

Mention « Physique » de la licence de Sciences et Technologies Parcours partagé avec l' ENS ULM

Ce document vous présente le parcours que la licence de physique de SORBONNE UNIVERSITE partage avec l'Ecole Normale Supérieure au niveau L3 :

- Le parcours **FIP** « Formation Interuniversitaire de Physique » avec l'ENS ULM

Ce parcours est ouvert aux meilleurs de nos étudiants, pouvant justifier d'une excellente moyenne au niveau L2 (au moins une mention bien).

Année universitaire 2019-2020

Mention Physique de la Licence de Sciences et Technologies

Parcours L3 « Formation Interuniversitaire de Physique » FIP (ENS, SORBONNE UNIVERSITÉ, UPD, UPS)

Une formation d'excellence en physique fondamentale, théorique et expérimentale

Sites : <http://www.phys.ens.fr/>
<http://www.licence.physique.sorbonne-universite.fr>

En partenariat avec Sorbonne Université, les universités Paris-Diderot et Paris-Sud-Orsay, le Département de physique de l'École Normale Supérieure organise des enseignements cohérents de troisième année de licence de physique (L3). Cette structure pédagogique s'inscrit dans un parcours interuniversitaire spécifique nommé 'FIP', qui constitue une composante propre de la licence de physique de Sorbonne Université.

L'admission au sein du parcours FIP entraîne l'accès aux études prédoctorales de physique de l'École Normale Supérieure, sanctionnées par un diplôme d'établissement nommé « Diplôme de l'ENS ». La finalité scientifique du Diplôme est d'offrir à tous les prédoctorants une variété de parcours qui conjuguent une formation d'excellence dans une discipline principale, la physique pour ceux qui sont étudiants à la FIP, avec une ouverture à la fois souple et ambitieuse dans d'autres disciplines.

Objectifs de la formation :

Il s'agit d'un cursus d'excellence, à la fois théorique et expérimental, dans le domaine de la physique fondamentale, dont la vocation essentielle est la formation à la recherche. Le cursus dispense les cours de base indispensables mais présente également, grâce à plusieurs options, stages et séminaires, un panorama de la recherche contemporaine et une initiation au métier de chercheur. L'essentiel de l'enseignement se déroule au Département de physique de l'École normale supérieure, riche de cinq laboratoires pluridisciplinaires. Les étudiants bénéficient ainsi, tout au long de leur formation, de contacts étroits avec les chercheurs.

Dans le cadre du Diplôme, l'École Normale Supérieure propose aux étudiants de troisième année de licence de valider quelques modules complémentaires, notamment un stage expérimental d'un mois en laboratoire. Requête pour l'inscription dans le parcours de Master ICFP, la validation de ces compléments pédagogiques n'est toutefois pas nécessaire pour l'obtention du diplôme de licence.

Recrutements et débouchés :

Le parcours accueille les élèves de l'École Normale Supérieure, des étudiants des universités partenaires ou d'autres établissements d'enseignement supérieur ainsi que des élèves de classes préparatoires aux grandes écoles. Chaque candidat doit justifier d'une formation équivalente aux deux premières années (L1 et L2) d'une licence de physique fondamentale ou de mathématiques (120 unités ECTS après le baccalauréat). Le recrutement s'effectue sur dossier et sur entretien dans la limite des places disponibles (40 environ). Accessible sur le site internet

(<http://www.phys.ens.fr/spip.php?rubrique325>) ou au secrétariat du parcours FIP, le dossier de candidature est à remplir en ligne avant une date limite (disponible sur le site de candidature).
 À l'issue de la licence, les étudiants s'orientent logiquement vers la mention « physique et applications » du master recherche de leur université d'inscription, la filière naturelle étant le M1 ICFP. L'objectif premier du cursus est une formation à la recherche fondamentale : son prolongement le plus fréquent est la préparation d'une thèse de doctorat.

Programme :

1 ^{er} semestre (30 ECTS)	2 ^e semestre (30 ECTS)
Physique statistique des systèmes en équilibre (9 ECTS)	Physique du solide (9 ECTS)
Introduction à la mécanique quantique (9 ECTS)	Hydrodynamique (9 ECTS)
Mathématiques pour physiciens (9 ECTS)	Relativité et électromagnétisme (9 ECTS)
Projet expérimental 1 (3 ECTS)	Projet expérimental 2 (3 ECTS)

Spécificités de la formation :

