

**Information générale**

<b>Objectifs</b>	
<b>Responsable(s)</b>	GOUSSET THIERRY
<b>Mention(s) incluant ce parcours</b>	master Physique Fondamentale et Applications
<b>Lieu d'enseignement</b>	Faculté des sciences de Nantes
<b>Langues / mobilité internationale</b>	Français (1 UE en Anglais)
<b>Stage / alternance</b>	
<b>Poursuite d'études / débouchés</b>	Vers les 3 parcours du Master Physique Fondamentale et Applications : RPS: Recherche en Physique subatomique RIA : Rayonnements Ionisants et Applications médicales DMN : Démantèlement et Modelisations Nucléaires
<b>Autres renseignements</b>	
<b>Conditions d'obtention de l'année</b>	L'année est validée si la partie théorique 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.

# Programme

1 <sup>er</sup> SEMESTRE	Code	ECTS	CM	CI	TD	TP	Distanciel	Total
<b>Groupe d'UE : UE fondamentales (30 ECTS)</b>								
Physique quantique	X1PP010	4	13.34	0	12	0	2.66	28
Physique statistique	X1PP020	4	14.67	0	14.67	0	2.66	32
Physique Atomique	X1PP030	4	18.68	0	17.33	0	3.99	40
Physique atomique	X1PP031		13.34	0	12	0	2.66	28
Introduction à la Physique du LASER	X1PP032		5.34	0	5.33	0	1.33	12
Physique des Solides	X1SM010	4	13.34	0	12	0	2.66	28
Physique subatomique	X1PP040	4	14.67	0	14.67	0	2.66	32
Méthodes statistiques	X1PP050	3	8	0	6.67	6.67	2.66	24
Physique expérimentale 1 : Physique du Solide	X1SM020	3	0	0	0	21	3	24
Anglais Scientifique	X1PP060	1	0	0	0	12	0	12
Connaissance de l'entreprise - Entrepreneuriat	X1PP070	1	0	0	9	0	3	12
Interaction rayonnement matière	X1PP080	2	8	0	6.67	0	1.33	16
<b>Groupe d'UE : UE libres (0 ECTS)</b>								
Anglais Préparation TOEIC	X1LA010	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total</b>	30					24.62	<b>248.00</b>

2 <sup>ème</sup> SEMESTRE	Code	ECTS	CM	CI	TD	TP	Distanciel	Total
<b>Groupe d'UE : UE fondamentales (30 ECTS)</b>								
Physique expérimentale 2	X2PP010	2	0	0	0	21.67	1.33	23
Neutronique - Physique des réacteurs	X2PP020	2	9.33	0	9.34	0	1.33	20
Rayonnements ionisants, applications médicales et industrielles	X2PP030	1	5.33	0	5.34	0	1.33	12
Électromagnétisme et imagerie	X2PP040	2	8	0	6.67	6.67	2.66	24
Astrophysique et cosmologie	X2PP050	2	6.67	0	6.67	0	1.66	15
Symétries, groupes et particules	X2PP070	2	9.33	0	9.34	0	1.33	20
Le problème à N corps	X2PP080	2	10.67	0	10.67	0	2.66	24
Monte Carlo Simulation in Physics	X2PP090	2	10.67	0	0	12	1.33	24
Projet expérimental	X2PP100	1	0	0	0	8	4	12
Stage ou TER	X2PP110	10	0	0	0	0	0	0
Projet tutoré analyse	X2PP120	1	0	0	0	0	0	0
Théorie et Traitement du Signal	X2PP130	3	9.14	0	11.67	6.33	2.66	29.8
	<b>Total</b>	30					20.29	<b>203.80</b>

## Modalités d'évaluation

Mention Master 1ère année

Parcours : M1 Physique

Année universitaire 2022-2023

Responsable(s) : GOUSSET THIERRY

### 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 : UE fondamentales</b>																						
1	X1PP010	Physique quantique	N	obligatoire	4										4				4	4		
1	X1PP020	Physique statistique	N	obligatoire	4										4				4	4		
1	X1PP030	Physique Atomique	N	obligatoire																4		
1	X1PP031	Physique atomique			3										3				3			
1	X1PP032	Introduction à la Physique du LASER			1										1				1			
1	X1SM010	Physique des Solides	N	obligatoire	4										4				4	4		
1	X1PP040	Physique subatomique	N	obligatoire	2			2							4				4	4		
1	X1PP050	Méthodes statistiques	N	obligatoire	3										3				3	3		
1	X1SM020	Physique expérimentale 1 : Physique du Solide	N	obligatoire	1.5	1.5							1.5		1.5				3	3		
1	X1PP060	Anglais Scientifique	N	obligatoire	0.5		0.5										1		1	1		
1	X1PP070	Connaissance de l'entreprise - Entrepreneuriat	N	obligatoire	1							1							1	1		
1	X1PP080	Interaction rayonnement matière	N	obligatoire	2												2		2	2		
<b>Groupe d'UE : UE libres</b>																						
1	X1LA010	Anglais Préparation TOEIC	O	optionnelle															0	0		
<b>Groupe d'UE : UE fondamentales</b>																						
2	X2PP010	Physique expérimentale 2	N	obligatoire		2							2						2	2		
2	X2PP020	Neutronique - Physique des réacteurs	N	obligatoire	2										2				2	2		
2	X2PP030	Rayonnements ionisants, applications médicales et industrielles	N	obligatoire		1							1						1	1		
2	X2PP040	Électromagnétisme et imagerie	N	obligatoire	1	1							1		1				2	2		
2	X2PP050	Astrophysique et cosmologie	N	obligatoire			2								2				2	2		
2	X2PP070	Symétries, groupes et particules	N	obligatoire	2										2				2	2		
2	X2PP080	Le problème à N corps	N	obligatoire	2										2				2	2		
2	X2PP090	Monte Carlo Simulation in Physics	N	obligatoire	2										2				2	2		
2	X2PP100	Projet expérimental	N	obligatoire		1							1						1	1		
2	X2PP110	Stage ou TER	N	obligatoire	5		5				5		5						10	10		
2	X2PP120	Projet tutoré analyse	N	obligatoire			1							1					1	1		
1	X2PP130	Théorie et Traitement du Signal	N	obligatoire	2.1	0.9							0.9		2.1				3	3		
<b>TOTAL</b>																		<b>60</b>	<b>60</b>			

