

## 6 Enseignement et formation par la recherche

Le LPSC compte 28 enseignants-chercheurs dont 20 rattachés à l'Université Grenoble Alpes et 8 à Grenoble INP. Les membres du laboratoire, enseignants-chercheurs, chercheurs, doctorants sont très impliqués dans les formations et dans la vie universitaire. Cette implication est importante dans de nombreuses filières : licence, master, école d'ingénieur, IUT et recouvre l'ensemble des domaines présents dans le laboratoire, depuis 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) sur le site et la présence au sein du laboratoire de la plateforme de travaux pratiques nucléaire qui est l'unique centre de formation expérimentale en physique nucléaire sur Grenoble et sa région.

L'ensemble des thématiques scientifiques du laboratoire est représenté dans les enseignements : Physique nucléaire - Énergie nucléaire - Physique des particules - Astroparticules et Cosmologie - Physique médicale. Le laboratoire a notamment une place centrale dans la formation nucléaire à travers l'école d'ingénieurs Phelma1 et le master Ingénierie Nucléaire. L'intégration de ces formations au sein du LPSC permet de susciter la participation de l'ensemble du laboratoire et on peut en particulier noter la participation aux enseignements du personnel CNRS et le soutien technique du laboratoire à la plateforme de travaux pratiques. Il est à noter que les membres du laboratoire jouent un rôle très actif dans la vie des établissements universitaires en assurant diverses responsabilités au sein de leur composante. Ainsi nous pouvons distinguer :

### **Les responsabilités au niveau de l'université de Grenoble :**

- Vice-président du conseil d'administration de l'UGA (K. Protassov).
- Directeur de l'école doctorale de physique (J. Collot).

### **Les responsabilités PHITEM-UGA :**

- Directeur adjoint, en charge de la formation (C. Furget).
- Chargé de mission plateformes expérimentales (L. Derome).
- Coordination et responsabilités des formations au niveau licence :
  - Responsable L3 physique de la mention physique (B. Clément).
- Coordination et responsabilités des formations au niveau master et ingénieurs :
  - Parcours M2 Physique Subatomique et Cosmologie (A. Barrau)
  - Parcours M2 Énergétique Nucléaire (E. Merle)
  - Parcours M2 Matériaux pour l'énergie (E. Merle)
  - Mention de Master Ingénierie Nucléaire (E. Liatard).
  - Parcours M1 Ingénierie Nucléaire (F. Mayet)
  - Parcours M2 ADIN du Master Ingénierie Nucléaire (J. Lamblin)
  - Parcours M2 SN du Master Ingénierie Nucléaire (E. Liatard)
  - M2 Microélectronique, Intégration Systèmes Temps Réels Embarqués (O. Rossetto)
  - Responsables de la formation ingénieur génie énergétique et nucléaire à Phelma/Grenoble INP (A. Bidaud et P. Rubiolo)
  - Responsable de la formation ingénierie de l'énergie nucléaire à ENSE3/Grenoble INP (G. Kessedjian)

### **Les responsabilités concernant des formations complémentaires :**

- European School of Instrumentation in Particle and Astroparticle Physics (J. Collot).
- Correspondant Grenoble INP pour l'IFCEN (A. Bidaud).
- Formation continue : traitement des surfaces par plasma (S. Béchu).

### **Les responsabilités de plateforme et de formation interdisciplinaire :**

- Responsable de la plateforme expérimentale de physique nucléaire et subatomique (B. Clément (UGA), C. Sage (Grenoble INP)).
- Membre du directoire de la formation du master physique médicale (Y. Arnoud)
- Responsable Relations Internationales Phitem (I. Schienbein)

## 6.1 Les Masters de Physique

### ***Master Physique parcours PSC<sup>6</sup>***

Le parcours PSC du master Physique 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, ainsi que les techniques expérimentales et les méthodes de détection associées.

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

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

Le programme comporte quatre parcours distincts : Particules et Univers, Noyaux et particules, Physique des accélérateurs et Instrumentation en physiques des particules et des astroparticules.

Le nombre d'étudiants dans ce parcours est de 10 à 15 par an. Ils proviennent du M1 de physique de l'UGA, de l'école d'ingénieurs Phelma, d'autres universités et écoles françaises et de formations étrangères.

