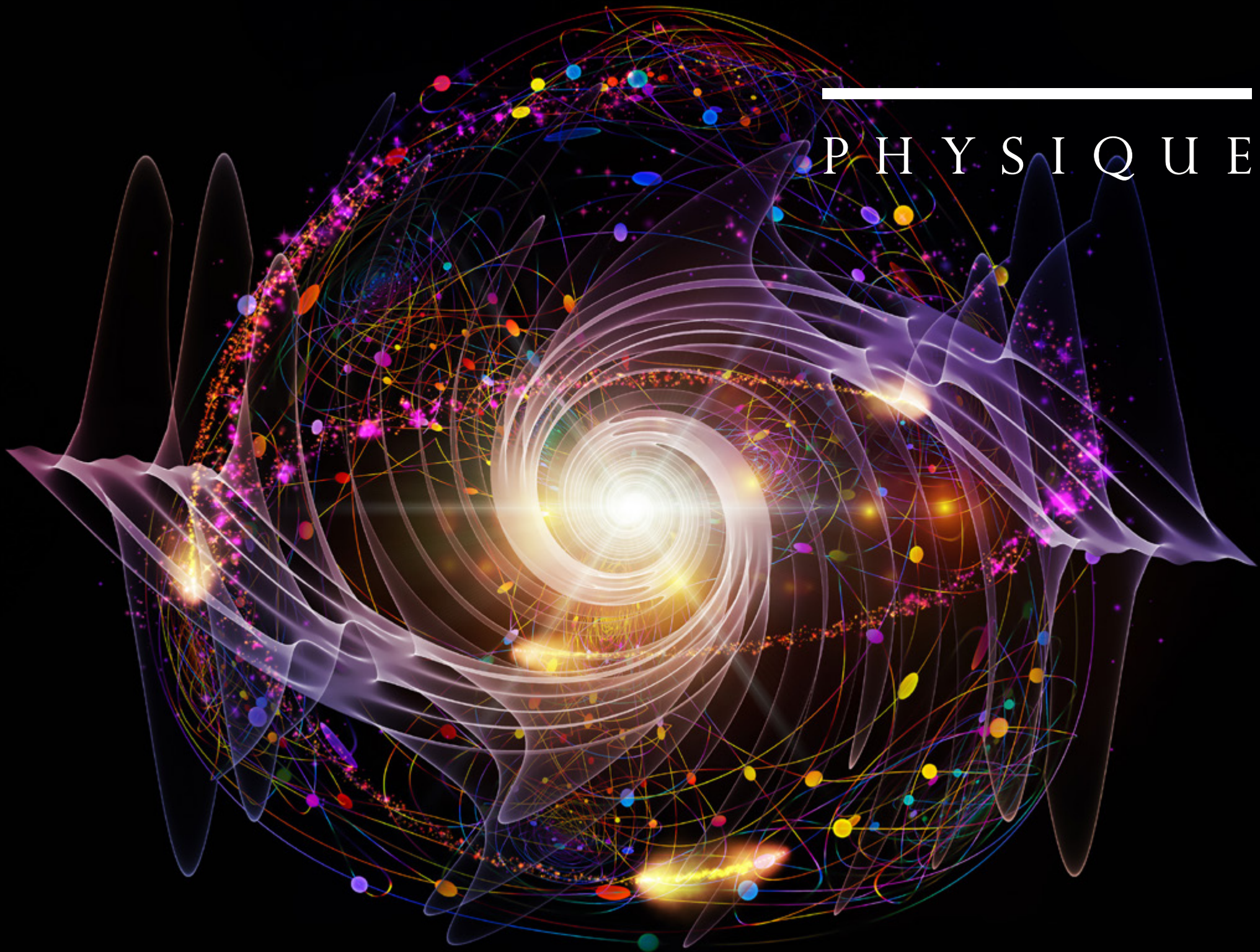

PHYSIQUE



PHYSIQUE

Responsables

Michel Gonin
mgonin@lir.in2p3.fr

Philippe Grangier
philippe.grangier@
institutoptique.fr

Objectifs

Le PA de Physique est structuré en 3 Parcours Thématiques et 1 Parcours International PHE.

■ Les Parcours Thématiques sont essentiellement destinés aux élèves de l'École polytechnique. Ils leur donnant 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.

■ Le Parcours International PHE est une offre structurée M1 + M2, clairement orientée vers la recherche.

Il est destiné d'une part aux élèves de l'École polytechnique désirant d'emblée se spécialiser dans le domaine de la physique des hautes énergies, et d'autre part aux élèves français ou étrangers intégrant l'École au niveau de la « Graduate School ». Le M2 associé au M1 « Physique des hautes énergies » est organisé conjointement par l'École polytechnique et par l'ETH Zurich.

