

# Enseignement et Formation par la recherche

Le Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie compte actuellement 24 enseignants-chercheurs dont 19 à l'Université Joseph Fourier (18 à l'UFR de physique et 1 à l'IUT mesures physiques) et 5 à Grenoble INP. De plus, on compte en moyenne entre 5 et 10 moniteurs parmi nos doctorants, et 2 à 3 ATER par an.

Les membres du laboratoire, enseignants-chercheurs, ATER, et moniteurs sont très impliqués dans les formations et dans la vie universitaire. Cette implication est importante dans de nombreuses filières de l'enseignement supérieur: Licence, Master recherche et professionnalisant, Écoles d'ingénieurs, IUT et recouvre l'ensemble des domaines présents dans le laboratoire, de la formation à la recherche en physique expérimentale et théorique à la recherche appliquée et aux formations professionnalisantes.

Le laboratoire est aussi un site important d'enseignement sur le polygone scientifique, avec de nombreux enseignements (au niveau Master) et la présence au sein du laboratoire de la plateforme de travaux pratiques en physique nucléaire, qui est l'unique centre de formation expérimentale sur Grenoble et sa région pour ce type de formation. Cette place centrale de la formation au sein du LPSC va être renforcée avec le projet CDEE (Collège Doctoral et Écoles Européennes) sur le site du laboratoire.

L'ensemble des thématiques scientifiques du laboratoire est représenté dans les enseignements suivants: physique nucléaire - énergie nucléaire - physique des particules - astroparticule et cosmologie - technologie des accélérateurs - EEATS - physique médicale. Le laboratoire a une place centrale dans la formation nucléaire (École PHELMA et Master ITDD) et a joué un rôle important dans la réponse du pôle grenoblois à la demande du Haut Commissaire pour le développement des formations nucléaires.

L'intégration de ces formations dans le LPSC permet de susciter la participation de l'ensemble du laboratoire; on peut en particulier noter la participation aux enseignements de la part du personnel CNRS et celle du soutien technique du laboratoire à la plateforme de travaux pratiques.

## Formations par et pour la recherche et formations professionnalisantes

### **Master Physique Subatomique et Cosmologie (PSA)**

Le Master PSA entend dispenser une formation de haut niveau pour de futurs chercheurs, théoriciens ou expérimentateurs, avec de larges connaissances en physique fondamentale.

Le spectre des disciplines enseignées couvre la physique des particules élémentaires et des interactions fondamentales, la théorie quantique des champs et la mécanique quantique relativiste, la physique hadronique et nucléaire, la relativité générale et la cosmologie, les astroparticules, la physique au-delà du modèle standard. Les techniques expérimentales et les méthodes de détection associées sont également enseignées.

À l'issue de ces enseignements, un stage de 4 mois au sein d'un laboratoire de recherche est prévu. Il constitue une part importante de la formation.

Les anciens étudiants de ce Master ont obtenu ces dernières années d'excellents résultats aux concours du CNRS (chargés de recherche) et des universités (maîtres de conférence).

Le programme, à partir de la rentrée 2009/2010, comporte trois parcours distincts «Particules et Univers», «Noyaux et particules» et «Physique des accélérateurs». De plus, suite à la labellisation «internationale», deux cours dans chaque filière seront donnés en anglais.

Le nombre moyen d'étudiants est de 15 par an. Ils proviennent du M1 de physique de l'UJF, de l'école d'ingénieur PHELMA, d'autres universités et écoles françaises et de formations étrangères.

### **Master Plasma**

La spécialité Technologies et Applications des Plasmas représente l'une des trois spécialités professionnelles du Master 2 Physique de l'UJF et de l'INPG. Son ouverture en 2003 a été encouragée par la spécificité des activités développées dans le bassin Rhône-Alpes dans les domaines de haute technologie: microélectronique, micro-nanotechnologies, nouveaux matériaux (nano-composites, biomatériaux), environnement (traitement des effluents, destruction des COV et des gaz à effet de serre). Dans tous ces domaines, les technologies plasma sont devenues incontournables, soit en raison des avantages qu'elles procurent dans le cadre d'une production industrielle exigeante (automatisation, contrôle des procédés en temps réel, reproductibilité, fiabilité), soit pour leur réputation de technologie propre vis-à-vis de l'environnement.

