



Interdivision  
Physique des accélérateurs  
et technologies associées

# Enseignement de la physique des accélérateurs, .... *La contribution Grenobloise*....

**RENCONTRES ACCELERATEURS**  
DE L'INTERDIVISION DE LA SFP  
PHYSIQUE DES ACCELERATEURS ET TECHNOLOGIES ASSOCIEES



*Jean-Luc Revol / Maud Baylac*  
*Mercredi 20 Octobre 2010*  
*SOLEIL -Saint-Aubin*





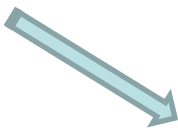
# Enseignement de la physique des accélérateurs,

.... *La contribution Grenobloise*....

## 2 Formations

*Master 2 Recherche*  
**PSA**  
**Physique Subatomique  
et Astroparticules**

*Master 2 Recherche*  
**EP**  
**Energétique Physique**



## 1 Enseignement

**Joint Universities Accelerator School**



# Physique subatomique et astroparticules

L'université Joseph Fourier Grenoble INP et l'université de Savoie proposent une formation de haut niveau en :

- Physique des particules élémentaires
- Astroparticules et cosmologie
- Matière hadronique et nucléaire
- Physique théorique

La vocation de ce Master PSA est de former des chercheurs de haut niveau - expérimentateurs ou théoriciens - ayant de très solides bases en physique fondamentale.

## LES PARCOURS

Deux parcours sont proposés : "particules et univers" et "noyaux et particules"

Les enseignements sont choisis parmi :

- Mécanique quantique relativiste
- Théorie quantique des champs
- Physique des particules I et II
- Relativité générale et cosmologie
- Astroparticules
- Physique nucléaire avancée
- Physique hadronique
- Introduction à la supersymétrie et à la théorie des cordes
- Analyse de données et simulation
- Module expérimental et détecteurs

Un parcours en physique des accélérateurs (JUAS) est également proposé.

A l'issue des enseignements un stage de 4 mois se déroule au sein d'un laboratoire de recherche. Les statistiques de ces dernières années montrent que les étudiants de ce Master obtiennent de très bons résultats aux concours de recrutement du CNRS et de l'Université.

## INFORMATIONS PRATIQUES

**RESPONSABLE**  
Aurélien Barrau,  
barrau@in2p3.fr  
Laboratoire de Physique Subatomique et de  
Cosmologie de Grenoble  
UJF-CNRS/IN2P3-INP Grenoble

**SECRETARIAT**  
Secrétariat M2R PSA, masterrech.physique@ujf-grenoble.fr  
04 76 88 74 50  
Maison des Magistères, CNRS BP 166  
25 avenue des Martyrs,  
38042 Grenoble cedex 9

<http://lpsc.in2p3.fr/MasterPSA>

<http://physique-eea.ujf-grenoble.fr/>

## Trois parcours:

Intitulé de l'UE / matière et semestre d'enseignement	Particules et Univers	Noyaux et particules	Physique des Accélérateurs
<b>M2R PSA</b>	<b>ects</b>	<b>ects</b>	<b>ects</b>
Mécanique Quantique Relativiste	6	6	
Théorie Quantique des Champs	6	6	
Physique des particules I	3	3	3
Physique des particules II	3	3	
Analyses de données et simulation + TP	3	3	3
Détecteurs + module expérimental	3	3	3
Options Transversales, au choix : anglais, philo, etc.	3	3	3
Cosmologie et Relativité Générale	3		
Astroparticules	3		
Physique au-delà du modèle standard (supersymétrie, cordes, gravité quantique)	3	3	
Matière hadronique		3	
Physique nucléaire avancée		3	
3 ECTS au choix dans M1 ou M2 Phy			3
JUAS			18
Stage labo	24	24	24
Total ECTS	60	60	60

# Physique subatomique et astroparticules

L'université Joseph Fourier, Grenoble INP et l'université de Savoie proposent une formation de haut niveau en :

- Physique des particules élémentaires
- Astroparticules et cosmologie
- Matière hadronique et nucléaire
- Physique théorique

La vocation de ce Master PSA est de former des chercheurs de haut niveau - expérimentateurs ou théoriciens - ayant de très solides bases en physique fondamentale.