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 : UE fondamentales</b>																				
1	X1PP010	Physique quantique	N	obligatoire				4							4				4	4
1	X1PP020	Physique statistique	N	obligatoire				4							4				4	4
1	X1PP030	Physique Atomique	N	obligatoire																4
1	X1PP031	Physique atomique						3							3				3	
1	X1PP032	Introduction à la Physique du LASER						1							1				1	
1	X1SM010	Physique des Solides	N	obligatoire				4							4				4	4
1	X1PP040	Physique subatomique	N	obligatoire				4							4				4	4
1	X1PP050	Méthodes statistiques	N	obligatoire				3							3				3	3
1	X1SM020	Physique expérimentale 1 : Physique du Solide	N	obligatoire				3							3				3	3
1	X1PP060	Anglais Scientifique	N	obligatoire				0.5		0.5							1		1	1
1	X1PP070	Connaissance de l'entreprise - Entrepreneuriat	N	obligatoire	1							1							1	1
1	X1PP080	Interaction rayonnement matière	N	obligatoire						2							2		2	2
<b>Groupe d'UE : UE libres</b>																				
1	X1LA010	Anglais Préparation TOEIC	O	optionnelle															0	0
<b>Groupe d'UE : UE fondamentales</b>																				
2	X2PP010	Physique expérimentale 2	N	obligatoire		2							2						2	2
2	X2PP020	Neutronique - Physique des réacteurs	N	obligatoire				2							2				2	2
2	X2PP030	Rayonnements ionisants, applications médicales et industrielles	N	obligatoire			1						1						1	1
2	X2PP040	Électromagnétisme et imagerie	N	obligatoire		1		1					1		1				2	2
2	X2PP050	Astrophysique et cosmologie	N	obligatoire				2							2				2	2
2	X2PP070	Symétries, groupes et particules	N	obligatoire				2							2				2	2
2	X2PP080	Le problème à N corps	N	obligatoire				2							2				2	2
2	X2PP090	Monte Carlo Simulation in Physics	N	obligatoire				2							2				2	2
2	X2PP100	Projet expérimental	N	obligatoire		1							1						1	1
2	X2PP110	Stage ou TER	N	obligatoire	5		5				5			5					10	10
2	X2PP120	Projet tutoré analyse	N	obligatoire			1							1					1	1
1	X2PP130	Théorie et Traitement du Signal	N	obligatoire		0.9		2.1					0.9		2.1				3	3
<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

X1PP010	Physique quantique
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	GOUSSET THIERRY
Volume horaire total	<b>TOTAL : 28h Répartition : CM : 13.34h TD : 12h CI : 0h TP : 0h EAD : 2.66h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	Mécanique quantique L3
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 Sciences de la Matière - option Nano, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Physique quantique <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant(e) devra :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Connaître les propriétés de l'espace de Hilbert</li> <li>• Connaître le formalisme de la théorie des perturbations indépendantes du temps (états dégénérés et non-dégénérés, variation de Ritz) et dépendantes du temps</li> <li>• Savoir faire des calculs simples pour une perturbation</li> <li>• Connaître le comportement d'une onde qui arrive à une barrière (coefficients de réflexion et de transmission)</li> <li>• Connaître l'effet tunnel</li> <li>• Savoir faire des calculs basés sur l'effet tunnel (radioactivité, microscopie)</li> <li>• Connaître l'équation de Lippmann-Schwinger</li> <li>• Connaître l'amplitude de diffusion, la section efficace et l'approximation de Born</li> <li>• Savoir faire des calculs dans l'approximation de Born pour des potentiels différents</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>• Principe de variation</li> <li>• Théorie des perturbations dépendantes du temps</li> <li>• Règle d'or de Fermi</li> <li>• Interaction d'un système avec une onde électromagnétique</li> <li>• Diffusion à une dimension, transition et réflexion</li> <li>• Effet tunnel</li> <li>• Application : radioactivité, microscope</li> <li>• Introduction à la diffusion à 3 dimensions</li> <li>• Section efficace, onde diffusée</li> <li>• Approximation de Born</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

X1PP020	Physique statistique
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	GOUSSET THIERRY
Volume horaire total	<b>TOTAL : 32h Répartition : CM : 14.67h TD : 14.67h CI : 0h TP : 0h EAD : 2.66h</b>

Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	Mécanique quantique L3 Thermodynamique L3
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 Sciences de la Matière - option Nano, M1 CMI-INA
Evaluation	
Pondération pour chaque matière	Physique statistique <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant(e) devra :</p> <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> <li>• Connaître le comportement différent des systèmes fermioniques et bosoniques</li> <li>• Savoir faire des calculs pour les systèmes fermioniques et bosoniques à l'équilibre</li> <li>• Connaître les propriétés des transitions de phase, leur classification et leurs effets sur les observables</li> <li>• Comprendre la théorie de Ginzburg-Landau</li> <li>• Savoir faire des calculs simples pour les systèmes qui ont une transition de phase</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, paradoxe de Gibbs, 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> <li>• Applications : <ul style="list-style-type: none"> <li>- théorie de Landau les liquides fermioniques</li> <li>- électrons dans un conducteur</li> <li>- vibrations dans un solide (modèle de Debye)</li> <li>- supraconductivité</li> </ul> </li> <li>• Transitions de phase : <ul style="list-style-type: none"> <li>- description simple d'une transition de phase (liquide-gaz)</li> <li>- courbe spinodale, métastabilité et instabilité</li> <li>- caractérisation de transitions de phase, exposants critiques</li> <li>- théorie de Ginzburg Landau</li> <li>- exemple : transition ferromagnétique-paramagnétique</li> </ul> </li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

X1PP030	Physique Atomique
Lieu d'enseignement	UFR des Sciences et Techniques
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	MOKRANI AREZKI
Volume horaire total	<b>TOTAL : 40h</b> Répartition : <b>CM : 18.68h TD : 17.33h CI : 0h TP : 0h EAD : 3.99h</b>
Place de l'enseignement	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 Sciences de la Matière - option Nano, M1 CMI-INA
Evaluation	

Pondération pour chaque matière	Physique atomique <b>75%</b> Introduction à la Physique du LASER <b>25%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Liste des matières	- Physique atomique (X1PP031) - Introduction à la Physique du LASER (X1PP032)

<b>X1PP031</b>	<b>Physique atomique</b>
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	UFR des Sciences et Techniques
Responsable de la matière	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 28h Répartition : CM : 13.34h TD : 12h CI : 0h TP : 0h EAD : 2.66h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant(e) devra :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprendre la nature et l'origine d'un spectre optique</li> <li>• Connaître les différents types de transitions radiatives et leur liens avec la structure électronique des atomes</li> <li>• Faire une approche quantique analytique rigoureuse de la structure électronique de l'atome d'hydrogène</li> <li>• Analyser et expliquer une approche semi-empirique</li> <li>• Evaluer l'importance des différentes interactions et justifier certaines approximations pour résoudre la structure électronique atomique</li> <li>• Connaître la démarche concernant l'approche semi-classique du magnétisme</li> <li>• Comprendre l'approche quantique du magnétisme et son origine à l'échelle atomique</li> <li>• Faire le lien entre le magnétisme atomique et le magnétisme de la matière</li> <li>• Décrire les interactions d'un atome avec un champ externe et leurs interprétations en terme de spectres optiques</li> <li>• Corréler les propriétés structurales et électroniques d'une molécule</li> <li>• Faire le lien entre les orbitales atomiques et moléculaires et prédire certaines propriétés</li> <li>• Prédire les propriétés des molécules à partir de leur symétrie</li> <li>• Comprendre les spectres des molécules liés à leurs vibrations et rotations</li> </ul>



Contenu

1. **Introduction générale**
2. **Les spectres optiques**
  - Principe de base de la spectroscopie
  - Généralité sur les spectres optiques
  - Loi expérimentale des spectres optiques
  - Largeur des raies spectrales (naturelle, Doppler, Stark, collisions)
  - Expérience de résonance optique
3. **Probabilités des transitions radiatives**
  - Notion de section efficace. Modèle des sphères dures
  - Absorption de photons
    - Mesures expérimentales des sections efficaces
    - Probabilité de transition par unité de temps
    - Etallement du phénomène sur l'échelle des fréquences
  - Emission spontanée des photons
    - Durée de vie d'un état excité
    - Mesure expérimentale des durées de vie
  - Emission induite ou stimulée
  - Bilan des trois types de transitions radiatives
  - Relations entre les coefficients d'Einstein
4. **Théorie Quantique de la structure des atome**
  - Atome d'hydrogène
    - Système de deux particules
    - Particule dans un potentiel central
    - Système électron-proton
    - Etats liés et états de diffusion
    - Simplification de l'équation radiale
    - Comportement asymptotique
    - Quantification des niveaux d'énergie
    - Différents nombres quantiques et notations spectroscopiques
    - Spectre de l'atome d'hydrogène
    - Les fonctions propres
    - Conclusion
  - Atomes alcalins
    - Potentiel effectif
    - Spectre des alcalins
  - Atomes à plusieurs électrons
    - Décomposition de l'hamiltonien
    - Approche semi-empirique, règles de Slater
    - Principe de Pauli, déterminant de Slater
    - Règle de Madelung
    - Configurations électroniques, règles de Madelung
    - Coupages spin-orbite, Russel-Saunders et couplage (j,j)
    - Règles de sélections dans les transitions quantiques
5. **Magnétisme des atomes**
  - Modèle classique du moment magnétique, théorème de Larmor
  - Moments magnétiques des atomes et des ions
    - Moment magnétique orbital
    - Moment magnétique de spin
    - Couplage spin-orbite
    - Atomes à plusieurs à plusieurs électrons de valence
    - Interactions d'échange
    - Règles de Hund
    - Diamagnétisme
  - Milieux magnétiques
    - Paramagnétisme
    - Moments localisés
    - Paramagnétisme de Pauli
    - Structures magnétiques ordonnées
    - Le ferromagnétisme
    - L'antiferromagnétisme
    - Le ferrimagnétisme
    - Le ferromagnétisme et le champ moléculaire
6. **Actions des champs externes sur les atomes**
  - Rappel de la théorie des perturbations
  - Atomes dans un champ magnétique
    - Mise en évidence expérimentale de l'effet Zeeman
    - Cas du champ fort (effet Paschen-Back)
    - Effet Zeeman pour l'atome d'hydrogène
  - Atomes dans un champ électrique
    - Mise en évidence expérimentale de l'effet Stark
    - Calcul de l'effet Stark pour l'atome d'hydrogène
7. **Introduction à la physique moléculaire**
  - La structure moléculaire
  - Approximation de Born-Oppenheimer
  - Théorie du lien de valence
  - Exemple de la molécule H<sub>2</sub>
  - Molécules polyatomiques
  - Théorie des orbitales moléculaires
    - CLAO
    - Molécules diatomiques
    - Systèmes polyatomiques
    - Approximation de Hückel
  - Symétrie moléculaire
    - Opérations et éléments de symétrie
    - Classification des molécules par leur symétrie
    - Symétrie et propriétés des molécules
  - Les spectres de rotation et de vibration des molécules
    - Spectroscopie d'émission et d'absorption
    - Spectres de rotation pure
    - Spectres de vibration-rotation
    - Spectroscopie Raman

Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physique atomique (Collection: Sciences Sup, Dunod ; EAN13 : 9782100504619) <ul style="list-style-type: none"> <li>- (I) Atomes et rayonnement : interactions électromagnétiques</li> <li>- (II) L'atome : un édifice quantique</li> </ul> </li> <li>• Physics of Atoms and Molecules (Publisher: Pearson; ISBN-13: 978-0582356924)</li> </ul>

<b>X1PP032</b>	<b>Introduction à la Physique du LASER</b>
Langue d'enseignement	Français
Lieu d'enseignement	
Responsable de la matière	
Volume horaire total	<b>TOTAL : 12h Répartition : CM : 5.34h TD : 5.33h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.33h</b>
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprendre les différents processus d'émissions radiatives</li> <li>• Evaluer les populations dans un système atomique</li> <li>• Distinguer un système atomique adapté au fonctionnement LASER</li> <li>• Connaître les différents processus de pompage</li> <li>• Décrire la cavité résonante pour le fonctionnement d'un LASER</li> <li>• Connaître les propriétés particulières du rayonnement LASER</li> <li>• Expliquer les différents types de fonctionnement d'un LASER</li> <li>• Prendre connaissance des différents domaines d'applications du LASER</li> </ul>
Contenu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction</li> <li>2. Etats d'énergie d'un atome ou d'une molécule</li> <li>3. Les trois types de transitions radiatives</li> <li>4. Principes de fonctionnement du LASER <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le milieu actif</li> <li>- Le pompage. Inversion de population</li> <li>- Les principaux processus de pompage</li> </ul> </li> <li>5. Systèmes à 3 niveaux d'énergie</li> <li>6. Systèmes à 4 niveaux d'énergie</li> <li>7. Systèmes à transfert résonant d'énergie</li> <li>8. Méthodes de pompage</li> <li>9. La cavité résonante, oscillation</li> <li>10. Propriétés du rayonnement LASER</li> <li>11. Types de fonctionnement d'un LASER</li> <li>12. LASER à longueur d'onde variable</li> <li>13. Quelques applications des LASER</li> </ol>
Méthodes d'enseignement	
Bibliographie	

<b>X1SM010</b>	<b>Physique des Solides</b>
Lieu d'enseignement	UFR des Sciences et Techniques
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	DUVAIL JEAN-LUC
Volume horaire total	<b>TOTAL : 28h Répartition : CM : 13.34h TD : 12h CI : 0h TP : 0h EAD : 2.66h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	<b>Physique du solide niveau Licence 3 ; ondes et vibrations ; électromagnétisme 3 (dans la matière) ; physique atomique</b>
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 Sciences de la Matière - option Nano, M1 Sciences de la Matière - option ENR, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Physique des Solides <b>100%</b>

Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p><i>L'objectif est de connaître les propriétés physiques fondamentales des matériaux métalliques et semi-conducteurs et comprendre la corrélation entre structure cristalline, structure électronique ou phononique et les propriétés électriques, optiques et thermiques.</i></p> <p><i>A l'issue de l'enseignement, l'étudiant devra être capable de :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• distinguer un métal d'un semi-conducteur ou d'un isolant à partir de sa structure électronique ou de ses caractéristiques électriques et optiques</li> <li>• comprendre et expliquer la relation entre structure cristalline, structure électronique et propriétés fondamentales électriques, optiques et thermiques des matériaux cristallins</li> <li>• expliquer l'origine de l'évolution du comportement électrique avec la température pour un métal et un semi-conducteur</li> <li>• comprendre les phénomènes de transport de charge dans une jonction p-n</li> <li>• comprendre et expliquer les relations de dispersion des phonons, les modèles d'Einstein et de Debye</li> <li>• exploiter la relation de dispersion des phonons d'un solide cristallin pour expliquer le comportement thermique, optique dans l'infra-rouge ainsi que la vitesse du son</li> <li>• connaître les ordres de grandeur des observables physiques caractéristiques des phénomènes étudiés pour les divers types de matériaux.</li> </ul>
Contenu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Phonons dans les solides <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vibrations du réseau</li> <li>- Modèles de Debye et d'Einstein</li> <li>- Propriétés thermiques</li> </ul> </li> <li>2. Bandes d'énergie : modèles quantiques de l'électron libre et de l'électron lié (Sommerfeld) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limite du gaz d'électrons libres</li> <li>- Relation de dispersion</li> <li>- Structure électronique et bande d'énergie d'un métal, d'un semi-conducteur</li> </ul> </li> <li>3. Phénomènes de transport électronique et propriétés optiques dans les métaux <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comportement électrique en température : interactions électron-phonon et électron-électron</li> <li>- Comportement optique</li> </ul> </li> <li>4. Phénomènes de transport électronique et propriétés optiques dans les semiconducteurs <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comportement intrinsèque</li> <li>- Dopage de type p (trous) et n (électrons) et conduction extrinsèque</li> <li>- Comportement électrique en température</li> <li>- Jonctions p-n dans un semiconducteur (phénomènes de diffusion des charges, relation d'Einstein)</li> <li>- Comportement optique</li> </ul> </li> </ol>
Méthodes d'enseignement	Cours magistral + travail personnel sur articles + exercices
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X1PP040</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 : 14.67h TD : 14.67h CI : 0h TP : 0h EAD : 2.66h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	Physique nucléaire L3 Mécanique quantique L3
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, 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. Energie 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>

<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-requise(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 Chi2</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X1SM020</b>	<b>Physique expérimentale 1 : Physique du Solide</b>
Lieu d'enseignement	UFR des Sciences et Techniques
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	BERTONCINI PATRICIA
Volume horaire total	<b>TOTAL : 24h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 21h EAD : 3h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	Electricité (L1), Electromagnétisme (L3), Physique du Solide (L3, M1), Physique statistique (L3, ML1), Physique atomique (L3, M1), Mécanique quantique (L3, M1)
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 Sciences de la Matière - option Nano, M1 Sciences de la Matière - option ENR, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Physique expérimentale 1 : Physique du Solide <b>100%</b>
Obtention de l'UE	<p>Evaluation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôle continu : moyenne des compte-rendu de TP (50% de la note finale)</li> <li>• Examen pratique : tirage au sort d'un sujet d'examen, réalisation du montage, prise de mesures, exploitation et analyse des résultats (50% de la note finale)</li> </ul>
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant devra être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• connaître et employer adéquatement les principes de la physique expérimentale : les mesures, leurs incertitudes, les instruments de mesure et leur calibration, le traitement de données.</li> <li>• mettre en œuvre une démarche expérimentale : suivre et proposer un protocole de mesure, analyser des données expérimentales, comparer avec un modèle, interpréter les résultats, élaborer une synthèse.</li> <li>• utiliser les appareils de mesure et les techniques d'analyse les plus courants.</li> <li>• prendre connaissance et appliquer les consignes de sécurité.</li> <li>• rédiger clairement un compte-rendu scientifique en respectant les conventions et les règles spécifiques de la discipline.</li> <li>• travailler de manière autonome et en équipe.</li> </ul>

Contenu	<p>L'objectif de cette unité d'enseignement est d'approfondir les connaissances et la compréhension de phénomènes physiques par leur observation directe et leur étude lors de diverses expériences. 7 manipulations de trois heures sont proposées permettant d'illustrer certains aspects de la physique du solide et de la physique atomique et moléculaire.</p> <p>Les différentes manipulations proposées permettent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de caractériser les propriétés électriques de matériaux semi-conducteurs intrinsèque et dopé (largeur de la bande interdite du germanium, résistivité, conductivité et densité des porteurs de charges à température ambiante pour un échantillon de Ge pur et de GE dopé)</li> <li>• de mesurer la susceptibilité magnétique de plusieurs substances isotropes diamagnétiques et paramagnétiques (échantillons solides et liquides)</li> <li>• de déterminer, en fonction de la température, la polarisation spontanée et la constante diélectrique d'un cristal ferroélectrique en vue de connaître sa température de transition ferroélectrique-paraélectrique, ainsi que sa constante de Curie et l'ordre de la transition</li> <li>• d'illustrer les propriétés de matériaux ferromagnétiques (domaines de Weiss, sauts et/ou rotation de l'aimantation, anisotropie magnéto-cristalline, courbe de première aimantation, cycles d'hystérésis, aimantation à saturation, aimantation rémanente, champ coercitif...)</li> <li>• d'étudier l'effet Zeeman normal et anormal en configuration transverse et longitudinale sur les raies rouges et vertes du cadmium (nombre de raies, polarisation, détermination de la courbe de décalage en fréquence (ou en longueur d'onde) en fonction de B)</li> <li>• de déterminer la valeur du facteur de Landé g d'un échantillon polycristallin paramagnétique de diphénylpikrylhydrazyle ainsi que la largeur à mi-hauteur de sa raie de résonance en effectuant des mesures par spectroscopie de résonance de spin électronique</li> <li>• de s'initier à la microscopie à effet tunnel (visualisation de la surface d'un échantillon de graphite et de TaS<sub>2</sub>, caractéristiques courant-tension (I-V) à l'échelle nanométrique de différents matériaux (or, graphite et MoS<sub>2</sub>) par spectroscopie à effet tunnel).</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	Travaux pratiques réalisés par binôme
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

