



PHYSIQUE

Henri-Jean Drouhin

✉ henri-jean.drouhin@polytechnique.edu

Luca Perfetti

✉ luca.perfetti@polytechnique.edu

Contexte

Le PA de Physique est structuré en 3 Parcours thématiques (PT) et 2 Parcours transverses (PTR).

► Les parcours thématiques sont essentiellement destinés aux élèves de l'École polytechnique. Ils leur donnent accès à une grande variété de M2 en physique, en France ou à l'étranger, ainsi qu'à des 4^e années consacrées à d'autres activités que la physique.

Dans les parcours transverses se déclinent et se conjuguent des concepts issus de différents parcours thématiques pour générer des méthodes innovantes et des technologies du futur.

On y trouve aussi des cours d'ouverture, certains proposés en partenariat avec d'autres départements dans une approche multidisciplinaire.

Objectifs

Le Programme d'Approfondissement de physique permet aux élèves de découvrir, d'une part la diversité et l'étendue des phénomènes physiques, d'autre part d'approfondir leurs connaissances théoriques ou expérimentales sur certains sujets plus pointus. Il bénéficie d'un corpus d'enseignements exceptionnels qui présentent les théories fondamentales de la physique, ses aspects expérimentaux et pluridisciplinaires, ainsi que ses applications technologiques actuelles.

Il ouvre ainsi la voie vers tous les métiers de la physique, et permet de se diriger vers la recherche fondamentale ou appliquée, mais aussi vers un ensemble de métiers extrêmement variés pour lesquels une formation de physicien constitue un apport essentiel. On peut séparer ces métiers en deux grandes catégories :

► La première concerne les activités où la physique est centrale, à la fois pour les méthodes et pour les objets étudiés, et est

souvent reliée à la recherche et au développement en milieu académique ou industriel. On peut citer l'électronique, l'informatique, l'optique, l'optoélectronique, la physique atomique et la physique de l'infiniment petit (particules élémentaires) et de l'infiniment grand (cosmologie, astrophysique). Certaines de ces activités peuvent réclamer des connaissances pluridisciplinaires, ou rejoindre l'ingénierie, par exemple dans le domaine de l'énergétique où se rencontrent la physique, la mécanique, la chimie et l'économie, ou dans celui des technologies quantiques.

- ▶ La seconde catégorie concerne des disciplines où les objets qu'on manipule ne sont plus des objets physiques habituels comme des atomes ou des photons, mais où les outils de la physique (les méthodes statistiques, les équations bilans...) restent essentiels. On peut citer les domaines de l'interface avec la biologie et les sciences du vivant (étude du repliement des protéines, dynamique des populations...), ou les activités liées à la finance. Le savoir-faire recherché dans ce cas est la capacité à construire des modèles à partir de données brutes, puis à les confronter à la réalité pour faire des prédictions nouvelles. Cette démarche, centrale dans la formation et les activités d'un physicien, est en fait essentielle aussi dans une activité de conseil ou de « consulting ».

Contenu

a. Règles de choix de cours

Les règles de choix des cours des Parcours thématiques et transverses sont celles des Programmes d'Approfondissement (PA) de l'École polytechnique.

Un projet de recherche en laboratoire (PRL) pourra être effectué dans le Module PHY_50P13_EP, seul ou en binôme, et sur une ou deux périodes.

Une note sera attribuée pour ce projet et se substituera à la note d'EA.

Il est rappelé que les élèves peuvent choisir des cours ou EA supplémentaires s'ils le souhaitent. Il leur appartient alors de s'assurer de la compatibilité des horaires des modules choisis, et de justifier leurs choix dans le texte de motivation du document en ligne d'inscription au PA.

b. Règles de panachage

Un cours ou un EA à chaque période peut être choisi dans une autre thématique ou dans un autre PA.

c. Pré-requis

PHY_41030_EP – Physique quantique avancée,
PHY_42031_EP – Relativité et principes variationnels,
PHY_43033_EP – Physique statistique obligatoires pour la thématique « Des particules aux étoiles » et pour le programme « Physique des hautes énergies ».

