

## MASTER - Physique

### Physique subatomique et astroparticules (PSA)

#### Pré-requis obligatoires

##### English version:

##### I - At the M1 level

- All the courses of this master are taught in English. B2 level (CEFR scale) is required.
- Our master of Physics assumes that candidates should have a solid knowledge of classical mechanics and classical electrodynamics. The students should as well know and be able to apply the laws of quantum mechanics and statistical physics of free particles.
- Some experience with programming languages is needed.

##### II - At the M2 level

- All the courses of this master are taught in English. A B2 level (CEFR scale) is required.
- A knowledge of a programming language and algorithmic (Fortran, C, C ++, Python type) is necessary to be able to correctly follow the program.
- Candidates must have a strong background in modern physics (Electromagnetism, relativity, statistical mechanics, quantum mechanics).
- For « Subatomic physics and astroparticles » program, they must have followed and validated at least two courses (at the introductory and advanced levels) of quantum mechanics and a course of subatomic physics (particles or nuclear).
- The Master's program is intensive, and it is not possible to have a parallel job. Financial resources must be guaranteed. Students with very good academic records may apply for the Master QMat scholarship (<http://qmat.unistra.fr/>).
- solid knowledge of Quantum Mechanics and Special Relativity, introductory level in Subatomic Physics, Interaction of Radiations with Matter, basic skills in Programming and Scientific Numerical Methods.

##### French version:

##### I - Au niveau du M1

- L'ensemble des cours de ce master est enseigné en anglais. Un niveau B2 sur l'échelle du CECRL est nécessaire.
- Le master de physique suppose une solide connaissance de la mécanique classique et de l'électrodynamique classique. Les étudiants doivent avoir une formation de base en physique et être capable d'appliquer les lois de la mécanique quantique et de la physique statistique à des particules libres.
- Une expérience des langages de programmation est nécessaire.

##### II - Au niveau du M2

- L'ensemble des cours de ce master est enseigné en anglais. Un niveau B2 sur l'échelle du CECRL est nécessaire.
- Une connaissance d'un langage de programmation et de l'algorithmique (type Fortran, C, C++, Python) est nécessaire.
- Pour le parcours « Matière Condensée et Nanophysique », avoir suivi et validé au moins deux cours (introductif et avancé) de mécanique quantique, de physique statistique et d'électromagnétisme.
- Pour le parcours « Physique Subatomique et Astroparticules », avoir suivi et validé au moins deux cours (introductif et avancé) de mécanique quantique et un cours de physique subatomique (particules ou nucléaire).
- Il n'est pas possible de travailler en parallèle des cours, qui sont très denses. Les ressources financières doivent être garanties. Les meilleurs dossiers académiques peuvent se porter candidat à la bourse de Master QMat (<http://qmat.unistra.fr/>).

#### Objectifs du parcours

##### English version :

The PSA Master programme focuses on fundamental and applied research programmes conducted at facilities such as large centres in particle physics (for instance LHC at [CERN](#) in Geneva, [JUNO](#) in China or [SuperKEKB](#) in Japan) or in nuclear physics (for instance SPIRAL at [GANIL](#) in France or FAIR at [GSI](#) in Germany) and on the strong connections with modern cosmology and astrophysics. The two-year Master programme includes advanced lectures on theoretical methods and experimental techniques and requires active participation of the students in research projects to prepare them for a professional career in science.

|                                 |         |         |          |
|---------------------------------|---------|---------|----------|
| Langue du parcours              |         |         | Anglais  |
| ECTS                            |         |         | 120 ECTS |
| Volume horaire                  |         |         |          |
| TP : 0h                         | TD : 0h | CI : 0h | CM : 0h  |
| Formation initiale              |         |         | Oui      |
| Formation continue              |         |         | Non      |
| Apprentissage                   |         |         | Non      |
| Contrat de professionnalisation |         |         | Non      |
| Stage : (durée en semaines)     |         |         | 15       |

**Learning by active participation in research** The educational programme is built around the wide range of research activities conducted at the [Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien \(IPHC\)](#) hosting the second year specialisation of the Master. This assures close contacts between students and scientists participating in the Master programme via lectures and research projects proposed to students. In addition to theoretical physics IPHC has a long tradition in developing instrumentation for ambitious research programmes within large international collaborations. Scientists of the IPHC conduct world-class research in all current major centres and domains of subatomic physics.

The fundamental and applied research programmes in particle and nuclear physics, both connected to modern cosmology and astrophysics define the basic content of the second year of this Master.