## LES PARCOURS

Deux parcours sont proposés : "particules et univers" et "noyaux et particules"

Les enseignements sont choisis parmi :

- Mécanique quantique relativiste
- Théorie quantique des champs
- Physique des particules I et II
- Relativité générale et cosmologie
- Astroparticules
- Physique nucléaire avancée
- Physique hadronique
- Introduction à la supersymétrie et à la théorie des cordes
- Analyse de données et simulation
- Module expérimental et détecteurs

Un parcours en physique des accélérateurs (JUAS) est également proposé.

A l'issue des enseignements un stage de 4 mois se déroule au sein d'un laboratoire de recherche. Les statistiques de ces dernières années montrent que les étudiants de ce Master obtiennent de très bons résultats aux concours de recrutement du CNRS et de l'Université.

## INFORMATIONS PRATIQUES

**RESPONSABLE**  
Aurélien Barrau,  
barrau@in2p3.fr  
Laboratoire de Physique Subatomique et de  
Cosmologie de Grenoble  
UJF-CNRS/IN2P3-INP Grenoble

**SECRETARIAT**  
Secrétariat M2R PSA, masterrech.physique@ujf-grenoble.fr  
04 76 88 74 50  
Maison des Magistères, CNRS BP 166  
25 avenue des Martyrs,  
38042 Grenoble cedex 9

<http://lpsc.in2p3.fr/MasterPSA>

<http://physique-eea.ujf-grenoble.fr/>

## 3 Partenaires:



## 1 Laboratoire responsable de l'organisation



Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie

## Un parcours accélérateur proposé

En 2011 15 étudiants au total...

1 étudiant accélérateurs

(0 en 2010 et 2 en 2009)

INSTITUT POLYTECHNIQUE de GRENOBLE

MASTER 2 mention PHYSIQUE

SPECIALITE Recherche : ENERGETIQUE PHYSIQUE

<http://phelma.grenoble-inp.fr/master-ep>



**THÈMES ABORDÉS**

**Energétique Nucléaire**

Neutronique, cinétique des réacteurs, aval du cycle électronucléaire, modélisation en thermohydraulique, simulation, techniques de mesures et instrumentation en nucléaire et hydraulique

Microthermique et Microfluidique

Energie Solaire Photo-thermique et photovoltaïque

Conversion et Stockage de l'énergie Hydrogène, piles à combustible

Physique des Matériaux Matériaux pour l'énergie, supraconducteurs, cryophysique Plasmas fusion

Formation Internationale en Accélérateurs (JUAS, Genève Archamps)

**ORGANISATION - FORMATION**

6 mois de Formation Théorique + 5/6 mois de Stage de Recherche dans un laboratoire d'accueil (universitaire / industriel) de la formation

Intervenants universitaires et industriels

Grenoble INP, UJF, CEA, CNRS, INES, EdF, AREVA, Air Liquide...

**RENSEIGNEMENTS**

Responsable de la formation : Elsa MERLE-LUCOTTE (Grenoble INP) - 04 76 28 41 50

e-mail : [M2EP@phelma.grenoble-inp.fr](mailto:M2EP@phelma.grenoble-inp.fr)

Secrétariat de la formation : Leila TEMIM

MINATEC Bâtiment Grenoble INP, 3 parvis Louis Néel, 38016 GRENOBLE CEDEX 1

Tél. : 04 56 52 91 70 - Fax : 04 56 52 91 03

1 Tronc commun (65h)

4 Parcours (100 h)

- ✓ Energétique Nucléaire
- ✓ Physique des transferts
- ✓ Matériaux pour l'énergie
- ✓ Energétique Nucléaire + Accélérateurs

**Objectifs:**

- Acquérir des connaissances approfondies en énergétique.
- Initiation à la recherche et développement dans deux secteurs :

Energétique Nucléaire et  
Nouvelles Technologies de l'Energie

Energétique Nucléaire / JUAS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferts thermiques</li> <li>• Thermohydraulique</li> <li>• Physique du Solide</li> <li>• Projet Bibliographique</li> <li>• UE transverse</li> </ul>	<p>Tronc commun :</p> <p><b>15 ECTS</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases en Neutronique</li> <li>• Cinétique des réacteurs</li> <li>• Physique de l'aval du cycle</li> <li>• Simulations neutroniques et thermohydrauliques, et pilotage des réacteurs</li> </ul>	<p><b>21 ECTS</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physique des Accélérateurs JUAS</li> <li>• Technologie des Accélérateurs JUAS</li> </ul>	<p><b>24 ECTS</b> <sup>5</sup></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stage</li> </ul>	

