

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**OFFRE DE FORMATION
L.M.D.**

MASTER ACADEMIQUE

Etablissement	Faculté / Institut	Département
Université de Sétif	Faculté des Sciences	Physique

Domaine	Filière	Spécialité
Science de la Matière	Physique	Physique Théorique et Fondamentale

Responsable de l'équipe du domaine de formation :
Prof. Bourzami Abdelkader

• •

	/	

:

SOMMAIRE

I - Fiche d'identité du Master	4
1 - Localisation de la formation	5
2 – Coordonateurs	5
3 - Partenaires extérieurs éventuels	5
4 - Contexte et objectifs de la formation	5
A - Organisation générale de la formation : position du projet	5
B - Conditions d'accès	6
C - Objectifs de la formation	6
D - Profils et compétences visée	7
E - Potentialités régionales et nationales d'employabilité	7
F - Passerelles vers les autres spécialités	7
G - Indicateurs de suivi du projet de formation	7
5 - Moyens humains disponibles	9
A - Capacité d'encadrement	9
B - Equipe d'encadrement de la formation	9
B-1 : Encadrement Interne	9
B-2 : Encadrement Externe	11
B-3 : Synthèse globale des ressources humaines	12
B-4 : Personnel permanent de soutien	12
6 - Moyens matériels disponibles	13
A - Laboratoires Pédagogiques et Equipements	13
B- Terrains de stage et formations en entreprise	13
C - Laboratoires de recherche de soutien à la formation proposée	13
D - Projets de recherche de soutien à la formation proposée	14
E - Documentation disponible	14
F - Espaces de travaux personnels et TIC	14
II - Fiche d'organisation semestrielle des enseignements	15
1- Semestre 1	16
2- Semestre 2	17
3- Semestre 3	18
4- Semestre 4	19
5- Récapitulatif global de la formation	19
III - Fiche d'organisation des unités d'enseignement	20
IV - Programme détaillé par matière	30
V – Accords / conventions	60
VI – Curriculum Vitae des coordonateurs	63
VII - Avis et Visas des organes administratifs et consultatifs	65
VIII - Visa de la Conférence Régionale	66

I – Fiche d'identité du Master

1. Localisation de la formation :

Faculté (ou Institut) : Faculté des Sciences

Département : Physique

Section :

2. Coordonateurs :

- Responsable de l'équipe du domaine de formation

(Professeur ou Maître de conférences Classe A) :

Nom & prénom : Bourzami Abdelkader

Grade : Professeur

☎ : 0776338743 Fax :

E - mail : abourzami@yahoo.fr

Joindre un CV succinct en annexe de l'offre de formation (maximum 3 pages)

- Responsable de l'équipe de la filière de formation

(Maitre de conférences Classe A ou B ou Maitre Assistant classe A) :

Nom & prénom : Hachemi Hacene

Grade : Professeur

☎ : 0773906637 Fax :

E - mail : h_hachemi@yahoo.fr

Joindre un CV succinct en annexe de l'offre de formation (maximum 3 pages)

- Responsable de l'équipe de spécialité

(Au moins Maitre Assistant Classe A) :

Nom & prénom: Maamache Mustapha

Grade: Professeur

☎: 07 74 40 12 04

Fax : 036 92 61 53 E - mail: maamache_m@yahoo.fr

Joindre un CV succinct en annexe de l'offre de formation (maximum 3 pages)

3. Partenaires extérieurs *:

- autres établissements partenaires :

– Néant

- entreprises et autres partenaires socio économiques :

– Néant

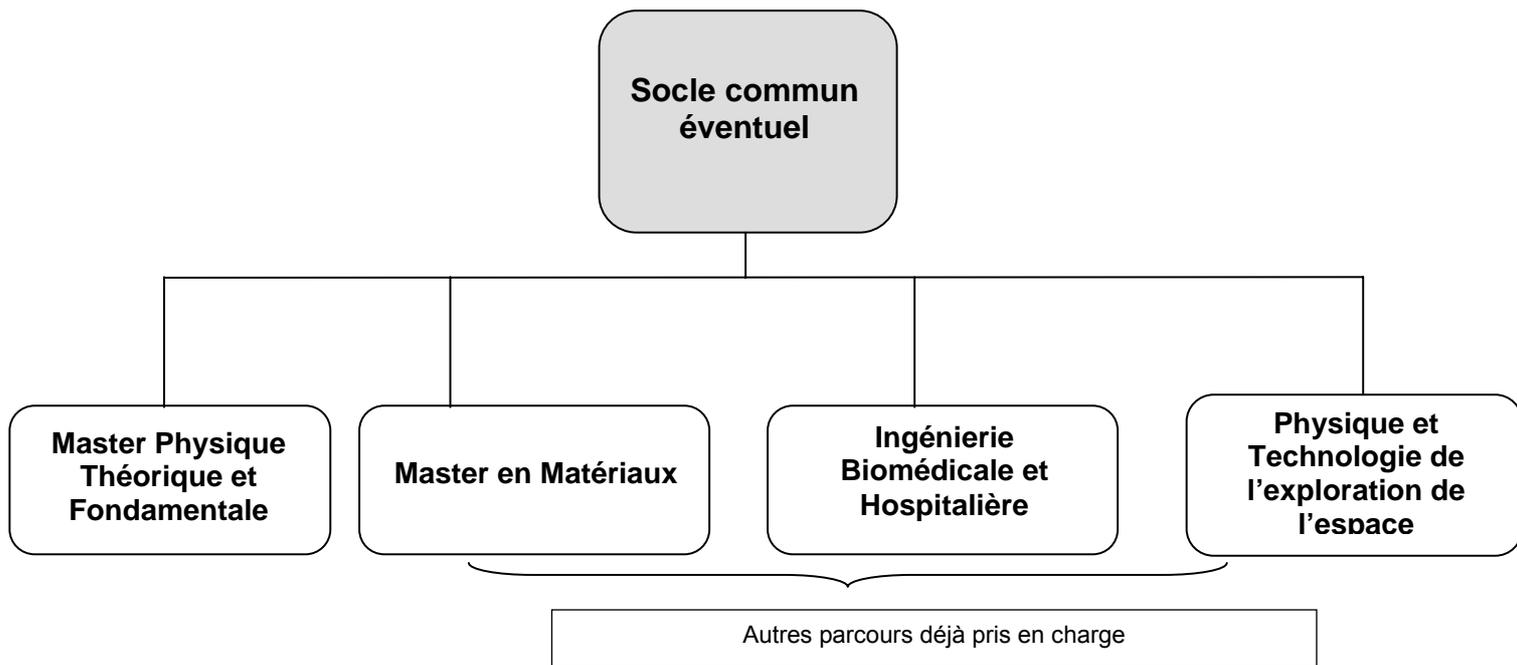
- Partenaires internationaux :

– Néant

4. Contexte et objectifs de la formation

A – Organisation générale de la formation : position du projet

Si plusieurs Masters sont proposés ou déjà pris en charge au niveau de l'établissement (même équipe de formation ou d'autres équipes de formation), indiquez dans le schéma suivant, la position de ce projet par rapport aux autres parcours.



B – Conditions d'accès (indiquer les parcours types de licence qui peuvent donner accès à la formation Master proposée)

La sélection se fera sur la base de l'étude du dossier de l'étudiant en tenant compte particulièrement des résultats du candidat et du programme étudié pendant le cursus.

Les diplômes qui donnent accès à la formation proposée sont :

- Licence de Physique, Option: Physique fondamentale
- Licence de Physique, Option: Physique théorique

C - Objectifs de la formation (compétences visées, connaissances acquises à l'issue de la formation- maximum 20 lignes)

Après une formation de base au niveau de la licence, l'étudiant possède un bagage minimum en physique fondamentale pour entamer une formation en Master de Physique Fondamentale.

Cette formation a pour objectif d'approfondir encore plus les éléments acquis: en physique fondamentale et de fournir une solide formation à l'étudiant.

Et d'élargir ces acquisitions en combinant la mécanique quantique avec :
La relativité restreinte, la physique statistique, la théorie des champs et l'optique

De généraliser les concepts de physique acquis ci-dessus en éléments plus consistants lui permettant d'aborder une initiation à la recherche. Ces généralisations d'ordre fondamental, technique et mathématique sont :

1. Mécanique quantique et classique des systèmes dépendant du temps
2. Interaction rayonnement - matière

3. Problèmes à N corps
4. Théorie du magnétisme
5. Physique statistique et transition de phase
6. Gravitation massive
7. Système PT-symétriques
8. Intégrales de chemin

D – Profils et compétences visées (*maximum 20 lignes*) :

« Les lauréats de ce Master, pourront continuer leur formation à travers un doctorat, ou bien occuper des postes en tant que chercheurs dans les différents centre de recherche en physique théorique ou expérimentale (fondamentale, modélisation et conception....). Les secteurs visés sont :

1. Les laboratoires de recherche fondamentale
2. Physique et médecine nucléaire
3. Astrophysique
4. Sciences géophysiques
5. Domaine des nanotechnologies

E- Potentialités régionales et nationales d'employabilité

Ce Master vise une formation de très haut niveau en physique théorique et fondamentale avec une large gamme de cours permettant une spécialisation au cours de la formation. Ce master permettra aux étudiants d'aborder par la suite une formation doctorale tant pour des thèses expérimentales que théoriques. Les futurs lauréats de cette formation seront la composante des laboratoires et centres de recherche au niveau régional et national.