The successful graduates acquire a solid expertise preparing them for the different phases of a scientific research programme in experimental or theoretical subatomic physics :

- Theoretical description and experimental aspects of a given physics problem
- Design study, development and realisation and commissioning of appropriate detection systems
- Data taking and data analysis
- Simulation of experiments and modelling of physical processes and phenomena
- Interpretation of the experimental results

#### French version:

Le programme Master PSA se concentre sur des programmes de recherche fondamentale et appliquée menés auprès d'installations comme celles de grands centres de physique des particules (par exemple le LHC au [CERN](#) à Genève, [JUNO](#) en Chine ou [SuperKEKB](#) au Japon) ou de physique nucléaire (par exemple SPIRAL au [GANIL](#) en France ou FAIR au [GSI](#) en Allemagne) et sur leurs liens étroits avec la cosmologie moderne et l'astrophysique. La programme du Master est réparti sur deux ans et comprend des cours avancés, à la fois sur les principes théoriques et les techniques expérimentales, et nécessite une participation active des étudiants à des projets de recherche pour les préparer à une carrière professionnelle en science.

**La formation via une participation active à la recherche** constitue le socle du programme éducatif du Master PSA. Celui-ci est construit autour du large éventail d'activités de recherches conduites à l'[Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien \(IPHC\)](#) qui accueille la deuxième année de spécialisation du Master. Cela permet des contacts étroits entre les étudiants et les scientifiques participant au programme du Master via des conférences et des projets de recherche proposés aux étudiants. En parallèle de travaux en physique théorique, l'institut possède une longue tradition dans le développement d'instruments de pointe pour des programmes de recherche ambitieux au sein de grandes collaborations. Les scientifiques de l'IPHC effectuent leurs recherches dans tous les grands centres et domaines actuels de physique subatomique.

Les programmes de recherche fondamentale ou appliquée en physique des particules et physique nucléaire, possédant des liens étroits avec la cosmologie moderne et l'astrophysique, définissent le contenu principal de la deuxième année de ce Master. Les futurs diplômés acquièrent ainsi une solide expertise à même de les préparer aux différentes phases d'un projet scientifique s'inscrivant dans un programme de recherche en physique subatomique expérimentale ou théorique :

- Description théorique et appréhension des aspects expérimentaux d'un problème de physique
- Étude de conception, développement, réalisation et mise en service de systèmes de détection
- Prise de données et analyse des données
- Simulation d'expériences et modélisation des processus et phénomènes physiques
- Interprétation des résultats expérimentaux

#### English version

**A two-year programme** The first year of the Master aims at providing a solid and broad base in theoretical and experimental physics and is shared by all specialisations : Condensed Matter and Nanophysics, Astrophysics and Physics of Radiation and Imaging techniques. Students from other universities, who have acquired this base, can join the Master Programme directly at the second year, where the specialisation takes place. In the **second year** the students attend advanced lectures in particle and nuclear physics and cosmology. The second semester is devoted to a full time research project (Internship or Master thesis). This phase represents a crucial step in our educational approach driven by active participation in research and aims at high qualification to prepare a PhD thesis in France or abroad.

#### French version:

**Un programme en deux ans :** la première année du Master, visant à fournir une base large et solide en théorie et physique expérimentale, est commune à toutes les spécialités : Physique Subatomique et Astroparticules, Matière Condensée et Nanophysique, Astrophysique et Physique du rayonnement et techniques d'imagerie. Les étudiants d'autres universités, qui ont acquis ces bases, peuvent intégrer directement le programme Master en deuxième année, où la spécialisation a lieu. En deuxième année les étudiants assistent à des cours avancés en physique des particules ainsi qu'en physique nucléaire et cosmologie. Le second semestre est consacré à un projet de recherche à temps plein (Stage ou Master thesis). Cette phase représente une étape cruciale dans notre approche pédagogique qui a pour fondement une participation active à la recherche et vise un haut niveau de qualification afin de préparer un doctorat thèse en France ou à l'étranger.

## Compétences à acquérir

#### English version:

- **Science** : concepts and phenomena in subatomic and astroparticle physics, in particle detection and instrumentation, in computing and big data analysis.
- **Research** : modeling a physical problem within a given theory, inventing designing and simulating an experiment, analyzing and interpreting data.
- **Project management** : work impact and communicate in large international collaborations.

#### **French version:**

- **Sciences** : concepts et phénomènes en physique subatomique et astroparticule, en détection de particules et instrumentation, en informatique et en analyse de grands volumes de données.
- **Recherche** : modéliser un problème physique dans un contexte théorique donné, inventer, concevoir et simuler une expérience, analyser et interpréter les données.
- **Gestion de projet** : impact sur le travail et communication au sein de grandes collaborations internationales.

