Catalogue des cours sélectionnés

1 : PHY400 Deuxième année
2 : PHY000 L'enseignement de la Physique et la recherche à l'Ecole polytechnique
3 : PHY300 Première année
4 : PHY600 Quatrième année
5 : PHY590 Stages de recherche scientifique de Physique
6 : PHY500 Troisième année

PHY400 Deuxième année

Dans le cursus scientifique des polytechniciens, la physique a sa place pour au moins deux bonnes raisons.

D'une part, la plupart des technologies de pointe qui nous sont familières et qui occupent de plus en plus de place dans l'économie mondiale, reposent sur des découvertes de la physique : énergie nucléaire, systèmes électroniques et optroniques, spintronique, matériaux composites, etc... Quelle que soit la carrière future des polytechniciens (scientifique, ingénieur, décideur), ils doivent être en état de comprendre et d'exploiter ces technologies et celles qui ne manqueront pas d'apparaître dans le futur.

D'autre part, les succès de la physique au vingtième siècle, résultats de réflexions sur l'interprétation des phénomènes naturels à petite et grande échelles, constituent une aventure intellectuelle de grande valeur culturelle et pédagogique.

Pendant la deuxième année, on vise une introduction aux grandes théories qui sont les bases de la physique moderne : mécanique quantique, physique statistique, relativité restreinte et principes variationnels, ainsi qu'aux domaines d'application les plus simples de ces théories. Cette période comporte également des enseignements expérimentaux introductifs à une grande variété de domaines de la physique, de la science des matériaux et de l'électronique. Enfin, elle inclut, de façon encadrée par un tuteur, un Projet Scientifique Collectif se rattachant à la physique ou à l'électronique.

Les enseignements de physique ont leur place dans l'année scolaire comme suit :
Au premier semestre : cours d'ouverture sur la Relativité et les principes variationnels (cf fiche PHY431).
Au deuxième semestre : grand cours de Physique quantique et statistique (cf fiche PHY432).
Au deuxième semestre : enseignements expérimentaux, appelés Modal (cf fiches PHY441A-B, 442A-B).

Responsable : Philippe GRANGIER
Période : Printemps
Dernière mise à jour : vendredi 21 mai 2010

PHY000 L'enseignement de la Physique et la recherche à l'Ecole polytechnique

L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE A L'ECOLE POLYTECHNIQUE

Les enseignements de physique à l’Ecole Polytechnique ont plusieurs objectifs :

1) donner aux étudiants de l’Ecole une culture scientifique de base en physique moderne, ouverte sur les interfaces de cette discipline avec d’autres domaines scientifiques ;
2) les initier aux pratiques de cette science, tant théoriques qu’expérimentales, dans leurs aspects les plus actuels ;
3) faire prendre conscience aux étudiants que les développements actuels ou prévisibles de nombreux domaines technologiques reposent sur des avancées récentes en physique fondamentale et appliquée ;

4) faire prendre conscience aux étudiants que les concepts et les méthodes de modélisation ou d'instrumentation issues de la physique se révèlent utiles dans d'autres domaines, comme les sciences du vivant ou même la finance ;
5) préparer les étudiants de l'Ecole aux formations complémentaires spécialisées scientifiques (masters de recherche) ou technologiques (écoles d'ingénieur) ;

L'enseignement de physique se déroule en deux phases :

La première, pendant les deux premières années d'étude, (cf. fiches PHY300, PHY400), est une introduction aux grandes théories et méthodes qui constituent les bases de la physique moderne : mécanique quantique, physique statistique, relativité restreinte, principes variationnels, ainsi qu'aux domaines d'application les plus simples de ces théories. Elle comporte également des enseignements expérimentaux introductifs dans des domaines très variés de la physique, des sciences des matériaux ou de l'électronique. Un projet scientifique collectif, encadré par un tuteur, est mené à bien, en physique ou en électronique.

La seconde, pendant la troisième année, organisée en deux périodes d'enseignements (cf. fiche PHY500), suivies d'un stage de recherche, est une introduction plus approfondie à la plupart des domaines importants de la physique moderne et de ses applications industrielles. Elle vise un double but. D'une part, elle s'inscrit dans la formation en 4 ans des polytechniciens, et, de l'autre, elle définit un cursus de master pour des étudiants ayant complété leur cycle de formation au niveau « bachelor » dans d'autres établissements d'enseignement supérieur.