Le cours PHY_51001_EP – Champs relativistes et leur quantification est un prérequis pour

PHY_52061_EP – Théorie quantique des champs perturbateurs et
PHY_52066_EP – Physique des Particules Avancée.
PHY_51054_EP – Physique des Particules Élémentaires est pré-requis pour
PHY_52066_EP – Physique des Particules Avancée.

PHY_41030_EP – Physique quantique avancée,

PHY_43033_EP – Physique statistique obligatoires pour les thématiques « Photons et atomes », « De l'atome au matériau » et « Sciences et technologies quantiques » et « Physique computationnelle ».

d. Stage de recherche

PHY_52991_EP à PHY_52999_EP
– Stages de recherche scientifique de Physique.

e. Compétences acquises

Les étudiants ayant suivi un parcours de physique en troisième année à l'École polytechnique acquièrent un ensemble de compétences scientifiques et techniques de haut niveau. Ils maîtrisent les concepts fondamentaux de la physique ainsi qu'un certain nombre de méthodes expérimentales de pointe. Ils sont en mesure de modéliser des phénomènes complexes à l'aide d'outils mathématiques et numériques avancés.

La formation dispensée leur permet d'aborder une large variété de problèmes, que ce soit dans le domaine de la recherche en physique ou en vue de l'application de méthodes scientifiques et des outils de la physique pour résoudre des problèmes industriels, financiers, ou encore pour traiter d'enjeux sociétaux avec la rigueur et le recul nécessaires. Leurs travaux, qui les conduisent aux frontières de la recherche, leur donnent l'opportunité d'aborder des projets souvent multidisciplinaires avec un esprit d'équipe et développe leurs capacités à communiquer des idées complexes et à rédiger des publications scientifiques.

4A, débouchés et métiers

Les élèves germanophiles ayant suivi PHY_51002_EP et PHY_51052_EP ont la possibilité de postuler pour leur 4A au master de physique de la Freie Universität Berlin obtenant ainsi un double diplôme.

Composition du programme

En pratique, les différents parcours partagent de nombreux cours. Les cours du PA de Physique sont enseignés en anglais.

Ils sont communs au PA de Physique du cycle polytechnicien et au programme de master mention physique de IP Paris.

Les parcours thématiques et transverses :

- ▶ PT1: Des particules aux étoiles: interactions fondamentales et constituants élémentaires.
- ▶ PT2: Photons et atomes: Lasers, Optique, Plasmas.
- ▶ PT3: De l'atome au matériau: matière condensée, matière molle, matériaux fonctionnels.
- ▶ PTR1: Sciences et technologies quantiques.
- ▶ PTR2: Physique Computationnelle.

Cours d'ouverture :

MDC_52060_EP (P2): Modelling financial markets: an introduction to Econophysics

Attention :

Aux USA, de nombreux départements de physique fondamentale privilégient l'inscription d'étudiants en Master of Science (M.S.) dans le cadre d'un programme de « Ph.D. curriculum ». Pour effectuer une quatrième année sans intention de poursuivre en thèse, il est plutôt conseillé de se tourner vers les Masters of Science in Engineering (M.S.E.) ou les Masters of Engineering (M.Eng.).

DES PARTICULES AUX ÉTOILES

Cédric Lorcé

✉ cedric.lorce@polytechnique.edu

Christoph Kopper

✉ christoph.kopper@polytechnique.edu

Contexte

Ce parcours s'adresse aux élèves intéressés par les bases de la physique et son rôle conceptuel dans la compréhension de la nature de l'infiniment petit à l'infiniment grand, aussi bien du point de vue expérimental que du point de vue théorique.

Objectifs

A travers ce parcours les élèves peuvent donc continuer à suivre le chemin des grandes révolutions intellectuelles de la physique du vingtième siècle, en partant de la mécanique quantique vers la théorie des champs et la physique des particules, et de la relativité restreinte vers la relativité générale, l'astrophysique et la cosmologie.

Le parcours donnera aussi un premier aperçu des expériences, conçues et mises en œuvre à l'échelle mondiale, pour élargir nos connaissances de l'univers et de ses constituants de base.

