

## Information générale

<p><b>Objectifs</b></p>	<p>La mention de Master "Physique Fondamentale et Applications" vous propose trois parcours : Recherche en Physique Subatomique (RPS), Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA) et Démantèlement et Modélisation Nucléaire (DMN). Elle est organisée en partenariat avec l'Institut Mines-Telecom Atlantique (IMT Atlantique - Mines Nantes).</p> <p>La formation sélective "Cursus Master Ingénierie - Ingénierie Nucléaire et Applications" (CMI INA) est construite à partir du parcours DMN et contient des UE supplémentaires qui en font une formation d'excellence très complète. Ce parcours est ouvert à l'alternance (contrats d'apprentissage) en M2.</p> <p>Dès la première année (M1), l'enseignement comporte un tronc commun aux trois parcours et des unités d'enseignement spécialisées par parcours. Vous suivez des enseignements théoriques et pratiques puis effectuez un stage (2 à 4 mois) en laboratoire de recherche ou en entreprise, en France ou à l'étranger (fortement conseillé).</p> <p>En deuxième année (M2) vous suivez des enseignements spécialisés (sur le site de l'IMT Atlantique), notamment sous forme de séminaires et en mode projet. Le second semestre est uniquement consacré au stage, que vous effectuez dans l'industrie nucléaire.</p> <p>Le CMI INA vous forme à devenir un.e cadre supérieur.e capable de prendre en charge des projets dans l'industrie nucléaire. Ces projets peuvent porter sur le démantèlement d'installations nucléaires mais aussi sur des opérations de jouvence du parc électronucléaire. Vous pouvez également devenir expert.e en sûreté nucléaire, en radioprotection, en gestion des déchets nucléaires. Votre profil de compétences sera large. Des professionnel.les de l'industrie nucléaire vous auront formé.e à la gestion de projet démantèlement. Une partie importante de la formation est aussi axée sur la modélisation des processus de physique nucléaire. Vous aurez les compétences scientifiques, techniques, organisationnelles et juridiques nécessaires à l'ingénieur.e démantèlement.</p> <p>L'industrie du nucléaire représente le 3ème secteur industriel en France. Les projets de démantèlement nucléaire sont et seront de plus en plus nombreux dans les années à venir. La relance du nucléaire ouvre d'énormes perspectives (besoins) d'emplois. Les entreprises sont à la recherche de profils formés aux problématiques du nucléaire et Nantes Université est reconnue par ces dernières comme université référente pour les formations du nucléaire dans le Grand Ouest notamment grâce au parcours DMN du Master. Les professionnel.les du secteur interviennent dans le Master. Des bourses sont octroyées par EDF aux étudiants du parcours DMN sur critères sociaux et académiques. L'alternance constitue à la fois une aide financière et un énorme tremplin pour l'insertion professionnelle.</p>
<p><b>Responsable(s)</b></p>	<p>FALLOT MURIEL RAVEL OLIVIER</p>
<p><b>Mention(s) incluant ce parcours</b></p>	<p>master Physique Fondamentale et Applications</p>
<p><b>Lieu d'enseignement</b></p>	
<p><b>Langues / mobilité internationale</b></p>	
<p><b>Stage / alternance</b></p>	
<p><b>Poursuite d'études / débouchés</b></p>	
<p><b>Autres renseignements</b></p>	
<p><b>Conditions d'obtention de l'année</b></p>	<p>La validation du parcours respecte les M3C (Modalités de Contrôle des Connaissances et des Compétences, anciennement MCCA) qui s'organisent selon trois niveaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveau I : le Règlement Général de Contrôle des Connaissances et des Compétences (RG3C) de Nantes Université voté au CAC le 31 mars 2023,</li> <li>• Niveau II : les règles particulières de contrôle des connaissances et des compétences de la Faculté des Sciences et des Techniques votées au CG le 29 juin 2023,</li> <li>• Niveau III : les dispositions propres à chaque mention/parcours/UE/EC</li> </ul> <p>Les documents associés aux niveaux I et II sont consultables sur le Madoc Master UFR des Sciences et des Techniques -Section M3C. Les dispositions du niveau III sont précisées dans ce document.</p> <p><b>Conditions de validation de l'année propre au parcours :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Règle de compensation :</b></li> </ul> <p>L'année est validée si la partie théorique (hors UE Stage ou TER) est validée en première ou deuxième session (moyenne supérieure ou égale à 10/20) et si la moyenne de l'année, comprenant la note de l'UE stage, est également supérieure ou égale à 10/20.</p>

# Programme

1 <sup>er</sup> SEMESTRE	Code	ECTS	CM	CM (P)	CM (DS)	CM (DA)	CI	CI (P)	CI (DS)	CI (DA)	TD	TD (P)	TD (DS)	TD (DA)	TP	TP (P)	TP (DS)	TP (DA)	Distanciel	Total
<b>Groupe d'UE : UE CMI non diplômante (8 ECTS)</b>																				
Bases de comptabilité	XMS1TU010	2	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
Filières énergétiques	XMS3PU130	3	24	24	0	0	0	0	0	0	10.66	10.66	0	0	10.34	10.34	0	0	0	45
Engagement associatif	XMS1PU510	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Groupe d'UE : UE fondamentales CMI INA S1 (26 ECTS)</b>																				
M1 PFA Physique Statistique	XMS1PU300	4	16	16	0	0	0	0	0	0	14	14	0	0	0	0	0	0	0	30
M1 PFA PHYSIQUE STATISTIQUE 2	XMS1PE301		8	8	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0	14
PHYSIQUE STATISTIQUE 1	XMS1PE302		8	8	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	16
M1 PFA Acquisition et Traitement du Signal 1	XMS1PU310	2	10.67	10.67	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	5.33	5.33	0	0	0	20
Physique quantique	XMS1PU320	4	15	12	0	0	0	0	0	0	15	12	0	0	0	0	0	0	0	30
PHYSIQUE QUANTIQUE	XMS1PE111		12	12	0	0	0	0	0	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	24
M1 PFA Physique Quantique II	XMS1PE321		3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Physique Atomique	XMS1PU330	3	12	12	0	0	0	0	0	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	24
Physique subatomique	XMS1PU340	4	16	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	32
Méthodes statistiques	XMS1PU350	4	12	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	8	0	0	0	0	30
M1 PFA Physique des détecteurs	XMS1PU360	5	24	18	0	0	0	0	0	0	24	18	0	0	0	0	0	0	0	48
Interaction rayonnement matière	XMS1PE361		10	10	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	20
M1 PFA Détection des Rayonnements Ionisants 1	XMS1PE362		8	8	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	16
M1 PFA Physique des matériaux pour les Détecteurs	XMS1PE363		6	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	12
<b>Groupe d'UE : UE libres (0 ECTS)</b>																				
M1 PFA Introduction au C++	XMS1PU370	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	10
Anglais Préparation TOEIC	XMS1AU000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	26																	0.00	<b>291.00</b>

