

Année universitaire 2019-2020

Mention « Physique » de la licence de Sciences et Technologies Niveau L3

Site : www.licence.physique.sorbonne-universite.fr

Des plus lointaines galaxies aux composants ultimes de la matière en passant par notre environnement quotidien, la physique porte sur notre monde un regard essentiel. Discipline fondamentale, elle étend son champ d'application à la quasi-totalité des sciences expérimentales, à l'économie, aux neurosciences, ...

Faire des études en physique c'est former son esprit à une démarche originale entrelaçant sans cesse observation, expérimentation, modélisation et réflexion théorique.

La licence mention physique propose une formation générale en physique, étalée sur deux ans, dans ses aspects à la fois théoriques et expérimentaux, fondamentaux et appliqués. Elle a vocation à préparer les étudiants à la poursuite d'études dans des écoles d'ingénieur ou au sein de masters où la physique tient une place importante.

Cette diversité ne doit pas cacher des objectifs et une démarche commune à tous les parcours :

- l'apprentissage des fondements de la physique contemporaine
- la place très importante donnée à la démarche expérimentale
- l'ouverture aux disciplines voisines et aux applications de la physique
- le souci de professionnalisation et du développement des compétences transverses à travers des UE de langue, d'informatique, d'insertion professionnelle, de culture, de stage
- la mise en place d'une démarche qualité à travers les questionnaires et les comités de pilotage
- le suivi personnalisé des étudiants avec des entretiens individuels à l'issue de chaque semestre et un accompagnement lors des choix d'orientation.

Ce document vous présente l'**année L3** de la licence de physique avec ses objectifs généraux, ses choix de mineures et de double majeure, ses débouchés, les publics visés, les spécificités de chaque orientation et parcours et leur organisation pédagogique.

Vers la fin du document, vous trouverez le parcours à l'étranger.

Ne figurent pas le parcours FIP partagé avec l'ENS Ulm réservé aux étudiants de L2 qui possèdent la motivation et les capacités requises ni le parcours à distance. Ces 2 parcours font l'objet de documents spécifiques.

Les objectifs de la formation

Connaissances : Le premier souci du département de la licence mention « Physique » est de former des étudiants à la complexité de la démarche du physicien, entrelaçant sans cesse observation, expérimentation, modélisation et réflexion théorique. Cette formation repose d'abord sur l'acquisition de connaissances de base issues d'un *large spectre en physique* : mécanique du point et du solide, optique géométrique et optique physique, électricité et électromagnétisme, ondes, thermodynamique et états de la matière, ainsi qu'une première introduction à la relativité, à la mécanique quantique et à la physique statistique. Chaque UE associée conjugue de façon équilibrée le cadre conceptuel, le formalisme, la phénoménologie et l'expérimentation. Afin de pleinement exploiter ces connaissances, l'étudiant qui se destine à une profession de physicien a besoin, d'une part, et afin de maîtriser le formalisme, de l'aisance conférée par les mathématiques, d'autre part de la puissance de l'informatique. Aussi l'enseignement des *mathématiques* et de *l'outil numérique* figure en bonne place dans la formation, en particulier dans l'orientation mono-disciplinaire. Pour mieux cerner la place privilégiée qu'occupe la physique dans l'univers des sciences, l'étudiant doit acquérir selon ses goûts ou aptitudes, les *rudiments d'une ou de plusieurs disciplines aux frontières de la physique* : chimie, électronique, environnement, sciences de la Terre, ... comme le propose notamment l'orientation majeure de physique adossée à une mineure d'une autre discipline (mathématiques, chimie, mécanique, biologie, ...). Cela est d'autant plus crucial s'il envisage des métiers où la physique intervient comme outil. Enfin, l'expérimentation ne devient pertinente et opératoire qu'avec des connaissances élémentaires sur *la mesure, le traitement des données et l'instrumentation*.