## **Poursuite d'études**

Our students pursue their career both in the public or private sector, either after a successful PhD-thesis or directly after graduation.

The career possibilities cover a large range of domains, both in fundamental and in applied research : Universities, [CNRS](#), [CEA](#), [IRSN](#), EDF, ANDRA, AREVA, international research organisations, companies developing detectors or detector systems ([BERTIN Technologies](#), [CANBERRA](#)) and/or simulation or big-data analysis programs ([COMSOL](#)) with numerous applications, as well as the other economic sectors like consulting.

## **Contacts**

- Rachida Azagouaghe : [rachida.azagouaghe@unistra.fr](mailto:rachida.azagouaghe@unistra.fr)
- Boris Hippolyte : [boris.hippolyte@unistra.fr](mailto:boris.hippolyte@unistra.fr)

## Master 1 Physique - Tronc commun (TC)

### Semestre 1 - Master Physique (tronc commun)

|                                                                                                    | ECTS   | CM   | CI | TD   | TP   | TE | Stage |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|----|------|------|----|-------|
| UE 1 - Semestre 1 - Quantum mechanics and statistical mechanics                                    | 9 ECTS | 56 h |    | 56 h |      |    |       |
| Quantum mechanics                                                                                  |        | 28 h |    | 28 h |      |    |       |
| Statistical mechanics                                                                              |        | 28 h |    | 28 h |      |    |       |
| UE 2 - Semestre 1 - Computer programming and Current research in physics                           | 6 ECTS | 40 h |    |      | 18 h |    |       |
| Computer programming and numerical simulations                                                     |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| Current research in physics                                                                        |        | 12 h |    |      |      |    |       |
| UE 3 - Semestre 1 - Experimental physics I                                                         | 6 ECTS |      |    |      | 60 h |    |       |
| Experimental physics I                                                                             |        |      |    |      | 60 h |    |       |
| UE 4 - Semestre 1 - Elective course (2 to choose among)                                            | 6 ECTS | 56 h |    |      |      |    |       |
| Mécanique des milieux continus                                                                     |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| Astrophysical objects and their observations                                                       |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| Group theory                                                                                       |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| Ionizing radiation and detection methods                                                           |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| General relativity                                                                                 |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| Physique statistique avancée & Introduction à l'analyse complexe                                   |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| Variational principles and analytical mechanics                                                    |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| Advanced quantum mechanics                                                                         |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| Project                                                                                            |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| Photonics for quantum science and technology                                                       |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| Soft condensed matter                                                                              |        | 28 h |    |      |      |    |       |
| UE 5 - Semestre 1 - Free course                                                                    | 3 ECTS |      |    |      |      |    |       |
| UE facultative (au-delà de 30 ECTS validés) - Bases de mécanique quantique et physique statistique | 3 ECTS | 32 h |    |      |      |    |       |
| Bases de mécanique quantique                                                                       |        |      |    |      |      |    |       |
| Bases de physique statistique                                                                      |        |      |    |      |      |    |       |

### Semestre 2 - Master Physique (tronc commun)

|                                                                                    | ECTS    | CM   | CI | TD   | TP   | TE | Stage |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|----|------|------|----|-------|
| UE 1 - Semestre 2 - Nuclear physics and elementary particles - Solid state physics | 9 ECTS  | 52 h |    | 52 h |      |    |       |
| Nuclear physics and elementary particles                                           |         | 26 h |    | 26 h |      |    |       |
| Solid state physics                                                                |         | 26 h |    | 26 h |      |    |       |
| UE 2 - Semestre 2 - Computer programming and Numerical simulations                 | 3 ECTS  | 12 h |    |      | 10 h |    |       |
| Computer programming and Numerical simulations                                     |         | 12 h |    |      | 10 h |    |       |
| UE 3 - Semestre 2 - Laboratory physics                                             | 12 ECTS | 4 h  |    |      |      |    | 4 sem |
| Laboratory internship                                                              |         |      |    |      |      |    | 4 sem |
| Experimental physics II: nano fabrication in clean room                            |         |      |    |      |      |    |       |
| UE 4 - Semestre 2 - Elective course (1 to choose among)                            | 3 ECTS  | 28 h |    |      |      |    |       |
| Particles and astroparticles                                                       |         | 28 h |    |      |      |    |       |
| Stellar physics                                                                    |         | 28 h |    |      |      |    |       |
| Atomic and molecular physics                                                       |         | 28 h |    |      |      |    |       |
| Introduction to physics of living systems                                          |         | 28 h |    |      |      |    |       |
| Relativistic quantum mechanics                                                     |         | 28 h |    |      |      |    |       |
| Numerical methods in physics                                                       |         | 28 h |    |      |      |    |       |
| Project                                                                            |         | 28 h |    |      |      |    |       |
| Electronics for quantum science and technology                                     |         | 28 h |    |      |      |    |       |
| Phénomènes critiques et physique statistique hors-équilibre                        |         | 28 h |    |      |      |    |       |
| UE 5 - Semestre 2 - Free course                                                    | 3 ECTS  |      |    |      |      |    |       |
| UE 7 - Semestre 2 - Optional                                                       | 3 ECTS  |      |    |      |      |    | 8 sem |
| Voluntary internship                                                               |         |      |    |      |      |    | 8 sem |