INSTITUT POLYTECHNIQUE de GRENOBLE

MASTER 2 mention PHYSIQUE

SPECIALITE Recherche : ENERGETIQUE PHYSIQUE

<http://phelma.grenoble-inp.fr/master-ep>



### THÈMES ABORDÉS

#### Energétique Nucléaire

Neutronique, cinétique des réacteurs, aval du cycle électronucléaire, modélisation en thermohydraulique, simulation, techniques de mesures et instrumentation en nucléaire et hydraulique

#### Microthermique et Microfluidique

Energie Solaire Photo-thermique et photovoltaïque

Conversion et Stockage de l'énergie Hydrogène, piles à combustible

Physique des Matériaux Matériaux pour l'énergie, supraconducteurs, cryophysique Plasmas fusion

Formation Internationale en Accélérateurs (JUAS, Genève Archamps)

### ORGANISATION - FORMATION

6 mois de Formation Théorique + 5/6 mois de Stage de Recherche dans un laboratoire d'accueil (universitaire / industriel) de la formation

Intervenants universitaires et industriels

Grenoble INP, UJF, CEA, CNRS, INES, EdF, AREVA, Air Liquide...

### RENSEIGNEMENTS

Responsable de la formation : Elsa MERLE-LUCOTTE (Grenoble INP) - 04 76 28 41 50

e-mail : [M2EP@phelma.grenoble-inp.fr](mailto:M2EP@phelma.grenoble-inp.fr)

Secrétariat de la formation : Leila TEMIM

MINATEC Bâtiment Grenoble INP, 3 parvis Louis Néel, 38016 GRENOBLE CEDEX 1

Tél. : 04 56 52 91 70 - Fax : 04 56 52 91 03

### 3 Partenaires:



### Une école et un Laboratoire organisateurs



Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie

En 2011 43 étudiants au total

(dont 27 ingénieurs en double cursus) ...

6 étudiants accélérateurs

(2 en 2010 et 3 en 2009)

# Joint Universities Accelerator School

Formation aux accélérateurs depuis 1994

12 Universités partenaires

## UNIVERSITES

Universitat Politècnica de Catalunya

Depuis

1994

Universitat Autònoma de Barcelona

1994

Technische Universität Darmstadt

1994

Université Joseph Fourier Grenoble

1994

Grenoble Institute of Technology

1994

Universität Karlsruhe

1994

Università Degli Studi di Napoli « Federico II »

1994

Università degli studi di Roma « La Sapienza »

1994

Technische Universität Berlin

2002

Università Degli Studi di Genova

2002

Universitat de Valencia

2002

University of Heidelberg

2007

**JOINT UNIVERSITIES ACCELERATOR SCHOOL**

**TWO COURSES ON PARTICLE ACCELERATORS**

**PHYSICS**

**TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS**

Intensive programme for graduate students  
Credits Available from the European partner Universities (ECTS)  
Modular Courses for Professionals  
Scholarships available for Students

**3 January – 11 March**  
Archamps (France), 7 km from Geneva (Switzerland)

**JUAS 2011**

Organised by  
The European Scientific Institute  
with the support of 12 major European Universities

Universitat Politècnica de Catalunya  
Universitat Autònoma de Barcelona  
Technische Universität Darmstadt  
Université Joseph Fourier Grenoble  
Institut National Polytechnique de Grenoble  
Universität Karlsruhe (TH)  
Università degli Studi di Napoli « Federico II »  
Università degli Studi di Roma « La Sapienza »  
Technische Universität Berlin  
Università degli Studi di Genova  
Universitat de València  
Ruprecht-Karis-Universität Heidelberg

Sponsored by  
BESSY II, CEA, CERN, CIBMAT, DESY, ESRF, GSI, IN2P3, PSI, SOLEIL, BERGGOZ Instrumentation, Centro Nacional de Física de Partículas, Astrofísica y Nuclear (Spain), Conseil Général de Haute-Savoie