Contenu

a. Règles de choix de cours

3 cours et 1 EA par période.

Les règles de choix des cours des Parcours thématiques et transverses sont celles des Programmes d'Approfondissement (PA) de l'École polytechnique.

Un projet de recherche en laboratoire (PRL) pourra être effectué (Module PHY_50P13_EP), seul ou en binôme, et sur une ou deux périodes. Une note sera attribuée pour ce projet et se substituera à la note d'EA.

b. Règles de panachage

Un EA ou un cours peut être choisi dans une autre thématique ou dans un autre PA

c. Pré-requis

PHY_41030_EP – Physique quantique avancée,

PHY_42031_EP – Relativité et principes variationnels

PHY_43033_EP – Physique statistique

d. Stage de recherche

PHY_52991_EP – Champs, particules et matière

PHY_52992_EP – Astrophysique et cosmologie

PHY_52901_EP – Physique spatiale

e. Compétences acquises

Connaissance des concepts fondamentaux en physique des hautes énergies.



4A, débouchés et métiers

Formations de 4^e année conseillées :

En France

M2 IP Paris :

- ▶ ICFP (parcours physique théorique).
- ▶ Physique des hautes énergies (X-ETHZ, M2 à l'ETH Zürich ou à titre exceptionnel M2 à l'X parcours national).

Autres M2, en région parisienne :

- ▶ Noyaux, particules, astroparticules et cosmologie (NPAC).
- ▶ Astronomie, Astrophysique et Ingénierie Spatiale (AAIS).
- ▶ Accélérateurs de Particules et Interaction avec la Matière (APIM).

A l'étranger

- ▶ Masters en Fundamental Physics, Astrophysics and Cosmology, Particle Physics...

Débouchés :

Corps de l'État, Entreprise, Recherche en milieu académique ou industriel. Cette formation par sa richesse méthodologique donne accès à une grande variété de métiers en dehors de la physique (informatique, finance, etc).

Études doctorales: Formation par et pour la recherche en physique théorique, physique des particules, astrophysique et cosmologie.

COMPOSITION DU PROGRAMME

Période 1

3 cours fortement recommandés

PHY_51001_EP – Relativistic fields and their quantization ◀ Ce cours est pré-requis

PHY_51053_EP – Stellar astrophysics pour PHY_52061_EP et PHY_52066_EP

PHY_51054_EP – Elementary particle physics ◀ Ce cours est pré-requis pour PHY_52066_EP

Autres cours recommandés

PHY_51002_EP – Quantum optics: Lasers

PHY_51051_EP – Plasmas in space sciences and technology

PHY_51052_EP – Quantum physics of electrons in solids

1 EA au choix

PHY_51171_EP – Numerical physics

PHY_51174_EP – Cosmology

MDC_51075_EP – Group theory in subatomic physics

Périodes 1 et 2

PHY_50P13_EP – Projet de Recherche en Laboratoire

De préférence, le projet en laboratoire s'étalera sur les deux périodes.

Période 2

3 cours fortement recommandés

PHY_52061_EP – Perturbative Quantum Field Theory

PHY_52066_EP – Advanced Particle Physics

PHY_52068_EP – General relativity

PHY_52004_EP – Space missions and astrophysical plasmas

Autre cours recommandé

PHY_52062_EP – Quantum optics: photons

1 EA au choix

FMA_52068_EP – General relativity

PHY_52183_EP – Black holes, neutron stars and associated phenomena

PHY_52184_EP – Experimental aspects of high energy physics

Période 3

Stage de recherche

PHY_52991_EP – Champs, particules et matière

PHY_52992_EP – Astrophysique et cosmologie

PHY_52901_EP – Physique spatiale

PHOTONS ET ATOMES : LASERS, OPTIQUE, PLASMAS

Fabien Bretenaker

✉ fabien.bretenaker@universite-paris-saclay.fr

François Hache

✉ francois.hache@polytechnique.edu

Contexte

Ce parcours s'adresse aux élèves intéressés par l'optique, la physique des lasers, la physique quantique, la physique atomique et moléculaire, la physique des plasmas et la physique des systèmes de production d'énergie.