En ce qui concerne le cursus polytechnicien, les deux premières années à l'école auront visé à donner aux étudiants de l'X une culture scientifique de base en physique. La troisième année (M1) les prépare aux formations scientifiques (M2, masters et graduate schools à l'étranger) et techniques (Ecoles d'ingénieurs françaises, formations d'ingénieur étrangères) spécialisées de 4ème année. Depuis 2007-2008, cette troisième année est désormais organisée sous forme de programmes d'approfondissement qui eux-mêmes peuvent comporter plusieurs thématiques. Le département de Physique participe principalement aux programmes d'approfondissement "Physique", "Electrical Engineering", "Energies du XXIe siècle", "Innovation technologique" et "Sciences pour les défis de l'environnement". Le catalogue de cours de troisième année (cours répertoriés par les nombres 5xx) comprend également des enseignements qui se situent à l'interface de la physique avec une autre discipline (Biologie, Mécanique, Chimie, Informatique, Mathématiques), et qui font partie des programmes d'approfondissement offerts par les départements correspondants. De la même manière, d'autres départements proposent des cours qui apparaissent dans les programmes d'approfondissement de Physique.

LA RECHERCHE EN PHYSIQUE SUR LE CAMPUS DE L'ECOLE POLYTECHNIQUE

La recherche en physique est très développée sur le campus de l'Ecole Polytechnique ! Presque tous les grands domaines de recherche sont abordés, aussi bien au cœur de la physique qu'aux interfaces avec d'autres sciences comme la biologie, la chimie, la mécanique, l'informatique ou les mathématiques. Si les recherches ayant un caractère fondamental restent majoritaires, celles tournées vers les applications sont également nombreuses, et connaissent actuellement un développement rapide. Les principaux centres d'intérêt des neuf laboratoires associés au département de physique de l'Ecole sont brièvement résumés ci-dessous. Il faut y ajouter deux instituts de recherche qui se sont récemment installés sur le campus : l'Institut d'Optique Graduate School (IOGS) et Thalès Research and Technology (TRT). Plus largement, le plateau de Saclay, avec de grands centres de recherche qui sont nos voisins immédiats -comme le CEA-Saclay, l'Université Paris-Sud (Orsay) ou l'ONERA, associés maintenant dans l'IDEX Paris-Saclay- constitue un ensemble exceptionnel pour la recherche en physique, d'envergure mondiale. Ces recherches

impliquent bien entendu de nombreux partenariats et collaborations internationales.

Le département de physique souhaite encourager fortement les élèves de l'Ecole et tous les étudiants du campus à profiter pleinement de cet environnement de recherche, en allant aussi souvent que possible ``frapper à la porte des laboratoires'' et en développant des contacts fréquents avec les chercheurs et enseignants-chercheurs au-delà du cadre des enseignements proprement dit. Ils y découvriront comment s'élabore la science vivante, qui prépare aussi les technologies de demain !

Centre de Physique Théorique (CPHT)
http://www.cpht.polytechnique.fr/

Le Centre de Physique Théorique de l'Ecole polytechnique regroupe environ 70 chercheurs (dont une moitié de permanents) dont l'activité est consacrée à l'élaboration de théories physiques nouvelles dans des directions très variées. Initialement fondé autour de thèmes de physique mathématique, le CPHT a diversifié ses sujets d'intérêt, avec la venue successive de groupes de physique des particules, de physique des plasmas, et plus récemment de physique de la matière condensée. Ainsi, on y traite aussi bien des interactions fondamentales, grâce à la chromodynamique quantique ou à la théorie des cordes, que de fusion thermonucléaire contrôlée, autour du projet international ITER, en passant par la théorie des systèmes chaotiques, par la modélisation des éruptions solaires, par l'analyse de l'interaction laser-matière à très haut flux, ou par le développement de nouvelles méthodes théoriques pour le calcul de la structure électronique de matériaux fortement corrélés, pour ne prendre que quelques exemples. La feuille de papier, le stylo, l'ordinateur, voilà les outils de travail des chercheurs du CPHT, qui œuvrent en relation étroite avec de multiples collaborateurs appartenant à des laboratoires où les théories sont confrontées aux expériences.

Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR)
http://www.llr.in2p3.fr

Le laboratoire Leprince-Ringuet a deux domaines de recherche qui s'épaulent tant du point de vue conceptuel que technique, l'astronomie gamma de très haute énergie et la physique des particules. Fondé en 1936 à l'École par Louis Leprince-Ringuet, le laboratoire étudiait les rayons cosmiques pour leur nature mais surtout pour les particules le composant. Puis, après une longe période concentrée sur les accélérateurs, les rayons cosmiques sont de nouveau étudiés, maintenant pour comprendre leurs sources. L'astronomie gamma regarde le ciel via des photons d'énergie voisine du TeV, mille milliards de fois plus énergiques que ceux du visible, un tout nouveau domaine d'observation. La problématique est double: quels mécanismes produisent de tels photons, quelles sont les sources. Nous disposons d'un observatoire à la construction duquel nous avons participé, HESS, situé en Namibie, qui observe ces photons via leur interaction avec l'atmosphère. HESS a reçu en 2010 le prix « Bruno Rossi » de la société américaine d'astronomie. Le laboratoire participe également au programme d'observations mené par le télescope spatial FERMI, dont nous avons construit la structure du calorimètre, et qui a reçu en 2011 ce même prix prestigieux. Concernant la physique des particules, les oscillations entre les trois familles de neutrinos, découvertes il y a quelques années commencent à être étudiées dans l'expérience T2K (Tokai to Kamiokande) au Japon, qui a récemment observé la première indication de l'apparition de neutrinos électroniques dans un faisceau de neutrinos muoniques. Plus près de nous, l'expérience CMS auprès du collisionneur LHC du CERN débute maintenant une campagne de prises de données proton-proton à l'énergie dans le centre de masse record de 8 TeV en 2012. Les collisions de noyaux de plomb à l'énergie de 2.76 TeV sont également été étudiées par cette même expérience. L'observation d'événements obtenus à ces énergies record ouvre l'accès à de nouveaux territoires pour les interactions fondamentales. La pièce manquante la plus importante du modèle standard est le « boson de Higgs » responsable de la masse. Activement recherché par CMS, il pourra être caractérisé finement dans les collisions électron-positron

disponibles auprès du futur collisionneur linéaire, pour lequel nous développons de nouvelles techniques de calorimétrie ultra-granulaire. Ces expériences devraient aussi apporter tout un monde de nouvelle physique, peut-être jusqu'à découvrir de nouvelles dimensions. Cette physique se développe dans un cadre international et ses installations sont dispersées dans les diverses régions du monde. A la frontière des technologies, elle engendre ses propres techniques en s'appuyant sur des moyens importants qui peuvent s'appliquer à bien d'autres domaines. Ainsi nous développons des codes de calcul simulant l'interaction particules-matière ou construisons des profileurs de faisceau pour le traitement des cancers par des accélérateurs d'ions. Nous préparons également le futur avec l'étude de nouvelles méthodes d'accélération par plasma, en collaboration avec d'autres laboratoires de l'Ecole Polytechnique.

Laboratoire d'Optique Appliquée (LOA)
http://loa.ensta.fr/

L'activité du Laboratoire d'Optique Appliquée (LOA) porte sur le domaine des lasers intenses ultra-brèfs et leurs applications. Les équipes de recherche du LOA développent des systèmes lasers femtosecondes (1fs =10-15 s) de forte puissance (jusqu'au pétawatt, 1 PW = 1015 W), étudient la physique de l'interaction laser-matière et des plasmas, et développent des sources de particules (électrons, ions) ou de rayonnements sur une large gamme spectrale (du THz aux X et gamma) avec des durées d'impulsions pouvant atteindre le régime attoseconde (100 as = 10-16 s).

Ces sources sont utilisées pour des applications qui concernent, par exemple, l'étude de la dynamique ultrarapide de structures en physique du solide pour révéler les mouvements les plus brefs des atomes et des molécules au sein de la matière, le contrôle attoseconde de la dynamique de plasma, l'imagerie par rayons X à haute résolution spatiale pour diagnostiquer des plasmas de fusion thermonucléaire ou développer des méthodes compactes de tomographie, la chirurgie des yeux par laser pour développer des nouvelles techniques de greffe de cornée ou de traitement du glaucome, la proton-thérapie par laser pour développer des techniques compactes de traitement du cancer, ou bien le guidage de la foudre par laser pour protéger des installations sensibles.

Dans ce cadre, le laboratoire d'Optique Appliquée (LOA) développe un partenariat soutenu avec le milieu académique et le tissu industriel. Le LOA est une Facilité Laser qui accueille des équipes européenne et française sur ses sites expérimentaux à travers plusieurs programmes tel que LaserLab au niveau européen. Il est impliqué dans une cinquantaine de projets de recherche nationaux avec notamment la DGA, EADS, RTRA Triangle de la physique, la région Ile de France et le département de l'Essonne (ASTRE, SESAME), le ministère de la recherche (10 projets ANR, 2 Equipements d'Excellence CILEX et ATTOLAB, 1 laboratoire d'excellence PALM). Le partenariat industriel est fort avec par exemple un projet rassemblant plusieurs laboratoires du Plateau de Saclay avec des PME et des hôpitaux qui est supporté par OSEO, ou bien des contrats et valorisations avec des industriels comme THALES, AMPLITUDE, ou FASTLITE.