Local Information  
Information:  
ESI/JUAS  
Centre Universitaire de Formation et de Recherche  
Site d'Archamps  
F-74160 Archamps  
Phone: +33 (0)4 50 51 50 10  
juas@esi.cnr-archamps.fr  
<http://juas.in2p3.fr>

**JUAS** est organisée par le

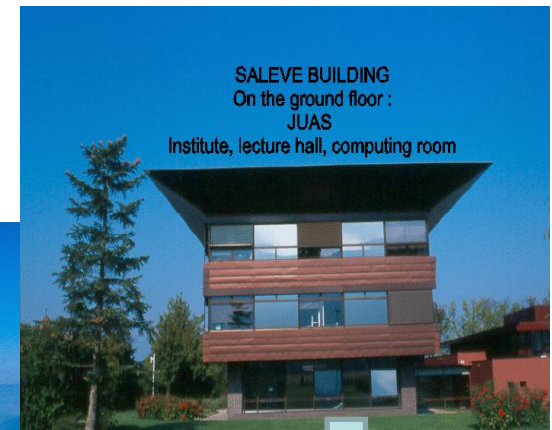
European Scientific Institute  
(association de 20 institutions européennes).

Localisation:  
Archamps près de Genève

**13 laboratoires et industriels Sponsors:**

ESRF	2001
GSI	2001
Minister español	2003
CIEMAT	2007
BESSY II	2002
IBA	2004
BERGOZ INSTRUMENTATION	2002
SOLEIL	2002
CEA	2002
CERN	1994
DESY	2001
PSI	2006
IN2P3	2001