Ce Programme 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'opto-électronique, 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.



■ 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

En pratique, les Parcours Thématiques et le Parcours International PHE partagent de nombreux cours, et il existe une rela-

tion forte entre la thématique Des particules aux étoiles et le M1 PHE.

Les trois parcours thématiques sont ouverts aux élèves non polytechniciens de la « Graduate School », mais il faut noter que la plupart des cours y sont enseignés en français, et que l'accès au M2 n'est pas aussi bien défini que dans le parcours Physique des Hautes Energies. Cette plus grande ouverture implique une démarche plus active de candidature pour la deuxième année de master.

Règles de choix

Les règles de choix des cours des Parcours Thématiques sont celles des Programmes d'Approfondissement (PA) de l'École polytechnique, et celles du Parcours International PHE sont spécifiques à ce parcours (voir fiche détaillée).

Un projet 3A doit être effectué seul ou en binôme par chaque élève avec attribution d'une note correspondante. Ce projet peut être effectué soit au sein du Module PHY511 (Projet de Recherche

en Laboratoire), soit sous forme de deux cours supplémentaires, soit au sein d'un des Enseignements d'Approfondissement proposés dans le PA Physique pour chaque période et comportant une composante projet: PHY570, PHY571, PHY574, MAT-PHY575, PHY579, PHY581B, PHY581C, PHY582, PHY583, PHY584, PHY586, PHY588.

Dans ce cas, deux notes distinctes seront alors attribuées: l'une pour l'EA, l'autre pour l'EA reconnu comme Projet 3A si tel est le choix de l'élève.

Les parcours thématiques

- Des particules aux étoiles: interactions fondamentales et constituants élémentaires.
- Photons et atomes: Lasers, Optique, Plasmas.
- De l'atome au matériau: matière condensée, matière molle, matériaux fonctionnels.

Le parcours International

- Physique des Hautes Energies (Polytechnique).

Les stages de recherche

- PHY590 – Stages de recherche scientifique de Physique.

Des particules aux étoiles : interactions fondamentales et constituants élémentaires

Objectifs

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.

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.

Introduction du « Projet de 3^e année » qui devra être mené par chaque élève, sous la forme suivante, soit :

- Projet de recherche en laboratoire (PHY511) sur la durée du semestre.
- Un EA comportant une composante projet au choix sur chaque période (PHY570, PHY571, PHY574, MAT/PHY575, PHY579, PHY581B,

PHY581C, PHY582, PHY583, PHY584, PHY586, PHY588).

- Deux cours supplémentaires (un en P1 et un en P2);

Prérequis:

PHY430 – Physique quantique avancée, PHY431 – Relativité et principes variationnels et PHY433 – Physique statistique 1.

Formations de 4^e année conseillées

En France

M2 co-habilités par l'X:

- 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).

Responsables

Cédric Lorcé
cedric.lorce@polytechnique.edu

Christoph Kopper
christoph.kopper@cpht.polytechnique.fr

A l'étranger

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

Attention : aux USA, beaucoup de départements de physique théorique ne proposent que des PhD ; pour une 4^e année sans poursuite en thèse chercher du côté des MSc ou des MEng.

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 obligatoires*

- PHY551 – Champs relativistes et leur quantification
- PHY553 – Astrophysique stellaire
- PHY554 – Physique des particules élémentaires

Cours supplémentaires recommandés (voir texte ci-dessus)

- PHY551A – Quantum optics: Lasers
- PHY552A – Quantum physics of electrons in solids (introduction to condensed matter physics)

1 EA au choix (voir texte ci-dessus)

- PHY571 – Physique numérique
- PHY574 – Cosmologie
- MAT/PHY575 – Groupes de symétrie en physique

COMPOSITION DU PROGRAMME**Périodes 1 et 2**

- PHY511 – Projet de recherche en Laboratoire

Période 2*3 cours obligatoires*

- PHY561 – Perturbative Quantum Field Theory
- PHY566 – Advanced Particle Physics
- PHY568 – Relativité générale

Cours supplémentaire recommandé (voir texte ci-dessus)

- PHY562 – Optique quantique 2 : photons

1 EA au choix (voir texte ci-dessus)

- MAT568 – Relativité générale
- PHY583 – Trous noirs, étoiles à neutrons et phénomènes associés
- PHY584 – Aspects expérimentaux de la physique des hautes énergies

Période 3*Stage de recherche*

- PHY591A – Champs, particules et matière
- PHY592 – Astrophysique et cosmologie

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

Photons et atomes : Lasers, Optique, Plasmas

Responsables

Fabien Bretenaker
fabien.bretenaker@
lac.u-psud.fr

François Hache
francois.hache@
polytechnique.edu

Objectifs

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.

