

---

## Parcours Recherche en Technologies Quantiques Diplôme d'établissement ARteQ

---

### ▪ Parcours Recherche en Technologies Quantiques

*Éléments de contexte :*

Dans le cadre du déploiement du plan national sur les technologies quantiques, l'École souhaite ouvrir pour la rentrée 2020, un parcours de formation dans les domaines du calcul, de la simulation, des communications et des capteurs quantiques, le parcours **Recherche en Technologies Quantiques**. Ce parcours s'inscrit dans le cadre des parcours de recherche thématique mis en place à l'ENS Paris-Saclay.

*Organisation et positionnement :*

Le parcours Recherche en Technologies Quantiques est basé sur le suivi d'une Année Spécifique de Parcours (ASP), l'année ARteQ (Année de Recherche en Technologies Quantiques) positionnée en 3<sup>ème</sup> année de diplôme entre le M1 et le M2.



La formation est organisée en 2 semestres (voir détail en annexe) :

- Un premier semestre de cours (180h) consacré à des modules de formation et un projet encadré de recherche
- Un second semestre consacré à un stage de recherche en laboratoire ou en entreprise

Cette année, fortement orientée vers la recherche et l'innovation, sera validée par un diplôme d'établissement porté conjointement par l'ENS Paris-Saclay et l'Université Paris-Saclay. Sa mise en place s'appuie sur le réseau d'équipes de recherches fédérées par le centre QUANTUM de l'Université Paris-Saclay.

### ▪ Diplôme d'établissement ARteQ – Année de Recherche en Technologies Quantiques

*Date d'ouverture :* année 2020-2021 - *Durée accréditation :* 5ans

*Présentation :*

ARTEQ est une année de formation interdisciplinaire aux technologies quantiques, destinée à des étudiants de niveau préférentiellement M1 mais aussi M2 venant de filières de formations scientifiques diverses : physique, physique appliquée, ingénierie, mathématiques, informatique, chimie. La formation s'adresse également aux élèves d'école d'ingénieur qui souhaitent compléter leur parcours. Elle consiste au premier semestre en des modules

d'enseignement en présentiel complétés par un projet de recherche supervisé puis au deuxième semestre par un stage long en laboratoire de recherche public ou privé. Durant ce stage, les étudiants suivront également une sensibilisation à l'innovation et à l'entrepreneuriat.

ARTEQ s'inscrit dans les actions de formation du centre QUANTUM de l'Université Paris-Saclay, dans le contexte de la seconde révolution quantique et du plan national pour le développement des technologies quantiques. Les étudiants participeront ainsi à l'effort de recherche et innovation de l'Université Paris-Saclay sur les technologies quantiques. Le diplôme universitaire est opéré par l'ENS Paris-Saclay et l'UFR des Sciences. L'Université Paris-Saclay délègue par convention à l'ENS Paris-Saclay le rôle l'établissement référent, ce qui couvre notamment l'inscription et le suivi pédagogique des étudiants. La délivrance du diplôme sera définie dans la convention. La formation est associée à des partenaires industriels qui contribuent par le soutien aux étudiants avec des bourses d'étude et le financement des heures d'enseignement. Ces partenaires seront associés au comité de suivi qui fournira des recommandations pour le programme pédagogique.

#### *Responsables de la Formation*

Jean-François ROCH, Professeur, ENS Paris-Saclay

Pascal SIMON, Professeur, Université Paris-Saclay

#### *Public visé*

Etudiants après un M1 disciplinaire en physique, physique appliquée, EEA, informatique, chimie, mathématiques, élèves d'école d'ingénieur.

La formation ARTEQ est proposée comme une année supplémentaire du parcours Licence-Master, située idéalement après l'année de M1 pour être ensuite complétée par un M2 disciplinaire et la poursuite en thèse sur un sujet lié aux technologies quantiques. Pour les élèves et étudiants normaliens de l'ENS Paris-Saclay, cette année de formation s'inscrit dans le cadre du diplôme.

La sélection s'effectue sur dossier suivi d'un entretien.

Le nombre maximum d'inscrits est de 25 étudiants. Le seuil d'ouverture est fixé à 10 étudiants.

#### *Compétences visées*

Connaissance des technologies quantiques et de leurs enjeux industriels.

Maîtrise d'outils de programmation classique (par exemple python) et d'outils de développement pour l'information quantique (par exemple le système open source QIKIST conçu par IBM Research).

Expérience approfondie de recherche développant l'autonomie.