Par ailleurs, leur acquis en sciences fondamentales leur permet d'être utiles dans le secteur éducatif et économique.

F – Passerelles vers les autres spécialités

Ce Master, par la richesse de son programme, établit de fait des passerelles vers d'autres spécialités telles que :

1. Sciences nucléaires
2. Les nanotechnologies
3. Physique médicale
4. Sciences spatiales et télédétection
5. Géophysique
6. Physique des matériaux

G – Indicateurs de suivi du projet

Durant les semestres 1 et 2 du M1 et le semestre 1 du M2, l'évaluation des étudiants se fera en continu à travers le travail personnel, devoirs pour les unités fondamentales, ainsi que

par un examen écrit en fin de chaque semestre pour chaque unité d'enseignement. Le semestre 2 du M2 sera évalué sur la base d'un mémoire qui sera présenté en fin de semestre devant un jury.

Les modalités de passage et d'orientation seront fixées par une commission compétente au niveau de la faculté des sciences.

5. Moyens humains disponibles

A: Capacité d'encadrement: 25 Etudiants

B: Equipe d'encadrement de la formation :

B-1: Encadrement Interne :

Nom, prénom	Diplôme	Grade	Laboratoire de recherche de rattachement	Type d'intervention *	Emargement
MAAMACHE Mustapha	Doctorat d'état	Prof	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	Cours, TD, Encad. Mémoire	
BENCHEIKH Kamel	Doctorat d'état	Prof	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	Cours, TD, Encad. Mémoire	
HACHEMI Hacene	Doctorat d'état	Prof	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	Cours, TD, Encad. Mémoire	
HACHEMI Amel née KARA	Doctorat d'état	Prof	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	Cours, TD, Encad. Mémoire	
MANSOURI Abdelaziz	Doctorat d'état	Prof	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	Cours, TD, Encad. Mémoire	
HAROUN ABDELHALIM	Doctorat d'état	Prof	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	Cours, TD, Encad. Mémoire	
HOUAMER Salim	Doctorat en sciences	MC A	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	Cours, TD, Encad. Mémoire	
BEKKAR Hacene	Doctorat en sciences	MC A	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	Cours, TD, Encad. Mémoire	

Nom, prénom	Diplôme	Grade	Laboratoire de recherche de rattachement	Type d'intervention *	Emargement
MENOUAR Salah	Doctorat en sciences	MC B	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	Cours, TD, Encad. Mémoire	
Guennoune Karima née Berkane	Doctorat en sciences	MC B	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	Cours, TD, Encad. Mémoire	
Kada Imene	Doctorat en sciences	MC B	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	Cours, TD, Encad. Mémoire	
GUENNOUNE Hakim	Magister	MA A	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	TD	
SAADI Yahia	Magister	MA A	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	TD	
CHAABI Nadir	Magister	MA A	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	TD	
OULD LAHOUCINE Hassan Khaled	Magister	MA A	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	TD	
LAKHAL Halim	Magister	MA A	Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques	TD	

* = Cours, TD, TP, Encadrement de stage, Encadrement de mémoire, autre (à préciser)

B-2 : Encadrement Externe :

Nom, prénom	Diplôme	Etablissement de rattachement	Type d'intervention *	Emargement

* = Cours, TD, TP, Encadrement de stage, Encadrement de mémoire, autre (à préciser)

B-3 : Synthèse globale des ressources humaines :

Grade	Effectif Interne	Effectif Externe	Total
Professeurs	6	0	6
Maîtres de Conférences (A)	2	0	2
Maîtres de Conférences (B)	3	0	3
Maître Assistant (A)	5	0	5
Maître Assistant (B)	0	0	0
Directeur de recherche CNRS (France)	0	0	0
Total	16	0	16

B-4 : Personnel permanent de soutien (indiquer les différentes catégories)

Grade	Effectif
Néant	Néant

6. Moyens matériels disponibles

A- Laboratoires Pédagogiques et Equipements : Fiche des équipements pédagogiques existants pour les TP de la formation envisagée (1 fiche par laboratoire)

- Intitulé du laboratoire : Salles d'informatique de la faculté

Capacité en étudiants : 30

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	Observations
01	Micro-ordinateurs	30	

- Intitulé du laboratoire : Laboratoire de physique quantique et systèmes dynamiques

Capacité en étudiants : 25

N°	Intitulé de l'équipement	Nombre	observations
01	Micro-ordinateurs	30	
02	Station de calcul HP xw8600 Workstation	01	

B- Terrains de stage et formation en entreprise : Néant

Lieu du stage	Nombre d'étudiants	Durée du stage

C- Laboratoire(s) de recherche de soutien à la formation proposée :

Chef du laboratoire: MAAMACHE Mustapha
N° Agrément du laboratoire: 303 du 03 Décembre 2001
Date:
Avis du chef de laboratoire :

D- Projet(s) de recherche de soutien à la formation proposée :

Intitulé du projet de recherche	Code du projet	Date du début du projet	Date de fin du projet
Généralisation du théorème adiabatique au spectre continu (2007-2009), projet CNEPRU		2007	2011
Etude et quantification du champ électromagnétique dans les milieux dépendant du temps, projet CNEPRU		2009	
Dynamique Quantique relativiste d'un électron soumis à un champ électromagnétique dépendant du temps, Projet PNR		2011	
Etude physique de l'ionisation de molécules d'intérêt pour la biologie, projet CNEPRU		2009	
Modélisation de l'interaction rayonnement-matière biologique, projet PNR		2011	

E- Documentation disponible : *(en rapport avec l'offre de formation proposée)*

- Bibliothèque centrale
- Bibliothèque de la faculté
- Bibliothèque du Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques

F- Espaces de travaux personnels et TIC :

- Salles d'informatique de la faculté
- Salle de documentation du Laboratoire de Physique Quantique et Systèmes Dynamiques

II – Fiche d'organisation semestrielle des enseignements

(Prière de présenter les fiches des 4 semestres)

1- Semestre 1 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff.	Crédits	Mode d'évaluation	
	13 sem.	C	TD	TP	Travail personnel			Continu	Examen
UE fondamentales									
UEF1 (Obligatoire)									
Mécanique Quantique Avancée I	58.5 h	3 h	1.5 h			5	6	Continu	Examen
Physique statistique I	58.5 h	3 h	1.5 h			5	6	Continu	Examen
UEF2 (Obligatoire)									
Mécanique Quantique Relativiste	58.5 h	3 h	1.5 h			5	6	Continu	Examen
UE méthodologie									
UEM1 (Obligatoire)									
Mathématique I	58.5 h	3 h	1.5 h			3	5		Examen
Théorie générale de la physique du Solide	58.5 h	3 h	1.5 h			3	5		Examen
UE transversales									
UET1 (Obligatoire)									
Anglais	19.5 h	1.5 h				1	2		Examen
Total Semestre 1	312 h	214.5 h	97.5 h			22	30		

Total V.H hebdomadaire (Semestre 1) : 24 heures

2- Semestre 2 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff.	Crédits	Mode d'évaluation	
	13 sem.	C	TD	TP	Travail personnel			Continu	Examen
UE fondamentales									
UEF1 (Obligatoire)									
Mécanique Quantique Avancée II	58.5 h	3 h	1.5 h			5	6	Continu	Examen
Physique Statistique II	58.5 h	3 h	1.5 h			5	6	Continu	Examen
UEF2 (Obligatoire)									
La Théorie Quantique des Champs	58.5 h	3 h	1.5 h			5	6	Continu	Examen
UEF3 (Obligatoire)									
Relativité Générale	58.5 h	3 h	1.5 h			5	6	Continu	Examen
UE Méthodologie									
UEM1 (Obligatoire)									
Mathématique II	58.5 h	3 h	1.5 h			3	4		Examen
UE transversale									
UET1 (Obligatoire)									
Anglais	19.5 h	1.5 h				1	2		Examen
Total Semestre 2	312 h	214.5 h	97.5 h			24	30		

Total V.H hebdomadaire (Semestre 2) : 24 heures

3- Semestre 3 :

Unité d'Enseignement	VHS	V.H hebdomadaire				Coeff.	Crédits	Mode d'évaluation	
	13 sem.	C	TD	TP	Travail Personnel			Continu	Examen
UE fondamentales									
UEF1 (Obligatoire)									
Problèmes à N corps	39 h	1.5 h	1.5 h			4	5	Continu	Examen
Analyse Numérique	58.5 h	1.5 h		3 h		5	5	Continu	Examen
UEF2 (Obligatoire)									
Mécanique quantique et classique des Systèmes Dépendant du Temps	58.5 h	3 h	1.5 h			5	5	Continu	Examen
Physique Atomique et Moléculaire	58.5 h	3 h	1.5 h			5	5	Continu	Examen
UE méthodologie									
UEM1 (Obligatoire)									
PT-symétrie et Pseudo Hermiticité en mécanique quantique	39 h	1.5 h	1.5 h			4	4	Continu	Examen
UE découverte									
UED1 (Obligatoire)									
Théorie Quantique du magnétisme	39 h	1.5 h	1.5 h			4	4		Examen
UE transversales									
UET1 (Obligatoire)									
Anglais	19.5 h	1.5 h				1	2		Examen
Total Semestre 3	312 h	175.5 h	97.5 h	39 h		28	30		

Total V.H hebdomadaire (Semestre 3): 24 heures

4- Semestre 4 :

Domaine : Sciences de la matière
Filière : Physique
Spécialité : Physique Théorique et Fondamentale

La durée du semestre est de 15 semaines. Durant ce semestre, Le travail personnel de l'étudiant consiste, en la présentation et la présence aux séminaires et de participer activement aux activités du laboratoire. Le stage en laboratoire sera sanctionné par un mémoire et une soutenance devant un jury.