Depuis 2007, dans le cadre du Contrat Quadriennal 2006-2009, un parcours Recherche a été ouvert afin de répondre au nombre très important d'offres de thèses au plan national dans le domaine des plasmas froids pour la recherche fondamentale et appliquée (e.g. bourses CIFRE). Ces deux parcours P et R sont rassemblés dans le Master2 (P&R) Physique et Applications des Plasmas: micro-nanofabrication, environnement, bio-ingénierie, énergie.

Ce Master a pour objectif de former des spécialistes en technologies (réacteurs ou dispositifs plasma, décharges continues, radiofréquence et micro-onde, déchar-

ges magnétron) et procédés plasma (dépôt, gravure, dopage, procédés duplex, nettoyage de surfaces). Une importance majeure est accordée à l'enseignement expérimental, avec 6 TP, dont certains effectués en salle blanche (CIME, Nanofab). Les autres TP sont effectués au CRPMN (Centre de Recherche Plasmas-Matériaux-Nanostructures) sur des équipements techniques dédiés à la recherche ou en cours de transfert industriel.

Pour la sensibilisation des étudiants de L3 et M1 aux plasmas et à leurs applications, un dispositif expérimental est opérationnel au CRPMN dans le cadre du projet CESIRE (Centre d'Enseignement Supérieur et d'Initiation à la Recherche par l'Expérimentation) de l'UJF. De même, un cours Introduction à la physique des plasmas est proposé en option aux étudiants de M1 de l'UFR de Physique.

Des enseignements plasma sont dispensés dans différentes filières de l'Université Joseph Fourier (3ème année filière Matériaux de Polytech Grenoble) et de Grenoble INP (3ème année filière Physique des Composants).

#### **Formation continue Traitements de surface par plasmas: introduction à l'interaction particules-surface.**

Depuis 1986, un stage annuel de formation continue en plasma est organisé conjointement par le CRPMN et l'Institut National Polytechnique de Grenoble (INPGrenoble). Il permet aux ingénieurs, doctorants, cadres, et techniciens supérieurs d'acquérir des notions de base sur :

- la production et la caractérisation des plasmas froids,
- les mécanismes d'interaction plasma-surface,
- les procédés de gravure et de dépôt par plasma.

Ce stage, d'une durée de 5 jours, se déroule dans les locaux de l'INP Grenoble, et depuis 2005, pour partie au LPSC (13 heures de formations pratiques). Les intervenants sont des enseignants-chercheurs, chercheurs, et ingénieurs du CRPMN, ainsi que des industriels (Jobin Yvon, HEF, Tokyo Electron, Metal Process), professeurs ou ingénieurs extérieurs spécialistes des matières dispensées.

Depuis l'origine, 266 stagiaires se sont inscrits à cette formation, avec une répartition presque égale entre industriels et universitaires (respectivement 129 et 137). Parmi ces industriels, la part du CEA Grenoble (LETI principalement) représente le quart des effectifs formés.

#### **Master EEATS (MNE – CSINA)**

Les spécialités Nano Électronique (M2R MNE) et Conception de Systèmes Intégrés Numériques et Analogiques (M2P CSINA) sont deux des sept spécialités du master Électronique Électrotechnique Automatique Traitement du Signal (EEATS) de l'UJF et Grenoble INP.

L'objectif de la spécialité recherche Micro Nano Électronique est de former des futurs chercheurs se destinant aux domaines de la microélectronique depuis les nanocomposants et nanotechnologies jusqu'à la conception de systèmes sur puces. Elle représente sur Grenoble une des spécialités les plus importantes en termes de nombre de doctorants.

La spécialité professionnelle Conception de Systèmes Intégrés Numériques et Analogiques a été créée en 2000 pour répondre à une forte demande en conception de circuits de la part des industriels de la région. L'objectif de cette spécialité est de former des spécialistes dans le domaine de la conception des systèmes intégrés numériques, analogiques et radiofréquence. L'architecture des systèmes, les méthodologies de conception, la conception de systèmes numériques, la conception de systèmes analogiques sont en particulier étudiées, permettant la maîtrise globale de la conception de systèmes en tirant parti des technologies les plus avancées.

Une partie importante des enseignements sont mutualisés entre les deux spécialités. Plusieurs permanents UJF et CNRS du laboratoire interviennent dans ces formations. Des étudiants en microélectronique issus des masters MNE et CSINA sont régulièrement accueillis en tant que stagiaires au laboratoire. Des doctorants de la spécialité MNE effectuent leur thèse au laboratoire.