Compétences : A l'issue de la licence, près de la moitié de nos diplômés ne poursuivent pas leurs études dans une filière de physique. Ils trouvent naturellement leur place en mécanique, électronique, sciences de l'univers, chimie, géologie, ... sans doute parce que les études de physique, outre leur intérêt propre, permettent le développement d'un grand nombre de compétences transversales et transférables. La licence mention physique rendra plus explicite auprès des étudiants ses exigences sur ce point.

Le diplômé devra être ainsi capable *d'analyser, de modéliser et de résoudre des problèmes simples de physique, en mobilisant des ressources variées*, et d'abord ses propres connaissances et aptitudes. En particulier, il doit être en mesure de *proposer des analogies, de faire des estimations d'ordres de grandeur, d'en saisir la signification et de s'autoriser un regard critique*. Au niveau licence, on ne peut exiger de l'étudiant l'aptitude à un travail totalement autonome, ni à une gestion de projet. Néanmoins, dans un environnement cadré, il doit déjà pouvoir avec le soutien de ses encadrants et éventuellement *au sein d'une équipe, mener une recherche bibliographique, apprendre par lui-même, réaliser, contrôler et exploiter* un montage expérimental simple ou un code informatique de résolution numérique. Il doit être capable de *rendre compte de son travail, sous forme orale ou écrite*, y compris à des interlocuteurs non spécialistes, en particulier à ceux des disciplines frontières.

Pour développer ces compétences, le département favorisera dans la mesure du possible les enseignements construits au moins en partie sur la réalisation d'études de cas ou de projets par l'étudiant et qui donnent lieu à des comptes rendus, des rapports et/ou des soutenances. Leur évaluation permettra à l'étudiant de mieux prendre conscience des compétences que l'on attend de lui trop souvent implicitement.

Débouchés : La formation est d'abord conçue pour permettre, quelle que soit l'orientation (mono-disciplinaire, majeure/mineure, double majeure), la poursuite d'études dans un master de physique mais aussi dans des masters de domaines frontières comme les sciences de l'ingénieur (mono-disciplinaire, majeure physique-mineure mécanique ou mineure mathématiques). L'orientation majeure physique/mineure chimie est bien adaptée aux masters où la physique n'est pas exclusive dans la formation (chimie spécialité chimie-physique, sciences de la Terre, de l'univers, environnement, ...). Les concours de recrutement, principalement ceux de l'Éducation Nationale (CAPES de physique et chimie, agrégation de physique, professeur des Écoles) sont envisageables après un parcours adapté, en particulier le parcours majeure physique/mineure chimie. La licence mention physique permet aussi une entrée sur titre dans certaines grandes écoles. Enfin, pour les étudiants qui visent des études plus courtes, elle offre des possibilités d'insertion professionnelle au niveau technicien de laboratoire ou assistant ingénieur grâce aux compétences acquises, notamment via la licence professionnelle LIOVIS.

Le tableau ci-dessous indique quelle mineure choisir en fonction de son projet de formation si on s'inscrit en licence de physique :

	Physique	Mathématique	Chimie	Mécanique	EEA	Biologie	Géosciences	Informatique	Sciences Humaines
Double majeure Parcours intensif	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI		OUI		
Master physique générale	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Master physique fondamentale	X	X							
Master SDI	(X)			X	X				
Master SDUEE	(X)						X		
Enseignement			X						(X)
Grandes Ecoles	X	X	X	X	X	?	?	?	?
Master aux interfaces			X	X	X	X	X		
Médiation ou communication			(X)						X
Mobilité internationale	X								

* Sauf exception, le parcours Double Majeure est accessible aux étudiants ayant suivi la double majeure en L2 et ayant eu la moyenne dans les deux disciplines.

Que contient cette plaquette ?

Ce document décrit les différents parcours offerts aux étudiants au niveau L3 de la licence de physique de SORBONNE UNIVERSITE.

Il s'agit d'abord de l'organisation de la mention au niveau L3. Viennent ensuite une sélection d'adresses utiles pour les étudiants quel que soit leur parcours : il faut cependant noter que pour les questions pédagogiques, leurs interlocuteurs privilégiés sont outre le secrétariat, les directeurs de la licence ainsi que les responsables du niveau L3.