X1PP060	Anglais Scientifique
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	KERVISION SYLVIE
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	M1 Physique, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Anglais Scientifique <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>Au terme de cette UE, l'étudiant-e :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. connaîtra le format des articles de recherche et pourra adopter une stratégie de lecture efficace des articles de recherche en anglais</li> <li>2. aura approfondi sa connaissance des points de grammaire posant le plus problème aux locuteurs non-natifs dans les articles de recherche en sciences (choix des temps, voix passive / voix active, utilisation des auxiliaires de modalités, emploi des prépositions)</li> <li>3. pourra prendre la parole dans un contexte de communication scientifique (conférence, congrès, séminaire, small talk)</li> </ol>
Contenu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Étude d'articles de recherche pour en élucider la structure et élaborer des stratégies de lecture efficaces</li> <li>2. Exercices permettant aux étudiant-e-s de revoir et d'approfondir leur connaissance des systèmes syntaxique et grammatical de l'anglais universitaire scientifique</li> <li>3. Exercices de compréhension orale à partir de documents authentiques en anglais universitaire</li> <li>4. Entraînement à la prise de parole dans des contextes de communication scientifique</li> </ol>

Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Anglais
Bibliographie	

<b>X1PP070</b>	<b>Connaissance de l'entreprise - Entrepreneuriat</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	GODARD OLIVIER
Volume horaire total	<b>TOTAL : 12h Répartition : CM : 0h TD : 9h CI : 0h TP : 0h EAD : 3h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique,M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Connaissance de l'entreprise - Entrepreneuriat <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
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 : 16h Répartition : CM : 8h TD : 6.67h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.33h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(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>

<b>X1LA010</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</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	M1 Electronique Energie Electrique Automatique - Mention EEA,M1 Sciences Biologiques - Mention BS,M1 Ingénierie Statistique (IS),M1 Bioinformatique/Biostatistique - Mention BI,M1 Visual Computing (VICO),M1 Mécanique et Fiabilité des Structures,M1 Physique,M1 Gestion des Risques, Santé, Sécurité, Environnement (GRISSE),M1 Sciences de la Matière - option Nano,M1 Apprentissage et Traitement Automatique de la Langue (ATAL),M1 Sciences Biologiques - Mention BS,M1 Chimie-Biologie,M1 Sciences de la Matière - option ENR,M1 Sciences & Santé,M1 Architecture Logicielle (ALMA),M1 Data Science (DS) ,M1 CMI-ICM,M1 Chimie Moléculaire et Thérapeutique (CMT),M1 CMI-IS,M1 Mathématiques Fondamentales et Appliquées (MFA),M1 Modélisation, Analyse numérique et Calcul Scientifique (MACS),M1 Nutrition et Sciences des Aliments,M1 Analyse, Molécules, Matériaux, Médicaments (A3M),M1 LUmière Molécule MATière (LUMOMAT),M1 Electronique Energie Electrique Automatique - Mention EEA,M1 Optimisation en Recherche Opérationnelle (ORO),M1 MIAGE - alternance,M1 MIAGE - classique,M1 Bioinformatique/Biostatistique - Mention BI,M1 CMI-INA,M1 Conception et réalisation des bâtiments,M1 Travaux Publics, Maritimes et Maintenance - Mention GC,M1 CMI-OPTIM,M1 Travaux Publics, Maritimes et Maintenance - Mention TM,M1 Electronique Energie Electrique Automatique - Mention SDM,M1 Electronique Energie Electrique Automatique - Mention SDM,M1 Sciences Biologiques - Mention SMPS,M1 Sciences Biologiques - Mention SMPS,M1 Bioinformatique/Biostatistique - Mention BS,M1 Bioinformatique/Biostatistique - Mention BS,M1 GE Cartographie et Gestion Environnement,M1 GE Cartographie et Gestion Environnement,M1 STPE Sciences de la Terre et des Planètes, Environnement,M1 STPE Sciences de la Terre et des Planètes, Environnement,M1 GE Ecosystèmes et Bioproduction Marine,M1 GE Ecosystèmes et Bioproduction Marine
<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>X2PP010</b>	<b>Physique expérimentale 2</b>
Lieu d'enseignement	

Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	RAVEL OLIVIER
Volume horaire total	<b>TOTAL : 23h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 21.67h EAD : 1.33h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	Physique nucléaire de L3 Interaction rayonnement matière de M1
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Physique expérimentale 2 <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	Panorama des effets physiques et des techniques expérimentales utilisés en physique subatomique : - 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.
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X2PP020</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 : 20h Répartition : CM : 9.33h TD : 9.34h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.33h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Neutronique - Physique des réacteurs <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. 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.
Contenu	<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 ; formule à 4 facteurs + fuites, 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> </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>X2PP030</b>	<b>Rayonnements ionisants, applications médicales et industrielles</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	HADDAD FERID
Volume horaire total	<b>TOTAL : 12h Répartition : CM : 5.33h TD : 5.34h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.33h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	Physique nucléaire de L3. Physique subatomique de M1
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Rayonnements ionisants, applications médicales et industrielles <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	<p>Applications médicales des rayonnements ionisants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pour le diagnostic : imagerie</li> <li>- pour la thérapie : radiothérapie externe et interne</li> <li>- introduction à la dosimétrie clinique</li> </ul> <p>Applications industrielles des rayonnements ionisants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- caractérisation de matériaux : méthodes PIXE, RBS, activation neutronique</li> <li>- méthodes de datation</li> <li>- stérilisation, utilisation dans l'industrie chimique et pétrolière.</li> </ul> <p>Un travail sous forme de projet viendra compléter cet enseignement.</p>

Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X2PP040</b>	<b>Électromagnétisme et imagerie</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	LEDUC DOMINIQUE
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)	Optique géométrique et ondulatoire Électromagnétisme
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Électromagnétisme et imagerie <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Utiliser la transformation de Fourier pour l'imagerie
Contenu	Formation des images et diffraction - Théorie de la diffraction de Kirchhoff - Formation des images en éclairage incohérent - Lentille - systèmes linéaires - réponse impulsionnelle - fréquence spatiale - fonction de transfert optique, fonction de transfert de modulation Limite des courtes longueurs d'onde - Equation iconale - Principe de Fermat - Tomographie
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<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 : 15h Répartition : CM : 6.67h TD : 6.67h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.66h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(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>• Trous 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>X2PP070</b>	<b>Symétries, groupes et particules</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	SAMI TAKLIT
Volume horaire total	<b>TOTAL : 20h Répartition : CM : 9.33h TD : 9.34h CI : 0h TP : 0h EAD : 1.33h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	Mécanique lagrangienne et hamiltonienne L3 Mécanique quantique L3 Outils mathématiques L Physique subatomique M1
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Symétries, groupes et particules <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	

Objectifs (résultats d'apprentissage)	Décrire la construction des représentations. Relier des notions abstraites à des concepts physiques bien précis. Saisir et renforcer l'idée de l'importance des symétries en physique. Développer une vision d'unité de la physique sous ses différents aspects.
Contenu	Le premier objectif est d'acquérir les notions de base sur les groupes, les algèbres associées, les représentations des algèbres, les générateurs et tous les concepts associés. Cela étant acquis, le but de cette UE est de familiariser les étudiants avec les groupes et les algèbres de Lie et de montrer les liens avec la physique en général et la physique des particules en particulier. Nous commencerons par les représentations des groupes de rotations et les générateurs de $SO(3)$ . Nous verrons le lien avec l'algèbre des opérateurs de moment angulaire. Nous allons ensuite construire la représentation fondamentale de l'algèbre de $SU(2)$ et montrer le lien avec le spin puis l'isospin. Nous nous intéresserons ensuite à $SU(3)$ et à ses générateurs. L'algèbre de Lie de $SU(3)$ et ses sous-algèbres seront étudiées en insistant sur le lien avec l'isospin, l'hypercharge et les opérateurs d'échange. Le lien sera fait entre les quarks et $SU(3)$ et la construction des multiplets à partir des représentations élémentaires suivra. Nous verrons comment construire les multiplets de mésons et ceux des baryons. Nous terminerons par les représentations des groupes de permutation et les tableaux de Young.
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X2PP080</b>	<b>Le problème à N corps</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	BLUHM MARCUS
Volume horaire total	<b>TOTAL : 24h Répartition : CM : 10.67h TD : 10.67h CI : 0h TP : 0h EAD : 2.66h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Le problème à N corps <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Utiliser le formalisme de la seconde quantification et comprendre le passage de l'espace de Hilbert à un corps à l'espace de Fock à plusieurs corps. Appliquer les méthodes d'approximation et les techniques de base pour la description de systèmes complexes à différents problèmes physiques.

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 Schrödinger 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>X2PP090</b>	<b>Monte Carlo Simulation in Physics</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	WERNER KLAUS
Volume horaire total	<b>TOTAL : 24h Répartition : CM : 10.67h TD : 0h CI : 0h TP : 12h EAD : 1.33h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Monte Carlo Simulation in Physics <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	<p>Comprendre la définition de nombres aléatoires uniformes et les méthodes de base de génération de nombres aléatoires suivant une loi quelconque.</p> <p>Utiliser les techniques de résolution de problèmes de diffusion à l'aide de marches au hasard.</p> <p>Programmer la génération de nombres aléatoires uniformes et non-uniformes en appliquant les techniques de base (inversion, acception-rejet, etc).</p> <p>Réaliser des marches au hasard pour une grande variété de problèmes à 1 et 2 dimensions.</p>