#### **École de physique et de technologie des accélérateurs de particules (JUAS)**

L'école de physique et de technologie des accélérateurs de particules JUAS (Joint Universities Accelerator School) a été fondée en 1994, sous le patronage conjoint du CERN et de CLUSTER (réseau européen des Universités technologiques), pour répondre à la forte demande européenne dans ce thème. Aujourd'hui JUAS propose un programme intensif à destination des étudiants, allié à une structuration des cours en modules afin de satisfaire à la demande des PhD, post-doctorants et professionnels. Ces cours portent sur :

- la physique fondamentale des accélérateurs de particules,
- les technologies et les applications des accélérateurs de particules.

JUAS est basée sur le Techno-Parc d'Archamps en Haute-Savoie; elle est organisée dans le cadre du European Scientific Institute (ESI), avec le support de la CERN Accelerator School (CAS) et de douze universités européennes, dont l'UJF et l'INP Grenoble.

Le budget de l'école provient pour la plus grande part d'une subvention de CG74 dans le cadre du fonctionnement du Techno-Parc d'Archamps, de fonds alloués par des sponsors, grands laboratoires ou instituts européens (BESSY-II, CEA, CERN, DESY, ESRE, GSI, IN2P3-CNRS, SOLEIL, PSI, Ministerio de Educacion y Ciencia (Espagne), European Union (SOCRATES - ERASMUS - IP programmes)) et in-

dustriels (BERGOZ Instrumentation, IBA (Ion Beam Applications)), et des frais d'inscription des professionnels. Ce budget permet en particulier le financement des séjours étudiants, en résidence sur le site d'Archamps pendant la durée du cursus.

Les Cours dispensés à JUAS donnent droit à des crédits universitaires européens (ECTS). Ils supposent une formation préalable de niveau Licence ou Master. Leur contenu est adapté aux besoins de formation des professionnels de la recherche ou de l'industrie. L'école fonctionne intégralement en anglais.

JUAS a accueilli ces dernières années de 20 à 25 étudiants par session, et approché son effectif maximum d'une quarantaine de participants selon les modules et la participation de professionnels. Les étudiants sont originaires principalement des quatre pays membres (universités ci-dessus); quelques autres sont recrutés hors Europe.

Tous documents et informations relatifs au fonctionnement de JUAS, dont les emplois du temps et le contenu des cours, sont accessibles sur son site web, <http://juas.in2p3.fr/>.

## Secteur de la physique nucléaire

### Formation d'ingénieurs à Grenoble INP

L'école de physique de Grenoble INP (connue maintenant sous le nom de PHELMA), membre de l'ENEN (European Nuclear Education Network), propose actuellement un choix de huit filières de formation initiale. La filière GEN (Génie Énergétique et Nucléaire) a formé jusqu'à présent une quarantaine d'ingénieurs par an, spécialisés dans la physique du cœur du réacteur (neutronique, thermo-hydraulique et matériaux). Cette formation est la première de France en termes de formation initiale d'ingénieurs nucléaires. Le nombre d'ingénieurs formés est de fait limité par le potentiel enseignant et par les moyens expérimentaux en instrumentation nucléaire; il ne satisfait ni la demande étudiante actuelle, qui, en 2008 est de 65, ni la demande des grands industriels du secteur.

En complément de cette filière, l'école de physique gère le Master Recherche Énergétique Physique, (co-habilité INPG-UJF) qui compte entre 20 et 30 étudiants, dont une partie (~ 50%) est déjà comptabilisée dans la filière GEN de l'école de physique de l'INP. La filière GEN et le master EP sont tous les deux gérés par les enseignants « nucléaires » du LPSC.

À la rentrée 2008, dans le cadre de la nouvelle école PHELMA (Physique Électronique Matériaux) le flux d'élèves ingénieurs en Génie énergétique et Nucléaire, a été porté à 52, auxquels viennent s'ajouter :

- Les étudiants du nouveau master international en métallurgie nucléaire ouvert en collaboration avec

l'Université de Mac Master (Canada) et EDF.

- L'accueil d'étudiants chinois de l'université NCE-PU (Pékin) au niveau Bachelor (9 en 2008, 20 à la rentrée 2009).
- 12 élèves de la future filière nucléaire de l'école E3 (Eau Énergie Environnement) regroupant les écoles actuelles d'hydraulique et d'électricité, pour lesquelles un soutien aux enseignements nucléaires sera apporté.
- À l'horizon 2009 il est enfin prévu d'ouvrir un semestre à choix orienté nucléaire pour les élèves ingénieurs des autres filières de l'école PHELMA, désireux s'orienter plus tard vers les métiers du nucléaire autres que ceux couverts par la filière actuelle.