Laboratoire d'Optique et Biosciences (LOB)
(également associé au département de Biologie)
http://www.lob.polytechnique.fr/

Quatre thématiques sont en cours de développement dans le laboratoire :
• Mécanismes moléculaires adaptatifs dans des systèmes microbiens,
• dynamique interne des protéines par spectroscopie femtoseconde,
• microscopies avancées-physiologie tissulaire
• nano-émetteurs/suivi de molécules uniques.

Le premier thème inclut des projets visant d'une part à élucider les mécanismes adaptatifs à l'hypoxie chez les procaryotes par l'association d'approches biochimiques et spectroscopiques et d'autre part à élucider les mécanismes catalytiques et la régulation métabolique d'une nouvelle classe de thymidylate synthases, ThyX. Ces enzymes présentes dans un grand nombre de bactéries pathogènes, mais absentes chez l'Homme, constituent une cible pharmacologique attractive pour l'inhibition spécifique de la croissance bactérienne. Helicobacter pylori, bactérie responsable de pathologies gastriques est le modèle d'étude privilégié.

Le deuxième thème rassemble l'ensemble des projets qui concourent à caractériser la dynamique interne des protéines par spectroscopie femtoseconde. Les projets au sein de ce thème participent à la fois à des développements de méthodes et concepts originaux en physique ultra-rapide, et à la mise en évidence de mécanismes moléculaires au sein de différentes classes de protéines : oxydases mitochondriales, senseurs à oxygène bactériens, protéines de la cascade de signalisation par le NO, enzymes de la réparation de l'ADN.

Le troisième thème vise au développement de microscopies avancées et de programmes de recherche en « physiologie tissulaire ». De nombreuses problématiques biologiques et médicales nécessitent aujourd'hui d'intégrer des données génétiques et moléculaires dans des modèles à l'échelle tissulaire. Les projets concernent l'interaction entre déformations tissulaires et mécanismes intracellulaires conduisant à la modulation de l'expression génique lors de la morphogenèse embryonnaire, ainsi que le remodelage de la matrice extracellulaire et la fibrose rénale associées au stress mécanique induit par l'hypertension artérielle.

Le quatrième thème met oeuvre des nano-technologies avec la production de nanoparticules fluorescentes pour des applications en imagerie cellulaire visant à élucider les mécanismes de signalisation dans les cellules musculaires lisses vasculaires, en particulier la transactivation des récepteurs tyrosine-kinase. Un deuxième projet concerne l'interaction toxine-cellule avec le suivi de molécules individuelles lors des différentes phases de reconnaissance des récepteurs membranaires par la toxine, d'oligomérisation et de transcytose.

Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (LPMC)
http://pmc.polytechnique.fr/

Le laboratoire PMC présente la particularité d'associer physiciens et chimistes dans le domaine de la matière condensée. On y aborde des thématiques variées concernant la physique et la chimie des solides, les phases intermédiaires entre les solides et les liquides (ce qu'on appelle la matière molle), l'élaboration, la modification et les propriétés des matériaux. Depuis peu émergent de nombreuses activités à l'interface avec différents domaines de la biologie.
Les compétences mises en oeuvre à PMC peuvent être expérimentales, théoriques ou relever de la simulation numérique. Le laboratoire dispose aussi d'une culture dans le domaine de l'instrumentation pour des expériences « à taille humaine » (par exemple on y construit en ce moment un microscope à effet tunnel à contraste magnétique). Habituellement, les projets essaient d'associer le plus possible ces diverses compétences, soit en profitant du large spectre d'expertise présent au laboratoire, soit au travers de collaborations extérieures. L'activité scientifique est principalement de nature fondamentale, mais le laboratoire possède néanmoins de nombreuses collaborations avec des industriels.
L'activité scientifique se structure autour de quatre groupes de recherches, mais il existe aussi beaucoup de projets « intergroupes ». Les thèmes scientifiques concernent principalement la physique et la chimie à petite échelle (les « nanosciences », par exemple l'élaboration et/ou l'étude de nanoparticules ou de nanostructures magnétiques), l'étude des milieux désordonnés ou irréguliers (par exemple certains

matériaux poreux et les fluides qui y sont confinés), l'étude de phénomènes où interviennent une large gamme d'échelles spatiales et/ou temporelles (par exemple le fonctionnement du poumon ou les mécanismes de conduction ionique dans des matériaux), l'étude d'instabilités (par exemple l'apparition de dendrites lors de la solidification d'un métal ou de dépôts électrolytiques). On trouve plus de renseignements sur le site http://pmc.polytechnique.fr
Le laboratoire accueille enfin un bon nombre d'étudiants français et étrangers, dont une vingtaine de doctorants. Ces derniers entament ensuite le plus souvent une carrière industrielle. Ils entretiennent au laboratoire une vie scientifique, culturelle et sociale particulière (voir le site « XPMC Thésards » http://pmc.polytechnique.fr/thesards/).

