

## Information générale

<b>Objectifs</b>	L'objectif de ce parcours de M2 est de préparer les étudiants à la thèse dans une équipe de recherche de SUBATECH ou de tout autre laboratoire équivalent en France (IN2P3/CNRS) ou à l'étranger. La structure de la matière, des noyaux atomiques aux quarks ainsi que les interactions fondamentales de l'univers sont étudiées en détail aussi bien d'un point de vue théorique qu'expérimental. Les techniques permettant de mettre en œuvre des détecteurs de particules complexes sont présentées et étudiées. La maîtrise des outils de simulation et des techniques d'analyses de données prend aussi une part importante de la formation. Ce parcours s'appuie essentiellement sur les compétences des enseignants-chercheurs et chercheurs du Laboratoire SUBATECH. Les secteurs professionnels d'insertions sont ceux de la recherche fondamentale et académique tels que les Universités, le CNRS/IN2P3, le CERN mais aussi dans le secteur privé où les compétences de ce diplôme sont appréciées (calculs et simulations numériques, nucléaire, informatique, aéronautique...)
<b>Responsable(s)</b>	MASBOU JULIEN
<b>Mention(s) incluant ce parcours</b>	master Physique Fondamentale et Applications
<b>Lieu d'enseignement</b>	
<b>Langues / mobilité internationale</b>	
<b>Stage / alternance</b>	
<b>Poursuite d'études / débouchés</b>	
<b>Autres renseignements</b>	
<b>Conditions d'obtention de l'année</b>	L'année est validée si la partie théorique (1er semestre) est validée en première ou deuxième session (moyenne supérieure ou égale à 10/20) et si l'UE correspondant au stage (2ème semestre) est également validée avec une note supérieure ou égale à 10/20.

## Programme

1 <sup>er</sup> SEMESTRE	Code	ECTS	CM	CI	TD	TP	Distanciel	Total
<b>Groupe d'UE : Parcours RPS (23 ECTS)</b>								
Astroparticules	X3PS010	2	9	0	9	0	2	20
PROJET experimental	X3PS020	3	0	0	0	22	8	30
Noyaux et collisions	X3PS030	4	22	0	22	0	4	48
Modèle standard	X3PS040	5	27	0	27	0	6	60
PROJET simulation theorique	X3PS050	1	0	0	0	4	6	10
Détection et analyse de données	X3PS060	4	16	0	16	16	6	54
Théorie classique et quantique des champs	X3PS070	4	22	0	22	0	4	48
<b>Groupe d'UE : Tronc commun (6 ECTS)</b>								
Simulation, Modelisation	X3PP020	3	3	0	0	24	3	30
Nuclei and Radiations	X3PP010	2	8	0	8	0	2	18
ANGLAIS Professionnel	X3PP030	1	0	0	0	12	0	12
<b>Groupe d'UE : Tronc commun - UEC (1) (1 ECTS)</b>								
Monde du Travail	X3PPIMT	1	0	0	20	0	0	20
Management à Visée Innovante et Entrepreneuriale	X1LI010	1	18	0	0	0	7	25
<b>Groupe d'UE : UE libres (0 ECTS)</b>								
Méthodes statistiques	X1PP050	0	8	0	6.67	6.67	2.66	24
Interaction rayonnement matière	X1PP080	0	8	0	6.67	0	1.33	16
Préparation au toeic	X3LA010	0	0	0	0	0	0	0
Astrophysique et cosmologie	X2PP050	0	6.67	0	6.67	0	1.66	15
	<b>Total</b>	30					50.66	<b>379.00</b>

2 <sup>ème</sup> SEMESTRE	Code	ECTS	CM	CI	TD	TP	Distanciel	Total
<b>Groupe d'UE : Expérience professionnelle : 1 UE au choix (30 ECTS)</b>								
Stage	X4PP010	30	0	0	0	0	0	0
Périodes de formation alternées en milieu pro.	X4PP020	30	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	30					0.00	<b>0.00</b>

## Modalités d'évaluation

Mention Master 2ème année

Parcours : M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS)