Objectifs

Des atomes ultra-froids aux plasmas relativistes, l'élève pourra rencontrer des milieux aux propriétés très diverses, décrits aussi bien par la mécanique quantique que par l'électrodynamique classique ou relativiste, et aux multiples applications actuelles ou futures.

Contenu

a. Règles de choix de cours

3 cours et 1 EA par période.

Les règles de choix des cours des Parcours thématiques et transverses sont celles des

Programmes d'Approfondissement (PA) de l'École polytechnique.

Un projet de recherche en laboratoire (PRL) pourra être effectué (Module PHY_50P13_EP), seul ou en binôme, et sur une ou deux périodes. Une note sera attribuée pour ce projet et se substituera à la note d'EA.

b. Règles de panachage

Un EA ou un cours peut être choisi dans une autre thématique ou dans un autre PA

c. Pré-requis

PHY_41030_EP – Physique quantique avancée

PHY_43033_EP – Physique statistique.

d. Stage de recherche

PHY_52994_EP – Lasers, optique quantique, plasmas

e. Compétences acquises

Connaissance des concepts fondamentaux en physique de basse énergie.



4A, débouchés et métiers

Formations de 4^e année conseillées :

En France

M2 IP Paris :

- ▶ ICFP (parcours physique quantique).
- ▶ Dispositifs quantiques.
- ▶ Science des Matériaux et Nano-Objets (SMNO).
- ▶ Quantum Light, Materials and Nanosciences (QLMN)
- ▶ Sciences de la fusion.

Écoles d'Application :

- ▶ IOGS, Télécom Paris, ENSTA Paris, INSTN

A l'étranger

- ▶ Masters en Electrical Engineering, Nuclear Engineering, Laser Physics, Optics...

Débouchés:

Corps de l'état, Entreprise, Recherche en milieu académique ou industriel (R & D), en particulier dans les domaines des lasers, de l'optique, de la physique quantique et des plasmas.

Études doctorales: Formation par et pour la recherche en: physique, physique atomique et moléculaire, physique des lasers, physique des plasmas.

COMPOSITION DU PROGRAMME

Période 1

3 cours parmi

PHY_51051_EP – Plasmas in space sciences and technology

PHY_51002_EP – Quantum optics: lasers

PHY_51052_EP – Quantum physics of electrons in solids

PHY_51053_EP – Stellar astrophysics (cours supplémentaire)

PHY_51003_EP – Atomic and molecular physics

1 EA au choix

PHY_51170_EP – Materials design

PHY_51171_EP – Physique numérique (*recommandé*)

PHY_51174_EP – Cosmology

Périodes 1 et 2

PHY_50P13_EP – Projet de Recherche en Laboratoire

De préférence, le projet en laboratoire s'étalera sur les deux périodes.

Période 2

3 cours parmi

PHY_52001_EP – Mesoscopic quantum physics and topological matter

PHY_52062_EP – Quantum optics: photons

PHY_52003_EP – Optoelectronics

PHY_52069_EP – Physics of plasmas and thermonuclear fusion

PHY_52004_EP – Space missions and astrophysical plasmas

1 EA au choix

PHY_52180_EP – Quantum information: Entanglement, control and platforms for quantum technologies

PHY_52181_EP – Spintronics

PHY_52101_EP – Microelectronics: experimental ASIC design

PHY_52182_EP – Current Trends in Materials Science

PHY_52183_EP – Black holes, neutron stars and associated phenomena

PHY_52184_EP – Experimental aspects of high energy physics

PHY_52185_EP – Experimental works in environmental physics

PHY_52186_EP – Technology of nuclear reactors and nuclear fuel cycle

Période 3

Stage de recherche

PHY_52994_EP – Lasers, optique quantique, plasmas

DE L'ATOME AU MATÉRIAU : MATIÈRE CONDENSÉE, MATIÈRE MOLLE, MATÉRIAUX FONCTIONNELS

Michel Ferrero

✉ michel.ferrero@polytechnique.edu

Thierry Gacoin

✉ thierry.gacoin@polytechnique.edu

Contexte

Ce parcours cherche à faire découvrir la physique moderne de la matière condensée et de la « matière molle » et de leurs interfaces avec des domaines comme la biophysique, les nanosciences ou les sciences des matériaux. Ces domaines constituent une source inépuisable de sujets de recherche fondamentale, mais conduisent aussi à d'innombrables avancées technologiques.