2 <sup>ème</sup> SEMESTRE	Code	ECTS	CM	CM (P)	CM (DS)	CM (DA)	CI	CI (P)	CI (DS)	CI (DA)	TD	TD (P)	TD (DS)	TD (DA)	TP	TP (P)	TP (DS)	TP (DA)	Distanciel	Total
<b>Groupe d'UE : UE CMI (4 ECTS)</b>																				
Communication CMI S8	XMS2IU800	2	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Ethique et numérique	XMS2IU810	2	8	4	4	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	12
<b>Groupe d'UE : UE fondamentales CMI INA (24 ECTS)</b>																				
M1 CMI INA Bases Théorie Nucléaire	XMS2PU500	1	0	10	0	0	24	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	24
M1 PFA Job Dating	XMS2PU480	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
M1 PFA Projet Experimental 2	XMS2PU490	8	11.67	6.67	0	0	0	0	0	0	2.66	2.66	0	0	55.33	45.33	0	0	0	69.66
M1 PFA Simulations et Intelligence Artificielle	XMS2PE311		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	10
Monte Carlo Simulation in Physics	XMS2PE312		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	15
M1 PFA Projet Experimental 2	XMS2PE313		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	0	0	0	30
PROBLEME INVERSE	XMS2PE134		2.67	2.67	0	0	0	0	0	0	1.33	1.33	0	0	5.33	5.33	0	0	0	9.33
ANALYSE DE DONNEES	XMS2PE132		4	4	0	0	0	0	0	0	1.33	1.33	0	0	0	0	0	0	0	5.33
M1 PFA Acquisition et Traitement du Signal 2	XMS2PU320	1	2.67	2.67	0	0	0	0	0	0	2.67	2.67	0	0	5.33	5.33	0	0	0	10.67
M1 PFA Physique expérimentale 1	XMS2PU330	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	0	0	0	30
Stage ou TER	XMS2PU340	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Groupe d'UE : Introduction à la physique médicale et à l'énergie nucléaire (2 ECTS)</b>																				
Rayonnements ionisants, applications médicales et industrielles 1	XMS2PU360	1	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10
M1 PFA Introduction à l'énergie nucléaire	XMS2PU370	1	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<b>Groupe d'UE : Parcours CMI-INA DMN (8 ECTS)</b>																				
M1 PFA Economie de l'énergie	XMS2WU400	1	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
M1 PFA Cycle du combustible et Matériaux pour le Nucléaire	XMS2WU410	4	15	10	0	0	0	0	0	0	15	10	0	0	0	0	0	0	0	30
M1 PFA Cycle du combustible	XMS2WE411		10	10	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	20
M1 PFA Matériaux pour le Nucléaire	XMS2WE412		5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Neutronique - Physique des réacteurs	XMS2PU420	3	0	0	0	0	40	40	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	45
Physique des réacteurs	XMS2PE421		0	0	0	0	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
M1 PFA Simulation de Scénarios Electronucléaires	XMS2WE422		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	5
	<b>Total</b>	34																	0.00	<b>261.33</b>



XMS2PE311	M1 PFA Simulations et Intelligence Artificielle				1													1			
2 XMS2PE312	Monte Carlo Simulation in Physics				2					2								2			
XMS2PE313	M1 PFA Projet Expérimental 2			2		2											4		4		
XMS2PE134	PROBLEME INVERSE				1														1		
XMS2PE132	ANALYSE DE DONNEES																		0		
2 XMS2PU320	M1 PFA Acquisition et Traitement du Signal 2	N	obligatoire		1									0.3				0.7	1	1	
2 XMS2PU330	M1 PFA Physique expérimentale 1	N	obligatoire		3									3					3	3	
2 XMS2PU340	Stage ou TER	N	obligatoire	5		5							5		5				10	10	
<b>Groupe d'UE : Introduction à la physique médicale et à l'énergie nucléaire</b>																					
2 XMS2PU360	Rayonnements ionisants, applications médicales et industrielles 1	N	obligatoire		1									1					1	1	
2 XMS2PU370	M1 PFA Introduction à l'énergie nucléaire	N	obligatoire	1														1	1	1	
<b>Groupe d'UE : Parcours CMI-INA DMN</b>																					
2 XMS2WU400	M1 PFA Economie de l'énergie	N	obligatoire	1									1						1	1	
2 XMS2WU410	M1 PFA Cycle du combustible et Matériaux pour le Nucléaire	N	obligatoire																	4	
XMS2WE411	M1 PFA Cycle du combustible				3.2													3.2		3.2	
XMS2WE412	M1 PFA Matériaux pour le Nucléaire				0.8													0.8		0.8	
2 XMS2PU420	Neutronique - Physique des réacteurs	N	obligatoire																	3	
2 XMS2PE421	Physique des réacteurs				2.4													2.4		2.4	
XMS2WE422	M1 PFA Simulation de Scénarios Electronucléaires				0.6															0.6	
																			<b>TOTAL</b>	59	60

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



2	XMS2PU320	M1 PFA Acquisition et Traitement du Signal 2	N	obligatoire		1							0.3		0.7				1	1	
2	XMS2PU330	M1 PFA Physique expérimentale 1	N	obligatoire		3							3						3	3	
2	XMS2PU340	Stage ou TER	N	obligatoire	5		5						5		5				10	10	
<b>Groupe d'UE : Introduction à la physique médicale et à l'énergie nucléaire</b>																					
2	XMS2PU360	Rayonnements ionisants, applications médicales et industrielles 1	N	obligatoire			1								1				1	1	
2	XMS2PU370	M1 PFA Introduction à l'énergie nucléaire	N	obligatoire	1										1				1	1	
<b>Groupe d'UE : Parcours CMI-INA DMN</b>																					
2	XMS2WU400	M1 PFA Economie de l'énergie	N	obligatoire	1								1						1	1	
2	XMS2WU410	M1 PFA Cycle du combustible et Matériaux pour le Nucléaire	N	obligatoire																4	
	XMS2WE411	M1 PFA Cycle du combustible				3.2									3.2				3.2		
	XMS2WE412	M1 PFA Matériaux pour le Nucléaire				0.8									0.8				0.8		
2	XMS2PU420	Neutronique - Physique des réacteurs	N	obligatoire																3	
2	XMS2PE421	Physique des réacteurs				2.4									2.4				2.4		
	XMS2WE422	M1 PFA Simulation de Scénarios Electronucléaires					0.6												0.6		
																			<b>TOTAL</b>	59	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

XMS1TU010	Bases de comptabilité
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 22h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 22h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 CMI-INA,M1 CMI-IS,M1 CMI-OPTIM,M1 CMI-ICM
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Bases de comptabilité <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

XMS3PU130	Filières énergétiques
Lieu d'enseignement	FST-Lombarderie
Niveau	Master
Semestre	3
Responsable de l'UE	ARZEL LUDOVIC POIZOT PHILIPPE
Volume horaire total	<b>TOTAL : 45h Répartition : CM : 24h TD : 10.66h CI : 0h TP : 10.34h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M2 Sciences de la Matière - Parcours Energies Nouvelles et Renouvelables (ENR) - option Dispositifs pour l'énergie,M2 Sciences de la Matière - Parcours Energies Nouvelles et Renouvelables (ENR) - option Gestion de l'énergie,M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Filières énergétiques <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	

Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>Cette UE vise à introduire des connaissances sur les filières énergétiques dans le domaine des énergies renouvelables.</p> <p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avoir une vision d'ensemble des filières énergétiques conventionnelles (fossiles et nucléaire), et renouvelables (Hydraulique, Photovoltaïque, Eolien, filière bois, Méthanisation et Géothermie) du point de vue financier, socio-économiques et de la réglementation.</li> <li>• Proposer des politiques énergétiques économiquement viables répondant aux enjeux du développement durable.</li> <li>• Choisir des solutions et systèmes énergétiques innovants dans le respect des réglementations, des contraintes environnementales et de l'éthique scientifique</li> <li>• Etablir des bilans énergétiques et présenter des rapports de synthèse</li> <li>• Effectuer des études comparatives, études technico-économiques et environnementales (analyse tarifaire, bilan énergétiques...)</li> </ul>
Contenu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Les grandes filières énergétiques</li> <li>2. Eolien</li> <li>3. Géothermie</li> <li>4. Energies marines</li> <li>5. Réglementation</li> <li>6. Aspects socio-économiques</li> <li>7. Gestion de l'énergie le long de la chaîne énergétique</li> </ol> <p>Deux filières énergétiques d'origine renouvelable sont traitées spécifiquement : l'éolien et la géothermie. Les énergies marines (marémotrices, houlomotrices etc)</p>
Méthodes d'enseignement	Cours , exercices
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>XMS1PU510</b>	<b>Engagement associatif</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	DANO NELLY
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	M1 CMI-ICM,M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Engagement associatif <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Développement du réseau des mécaniciens de l'Université de Nantes au travers de l'association des étudiants et diplômés en mécanique de l'UFR Sciences et Techniques et d'Université de Nantes MécaNantes</li> <li>- Organisation du forum de la physique et de la mécanique</li> <li>- Organisation de la remise des diplômes des masters du département de physique</li> <li>- Promotion des événements scientifiques et économiques : forums, conférences, ateliers</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	