Année universitaire 2022-2023

Responsable(s) : MASBOU JULIEN

### REGIME ORDINAIRE

					PREMIERE SESSION								DEUXIEME SESSION								TOTAL	
					Contrôle continu			Examen					Contrôle continu			Examen					Coeff.	ECTS
CODE UE	INTITULE	UE non dipl.			écrit	prat.	oral	écrit	prat.	oral	durée	écrit	prat.	oral	écrit	prat.	oral	durée				
<b>Groupe d'UE : Parcours RPS</b>																						
3	X3PS010	Astroparticules	N	obligatoire			2										2			2	2	
3	X3PS020	PROJET experimental	N	obligatoire	1.5	1.5						1.5	1.5							3	3	
3	X3PS030	Noyaux et collisions	N	obligatoire	4										4					4	4	
3	X3PS040	Modèle standard	N	obligatoire	5										5					5	5	
3	X3PS050	PROJET simulation theorique	N	obligatoire		0.5	0.5						0.5	0.5						1	1	
3	X3PS060	Détection et analyse de données	N	obligatoire		2	2						2					2		4	4	
3	X3PS070	Théorie classique et quantique des champs	N	obligatoire	4										4					4	4	
<b>Groupe d'UE : Tronc commun</b>																						
3	X3PP020	Simulation, Modelisation	N	obligatoire		3							3							3	3	
3	X3PP010	Nuclei and Radiations	N	obligatoire	2							2								2	2	
3	X3PP030	ANGLAIS Professionnel	N	obligatoire		0.5	0.5						0.5	0.5						1	1	
<b>Groupe d'UE : Tronc commun - UEC (1)</b>																						
3	X3PPIMT	Monde du Travail	N	optionnelle	1							1								1	1	
1	X1LI010	Management à Visée Innovante et Entrepreneuriale	N	optionnelle	0.5		0.5								1					1	1	
<b>Groupe d'UE : UE libres</b>																						
1	X1PP050	Méthodes statistiques	O	optionnelle																0	0	
1	X1PP080	Interaction rayonnement matière	O	optionnelle																0	0	
3	X3LA010	Préparation au toEIC	O	optionnelle																0	0	
2	X2PP050	Astrophysique et cosmologie	O	optionnelle																0	0	
<b>Groupe d'UE : Expérience professionnelle : 1 UE au choix</b>																						
4	X4PP010	Stage	N	optionnelle	9	9	12					9	9	12						30	30	
4	X4PP020	Périodes de formation alternées en milieu pro.	N	optionnelle	9	9	12					9	9	12						30	30	
																			<b>TOTAL</b>	60	60	

A la seconde session, les notes de contrôle continu correspondent à un report des notes de CC de la première session.

## DISPENSE D'ASSIDUITE

				PREMIERE SESSION								DEUXIEME SESSION								TOTAL	
				Contrôle continu				Examen				Contrôle continu				Examen				Coeff.	ECTS
CODE UE	INTITULE	UE non dipl.		écrit	prat.	oral		écrit	prat.	oral	durée	écrit	prat.	oral		écrit	prat.	oral	durée		
<b>Groupe d'UE : Parcours RPS</b>																					
3	X3PS010	Astroparticules	N	obligatoire						2						2				2	2
3	X3PS020	PROJET experimental	N	obligatoire	1.5	1.5						1.5	1.5							3	3
3	X3PS030	Noyaux et collisions	N	obligatoire				4							4					4	4
3	X3PS040	Modèle standard	N	obligatoire				5							5					5	5
3	X3PS050	PROJET simulation theorique	N	obligatoire		0.5	0.5					0.5	0.5							1	1
3	X3PS060	Détection et analyse de données	N	obligatoire		2				2			2					2		4	4
3	X3PS070	Théorie classique et quantique des champs	N	obligatoire				4							4					4	4
<b>Groupe d'UE : Tronc commun</b>																					
3	X3PP020	Simulation, Modelisation	N	obligatoire				3							3					3	3
3	X3PP010	Nuclei and Radiations	N	obligatoire				2							2					2	2
3	X3PP030	ANGLAIS Professionnel	N	obligatoire						1								1		1	1
<b>Groupe d'UE : Tronc commun - UEC (1)</b>																					
3	X3PPIMT	Monde du Travail	N	optionnelle				1							1					1	1
1	X1LI010	Management à Visée Innovante et Entrepreneuriale	N	optionnelle				0.5		0.5					1					1	1
<b>Groupe d'UE : UE libres</b>																					
1	X1PP050	Méthodes statistiques	O	optionnelle																0	0
1	X1PP080	Interaction rayonnement matière	O	optionnelle																0	0
3	X3LA010	Préparation au toEIC	O	optionnelle																0	0
2	X2PP050	Astrophysique et cosmologie	O	optionnelle																0	0
<b>Groupe d'UE : Expérience professionnelle : 1 UE au choix</b>																					
4	X4PP010	Stage	N	optionnelle																30	30
4	X4PP020	Périodes de formation alternées en milieu pro.	N	optionnelle																30	30
																			<b>TOTAL</b>	60	60

A la seconde session, les notes de contrôle continu correspondent à un report des notes de CC de la première session.

## Description des UE

X3PS010	Astroparticules
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	MASBOU JULIEN
Volume horaire total	<b>TOTAL : 20h Répartition : CM : 9h TD : 9h CI : 0h TP : 0h EAD : 2h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS)
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Astroparticules <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appréhender les enjeux théoriques et expérimentaux de la physique des astroparticules</li> <li>- Appliquer ses connaissances de physique à la connaissance de l'univers</li> <li>- Analyser des publications scientifiques en vue de présenter à l'oral un enjeu du domaine</li> </ul>
Contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Découverte des rayons cosmiques</li> <li>- Rayons cosmiques chargés</li> <li>- Accélération des rayons cosmiques</li> <li>- Propagation des rayons cosmiques</li> <li>- Rayons Gamma</li> <li>- Neutrinos</li> <li>- Ondes gravitationnelles</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Anglais
Bibliographie	

X3PS020	PROJET experimental
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	YERMIA FREDERIC
Volume horaire total	<b>TOTAL : 30h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 22h EAD : 8h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS)
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	PROJET experimental <b>100%</b>
Obtention de l'UE	