	VHS	Coeff.	Crédits
Stage en laboratoire, Séminaires, Travail Personnel	60 h	6	15
Mémoire		6	15
Total Semestre 4	60 h	12	30

5- Récapitulatif global de la formation : (indiquer le VH global séparé en cours, TD, pour les 04 semestres d'enseignement, pour les différents types d'UE)

VH	UE	UEF	UEM	UED	UET	Total
Cours		390 h	136.5 h	19.5 h	58.5 h	604.5 h
TD		195 h	78 h	19.5 h	00 h	292.5 h
TP		39 h	00 h	00 h	00 h	39 h
Stage en laboratoire, Séminaires, Travail Personnel		60 h	00 h	00 h	00 h	60 h
Mémoire		00 h	00 h	00 h	00 h	00 h
Total		684 h	214.5 h	39 h	58.5 h	996 h
Crédits		92	18	4	6	120
% en crédits pour chaque UE		76.67%	15%	03.33%	05%	

III – Fiches d'organisation des unités d'enseignement (Etablir une fiche par UE)

Libellé de l'UEF 1 : Fondamentale**Filière :** Physique**Spécialité :** Physique Théorique et Fondamentale**Semestre :** 1

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 78 h TD: 39 h TP: 00 Travail personnel:
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UEF1 : Fondamentale crédits: 12 Mécanique Quantique Avancée I: Crédits : 6 Coefficient : 5 Physique statistique I: Crédits : 6 Coefficient : 5
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Continu et Examen
Description des matières	- Mécanique Quantique Avancée I L'objectif de ce cours est d'introduire les notions avancées de symétries, de composition du moment angulaire, d'approximations stationnaires et la théorie de la diffusion. - Physique statistique I Appliquer les concepts et les méthodes de la mécanique quantique et de la statistique aux systèmes thermodynamiques (gaz parfaits).

Libellé de l'UEF 2 : Fondamentale**Filière :** Physique**Spécialité :** Physique Théorique et Fondamentale**Semestre :** 1

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 39 h TD: 19.5 h TP: 00 Travail personnel:
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UEF2 : Fondamentale crédits: 6 Mécanique Quantique Relativiste : Crédits : 6 Coefficient : 5
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Continu et Examen
Description des matières	- Mécanique Quantique Relativiste Etendre les concepts et méthodes de la mécanique quantique aux systèmes relativistes bosoniques et fermioniques, et introduire la notion du champ.

Libellé de l'UEM 1 : Méthodologie**Filière :** Physique**Spécialité :** Physique Théorique et Fondamentale**Semestre :** 1

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 78 h TD: 39 h TP: 00 Travail personnel: 00
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UEM 1 : méthodologie crédits: 10 Mathématique I : Crédits : 5 Coefficient : 3 Théorie générale de la physique du Solide : Crédits : 5 Coefficient : 3
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Examen
Description des matières	- Mathématique I L'objectif de ce cours est d'approfondir et de fournir aux étudiants de solides

	<p>connaissances en mathématique. Ces connaissances sont nécessaires à la compréhension des problèmes intervenant en physique mathématique et en physique quantique.</p> <p>- Théorie générale de la physique du Solide</p> <p>L'objectif de ce cours est d'introduire les principes essentiels de la théorie de la physique du solide. Dans cet enseignement nous attacherons une grande importance à la définition des concepts de base. Le cœur du cours sera basé sur la physique des électrons et des vibrations (phonons) dans un solide à partir des fondements de la mécanique quantique. Ceci nous permettra notamment de définir les deux grandes classes de matériaux, les métaux et les isolants dont nous discuterons quelques propriétés fondamentales.</p>
--	--

Libellé de l'UET 1 : Transversale

Filière : Physique

Spécialité : Physique Théorique et Fondamentale

Semestre : 1

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	<p>Cours: 19.5 h TD: 00 TP: 00 Travail personnel: 00</p>
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	<p>UET 1 : Transversale crédits: 2</p> <p>Anglais : Crédits : 2 Coefficient : 1</p>
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Examen
Description des matières	- Anglais Apprendre à communiquer et surtout à lire et rédiger en anglais.

Libellé de l'UEF 1 : Fondamentale

Filière : Physique

Spécialité : Physique Théorique et Fondamentale

Semestre : 2

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 78 h TD: 39 h TP: 00 Travail personnel: 00
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UEF 1 : Fondamentale crédits: 12 Mécanique Quantique Avancée II Crédits : 6 Coefficient : 5 Physique Statistique II Crédits : 6 Coefficient : 5
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Continu et Examen
Description des matières	- Mécanique Quantique Avancée II Introduire à l'étudiant la notion de seconde quantification et le préparer à l'étude des problèmes à N corps. - Physique Statistique II L'objectif de ce cours est de traiter certains sujets d'actualité comme la supraconductivité, la supra fluidité et enfin les systèmes hors équilibre.

Libellé de l'UEF 2 : Fondamentale

Filière : Physique

Spécialité : Physique Théorique et Fondamentale

Semestre : 2

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 39 h TD: 19.5 h TP: 00 Travail personnel: 00
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UEF 2 : Fondamentale crédits: 6 La Théorie Quantique des Champs Crédits : 6 Coefficient : 5
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Continu et Examen
	- La Théorie Quantique des Champs

Description des matières	Quantifier la notion du champ et introduire l'interaction entre champs via la matrice de diffusion et apprendre le calcul perturbatif.
--------------------------	--

Libellé de l'UEF 3 : Fondamentale

Filière : Physique
Spécialité : Physique Théorique et Fondamentale
Semestre : 2

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 39 h TD: 19.5 h TP: 00 Travail personnel: 00
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UEF 3 : Fondamentale crédits: 6 Relativité générale Crédits : 6 Coefficient : 5
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Continu et Examen
Description des matières	- Relativité générale Introduire le principe de relativité générale, les équations du champ gravitationnel et application à la physique de trous noirs.

Libellé de l'UEM 1 : Méthodologie

Filière : Physique
Spécialité : Physique Théorique et Fondamentale
Semestre : 2

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 30 h TD: 15 h TP: 00 Travail personnel: 00
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UEM 1 : Méthodologie crédits: 4 Mathématique II : Crédits : 4 Coefficient : 3
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Examen
Description des matières	- Mathématique II : L'objectif de ce cours est d'approfondir et de fournir aux étudiants de solides connaissances en mathématique. Ces connaissances sont nécessaires à la compréhension des problèmes intervenant en physique mathématique et en physique quantique.

Libellé de l'UET 1: Transversale**Filière :** Physique**Spécialité :** Physique Théorique et Fondamentale**Semestre :** 2

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 19.5 h TD: 00 TP: 00 Travail personnel: 00
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UET 1: Transversale crédits: 2 Anglais : Crédits : 2 Coefficient : 1
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Examen
Description des matières	- Anglais Apprendre à communiquer et surtout à lire et rédiger en anglais.

Libellé de l'UEF 1 : Fondamentale

Filière : Physique

Spécialité : Physique Théorique et Fondamentale

Semestre : 3

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 39 h TD: 19.5 h TP: 39 h Travail personnel: 00
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UEF 1 : Fondamentale crédits: 10 Problèmes à N corps Crédits : 5 Coefficient : 4 Analyse Numérique Crédits : 5 Coefficient : 5
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Continu et Examen
Description des matières	- Problèmes à N corps L'objectif de ce cours est d'initier les étudiants à quelques techniques et méthodes du problème à N particules identiques à température nulle et non nulle et en présence d'un champ extérieur. - Analyse Numérique Introduire le traitement des différentes méthodes de résolution numérique des problèmes physiques et initier l'étudiant à un langage de programmation évolué.

Libellé de l'UEF 2 : Fondamentale

Filière : Physique

Spécialité : Physique Théorique et Fondamentale

Semestre : 3

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 78 h TD: 39 h TP: 00 Travail personnel: 00
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UEF 2 : Fondamentale crédits: 10 Mécanique quantique et classique des systèmes dépendant du temps Crédits : 5 Coefficient : 5 Physique atomique et moléculaire: Crédits : 5 Coefficient : 5

Mode d'évaluation (continu ou examen)	Continu et Examen
Description des matières	<p>- Mécanique quantique et classique des systèmes dépendant du temps L'objectif de ce cours est d'étudier les systèmes classiques et quantiques dépendant du temps ainsi que les différentes méthodes exactes et d'approximation utilisées pour les résoudre ; le théorème adiabatique, la théorie des invariants, ...etc.</p> <p>- Physique atomique et moléculaire: Le but est d'utiliser les fondements physiques de la mécanique quantique pour la compréhension de la structure atomique et moléculaire. L'objet est d'interpréter également les forces responsables de la liaison chimiques dans les molécules dans le cadre de la théorie des orbitales moléculaires.</p>

Libellé de l'UEM 1 : Méthodologie

Filière : Physique

Spécialité : Physique Théorique et Fondamentale

Semestre : 3

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 19.5 h TD: 19.5 h TP: 00 Travail personnel: 00
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UEM 1 : Méthodologie crédits: 4 PT-symétrie et Pseudo Hermiticité en mécanique quantique Crédits : 4 Coefficient : 4
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Continu et Examen
Description des matières	- PT-symétrie et Pseudo Hermiticité en mécanique quantique : il est établi qu'en mécanique quantique que tout spectre réel est associé à un Hamiltonien hermitien. Ce cours aborde les Hamiltoniens non-hermitiens ayant des spectres réels.