XMS1PU300	M1 PFA Physique Statistique
Lieu d'enseignement	Nantes Université, UFR Sciences et Techniques
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	FALLOT MURIEL BERTONCINI PATRICIA
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 30h Répartition : <b>CM</b> : 16h <b>TD</b> : 14h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 0h <b>EAD</b> : 0h
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	M1 PFA PHYSIQUE STATISTIQUE 2 <b>50%</b> PHYSIQUE STATISTIQUE 1 <b>50%</b>
Obtention de l'UE	
Programme	
Liste des matières	- M1 PFA PHYSIQUE STATISTIQUE 2 (XMS1PE301) - PHYSIQUE STATISTIQUE 1 (XMS1PE302)

XMS1PE301	M1 PFA PHYSIQUE STATISTIQUE 2
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	Nantes Université
Responsable de la matière	
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 14h Répartition : <b>CM</b> : 8h <b>TD</b> : 6h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 0h <b>EAD</b> : 0h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cet enseignement, l'étudiant(e) devra : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Connaitre la relation entre la physique statistique et la thermodynamique</i></li> <li>• <i>Savoir faire le calcul des grandeurs thermiques dans les ensembles microcanonique, canonique et grand canonique</i></li> <li>• <i>Connaitre le comptage des états dans les systèmes classiques et quantiques</i></li> <li>• <i>Connaitre le comportement différent des systèmes fermioniques et bosoniques</i></li> <li>• <i>Savoir faire des calculs pour les systèmes fermioniques et bosoniques à l'équilibre</i></li> <li>• <i>Connaitre les propriétés des transitions de phase, leur classification et leurs effets sur les observables</i></li> <li>• <i>Comprendre la théorie de Ginzburg-Landau</i></li> <li>• <i>Savoir faire des calculs simples pour les systèmes qui ont une transition de phase</i></li> </ul>
Contenu	<b>Statistiques Quantiques</b> : Description d'un système de particules identiques indépendantes et indiscernables, Statistique de Fermi-Dirac, Statistique de Bose-Einstein, Gaz de photons. Applications relatives aux étoiles, au noyau, aux matériaux : superfluidité, supraconductivité... <b>Les états de matière : transitions de phase et équilibres chimiques</b> : introduction, transition de phase du 1er ordre, transition de phase du 2nd ordre (ex. du ferromagnétisme) <b>Phénomènes hors équilibre</b>
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	Livre de B. Diu Physique Statistique Livre de S. Vauclair Physique Statistique

XMS1PE302	PHYSIQUE STATISTIQUE 1
Langue d'enseignement	Mixte

Lieu d'enseignement	UFR Sciences et Techniques
Responsable de la matière	FALLOT MURIEL BERTONCINI PATRICIA
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 16h Répartition : <b>CM</b> : 8h <b>TD</b> : 8h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 0h <b>EAD</b> : 0h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cet enseignement, l'étudiant(e) devra : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Connaître la relation entre la physique statistique et la thermodynamique</li> <li>• Savoir faire le calcul des grandeurs thermiques dans les ensembles microcanonique, canonique et grand canonique</li> <li>• Connaître le comptage des états dans les systèmes classiques et quantiques</li> </ul>
Contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensemble micro-canonique : notion de microétats et macroétats, définition fondamentale de l'entropie, espace de phase, états dans les systèmes classiques, entropie d'un système classique, calcul de la distribution de Maxwell Boltzmann,</li> <li>• Ensemble canonique : énergie libre, somme des partitions, relation entre les deux, pression, énergie moyenne, entropie</li> <li>• Ensemble grand-canonique : distribution de Fermi-Dirac et Bose-Einstein, condensat de Bose, théorie de Dirac</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Physique statistique</i> de B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer et B. Roulet, édition Hermann</li> <li>• <i>Physique statistique des phénomènes élémentaires aux phénomènes collectifs</i> de C. Texier et G. Roux, édition Sciences Sup Duno d</li> <li>• <i>Physique statistique cours, exercices et problèmes corrigés</i> de H. T. Diep, édition ellipses</li> </ul>

<b>XMS1PU310</b>	<b>M1 PFA Acquisition et Traitement du Signal I</b>
Lieu d'enseignement	Campus Lombarderie
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	HUNEAU CLEMENT
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 20h Répartition : <b>CM</b> : 10.67h <b>TD</b> : 4h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 5.33h <b>EAD</b> : 0h
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	ACQUISITION ET TRAITEMENT DU SIGNAL <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Savoir <ul style="list-style-type: none"> <li>- comprendre les opérations sur les signaux : changement de variable ou d'échelle, modulation et convolution</li> <li>- comprendre la notion de couleur de bruit</li> <li>- comprendre les caractéristiques des filtres analogie : diagramme de Bode, ordre, type</li> <li>- comprendre la notion de filtre spatial</li> </ul> Savoir-faire <ul style="list-style-type: none"> <li>- prédire qualitativement le spectre d'un signal (1D) ou d'une image (2D)</li> <li>- calculer le spectre par FFT (Fast Fourier Transform)</li> <li>- prédire et éviter le repliement spectral</li> <li>- utiliser un filtre numérique : réponse impulsionnelle fini (RIF) ou infini (RII)</li> <li>- charger, représenter et traiter des signaux en langage matlab (sous GNU Octave)</li> </ul>

Contenu	<p>CHAPITRE - 1 - DES SIGNAUX</p> <p>Introduction</p> <p>1/ Signal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Classes de signaux</li> <li>Octave et Matlab</li> </ul> <p>2/ Opérations simples</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Changement de variable</li> <li>Changement d'amplitude</li> </ul> <p>3/ Signaux usuels</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Créneau</li> <li>Sinusoïde complexe</li> <li>Sinus cardinal</li> <li>Impulsion de Dirac</li> <li>Bruit blanc gaussien</li> </ul> <p>4/ Grandeurs caractéristiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Moyenne et fluctuations</li> <li>Puissance et énergie normalisées</li> <li>Rapport signal à bruit (RSB)</li> </ul> <p>5/ Représentation vectorielle des signaux</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Espace de signaux</li> <li>Norme et énergie d'un signal</li> <li>Distance entre signaux</li> </ul> <p>6/ Produits scalaires</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Produit de Convolution</li> <li>Corrélations (temporelles)</li> </ul> <p>CHAPITRE - 2 - DES SPECTRES</p> <p>Introduction par les séries de Fourier</p> <p>1/ Transformée de Fourier</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Définition en fréquence</li> <li>Définition en 2-Dimensions</li> <li>Spectre &amp; Phase</li> </ul> <p>2/ Propriétés de la TF</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modulation et Convolution</li> <li>Égalité de Parseval</li> <li>Principe d'incertitude temps/fréquence</li> </ul> <p>3/ Échantillonnage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Échantillonnage idéal</li> <li>Théorème d'échantillonnage de Shannon</li> <li>Repliement de spectre</li> </ul> <p>4/ Transformée de Fourier discrète</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Échelle de la TFD</li> <li>Résolution fréquentielle et Zero padding</li> <li>L'algorithme rapide FFT - Fast Fourier Transform</li> </ul> <p>CHAPITRE - 3 - DES FILTRES</p> <p>Introduction aux systèmes linéaires invariants</p> <p>1/ Fonction de transfert</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gain</li> <li>Déphasage et Retard de groupe</li> <li>Filtres idéaux</li> </ul> <p>2/ Réponse impulsionnelle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Causalité</li> <li>Réponse impulsionnelle spatiale</li> </ul> <p>3/ Propriétés</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Linéaire et invariant</li> <li>Mise en cascade</li> <li>Transfert de puissance</li> <li>Gabarit</li> </ul> <p>4/ Filtres analogiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Butterworth</li> <li>Tchebychev</li> <li>Cauer (elliptique)</li> </ul> <p>5/ Filtres numériques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Réponse impulsionnelle finie - RIF</li> <li>Réponse impulsionnelle infinie - RII</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polycopié</li> <li>- Cours interactif et illustré</li> <li>- Travaux pratiques sur ordinateur</li> </ul>
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	de Coulon, Frédéric. 1998. <i>Théorie et traitement des signaux</i> . Vol. VI. Traité d'Électricité. PPUR Presses polytechniques.