<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborer un système de détection expérimental de physique nucléaire / astroparticules</li> <li>- Mettre au point l'expérience de détection avec le matériel proposé</li> <li>- Analyser les mesures avec les outils appropriés : méthodes statistiques, simulations, ROOT,...</li> <li>- Juger ses résultats et tester ses hypothèses.</li> <li>- Ecrire un compte-rendu sous la forme d'un article scientifique avec LaTeX</li> </ul>
Contenu	Concevoir puis construire un expérience de physique nucléaire / astroparticules. Analyser les données afin de répondre à la problématique posée.
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X3PS030</b>	<b>Noyaux et collisions</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	ROYER GUY
Volume horaire total	<b>TOTAL : 48h Répartition : CM : 22h TD : 22h CI : 0h TP : 0h EAD : 4h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS)
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Noyaux et collisions <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>Au terme de l'unité d'enseignement Noyaux et Collisions du M2 ARS-RPS l'étudiant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- saura appliquer et développer les modèles nucléaires statiques et dynamiques existants, notamment la mécanique quantique et la seconde quantification.</li> <li>- saura décrire théoriquement et étudier expérimentalement les différentes réactions nucléaires de basses énergies existantes ou créées artificiellement, notamment celles qui sont relatives aux noyaux exotiques et aux noyaux superlourds.</li> <li>- saura étudier théoriquement et expérimentalement le plasma de quarks et de gluons.</li> <li>- saura proposer des projets d'expériences et utiliser les dispositifs expérimentaux.</li> </ul>

Contenu	<p>1- Modèle du noyau</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèle de la goutte et de la gouttelette liquide ; Modèle en couches (déformé) ; Modèle de Thomas-Fermi</li> <li>• La fission, la fusion, les noyaux exotiques et les superlourds, problématique des masses nucléaires, décroissance bêta</li> <li>• Mouvement collectif de rotation du noyau, superdéformation et hyper-déformation</li> </ul> <p>2 - Problème à N-corps</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction aux phénomènes de transport</li> <li>• Mécanique Classique, Equation de Liouville</li> <li>• Ensembles Statistiques classiques, Fonctions de distribution réduites</li> <li>• Evolution des fonctions de distribution, Théorie Linéaire des Plasmas neutres</li> <li>• Corrélations Classiques</li> <li>• Equation de Boltzmann, Dynamique des fluides</li> <li>• Plasmas et équations cinétiques</li> <li>• Ensembles Statistiques quantiques, matrices densité réduites</li> <li>• Transitions de Phases</li> <li>• modèles microscopiques : Hartree-Fock, HFB, RPA, TDHF, RMF, E-TDHF</li> <li>• Evolution des opérateurs densité, liquides de Fermi</li> <li>• Corrélations Quantiques</li> <li>• Théorie cinétique relativiste</li> </ul> <p>3 - Applications :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modes collectifs de vibration : les résonances géantes, et leur devenir dans les noyaux exotiques.</li> <li>• Théorie des réactions : réactions directes, réactions du noyau composé, Application à l'aval du cycle électronucléaire</li> <li>• Implications dans la nucléosynthèse stellaire</li> <li>• Structure des noyaux exotiques, diffusion élastique, inélastique, réaction de transfert</li> <li>• Multi-fragmentation, croûte des étoiles à neutrons...</li> <li>• Collision Ions Lourds Ultra-Relativistes, Modèle de Bjorken et Plasma de Quarks et de Gluon</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X3PS040</b>	<b>Modèle standard</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	GOUSSET THIERRY
Volume horaire total	<b>TOTAL : 60h Répartition : CM : 27h TD : 27h CI : 0h TP : 0h EAD : 6h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS)
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Modèle standard <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calculer des sections efficaces différentielles à partir des règles de Feynman pour l'interaction étudiée (QED :électrodynamique quantique, QCD : chromodynamique quantique et interaction faible)</li> <li>- Analyser la phénoménologie des sections efficaces calculées.</li> <li>- Connaître les aspects expérimentaux associés pour quelques mesures emblématiques du domaine.</li> </ul>

Contenu	<p>1. QED</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rappels de relativité, électromagnétisme</li> <li>• Equation de Klein-Gordon, équation de Dirac</li> <li>• Interaction particule - champ électromagnétique, sections efficaces</li> <li>• Etude de quelques réactions élémentaires : diffusion électron-électron, diffusion Compton, annihilation e+e-</li> </ul> <p>2. QCD</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrammes à boucles et variation du couplage</li> <li>• Diffusions électron-proton élastiques et profondément inélastiques</li> <li>• Modèle des partons, le scaling et sa violation, équations d'évolution</li> <li>• Jets et autres observables QCD dans les collisions e+e- et hadroniques</li> </ul> <p>3. L'interaction faible</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Désintégration bêta, modèle de Fermi et bosons intermédiaires</li> <li>• Symétrie de jauge : QED et QCD, unification électrofaible, brisure spontanée</li> <li>• Le modèle standard de Weinberg-Salam et au-delà : les neutrinos, la violation de CP</li> </ul> <p>4. Aspects expérimentaux</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure de précision en électrodynamique, moment magnétique anormal de l'électron et du muon, observables de polarisation, facteurs de forme du proton</li> <li>• Diffusion S et son <math>\pi</math> profondément inélastique, rapport R et observation des jets, évolution, processus durs dans les collisions d'ions lourds</li> <li>• Phénoménologie de l'interaction faible, la violation de CP dans les expériences, la recherche du boson de Higgs et les expériences neutrino</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X3PS050</b>	<b>PROJET simulation theorique</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	GOUSSET THIERRY
Volume horaire total	<b>TOTAL : 10h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 4h EAD : 6h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS)
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	PROJET simulation theorique <b>100%</b>
Obtention de l'UE	L'étudiant DA doit faire un projet pour valider l'UE.
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>Entreprendre en autonomie l'étude d'un problème avancé de section efficace différentielle :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- calcul à partir des règles de Feynman ou à l'aide d'un logiciel,</li> <li>- mise en place de tirages Monte-Carlo suivant la section efficace.</li> </ul> <p>Travailler en groupe.</p> <p>Exploiter la littérature scientifique en langue anglaise.</p>
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	