### ***Master EEA<sup>7</sup> parcours MISTRE<sup>8</sup>***

Le parcours MISTRE du master EEA est ouvert à la formation initiale et en alternance. Les étudiants en formation initiale se destinent à une carrière en milieu industriel ou à une carrière dans la recherche, avec une poursuite en thèse après les masters, alors que les étudiants en alternance se destinent quasi exclusivement à une carrière en milieu industriel. Les objectifs de ce parcours sont de former les étudiants à la conception de systèmes numériques intégrés complexe et systèmes sur puce, aussi bien sur les aspects matériels que logiciels embarqués dans ces systèmes. L'architecture des processeurs, la conception, vérification et test des systèmes numériques, les systèmes embarqués et systèmes et OS temps réels sont en particulier étudiés, permettant la maîtrise globale de systèmes en tirant parti des technologies les plus avancées. Sur Grenoble, la microélectronique représente une des spécialités de thèse les plus importantes en termes de nombre de doctorant

Plusieurs permanents UGA et CNRS du laboratoire interviennent dans cette formation. Des étudiants en microélectronique, issus du master EEA-MISTRE, sont régulièrement accueillis en tant que stagiaires au laboratoire.

Des doctorants de cette spécialité effectuent également leur thèse au laboratoire.

### ***Master de physique médicale***

Le master physique médicale forme les étudiants physiciens (école d'ingénieurs, master 1 physique fondamentale ou appliquée, etc.) au métier de Personne Spécialisée en Radio-Physique Médicale.

---

<sup>6</sup> Physique Subatomique et Cosmologie

<sup>7</sup> Électronique, génie électrique, Automatique

<sup>8</sup> Microélectronique, Intégration Systèmes Temps Réels Embarqués

Le master physique médicale de Grenoble est habilité pour l'accès au concours d'entrée au DQPRM<sup>9</sup>, qui permet d'exercer en milieu hospitalier après 2 années de formation, incluant cours théoriques et applications pratiques en service de radiothérapie, de médecine nucléaire et d'imagerie X.

Le physicien médical a pour mission principale de garantir la qualité et la sécurité dans l'utilisation médicale des rayonnements ionisants dans le traitement des cancers, mais aussi en appui au geste opératoire en chirurgie interventionnelle ou encore lors d'examens type scanner ou imagerie par émission de positrons. L'utilisation de matériel de plus en plus complexe et la précision des traitements nécessite des qualités d'adaptabilité, d'initiative, d'analyse, et aussi de modélisation.

Les étudiants ayant suivi la formation ont aussi la possibilité d'effectuer une thèse : la formation permet à la fois des débouchés dans la recherche et dans le milieu professionnel.

L'environnement grenoblois permet de bénéficier d'intervenants de l'hôpital Michallon et de chercheurs (Grenoble Institut Neurosciences, ESRF, LPSC, etc.) tous impliqués dans le traitement du cancer.

La formation comprend des modules de physique fondamentale, de physique appliquée et de simulation numérique. Elle bénéficie de la plateforme de travaux pratiques de physique subatomique du laboratoire, qui a développé un atelier original de tomographie par émission de positons. Le LPSC fait partie du directoire de la formation et assure depuis le début de la formation en 2006 les enseignements de l'interaction des rayonnements avec la matière.

## 6.2 École ESIPAP

Dans le cadre du LabEx ENIGMASS, la nouvelle école de physique pour l'instrumentation ESIPAP<sup>10</sup> a été créée en 2014. Cette école reprend le modèle d'organisation de l'école de physique et de technologie des accélérateurs de particules JUAS<sup>11</sup>, fondée en 1994, sous le patronage conjoint du CERN et de CLUSTER (réseau européen des universités technologiques). Comme JUAS, ESIPAP est basée au Technoparc d'Archamps en Haute-Savoie et elle est organisée par l'institut ESI<sup>12</sup>.

L'école forme des étudiants au niveau master et thèse dans le monde entier mais aussi des professionnels cherchant une formation continue dans l'instrumentation.

ESIPAP est organisée autour de deux modules d'un mois chacun, ces modules peuvent être préparés la même année ou séparément.

ESIPAP est intégrée dans l'un des parcours du master PSC.