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.

Introduction du « Projet de 3^e année » qui devra être mené par chaque élève, sous la forme suivante, soit :

- Projet de recherche en laboratoire (PHY511) sur la durée du semestre.
- Un EA comportant une composante projet au choix sur chaque période (PHY570, PHY571, PHY574, MAT/PHY575, PHY579, PHY581B, PHY581C, PHY582, PHY583, PHY584, PHY586, PHY588).
- Deux cours supplémentaires (un en P1 et un en P2).

Prérequis :

PHY430 – Physique quantique avancée et
PHY433 – Physique statistique 1.

Formations de 4^e année
conseillées

En France

M2 co-habilités par l'X :

- ICFP (parcours physique quantique).
- Optique, matière et plasmas (OMP).
- Dispositifs quantiques.
- Science des Matériaux et Nano-Objets (SMNO).
- Nanosciences.
- Sciences de la fusion.

Écoles d'Application

IOGS, Télécom ParisTech, ENSTA ParisTech, INSTN

A l'étranger

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

Attention : aux USA, beaucoup de départements de physique théorique ne proposent que des PhD, pour une 4^e année sans poursuite en thèse chercher du côté des MSc et MEng.

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 obligatoires parmi

- PHY551A – Quantum optics 1 : lasers
- PHY552A – Quantum physics of electrons in solids (introduction to condensed matter physics)
- PHY553 – Astrophysique stellaire cours supplémentaire
- PHY551B – Atomic and molecular physics

1 EA au choix (voir texte ci-dessus)

- PHY571 – Physique numérique (*recommandé*)
- PHY570 – Materials design
- PHY574 – Cosmologie
- PHY579 – Direct energy conversion and storage

Périodes 1 et 2

- PHY511 – Projet de recherche en Laboratoire

Période 2

3 cours obligatoires

- PHY560B – Physique quantique mésoscopique et matière topologique
- PHY562 – Optique quantique 2 : photons
- PHY564C – Optoélectronique
- PHY569A – Fusion thermonucléaire

1 EA au choix (voir texte ci-dessus)

- PHY588 – Optique non linéaire et applications (*recommandé*)
- PHY581B – Electronique de spin
- PHY581C – Conception expérimentale Microélectronique VLSI
- PHY582 – Current Trends in Materials Science
- PHY583 – Trous noirs, étoiles à neutrons et phénomènes associés
- PHY584 – Aspects expérimentaux de la physique des hautes énergies
- PHY585 – Travaux expérimentaux de la physique de l'environnement
- PHY586 – Technologie des réacteurs nucléaires et cycle du combustible

Période 3

Stage de recherche

- PHY594 – Lasers, optique quantique, plasmas

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

De l'atome au matériau : matière condensée, matière molle, matériaux fonctionnels

Responsables

Michel Ferrero
michel.ferrero@
polytechnique.edu

Thierry Gacoin
thierry.gacoin@
polytechnique.edu

Objectifs

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.

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

Introduction du « Projet de 3^e année » qui devra être mené par chaque élève, sous la forme suivante, soit :

- Projet de recherche en laboratoire (PHY511) sur la durée du semestre.
- Un EA comportant une composante projet au choix sur chaque période (PHY570, PHY571, PHY574, MAT/PHY575, PHY579, PHY581B, PHY581C, PHY582, PHY583, PHY584, PHY586, PHY588).
- Deux cours supplémentaires (un en P1 et un en P2).

Prérequis :

PHY430 – Physique quantique avancée et
PHY433 – Physique statistique 1.

Formations de 4^e année conseillées

En France

M2 co-habilités par l'École: Master Recherche mention « Physique et Applications ».

- Spécialité « ICFP » parcours physique de la matière condensée, physique quantique, ou physique théorique.
- Spécialité « Dispositifs Quantiques ».
- Spécialité « Science des Matériaux et Nano-Objets » (SMNO).

- Spécialité « Nanosciences ».
- Science des matériaux pour la construction durable.
- Physique et systèmes biologiques.
- Systèmes dynamiques et statistiques de la matière complexe.

Autres M2

- Spécialité Interface physique biologie: p7p11physbio.in2p3.fr
- Spécialité Systèmes dynamiques et statistiques de la matière complexe.