La licence mention physique fait évoluer en 2015 son offre de formation en L3. Désormais, vous pouvez associer à une **majeure physique** :

- une **complémentaire** de physique, standard à 30 CE par semestre ou intensif à 36 CE par semestre, pour un parcours *mono-disciplinaire* de physique ;
- une **mineure** dans une autre mention de licence, 30 CE par semestre, pour un parcours *bi-disciplinaire* ;
- une **majeure** dans une autre mention de licence, 36 CE par semestre pour un parcours *double majeure*.

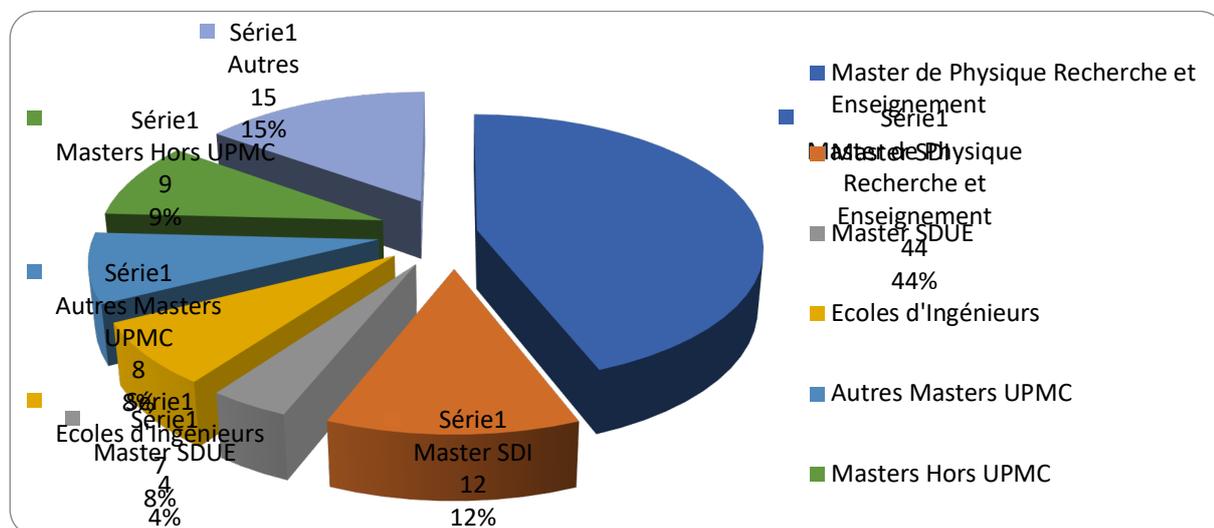
Au sujet des débouchés

Ci-dessous figurent les résultats d'une enquête sur le devenir des étudiants titulaires de la licence de physique sur les 4 dernières années. La licence de physique permet la poursuite d'études :

- dans un master de physique, par exemple le master de physique et applications de SORBONNE UNIVERSITE
- dans une école d'ingénieur généraliste
- dans des masters de SORBONNE UNIVERSITE ou d'autres universités où les savoirs et savoir-faire des physiciens sont appréciés.

* *Sauf exception, le parcours Double Majeure est accessible aux étudiants ayant suivi la double majeure en L2 et ayant eu la moyenne dans les deux disciplines.*

Débouchés pour les diplômés hors ENS et hors PAD sur les 4 dernières années



Direction de la mention physique

Directeur :

Sébastien PAYAN, Professeur
sebastien.payan@sorbonne-universite.fr

Directeur-adjoint :

Sylvain GIGAN, Professeur
sylvain.gigan@sorbonne-universite.fr

Directeur des études et responsable de l'orientation et de l'aide à l'insertion :

Paulo ANGELO, Maître de Conférences
paulo.angelo@sorbonne-universite.fr

Responsable administrative :

Annie DALONGEVILLE, Couloir 23-33, Étage 1, Bureau 108
annie.dalongeville@sorbonne-universite.fr