<b>XMS1PU320</b>	<b>Physique quantique</b>
Lieu d'enseignement	UFR Sciences et Techniques

Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	GOUSSET THIERRY
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 30h Répartition : <b>CM</b> : 15h <b>TD</b> : 15h <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	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	PHYSIQUE QUANTIQUE <b>80%</b> M1 PFA Physique Quantique II <b>20%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Liste des matières	- PHYSIQUE QUANTIQUE (XMS1PE111) - M1 PFA Physique Quantique II (XMS1PE321)

<b>XMS1PE111</b>	<b>PHYSIQUE QUANTIQUE</b>
Langue d'enseignement	Mixte
Lieu d'enseignement	UFR Sciences et Techniques
Responsable de la matière	GOUSSET THIERRY
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 24h Répartition : <b>CM</b> : 12h <b>TD</b> : 12h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 0h <b>EAD</b> : 0h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Connaître le formalisme de la théorie des perturbations indépendantes du temps (états dégénérés et non-dégénérés) et dépendantes du temps</li> <li>• Savoir déterminer les modifications du spectre en énergie pour des perturbations simples</li> <li>• Connaître le comportement d'une onde qui arrive sur une barrière d'énergie potentielle (coefficients de réflexion et de transmission, effet tunnel)</li> <li>• Connaître les notions d'amplitude de diffusion, de section efficace et d'approximation de Born</li> <li>• Savoir faire des calculs dans l'approximation de Born pour des potentiels simples</li> </ul>
Contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Théorie des perturbations indépendantes du temps, pour des états non-dégénérés et dégénérés</li> <li>• Théorie des perturbations dépendantes du temps, règle d'or de Fermi</li> <li>• Interaction d'un système avec une onde électromagnétique</li> <li>• Diffusion à une dimension : transition, réflexion, effet tunnel</li> <li>• Introduction à la diffusion à trois dimensions : amplitude de diffusion, section efficace, approximation de Born</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	Mécanique quantique, tome II, Cohen-Tannoudji, Diu, Laloë

<b>XMS1PE321</b>	<b>M1 PFA Physique Quantique II</b>
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	GOUSSET THIERRY
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 6h Répartition : <b>CM</b> : 3h <b>TD</b> : 3h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 0h <b>EAD</b> : 0h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	Compléments de physique quantique avancée

Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	Mécanique quantique, tome II, Cohen-Tannoudji, Diu, Laloë

<b>XMS1PU330</b>	<b>Physique Atomique</b>
Lieu d'enseignement	UFR Sciences et Techniques
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	MOKRANI AREZKI
Volume horaire total	<b>TOTAL : 24h Répartition : CM : 12h TD : 12h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	PHYSIQUE ATOMIQUE <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>XMS1PU340</b>	<b>Physique subatomique</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	RAVEL OLIVIER
Volume horaire total	<b>TOTAL : 32h Répartition : CM : 16h TD : 16h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	Physique nucléaire L3 Mécanique quantique L3
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Physique subatomique <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	

Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>Je connais les composants élémentaires de la matière et les interactions fondamentales qui régissent leurs interactions.</p> <p>Je connais et applique les grandes lois de conservations de la physique.</p> <p>Je peux calculer la cinématique des collisions ou de désintégrations des particules élémentaires quelque soit l'énergie mise en jeu (cas classique ou relativiste).</p> <p>Je sais décrire la structure du noyau atomique en terme de modèle et je sais calculer ses principales propriétés.</p> <p>J'ai une bonne connaissance du contexte expérimental mondial, des grands accélérateurs et des expériences majeures en physique subatomique.</p>
Contenu	<p><b>Notions fondamentales :</b></p> <p>Rappel des lois de cinématique classique. Etude des collisions relativistes. Utilisation des quadrivecteurs et des variables de Mandelstam. Référentiel du laboratoire et du centre de masse, transformation de Lorentz.</p> <p>Lois de conservation, invariance.</p> <p>Energie de seuil et désintégration de particules, durée de vie.</p> <p>Notion de section efficace, chaleur de réaction.</p> <p><b>Physique nucléaire :</b></p> <p>Description du noyau atomique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rappel du modèle de la goutte liquide, formule de masse de Bethe-Weisaker. Energie de liaison : <math>B/A=f(A)</math></li> <li>- Modèle nucléaire du gaz de Fermi. Calcul de l'énergie et Moment de Fermi.</li> <li>- Modèle en couche : potentiel de l'oscillateur harmonique et de Wood-Saxon, existence des noyaux magiques, couplage spin-orbite</li> <li>- Désintégrations bêta, Règles de transition gamma, lois de sélection</li> </ul> <p><b>Physique des particules :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le Modèle Standard : les interactions fondamentales, la classification des particules élémentaires (leptons, quarks, hadrons...).</li> <li>- Nombre quantique leptonique, baryonique, hypercharge, isospin, relation de Gell Mann Nishijima, conjugaison de charge, parité, saveurs, multiplets des hadrons.</li> <li>- Manifestation « directe » des quarks et des gluons (diffusion profondément élastique, modèle des partons, production de jets).</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	<p>Les notions sont abordées lors de cours magistraux s'appuient sur des supports des sites des grandes expériences (Ex CERN, SLAC, GANIL, BNL...)</p> <p>Des travaux dirigés permettent de mettre en applications les notions de cours. Les exercices s'inspirent des expériences les plus récentes et des dernières découvertes du domaine.</p>
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	<p>Noyaux et Particule &amp; Modèle et symétries , Luc Valentin, Edition Hermann</p> <p>Particle Data Booklet, available from PDG at CERN and BNL : <a href="http://www-pdg.lbl.gov/">http://www-pdg.lbl.gov/</a></p> <p>Nuclear Data base : <a href="http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/">http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/</a></p>

XMS1PU350	Méthodes statistiques
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	MASBOU JULIEN
Volume horaire total	<b>TOTAL : 30h Répartition : CM : 12h TD : 10h CI : 0h TP : 8h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN), M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS), M1 CMI-INA, M2 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)	- Appliquer la statistique adaptée à des variables indépendantes pour en extraire l'information utile - Estimer et quantifier les incertitudes d'un jeu de données - Juger la pertinence d'un modèle mathématique destiné à décrire les observations
Contenu	CHAPITRE 1 - FONCTION DE VARIABLES ALÉATOIRES 1/ Propagation d'erreur 2/ Probabilité d'une fonction de v.a. 3/ Rappel : théorèmes limites  CHAPITRE 2 - ESTIMATION STATISTIQUE 1/ Introduction aux estimateurs 2/ Qualité d'un estimateur 3/ Estimateurs classiques 4/ Ajustement de plusieurs paramètres CHAPITRE 3 TEST STATISTIQUE Introduction aux test d'hypothèses 1/ Test classiques 2/ Rapport de vraisemblance 3/ Qualité d'un test 4/ Puissance d'un test (ouverture)
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>XMS1PU360</b>	<b>M1 PFA Physique des detecteurs</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	EUDES PHILIPPE
Volume horaire total	<b>TOTAL : 48h Répartition : CM : 24h TD : 24h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
<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 PFA Physique Fondamentale et Applications, M2 Démantèlement et Modélisation Nucléaires (DMN), M2 Recherche en Physique Subatomique (RPS), M2 Rayonnements Ionisants et Applications médicales (RIA), M1 CMI-INA, M2 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Interaction rayonnement matière <b>50%</b> M1 PFA Détection des Rayonnements Ionisants 1 <b>30%</b> M1 PFA Physique des matériaux pour les Détecteurs <b>20%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Liste des matières	- Interaction rayonnement matière (XMS1PE361) - M1 PFA Détection des Rayonnements Ionisants 1 (XMS1PE362) - M1 PFA Physique des matériaux pour les Détecteurs (XMS1PE363)