- Une formation théorique de très haut niveau en physique fondamentale : mécanique quantique, physique statistique et quelques-unes de leurs applications actuelles en physique.
- Des projets expérimentaux qui, se substituant aux travaux pratiques classiques, laissent ainsi une certaine initiative aux étudiants dans le choix des montages et des mesures.
- Un enseignement optionnel d'ouverture sur des domaines connexes à la physique (astrophysique, chimie, géophysique, biologie, langue vivante, ou toute autre discipline agréée par les responsables du parcours) concrétisé par le diplôme de l'ENS si 72 ECTS sont obtenus sur 3 ans en plus de ceux requis pour les diplômes nationaux.
- Un soutien pédagogique complétant les travaux dirigés, sous la forme de travaux personnels encadrés dont l'objectif est une meilleure compréhension des enjeux et des cours magistraux.
- Un séminaire hebdomadaire permettant aux étudiants de découvrir à un niveau élémentaire divers aspects relatifs à la recherche la plus récente en physique fondamentale et dans les disciplines voisines.
- Un tutorat personnalisé doublé d'un lien étroit avec les laboratoires de l'ENS : chercheur au Département de physique, le tuteur est l'interlocuteur privilégié de l'étudiant dans son orientation ultérieure.
- Une formation complémentaire, en particulier un stage expérimental en laboratoire, et, plus généralement, un accès libre à l'ensemble des enseignements et activités proposés par l'École Normale Supérieure.

Contacts :

Sites : <http://www.phys.ens.fr/spip.php?rubrique290>
<http://www.licence.physique.sorbonne-universite.fr/>

Secrétariat du parcours FIP :

Medina Mahrez <http://www.phys.ens.fr/spip.php?rubrique325>
 téléphone 01 44 32 35 61, télécopie 01 44 32 25 06

Département de physique de l'ENS, 24 rue Lhomond, 75231 Paris cedex 05

Secrétariat pour Sorbonne Université : Annie Dalongeville

annie.dalongeville@sorbonne-universite.fr

Responsables du parcours FIP :

Pierre-François Cohadon pour l'École Normale Supérieure (cohadon@lkb.sorbonne-universite.fr)

Jean-Noël Aqua pour Sorbonne Université (jean-noel.aqua@sorbonne-universite.fr)

❶ **PHYSIQUE STATISTIQUE DES SYSTEMES EN EQUILIBRE**

La physique statistique décrit les propriétés macroscopiques d'un système à partir des lois microscopiques auxquelles obéissent ses constituants. Le cours traite des propriétés d'équilibre de systèmes classiques, les systèmes en interactions et les changements de phase en lien avec la thermodynamique, ainsi que quelques éléments de dynamique.

Responsable de l'UE : **Lydéric Bocquet, professeur ENS**
Laboratoire de Physique de l'Ecole Normale Supérieure
lyderic.bocquet@ens.fr

Volumes horaires : 60 h (30 h cours + 30 h TD)

Nombre de crédits de l'UE : 9 ECTS

Période où l'enseignement est proposé : 1^{ère} période

Thèmes abordés

- Notions et outils de base de la physique statistique
- Système isolé à l'équilibre : distribution micro-canonique, notion d'entropie
- Système en équilibre avec un thermostat : distribution canonique, fonction de partition
- Système en équilibre avec un réservoir de particules : distribution grand-canonique
- Systèmes en interactions, transitions de phases et thermodynamique
- Simulations numériques en physique statistique
- Equations maîtresse et dynamique stochastique

❶ **INTRODUCTION A LA MECANIQUE QUANTIQUE**

Ce cours propose une première introduction à la Physique Quantique, avec un exposé détaillé du formalisme et de son interprétation. Il aborde autant les problèmes fondateurs, comme l'atome d'hydrogène, que des notions plus modernes comme l'intrication et la non-localité, au cœur des possibilités étonnantes du traitement quantique de l'information.

Responsable de l'UE : **Jean-Marc BERROIR, professeur ENS**
Laboratoire de Physique de l'École Normale Supérieure
berroir@lpa.ens.fr

Volumes horaires : 60 h (30 h cours + 30 h TD)

Nombre de crédits de l'UE : 9 ECTS

Période où l'enseignement est proposé : 1^{ère} période

Thèmes abordés

- Les postulats et les outils de la physique quantique
- Intrication et complémentarité
- Position et impulsion, puits et barrières
- Oscillateur harmonique
- Le problème à deux corps et le moment cinétique
- Particules identiques, bosons et fermions
- Méthodes d'approximation

❶ **MATHEMATIQUES POUR PHYSICIENS**

Ce cours vise à présenter quelques outils mathématiques d'usage fréquent pour le physicien et utilisés dans d'autres cours de la filière FIP. Chaque fois que possible, les notions mathématiques seront illustrées par des exemples tirés de la physique.