Scolarité administrative

Antoinette OUEDRAOGO, Couloir 23-33, Étage 1, Bureau 102
antoinette.ouedraogo@sorbonne-universite.fr

Responsables du niveau L3

Xavier LEYRONAS, Maître de Conférences
xavier.leyronas@sorbonne-universite.fr

Jean-Louis CANTIN, Maître de Conférences
jean-louis.cantin@sorbonne-universite.fr

Secrétariat pédagogique du niveau L3

Quel que soit le parcours,
Jessy JOSEPH, Couloir 23/33, Étage 1, Bureau 110
jessy.joseph@sorbonne-universite.fr

Plate-forme expérimentale

Couloir 23/33 – Étage 1

Couloir 33/32 et 33/22 – Étage 1

Responsables :

Tristan BRIANT, Maître de Conférences
tristan.briant@sorbonne-universite.fr

Vincent DUPUIS, Maître de Conférences
Vincent.dupuis@sorbonne-universite.fr

La vie étudiante

Service Orientation Insertion (SOI)

Atrium – Niveau St-Bernard (*un accès est également possible par la bibliothèque de l'Atrium*)

Tél. 01 44 27 33 66

sciences-dfipve-soi@sorbonne-universite.fr

Le Département des Activités Physiques et Sportives (DAPS)

Bâtiment B – 1^{er} étage

Tél. 01 44 27 59 95

DAPS@sorbonne-universite.fr

Le Département des langues

Couloirs 43-53 , 1^{er} étage sur le campus Jussieu

Tél. 01 44 27 34 67 (L2) et 01 44 27 42 70 (L3)

Le Service Handicap Santé Etudiant (SHSE)

Tour 22-33, niveau Jussieu

Tél. 01 44 27 75 15 / 46 31

shse@sorbonne-universite.fr

La Direction de la Vie Étudiante (DVE)

Patio 23/34, Campus Pierre et Marie Curie

Tél. 01 44 27 60 60

dve@sorbonne-universite.fr

Le pôle Gestion de la Mobilité

Tour Zamansky – Étage 16

Tél. 01 44 27 26 74

relations.internationales@sorbonne-universite.fr

La bibliothèque des licences

Patios 33/54, RDC

bibgbe@sorbonne-universite.fr

L'offre de stage au niveau L3 de la licence de physique

Coordination générale :

Contact avec les laboratoires : **Nathalie JEDRECY**

Attribution et évaluation des stages : **Nicolas RODRIGUEZ, Paul WINDEY, Nathalie JEDRECY**

Stages de médiation et en établissement scolaire : **Emmanuel ROLLINDE**

La licence de physique propose une UE de stage de 3 CE (stage de découverte 3P005) ou 6 CE (stage approfondi 3P023). Si certaines modalités pratiques, en particulier le calendrier, peuvent différer d'un parcours à l'autre, l'UE fonctionne de la même façon et les étudiants peuvent librement choisir parmi les différents types de stages proposés ci-dessous avec l'aval du responsable des stages. Dans tous les cas, les étudiants devront réaliser un travail autonome de nature scientifique dont ils feront part à l'équipe pédagogique en rédigeant un mémoire et en préparant une soutenance orale.

1. STAGES EN LABORATOIRE DE RECHERCHE. En binôme

Immersion dans un laboratoire/groupe de recherche pendant deux semaines minimum avec un sujet et un responsable bien définis

But du stage : découvrir la réalité et le fonctionnement de la recherche.

Il s'agira pour vous, soit de participer activement à un travail en cours, soit de réaliser un travail personnel de type bibliographique ou expérimental ou théorique en relation avec les activités de l'équipe qui vous accueille. Le stage étant relativement court (10 jours), nous attendons plus un comportement actif et autonome que des résultats scientifiques.

2. STAGES EN ETABLISSEMENT SCOLAIRE : l'étudiant **doit** se trouver son établissement.

2.a Pédagogie et Enseignement. En individuel.

Suivi et participation à la vie d'une classe dans un établissement scolaire

But du stage : découvrir la réalité du travail d'enseignant.