<b>XMS1PE361</b>	<b>Interaction rayonnement matière</b>
------------------	--

Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 20h Répartition : CM : 10h TD : 10h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</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> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Introduction</li> <li>2 - Interaction des particules chargées lourdes avec la matière : perte d'énergie par collisions       <ol style="list-style-type: none"> <li>2-1 Collisions : calcul de Bohr</li> <li>2-2 Formule de Bethe-Bloch</li> <li>2-3 Analyse de la formule de Bethe</li> <li>2-4 Notion de parcours</li> <li>2-5 Perte d'énergie par collisions avec les noyaux</li> <li>2-6 Courbe de Bragg</li> <li>2-7 Comportement à très basse énergie</li> <li>2-8 Estimation pratique du TLE et de R ?</li> </ol> </li> <li>3 - Interaction électron-matière : perte d'énergie par collisions       <ol style="list-style-type: none"> <li>3-1 Perte d'énergie par collision</li> <li>3-2 Rayonnement de freinage</li> <li>3-3 Perte d'énergie totale - Importance des deux effets</li> <li>3-4 Parcours des électrons - Cas d'un faisceau mono-énergétique</li> </ol> </li> </ol> <p><b>II - Interaction des photons gammas avec la matière</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Les différents mécanismes d'interaction</li> <li>2 - L'effet photoélectrique       <ol style="list-style-type: none"> <li>2-1 Description du processus - Fluorescence X - Emission Auger</li> <li>2-2 Distribution en énergie des électrons</li> <li>2-3 Section efficace associée</li> </ol> </li> <li>3 - La diffusion Compton       <ol style="list-style-type: none"> <li>3-1 Description du processus et rappel de la cinématique</li> <li>3-2 Distribution en énergie des électrons</li> <li>3-3 Sections efficaces différentielles</li> <li>3-4 Section efficace intégrée</li> </ol> </li> <li>4 - Production de paires (ou Matérialisation)       <ol style="list-style-type: none"> <li>4-1 Description du processus</li> <li>4-2 Distribution en énergie des électrons</li> <li>4-3 Section efficace associée</li> </ol> </li> <li>5 - Atténuation/Absorption des gammas dans la matière       <ol style="list-style-type: none"> <li>5-1 Section efficace totale d'interaction</li> <li>5-2 Atténuation</li> <li>5-3 Absorption</li> </ol> </li> <li>6 - Application à la spectroscopie gamma       <ol style="list-style-type: none"> <li>6-1 Spectre en énergie observé dans un détecteur de petite taille</li> <li>6-2 Spectre en énergie observé dans un détecteur de très grande taille</li> <li>6-3 Spectre en énergie observé dans un détecteur de taille intermédiaire</li> <li>6-4 Exemples de spectres réels</li> <li>6-5 Influence du type de détecteur</li> </ol> </li> </ol> <p><b>III - Gerbes électromagnétique et hadroniques</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Gerbes électromagnétiques</li> <li>2 - Gerbes hadroniques       <ol style="list-style-type: none"> <li>2-1 Collisions de deux hadrons à haute énergie</li> <li>2-2 Schématisation d'une gerbe hadronique</li> <li>2-3 Les gerbes atmosphériques</li> </ol> </li> </ol> <p><b>IV - Interaction des neutrons avec la matière</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Classement des neutrons</li> <li>2 - Principales réactions induites par les neutrons : caractéristiques et sections efficaces</li> <li>3 - Modération des neutrons - Spectroscopie       <ol style="list-style-type: none"> <li>3-1 Cinématique de la diffusion élastique n-Noyau</li> <li>3-2 Modération des neutrons           <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> </li> <li>3-3 Spectroscopie de neutrons</li> </ol> </li> </ol>
Méthodes d'enseignement	<p>Premier semestre : 8h CM - 8h TD (classe inversée) Projet : élaborer un problème/exercice sur un sujet imposé - rédiger le texte et la solution</p> <p>Second semestre : 8h dans le cadre de l'UE intitulée Projets simulations</p>
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>

<b>XMS1PE362</b>	<b>M1 PFA Détection des Rayonnements Ionisants 1</b>
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	EUDES PHILIPPE
Volume horaire total	<b>TOTAL : 16h Répartition : CM : 8h TD : 8h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- comprendre le principe de la détection des RI ;</li> <li>- connaître les différents types de détecteurs et comprendre leur fonctionnement ;</li> <li>- connaître les notions d'efficacité de détection, de résolution en énergie ;</li> <li>- connaître les différents modes de mesure</li> </ul>
Contenu	<p>Dans ce cours on introduira les différents types de détecteurs et des notions importantes relatives à la détections des rayonnements ionisants.</p> <p>Ch 1 Caractéristiques générales des détecteurs  Ch 2 Détecteurs à ionisation  Ch 3 Détecteurs à scintillation  Ch 4 Détecteurs à semi-conducteurs  Ch 5 Détecteurs de neutrons  Ch 6 Autres types de détecteurs</p>
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	<p>Détection des rayonnements et instrumentation nucléaire, par A. Lyoussi, INSTN, EDP Sciences  Techniques de l'ingénieur : Détection et mesures des rayonnements nucléaires par P. Chevallier  Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: A How-To Approach, W.R. Leo, Springer-Verlag  Radiation Detection and Measurement, G.F. Knoll</p>

<b>XMS1PE363</b>	<b>M1 PFA Physique des matériaux pour les Détecteurs</b>
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 12h Répartition : CM : 6h TD : 6h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	<p>Bases de physique des matériaux pour comprendre ce qu'est un semi-conducteur, un conducteur, un isolant, un scintillateur, etc...</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Structure cristalline</li> <li>2. Réseau réciproque</li> <li>3. Liaison cristalline et constantes élastiques</li> <li>4. Phonons I. Vibrations du réseau</li> <li>5. Phonons II. Propriétés thermiques</li> <li>6. Gaz des électrons libres de Fermi</li> <li>7. Bandes d'énergie</li> <li>8. Cristaux semi-conducteurs</li> <li>9. Surfaces de Fermi et métaux</li> <li>10. Processus optiques et excitons</li> <li>11. Physique des surfaces et des interfaces</li> <li>12. Nanostructures</li> <li>13. Solides non cristallins</li> </ol>

Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	

<b>XMS1PU370</b>	<b>M1 PFA Introduction au C++</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	FALLOT MURIEL
Volume horaire total	<b>TOTAL : 10h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 5h TP : 5h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	M1 PFA Introduction C++ <b>0%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Savoir écrire un programme orienté objet écrit en C++</li> <li>- Savoir lire un programme orienté objet écrit en C++</li> <li>- Appliquer ce savoir dans le contexte de la physique subatomique : logiciel de simulation GEANT4, code d'analyse de données...</li> </ul>
Contenu	Introduction au C++ et à la programmation orientée objet <ul style="list-style-type: none"> <li>- syntaxe du langage</li> <li>- variables et opérateurs</li> <li>- chaînes et énumérations</li> <li>- structures de contrôle</li> <li>- Fonctions</li> <li>- pointeurs</li> <li>- classes</li> <li>- héritage</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	<i>Programming : Principles and Practice using C++</i> , Bjarne Stroustrup Glen Cowan RHUL <i>Physics Computing and Statistical Data Analysis London Computing Course</i> <i>Mini Manuel de C++</i> Jean-Michel Réveillac, Dunod <i>Introduction à la programmation orientée objet en C++</i> , Fabio Hernandez, CNRS/in2p3  <a href="http://www.cplusplus.com/reference/">http://www.cplusplus.com/reference/</a> <a href="https://fr.cppreference.com/w/">https://fr.cppreference.com/w/</a>

<b>XMS1AU000</b>	<b>Anglais Préparation TOEIC</b>
Lieu d'enseignement	Distanciel
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	KERVISION SYLVIE LABARBE LAURIE