Responsable de l'UE : **Frédéric van Wijland**, *professeur Université Paris Diderot*
Laboratoire Matière et Systèmes Complexes
fvw@univ-paris-diderot.fr

Volumes horaires : 60 h (30 h cours + 30 h TD)

Nombre de crédits de l'UE : 9 ECTS

Période où l'enseignement est proposé : 1^{ère} période

Thèmes abordés

- Fonction holomorphes
 - Distributions
 - Transformées de Fourier et de Laplace
 - Fonctions de Green
 - Problème de Sturm-Liouville
 - Equations différentielles ordinaires
 - Probabilités
 - Fonctions de plusieurs variables
 - Courbes et nappes
-
-

❶ **PROJET EXPERIMENTAL 1**

Deux projets expérimentaux réalisés en binômes, l'un au premier semestre, l'autre au second semestre, constituent l'enseignement de physique expérimentale du parcours. Chacun propose de concevoir et d'exploiter une expérience en faisant une grande place à l'initiative des étudiants qui sont responsables du choix des montages expérimentaux et des mesures.

Responsable de l'UE : **Christophe GISSINGER**, *MCF ENS*
Laboratoire de Physique de l'École Normale Supérieure
gissinger@lps.ens.fr

Volumes horaires : 32 h (TP)

Nombre de crédits de l'UE : 3 ECTS

Période où l'enseignement est proposé : 2^{ème} période

Thèmes abordés

Différents domaines de la physique expérimentale moderne.

EXEMPLES D'UE DANS LE CADRE DU DIPLOME DE L'ENS :

❶ INTRODUCTION AUX PRINCIPES VARIATIONNELS

Cette introduction aux principes variationnels et aux concepts et méthodes de la mécanique analytique est conçue comme un complément utile aux cours de mécanique quantique, de relativité et électromagnétisme et de physique statistique.

Responsable de l'UE : **Jean-François Allemand, professeur ENS**
Laboratoire de Physique de l'École Normale Supérieure
allemand@lps.ens.fr

Volumes horaires : 36 h (18 h cours + 18 h TD)

Période où l'enseignement est proposé : 1^{ère} période

Thèmes abordés

- Notion de principe variationnel, multiplicateurs de Lagrange
 - Formalisme lagrangien, principe de moindre action;
 - Application à différents systèmes mécaniques et au champ scalaire
 - Transformations de Legendre, Potentiels thermodynamiques
 - Formulation hamiltonienne de la mécanique
-
-

① **PHYSIQUE DU SOLIDE**

Responsable de l'UE : **Jean-Noël Aqua, maître de conférence, Sorbonne Université**
Institut des Nanosciences de Paris
jean-noel.aqua@sorbonne-universite.fr

Volume horaire : 60h (32h cours + 28h TD)

Nombre de crédits de l'UE : 9 ECTS

Période où l'enseignement est proposé : 2ème période

Thèmes abordés :

- matière et propriétés électroniques
- gaz de Fermi
- structure cristalline
- électrons de Bloch
- électrons presque libres et structure de bandes
- liaisons fortes
- description semi-classique
- équation de Boltzmann
- transport et effets thermoélectrique
- semi-conducteurs
- phonons
- diamagnétisme, paramagnétisme
- ferromagnétisme
- supraconductivité
- croissance cristalline

① **HYDRODYNAMIQUE**

Responsable de l'UE : **Frédéric Moisy, professeur Université Paris-Sud**
Laboratoire Fluides, Automatique et Systèmes Thermiques
frederic.moisy@u-psud.fr

Volumes horaires : 60 h (30 h cours + 30 h TD)

Nombre de crédits de l'UE : 9 ECTS

Période où l'enseignement est proposé : 2^{ème} période

Thèmes abordés

- Introduction à l'hydrodynamique : notion de milieu continu, cinématique.
- Description Lagrangienne et Eulerienne, théorème du transport, équations de conservation.
- Fluides parfaits, conditions aux limites, adimensionnement, équation de Bernoulli, paradoxe de d'Alembert.
- Phénomènes capillaires : loi de Laplace, mouillage, effet de la gravité.
- Ondes de surface : relation de dispersion, vitesse de groupe, sillages, énergie transportée.
- Etablissement de l'équation de Navier-Stokes : tenseur des contraintes, conditions aux limites, adimensionnement
- Quelques solutions exactes de l'écoulement des fluides visqueux : force de traînée sur une sphère, réversibilité, cellule de Hele-Shaw.
- Ecoulements parallèles et théorie de la lubrification

- Les couches limites laminaires.
- Dynamique de la vorticité : théorème de Kelvin, quelques exemples de tourbillons.
- Instabilités hydrodynamiques : Rayleigh-Taylor, Kelvin-Helmholtz, Saffman-Taylor ; Critère de Rayleigh pour les écoulements cisailés.

