

PROJET : QUANT-PHY (CNU 27)

Informatique quantique/
Quantum computing

ARGUMENTAIRES

Enseignement

L'enseignement est l'une des missions fondatrices de l'Université.

À ce titre, la personne recrutée démontrera sa capacité à relier des séquences d'enseignement et des modalités pédagogiques à des objectifs explicites d'apprentissage et d'acquisition de compétences. La personne recrutée pourra enseigner dans toutes les filières relevant du département d'informatique de la faculté des sciences d'Orsay, aux niveaux licence et master (traditionnel et apprentissage). Elle enseignera dans ses domaines d'expertise mais pourra également être sollicitée pour renforcer le potentiel d'enseignement du département dans les domaines de base de l'informatique. Elle pourra être amenée à dispenser une partie de ses enseignements en anglais, notamment dans le cadre de masters mais également en licence. Au cours de sa carrière, la personne recrutée sera également amenée à participer à la vie du département d'informatique et à prendre des responsabilités (responsabilité de filière, participation aux structures de la Faculté des sciences et de l'Université, contribution au pilotage de projets).

Enseignements spécialisés : depuis la rentrée de septembre 2021, le master informatique de l'université Paris-Saclay propose le parcours QDCS – Quantum and Distributed Computer Science – qui comporte actuellement quatre cours d'informatique quantique. En outre, l'Université Paris-Saclay propose une année de césure ArteQ, DU enseignée par des informaticiens et des physiciens.

L'enseignement de l'informatique quantique en France, et en particulier à l'Université Paris-Saclay se doit de répondre aux impératifs suivants :

- Former rapidement de plus en plus d'étudiants en capacité de relever ce nouveau défi.
- Assurer la formation continue des ingénieurs informaticiens aux technologies quantiques.

Une partie de l'audition portera sur une proposition de plan de cours niveau licence en lien avec les thématiques de la fiche de poste.

Recherche

Contexte. En se lançant dans la seconde révolution quantique, la France comme l'Europe ont réalisé le très fort déséquilibre entre leurs forces de recherches en Physique Quantique et celles en Informatique Quantique. Ce fort déséquilibre menace l'émergence de nouvelles applications, les physiciens et ingénieurs développant des machines de calculs et des systèmes de communications sans que suffisamment d'experts de l'information quantique ne contribuent à les rendre utilisables. La montée en puissance des recherches en informatique quantique est ainsi identifiée comme urgente et essentielle.

Réciproquement, avec le développement rapide des plateformes de hardware de calcul quantique, l'informatique quantique se doit de soutenir des projets de recherches de plus en plus interdisciplinaires, se nourrissant des avancées théoriques ou technologiques de la physique quantique.

L'objectif est donc de recruter en informatique une personne qui soit en capacité de créer des ponts entre les disciplines, collaborant avec les informaticiens, qu'ils soient théoriciens ou relevant du HPC, comme avec les physiciens, qu'ils soient théoriciens ou expérimentaux participant aux efforts de développement hardware à

Paris-Saclay (ex: simulation quantique à base d'atome de Rydberg, calcul quantique digital à base de photons, supraconducteurs ou qubits de spin, ...).

Dans cette perspective, et en lien fort avec les aspects physiques du quantique, la personne recrutée devra conduire ses recherches en informatique quantique de façon interdisciplinaire, notamment via le centre des sciences et technologies quantiques de Paris-Saclay (Quantum), par exemple:

- en concevant de nouveaux moyens de faire des calculs quantiques, de les optimiser et de les mettre en réseau;
- en contribuant à leur modélisation par exemple au sein des centres de calculs intensifs;
- en établissant des ponts avec le développement de plateformes hardware ou avec des laboratoires de physique.

La personne recrutée intégrera le Laboratoire Méthodes Formelles (<https://lmf.cnrs.fr>) au sein de l'équipe-projet commune avec Inria QuaCS (<https://lmf.cnrs.fr/Research/Quant>). Les candidatures pertinentes issues de l'informatique théorique et numérique, de la physique de l'information quantique et des mathématiques sont les bienvenues.

Résumé du projet scientifique. Le traitement quantique de l'information offre potentiellement de nouvelles capacités de calculs, et ouvre la voie à de nombreuses directions de recherche inédites en informatique, dans les trois principaux domaines que sont la simulation quantique, l'algorithmique quantique et la cryptographie quantique.