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	M1 Electronique Energie Electrique Automatique - Mention EEA,M1 Ingénierie Statistique (IS),M1 Mécanique,M1 PFA Physique Fondamentale et Applications,M1 Sciences & Santé,M1 Chimie Moleculaire et Therapeutique (CMT),M1 CMI-IS,M1 Mathématiques Fondamentales (MF),M1 Modélisation, Analyse numérique et Calcul Scientifique (MACS),M1 ANALYSE MOLECULES MATERIAUX MEDICAMENTS (A3M),M1 LUMIERE MOLECULE MATIERE (LUMOMAT),M1 Bioinformatique/Biostatistique - Mention Bioinformatique,M1 Conception et réalisation des bâtiments,M1 Travaux Publics, Maritimes et Maintenance - Mention GC,M1 Travaux Publics, Maritimes et Maintenance - Mention TM,M1 Biostatistique & Epidémiologie,M1 Earth and Planetary Sciences,M1 GE Ecosystèmes et Bioproduction Marine,M1 CMD MICAS,M1 CMD InnoCare,M1 CMD OHNU,M1 CMD I3,M1 CMD I3,M1 Biologie et médicaments,M1 Biologie et médicaments,M1 Biologie et médicaments,M1 Biologie et médicaments,M1 CMD M4R,M1 Biologie et médicaments,M1 CMI-INA,M1 CMI-OPTIM,M1 Sciences de la Matière - Parcours ENR-GE (M1 EEA),M1 CMI-ICM,M1 Technologie Marine - Parcours International Travaux publics et Maritimes
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Anglais Préparation TOEIC <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables de : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconnaître et anticiper les formats de certifications d'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>
Contenu	<i>Se préparer pour obtenir une certification en anglais (objectif B2 et +)</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Présentation des formats</li> <li>• Exercices d'entraînement</li> <li>• Conseils pour optimiser son score</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	Distanciel
Langue d'enseignement	Anglais
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>XMS2IU800</b>	<b>Communication CMI S8</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 10h Répartition : CM : 0h TD : 10h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 CMI-IS,M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Communication CMI S8 <b>100%</b>
Obtention de l'UE	

<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cette U.E., L'étudiant <ul style="list-style-type: none"> <li>• connaît le fonctionnement d'un service RH,</li> <li>• connaît le processus de recrutement dans une entreprise,</li> <li>• utilise les réseaux sociaux,</li> <li>• sait préparer un entretien pour un stage ou une embauche.</li> </ul>
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>XMS2IU810</b>	<b>Ethique et numérique</b>
Lieu d'enseignement	UFR Sciences et techniques
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	ENGUEHARD CHANTAL
Volume horaire total	<b>TOTAL : 12h Répartition : CM : 8h TD : 4h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Ingénierie Statistique (IS),M1 CMI-IS,M1 CMI-INA,M1 CMI-ICM
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Ethique <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Méthodes d'enseignement	Lecture d'articles par les étudiants, cours magistral. Cours magistral. Exposés réalisés par les étudiants.
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	Joseph Mariani (Coord.), Jean-Michel Besnier, Jacques Bordé, Jean-Michel Cornu, Marie Farge, Jean-Gabriel Ganascia, Jean-Paul Haton, Evelyne Serverin. "Pour une éthique de la recherche en Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)". 2009. CERNA, Rapport n°1, Ethique de la recherche en robotique, novembre 2014. Stefana Broadbent, Nicole Dewandre, Charles Ess, Luciano Floridi, Jean-Gabriel Ganascia, Mireille Hildebrandt, Yiannis Laouris, Claire Lobet-Maris, Sarah Oates, Ugo Pagallo, Judith Simon, May Thorseth, Peter-Paul Verbeek. The Onlife Manifesto. Being Human in a hyperconnected Era. 2014 Cahier de la CERNA. "Proposition de formation doctorale- Initiation à l'éthique de la recherche scientifique". Juin 2016. CPU, Pratiquer une recherche intègre et responsable - un guide. 28 novembre 2016.

<b>XMS2PU500</b>	<b>M1 CMI INA Bases Theorie Nucléaire</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2

Responsable de l'UE	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 24h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 24h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	N-corps <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	<p>Ensembles classiques. Fonctions de distribution réduites. Equations cinétiques. Equation de Boltzmann. Approximation du temps de relaxation. Applications.</p> <p>Rappels de mécanique quantique: représentations ''r'' et ''p'', de Schrodinger et de Heisenberg. Particules indiscernables, bosons et fermions. Etats complètement symétriques et antisymétriques. Matrice densité. Matrices densité réduites et leur évolution.</p> <p>Seconde quantification. Systèmes de particules en nombre variable. L'espace de Fock. Opérateurs de création et annihilation de bosons et de fermions. Etats de l'espace de Fock. Opérateurs à plusieurs corps.</p> <p>Opérateurs de champ. Changement de base. Equations de champ. Equations d'évolution des opérateurs de champ.</p> <p>Gaz de Fermions. Gaz parfait. Fermions en interaction: gaz d'électrons.</p> <p>Gaz de Bosons. Gaz parfait. Bosons en interaction: Approximation de Bogoliubov. Ondes de densité. Notions de superfluidité et de superconductivité.</p>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>XMS2PU480</b>	<b>M1 PFA Job Dating</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	FALLOT MURIEL
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-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	M1 PFA Job Dating <b>0%</b>
Obtention de l'UE	

<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Gagner de l'expérience pour de futurs entretiens d'embauche pour l'industrie mais aussi la recherche
Contenu	Job Dating organisé par le Pôle FOCAL pour aider les étudiants à trouver une alternance, un stage, constituer leur carnet d'adresse.
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>XMS2PU490</b>	<b>M1 PFA Projet Experimental 2</b>
Lieu d'enseignement	Nantes Université, Campus Lombarderie
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	RAVEL OLIVIER FALLOT MURIEL
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 69.66h Répartition : <b>CM</b> : 11.67h <b>TD</b> : 2.66h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 55.33h <b>EAD</b> : 0h
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	M1 PFA Simulations et Intelligence Artificielle <b>12.5%</b> Monte Carlo Simulation in Physics <b>25%</b> M1 PFA Projet Expérimental 2 <b>50%</b> PROBLEME INVERSE <b>12.5%</b> ANALYSE DE DONNEES %
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Liste des matières	- M1 PFA Simulations et Intelligence Artificielle (XMS2PE311) - Monte Carlo Simulation in Physics (XMS2PE312) - M1 PFA Projet Expérimental 2 (XMS2PE313) - PROBLEME INVERSE (XMS2PE134) - ANALYSE DE DONNEES (XMS2PE132)

<b>XMS2PE311</b>	<b>M1 PFA Simulations et Intelligence Artificielle</b>
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	YERMIA FREDERIC
Volume horaire total	<b>TOTAL</b> : 10h Répartition : <b>CM</b> : 0h <b>TD</b> : 0h <b>CI</b> : 0h <b>TP</b> : 10h <b>EAD</b> : 0h
Objectifs (résultats d'apprentissage)	En fonction du parcours de Master choisi : - être capable de mettre en oeuvre une simulation avec le langage Python en appui d'un projet expérimental ; - être capable d'utiliser une simulation existante avec le logiciel GEANT4 en appui d'un projet expérimental
Contenu	Simulations et initiation aux techniques les plus simples de l'intelligence artificielle mises en oeuvre en physique subatomique.