<b>X3PS060</b>	<b>Détection et analyse de données</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	MASBOU JULIEN
Volume horaire total	<b>TOTAL : 54h Répartition : CM : 16h TD : 16h CI : 0h TP : 16h EAD : 6h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS)
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Détection et analyse de données <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconnaître les principes de fonctionnement de capteurs de particules</li> <li>- Décomposer le fonctionnement d'expériences de physique des particules / astroparticules</li> <li>- Critiquer des résultats expérimentaux après présentation du processus de détection</li> <li>- Analyser des publications scientifiques en vue de présenter à l'oral un système de détection</li> </ul>
Contenu	<p>1) Accélérateurs et Collisionneurs en Physique des Particules</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonctionnement d'un accélérateur</li> <li>- Différents types d'accélérateurs</li> <li>- Différents types de faisceaux</li> <li>- La luminosité et sa détermination</li> <li>- L'énergie utile</li> <li>- Une vue d'ensemble du LHC</li> <li>- Un exemple de chaîne d'accélérateurs : le Tevatron à Fermilab</li> <li>- Les faisceaux secondaires</li> </ul> <p>2) Les détecteurs en physique subatomique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractéristiques générales</li> <li>- Fonctionnement des détecteurs <ul style="list-style-type: none"> <li>-- Ionisation dans les gaz</li> <li>-- Ionisation dans les solides</li> <li>-- Emission de lumière</li> </ul> </li> <li>- Techniques de détection <ul style="list-style-type: none"> <li>-- Détecteurs de traces et mesure de l'impulsion</li> <li>-- Calorimétrie électromagnétique / hadronique</li> <li>-- Identification des particules</li> </ul> </li> <li>- Détecteurs complets</li> </ul> <p>3) Exemple d'expériences</p> <p>4) Analyse de données Méthodes - outils</p> <p>5) Electronique, systèmes de déclenchement (trigger), Acquisition de données</p>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X3PS070</b>	<b>Théorie classique et quantique des champs</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	GOUSSET THIERRY
Volume horaire total	<b>TOTAL : 48h Répartition : CM : 22h TD : 22h CI : 0h TP : 0h EAD : 4h</b>

Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS)
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Théorie classique et quantique des champs <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser le formalisme de Lagrange pour les champs scalaires, vectoriels et de spin 1/2 (calcul des équations du mouvement et des densités de courant de Noether).</li> <li>- Analyser les solutions de type ondes planes pour une théorie sans interaction.</li> <li>- Connaître les règles de la quantification canonique des champs.</li> <li>- Employer la théorie des perturbations pour les champs en interaction en vue de mettre en place les règles de Feynman correspondantes.</li> </ul>
Contenu	<p><b>1 -Théorie Classique des champs</b></p> <p><b>2 -Quantification du champ scalaire libre</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantification du champ scalaire</li> <li>• Symétries quantiques</li> <li>• Le champ scalaire vu comme un système d'oscillateurs harmoniques et le tenseur d'impulsion énergie</li> <li>• Solutions physiques de type particule et interprétation (système de pions)</li> <li>• Propagateur du champ scalaire</li> </ul> <p><b>3 -Quantification des champs de Dirac et des champs de spin 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le spin et le groupe de Poincaré</li> <li>• Représentations unitaires du groupe de Poincaré</li> <li>• Solutions massives et de masse nulle</li> <li>• Rappels sur l'invariance de Gauge</li> <li>• Quantification des champs de spin 1/2 et 1</li> <li>• Propagateur et interprétation physique.</li> </ul> <p><b>4 - Champs en interactions (approches « perturbatives »)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Présentation de quelques lagrangiens d'interaction (issus de la théorie des particules élémentaires, mais aussi « effectifs », comme le modèle de Walecka en physique nucléaire).</li> <li>• Conséquences des interactions sur les quantités et observables physiques</li> <li>• Une observable élémentaire : la diffusion élastique <math>pN \rightarrow pN</math></li> <li>• Théorème de réduction de Wick</li> <li>• Diagrammes et règles de Feynman (applications à la QED, à la QCD et à un modèle effectif en physique nucléaire)</li> <li>• Calcul de la matrice S et de sections efficaces en théorie des champs</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

X3PP020	Simulation, Modelisation
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 30h Répartition : CM : 3h TD : 0h CI : 0h TP : 24h EAD : 3h</b>
Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 CMI-INA, M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA), M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS), M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN)