Libellé de l'UED 1 : Découverte

Filière : Physique

Spécialité : Physique Théorique et Fondamentale

Semestre : 3

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 19.5 h TD: 19.5 h TP: 00 h Travail personnel: 00
---	--

Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UED 1 : Découverte crédits: 4 Théorie Quantique du magnétisme Crédits : 4 Coefficient : 4
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Examen
Description des matières	- Théorie Quantique du Magnétisme : Ce cours a pour objectif d'introduire le magnétisme en physique théorique et fondamentale. Une fois les concepts fondamentaux acquis ils seront illustrés par des thèmes de recherche actuels tels que la dynamique de spin et le magnétisme quantique.

Libellé de l'UET 1 : Transversale

Filière : Physique

Spécialité : Physique Théorique et Fondamentale

Semestre : 3

Répartition du volume horaire global de l'UE et de ses matières	Cours: 19.5 h TD: 00 TP: 00 Travail personnel: 00
Crédits et coefficients affectés à l'UE et à ses matières	UET 1: Transversale crédits: 2 Anglais : Crédits : 2 Coefficient : 1
Mode d'évaluation (continu ou examen)	Examen
Description des matières	- Anglais Apprendre à communiquer et surtout à lire et rédiger en anglais.

IV - Programme détaillé par matière

(1 fiche détaillée par matière)

Premier Semestre

Intitulé du Master : Physique Théorique et Fondamentale

Matière : MECANIQUE QUANTIQUE AVANCEE I

Enseignant responsable de l'UEF 1 : A. Mansouri

Enseignant responsable de la matière: A. Mansouri et K. Berkane

Objectifs de l'enseignement : L'objectif de ce cours est d'introduire les notions avancées de symétries, de composition du moment angulaire, d'approximations stationnaires et la théorie de la diffusion.

Connaissances préalables recommandées : Mécanique analytique, Mécanique quantique, Algèbre linéaire

Contenu de la matière : MECANIQUE QUANTIQUE AVANCEE I

I. Composition de moment cinétique.

- 1) Addition de 3 moments, coefficients de Clebsch-Gordon et symboles $3j$
- 2) Symboles $6j$, et coefficients de Racah,
- 3) Théorème de Wigner-Eckart
- 4) Cas particuliers.

II. Rotations.

III. Transformations et groupes de transformations

IV. Théorie des représentations

- 5) Représentation de Schrödinger et son groupe de symétrie
- 6) Représentation de Heisenberg et ses applications
- 7) Représentation d'interaction et ses applications
- 8) Représentation d'un opérateur quelconque

V. Méthodes d'approximation.

- 9) Perturbations stationnaires
- 10) Méthode variationnelle
- 11) Perturbations dépendant du temps.

VI. Théorie de la diffusion

- 12) Introduction aux fonctions de Green.
- 13) Théorie générale, propriété de l'amplitude de diffusion.
- 14) Approximation de Born, approximation des basses énergies.
- 15) Notion de section efficace, formule de Rutherford.

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (Livres et photocopiés, sites internet, etc).

- Cohen-Tannoudji et al : Mécanique quantique, tomes 1 et 2, Hermann, Paris.
- Davydov et al. : Quantum mechanics, Pergamon Press, Oxford.

Matière : PHYSIQUE STATISTIQUE I
Enseignant responsable de l'UEF 1 : A. Mansouri
Enseignant responsable de la matière: H. Hachemi

Objectifs de l'enseignement : Appliquer les concepts et les méthodes de la mécanique quantique et de la statistique aux systèmes thermodynamiques (gaz parfaits).

Connaissances préalables recommandées : Mécanique quantique, thermodynamique et physique statistique

Contenu de la matière : PHYSIQUE STATISTIQUE I

I. Mécanique statistique classique -Equilibre

- 1) Ensembles
 - Fluctuations
 - Fonctions de corrélations associées
 - Expression des fonctions thermodynamique en termes de fonctions de corrélations
 - Hiérarchies Yvon-Born-Green pour les fonctions de corrélations
 - Approximation de Bor -Green
- 2) Théorie des perturbations
 - Système de référence
 - Développement en fonction du paramètre de couplage
 - Champ moyen
- 3) Limite thermodynamique
 - Cas des potentiels répulsifs avec attraction de portée finie

II. Mécanique Statistique quantique -Equilibre

- 1) Ensembles
 - Fonction de corrélation
 - Limites classique
- 2) Systèmes de Bosons à basse température
 - Théorie de Bogoliubov
 - Méthode variationnelle

III. Mécanique statistique classique - hors équilibre

- 1) Généralités
 - Equation de Liouville
 - Hierarchies de Bogoliubov-Born-Green-Kerkwood-yvon
- 2) Réponse linéaire
 - Théorème fluctuation-dissipation

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- M. Le Bellac : Thermodynamique statistique, 2001, Dunod, Paris.
- W. Greiner et al: Thermodynamique et mécanique statistique, 1999, Springer, Paris.

Matière: MECANIQUE QUANTIQUE RELATIVISTE

Enseignant responsable de l'UEF 2 : M. Maamache

Enseignant responsable de la matière : Y. Saadi et N. Chaabi

Objectifs de l'enseignement : Etendre les concepts et méthodes de la mécanique quantique aux systèmes relativistes bosoniques et fermioniques, et introduire la notion du champ.

Connaissances préalables recommandées : Mécanique quantique, relativité restreinte, électromagnétisme, champ

Contenu de la matière: MECANIQUE QUANTIQUE RELATIVISTE

I. Rappel de relativité.

- 1) Principe de relativité.
- 2) Espace de MINKOWSKI.
- 3) Groupe de POINCARÉ.
- 4) Covariance.
- 5) Dynamique relativiste.

II. Rappels de mécanique quantique.

- 1) Postulats généraux.
- 2) Mécanique ondulatoire non relativiste : correspondance champ- particule.
- 3) Théorie non relativiste du spin 1/2.

III. Les particules élémentaires et leurs interactions.

- 1) Notion de particules élémentaires.
- 2) Classification cinématique.
- 3) Les quatre interactions.
- 4) Classification dynamique.

IV. Formalisme lagrangien en théorie des champs

- 1) Rappel formalisme lagrangien en mécanique classique.
- 2) Principe de HAMILTON.
- 3) Théorème de NOETHER.
- 4) Invariants cinématiques (tenseur impulsion-énergie, tenseur moment cinétique).
- 5) Invariants dynamiques (vecteur courant).

V. Champ scalaire.

- 1) Equation de KLEIN-GORDON.
- 2) Lagrangien.
- 3) Courant de KLEIN-GORDON.
- 4) Invariances.
- 5) Solutions en représentation impulsion.

VI. Champ électromagnétique.

- 1) Tenseur électromagnétique.
- 2) Equations de MAXWELL.
- 3) Invariance de jauge et condition de LORENTZ.
- 4) Lagrangien.

- 5) Tenseur impulsion-énergie.
- 6) Paquets d'ondes planes.

VII. Champ de DIRAC

- 1) Equation de DIRAC libre
- 2) Propriétés des matrices.
- 3) Représentation standard.
- 4) Lagrangien.
- 5) Courant de DIRAC et interprétation probabiliste.
- 6) Equation de DIRAC avec champ extérieur.

VIII. Algèbre des matrices.

- 1) Les 16 matrices.
- 2) Changement de représentation.
- 3) Covariants bilinéaires.

IX. Invariances de l'équation de DIRAC.

- 1) Loi de transformation relativiste des spineurs de DIRAC.
- 2) Loi de transformation des bilinéaires.
- 3) Transformations P.T. C.

X. Solution et interprétation de l'équation de DIRAC libre.

- 1) Solution sous forme de paquet d'ondes.
- 2) Energies positives et négatives.
- 3) Solution en représentation standard et limite non relativiste.
- 4) Réinterprétation des solutions d'énergie négative : théorie des trous.

XI. 11- Fonctions de GREEN

- 1) Fonctions de Green retardées, avancées, causale pour l'équation de KLEIN-GORDON
- 2) Cas de l'équation de MAXWELL.
- 3) Cas de l'équation de DIRAC.

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- W. Greiner: Relativistic Quantum Mechanics, 1999, Springer, Berlin.
- Bjorken and Drell: Relativistic quantum mechanics, McGraw-Hill, London.
- Itzykson and Zuber: Quantum field theory, Dover Publications, New York.

