and networks. However, these strengths are still scattered at the present time. The present project aims to create bridges between Physics and Computer Science, by federating quantum activities at IP Paris and by creating a real synergy between the two disciplines.

Strategy of the host laboratory:

The project is part of the creation of a joint INRIA-IPP project-team aiming at bringing together physicists and computer scientists in the field of quantum information, initially around three researchers/teaching researchers, in theoretical computer science, experimental physics and at the interface. The role of the latter, who will have a profile as a specialist in quantum information that can be implemented on real systems, will be particularly to ensure the link between theoretical computing and realistic quantum systems. The present request for a Junior Chair concerns this key position, which is key to the success of the whole interdisciplinary initiative. The junior professor recruited will be able to develop collaborations with the IP Paris teams already in place, notably at the CPHT, LIX, LTCI and LPMC, that are developing programs on quantum simulation, potential applications of future quantum computing and quantum communications. He/she will be permanently assigned to an existing Inria team if the process of creating a joint INRIA-IPP team has not been completed one year after the date of his or her appointment. This team will be identified during the recruitment phase of the junior professor.

In addition to the administrative support of INRIA, the project team will benefit from the support (scientific, administrative and budgetary) of the DIX department and the LIX laboratory for the computer science part, and of the physics department for the physics and interfaces part. The experimental physicist will also be supported in instrumentation by the engineers of the physics department and the PMC laboratory. Complementary means could be obtained within the framework of the STEP2 project, submitted in the framework of the AAP ExcellencES.

Summary of the scientific project:

Although driven by the spectacular breakthroughs of the last few years, quantum computing still faces major challenges related to the processing, storage and communication of information. Given the absence, at least in the medium term, of a universal quantum computer, in the opinion of the whole community, quantum computing requires a constant dialogue between software and dedicated hardware. It is very likely that the first really useful quantum computers will be dedicated systems where the device will determine the algorithms and vice versa. Creating the conditions for a real dialogue between specialists in these two areas will therefore be a major asset in the race to the quantum computer. This is the objective of the project team that we are proposing, organized around three researchers/teaching researchers, in theoretical computer science, experimental physics and interface. The latter, whose position is the subject of this application, will be a specialist in noise-robust circuits (NISQ), in the identification of promising case studies for applications and in the development of quantum algorithms that can be implemented for a specific hardware.

Summary of the teaching project:

IP Paris has recently created several new programs to strengthen its offer in quantum-related topics, including a PhD Track "Quantum Sciences and Technologies" jointly run by the IP Paris Physics and Computer Science departments, a "Quantum Technologies" specialization at the M1 level in Physics, also open to students in the third year of the Polytechnique engineering cycle, and courses in the ARTeQ program jointly run by IP Paris and the University of Paris-Saclay, as part of the QUANTUM Saclay center. However, in view of the growing demand, there is a clear lack of teachers in this field. The junior professor recruited in the framework of this project will contribute to amplify and expand the teaching offer, in particular in the framework of the PhD Track and the master programs. For example, he/she will be able to teach introductory courses on quantum technologies, quantum information and quantum computation, and quantum devices, and to contribute to the supervision of projects and internships in the field. These courses will also be open to engineering students, in particular to Polytechnique students in their third year as part of the Quantum Technologies course and to students at Télécom Paris, as part of their third year program, Quantum Engineering.

**Scientific diffusion:**

The results of this project will be diffuse through publications and contributions to national and international conferences. In addition, the project may lead to the publication of software.

Open Science:

The project will result in deliverables (publications, software, pedagogical material) made available to the community by appropriate means (open access platforms for publications, web pages for some software, MOOCs etc).

Science and society:

Quantum technology is becoming a social issue and communication with the general public is essential. École Polytechnique and IP Paris, in collaboration with the departments concerned, will work on this. The precise form (and deadlines) will be worked out in consultation with the scientists of the project team.

Indicators:

The indicators for monitoring the project consist on the one hand of the scientific and pedagogical production of the junior professor (publications, contributions to conferences, workshops or schools, courses set up, evaluation of these courses by the students concerned, teaching material, etc.). A second aspect concerns the establishment of collaborations between the two communities concerned, physicists and computer scientists. An interesting indicator will be the number and nature of interactions between the both communities.