Contenu	<p>1 Nombres aléatoires</p> <p>1.1 Définition de nombres aléatoires</p> <p>1.2 Nombres aléatoires uniformes</p> <p>1.3 Générateur chaotique</p> <p>1.4 Générateur congruentiel</p> <p>1.5 Générateurs par déplacement de registre</p> <p>1.6 Générateurs réalistes</p> <p>2 Génération de nombres aléatoires suivant une loi quelconque</p> <p>2.1 Méthode d'inversion</p> <p>2.2 Changement d'échelle</p> <p>2.3 Méthode d'acceptation-rejet</p> <p>2.4 Distributions discrètes</p> <p>2.5 Superposition de distributions</p> <p>2.6 Combinaison de plusieurs méthodes</p> <p>2.7 Combinaison de nombres aléatoires</p> <p>2.8 Méthode directe pour la loi normale</p> <p>3 Application : Marche au hasard (MH)</p> <p>3.1 Marche au hasard à une dimension, équation de diffusion</p> <p>3.2 Solution de l'équation de diffusion à 1D pour une distribution initiale du type gaussien</p> <p>3.3 Solution par Monte Carlo (MC) .</p> <p>3.4 MH avec désintégration (1D) .</p> <p>3.5 MH et équation de Fokker-Planck (1D)</p> <p>3.6 MH à deux dimensions (2D)</p> <p>3.7 Solution de l'équation de diffusion à 2D pour une distribution initiale du type gaussien</p> <p>3.8 MH 2D : Solution par Monte Carlo</p> <p>3.9 MH 2D : Direction aléatoire</p> <p>3.10 Généralisation à trois dimensions</p> <p>En travaux pratiques :</p> <p>1. Génération nombres aléatoires uniformes. Calcul de leur distribution.</p> <p>2. Génération de NA non-uniformes, calcul de distributions (beaucoup de cas, méthodes différentes)</p> <p>3. Marches au hasard</p> <p>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.</p> <p>MH2d : Cinq marches, visualisation, calcul de la distribution de la distance au point de départ.</p>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Anglais
Bibliographie	

<b>X2PP100</b>	<b>Projet expérimental</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	EUDES PHILIPPE RAVEL OLIVIER
Volume horaire total	<b>TOTAL : 12h Répartition : CM : 0h TD : 0h CI : 0h TP : 8h EAD : 4h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requise(s)	
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 Physique, M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Projet expérimental <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Utiliser l'ordinateur pour simuler un détecteur de rayonnement ionisant Travailler en équipe pour mener à bien un projet

Contenu	Simulation à l'aide de méthodes Monte-Carlo ou d'autres outils logiciels des différents dispositifs utilisés en travaux pratiques de physique nucléaire et d'interaction rayonnement-matière et comparaison avec les résultats obtenus lors de ces TP.
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X2PP110</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 Physique,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>X2PP120</b>	<b>Projet tutoré analyse</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	2
Responsable de l'UE	EUDES PHILIPPE MASBOU JULIEN
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 Physique,M1 CMI-INA
<b>Evaluation</b>	

Pondération pour chaque matière	Projet tutoré analyse <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Concevoir un problème original mettant en rapport les connaissances acquises dans les différents domaines de l'interaction rayonnement-matière Analyser des articles scientifiques abordant un thème de la cosmologie Travailler en équipe
Contenu	Projet interaction rayonnement-matière Projet cosmologie
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	

<b>X2PP130</b>	<b>Théorie et Traitement du Signal</b>
Lieu d'enseignement	
Niveau	Master
Semestre	1
Responsable de l'UE	HUNEAU CLEMENT
Volume horaire total	<b>TOTAL : 29.8h</b> Répartition : <b>CM : 9.14h TD : 11.67h CI : 0h TP : 6.33h EAD : 2.66h</b>
<b>Place de l'enseignement</b>	
UE pré-requis(s)	UE Maths : Probabilités, Transformées de Fourier et de Laplace, produit de convolution
Parcours d'études comprenant l'UE	M1 CMI-INA, M1 Sciences de la Matière - option Nano, M1 Physique, M1 CMI-ICM
<b>Evaluation</b>	
Pondération pour chaque matière	Théorie et Traitement du Signal <b>100%</b>
Obtention de l'UE	
<b>Programme</b>	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	A l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera : <ul style="list-style-type: none"> <li>capable d'évaluer la qualité d'un échantillonnage</li> <li>capable de déterminer si un processus aléatoire est stationnaire et ergodique</li> <li>capable de déterminer le rapport signal sur bruit, en particulier dans l'hypothèse d'un bruit blanc</li> <li>familiarisé avec l'outil Matlab et Toolbox Signal Processing</li> </ul> A l'issue de cet enseignement, l'étudiant(e) devra appréhender la résolution d'équations différentielles et d'équations aux dérivées partielles.

Contenu	<p>1. Signaux déterministes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evolution temporelle et fréquentielle - Spectres d'amplitude</li> <li>- Filtrage linéaire : propriétés, fonction de transfert, gain, réponses impulsionnelle et indicielle</li> <li>- Echantillonnage : théorème de Shannon, conséquences spectrales</li> <li>- Caractéristiques énergétiques, densités spectrales</li> </ul> <p>2. Signaux et bruits aléatoires :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rappels probabilités</li> <li>- Stationnarité - Ergodisme</li> <li>- Fonctions de corrélation - Densité spectrale</li> <li>- Bruit blanc</li> <li>- Bruit d'agitation thermique - bruit de grenaille</li> <li>- Rapport signal sur bruit</li> <li>- Détection par filtrage linéaire d'un signal noyé dans un bruit</li> </ul> <p>1. Fonctions Gamma, Béta, d'erreur et Loi de Laplace-Gauss</p> <p>2. Résolution des équations différentielles du second ordre par la méthode de Fuchs : polynômes d'Hermite, de Legendre, de Laguerre, harmoniques sphériques ; fonctions de Bessel, de Tchebycheff, hypergéométrique.</p> <p>3. Equations aux dérivées partielles : équations des cordes vibrantes, de Laplace et de Poisson.</p>
Méthodes d'enseignement	
Langue d'enseignement	Français
Bibliographie	Frédéric de Coulon (2013). <i>Theorie et traitement des signaux (4e édition)</i> . PPUR, Collection : Traité d'Électricité.

Dernière modification par THIERRY GOUSSET, le 2020-09-14 19:18:29