Matière: MATHEMATIQUE I

Enseignant responsable de l'UEM 1 : K. Bencheikh

Enseignant responsable de la matière: K. Bencheikh

Objectifs de l'enseignement : L'objectif de ce cours est d'approfondir et de fournir aux étudiants de solides connaissances en mathématique. Ces connaissances sont nécessaires à la compréhension des problèmes intervenant en physique mathématique et en physique quantique.

Connaissances préalables recommandées : Analyse, algèbre.

Contenu de la matière: MATHEMATIQUE I

I. Fonctions spéciales

- 1) Equation différentielle pour les fonctions spéciales
- 2) Les fonctions sphériques et fonctions de Legendre
- 3) Les fonctions de Bessel
- 4) Orthogonalité
- 5) Equation de Laplace.
- 6) Polynômes de type hypergéométrique
- 7) Représentation intégrale des fonctions de type hypergéométrique
- 8) Relations de récurrence et formules de dérivation

II. Polynômes orthogonaux classiques

- 1) Définition et propriétés générales
- 2) Polynômes de Jacobi, de Laguerre et d'Hermite.
- 3) Fonctions génératrices
- 4) Propriétés générales des polynômes orthogonaux
 - Relations de récurrence,
 - Propriétés des zéros
- 5) Caractéristiques principales:
 - carré de la norme,
 - coefficients des termes de plus haut degré,
 - valeurs particulières
- 6) Développement des fonctions en série suivant les polynômes orthogonaux
 - Fermeture d'un système
 - Théorème de développement
- 7) Problèmes de valeurs propres conduisant aux polynômes orthogonaux
- 8) Problèmes de mécanique quantique conduisant aux polynômes orthogonaux
- 9) Polynômes orthogonaux classiques d'une variable discrète

III. Calcul des variations

- 1) Principe
- 2) Cas d'une variable
- 3) Equation d'Euler
- 4) Cas de plusieurs variables
- 5) Les multiplicateurs de Lagrange

6) Variations avec contraintes

Mode d'évaluation : examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- P. M. Morse and H. Feshbach, METHODS OF THEORETICAL PHYSICS MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, (1953).
- George B. Arfken, MATHEMATICAL METHODS FOR PHYSICISTS, FIFTH EDITION Harcourt/Academic Press (2001).
- Voir aussi les sites Web

Matière : THEORIE GENERALE DE LA PHYSIQUE DU SOLIDE
Enseignant responsable de l'UEM 1 : K. Bencheikh
Enseignant responsable de la matière: A. Hachemi

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de ce cours est d'introduire les principes essentiels de la théorie de la physique du solide. Dans cet enseignement nous attacherons une grande importance à la définition des concepts de base. Le cœur du cours sera basé sur la physique des électrons et des vibrations (phonons) dans un solide à partir des fondements de la mécanique quantique. Ceci nous permettra notamment de définir les deux grandes classes de matériaux, les métaux et les isolants dont nous discuterons quelques propriétés fondamentales.

Connaissances préalables recommandées :

Ce cours suppose des connaissances de base en cristallographie et en mécanique quantique.

Contenu de la matière : THEORIE GENERALE DE LA PHYSIQUE DU SOLIDE

I. Symétrie de l'état cristallin

- 1) Symétrie de translation d'un cristal
- 2) Autres opérations de symétrie
- 3) Réseau réciproque d'un réseau donné
- 4) Conséquence de l'invariance par translation.

II. Liaisons entre les électrons

- 1) Distribution spatiale des électrons
- 2) L'énergie de cohésion d'un cristal
- 3) Différents types de solides

III. Les électrons dans le solide

- 1) L'approximation De Born-Oppenheimer.
- 2) Du problème à N électrons au cas mono-électronique. Approximation de Hartree. Approximation de Hartree-Fock.
- 3) Etats quantiques dans un milieu périodique. La théorie des bandes.
- 4) La densité d'état.
- 5) Le modèle des électrons presque libres.
- 6) le modèle des liaisons fortes.

IV. Dynamique cristalline

- 1) Hamiltonien d'un système dans l'approximation harmonique
- 2) Chaîne linéaire monoatomique
- 3) Chaîne linéaire biatomique.
- 4) Généralisation des vibrations des atomes dans le solide.
- 5) Détermination expérimentale des courbes de dispersion.

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- Introduction à la physique de l'état solide, Charles Kittel. Dunod.
- Physique des matériaux, Yves Quéré. Ellipses.
- The Physics and Chemistry of solids, Stephen Elliott. Wiley.

- Condensed Matter Physics, Michael Marder, Wiley.
- Solid State Physics, problems and solutions, Laszlo Mihaly et Michael C. Martin, Wiley.
- Physique des solides, Neil William Ashcroft et N. David Mermin, EDP Science.

Matière: ANGLAIS

Enseignant responsable de l'UET 1 : F. Haroun

Enseignant responsable de la matière : F. Haroun

Objectifs de l'enseignement : Apprendre à communiquer et surtout à lire et rédiger en anglais.

Connaissances préalables recommandées : vocabulaire, conjugaison, grammaire

Contenu de la matière: ANGLAIS

- V. Anglais technique**
- VI. Séminaires**
- VII. Exposés de travaux scientifiques en anglais.**

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

Deuxième Semestre

Matière: **MECANIQUE QUANTIQUE AVANCEE II**

Enseignant responsable de l'UEF 1 : H. Hachemi

Enseignant responsable de la matière: S. Houamer

Objectifs de l'enseignement : Introduire à l'étudiant la notion de seconde quantification et le préparer à l'étude des problèmes à N corps.

Connaissances préalables recommandées Mécanique quantique¹, mécanique quantique avancée¹

Contenu de la matière : MECANIQUE QUANTIQUE AVANCEE II

VIII. Les particules identiques

- 1) Opérateur de permutation,
- 2) Groupe de permutation,
- 3) Spin isotopique.

IX. Formalisme de la seconde quantification

- 1) Systèmes de fermions en interaction
 - Etats occupés,
 - Opérateurs de création et d'annihilation,
 - Théorème de Wick pour les systèmes de fermions,
 - Produit normal,
 - Produit contracté,
 - Application de la théorie de Wick aux opérateurs à 1 et à 2 Corps
- 2) Systèmes de Bosons en interaction
 - Opérateurs création et d'annihilation de particules.
 - Espace de Fock pour les systèmes de bosons.
- 3) Théorie BCS

X. Méthodes self-consistantes

XI. Invariance et théorèmes de conservation - Renversement du temps

- 1) Opérateurs antilinéaires,
- 2) Groupes de transformation,
- 3) Invariance des équations d'évolution et lois de conservation,
- 4) Renversement du temps.

XII. Théorie de la diffusion approfondie

- 1) Diffusion dans le cas d'une interaction spin-orbite,
- 2) Pôles de Regge,
- 3) Diffusions inélastiques de particules lentes et rapides
- 4) Les matrices de diffusion S et T,
- 5) Formules de Breit et Wigner

6) Diffusion de la lumière par les atomes.

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- Cohen-Tannoudji et al : Mécanique quantique Tomes 1 et 2, Hermann, Paris.
- Basdevant et al.: Mécanique quantique, Ed. de l'école pol., Paris.

Matière: PHYSIQUE STATISTIQUE II
Enseignant responsable de l'UEF 1 : H. Hachemi
Enseignant responsable de la matière: H. Hachemi

Objectifs de l'enseignement L'objectif de ce cours est de traiter certains sujets d'actualité comme la supraconductivité, la supra fluidité et enfin les systèmes hors équilibre

Connaissances préalables recommandées : Mécanique quantique, thermodynamique et physique statistique classique

Contenu de la matière: PHYSIQUE STATISTIQUE II

Transition de Phase (Près du point critique)

I. Introduction

II. Modèle d'Ising

- 1) Hamiltonien d'Heisenberg
- 2) Hamiltonien d'Ising
- 3) Matrice de transfert

III. Problème des transitions de Phases

- 1) Théorie de Lee et Yang
- 2) Existence d'une transition de phase à deux dimensions
- 3) Les inégalités de corrélations
- 4) Développement de haute température
- 5) Développement de basse température et dualité

IV. Théorie du champ moyen -Description du comportement au voisinage du point critique

- 6) Le point critique
- 7) Le champ moyen de Weiss
- 8) Le champ moyen en mécanique statistique
- 9) La théorie de Landau : une version simplifiée
- 10) Comparaison avec l'expérience. Lois d'échelle et universalité
- 11) Divergence des corrections à la théorie de Landau en dessous de quatre dimensions

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- W. Greiner et al : Thermodynamique et mécanique statistique, Springer, Paris.
- R. K. Pathria: Statistical mechanics, Butterworth Heinemann (Elsevier), Amsterdam.

Matière : LA THEORIE QUANTIQUE DES CHAMPS

Enseignant responsable de l'UEF 2 : M. Maamache

Enseignant responsable de la matière : Y. Saadi et N. Chaabi

Objectifs de l'enseignement : Quantifier la notion du champ et introduire l'interaction entre champs via la matrice de diffusion et apprendre le calcul perturbatif.

Connaissances préalables recommandées : Mécanique quantique, mécanique quantique relativiste, électromagnétisme, relativité restreinte

Contenu de la matière : THEORIE QUANTIQUE DES CHAMPS

I. Introduction.

- 1) Procédure de quantification canonique.
- 2) Représentation de SCHRODINGER et d'HEISENBERG.
- 3) Mouvement à une dimension d'une particule.
- 4) Système à un nombre infini de degrés de liberté.