Laboratoire de Physique des Interfaces et des Couches Minces (LPICM)
http://www.lpicm.polytechnique.fr/

Les thèmes d'activité du laboratoire portent sur la synthèse et les applications de couches minces et de nanomatériaux, principalement à base de carbone ou de silicium. Ces recherches couvrent l'ensemble du domaine depuis les mécanismes d'élaboration jusqu'aux propriétés des dispositifs réalisés à partir de ces nanomatériaux. L'étude de ces matériaux présente un intérêt fondamental en tant que nanostructures. Par ailleurs, l'une des principales caractéristiques de ces recherches est de s'effectuer dans un fort contexte d'applications industrielles, dans les domaines de l'électronique en grande surface (photopiles solaires, écrans de visualisation…), de l'électronique moléculaire et de l'instrumentation optique (ellipsométrie…).

Plus précisément, les activités de recherche du laboratoire recouvrent les thématiques suivantes :
- Synthèse plasma de couches minces et nanomatériaux à base de silicium. Corrélation entre les mécanismes de dépôt et les propriétés électroniques.
- Applications de ces matériaux, et des procédés plasma, à la conversion photovoltaïque (technologies silicium), en collaboration avec TOTAL.
- Applications électroniques en grande surface (silicium et organique))
- Synthèse et applications de graphène, nanotubes de carbone et nanofils de silicium (émission de champ, transistors, capteurs et batteries lithium)
- Instrumentation optique : polarimétrie et nanoRaman. Applications biomédicales et métrologiques dans le domaine des semi-conducteurs.

Laboratoire de Physique des Plasmas (LPP)
http://www.lpp.fr

Le Laboratoire de Physique des Plasmas est un laboratoire qui regroupe des équipes travaillant sur les thématiques plasmas de laboratoire et plasmas spatiaux, plasmas froids et chauds. Le laboratoire est ouvert depuis le 1er janvier 2009. Il a pour objectif de préparer au mieux les grands projets de la discipline : les projets spatiaux d'étude in situ des plasmas du Système Solaire, le projet ITER de confinement magnétique d'un plasma de fusion. Le LPP est aussi fortement impliqué dans les technologies plasmas (utilisation des plasmas pour la dépollution, réacteurs à plasma…)

Les plasmas : une science commune à tout le laboratoire
Que nous soyons astrophysiciens ou physiciens de laboratoire, nous sommes tous des «plasmiciens ». De l'astrophysique aux nanotechnologies, notre outil de travail, notre objet de recherche est la physique des plasmas. Ces gaz ionisés, complètement ou partiellement, qui sont le quatrième état de la matière, celui qui est le moins familier. Sur Terre, les plasmas ne sont pas présents à l'état naturel (les éclairs d'orage étant une exception), mais dès qu'on s'élève à une centaine de kilomètres on trouve l'ionosphère qui est un

plasma. Et à l'échelle cosmique, 99% de la matière visible se présente sous forme ionisée, en phase plasma. Sur Terre les plasmas sont tout de même présents : dans quelques objets de la vie quotidienne comme les lampes à décharge, mais surtout la physique des plasmas se situe en amont d'un vaste champ d'applications technologiques. Plus de la moitié des opérations de fabrication des processeurs et mémoires sont actuellement effectuées dans des réacteurs plasmas et les propulseurs plasmas sont considérés comme l'option la plus pertinente pour une mission habitée vers Mars. Les technologies de dépollution font aussi partie des applications des plasmas de même que les technologies micro-ondes de puissance et les sources X. Enfin, la physique des plasmas est l'outil essentiel pour comprendre les différents systèmes expérimentaux mis en œuvre dans le cadre des programmes de recherche sur la fusion thermonucléaire.

Le LPP et les grands projets de physique des plasmas
Ce jeune laboratoire a pour objectif de préparer au mieux les grands projets de la discipline et notamment les projets spatiaux d'étude des plasmas du Système Soleil-Terre et des autres objets du Système Solaire et le projet ITER de confinement magnétique d'un plasma de fusion qui est l'un des axes phares de la discipline. Ces projets ont une envergure internationale : ils se développent, pour l'exploration spatiale, dans le cadre des agences spatiales (CNES, ESA, NASA, JAXA (Japon), CNSA (Chine), et IKI (Russie)) ; pour la fusion, le projet ITER repose sur un traité international entre les 7 partenaires (Europe, Etats-Unis, Russie, Japon, Chine, Corée, Inde), et au sein de l'Europe, de l'agence EURATOM et de l'EFDA.