+ Conseil Général de Haute Savoie





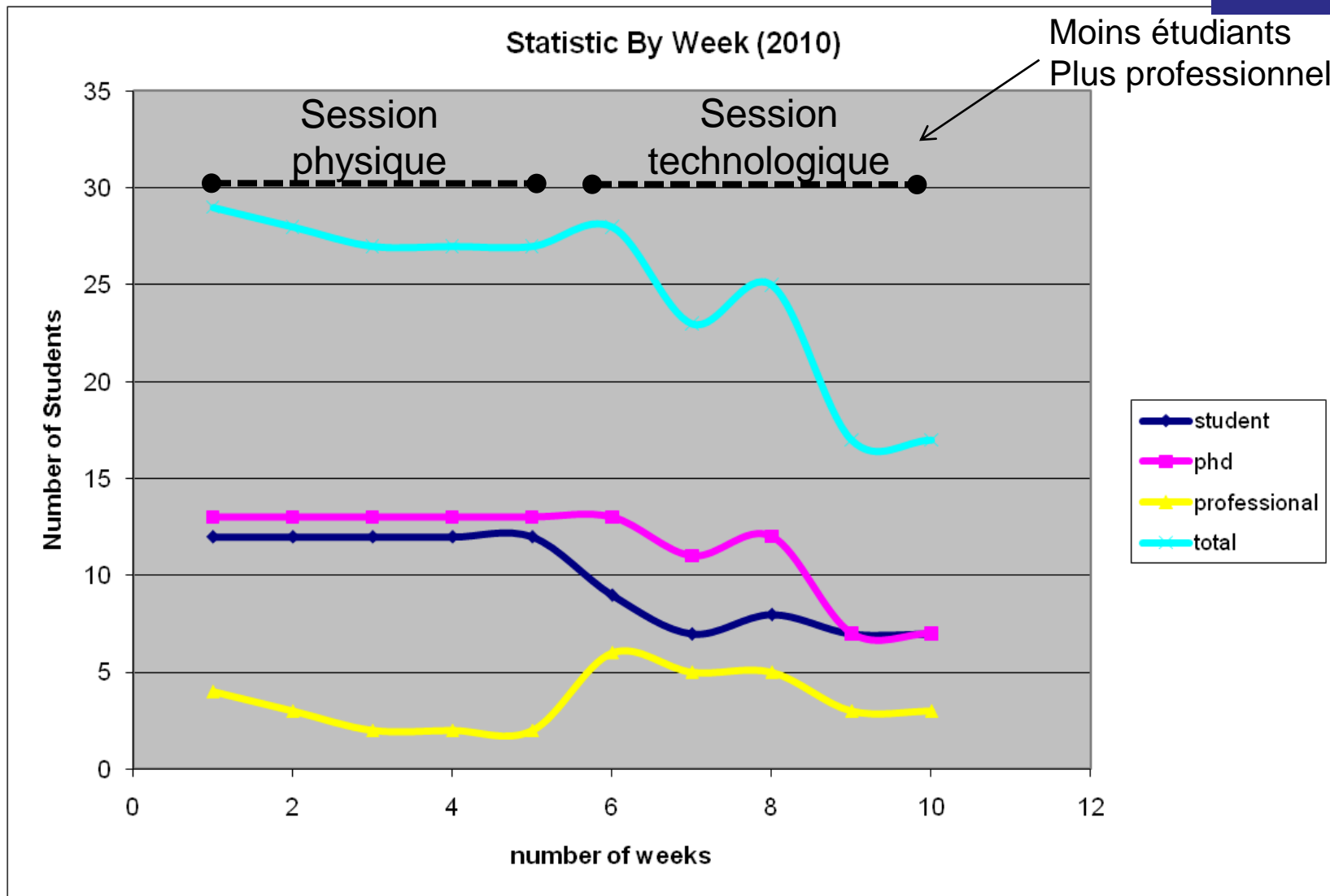
### Accelerator Physics week 1 – week 4

LECTURE SUBJECTS	Nb of lectures	Nb of tutorials
Introduction to accelerators	6	
Revision of relativity & electro-magnetism	4	2
Charged particle optics	3	1
Transverse beam dynamics	6	2
Longitudinal beam dynamics	6	2
linear imperfections and non linear resonances	4	1
Linear accelerators	4	1
Space charge & instabilities	4	1
Injection & extraction	2	
Cyclotrons	4	1
Synchrotron radiation	6	2
Summing up in a mini-workshop		2
<b>COMPUTER WORKSHOP</b>		
Accelerator design		6
<b>SEMINARS</b>		
Introduction to MADX	1	
Laser plasma acceleration	1	

+ visite ESRF & PSI

### Technologies & Applications week 6 – week 9

LECTURE SUBJECTS	Nb of lectures	Nb of tutorials
<b>TECHNOLOGIES</b>		
Introduction to accelerators & components	2	
Radio-frequency engineering	6	2
Vacuum systems -	3	1
Design of accelerator magnets	5	1
Superconducting magnets	3	1
Superconducting RF cavities	3	1
Beam instrumentation	5	2
Particle sources	2	1
Accelerator controls	2	
Radiation & safety	2	1
<b>APPLICATIONS OF ACCELERATORS IN INDUSTRY AND MEDICINE</b>		
Low-energy electron accelerators	2	1
High power proton accelerators	2	1
Production of medical isotopes	2	
Accelerators for industrial and medical applications	2	
Therapeutic applications	2	
<b>COMPUTER WORKSHOP</b>		
Magnet design		5
<b>SEMINARS</b>		
Protontherapy facilities, practical aspects	1	