Écoles :

Mines ParisTech, ENSPM, Chimie ParisTech, Télécom Paristech, ENSTA Paristech, INSTN

A l'étranger

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 obligatoires parmi

- PHY551A – Quantum optics 1 : lasers
- PHY552A – Quantum physics of electrons in solids (introduction to condensed matter physics)
- PHY552B – Physique des objets biologiques : du nanomètre au micron
- PHY557 – Surfaces molles

1 EA au choix (voir texte ci-dessus)

- PHY570 – Materials design
- PHY571 – Physique numérique

Périodes 1 et 2

- PHY511 – projet de recherche en Laboratoire

Période 2

3 cours obligatoires

- PHY560A – Systèmes complexes
- PHY560B – Physique quantique Mésoscopique et Matière topologique
- PHY564B – Nanomaterials and electronic applications
- PHY564C – Optoélectronique
- PHY565 – Physique de la cellule : polymères, membranes et gels actifs
- PHY567 – Physique des composants semi-conducteurs

1 EA au choix (voir texte ci-dessus)

- PHY581B – Electronique de spin
- PHY582 – Current Trends in Materials Science

Période 3

Stage de recherche

- PHY595 – Physique de la matière condensée
- PHY593 – Semi-conducteurs et composants
- MEC593 – Matière molle, fluides complexes, biomécanique et MEMS

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

Physique des hautes énergies (Polytechnique)

Contexte

La physique des hautes énergies étudie les constituants élémentaires de la matière et les forces fondamentales associées. Les outils expérimentaux pour une telle étude sont les accélérateurs de particules à très haute énergie qui permettent de capter les lois physiques de la nature à très courte distance; le Large Hadron Collider (LHC), lancé en septembre 2008 au CERN, en est la réalisation la plus spectaculaire à ce jour. Par ailleurs, la description théorique passe par des théories mathématiques, caractérisées par leur simplicité intrinsèque et leur puissance prédictive, qui rendent compte des symétries des phénomènes physiques.

Objectifs

Le but du master « Physique des hautes énergies » est d'offrir une formation cohérente, à la fois théorique et expérimentale, en physique des hautes énergies, abordant un large spectre de domaines et d'applications:

- physique des particules,
- physique des astroparticules,
- modèle standard des interactions électrofaibles et ses extensions supersymétriques et autres,

- interactions fortes et chromodynamique quantique,
- outils et méthodes en physique expérimentale,
- relativité générale et gravité quantique (théorie des cordes),
- ainsi que la cosmologie théorique et observationnelle.

Responsables
Stéphane Munier
 stephane.munier@polytechnique.edu

Pascal Paganini
 paganini@llr.in2p3.fr

L'ensemble M1 à l'École polytechnique – M2 à l'ETH Zürich mène à un master joint délivré par les deux institutions. Ce master va au-delà des autres programmes existants, en terme de formation à la fois théorique et expérimentale.

Pour les élèves de l'X

- Projet de recherche en laboratoire (PHY511) sur la durée du semestre.
- Projet d'approfondissement (PHY511 + PHY512: choix EA's avec composante projet) sur la durée du semestre.

Deux cours supplémentaires (un en P1 et un en P2) choisis parmi les cours proposés à l'École ou au sein d'un autre établissement (Université Paris Saclay).

Formations de 4^e année conseillées

Formation de référence (seule permettant d'obtenir le master X-ETHZ) :

- M2 Physique des hautes énergies à l'ETH Zürich.

Autre possibilité permettant d'obtenir un master X uniquement :

- M2 Physique des hautes énergies à l'X.

Études doctorales

Formation par et pour la recherche théorique ou expérimentale en physique des particules, astrophysique et cosmologie.

Débouchés

Recherche en milieu académique ou industriel, corps de l'État, entreprise.

Cette formation par sa richesse méthodologique donne accès aussi à une grande variété de métiers en dehors de la physique (informatique, finance, etc.).

Site spécifique de la formation
<http://hep.polytechnique.edu>

COMPOSITION DU PROGRAMME

Période 1

2 cours obligatoires

- PHY551 – Champs relativistes et leur quantification
- PHY554 – Physique des particules élémentaires

1 cours au choix parmi

- PHY551A – Quantum optics: Lasers
- PHY552A – Quantum Physics of electrons in solid s
- PHY553 – Astrophysique stellaire (*recommandé*)

1 EA au choix parmi

- MAT/PHY575 – Groupes de symétrie en physique
(recommandé et obligatoire si PHY553 – Astrophysique stellaire non choisi)
- PHY571 – Physique numérique
- PHY574 – Cosmologie

Période 2

2 cours obligatoires

- PHY561 – Perturbative Quantum Field Theory
- PHY566 – Advanced Particle Physics

1 cours au choix parmi

- PHY562 – Optique quantique 2: photons
- PHY568 – Relativité générale

1 EA au choix parmi

- PHY583 – Trous noirs, étoiles à neutrons et phénomènes associés
- PHY584 – Aspects expérimentaux de la physique des hautes énergies
(recommandé et obligatoire si PHY568 – Relativité générale non choisi)

Période 3

Stage de recherche

- PHY591 – Champs, Particules et matière
- PHY592 – Astrophysique et cosmologie