La diversité des matériaux, la complexité des structures artificielles que l'on sait fabriquer, les conditions extrêmes auxquelles on peut les soumettre font de ce domaine une des branches les plus vastes et les plus variées de la physique, ainsi qu'un secteur en perpétuel renouveau, en prise directe avec les technologies.

Objectifs

A travers les enseignements de ce parcours, l'étudiant découvrira comment les caractéristiques d'un matériau à l'échelle ato-

mique déterminent ses propriétés à l'échelle macroscopique, ainsi que la remarquable diversité de ces propriétés.

Plusieurs enseignements entrant dans ce cadre sont soutenus par la chaire Saint-Gobain.

Contenu

a. Règles de choix de cours

3 cours et 1 EA par période.

Les règles de choix des cours des Parcours thématiques et transverses sont celles des Programmes d'Approfondissement (PA) de l'École polytechnique.

Un projet de recherche en laboratoire (PRL) pourra être effectué (Module PHY_50P13_EP), seul ou en binôme, et sur une ou deux périodes. Une note sera attribuée pour ce projet et se substituera à la note d'EA.

b. Règles de panachage

Un EA ou un cours peut être choisi dans une autre thématique ou dans un autre PA

c. Pré-requis

PHY_41030_EP – Physique quantique avancée

PHY_43033_EP – Physique statistique.

d. Stage de recherche

PHY_52993_EP – Semi-conducteurs et composants

PHY_52995_EP – Physique de la matière condensée

MEC_52993_EP – Matière molle, fluides complexes, biomécanique et MEMS

e. Compétences acquises

Connaissance des concepts fondamentaux en physique de la matière condensée et en physique atomique.



4A, débouchés et métiers

Formations de 4^e année conseillées :

En France

M2 IP Paris :

- ▶ Spécialité « ICFP » parcours physique de la matière condensée, physique quantique, ou physique théorique.
- ▶ Spécialité « Dispositifs Quantiques ».
- ▶ Spécialité « Science des Matériaux et Nano-Objets » (SMNO).
- ▶ Quantum Light, Materials and Nanosciences (QLMN)

Autres M2

- ▶ Spécialité Interface physique biologie
- ▶ Spécialité Systèmes dynamiques et statistiques de la matière complexe.
- ▶ Science des matériaux pour la construction durable.
- ▶ Physique et systèmes biologiques.
- ▶ Systèmes dynamiques et statistiques de la matière complexe.

Écoles d'Application

- ▶ Mines ParisTech, ENSPM, Chimie ParisTech, Télécom Paristech, ENSTA Paris, INSTN

A l'étranger

Double Master avec la FU Berlin.

Materials Science, Electrical Engineering, Solid state Physics, Nuclear Engineering, Biophysics...

Débouchés

Corps de l'état, Entreprises industrielles, Recherche en milieu académique ou industriel (R & D, Management), dans les domaines de la matière condensée et de la science des matériaux.

Études doctorales: Formation par et pour la recherche dans les domaines de la matière condensée et de la science des matériaux.

COMPOSITION DU PROGRAMME

Période 1

3 cours parmi

PHY_51002_EP – Quantum optics: lasers

PHY_51052_EP – Quantum physics of electrons in solids

PHY_51057_EP – Soft surfaces

PHY_51003_EP – Atomic and molecular physics

1 EA au choix

PHY_51170_EP – Materials design

PHY_51171_EP – Numerical physics

Périodes 1 et 2

PHY_50P13_EP – Projet de Recherche en Laboratoire

De préférence, le projet en laboratoire s'étalera sur les deux périodes.