Il s'agira pour vous de participer le plus possible aux différentes tâches qui incombent à l'enseignant qui vous accueillera (encadrement des séances de TP, rédaction de contrôles ou de fascicules, cours magistraux ou animations de séances de TD, correction de copies, ...)

2.b Vulgarisation Scientifique. En binôme.

Préparation et exposition d'une mini-conférence scientifique devant un public scolaire

But du stage : s'initier à la communication scientifique.

Vous préparez un exposé de vulgarisation à destination d'un public scolaire sur un sujet de physique de votre choix sous la direction d'enseignants de l'université. Vous le présentez devant une classe en exploitant au maximum les TICE et en l'illustrant par des expériences de physique amusante.

3. STAGES EN INDUSTRIE

Ces stages doivent être trouvés par l'étudiant lui-même et validés par son responsable du parcours.

Organisation :

En fonction du calendrier universitaire, le stage se déroule de la manière suivante :

- 3P005 : 2 semaines pleines et consécutives au début de la deuxième période
- 3P023 : 2 semaines pleines et consécutives au début de la deuxième période suivies de 10 journées réparties dans le semestre en accord avec l'encadrant et l'emploi du temps de l'étudiant.

Les langues en licence de physique

Responsable du département des langues : Jenifer CHAUMONT

Chaque étudiant de la licence de physique doit choisir une langue de 3 CE parmi les langues suivantes : anglais, allemand, espagnol, russe et chinois. L'UE de langue fait partie d'un contrat semestriel de L3 de l'étudiant et participe donc à la compensation semestrielle. Cet enseignement est organisé par le département des langues avec les modalités suivantes.

Volumes horaires : 24 h de TD obligatoires

Nombre de crédits de l'UE : 3 CE

Période où l'enseignement est proposé : 1^{ère} période

Objectifs de l'Unité d'Enseignement

Compréhension approfondie d'un document scientifique (écrit et oral)

- Repérage, tri et organisation structurée des informations
- Approfondissement de la spécificité du discours scientifique et notamment de la logique et la progression du discours : articulations et enchaînements, expression de l'hypothèse, liens de cause à effet, déduction, inférence, développement, synthèse

Approfondissement de la production écrite

- L'étudiant doit être capable de s'approprier et de restituer l'information
- Résumé et synthèse
- Utilisation des éléments spécifiques du discours scientifique

Approfondissement de la production orale

- Débats
- Exposés
- Présentations individuelles.

Organisation pédagogique

Contrôle continu.

Tests évaluant les quatre compétences :

- Compréhension écrite
- Compréhension orale
- Production écrite (principalement la capacité à synthétiser un document)
- Production orale (exposé).

Parcours mono-disciplinaires de physique

La **mono-disciplinaire** de physique est proposée aux étudiants qui expriment précocement, après une première année post-bac, le souhait de placer la physique au cœur de leurs études. Le cursus en physique est intense afin de satisfaire aux standards nationaux et internationaux et fait toute sa place au formalisme, à la physique de la lumière et à la physique microscopique, domaines d'excellence de la recherche en physique à SORBONNE UNIVERSITE et particulièrement formateurs quelque soit votre projet professionnel.

Le programme introduit dès le L2 les grands ensembles constitutifs de la physique qui seront ensuite développés au niveau L3 : physique ondulatoire, électromagnétisme et mécanique quantique. La relativité restreinte est aussi abordée. L'enseignement des mathématiques occupe une part significative dans la formation afin que les étudiants puissent dominer le formalisme qui accompagne les théories physiques. L'UE *Physique expérimentale 1* et les travaux pratiques de la plupart des UE permettent d'illustrer le cours et de former les étudiants à la démarche expérimentale.

Le parcours **mono-disciplinaire intensif**, avec des contrats semestriels étendus à 36 CE, permet d'atteindre les meilleurs standards nationaux et internationaux grâce à des UE d'approfondissement en physique et un choix plus large d'options. Il sera proposé aux étudiants ayant fait la preuve de leur motivation et de leurs capacités académiques.