# 52 PARTICIPANTS représentant 12 pays

2010

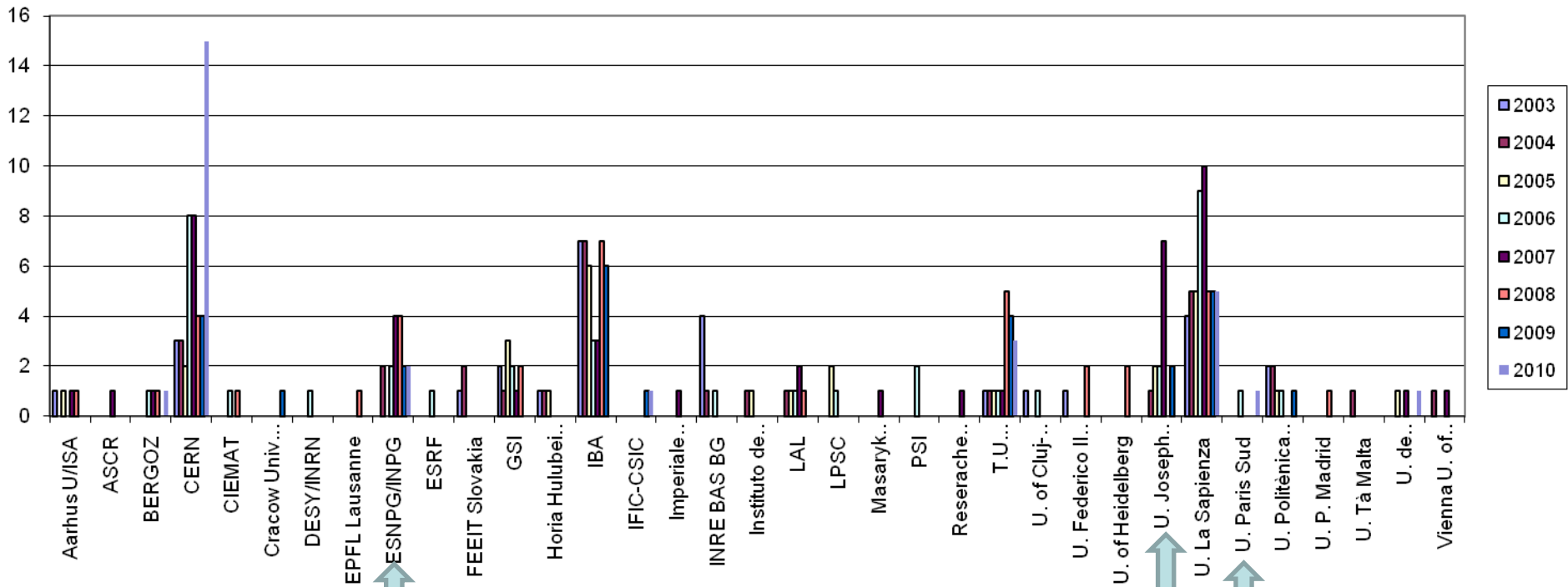
Etudiants(S) : 14 ←  
 PhD : 24  
 Professionnels (P) : 13

10 étudiants des universités Européennes !!!  
2 étudiants des universités Françaises !!

	Course 1 full time 12S+13PhD+2P [27]	Course 1 part. time 2P [2]	Course 2 full time 6S+5PhD+2P [12]	Course 2 part. time 2S+11PhD+7P [21]
Belgium	1S		1S	
Brazil	1PhD	1P		
CERN	6PhD + 1P		2PhD+2P	2S+10PhD + 6P
France	2S+1PhD		2S	1P
Germany	2S + 1PhD	1P	2S	
India	1PhD			
Italy	4S			1PhD
Iran	1PhD			
S. Arabia	1S		1PhD	
Spain	1S + 1PhD		1S + 1PhD	
Turkey	1S + 1PhD		1PhD	
S.Africa(Zimbabwe)	1P			



# Origine des étudiants 2003-2010 (Excluant les professionnels)



INPG: 2 à 4

UJF: 0 à 7

Paris Sud: 1  
(2006)



## Origine des enseignants 2010

LECTURERS	HOME	ASSISTANTS	SINCE
Ph. BRYANT	CERN	J. PAYET / CEA Saclay	2006
I. SAKAI <span style="color: blue;">N</span>	Fukui University		2010
M. MUNOZ	ALBA-CELLS		2007
F. TECKER <span style="color: blue;">N</span>	CERN	P. Skowronski	2006
B. HOLZER	CERN	Reyes Alemany, G Sterbini / CERN	2007
A. LOMBARDI	CERN	J B Lallement / CERN	
Y. PAPAPHILIPPOU	CERN		2007
M. MIGLIORATI <span style="color: blue;">N</span>	Universita di Roma « La Sapienza »		
K. WILLE	Universität Dortmund		
F. CHAUTARD	GANIL		2006
L. FARVACQUE	ESRF		
S. BOUSSON	IN2P3		2005
F. CASPERS	CERN	Gerd Kotzian / CERN	2003
J-M JIMENEZ	CERN		2009
S. RUSSENSCHUCK	CERN		
M. WILSON	OXFORD INSTR.		
Th. THUILLIER	LPSC		2008
W. WEINGARTEN	CERN		2007
P. FORCK	GSi		
Y. JONGEN	IBA		2006
E. ZIMOCHE <span style="color: blue;">N</span>	PSI		2006
R. MIRALBELL	HCUGE		
W. MONDELAERS	University of GENT		
G. BEYER	HCUGE		
P. BERKVEN	ESRF		
V. VACCARO <span style="color: blue;">N</span>	U. di Napoli Federico II		