Période 2

3 cours parmi

PHY_52060_EP – Complex systems

PHY_52001_EP – Mesoscopic quantum physics and topological matter

PHY_52002_EP – Nanomaterials and electronic applications

PHY_52003_EP – Optoelectronics

PHY_52065_EP – Physics of living systems: fluctuations, self-organization and active matter

PHY_52067_EP – Physics of semiconducting devices

1 EA au choix

PHY_52180_EP – Quantum information: Entanglement, control and platforms for quantum technologies

PHY_52181_EP – Spintronics

PHY_52182_EP – Current Trends in Materials Science

Période 3

Stage de recherche

PHY_52993_EP – Semi-conducteurs et composants

PHY_52995_EP – Physique de la matière condensée

MEC_52993_EP – Matière molle, fluides complexes, biomécanique et MEMS

PHY_52999_EP – Technologies quantiques et matériaux quantiques

SCIENCES ET TECHNOLOGIES QUANTIQUES

Laurent Sanchez-Palencia

✉ laurent.sanchez-palencia@polytechnique.edu

Contexte

Ces toutes dernières années ont été marquées par des avancées spectaculaires sur le contrôle de systèmes quantiques individuels et des dispositifs quantiques.

Elles ouvrent la voie à une véritable seconde révolution quantique, caractérisée par l'utilisation des propriétés spécifiquement quantiques de la matière. Les défis scientifiques et le vaste potentiel d'applications des technologies quantiques sont actuellement au cœur de plans de développement nationaux et transnationaux d'envergure, impliquant états, grands groupes industriels et un foisonnement de start-ups.

Objectifs

L'objectif de ce parcours est de découvrir ce domaine en plein développement. L'étudiant découvrira à la fois les principes qui sous-tendent ces nouvelles technologies quantiques, une variété de dispositifs

concrets sur lesquels elles sont implémentées, ainsi que les défis à venir.

Ce parcours transverse couvrira un vaste champ de la physique, de la matière condensée à la physique atomique et à l'optique quantique, également des aspects algorithmiques.

Contenu

a. Règles de choix de cours

3 cours et 1 EA par période.

Les règles de choix des cours des Parcours thématiques et transverses sont celles des Programmes d'Approfondissement (PA) de l'École polytechnique.

Un projet de recherche en laboratoire (PRL) pourra être effectué (Module PHY_50P13_EP), seul ou en binôme, et sur une ou deux périodes. Une note sera attribuée pour ce projet et se substituera à la note d'EA.

b. Règles de panachage

Un cours ou un EA à chaque période peut être choisi dans une autre thématique ou dans un autre PA.

c. Pré-requis

PHY_3X061_EP – Physique quantique
PHY_41030_EP – Physique quantique avancée
PHY_43033_EP – Physique statistique

d. Stage de recherche

PHY_52993_EP – Semi-conducteurs et composants
PHY_52186_EP – Lasers, optique quantique, plasmas
PHY_52995_EP – Physique de la matière condensée
PHY_52999_EP – Technologies quantiques et matériaux quantiques

e. Compétences acquises

Connaissance des avancées les plus récentes, des enjeux et des défis des sciences et technologies quantiques. Connaissance des concepts physiques fondamentaux de la matière condensée, de l'optique quantique et de la physique atomique à la base des sciences et technologies quantiques.

Introduction à l'information quantique et pont entre physique et informatique dans le champ du calcul quantique.



4A, débouchés et métiers

Formations de 4^e année conseillées :

En France

M2 IP Paris :

- ▶ ICFP (parcours physique quantique, physique théorique ou physique de la matière condensée)
- ▶ Quantum, Light, Materials and Nanosciences (QLMN)
- ▶ Dispositifs quantiques

Écoles d'Application

- ▶ IOGS, Télécom Paris, ENSTA Paris, Mines ParisTech

A l'étranger

Double Master avec la FU Berlin.
Materials Science, Electrical Engineering, Solid state Physics, Nuclear Engineering, Biophysics...

Débouchés

Corps de l'état, Recherche en milieu académique, Recherche en milieu industriel (R & D), Grands groupes industriels, Start-ups.