En résumé, pour l'INP, ce plan de formation conduit à court terme à un doublement des effectifs d'élèves ingénieurs spécialisés dans le nucléaire, par rapport à la situation 2007.

### Projet d'école d'ingénieurs du nucléaire en Chine

En 2008, suite à une demande de l'université Sun Yat Sen de Canton, l'INP Grenoble a été missionné par le gouvernement français, pour mettre sur pied dans la province de Canton, une école du nucléaire, sur le modèle des grandes écoles française. L'enseignement, en français, commencera par deux années généralistes, analogues à nos classes préparatoires, et se poursuivra par trois années d'études, pour arriver au niveau équivalent de la deuxième année de Master. La demande chinoise est formée pour un flux de sortie annuel de 150 ingénieurs. Face à une telle demande, l'INP a fédéré autour de ce projet un consortium de 5 écoles ou universités: outre l'INP lui-même, on retrouve l'école des mines de Nantes, l'école Centrale de Paris, l'INSTN, l'école de chimie et de physique de Paris et Chimie de Montpellier. Ces établissements devront mettre à disposition de cette école une part importante des enseignants intervenant tout au long de ces trois années. Les discussions sont en cours entre la partie française, les industriels concernés (EDF et Areva) et l'Université de Sun Yat Sen. Le démarrage de la formation est prévu pour la rentrée 2010.

### Master Ingénierie, Traçabilité, Développement Durable (ITDD)

Le Master mention ITDD (<http://lpsc.in2p3.fr/MasterITDD/>) est un Master professionnel qui se déroule sur deux ans et comporte quatre spécialités dont trois sont liées à l'aval du cycle et à la sûreté nucléaire :

- Gestion Scientifique et Technologique des Déchets Radioactifs (GeDéRa),
- Assainissement, Démantèlement des Installations Nucléaires (ADIN),
- Sûreté Nucléaire (SN).

Les enseignements ont lieu à Valence au Centre Drôme-Ardèche de l'UJF.

L'effectif total pour ces trois spécialités est d'environ 45 étudiants/an avec une perspective d'évolution vers 60 étudiants à terme. Le master 1 a ouvert en 2008 avec un effectif de 36 étudiants.

La caractéristique principale du master ITDD est une très forte liaison avec le milieu industriel, se traduisant par 4 à 6 mois de stage en industrie en M1, une formation en alternance en M2 (18 semaines en formation et 34 en entreprise) à compter de la rentrée 2008, une forte proportion d'intervenants industriels dans la formation et différentes conventions de partenariat. Cette formation s'appuie sur le potentiel scientifique universitaire et sur les compétences de grands acteurs industriels français dans le secteur du nucléaire, de la chimie et l'environnement industriel.

La formation proposée dans le Master 1 ITDD comporte un volet important de physique nucléaire (structure nucléaire, radioactivité, réacteurs nucléaires, neutronique) et de chimie (chimie du cycle du combustible, chimie des lanthanides), permettant de se préparer au mieux aux spécialités de M2. L'accent est mis sur l'applicabilité des notions à des cas concrets avec une part importante d'enseignement expérimental.

L'insertion professionnelle des diplômés est excellente: la durée d'attente moyenne avant l'obtention d'un CDI dans le monde industriel est actuellement inférieure à 2 semaines. Environ 1/3 des diplômés sont recrutés par des grands donneurs d'ordre (AREVA, EDF, CEA). Les 2/3 restants sont recrutés par des sociétés d'ingénierie prestataires (ONET Technologies, Millennium, Spie Nucléaire...)

Partenariats :

- INSTN - CEA Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires – Commissariat à l'Énergie Atomique (Co-habilitation pour les spécialités GeDéRa & ADIN)
- EDF, Centre Ingénierie Déconstruction Environnement
- ANDRA Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs
- Groupe AREVA, AREVA NC, AREVA NP, AREVA TA, SGN, STMI, FBFC, EURODIF productions...
- IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire)
- ASN Autorité de Sûreté Nucléaire
- Groupe ONET: ONECTRA, SOGEDEC, COMEX, Techman Industrie...

### Plateforme de physique nucléaire

La Plateforme de physique nucléaire est le centre unique de formation en physique expérimentale nucléaire sur le pôle grenoblois; elle a donc un rôle central dans l'ensemble des formations. Cette installation est présentée dans le chapitre 8 de ce rapport.