<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Simulation, Modelisation <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	- Comprendre les principes de la méthode Monte Carlo - Connaître les logiciels de transport de particules MCNP et GEANT4 - A partir d'un scénario réel, élaborer un modèle en tenant compte des paramètres de physique les plus pertinents, puis le simuler à l'aide des codes MCNP et/ou GEANT4
Contenu	1. Outils mathématiques <ul style="list-style-type: none"> <li>• méthodes d'analyse statistique des données</li> <li>• outils mathématiques pour l'analyse et de traitement d'images</li> </ul> 2. Simulation <ul style="list-style-type: none"> <li>• principe des codes de calcul type Monte-Carlo</li> <li>• présentation des principaux codes utilisés (MCNP, GEANT4, ...)</li> </ul> 3. Projet de Simulation en lien avec l'UE Projet Transversal Projet transversal de simulation sur un cas lié à une problématique en relation avec les thèmes abordés dans le master.
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Anglais
Bibliographie	

<b>X3PP010</b>	<b>Nuclei and Radiations</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	POIRIER FREDDY
Volume horaire total	<b>TOTAL : 18h Répartition : CM : 8h TD : 8h CI : 0h TP : 0h EAD : 2h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 CMI-INA, M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA), M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS), M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN)
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Nuclei and Radiations <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Etre capable de comprendre les fondamentaux de la physique des accélérateurs, les différentes technologies et les applications majeures employées
Contenu	Introduction aux accélérateurs (Introduction to Accelerators) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Principes généraux (relativité, accélération) et historique sur les accélérateurs</li> <li>- De l'électromagnétisme et des cavités radio-fréquence</li> <li>- La dynamique longitudinale dans les accélérateurs</li> <li>- La dynamique transverse des paquets de particules</li> <li>- Des cyclotrons classiques aux cyclotrons à champs azimutal variant</li> <li>- Les synchrotrons et sources de lumières</li> <li>- Les sources de particules électrons et ioniques</li> <li>- Le vide</li> <li>- Les applications: de la production des radio-isotopes aux collisionneurs</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	

Langue d'enseignement	Anglais
Bibliographie	

<b>X3PP030</b>	<b>ANGLAIS Professionnel</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 12h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 12h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA), M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS), M2 CMI-INA, M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN)
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	ANGLAIS Professionnel <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X3PPIMT</b>	<b>Monde du Travail</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 20h Répartition : CM : 0h TD : 20h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS), M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN), M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA), M2 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Monde du Travail <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	

Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	<p>Programme - Contenu de l'UE :</p> <p>Comprendre les entreprises et les organisations</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les grandes modes d'organisations</li> <li>• Le fonctionnement du monde hospitalier</li> <li>• Le fonctionnement du monde de la recherche</li> <li>• La gestion des risques dans le monde médical et industriel</li> </ul> <p>Droit du travail Rechercher un stage ou un emploi</p>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X1LI010</b>	<b>Management à Visée Innovante et Entrepreneuriale</b>
Lieu d'enseignement	UFR des Sciences et des Techniques
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	GODARD OLIVIER
Volume horaire total	<b>TOTAL : 25h Répartition : CM : 18h TD : 0h CI : 0h TP : 0h EAD : 7h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	<p>M2 Chimie Moléculaire et Thérapeutique (CMT),M2 Ingénierie Statistique (IS),M2 Modélisation, Analyse numérique et Calcul Scientifique (MACS),M2 Mécanique et Fiabilité des Structures,M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS),M2 CMI-ICM,M2 CMI-IS,M2 Sciences des aliments,M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA),M2 CMI-ICM,M1 Sciences Biologiques - Mention BS,M2 Mathématiques Fondamentales et Appliquées - Algèbre et Géométrie (MFA-AG),M2 Mathématiques Fondamentales et Appliquées - Analyse et Probabilités (MFA-AP),M2 Nutrition humaine-Développement des Aliments Santé (NH-DAS),M2 Systèmes Electroniques Embarqués Communicants,M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN),M2 Analyse, Molécules, Matériaux, Médicaments (A3M) ,M1 Bioinformatique/Biostatistique - Mention BI,M2 Capteurs Intelligents et Qualité des Systèmes Electroniques,M2 CMI-INA,M2 Sciences et techniques aux époques moderne et contemporaine,M1 Architecture Logicielle (ALMA),M1 Optimisation en Recherche Opérationnelle (ORO),M1 Apprentissage et Traitement Automatique de la Langue (ATAL),M1 Data Science (DS) ,M1 Visual Computing (VICO),M1 CMI-OPTIM,M1 Sciences Biologiques - Mention SMPS,M1 Bioinformatique/Biostatistique - Mention BS</p>
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Management à Visée Innovante et Entrepreneuriale <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p><i>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant devra être capable de :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• avoir des <b>compétences transversales</b> pour qu'il soit acteur de son avenir professionnel.</li> <li>• maîtriser des outils méthodologiques de management et de gestion de projet de <b>façon pratique</b>.</li> <li>• connaître les outils de base du management d'équipe en les <b>ayant vécu dans son projet</b></li> <li>• maîtriser des outils de construction de valorisation économique d'un projet innovant</li> <li>• construire un projet valorisable économiquement au <b>sein d'une équipe</b>.</li> <li>• avoir des compétences transversales telles que <b>manager un projet, s'exprimer en public lors de la présentation du projet devant un jury</b></li> <li>• <b>communiquer à l'écrit selon les règles normalisées de l'entreprise</b>, être en mesure d'identifier les <b>besoins des entreprises en lien avec son projet</b>, être <b>force de proposition</b> dans ses futures fonctions professionnelles.</li> </ul>