Études doctorales : Formation par et pour la recherche dans les domaines de la physique quantique, les technologies quantiques, l'ingénierie quantique, le calcul quantique, la physique atomique et moléculaire, et la matière condensée.

COMPOSITION DU PROGRAMME

Période 1

1 cours indispensable

PHY_51052_EP – Quantum Physics of Electrons in Solids

2 cours au choix

MDC_51002_EP – Quantum Information and Computing:
Foundations

◀ Cours fortement
recommandé

PHY_51001_EP – Relativistic fields and their quantization

PHY_51002_EP – Quantum Optics: Lasers

PHY_51003_EP – Atomic and molecular physics

1 EA au choix

PHY_51170_EP – Materials design

PHY_51171_EP – Numerical physics

MDC_51075_EP – Group theory in subatomic physics

Périodes 1 et/ou 2

PHY_50P13_EP – Projet de Recherche en Laboratoire

◀ Cours fortement
recommandé

Période 2

1 cours indispensable

PHY_52062_EP – Quantum optics: photons

2 cours à choisir parmi

PHY_52001_EP – Mesoscopic quantum physics and topological matter

PHY_52067_EP – Physics of semiconducting devices

CSC_52001_EP – Advanced topics in quantum computation and information

APM_52061_EP – Mathematical modelling of quantum computers

1 EA au choix

PHY_52180_EP – Quantum Information and Computing: Experimental implementations

◀ Ce cours est recommandé

PHY_52181_EP – Spintronics

PHY_52182_EP – Current trends in materials science

Période 3

Stage de recherche

PHY_52993_EP – Semi-conducteurs et composants

PHY_52994_EP – Lasers, optique quantique, plasmas

PHY_52995_EP – Physique de la matière condensée


PHY_52999_EP – Technologies quantiques et matériaux quantiques

PHYSIQUE COMPUTATIONNELLE

Michel Ferrero

 michel.ferrero@polytechnique.edu

Filippo Vicentini

 filippo.vicentini@polytechnique.edu

Contexte

Ce parcours s'adresse aux élèves qui souhaitent acquérir une double culture en physique moderne et en sciences computationnelles. En effet, les méthodes numériques trouvent aujourd'hui une place centrale dans les sciences fondamentales et appliquées. Elles interviennent à tous les niveaux, de l'exploitation de données à la simulation numérique, et demandent d'avoir des connaissances à l'interface entre physique, mathématiques appliquées et informatique. Dans ce contexte, les méthodes d'apprentissage machine ont un rôle de plus en plus important et deviennent un outil essentiel pour relever les défis algorithmiques de demain.

Objectifs

Le programme permet aux étudiants de découvrir la physique computationnelle tout en se spécialisant dans une des thématiques du PA de physique: des particules aux étoiles, photons et atomes, de l'atome

au matériau ou sciences et technologies quantiques. Le choix des cours se fera dans l'offre proposée par la thématique choisie et sera complété par des formations sur des méthodes et algorithmes numériques modernes, avec un accent particulier sur les techniques d'apprentissage machine.

Contenu

a. Règles de choix de cours

3 cours et 1 EA par période.

Les règles de choix des cours des Parcours thématiques et transverses sont celles des Programmes d'Approfondissement (PA) de l'École polytechnique.

Un projet de recherche en laboratoire (PRL) pourra être effectué (Module PHY_50P13_EP), seul ou en binôme, et sur une ou deux périodes. Une note sera attribuée pour ce projet et se substituera à la note d'EA.

b. Règles de panachage

Un cours ou un EA à chaque période peut être choisi dans une autre thématique ou dans un autre PA

c. Pré-requis

PHY_41030_EP – Physique quantique avancée, et
PHY_43033_EP – Physique statistique, obligatoires.

d. Stage de recherche

Stage de recherche en lien avec le parcours thématique choisi ou avec la physique computationnelle

e. Compétences acquises

Connaissances en physique des plasmas, physique des hautes énergies, physique de la matière condensée ou physique quantique selon le parcours thématique choisi.