II. Quantification canonique en représentation d'HEISENBERG.

- 1) Principe de SCHWINGER.
- 2) Règles de quantification.
- 3) Lois de conservation.
- 4) Représentation nombre de particules.
- 5) Espace de FOCK.

III. Champ de KLEIN-GORDON libre.

- 1) Quantification de champ de KLEIN-GORDON neutre.
- 2) Produit normal.
- 3) Mesurabilité du champ et causalité microscopique.
- 4) Champ de KLEIN-GORDON chargé.
- 5) Conjugaison de charges.
- 6) Théorème C. P. T.
- 7) Propriétés de FEYNMAN et produit chronologique.

IV. Champ électromagnétique libre.

- 1) Raisons d'une quantification différente.
- 2) Quantification de CModuleTA- BLEULER.
- 3) Propagateur de FEYNMAN.

V. Champ de DIRAC libre.

- 1) Quantification.
- 2) Produit normal.
- 3) Covariance relativiste.
- 4) Relation spin-statistique.
- 5) Propagateur de FEYNMAN et produit chronologique.

VI. Champ en interaction.

- 1) Lagrangien d'interaction.
- 2) Hamiltonien d'interaction.
- 3) Représentation d'interaction.

VII. Matrice S.

- 1) Opérateur d'évolution.
- 2) Matrice S.
- 3) Propriétés.
- 4) Amplitude de transition.
- 5) Sections efficaces.

VIII. Perturbation covariante.

- 1) Théorie de WICK.
- 2) Diagramme de FEYNMAN.
- 3) Règles de FEYNMAN.
- 4) Cas de l'électrodynamique spinorielle.

IX. Application au calcul des sections efficaces (au choix COMPTON, annihilation d'électron-positon, diffusion de Rutherford, etc...)

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- Itzykson et Zuber: Quantum field theory, Dover Pub., NY
- James D. Bjorken and Sidney D. Drell : Relativistic quantum mechanics McGraw-Hill Book Company 1964
- James D. Bjorken and Sidney D. Drell : relativistic quantum fields : McGraw-Hill Book Company 1964
- Claude Itzykson and Jean Bernard Zuber: Quantum Field Theory McGraw-Hill Int 1980
- J. J. Sakurai : Advanced Quantum Mechanics Adisson Wesley Reading, M A. (1967).
- F. MandL, Introduction to Quantum Field Theory. Interscience Publishers, New York (1959).
- S. S. SCHWEBER, Introduction to Relativistic Quantum Field Theory. Row and Peterson, Evanston, I11. (1961).
- Franz Schwabl Advanced Quantum Mechanics Third Edition Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2000.

Matière: RELATIVITE GENERALE
Enseignant responsable de l'UEF 3 : H. Guennoune
Enseignant responsable de la matière: H. Guennoune

Objectifs de l'enseignement Introduire le principe de relativité générale, les équations du champ gravitationnel et application à la physique de trous noirs.

Connaissances préalables recommandées : Mécanique analytique, relativité restreinte, géométrie différentielle.

Contenu de la matière : RELATIVITE GENERALE

I. Variétés

- 1) Variétés différentielles, difféomorphismes
- 2) Espaces tangent et cotangent en un point, algèbre de Lie des champs vectoriels
- 3) Champs tensoriels, groupes de Lie, champs vectoriels invariants,
- 4) Algèbre de Lie, homomorphisme, sous-groupes à un paramètre,
- 5) Applications exponentielles, groupes de Lie de transformations,
- 6) Représentations, Représentations adjointe, espace homogène.

II. Formes différentielles.

- 1) Algèbre des formes différentielles
- 2) Dérivations et antidérivations : α , $i(x)$, L_x .
- 3) Structure Riemannienne, opérateur de Hodge, de Laplace- Beltrami
- 4) Formes invariantes sur les groupes de Lie
- 5) Formes différentielles vectorielles
- 6) Intégration sur les variétés orientées
- 7) Théorème de Stokes

III. Notions de géométrie différentielle

- 1) Rappels : tenseurs en relativité restreinte
 - Espace-temps de Minkowski, vecteurs
 - Notion de forme linéaire, tenseur
 - Exemples
- 2) Coordonnées curvilignes en espace euclidien
 - Métrique et vecteurs de base
 - Formes, tenseurs
 - Dérivée covariante, connexions
- 3) Variété riemannienne, courbure
 - Variété différentiable
 - Variété riemannienne
 - Dérivée covariante, géodésiques
 - Tenseur de Riemann

IV. Principe d'équivalence, équations d'Einstein

- 1) Principe d'équivalence et covariance générale
 - Le principe d'équivalence

- Principe de covariance générale
- Limite newtonienne des équations du mouvement
- 2) Tenseur d'énergie-impulsion
 - Définition générale
 - Fluide parfait
- 3) Les équations d'Einstein
 - Les équations
 - Limite newtonienne
 - Structure des équations d'Einstein
- 4) Principe variationnel
 - Préliminaires (élément d'intégration invariant, divergence covariante, théorème de Gauss généralisé)
 - Tenseur d'énergie impulsion à partir du principe variationnel
 - Action d'Einstein-Hilbert, équations d'Einstein
 - Analogie avec l'électromagnétisme

V. La solution de Schwarzschild, les tests expérimentaux

- 1) Forme générale de la métrique à symétrie sphérique
- 2) Equations d'Einstein et solution de Schwarzschild
- 3) Etude des géodésiques, potentiel effectif
 - Constantes du mouvement
 - Potentiel effectif, types de mouvements possibles
- 4) Tests expérimentaux
 - Décalage vers le rouge (redshift) gravitationnel
 - Précession du périhélie
 - Déviation d'un rayon lumineux par une masse sphérique

VI. Champ gravitationnel faible dans l'approximation linéaire, ondes gravitationnelles

- 1) Approximation linéaire, équation des ondes
 - Introduction
 - Approximation linéaire
- 2) Ondes planes, graviton

VII. notions de cosmologie

- 1) Espace-temps homogène et isotrope
- 2) Métriques de Robertson-Walker
- 3) Equations de Friedman
- 4) Différents types d'univers

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et polycopiés, sites internet, etc*).

- Misner, Thorne et Wheeler : Gravitation, W. H. Freeman, 1970, San Francisco.
- Weinberg: Gravitation and Cosmology, John Wiley and Sons, New York.

- Eric Poisson : Relativistic Toolkit, Cambridge University Press, Cambridge.
- Landau et Lifshitz: Théorie des champs classiques, Ellipses, Paris.

Matière: Mathématique II

Enseignant responsable de l'UEM1 : K. Bencheikh

Enseignant responsable de la matière: K. Berkane

Objectifs de l'enseignement : L'objectif de ce cours est d'approfondir et de fournir aux étudiants de solides connaissances en mathématique. Ces connaissances sont nécessaires à la compréhension des problèmes intervenant en physique mathématique et en physique quantique.

Connaissances préalables recommandées : Analyse, algèbre.

Contenu de la matière: MATHEMATIQUE II

I. Les distributions.

- 1) Propriétés générales des distributions:
 - Espace vectoriel des fonctions de base.
- 2) Fonctions continues à support borné.
 - Distribution sur \mathbb{R}^n .
 - Espace vectoriel des distributions.
- 3) Les distributions en physique.
 - Dérivation.
 - Limite et séries des distributions.
 - Régularisation des fonctions.
- 4) La convolution:
 - Produits discrets de distribution.
 - Définition de la convolution, support, continuité, translation et dérivation.
 - Algèbre de convolution.
 - Primitives des distributions sur \mathbb{R}^1 .
- 5) Séries de Fourier:
 - Définition.
 - Développement de Fourier d'une distribution.
 - Convergence quadratique.
- 6) Transformation de Fourier des distributions sur \mathbb{R}^1 .
 - Formule de réciprocity.
 - Transformation de Fourier dans \mathbb{R} .
- 7) Transformation de Laplace des distributions. Inversion de la transformation de Laplace.

II. Eléments de théorie des groupes

- 1) Groupes des transformations linéaires.
 - Groupes abstraits.
 - Sous-groupes.
 - Classes et sous-groupes distingués.
 - Groupes isomorphes et homomorphes.
 - Groupe unitaire et groupe des déplacements.

- 2) Représentations linéaires des groupes.
 - Représentation au moyen de transformations linéaires
 - Groupes Abéliens et représentation du premier ordre.
 - Représentation linéaire du groupe des rotations.
 - Composition de deux représentations linéaires de groupes.
 - Produit direct de groupes, Caractères, représentations régulières des groupes.
- 3) Groupes continus.
 - Groupes de Lie.
 - Constantes de structure.
 - Transformation infinitésimale.
 - Groupe des rotations.
 - Construction d'un groupe à partir des constantes de structure.
 - Intégration sur un groupe.

III. Equations intégrales et fonctions de Green

- 1) Transformations intégrales, fonctions génératrices.
- 2) Equations intégrales de Volterra.
- 3) Equations intégrales de Fredholm.
- 4) Méthodes de résolution.
- 5) Fonctions de Green à une, deux et trois dimensions.