Contenu	Autour d'une formation de 25 heures et d'un accompagnement spécifique par projet, l'étudiant aura la possibilité d'identifier une thématique ou un projet de recherche pouvant s'inscrire dans une démarche de valorisation économique. Selon un programme de formation reprenant 49 actions pour entreprendre en lien avec l'innovation, l'étudiant bénéficiera d'un accompagnement spécifique en fonction des besoins rencontrés. Les livrables attendus sont un Business Model, un business Plan et un elevator pitch de 10 minutes présentés devant un jury composé de 2 membres universitaires et d'un membre extérieur reconnu pour son expertise. A la suite du concours, un prix annuel sera décerné aux trois meilleurs projets début février de chaque année.
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X1PP050</b>	<b>Méthodes statistiques</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	MASBOU JULIEN
Volume horaire total	<b>TOTAL : 24h Répartition : CM : 8h TD : 6.67h CI : 0h TP : 6.67h EAD : 2.66h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN), M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS), M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA), M2 CMI-INA, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Méthodes statistiques <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appliquer la statistique adaptée à des variables indépendantes pour en extraire l'information utile</li> <li>- Estimer et quantifier les incertitudes d'un jeu de données</li> <li>- Juger la pertinence d'un modèle mathématique destiné à décrire les observations</li> </ul>
Contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probabilités</li> <li>- Variables aléatoires, continues/discrètes</li> <li>- Théorème de Bayes</li> <li>- Théorème Central limite</li> <li>- Statistique de Bernoulli / Poisson / Gaus / Loi Binomiale</li> <li>- Erreurs statistiques / systématiques</li> <li>- Propagation des erreurs</li> <li>- Maximum de vraisemblance</li> <li>- Intervalle de confiance</li> <li>- Test du Chi<sup>2</sup></li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X1PP080</b>	<b>Interaction rayonnement matière</b>
Lieu d'enseignement	

Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	EUDES PHILIPPE
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 16h Répartition : <b>CM</b> : 8h <b>TD</b> : 6.67h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 0h <b>EAD</b> : 1.33h
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	Physique atomique et nucléaire (L3) Physique Moderne (L2) Relativité (L3)
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN), M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS), M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA), M2 CMI-INA, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Interaction rayonnement matière <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera en mesure (en ayant à disposition ses documents de cours et de TD) :</p> <p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● D'expliquer les différents mécanismes qui interviennent lors de l'interaction d'une particule avec la matière, cette particule pouvant être un neutron (type de réaction et section efficace associée), un photon gamma (effet photoélectrique, diffusion Compton et création de paires et sections efficaces associées) ou une particule chargée (perte d'énergie par collisions et par rayonnement de freinage).</li> <li>● De décrire l'évolution de ces mécanismes selon la gamme en énergie de la particule primaire et la nature du matériau.</li> </ul> <p><b>Application et analyse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● De mettre en rapport l'ensemble de ces connaissances pour identifier les mécanismes physiques lors de la détection des gammas, des neutrons et des particules chargées dans le cadre d'exercices d'applications</li> <li>● De produire et d'utiliser les résultats fournis par un logiciel de type SRIM (the Stopping and Range of Ions in Matter) pour résoudre des problèmes liés à la perte d'énergie et/ou au parcours de particules chargées dans n'importe quel type de matériau, simple ou composé</li> <li>● D'utiliser les connaissances de bases qu'il aura acquises dans cette unité d'enseignement, connaissances indispensables pour aborder la physique de la détection et le principe de fonctionnement de tous les types de détecteurs en physique subatomique (cours de M2) dans les différents domaines en énergie concernés.</li> </ul> <p><b>Synthèse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● De trouver l'information pertinente pour analyser du point de vue des mécanismes d'interaction mis en jeu, un problème relevant de l'interaction entre un type de rayonnement (gamma, neutron ou particules chargées) et un matériau, soit par analogie, soit par extrapolation lors d'une situation originale</li> <li>● De concevoir sous forme d'un projet, une proposition de problème ou d'exercice original mettant en rapport les connaissances acquises dans les différents domaines de l'interaction rayonnement-matière</li> </ul>