Méthodes d'enseignement	Par projet
Bibliographie	

XMS2PE312	Monte Carlo Simulation in Physics
Langue d'enseignement	Anglais
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 15h Répartition : CM : 5h TD : 0h CI : 0h TP : 10h EAD : 0h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Comprendre la définition de nombres aléatoires uniformes et les méthodes de base de génération de nombres aléatoires suivant une loi quelconque. Utiliser les techniques de résolution de problèmes de diffusion à l'aide de marches aux hasard. Programmer la génération de nombres aléatoires uniformes et non-uniformes en appliquant les techniques de base (inversion, acception-rejet, etc). Réaliser des marches au hasard pour une grande variété de problèmes à 1 et 2 dimensions.
Contenu	Cette EC vient apporter des notions sur les méthodes de simulation Monte Carlo en support du projet expérimental 2. 1 Nombres aléatoires 1.1 Définition de nombres aléatoires 1.2 Nombres aléatoires uniformes 1.3 Générateur chaotique 1.4 Générateur congruentiel 1.5 Générateurs par déplacement de registre 1.6 Générateurs réalistes 2 Génération de nombres aléatoires suivant une loi quelconque 2.1 Méthode d'inversion 2.2 Changement d'échelle 2.3 Méthode d'acceptation-rejet 2.4 Distributions discrètes 2.5 Superposition de distributions 2.6 Combinaison de plusieurs méthodes 2.7 Combinaison de nombres aléatoires 2.8 Méthode directe pour la loi normale 3 Application : Marche au hasard (MH) 3.1 Marche au hasard à une dimension, équation de diffusion 3.2 Solution de l'équation de diffusion à 1D pour une distribution initiale du type gaussien 3.3 Solution par Monte Carlo (MC) . 3.4 MH avec desintégration (1D) . 3.5 MH et équation de Fokker-Planck (1D) 3.6 MH à deux dimensions (2D) 3.7 Solution de l'équation de diffusion à 2D pour une distribution initiale du type gaussien 3.8 MH 2D : Solution par Monte Carlo 3.9 MH 2D : Direction aléatoire 3.10 Généralisation à trois dimensions En travaux pratiques : 1. Génération nombres aléatoires uniformes. Calcul de leur distribution. 2. Génération de NA non-uniformes, calcul de distributions (beaucoup de cas, méthodes différentes) 3. Marches au hasard MH1d : Etude de la distribution finale (de la position du marcheur), comparaison avec la solution analytique de l'équation de diffusion correspondante, variation de la distribution initiale, évolution temporelle pour position fixe, MH avec désintégration, MH avec convection. MH2d : Cinq marches, visualisation, calcul de la distribution de la distance au point de départ.
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	

XMS2PE313	M1 PFA Projet Expérimental 2
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	Nantes Université
Responsable de la matière	FALLOT MURIEL



Volume horaire total	<b>TOTAL : 30h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 30h EAD : 0h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Suivre un protocole de mesure. Réaliser et analyser des mesures expérimentales. Travailler de manière autonome et en équipe.
Contenu	Mettre en oeuvre les acquis de l'UE Physique Expérimentale 1 dans le cadre d'un projet expérimental à mener en équipe et pour lequel on associera également des compétences de simulations. On utilisera les méthodes statistiques et de Monte Carlo vues par ailleurs. Pour cet enseignement, les étudiants auront accès à des détecteurs et de l'électronique utilisés dans les expériences modernes de physique subatomique. Ce module se veut être une vraie initiation à la recherche expérimentale en physique subatomique.
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	

XMS2PE134	PROBLEME INVERSE
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	HUNEAU CLEMENT
Volume horaire total	<b>TOTAL : 9.33h Répartition : CM : 2.67h TD : 1.33h CI : 0h TP : 5.33h EAD : 0h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Savoir - comprendre les problèmes mal posés et la nécessité de régulariser Savoir-faire - utiliser un algorithme pour optimiser un critère d'estimation - régulariser le critère d'un problème inverse par l'information a priori
Contenu	PROBLÈMES INVERSES 1/ Introduction Modèle direct/inverse Séparation de sources, Tomographie, Déconvolution Caractérisation ou cartographie ? 2/ Problèmes mal posés Conditionnement Propagation d'erreur 3/ Régularisation Compromis Biais/Variance Quadratique Parcimonieuse
Méthodes d'enseignement	- Polycopié - Cours interactif et illustré - Travaux pratiques sur ordinateur
Bibliographie	Idier, Jérôme. 2001. Approche bayésienne pour les problèmes inverses. Hermes Science Publications. IC2 Signal et Image. Lavoisier.

XMS2PE132	ANALYSE DE DONNEES
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	Campus Lombarderie
Responsable de la matière	HUNEAU CLEMENT
Volume horaire total	<b>TOTAL : 5.33h Répartition : CM : 4h TD : 1.33h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Savoir - comprendre les distributions de probabilités multivariées et la notion de covariance - comprendre le concept d'estimateur, et de compromis biais-variance Savoir-faire - modéliser et résoudre des problèmes classiques d'analyse de données * régression par moindres carrés * réduction de dimension par analyse en composantes principales (ACP) * classification par analyse discriminante

Contenu	<p>STATISTIQUES MULTIVARIÉS</p> <p>1/ Signal/Vecteur aléatoire Loi conjointe, marginale et conditionnelle Matrice de covariance</p> <p>2/ Modèle d'observation linéaire Vraisemblance Loi a posteriori (Théorème de Bayes) Processus gaussien</p> <p>3/ Estimation paramétrique (ajustement) Biais Variance Maximum de vraisemblance Moindres carrés généralisés (régression)</p> <p>4/ Classification Analyse en composantes principales (ACP) Analyse discriminante linéaire (ADL)</p>
Méthodes d'enseignement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polycopié</li> <li>- Cours interactif et illustré</li> <li>- Travaux pratiques sur ordinateur</li> </ul>
Bibliographie	Candelpergher, Bernard. 2013. <i>Théorie des probabilités. Une introduction élémentaire.</i> Mathématiques en devenir. Paris: Calvage et Mounet.

XMS2PU320	M1 PFA Acquisition et Traitement du Signal 2
Lieu d'enseignement	Campus Lombarderie
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	HUNEAU CLEMENT
Volume horaire total	<b>TOTAL : 10.67h Répartition : CM : 2.67h TD : 2.67h CI : 0h TP : 5.33h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	M1 Représentation et Détection de Signaux <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- représentation temps-fréquence de signaux</li> <li>- détection par filtres adaptés</li> </ul>
Contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Application du traitement du signal aux signaux physiques</li> <li>- diagramme temps-fréquence</li> <li>- égalisation de bruit</li> <li>- détection par filtre adapté</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polycopié</li> <li>- Cours interactif et illustré</li> <li>- Travaux pratiques sur ordinateur</li> </ul>
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

XMS2PU330	M1 PFA Physique expérimentale 1
Lieu d'enseignement	

Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	RAVEL OLIVIER
Volume horaire total	<b>TOTAL : 30h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 30h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	Physique nucléaire de L3 Interaction rayonnement matière de M1
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	M1 PFA Physique expérimentale 1 <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Suivre un protocole de mesure. Réaliser et analyser des mesures expérimentales. Travailler de manière autonome et en équipe.
Contenu	<b>Panorama des effets physiques et des techniques expérimentales utilisés en physique subatomique :</b> - spectroscopie alpha (détecteur Si (Li)), spectrométrie gamma (détecteur HPGe), corrélation de rayonnement gamma ; - étude électronique d'un photomultiplicateur + préamplificateur - radioprotection (principe d'ALARA, étude de poste) - Geiger-Muller/ distribution de nombres aléatoires - atténuation des gammas dans la matière ; - effet Compton. <b>Premier Projet Expérimental à mettre en place en groupe :</b> - caméra TEP - détection de muons cosmiques -...
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>XMS2PU340</b>	<b>Stage ou TER</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	GOUSSET THIERRY
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-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Stage ou TER <b>100%</b>
Obtention de l'UE	L'étudiant DA doit effectué un stage ou TER pour valider l'UE.