Mode d'évaluation : examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- P. M. Morse and H. Feshbach, METHODS OF THEORETICAL PHYSICS MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, (1953).
- George B. Arfken, MATHEMATICAL METHODS FOR PHYSICISTS, FIFTH EDITION Harcourt/Academic Press (2001).
- Voir aussi les sites Web

Matière: ANGLAIS

Enseignant responsable de l'UET 1 : F. Haroun

Enseignant responsable de la matière : F. Haroun

Objectifs de l'enseignement : Apprendre à communiquer et surtout à lire et rédiger en anglais.

Connaissances préalables recommandées : vocabulaire, conjugaison, grammaire

Contenu de la matière: ANGLAIS

- I. Anglais technique**
- II. Séminaires**
- III. Exposés de travaux scientifiques en anglais.**

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

Troisième Semestre

Matière: PROBLEMES A N CORPS

Enseignant responsable de l'UEF 1 : K. Bencheikh

Enseignant responsable de la matière : K. Bencheikh

Objectifs de l'enseignement L'objectif de ce cours est d'initier les étudiants à quelques techniques et méthodes du problème à N particules identiques à température nulle et non nulle et en présence d'un champ extérieur.

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière: PROBLEMES A N CORPS

I. Formalisme de seconde quantification et matrices densité réduites.

- 1) Operateurs, création, annihilation de particule et operateurs de champs.
- 2) Operateurs à un et deux corps.
- 3) Matrices densités réduites pour les fermions sans spin et avec spin.
- 4) Operateur de Bloch et matrice densité associée.

II. Approximation de particules indépendantes..

- 1) Méthode de Hartree-Fock.
- 2) Théorie de la fonctionnelle de la densité.
- 3) Formalisme a température non nulle

III. Applications.

- 1) Gaz quantique ultra-froid confiné dans un piège harmonique.
- 2) Gaz quantique ultra-froid confiné dans un piège harmonique en rotation.

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- R. G. Parr and W. Yang, Density Functional Theory of Atoms and Molecules Oxford Science, New York, 1989.
- R. M. Dreizler and E. K. U. Gross, Density Functional Theory (Springer, Berlin, 1990).
- P. Ring and P. Schuck, The Nuclear Many Body Problem, Springer, Berlin, 1980
- Voir aussi les sites Web.

Matière : ANALSYE NUMERIQUE
Enseignant responsable de l'UEF 1 : K. Bencheikh
Enseignant responsable de la matière A.Mansouri et K. Berkane

Objectifs de l'enseignement : Introduire le traitement des différentes méthodes de résolution numérique des problèmes physiques et initier l'étudiant à un langage de programmation évolué.

Connaissances préalables recommandées : Analyse numérique,

Contenu de la matière : ANALYSE NUMERIQUE

I. Résolution de l'équation $F(x) = 0$

- 1) Méthodes des approximations successives.
- 2) Méthodes de Newton.
- 3) Méthodes de resserrement.
- 4) Résolution des équations polynômiales.

II. Résolution des systèmes d'équations linéaires

- 1) Méthodes directes (Gauss, Gauss-Jordan).
- 2) Méthodes indirectes (Jacobi).

III. Résolution des systèmes d'équations non linéaires

- 1) Méthode des approximations successives.
- 2) Méthode de Newton-Raphson.

IV. Calcul numérique des valeurs propres et vecteurs propres

- 1) Calcul des valeurs propres à partir du polynôme caractéristique.
- 2) Réduction à des matrices particulières (méthode de Jacobi)

V. Intégration numérique

- 1) Méthodes d'intégration de Newton-Côtes.
- 2) Méthodes de Gauss (Gauss-Laguerre, Gauss-Legendre, Gauss-Hermite).
- 3) Méthode de Tchébychev.
- 4) Méthode d'Euler.

VI. Dérivation numérique

VII. Equations différentielles à conditions initiales

- 1) Le problème de Cauchy.
- 2) Méthodes à un pas: méthodes de Runge-Kutta.
- 3) Méthodes à pas liés.

VIII. Equations différentielles avec problèmes aux limites

Mode d'évaluation : *Continu et examen*

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- Jean Pierre Demailly, analyse numériques et équations différentielles, EDP Sciences, 1996.
- M. Schatzman, Analyse numérique, une approche mathématique, Dunod 2001

Matière: MECANIQUE QUANTIQUE ET CLASSIQUE DES SYSTEMES DEPENDANT DU TEMPS

Enseignant responsable de l'UEF 2 : M. Maamache

Enseignant responsable de la matière : S. Menouar et Y. Saadi

Objectifs de l'enseignement : L'objectif de ce cours est d'étudier les systèmes classiques et quantiques dépendant du temps ainsi que les différentes méthodes exactes et d'approximation utilisées pour les résoudre ; le théorème adiabatique, la phase de Berry, l'angle de Hannay, la théorie des invariants, ...etc.

Connaissances préalables recommandées : Mathématique, mécanique analytique, mécanique quantique, Théorie des champs, électromagnétisme.

Contenu de la matière: MECANIQUE QUANTIQUE ET CLASSIQUE DES SYSTEMES DEPENDANT DU TEMPS

Mode d'évaluation : Continu et examen

I. Les systèmes dépendant du temps

- 1) Introduction
- 2) Difficultés de résolution
- 3) Différentes méthodes de résolutions

II. Approximation adiabatique

- 1) Introduction
- 2) Le théorème adiabatique
- 3) Démonstration du théorème adiabatique
- 4) Applications

III. Phase géométrique

- 1) La phase de Berry
 - L'oscillateur harmonique généralisé
 - Particule dans un champ magnétique
 - L'effet Aharonov-Bohm
- 2) L'angle de Hannay
 - Exemples
- 3) Les systèmes cycliques
- 4) Généralisations de la phase de Berry

IV. La théorie des invariants

- 1) Introduction
- 2) La théorie de Lewis-Riesenfeld
- 3) L'oscillateur harmonique généralisé

V. Approximation adiabatique généralisée

- 1) Introduction
- 2) Le théorème adiabatique généralisé
- 3) Démonstration du théorème adiabatique généralisé

VI. Phase géométrique généralisée

- 1) Equation de Dirac dans un champ électromagnétique dépendant du temps
- 2) L'aspect géométrique de la matrice S
- 3) Diffusion par un potentiel transparent dépendant adiabatiquement du temps

VII. La théorie des invariants généralisée

- 1) Introduction
- 2) La théorie de Lewis-Riesenfeld généralisée
- 3) Démonstration de la théorie de Lewis-Riesenfeld généralisée
- 4) Particule dans potentiel linéaire dépendant du temps
- 5) L'aspect géométrique de la matrice S
- 6) Diffusion par un potentiel transparent dépendant du temps

Références *(Livres et photocopiés, sites internet, etc).*

- A. Messiah, Mécanique Quantique T1 (Dunod, Paris, 1995) nouvelle édition.
- A. Messiah, Mécanique quantique T2, (Dunod, Paris, 1995) nouvelle édition.
- C. C. Tannoudji, B. Diu, F. Laloë, Mécanique quantique T1 (Hermann, Paris, 1977) nouvelle édition revue, corrigée et augmentée.
- C. C. Tannoudji, B. Diu, F. Laloë, Mécanique quantique T2, (Hermann, Paris, 1977) nouvelle édition revue, corrigée et augmentée.
- A. Galindo, P. Pascual, Quantum Mechanics (Springer, Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1991).
- D. J. Griffiths, Introduction to Quantum Mechanics, (Prentice Hall, Inc. Toronto 1995).
- E. Merzbacher, Quantum Mechanics (Wiley, New York 1970).
- H. Goldstein, Classical Mechanics (Addison-Wesley 1980).
- J. E. Avron – Adiabatic Quantum Transport (Les Houches, E. Akkermans, et. al. eds., Elsevier Science 1995).
- J. L. Basdevant, J. Dalibard, Quantum Mechanics (Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2002).
- J. Von Neumann, les fondements quantiques de la mécanique quantique (Jacques Gabay, Paris 1947).
- L. D. Landau, E. Lifchitz, Mécanique quantique (Mir, Moscou, 1967) traduit du russe par Edouard Gloukhian, 2ème édition.
- L. Landau, E. Lifchitz, Mécanique (Mir, Moscou, réimpression 1988) traduit du russe par Claude Ligny, quatrième édition complétée 1982, 1ère édition 1964.
- L. Schwartz, Théorie des Distributions (Hermann, Paris 1967).
- R. Courant, D. Hilbert, Methods of Mathematical Physics V1 (Interscience Publishers. Inc., New York 1953).
- R. Courant, D. Hilbert, Methods of Mathematical Physics V2 (Wiley Classics Library 1989). 1. Edition.
- S. Teufel, Adiabatic Perturbation Theory in Quantum Dynamics, Lecture Notes in Mathematics 1821 (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2003).
- W. Greiner, Quantum Mechanics : An Introduction (Springer, Germany 2000) 4. ed.
- Y. Gouverneur, " Phase de Berry et quantification de skyrmions", Mémoire présenté à l'université de Laval (1998).

Matière : PHYSIQUE ATOMIQUE ET MOLECULAIRE

Enseignant responsable de l'UEF 2 : M. Maamache

Enseignant responsable de la matière: S. Houamer

Objectifs de l'enseignement : Le but est d'utiliser les fondements physiques de la mécanique quantique pour la compréhension de la structure atomique et moléculaire. L'objet est d'interpréter également les forces responsables de la liaison chimiques dans les molécules dans le cadre de la théorie des orbitales moléculaires.