Ces aspects ne sont bien évidemment pas indépendants : les nouvelles capacités de calculs permettent le développement d'algorithmes plus efficaces (par exemple, l'algorithme de Shor pour la factorisation d'entiers), avec comme effet la nécessité de totalement repenser les protocoles de sécurité, avec de nouvelles primitives cryptographiques. D'un autre côté, le développement d'ordinateurs quantiques nécessite de repenser toutes les bases de la programmation, avec la conception de langages et de modèles de calculs adaptés, de techniques de compilation adaptées, de méthodes de vérification (preuve, typage, etc.) adaptées au nouveau paradigme.

Pour comprendre les forces et les limites du paradigme quantique, l'équipe QuaCS adopte une position transverse et cherche à comprendre quelles ressources sont accordées par la nature pour calculer, au niveau fondamental (par exemple le parallélisme quantique et spatial). Elle le fait en étudiant des modèles formels de calcul quantique (par exemple, des automates quantiques et des modèles de réécriture de graphes). Ces structures abstraites sont ensuite verbalisées en langages de programmation quantique (par exemple, le lambda-calcul quantique, les algèbres de processus). Cette démarche va dans les deux sens, par exemple lorsque les développements des langages de programmation quantique conduisent à la découverte de nouvelles structures, qui peuvent ou non être compilables dans les modèles formels de calcul quantique, soulevant la question parfois fascinante de la physicalité de ces ressources. Un exemple paradigmatique en est la question très contemporaine des structures de contrôle quantique

JOB DESCRIPTION

Teaching

Teaching is one of the University's foundational missions.

As such, the recruited person will demonstrate their ability to link teaching sequences and pedagogical modalities to explicit learning and skill acquisition objectives.

The recruited person may teach in all the fields of study of the Computer Science Department of the Orsay Faculty of Sciences, at Bachelor and Master levels (traditional and apprenticeship).

They will teach in their areas of expertise, but may also be called upon to strengthen the teaching potential of the department in basic computer science.

They may be required to provide part of their teaching in English, in particular in the context of Masters courses but also in Bachelor's courses.

During their career, the recruited person will also be required to participate in the life of the Computer Science Department and assume leadership positions (management of "filiales", participation in the government structures of the Faculty of Sciences and of the University, contribution to project steering).

Specialized teaching: since the beginning of the academic year in September 2021, the master's degree in computer science at the University of Paris-Saclay has offered the QDCS - Quantum and Distributed Computer

Science - course, which currently includes four courses in quantum computing. In addition, the University Paris-Saclay proposes the ArteQ year of study, a university diploma (DU) taught by computer scientists and physicists.

The teaching of quantum computing in France, and in particular at the University of Paris-Saclay, must respond to the following imperatives

- To rapidly train more and more students capable of taking up this new challenge.
- To ensure the continuous training of computer engineers in quantum technologies.

Research

Context. By embarking on the second quantum revolution, France and Europe have realised the very strong imbalance between their research forces in Quantum Physics and Quantum Computing. This strong imbalance threatens the emergence of new applications, as physicists and engineers are developing computing machines and communication systems without enough quantum information experts to make them usable. The ramping up of research in quantum computing is thus identified as urgent and essential.

Conversely, with the rapid development of quantum computing hardware platforms, quantum computing must support increasingly interdisciplinary research projects, drawing on theoretical or technological advances in quantum physics.

The objective is therefore to recruit a person in computer science who is able to build bridges between disciplines, collaborating with computer scientists, whether they are theoreticians or HPC specialists, as well as with physicists, whether they are theoreticians or experimentalists participating in hardware development efforts at Paris-Saclay (e.g. quantum simulation based on Rydberg atoms, digital quantum calculation based on photons, superconductors or spin qubits, etc.).

In this perspective, and in strong link with the physical aspects of quantum theory, the person recruited will be expected to conduct research in quantum computing in an interdisciplinary manner, in particular via the Paris-Saclay quantum science and technology centre (Quantum), for example:

- designing new ways of performing quantum computations, optimising them and networking them;
- contributing to their modelling, for instance within intensive computing centres;
- building bridges with the development of hardware platforms or with Physics laboratories.

The person recruited will join the Laboratoire Méthodes Formelles (<https://lmf.cnrs.fr>) in the joint team with Inria QuaCS (<https://lmf.cnrs.fr/Research/Quant>). All relevant applications from theoretical and numerical computing, quantum information physics and mathematics will be welcome.

Summary of the scientific project. Quantum information processing potentially offers new computational capabilities, and opens the way to many new research directions in computer science, in the three main areas of quantum simulation, quantum algorithmics and quantum cryptography.