Tous les cours se terminent par une évaluation des connaissances appropriées des étudiants. En conséquence, ESIPAP peut être intégrée dans des programmes de formation universitaires européens qui délivrent des crédits ECTS<sup>13</sup>(4).

Comme JUAS, ESIPAP cherche à développer des partenariats avec des universités étrangères. C'est déjà le cas avec les universités de Strasbourg, Grenoble, Savoie, Grenoble INP, récemment avec l'université de Tsukuba et Tanger. Des discussions sont en cours avec d'autres organisations au niveau international.

Cinq éditions d'ESIPAP ont déjà eu lieu. Cette année, 26 étudiants de 16 pays ont assisté à l'école. Pour plus d'informations, consulter le site web <http://www.esi-archamps.eu>.

---

<sup>9</sup> Diplôme de Qualification en Physique Radiologique et Médicale

<sup>10</sup> European School of Instrumentation in Particle and Astroparticle Physics

<sup>11</sup> Joint Universities Accelerator School

<sup>12</sup> European Scientific Institute

<sup>13</sup> European Credits Transfert System

## 6.3 Formation continue traitements de surfaces par plasma

### *Introduction à l'interaction particules surface*

Depuis 1986, un stage annuel de formation continue en plasma est organisé conjointement par le LPSC et l'Institut National Polytechnique de Grenoble (Grenoble INP). 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 LPSC, ainsi que des industriels (Jobin Yvon, HEF R&D, Tokyo Electron, ST Plasmas, AREVA), professeurs ou ingénieurs extérieurs spécialistes des matières dispensées.

Depuis l'origine, plus de 300 stagiaires se sont inscrits à cette formation, avec une répartition équilibrée entre industriels et universitaires. Parmi ces industriels, la part du CEA Grenoble (LETI principalement) représente le quart des effectifs formés.

Ces dernières années, la forte demande de formation venant de l'industrie s'est concrétisée par l'organisation, en plus de la formation récurrente, des formations spécifiques « à la carte » notamment pour des laboratoires IMEP-LAHC, CEA-LETI et des sociétés SOITEC, 40-30 Thermi Lyon, IRT M2P.

## 6.4 Secteur de l'énergie et de la physique nucléaire

### *Formation d'ingénieurs à Grenoble INP*

L'école Phelma de Grenoble INP, membre de l'ENEN<sup>14</sup>, propose actuellement un choix de dix filières de formation initiale. La filière GEN<sup>15</sup> forme 45 à 50 ingénieurs par an, spécialisés majoritairement dans la physique du cœur du réacteur (neutronique, thermohydraulique, sûreté 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. En complément de cette filière, l'école Phelma gère le master 2 EP<sup>16</sup>, (co-habilitation Grenoble INP-UGA) qui compte entre 10 et 20 étudiants. La filière GEN et le master EP, qui offre également un parcours de formation aux énergies renouvelables, sont tous les deux gérés par les enseignants du LPSC.

Actuellement, à ce flux de 50 élèves-ingénieurs en génie énergétique et nucléaire, viennent s'ajouter dans le cadre de l'école Phelma :

- Les étudiants du master international en métallurgie nucléaire, ouvert en collaboration avec l'université de Mac Master (Canada), EDF et le CEA.
- L'accueil d'étudiants chinois de l'université NCEPU (Pékin) au niveau « Bachelor » (5 à 20 par an depuis 2008).

Depuis 2008, L'école ENSE3 forme chaque année 25 élèves-ingénieurs dans la filière Ingénierie pour l'Énergie Nucléaire (IEN). Le programme d'étude couvre la physique du cœur, la thermohydraulique, l'électricité de

---

<sup>14</sup> European Nuclear Education Network

<sup>15</sup> Génie Énergétique et Nucléaire

<sup>16</sup> Énergétique Physique

puissance et le contrôle-commande. L'accent, mis sur la transversalité des domaines de compétences nécessaires à l'industrie du nucléaire, place le barycentre de la formation autour du circuit secondaire et de la chaudière.

### **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, IFCEN<sup>17</sup> sur le modèle des grandes écoles françaises. L'enseignement, en français, a commencé par deux années généralistes, analogues à nos classes préparatoires, et se poursuit actuellement par trois années d'études pour arriver au niveau équivalent de la deuxième année de master. La demande chinoise est formatée 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, on retrouve l'école des mines de Nantes, l'école Centrale de Paris, l'INSTN2, l'école de chimie et de physique de Paris et l'école de chimie de Montpellier. Ces établissements mettent à disposition de cette école une part importante des enseignants intervenant tout au long des trois dernières années de formation. Le démarrage de la formation au niveau bac+1 est intervenu à la rentrée 2011.