Principaux axes de recherche du laboratoire :
• Les plasmas de fusion magnétiques liés au programme ITER
• Les plasmas spatiaux en liaison avec les programmes des grandes agences spatiales
• Les plasmas denses impulsionnels
• Les plasmas froids pour l'environnement, l'énergie et les nanotechnologies
Axes transverses et fédérateurs :
• La turbulence dans les plasmas magnétisés
• L'ingénierie spatiale (propulseurs à plasma froids, instruments de mesures embarqués)
• La simulation numérique
• Les diagnostics et la R&T

Le LPP et la formation :
La participation à l'effort de formation est l'un des objectifs majeurs du LPP. Les enseignants-chercheurs enseignent à tous les niveaux dans leurs établissements et les équipes du LPP sont fortement impliquées différents parcours de master 2 et en particulier dans le M2 Plasmas : de l'Espace au Laboratoire. Le laboratoire contribue aussi au Master National Sciences de la Fusion ainsi qu'au Master Astronomie, Astrophysique et Sciences de l'Espace d'Ile de France. Il accueille régulièrement de nombreux stagiaires de tous niveaux, des doctorants et des post-docs.

Laboratoire des Solides Irradiés (LSI)
http://www.lsi.polytechnique.fr/

Le Laboratoire des Solides Irradiés dépend de trois tutelles : le CEA, le CNRS et l'Ecole polytechnique. Ses activités scientifiques, expérimentales et théoriques, ont trait au comportement des solides sous différents types d'excitations, que ce soit sous irradiation par des particules chargées (électrons, ions lourds), sous forte intensité lumineuse ou sous l'effet du rayonnement synchrotron.
Le thème de l'irradiation des matériaux comprend l'étude de l'évolution microstructurale des matériaux, en particulier d'intérêt nucléaire, sous irradiation (le laboratoire possède une installation d'irradiation aux électrons de forte énergie unique en son genre) ainsi que l'effet des forts dépôts d'énergie (irradiation aux ions lourds rapides). A ce thème, on peut rattacher celui des effets d'irradiation dans les polymères et l'étude du radiogreffage, ainsi que de ses applications dans des domaines divers, comme les piles à

combustibles à membranes polymères ou les biomatériaux.
On étudie l'interaction laser-solides en impulsions ultra-courtes et, à l'aide de différentes méthodes pompe-sonde, les cinétiques électroniques ultrarapides (relaxation, piégeage, transfert d'électrons) intervenant dans les matériaux excités. Les applications concernent la compréhension du claquage optique sous forte intensité ou la nanostructuration de matériaux par des impulsions laser femtoseconde.
L'activité en supraconductivité porte sur le transport dans les supraconducteurs à haute Tc ou exotiques, et particulièrement sur l'étude de l'effet du désordre sur la thermodynamique de la "matière de vortex". Le développement de méthodes originales de mesures magnétiques locales (magnéto-optique, nanosondes Hall...) est une spécialité de l'équipe concernée. Nous travaillons également sur la nanofabrication par la voie "bottom-up" de nombreux nanosystèmes (nanofils magnétiques, semiconducteurs, nanotubes de carbone...) et sur l'étude de leurs propriétés de transport électronique. La "nanospintronique" est de ce point de vue une activité en fort développement.
Le groupe de théorie des solides, enfin, travaille sur les calculs ab-initio des structures électroniques des solides, que ce soit dans l'état fondamental (oxydes de métaux de transition, solides riches en bore, ...) ou pour des propriétés impliquant des états excités (spectres d'aborption optique, de pertes d'énergie électronique, de photoémission, de diffusion inélastique des X, propiétés optiques non-linéaires, relaxation electron-phonon ...). Ces activités combinent le développement de nouveaux concepts théoriques et leur application à des cas d'intérêt pratique, pouvant aller jusqu'aux applications industrielles. Ces recherches sont complètées par des activités de simulation atomistique (études de joints de grains, simulation de phénomènes de croissance) par des méthodes semi-empiriques.

Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses (LULI)
http://www.luli.polytechnique.fr

Centre de recherche en physique des plasmas chauds, le LULI est spécialisé dans l'étude des plasmas créés par lasers et leurs applications. L'interaction entre un faisceau laser de puissance et une cible permet de produire des milieux très chauds et très denses, comparables au coeur des étoiles ou des planètes, et des champs magnétiques et électriques extrêmes. Profitant de ces atouts, les équipes du LULI développent des thèmes de recherches variés allant de la fusion thermonucléaire contrôlée par confinement inertiel, dont un des objectifs principaux est la production d'énergie, à l'étude de milieux astrophysiques et géophysiques, l'accélération de faisceaux intenses de particules relativistes et la production de sources de rayonnement intenses et brèves, des THz jusqu'aux rayons gamma.
Grande Installation nationale et européenne, le LULI dispose des deux plus grandes chaînes laser civiles françaises pulsées de forte énergie en régimes nanoseconde et picoseconde, et de toute l'infrastructure expérimentale associée. Le laboratoire est également responsable du projet APOLLON de construction d'un laser multi-PW en impulsions femtoseconde et de salles expérimentales dédiées. Ces installations sont mises à la disposition de la communauté scientifique française et européenne.
Pour maintenir et améliorer ses installations, le LULI développe un programme de recherche et développement en physique des lasers et optique associée dont les thèmes principaux sont liés aux lasers ultra intenses de forte énergie et aux lasers solides pompés par diodes à haute puissance moyenne.
Dans le cadre de très nombreuses collaborations nationales et internationales, le LULI forme des étudiants de niveau Master, Doctorat et Post-Doctorat en Physique des Plasmas créés par Lasers et Applications, et en Physique et Technologie des Lasers de Puissance.

Niveau requis
Physique générale (mécanique du point, ondes, champs électriques et magnétiques, équations de Maxwell, éléments de thermodynamique,...)

Responsable : Philippe GRANGIER

Période : Printemps
Dernière mise à jour : jeudi 12 avril 2012

PHY300 Première année

Enseigner aux étudiants les principes de la mécanique quantique qui est la théorie de base de la physique moderne et de nombreuses technologies récentes.

La mécanique quantique est la théorie fondamentale et complète des structures et processus à l'échelle microscopique : atomique, moléculaire et nucléaire. C'est un outil indispensable pour comprendre la physique, des particules élémentaires jusqu'aux étoiles et au Big Bang. C'est certainement une des très grandes aventures intellectuelles de l'histoire de l'humanité. Il y aura donc, pour tous les élèves, un cours d'initiation à la mécanique quantique, à sa problématique et à ses principaux concepts. Ce cours aura des liens étroits tant avec le cours de mathématiques qu'avec celui de probabilités (cf Fiche PHY311)

Responsable : Philippe GRANGIER
Période : Printemps
Dernière mise à jour : vendredi 21 mai 2010

PHY600 Quatrième année

Filière ingénieur en double diplôme :
• ESPCI
• ENSTA
• ENST
• Mines-Paristech
• CEA-INSTN
• Pétroles et Moteurs
• Supaéro
• Supélec
• Institut d'Optique Graduate School

Filière recherche : Master Physique et Applications.

Après le M1 "Physique", sept spécialités de M2 sont proposées en partenariat avec les universités de Paris VI-X-XI, l'Institut d'Optique Graduate School (IOGS), les Ecoles Normales Supérieures, l'Ecole Centrale, le réseau ParisTech (en particulier l'ENSTA):

Spécialités (M2 cohabilités par l'Ecole Polytechnique)
• Concepts fondamentaux de la Physique
• Optique, matière, plasmas
• Sciences des matériaux et nano-objets
• Fusion
• Dispositifs quantiques
• Nanosciences
• Physique des hautes énergies

Le M1 en langue anglaise "Physics for Optics and Nanosciences" ouvre vers les parcours en anglais des spécialités de "Optique, matière, plasmas" ou "Nanosciences"
Le M1 "High Energy Physics" (Physique des hautes énergies) propose une année de M2 à l'ETH de Zürich.

Filière de spécialisation à l'étranger
• Master et/ou PhD en Physique
• Physics
• Applied Physics
• Electrical Engineering
• Aerospace Engineering
• Mechanical Engineering

(Universités de Aix-la-Chapelle, Berkeley, Caltech, Cambridge, Cornell, Delft, Harvard, Karlsruhe, Londres, MIT, Munich, Princeton, Stanford, Stockolm, UCLA, Yale, ...)

Responsable : Philippe GRANGIER
Période : Printemps
Dernière mise à jour : lundi 27 juin 2011

PHY590 Stages de recherche scientifique de Physique

Coordinateur :
Henri-Jean Drouhin
Laboratoire LSI et DGAR, Ecole Polytechnique
Mél : hj.drouhin@polytechnique.edu
Tél. : 01 69 33 40 17

Contact département :
Patricia Vovard
Département Physique : poste 4020
Mél : patricia.vovard@polytechnique.edu

Sylvie Pottier
Département Physique : poste 4021
Mél : sylvie.pottier@polytechnique.edu

Fax : 01 69 33 40 22

Le stage de recherche scientifique en Physique consiste en un stage de 11 semaines minimum en laboratoire. Ce stage peut avoir lieu dans un laboratoire de recherche fondamentale ou dans un laboratoire de recherche industrielle.
Beaucoup de stages en Physique sont effectués à l'étranger (Etats-Unis, Allemagne, Japon, etc...).