① **RELATIVITE ET ELECTROMAGNETISME**

Après avoir exposé les notions essentielles de la relativité restreinte et la formulation covariante des équations de Maxwell, le cours présente un approfondissement de l'électromagnétisme classique : tenseur énergie-impulsion, rayonnement et électromagnétisme dans la matière.

Responsable de l'UE : **Frédéric Chevy, Prof. ENS**
Laboratoire Kastler Brossel

Volumes horaires : **60 h (30 h cours + 30 h TD)**
 Nombre de crédits de l'UE : **9 ECTS**
 Période où l'enseignement est proposé : **2 me période**

Thèmes abordés

- Principe de relativité, relativité restreinte et transformation de Lorentz
- Formalisme tensoriel.
- Formulation covariante de l'électrodynamique : Principe de moindre action. Tenseur énergie-impulsion
- Solution générale des équations de Maxwell en présence d'une source. Fonctions de Green.
- Rayonnement et développement multipolaire,
- Electromagnétisme dans la matière.

① **PROJET EXPERIMENTAL 2**

Deux projets expérimentaux réalisés en binômes, l'un au premier semestre, l'autre au second semestre, constituent l'enseignement de physique expérimentale du parcours. Chacun propose de concevoir et d'exploiter une expérience en faisant une grande place à l'initiative des étudiants qui sont responsables du choix des montages expérimentaux et des mesures.

Responsable de l'UE : **Christophe GISSINGER, MCF ENS**
Laboratoire de Physique de l' cole Normale Supérieure
gissinger@lps.ens.fr

Volumes horaires : **32 h (TP)**
 Nombre de crédits de l'UE : **3 ECTS**
 Période où l'enseignement est proposé : **2 me période**

Thèmes abordés

Différents domaines de la physique expérimentale moderne.

EXEMPLES D'UE DANS LE CADRE DU DIPLOME DE L'ENS :

❶ INTRODUCTION A L'ASTROPHYSIQUE

Responsable de l'UE : **Nick KAISER, Professeur ENS**

Laboratoire de Physique de l'École Normale Supérieure
nick.kaiser@ens.fr

Volumes horaires : 30 h (15 h cours + 15 h TD)

Période où l'enseignement est proposé : 2ème période

Thèmes abordés

Le cours abordera les grands domaines de l'astrophysique contemporaine. Après une introduction générale des principales échelles et processus physiques, les questions suivantes seront plus spécifiquement abordées :

- émission et transfert de rayonnement
- physique des intérieurs stellaires et évolution des étoiles
- objets compacts
- formation des étoiles et milieu interstellaire
- cosmologie

⇒ ORDRES DE GRANDEUR ET METHODES DE PERTURBATION

La première partie du cours est destinée à familiariser les étudiants physiciens avec le raisonnement qualitatif et l'évaluation des ordres de grandeur en physique. L'analyse dimensionnelle, ses applications à la recherche de solutions auto-semblables et le lien avec les lois d'échelle en physique sont présentés de façon détaillée. Les différents exemples sont choisis de manière à aborder des thèmes aussi variés que possible. Divers exemples de méthodes perturbatives font l'objet de la seconde partie du cours.

Responsable de l'UE : **Frédéric Chevy, professeur ENS**

Laboratoire Kastler Brossel
chevy@lkb.ens.fr

Volume horaire : 40 h (20 h cours + 20 h TD)

Période où l'enseignement est proposé : 2ème période

Thèmes abordés

- Analyse dimensionnelle
- Ordres de grandeur en physique quantique, unités atomiques et conséquences sur quelques ordres de grandeur macroscopiques.
- Diffusion, matière molle, invariance d'échelle et fractale
- Transitions de phases et exposants critiques
- Développement à échelles multiples
- Approximation WKB

❶ OPTIQUE

Responsable de l'UE : **Pierre-François Cohadon, Maître de conférences ENS**

Laboratoire Kastler Brossel

cohadon@lkb.sorbonne-universite.fr

Volume horaire : 48 h (24 h cours + 24 h TD)

Période où l'enseignement est proposé : 2^{ème} période

Thèmes abordés

- Le photon, quantification du champ électromagnétique, fluctuations du vide
 - Propagation dans le vide. Optique paraxiale. Pouvoir de résolution des instruments d'optique, microscopie. Limite de l'optique géométrique.
 - Cohérence et interférométrie
 - Description quantique de l'interaction atome-champ électromagnétique. Emission spontanée. Emission stimulée, coefficients d'Einstein
 - Equations de Maxwell dans la matière, densité de polarisation, d'aimantation. Relations constitutives. Susceptibilité.
 - Principe des lasers et optique nonlinéaire
-