Contenu	<p><b>I - Interaction des particules chargées avec la matière</b></p> <p>1 - Introduction</p> <p>2 - Interaction des particules chargées lourdes avec la matière : perte d'énergie par collisions</p> <p>2-1 Collisions : calcul de Bohr</p> <p>2-2 Formule de Bethe-Bloch</p> <p>2-3 Analyse de la formule de Bethe</p> <p>2-4 Notion de parcours</p> <p>2-5 Perte d'énergie par collisions avec les noyaux</p> <p>2-6 Courbe de Bragg</p> <p>2-7 Comportement à très basse énergie</p> <p>2-8 Estimation pratique du TLE et de R ?</p> <p>3 - Interaction électron-matière : perte d'énergie par collisions</p> <p>3-1 Perte d'énergie par collision</p> <p>3-2 Rayonnement de freinage</p> <p>3-3 Perte d'énergie totale - Importance des deux effets</p> <p>3-4 Parcours des électrons - Cas d'un faisceau mono-énergétique</p> <p><b>II - Interaction des photons gammas avec la matière</b></p> <p>1 - Les différents mécanismes d'interaction</p> <p>2 - L'effet photoélectrique</p> <p>2-1 Description du processus - Fluorescence X - Emission Auger</p> <p>2-2 Distribution en énergie des électrons</p> <p>2-3 Section efficace associée</p> <p>3 - La diffusion Compton</p> <p>3-1 Description du processus et rappel de la cinématique</p> <p>3-2 Distribution en énergie des électrons</p> <p>3-3 Sections efficaces différentielles</p> <p>3-4 Section efficace intégrée</p> <p>4 - Production de paires (ou Matérialisation)</p> <p>4-1 Description du processus</p> <p>4-2 Distribution en énergie des électrons</p> <p>4-3 Section efficace associée</p> <p>5 - Atténuation/Absorption des gammas dans la matière</p> <p>5-1 Section efficace totale d'interaction</p> <p>5-2 Atténuation</p> <p>5-3 Absorption</p> <p>6 - Application à la spectroscopie gamma</p> <p>6-1 Spectre en énergie observé dans un détecteur de petite taille</p> <p>6-2 Spectre en énergie observé dans un détecteur de très grande taille</p> <p>6-3 Spectre en énergie observé dans un détecteur de taille intermédiaire</p> <p>6-4 Exemples de spectres réels</p> <p>6-5 Influence du type de détecteur</p> <p><b>III - Gerbes électromagnétique et hadroniques</b></p> <p>1 - Gerbes électromagnétiques</p> <p>2 - Gerbes hadroniques</p> <p>2-1 Collisions de deux hadrons à haute énergie</p> <p>2-2 Schématisation d'une gerbe hadronique</p> <p>2-3 Les gerbes atmosphériques</p> <p><b>IV - Interaction des neutrons avec la matière</b></p> <p>1 - Classement des neutrons</p> <p>2 - Principales réactions induites par les neutrons : caractéristiques et sections efficaces</p> <p>3 - Modération des neutrons - Spectroscopie</p> <p>3-1 Cinématique de la diffusion élastique n-Noyau</p> <p>3-2 Modération des neutrons</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Interprétation cinématique</li> <li>● Distribution en énergie des neutrons diffusés</li> <li>● Léthargie et paramètre de ralentissement</li> <li>● Applications : détection et réacteurs</li> </ul> <p>3-3 Spectroscopie de neutrons</p>
Méthodes d'enseignement	<p>Premier semestre :</p> <p>8h CM - 8h TD (classe inversée)</p> <p>Projet : élaborer un problème/exercice sur un sujet imposé - rédiger le texte et la solution</p> <p>Second semestre :</p> <p>8h dans le cadre de l'UE intitulée Projets simulations</p>
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	<p><b>Bibliographie et conseils de lecture :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Leroy - P.G. Rancoita, <b>Principles of radiation interaction in Matter and Detection</b> (2004), chapter 2-3</li> <li>• W. R. LEO, <b>Techniques for nuclear and particle physics experiments</b>, chapters 1 et 2, Springer-Verlag, ISBN 0 387 57280 5</li> <li>• G.F. KNOLL, Radiation detection and measurement, chapters 1 et 2, Wiley, ISBN 0 471 61761 X</li> <li>• <b>PASSAGE OF PARTICLES THROUGH MATTER</b> - Last version : <b>Review of particle physics 2010</b> - K Nakamura et al. <i>J. Phys. G 37, 7A (2010) 075021</i>  <a href="http://library.web.cern.ch/library/library/RPP.html">http://library.web.cern.ch/library/library/RPP.html</a></li> <li>• Physics Reference Manual : Version: geant4 9.4 (17 December, 2010)  <a href="http://geant4.web.cern.ch/geant4/support/userdocuments.shtml">http://geant4.web.cern.ch/geant4/support/userdocuments.shtml</a></li> <li>• Theoretical and experimental aspects of the energy loss of relativistic heavily ionizing particles - <i>Reviews of Modern physics, Vol. 52, 121 (1980)</i></li> </ul>