Connaissances préalables recommandées : Mécanique quantique,

Contenu de la matière : PHYSIQUE ATOMIQUE ET MOLECULAIRE

I. Spectres et structure atomiques

- 1) Spectre de l'atome d'hydrogène.
- 2) Structure de l'atome d'hélium.
- 3) Atomes à plusieurs électrons.
- 4) Atomes dans un champ extérieur.

II. Introduction à la structure moléculaire

- 1) Approximation de Born-Oppenheimer
- 2) Théorie des orbitales moléculaires

III. Vibrations et rotations des molécules

- 1) Transitions spectroscopiques (absorption, émission)
- 2) Rotation et vibration de molécules
- 3) Spectroscopie Raman

IV. Transitions électroniques des molécules

- 1) Etats des molécules diatomiques
- 2) Spectres électroniques des molécules.

V. Propriétés électriques et magnétiques des molécules

- 1) Réponses aux excitations électriques
- 2) Perturbations magnétiques

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- P. Atkins et R. Friedman : Molecular quantum mechanics, Oxford.
- C. N. Banwell et E. McCash: Fundamentals of molecular Spectroscopy, Oxford.

Matière: PT-SYMETRIE ET PSEUDO HERMITICITE EN MECANIQUE QUANTIQUE
Enseignant responsable de l'UEM 1 : M. Maamache
Enseignant responsable de la matière : H. Lakehal

Objectifs de l'enseignement : il est établie qu'en mécanique quantique que tout spectre réel est associé à un Hamiltonien hermitien. Ce cours aborde les Hamiltoniens non-hermitiens ayant des spectres réels.

Connaissances préalables recommandées : mécanique quantique.

Contenu de la matière: PT-symétrie et Pseudo Hermiticité en mécanique quantique

I. Introduction et revue de la théorie quantique PT-symétrique

- 1) Définition et propriété de la PT-symétrie.
- 2) Opérateur conjugaison de charge C et le CPT produit
- 3) Comparaison de la mécanique quantique hermitienne et PT-symétrique

II. Pseudo Hermécticité

- 1) Définition et propriétés de la pseudo hermécticité.
- 2) Hamiltoniens pseudo hermitiens ayant une base **biorthonormale** complète

III. Systèmes a deux niveaux non hermitiens

IV. Propriétés PT- symétriques. Pseudo-Hermécticité

Mode d'évaluation : examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- A. Mostafazadeh, preprint ArXiv: 0810.5643.
- C. M. Bender and S. Boettcher, Phys. Rev. Lett. 80, 5243 (1998).
- C. M. Bender, D. C. Brody and H. F. Jones, Phys. Rev. Lett. 89, 270401 (2002); Erratum: 92, 119902 (2004); and Am. J. Phys. 71, 1095 (2003).
- A. Mostafazadeh, J. Math. Phys. 43, 2814 (2002).
- F. G. Scholtz, H. B. Geyer, and F. J. W. Hahne, Ann. Phys. (NY) 213 74 (1992).
- A. Mostafazadeh, J. Math. Phys. 43, 3944 (2002).
- A. Mostafazadeh, J. Math. Phys. 44, 974 (2003).
- A. Mostafazadeh, J. Phys. A 41, 055304 (2008).
- A. Mostafazadeh, J. Math. Phys. 43, 205 (2002).
- A. Mostafazadeh, J. Phys. A 36, 7081 (2003).
- A. Mostafazadeh and A. Batal, J. Phys. A 37, 11645 (2004).
- A. Mostafazadeh, Czech J. Phys. 54, 1125 (2004).
- C. M. Bender, Rep. Prog. Phys. 70, 947 (2007).

Matière: THEORIE QUANTIQUE DU MAGNETISME

Enseignant responsable de l'UED1 : A. Haroun

Enseignant responsable de la matière: A. Haroun

Objectifs de l'enseignement : Ce cours a pour objectif d'introduire le magnétisme en physique théorique et fondamentale. Une fois les concepts fondamentaux acquis ils seront illustrés par des thèmes de recherche actuels tels que la dynamique de spin et le magnétisme quantique.

Connaissances préalables recommandées : Mécanique quantique, physique du solide.

Contenu de la matière: THEORIE QUANTIQUE DU MAGNETISME

I. Notions sur le magnétisme

- 1) Hamiltonien sous champ (A_α, Φ)
- 2) Moment magnétique orbital
- 3) Moment magnétique de spin et couplage spin-orbite
- 4) Moment cinétique total, facteur de Landé et règles de Hund
- 5) Paramagnétisme de Langevin et de Brillouin
- 6) Paramagnétisme de Pauli
- 7) Diamagnétisme de Landau
- 8) Symétrie des états de spin et Interaction d'échange
- 9) Annexe : Notions sur la seconde quantification

II. Ferromagnétisme : Origine et théorie du champ moyen

- 1) Système de spins en interaction
 - Modèle d'Heisenberg- Interaction d'échange Direct
 - Autres modèles de spin : Ising et XY
- 2) Ferromagnétisme dans l'approximation des bandes
- 3) Ferromagnétisme dans l'approximation du champ moyen (moléculaire)
- 4) Théorie des magnons dans les ferromagnétiques

III. Antiferromagnétisme et ferrimagnétisme

Mode d'évaluation : examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

- Wolfgang Nolting and Anupuru Ramakanth, Quantum Theory of Magnetism, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.
- Robert M. White, Quantum Theory of Magnetism Third, Completely Revised Edition, Magnetic Properties of Materials, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.
- Noberto Majlis, The Quantum Theory of Magnetism, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 2007.

Matière: ANGLAIS

Enseignant responsable de l'UET 1 : F. Haroun

Enseignant responsable de la matière : F. Haroun

Objectifs de l'enseignement : Apprendre à communiquer et surtout à lire et rédiger en anglais.

Connaissances préalables recommandées : vocabulaire, conjugaison, grammaire

Contenu de la matière: ANGLAIS

- I. Anglais technique**
- II. Séminaires**
- III. Exposés de travaux scientifiques en anglais.**

Mode d'évaluation : Continu et examen

Références (*Livres et photocopiés, sites internet, etc*).

Quatrième Semestre

- **Mémoire** : Réalisation d'un mémoire au sein d'un laboratoire durant le quatrième semestre. Le mémoire sera soutenu devant un jury.
- **Séminaires** : Pour compléter la formation des étudiants, des séminaires sur des thèmes d'actualité seront programmés durant le deuxième semestre du M2.

V- Accords ou conventions

LETTRE D'INTENTION TYPE

(En cas de master coparrainé par un autre établissement universitaire)

(Papier officiel à l'entête de l'établissement universitaire concerné)

Objet : Approbation du co-parrainage du master intitulé :

Par la présente, l'université (ou le centre universitaire) _____ déclare co-parrainer le master ci-dessus mentionné durant toute la période d'habilitation de ce master.

A cet effet, l'université (ou le centre universitaire) assistera ce projet en :

- Donnant son point de vue dans l'élaboration et à la mise à jour des programmes d'enseignement,
- Participant à des séminaires organisés à cet effet,
- En participant aux jurys de soutenance,
- En œuvrant à la mutualisation des moyens humains et matériels.

SIGNATURE de la personne légalement autorisée :

FONCTION :

Date :

LETTRE D'INTENTION TYPE

(En cas de master en collaboration avec une entreprise du secteur utilisateur)

(Papier officiel à l'entête de l'entreprise)

OBJET : Approbation du projet de lancement d'une formation de master intitulé :

Dispensé à :

Par la présente, l'entreprise _____ déclare sa volonté de manifester son accompagnement à cette formation en qualité d'utilisateur potentiel du produit.

A cet effet, nous confirmons notre adhésion à ce projet et notre rôle consistera à :

- Donner notre point de vue dans l'élaboration et à la mise à jour des programmes d'enseignement,
- Participer à des séminaires organisés à cet effet,
- Participer aux jurys de soutenance,
- Faciliter autant que possible l'accueil de stagiaires soit dans le cadre de mémoires de fin d'études, soit dans le cadre de projets tuteurés.

Les moyens nécessaires à l'exécution des tâches qui nous incombent pour la réalisation de ces objectifs seront mis en œuvre sur le plan matériel et humain.

Monsieur (ou Madame).....est désigné(e) comme coordonateur externe de ce projet.

SIGNATURE de la personne légalement autorisée :

FONCTION :

Date :

CACHET OFFICIEL ou SCEAU DE L'ENTREPRISE

VI – Curriculum Vitae des Coordonateurs

VII- Engagements des enseignants externes

VIII - Avis et Visas des organes administratifs et consultatifs

Intitulé du Master : Physique Théorique et Fondamentale

Comité Scientifique de département
Avis et visa du Comité Scientifique : Date :
Conseil Scientifique de la Faculté (ou de l'institut)
Avis et visa du Conseil Scientifique : Date :
Doyen de la faculté (ou Directeur d'institut)
Avis et visa du Doyen ou du Directeur : Date :
Conseil Scientifique de l'Université (ou du Centre Universitaire)
Avis et visa du Conseil Scientifique : Date :

IX - Visa de la Conférence Régionale

(Uniquement à renseigner dans la version finale de l'offre de formation)