<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>XMS2PU360</b>	<b>Rayonnements ionisants, applications médicales et industrielles 1</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	HADDAD FERID
Volume horaire total	<b>TOTAL : 10h Répartition : CM : 5h TD : 5h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	Physique nucléaire de L3. Physique subatomique de M1
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Rayonnements ionisants, applications médicales et industrielles 1 <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Connaître les différentes applications des rayonnements ionisants dans l'industrie et dans le monde médical. Travailler en équipe. Rédiger un compte-rendu.
Contenu	Tronc commun (10h): • Rappel sur les rayonnements ionisants (4h) • Applications médicales des rayonnements ionisants : (6h) focus production de radionucléides
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>XMS2PU370</b>	<b>M1 PFA Introduction à l'énergie nucléaire</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	FALLOT MURIEL
Volume horaire total	<b>TOTAL : 10h Répartition : CM : 5h TD : 5h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	

UE pré-requise(s)					
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA				
<b>Evaluation</b>					
Pondération pour chaque matière	M1 PFA Introduction à l'énergie nucléaire <b>100%</b>				
Obtention de l'UE					
<b>Programme</b>					
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Connaître le contexte mondial des recherches sur l'énergie nucléaire et les bases du fonctionnement des réacteurs nucléaires. Connaître le contexte nucléaire français : parc de réacteurs, filières, sûreté, démantèlement, projets en cours de réacteurs du futur.				
Contenu	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction à l'énergie nucléaire en France : contexte historique, notion de filière de réacteur, parc nucléaire français, cycle du combustible, sûreté, démantèlement, réacteurs du futur</li> <li>- Introduction à la neutronique, définitions ; différents types de réaction, classement des neutrons en fonction de leur énergie, sections efficaces macroscopiques, interactions avec les neutrons, réactions de fission, capture, absorption, diffusion ;</li> </ul> </td> </tr> </table>				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction à l'énergie nucléaire en France : contexte historique, notion de filière de réacteur, parc nucléaire français, cycle du combustible, sûreté, démantèlement, réacteurs du futur</li> <li>- Introduction à la neutronique, définitions ; différents types de réaction, classement des neutrons en fonction de leur énergie, sections efficaces macroscopiques, interactions avec les neutrons, réactions de fission, capture, absorption, diffusion ;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction à l'énergie nucléaire en France : contexte historique, notion de filière de réacteur, parc nucléaire français, cycle du combustible, sûreté, démantèlement, réacteurs du futur</li> <li>- Introduction à la neutronique, définitions ; différents types de réaction, classement des neutrons en fonction de leur énergie, sections efficaces macroscopiques, interactions avec les neutrons, réactions de fission, capture, absorption, diffusion ;</li> </ul>				
Méthodes d'enseignement					
Langue d'enseignement	Français				
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Précis de neutronique de Paul Reuss</li> <li>- Génie énergétique : Energie nucléaire de Jacques Bernard (tomes 1 et 2)</li> <li>- Physique des réacteurs nucléaires de puissance de Robert Barjon</li> <li>- Documents/cours disponibles sur le web des Techniques de l'Ingénieur sur le Génie Nucléaire</li> </ul>				

<b>XMS2WU400</b>	<b>M1 PFA Economie de l'energie</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 10h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 10h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	M1 PFA Economie de l'energie <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- comprendre le fonctionnement du marché de l'électricité</li> <li>- savoir calculer les coûts de production (LCOE).</li> </ul>

Contenu	<p>1. Objectifs</p> <p>L'objectif du cours est l'acquisition de connaissances générales dans le domaine de l'économie de l'énergie, avec un focus particulier sur l'électricité.</p> <p>Le cours vise à développer les aptitudes des élèves à comprendre les problématiques énergétiques par le prisme de l'analyse des coûts associés à la production d'énergie. Les résultats d'apprentissage visés sont de comprendre le fonctionnement du marché de l'électricité et de savoir calculer les coûts de production (LCOE).</p> <p>2. Description</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chapitre 1 : L'énergie primaire</li> <li>- Chapitre 2 : Marchés de l'électricité (EU)</li> <li>- Chapitre 3 : Le coût de l'électricité</li> <li>- Chapitre 4 : Les scénarios énergétiques RTE (2021)</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>XMS2WU410</b>	<b>M1 PFA Cycle du combustible et Matériaux pour le Nucléaire</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	FALLOT MURIEL
Volume horaire total	<b>TOTAL : 30h</b> Répartition : <b>CM : 15h TD : 15h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	M1 PFA Cycle du combustible <b>80%</b> M1 PFA Matériaux pour le Nucléaire <b>20%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Liste des matières	- M1 PFA Cycle du combustible (XMS2WE411) - M1 PFA Matériaux pour le Nucléaire (XMS2WE412)

<b>XMS2WE411</b>	<b>M1 PFA Cycle du combustible</b>
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	FALLOT MURIEL
Volume horaire total	<b>TOTAL : 20h</b> Répartition : <b>CM : 10h TD : 10h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	

Contenu	<p>1. Amont du cycle : de l'extraction minière de l'uranium à la fabrication des pastilles</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressources et exploitations minières : méthodologie, contraintes, impacts environnemental</li> <li>- Du traitement du minerai vers la fabrication des pastilles</li> </ul> <p>2. Aval du cycle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Traitement du combustible usé (PUREX)</li> <li>- Concept multi-barrières (ou défense en profondeur) et panorama international des stratégies de gestion des déchets</li> </ul> <p>3. Déchets radioactifs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inventaire et classification</li> <li>- Gestion industrielle : TFA et FMAVC</li> <li>- Projets en étude : FAVL, HA et MAVL</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	

<b>XMS2WE412</b>	<b>M1 PFA Matériaux pour le Nucléaire</b>
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 10h Répartition : CM : 5h TD : 5h CI : 0h TP : 0h EAD : 0h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	<p>Introduction aux matériaux pour le nucléaire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Céramique combustible,</li> <li>• Graphite</li> <li>• Alliages métalliques (acier, zircaloy),</li> <li>• Béton</li> <li>• Argile</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	

<b>XMS2PU420</b>	<b>Neutronique - Physique des réacteurs</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	FALLOT MURIEL
Volume horaire total	<b>TOTAL : 45h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 40h TP : 5h EAD : 0h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 PFA Physique Fondamentale et Applications, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Physique des réacteurs <b>80%</b> M1 PFA Simulation de Scénarios Electronucléaires <b>20%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Liste des matières	- Physique des réacteurs (XMS2PE421) - M1 PFA Simulation de Scénarios Electronucléaires (XMS2WE422)

XMS2PE421	Physique des réacteurs
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 40h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 40h TP : 0h EAD : 0h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>Connaître le contexte mondial des recherches sur l'énergie nucléaire et les bases du fonctionnement des réacteurs nucléaires. Connaître le contexte nucléaire français : parc de réacteurs, filières, sûreté, démantèlement, projets en cours de réacteurs du futur.</p> <p>Utiliser ses connaissances en physique nucléaire pour calculer des taux de réaction. Utiliser ses connaissances en neutronique pour calculer les paramètres d'un réacteur tels que le coefficient multiplicateur, taux de conversion, coefficients de réactivité. Réaliser des calculs neutroniques de base en appliquant l'équation de la diffusion et la cinétique point.</p>
Contenu	<p>Suite de la Neutronique 1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formule à 4 facteurs + fuites, introduction à l'équation de Boltzmann</li> <li>- Neutronique et énergie: ralentissement et thermalisation des neutrons : milieu sans absorption, modèle de l'âge de Fermi, milieu absorbant, trappe, effet Doppler</li> <li>- Effets de température (coefficients de réactivité), comparaison de différentes filières de réacteurs</li> <li>- Neutronique et espace : loi de Fick, établissement de l'équation de la diffusion (à 1 groupe)</li> <li>- Cinétique des réacteurs : cinétique ponctuelle</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Précis de neutronique de Paul Reuss</li> <li>-Génie énergétique : Energie nucléaire de Jacques Bernard (tomes 1 et 2)</li> <li>-Physique des réacteurs nucléaires de puissance de Robert Barjon</li> <li>- Documents/cours disponibles sur le web des Techniques de l'Ingénieur sur le Génie Nucléaire</li> </ul>

XMS2WE422	M1 PFA Simulation de Scénarios Electronucléaires
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 5h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 5h EAD : 0h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	<p>1. Objectifs</p> <p>L'objectif de ce TP est de comprendre par la modélisation les bilans matières mis en jeu dans un parc nucléaire simplifié, proche du cas français. Un focus particulier est mis sur la production des produits de fission, d'actinides mineurs et de plutonium dans les différentes usines du cycle.</p> <p>2. Description</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prise en main / Rappel de Linux</li> <li>- Prise en main de l'outil de simulation du cycle CLASS (C++)</li> <li>- Simulation d'un cycle ouvert</li> <li>- Simulation d'un cycle avec mono recyclage du plutonium</li> <li>- Équilibre d'un parc REP - UOX/MOX</li> </ul> <p>3. Évaluation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rédaction d'un rapport de TP</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	