Compréhension des principaux algorithmes numériques dans ces domaines ainsi que la capacité à résoudre des problèmes complexes à l'aide de l'informatique.

Connaissance des applications scientifiques de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique.



4A, débouchés et métiers

Formations de 4^e année conseillées :

M2 IP Paris :

Les formations conseillées sont celles proposées dans le parcours thématique choisi auxquelles s'ajoutent des formations spécialisées vers la physique computationnelle en France ou à l'étranger :

► Computational Science and Engineering, Computational Physics, etc.

Débouchés

Études doctorales: Formation par et pour la recherche dans les domaines du parcours thématique choisi et dans les domaines de la physique computationnelle.

Corps de l'état, entreprises industrielles, recherche en milieu académique ou industriel (R & D), Start-ups, grands groupes industriels.

COMPOSITION DU PROGRAMME

Période 1

2 cours dans le parcours thématique choisi (les cours soulignés sont obligatoires)

Particules aux étoiles

PHY_51001_EP – Relativistic fields and their quantization

PHY_51053_EP – Stellar astrophysics

PHY_51054_EP – Elementary particle physics

PHOTONS ET ATOMES

PHY_51002_EP – Quantum optics: lasers

PHY_51003_EP – Atomic and molecular physics

PHY_51052_EP – Quantum physics of electrons in solids

PHY_51053_EP – Stellar astrophysics

ATOME AU MATÉRIAU

PHY_51052_EP – Quantum physics of electrons in solids

PHY_51002_EP – Quantum optics: lasers

PHY_51057_EP – Soft surfaces

SCIENCES ET TECHNOLOGIES QUANTIQUES

PHY_51052_EP – Quantum Physics of Electrons in Solids

PHY_51001_EP – Relativistic fields and their quantization

PHY_51002_EP – Quantum Optics: Lasers

PHY_51003_EP – Atomic and molecular physics

MDC_51002_EP – Quantum Information and Computing: Foundations

1 cours à choisir parmi

MDC_51006_EP - Foundations of Machine Learning

CSC_51054_EP - Machine and Deep Learning

1 EA et/ou un PRL avec une composante numérique

PHY_51171_EP - Numerical physics

PHY_50P13_EP - Projet de Recherche en Laboratoire

Période 2

2 cours dans le parcours thématique choisi

PARTICULES AUX ÉTOILES

PHY_52061_EP – Perturbative Quantum Field Theory

PHY_52066_EP – Advanced Particle Physics

PHY_52068_EP – General relativity

PHOTONS ET ATOMES

PHY_52001_EP – Mesoscopic quantum physics and topological matter

PHY_52062_EP – Quantum optics: photons

PHY_52003_EP – Optoelectronics

PHY_52069_EP – Physics of plasmas and thermonuclear fusion

ATOME AU MATÉRIAU

PHY_52060_EP – Complex systems

PHY_52001_EP – Mesoscopic quantum physics and topological matter

PHY_52002_EP – Nanomaterials and electronic applications

PHY_52003_EP – Optoelectronics

PHY_52065_EP – Physics of living systems: fluctuations, self-organization and active matter

PHY_52067_EP – Physics of semiconducting devices

SCIENCES ET TECHNOLOGIES QUANTIQUES

PHY_52062_EP – Quantum optics: photons

PHY_52001_EP – Mesoscopic quantum physics and topological matter

PHY_52067_EP – Physics of semiconducting devices

APM_52061_EP – Mathematical modelling of quantum computers

1 cours supplémentaire parmi les cours précédents ou parmi

APM_52188_EP – Emerging Topics in Machine Learning

CSC_52087_EP – Advanced Deep Learning

APM_52009_EP – Machine Learning for Scientific Computing

1 EA à choisir parmi

PHY_52006_EP – Computational and machine learning methods in quantum physics

PHY_52007_EP – Physique computationnelle des plasmas

PHY_52008_EP – Computational high-energy physics

PHY_52180_EP – Quantum information: Entanglement, control and platforms for quantum technologies

Période 3

Stage de recherche en lien avec le parcours thématique choisi ou avec la physique computationnelle