X3LA010	Préparation au toEIC
Lieu d'enseignement	FST-Lombarderie
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	KERVISION SYLVIE
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 0h Répartition : <b>CM</b> : 0h <b>TD</b> : 0h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 0h <b>EAD</b> : 0h
Place de l'enseignement	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Chimie Moléculaire et Thérapeutique (CMT),M2 Mathématiques Fondamentales et Appliquées - Algèbre et Géométrie (MFA-AG),M2 Ingénierie Statistique (IS),M2 CMI-IS,M2 Modélisation, Analyse numérique et Calcul Scientifique (MACS),M2 Ingénierie des Systèmes d'Information (ISI),M2 Mécanique et Fiabilité des Structures,M2 Sciences et techniques aux époques moderne et contemporaine,M2 Génétique, Génomique & Biologie des Systèmes (GGBS),M2 Biologie, Biotechnologie & Recherche Thérapeutique (BBRT),M2 Recherche Clinique,M2 Capteurs Intelligents et Qualité des Systèmes Electroniques,M2 Pilotage des Systèmes d'Information (PSI),M2 Génétique, Génomique & Biologie des Systèmes (GGBS),M2 CMI-ICM,M2 Gestion des Risques, Santé, Sécurité, Environnement (GRISSE),M2 Modélisation en Pharmacologie Clinique et Epidémiologie (MPCE),M2 Biologie, Biotechnologie & Recherche Thérapeutique (BBRT),M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA),M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN),M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS),M2 CMI-INA,M2 Préparation Supérieure à l'Enseignement (PSE),M2 Mathématiques Fondamentales et Appliquées - Analyse et Probabilités (MFA-AP),M2 Nanosciences, Nanomatériaux, Nanotechnologies (CNano),M2 Energies Nouvelles et Renouvelables (ENR) - option Gestion de l'énergie,M2 Energies Nouvelles et Renouvelables (ENR) - option Dispositifs pour l'énergie,M2 Analyse, Molécules, Matériaux, Médicaments (A3M) ,M2 Conception et Réalisation des Bâtiments,M2 Travaux Publics et Maintenance,M2 Travaux publics et Maritimes,M2 Chimie Moléculaire et Thérapeutique (CMT) par alternance,M2 Reliability based structural MAintenance for marine REnewable ENERgy (MAREENE)
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Préparation au toEIC <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconnaître et anticiper les formats de certifications en anglais.</li> <li>• Compléter les réponses exigées par les tests de certifications.</li> <li>• Pouvoir optimiser leurs résultats aux certifications grâce à une méthodologie de travail appliquée lors des séances d'entraînement.</li> </ul> <p>At the end of this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recognize and anticipate certification formats in English.</li> <li>• Complete the answers required by the certification tests.</li> <li>• To be able to optimize their results to certifications thanks to an applied work methodology during training sessions.</li> </ul>
Contenu	<p><i>Se préparer pour obtenir une certification en anglais (objectif B2 et +)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Présentation des formats</li> <li>• Exercices d'entraînement</li> <li>• Conseils pour optimiser son score</li> </ul> <p><i>Prepare to obtain certification in English (objective B2 and +)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentation of formats</li> <li>• Training exercises</li> <li>• Tips to optimize your score</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	Distanciel
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 200% TOEIC 2017 Listening &amp; Reading (2 août 2016, de Michael Byrne et Michelle Dickinson)</li> <li>• TOEIC® La Méthode Réussite (20 janvier 2011, de David Mayer et Serena Murdoch Stern)</li> <li>• Tactics for TOEIC® Listening and Reading Test (13 septembre 2007, de Grant Trew)</li> <li>• Cambridge Grammar and Vocabulary for the TOEIC Test (11 novembre 2010, de Jolene Gear et Robert Gear)</li> </ul>

<b>X2PP050</b>	<b>Astrophysique et cosmologie</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	MASBOU JULIEN GOUSSET THIERRY
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 15h Répartition : <b>CM</b> : 6.67h <b>TD</b> : 6.67h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 0h <b>EAD</b> : 1.66h
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS), M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Astrophysique et cosmologie <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	- Connaître les différents objets que l'on rencontre dans l'univers. - Connaître l'histoire de l'univers et faire le lien avec les cours de physique fondamentale
Contenu	<p>Astrophysique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le Soleil, la Lune, les étoiles, les planètes.</li> <li>• Astronomie antique : mesure de la taille de la Terre, estimations des tailles réelles du Soleil et de la Lune, systèmes géocentrique et héliocentrique.</li> <li>• Galilée, Kepler, Newton ; gravitation universelle.</li> <li>• Propriétés physiques des corps dans le système solaire.</li> <li>• Les étoiles. Le diagramme de Herschprung-Russel. Séquence principale, géantes rouges, naines blanches. Mesure des distances des étoiles. Propriétés physiques des étoiles. Les supernovae. Les pulsars et leurs propriétés physiques.</li> <li>• Masse de Plank et l'estimation des masses stellaires</li> <li>• Vie d'une étoile : comment brûle-t-elle ? La synthèse nucléaire, explication du diagramme de Herschprung-Russel.</li> <li>• Troux noirs : théorie et expérience. Le trou noir galactique. Les quasars.</li> <li>• Galaxies: galaxies elliptiques, spirales et irrégulières.</li> <li>• Amas et superamas des galaxies.</li> </ul> <p>Evolution de l'univers :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Expansion de l'Univers, constante de Hubble. Le Big Bang et l'âge de l'Univers.</li> <li>• Rappel de la relativité restreinte.</li> <li>• Géométrie de l'espace courbe.</li> <li>• Relativité générale, équations d'Einstein.</li> <li>• Métrique de Schwarzschild et cinématique des trous noirs.</li> <li>• Solutions cosmologiques de Friedmann. Modèles ouvert et fermé.</li> <li>• La physique de l'Univers jeune. Asymétrie baryonique. Nucléosynthèse.</li> <li>• La recombinaison de l'hydrogène et le rayonnement fossile.</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X4PP010</b>	<b>Stage</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	4
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 0h Répartition : <b>CM</b> : 0h <b>TD</b> : 0h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 0h <b>EAD</b> : 0h

<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS),M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA),M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN),M2 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Stage <b>100%</b>
Obtention de l'UE	Pas de dispense d'assiduité pour le stage Master 2 .
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	Stage de MASTER 2 : durée 4 à 6 mois en laboratoire de Recherche (RPS), en Entreprise ou service hospitalier (DMN/RIA)
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X4PP020</b>	<b>Périodes de formation alternées en milieu pro.</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	4
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 0h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS),M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA),M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN)
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Périodes de formation alternées en milieu pro. <b>100%</b>
Obtention de l'UE	Pas de dispense d'assiduité pour l'alternance
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	