7 domaines principaux sont proposés :Champs, Particules et Matière (PHY 591)
Astrophysique et Cosmologie (PHY 592)
Semi-conducteurs et Composants (PHY 593)
Lasers, Optique quantique, Plasmas (PHY 594)
Physique de la matière condensée (PHY 595)
Environnement, Terre, Océan, Atmosphère (PHY 596)
Energies (PHY 597)

Responsable : Henri-Jean DROUHIN
Période : Printemps
Nombre d'heures : 480
Dernière mise à jour : jeudi 10 septembre 2009

PHY500 Troisième année

L'enseignement de base fait place, dans la seconde moitié des études à l'X, à des enseignements plus spécialisés : les programmes d'approfondissement en première et deuxième périodes, puis le stage de recherche de troisième année.

Un catalogue de cours est proposé par le département. Il comprend principalement des cours de physique, mais également des cours dont le thème est à l’interface de la physique avec une autre discipline (biologie, mécanique, informatique, mathématiques, mathématiques appliquées), et enfin des cours proposés par d’autres départements mais dont la thématique donne un éclairage complémentaire aux sujets développés par les physiciens.

Pour les étudiants qui ont une idée précise du secteur de l’industrie, de la technologie ou de la recherche auquel ils souhaitent se préparer (comme par exemple l’énergie, l’environnement, la physique théorique, la biophysique, l’electrical engineering, etc…) le département de physique propose, à travers les programmes d’approfondissement et les thématiques qui les composent, des cursus couvrant la troisième année (année de master M1) et la quatrième année (année de master M2). Ces étudiants peuvent ainsi identifier les enseignements, les domaines de stages et les formations de quatrième année qui sont le mieux adaptés à leur souhait de formation (parfois le nombre des cours recommandés aux premier et deuxième trimestres, est inférieur au nombre minimum de cours requis et l’étudiant pourra compléter son cursus par le choix d’autres cours ayant une certaine pertinence avec ses objectifs).

Dans ce cadre, le Programme d'Approfondissement « Physique » propose trois Parcours Thématiques

généralistes, et deux Parcours Internationaux plus spécialisés (PON et PHE), qui donnent tous accès à un M1 dans la spécialité "Physique et Applications". Le Programme d'Approfondissement "Physique" est décrit en détail sur le site web du département à partir du lien suivant :
http://www.physique.polytechnique.edu/accueil/enseignement/annee-3/pa-physique/

Certains étudiants n'ont pas un projet personnel et professionnel encore complètement fixé, ou ont un projet qui ne s'identifie pas exactement à l'un des programmes d'approfondissement/thématiques existants. D'autres encore souhaitent découvrir les méthodes de modélisation ou d'instrumentation de la physique moderne, pour pouvoir ensuite les utiliser dans un autre domaine qui constitue leur centre d'intérêt principal. Pour tous ces étudiants, l'offre du département de physique permettra d'allier l'acquisition des connaissances qui les préparent à leurs spécialisations de quatrième année et à la connaissance approfondie de certains domaines de la physique moderne. L'offre du département de physique est en effet toujours structurée de sorte que les étudiants puissent suivre les cours de troisième année avec profit, pendant un seul trimestre, ou pendant les deux trimestres à la suite, et choisir le sujet de leur stage de recherche en accord avec leur projet personnel.

La grande majorité des enseignements proposés reposent sur les bases de la physique microscopique enseignées en première et deuxième année.

Les cours de première période (P1) offrent aux étudiants la possibilité de s'initier aux grands domaines de la physique moderne : optique quantique et lasers, physique des solides, particules élémentaires, astrophysique et physique nucléaire, physique des objets biologiques, origine des propriétés mécaniques, matière molle.

Les cours de deuxième période (P2) préparent de façon plus spécifique aux formations spécialisées de quatrième année : masters de recherche en physique fondamentale, en sciences des matériaux, en optique, en géophysique, en astrophysique et à l'interface physique-biologie, introduction aux bases physiques et technologiques de l'électronique et de l'optique industrielles. Dans tous les programmes d'approfondissement, des thèmes variés d'actualité scientifique donnent également lieu à un travail d'approfondissement individuel, théorique ou expérimental, assorti d'un rapport écrit et d'une soutenance orale.

Responsable : Philippe GRANGIER
Période : Printemps
Dernière mise à jour : mardi 03 juillet 2012