## Master 2 - Physique subatomique et astroparticules (PSA)

### Semestre 3 - Physique subatomique et astroparticules (PSA)

|                                                                                  | ECTS           | CM          | CI | TD          | TP | TE | Stage |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|----|-------------|----|----|-------|
| <b>COURSE UNIT: SUBATOMIQUE PHYSICS - Semestre 3</b>                             | <b>9 ECTS</b>  | <b>66 h</b> |    | <b>20 h</b> |    |    |       |
| 1. Quantum field theory                                                          |                | 22 h        |    |             |    |    |       |
| 2. Nuclei and nucleon interactions                                               |                | 22 h        |    |             |    |    |       |
| 3. Particle physics                                                              |                | 22 h        |    |             |    |    |       |
| Student seminar                                                                  |                |             |    | 20 h        |    |    |       |
| <b>COURSE UNIT: INSTRUMENTATION AND MODELING - Semestre 3</b>                    | <b>6 ECTS</b>  | <b>48 h</b> |    |             |    |    |       |
| Interaction of radiations with matter                                            |                | 14 h        |    |             |    |    |       |
| Physics of detectors and detection systems                                       |                | 14 h        |    |             |    |    |       |
| Data analysis and modelisation                                                   |                | 20 h        |    |             |    |    |       |
| <b>COURSE UNIT: ELECTIVE COMPULSARY CLASSES (4 to choose among) - Semestre 3</b> | <b>12 ECTS</b> | <b>80 h</b> |    |             |    |    |       |
| Theoretical aspects of nuclear physics                                           |                | 20 h        |    |             |    |    |       |
| From nuclei to stars                                                             |                | 20 h        |    |             |    |    |       |
| Theoretical aspects of particle physics                                          |                | 20 h        |    |             |    |    |       |
| Beyond standard model                                                            |                | 20 h        |    |             |    |    |       |
| General relativity and applications to cosmology                                 |                | 20 h        |    |             |    |    |       |
| Astro particles and observational cosmology                                      |                | 20 h        |    |             |    |    |       |
| Physics of reactor and other application of nuclear physics                      |                | 20 h        |    |             |    |    |       |
| Analytical and quantum mechanics and special relativity                          |                | 20 h        |    |             |    |    |       |
| QCD physics at colliders                                                         |                | 20 h        |    |             |    |    |       |
| <b>FREE COURSE - Semestre 3</b>                                                  | <b>3 ECTS</b>  | <b>20 h</b> |    |             |    |    |       |

### Semestre 4 - Physique subatomique et astroparticules (PSA)

|                                                                                                                 | ECTS           | CM | CI | TD | TP | TE | Stage         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----|----|----|----|----|---------------|
| <b>COURSE UNIT: STUDENT PROJECT (1 to choose among) - Semestre 4</b>                                            | <b>3 ECTS</b>  |    |    |    |    |    |               |
| Physics project including instrumentation/computing                                                             |                |    |    |    |    |    |               |
| Project using distinctive experimental platforms                                                                |                |    |    |    |    |    |               |
| European school of instrumentation in particle and astroparticle physics organized by Université Grenoble Alpes |                |    |    |    |    |    |               |
| <b>COURSE UNIT: INTERNSHIP AND PROFESSIONNAL INTEGRATION - Semestre 4</b>                                       | <b>27 ECTS</b> |    |    |    |    |    | <b>15 sem</b> |
| Long-term internship (3 months minimum)                                                                         |                |    |    |    |    |    | <b>15 sem</b> |
| Professional integration                                                                                        |                |    |    |    |    |    |               |
| <b>Voluntary intership (diploma supplement) - Semestre 4</b>                                                    | <b>3 ECTS</b>  |    |    |    |    |    | <b>8 sem</b>  |
| Voluntary intership                                                                                             |                |    |    |    |    |    | <b>8 sem</b>  |