## Accueil de stagiaires au LPSC

Le laboratoire accueille environ 60 stagiaires par an (61 stagiaires pour l'année 2008-2009), pour des périodes au moins supérieures à une semaine. Les étudiants viennent principalement des établissements universitaires de l'Académie de Grenoble (L2 à M2 - DUT - Élèves ingénieurs) mais aussi d'autres établissements universitaires français ou étrangers. Tous les stagiaires sont accueillis dans les locaux du laboratoire qui leur assure la mise à disposition de l'environnement (bureau-informatique...) leur permettant de travailler dans les meilleures conditions. Au niveau de l'UFR de Physique de l'Université de Grenoble, les stagiaires accueillis au LPSC constituent l'un des contingents les plus élevés comparé à ceux des autres laboratoires associés à l'UFR.

Dans certaines équipes, le nombre de stagiaires accueillis dépasse largement le nombre de permanents. La plupart des stages (environ 80%) s'échelonnent sur la période mars à juin. Les stagiaires accueillis préparent un diplôme dont l'évaluation prend en compte le travail de stage.

Notons enfin que le laboratoire accueille également chaque année une petite vingtaine de collégiens de classe de 3ème qui pour quelques jours viennent rêver de physique subatomique, d'astroparticules et de cosmologie et peut-être choisir de rejoindre demain les équipes de recherche dans ces domaines.

## Responsabilités

Les membres du Laboratoire jouent un rôle très actif dans la vie des établissements universitaires en assurant diverses responsabilités au sein de leurs composantes.

Responsabilités UJF et UFR de Physique :

- Directeur de l'UFR de physique (K. Protasov)
- Vice-Président recherche adjoint aux affaires européennes et aux relations internationales (M. Klasen)
- Membre adjoint du Pôle SMIng (G. Sajot)
- Membre élu du CEVU (G. Sajot)

Coordination et responsabilités des Formations au niveau Licence :

- Correspondant de l'UFR de Physique auprès du département de la Licence (C. Furget)
- L1 physique et physique-chimie (G. Sajot)

Coordination et responsabilités des spécialités au niveau Master et Ingénieurs :

- Coordination des M2 Rech. du Master Physique (F. Montanet)
- Coordination des M2 Pro. du Master Physique (A. Lacoste)
- M2R Physique Subatomique et Astroparticules (A. Barrau)
- M2P et M2R Physique et applications des plasmas (A. Lacoste)

- M2R Énergétique Physique (E. Merle-Lucotte)
- M1 Ingénierie, Traçabilité et développement durable (E. Mayet)
- M2P Ingénierie, Traçabilité et développement durable (E. Liatard)
- M2P Conception Systèmes Intégrés Numériques et Analogiques (O. Rossetto)
- Responsable de la formation Ingénieur Génie Énergétique et Nucléaire à Phelma/Grenoble INP (R. Brissot)
- Responsable des stages de l'IUT mesures physiques (J.-M. De Conto)

Responsabilités formation complémentaires :

- Responsable du Magistère de Physique L3 à M2 (L. Derome)
- Responsable du module de spécialisation de 3ème année «Sûreté et gestion des risques» inter-écoles INPG (E. Merle-Lucotte)
- Direction de l'école européenne JUAS à Archamp (E. Méot)
- Formation continue: traitement des surfaces par plasma (S. Béchu)

Autres responsabilités :

- Gestion des stages M1 (G. Sajot et A. Lacoste)
- Responsable de la plateforme expérimentale de physique nucléaire et subatomique (L. Derome, UJF), E. Merle-Lucotte, INPG)
- Responsable radioprotection auprès de la Licence (Y. Arnoud)

## Formation permanente

En 2008, le LPSC s'est doté d'une salle de formation équipée avec 5 stations de travail permettant ainsi d'organiser des sessions de formations diverses. Plusieurs formations dans différents domaines ont été organisées en 2008 et 2009 par la délégation régionale du CNRS, l'INPG ou le LPSC. Certaines de ces formations sont régulièrement reconduites plusieurs fois par an et sont animées par des personnels du LPSC ou des intervenants extérieurs. Les sujets de formation programmés ces deux dernières années sont :

- Solidworks (CAO mécanique)
- LabVIEW, initiation et cibles embarquées (programmation graphique et embarquée)
- SVN (informatique)
- SPIP (informatique)
- IMS 7 (programmation commande numérique)
- CATIA surfacique et solide avancé (CAO mécanique)
- Windows de base (informatique)