### **Master Ingénierie Nucléaire**

Le master Ingénierie Nucléaire (<http://lpsc.in2p3.fr/MasterITDD/>) est un master professionnel qui se déroule sur deux ans et comporte trois parcours liées à l'aval du cycle et à la sûreté nucléaire :

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

Les enseignements ont lieu à Valence, au Département Scientifique Drôme-Ardèche de l'UGA. L'effectif total pour ces trois parcours est de 50 à 60 étudiants par an. Le master 1, ouvert en 2008, a un effectif d'environ 30 étudiants.

La caractéristique principale du master 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) depuis 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 de l'environnement industriel.

La formation proposée dans le master 1 comporte un volet important de physique nucléaire (structure nucléaire, radioactivité, réacteurs nucléaires, neutronique), de chimie (chimie du cycle du combustible, chimie des lanthanides) et de génie mécanique pour le nucléaire. Cela permet 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 les grands donneurs d'ordre (ORANO, FRAMATOME, EDF, CEA). Les 2/3 restants sont recrutés par des sociétés d'ingénierie prestataires (ONET Technologies, ALTRAN, ASSYSTEM, SOM-ORTEC...).

Partenariats :

- Institut national des sciences et techniques nucléaires - Commissariat à l'énergie atomique (INSTN - CEA) (Cohabilitation pour les spécialités GeDeRa & ADIN).
- EDF, Centre ingénierie déconstruction environnement.
- Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA).
- Groupe ORANO et groupe FRAMATOME.
- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).
- Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

---

<sup>17</sup> Institut franco-chinois de l'énergie nucléaire

## 6.5 Plateforme de physique subatomique et 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. Elle est le résultat de la mutualisation des travaux pratiques de l'UGA et de Grenoble INP au sein d'une plateforme commune d'enseignement basée dans les locaux du LPSC.

Les enseignements expérimentaux réalisés sur cette plateforme ont pour objectifs à la fois l'acquisition de connaissances en physique fondamentale (physique nucléaire et physique des particules), en physique appliquée (médecine, énergie/radioprotection) et physique instrumentale (détecteurs de rayonnement, systèmes de déclenchement, systèmes d'acquisition et analyse de données). Au sein de la plateforme on dispose aussi d'une salle avec 10 postes informatiques pour la simulation du pilotage de réacteurs nucléaires REP 1300 MW utilisant le logiciel SIREP (développé par la société CORYS).

Les formations utilisant la plateforme sont :

- M1 de physique et Ingénierie Nucléaire (UGA/Physique).
- M2 PSC et Ingénierie Nucléaire (UGA/Physique).
- M2 physique bio-médicale (UGA/Médecine).
- M2 pro radioprotection (UGA/Médecine).
- Génie Énergétique et Nucléaire (Grenoble INP/Phelma).
- Biomedical Engineering (Grenoble INP/Phelma).
- Bachelor in Nuclear Engineering (Grenoble INP/Phelma).
- Ingénierie de l'Énergie Nucléaire (Grenoble INP/ENSE3).
- M2 Énergétique Nucléaire (Grenoble INP/Phelma).

La plateforme bénéficie du soutien des services techniques du laboratoire dans la maintenance des expériences proposées aux étudiants et pour des développements spécifiques.

Une rénovation importante des locaux du LPSC accueillant la plateforme a été réalisée afin d'améliorer l'accueil des étudiants et des formations, la mutualisation et la visibilité de la plateforme. La nouvelle structure est organisée en deux zones, la zone verte regroupant les bureaux, la salle de réunion et d'exposés et les salles informatiques (simulation et analyses des données). La zone orange regroupe l'ensemble des équipements expérimentaux dans un open-space.

## 6.6 Accueil de stagiaires au LPSC

Le laboratoire accueille environ 60 stagiaires par an pour des périodes au moins supérieures à une semaine. Les étudiants viennent principalement des établissements universitaires (L2 à M2 - DUT - Élèves- ingénieurs) de l'académie 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.

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.