#### *Organisation générale*

La formation se déroule sur une année universitaire complète d'octobre à juillet, au rythme de 5 jours par semaine en présentiel.

Le stage est prévu d'une durée de 6 mois.

Obligation d'assiduité aux cours et TD ainsi qu'au stage.

Modalités de contrôle des connaissances : Contrôle continu intégral

Lieu de la formation : ENS Paris-Saclay

#### *Débouchés professionnels*

Un des objectifs de ARTEQ est de préparer les étudiants à une thèse sur les technologies quantiques, en les formant à une vision pluridisciplinaire en physique et en informatique qui renforcera leurs connaissances. Elle permettra également de former des étudiants et élèves d'école d'ingénieur qui cherchent un emploi dans ce domaine dont le plan national prévoit une très forte croissance, que ce soit dans les centres de R&D de grands industriels que dans des starts-up directement issues des travaux menés dans les laboratoires de recherche académique. La sensibilisation à l'innovation et à l'entrepreneuriat s'inscrit dans cette perspective ; elle sera faite à travers à un séminaire prévu durant le second semestre de la formation.

#### *Possibilités de poursuites d'études*

Masters M2 de l'Université Paris-Saclay comme par exemple les M2 Nanoscience, Laser Optique Matière, ICPF de la mention Physique ou le M2 MPRI (Master Parisien de recherche en Informatique) de la mention Informatique.

## Annexe - Maquette pédagogique et annexe financière

Le parcours de l'année ARTeQ est découpé de la façon suivante, avec le détail des modules de formation proposés pour le premier semestre. Chaque module correspond à 30 h cours-TD.

**1er semestre (octobre-janvier)**  
modules de formation  
projet encadré de recherche

**2e semestre (février-juillet)**  
stage en laboratoire public ou privé  
+ séminaire de formation à la valorisation

Intitulé du module	Enseignants
Eléments de physique pour les technologies quantiques	Alain Aspect (LCF), Philippe Grangier (LCF) et Jean-François Roch (LUMIN)
Eléments d'informatique pour les technologies quantiques	Pablo Arrighi (INRIA - UPSaclay)
Regards croisés informatique-physique sur l'information quantique	Benoît Valiron (LRI) et Romain Alleaume (Telecom ParisTech, LTCI)
Quantum hardware, lumière et matière	Pascale Senellart (C2N) et Jean-Damien Pillet (X, LSI)
Machine learning et technologies quantiques	Fillipo Miatto (Telecom ParisTech, LTCI) et Julie Grollier (UMR CNRS-Thales)
Initiation à la matière quantique	Jacqueline Bloch (C2N), Marc-Olivier Goerbig (LPS) et Pascal Simon (LPS)

**Le tableau ci-dessous détaille le besoin en heures d'enseignement et d'encadrement.**

Actions	Heures équivalent TD
6 modules d'enseignement en présentiel (30 h par module)	180 h
Projet encadré de recherche en tutorat (2 h par étudiant)	20 h (pour l'année 2020-21)
Séminaire de sensibilisation à l'innovation et entrepreneuriat	5 h
Suivi des stages de recherche	15 h (responsable de la formation)
Pilotage de la formation	10 h (responsable de la formation)
<b>TOTAL</b>	<b>230 h</b>

*Le tableau ci-dessous détaille le coût total de la formation ARTEQ pour l'année 2020-2021. Pour cette première année, nous prévoyons l'accueil de 4 étudiants qui recevront une bourse d'étude d'une durée de six mois. Ces bourses seront financées par les actions de mécénat d'entreprises intéressées par la mise en place de la formation ARTEQ. Ces financements seront versés à la Fondation de l'Université Paris-Saclay.*

Actions	Détail des coûts
100 heures d'enseignement statutaire	20000 €
130 heures en heures complémentaires	5850 €
Stage formation entrepreneuriat	7000 €
Bourses d'études (2400 €/étudiant)	9600 €
Frais environnement enseignement (50%)	12700 €
<b>TOTAL</b>	<b>55150 €</b>

Le tableau ci-dessous détaille la partie du budget couvert par le mécénat des entreprises partenaires.

Actions	Détail des coûts
130 heures en service complémentaire	5850 €
Stage sensibilisation à l'innovation et à l'entrepreneuriat	7000 €
Bourses d'études (2400 €/étudiant)	9600 €
Frais environnement enseignement (50%)	2700 €
<b>Total du coût de formation</b>	<b>25150 €</b>
Participation aux frais de gestion par la Fondation de l'Université Paris-Saclay (10%)	2515 €
<b>Total</b>	<b>27665 €</b>