These aspects are of course not independent: the new computational capabilities allow the development of more efficient algorithms (e.g. Shor's algorithm for integer factorisation), with the effect that security protocols need to be completely rethought, with new cryptographic primitives. On the other hand, the development of quantum computers requires a complete rethink of the basics of programming, with the design of adapted languages and computation models, adapted compilation techniques, verification methods (proof, typing, etc.) adapted to the new paradigm.

To understand the strengths and limitations of the quantum paradigm, the QuaCS team adopts a transverse position and seeks to understand what resources are granted by nature to compute, at the fundamental level (e.g. quantum and spatial parallelism). It does this by studying formal models of quantum computation (e.g. quantum automata and graph rewriting models). These abstract structures are then verbalised into quantum programming languages (e.g. quantum lambda-calculus, process algebras). This goes both ways, e.g. when developments in quantum programming languages lead to the discovery of new structures, which may or may not be compilable in formal models of quantum computation, raising the sometimes fascinating question of the physicality of these resources. A paradigmatic example is the very contemporary question of quantum control structures.

Laboratoire(s) d'accueil : (sigle et intitulé détaillé) Laboratoire Méthodes Formelles (LMF)

Label (UMR, EA, ...)	N°		Nbre de chercheurs	Nbre d'enseignants-chercheurs
UMR	9021		24	24

CONTACTS

Enseignement / teaching : presidence-dept-info.sciences@u-psud.fr

Recherche : Research : pablo.arrighi@universite-paris-saclay.fr

Contrat faisant suite à la réussite au concours :

Conformément au décret 2021-1710 du 17 déc. 2021 le candidat retenu sera amené à signer un contrat précisera sa date d'effet et la définition du poste occupé, ainsi que les éléments suivants :

- 1° La dénomination des fonctions exercées, celle de l'unité de recherche ou de la composante d'affectation, ainsi que celle du corps dans lequel l'agent a vocation à être titularisé ;
- 2° La durée du contrat ;
- 3° L'intitulé précis du projet de recherche et d'enseignement retenu qui fait l'objet de la convention de recherche et d'enseignement mentionnée à l'article 16 ;
- 4° Les moyens garantis par l'autorité de recrutement pour la réalisation de ce projet de recherche et d'enseignement ;
- 5° Le nom et la qualité de la personne désignée en qualité de référent scientifique ;
- 6° Le montant de la rémunération brute mensuelle ;
- 7° Les obligations de service d'enseignement et les objectifs à atteindre en matière de recherche ;
- 8° Le cas échéant, les conditions particulières d'exercice de l'emploi de l'agent, notamment lorsque tout ou partie du projet de recherche et d'enseignement se déroule au sein d'un établissement partenaire.

Dans un délai de deux mois à compter de la date de signature du contrat, la convention de recherche et d'enseignement prévue à l'article 16 du décret est annexée au contrat.

L'Université Paris-Saclay est l'une des meilleures universités françaises et européennes, à la fois par la qualité de son offre de formation et de son corps enseignant, par la visibilité et la reconnaissance internationale de ses 275 laboratoires de recherche et leurs équipes, ainsi que par l'attention apportée, au quotidien et par tous ses personnels, à l'accueil, l'accompagnement, l'interculturalité et l'épanouissement de ses 65 000 étudiants. L'université Paris-Saclay est constituée de 10 composantes universitaires, de 4 grandes écoles (Agroparistech, CentraleSupélec, Institut d'Optique Graduate School, Ens Paris-Saclay), d'un prestigieux institut de mathématiques (Institut des Hautes Études Scientifiques) et s'appuie sur 6 des plus puissants organismes de recherche français (CEA, CNRS, Inra, Inria, Inserm et Onera). Elle est associée à deux universités (Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines et Université d'Évry Val-d'Essonne) qui fusionneront dans les années à venir et dont les campus jouxtent le territoire du plateau de Saclay et de sa vallée. Ses étudiants, ses enseignants-chercheurs, ses personnels administratifs et techniques et ses partenaires évoluent dans un environnement privilégié, à quelques kilomètres de Paris, où se développent toutes les sciences, les technologies les plus en pointe, l'excellence académique, l'agriculture, le patrimoine historique et un dynamique tissu économique. Ainsi l'Université Paris-Saclay est un établissement de premier plan implanté sur un vaste territoire où il fait bon étudier, vivre et travailler.

Site : <https://www.universite-paris-saclay.fr/fr>

Candidature via l'application GALAXIE :

<https://galaxie.enseignementsup-recherche.gouv.fr/antares/can/astree/index.jsp>