## Frais de scolarité

### Etudiants universitaires:

Frais administratifs– 4 semaines + exams: **100 Euros**

### **Laboratoire – Etudiants Ph-D**

*4 semaines de cours + 1 semaine exams: 600 Euro*

### **Instituts/entreprises- professionnels**

*Heure:60 Euros ; Journée:190 Euros; 1 semaine 500 Euro; 4 semaines:1620 Euro*

*Logement dans une résidence;*

*Coût: studio ~190Eu, 2-lits ~290Eu, 3-lits ~400Eu, 4-lits ~544Eu*

## LPSC: Un catalyseur pour la formation à Grenoble

28 enseignants-chercheurs au LPSC (/68 Physiciens permanents dans le labo)  
20 à l'Université Joseph Fourier  
8 à Grenoble INP

### Les formations master

- M2R Physique Subatomique et Astroparticules
- M2R Physique et applications des plasmas
- M2R Énergétique Physique
- M1 Ingénierie, Traçabilité et développement durable
- M2P Ingénierie, Traçabilité et développement durable
- M2R Micro Nano électronique
- M2 Physique médicale

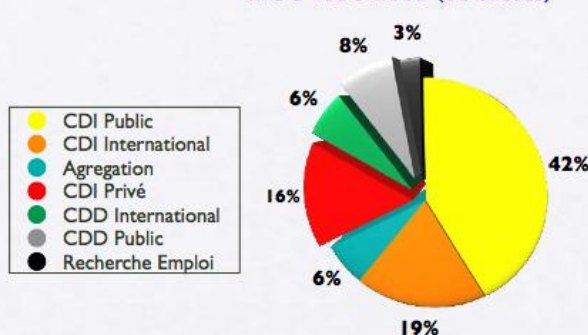
### Des plateformes expérimentales d'enseignements

Plateforme Internationale des  
Procédés Plasmas Avancés

**Plate-forme expérimentale de physique nucléaire :**

15 formations, 500 étudiants concernés.

LPSC 1998-2009 (80 thèses)



Excellente insertion des docteurs  
> 60 % postes dans la recherche

## La formation JUAS:

- ✓ Un formation reconnue dans le milieu des accélérateurs
- ✓ Des enseignants réputés
- ✓ Des examens certifiés
- ✓ Un milieu de formation international
- ❖ Manque d'étudiants européens
- ❖ Des problèmes en Europe (et en France) d'intégration de la formation dans le cursus universitaire et de reconnaissance des notes

## Les masters grenoblois:

- ✓ Deux parcours intégrant une formation aux accélérateurs
- ✓ Adaptés pour un faible nombre d'étudiants
- ✓ Formation JUAS parfaitement intégrée
- ❖ Manque d'ouverture aux métiers des accélérateurs

## Que peut faire la SFP?

- ✓ Soutenir JUAS
- ✓ Soutenir et promouvoir les masters intégrant un parcours accélérateur
- ✓ Communiquer sur les débouchés et sur les métiers des accélérateurs
- ✓ Promouvoir un enseignement avant le master

➔ Objectif: augmenter le nombre total d'étudiants pour le mettre en adéquation avec le (large) potentiel de la communauté





## La formation professionnelle

### JUAS

Formation universitaire avec possibilité de suivre les cours sous forme de modules pour les professionnels.

**CERN :** 10 - France + Danish + Austrian + Spanish + Armenian + Swiss  
**France :** 1 - BERGOZ  
**Germany :** 1 - GSI  
**Brazil :** 1 - Universidade Federal de Minas Gerais

### CERN Accelerator School

The CERN Accelerator School holds training courses for accelerator physicists and engineers twice a year (specialist topic in spring, accelerator physics autumn).

**IN2P3 – Ecole des accélérateurs-** La Londe Les Maures-  
*1 semaine tous les 2 ans, dernière édition Sept 2009*

Ecole destinée principalement aux techniciens travaillant autour des accélérateurs (tant en physique nucléaire qu'en physique des particules).

**Que peut faire la SFP pour soutenir, développer et faire reconnaître la formation professionnelle?**