Conditions d'accès en mono-disciplinaire standard

- étudiants SORBONNE-UNIVERSITE issus du L2 mono-disciplinaire de physique ou du L2 avec une majeure de physique
- étudiants issus de classes préparatoires MPSI et PCSI à condition d'avoir obtenu une admissibilité aux CCP (ou autre grande école)
- étudiants des autres universités ayant validé un L2 avec l'équivalent d'une majeure de Physique.

Si vous ne souscrivez pas aux conditions ci-dessus mais que vous êtes motivés pour vous inscrire en **mono-disciplinaire** de physique, renseignez vous auprès de l'équipe pédagogique : des aménagements pourront vous être proposés après examen de votre dossier.

Mono-disciplinaire standard

Parcours standard (30 ECTS par semestre)									
Mention Licence Physique									
Majeure physique					Complément physique				
S3	Energies et entropie (2P003) ou Physique du mouvement (2P004)		Méthodes mathématiques 1 (2P010)		Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	Ondes (2P011)		Physique expérimentale 1 (2P012)	
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)		Méthode mathématiques 2 (2P020)			Anglais (2XAN1)	Calcul scientifique et modélisation (2P022)	Quanta et relativité (2P024)	
S5	Thermodynamique et thermostatique (3P011)	Physique expérimentale 2 (3P015)		Outils mathématiques 3 (3P013)	Anglais 3 (3XAN1)	Physique numérique (3P002)		Mécanique quantique (3P001)	
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)		Projet (3P022)		Structure de la matière (3P004)		Stage (3P005)	Option	
9 ECTS			6 ECTS			6 ECTS			6 ECTS

Mono-disciplinaire intensif

Parcours sous conditions d'accès (36 ECTS par semestre)
Mention Licence Physique

	Majeure physique			Complément physique			Surcomplément phys.
S3	Energie et entropie (2P003) ou Physique du mouvement (2P004)	Méthodes mathématiques 1 (2P010)	Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	Ondes (2P011)	Physique expérimentale 1 (2P012)		Histoire et Philosophie des Sciences (1PM02)
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)	Méthode mathématiques 2 (2P020)	Anglais (2XAN1)		Calcul scientifique et modélisation (2P022)	Quanta et relativité (2P024)	Compléments de physique (2P032)
S5	Thermodynamique et aspects statistiques (3P003)	Physique expérimentale 2 (3P015)	Anglais 3 (3XAN1)	Physique numérique (3P002)	Mécanique quantique (3P001)		Méthodes mathématiques 3 (3P010)
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)	Projet (3P022)	Structure de la matière (3P004)		Stage (3P005)	Projet en autonomie (3P024)	Option
	9 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	6 ECTS		6 ECTS

Parcours majeure-mineure ou bi-disciplinaires

La majeure de physique adossée à une mineure d'une autre discipline s'adresse aux étudiants intéressés par la physique (**tous portails**) mais qui souhaitent conserver une certaine pluridisciplinarité. Elle est constituée autour d'un cœur disciplinaire incompressible (qui garantit l'accès au master *Physique et applications* de SORBONNE UNIVERSITE) auquel est associé une mineure d'une autre discipline. Le socle est largement commun avec la licence **mono-disciplinaire** et promeut la physique expérimentale, la physique microscopique, et la physique de la lumière.

Conditions d'accès en bi-disciplinaires :

- étudiants SORBONNE-UNIVERSITE issus du L2 avec une majeure de physique
- étudiants issus de classes préparatoires aux grandes écoles et qui ont obtenu une admissibilité aux CCP (ou autre grande école)
- étudiants des autres universités ayant validé un L2 avec l'équivalent d'une majeure de Physique (contenant une part raisonnable de physique et de mathématiques)

Physique et mathématiques

Pour : la physique théorique, les métiers de la modélisation (finance, assurance), ...

Parcours standard (30 ECTS par semestre)					
Mention Licence Physique					
Majeure physique				Mineure mathématiques	
S3	Energie et entropie (2P003)	Ondes (2P011)	Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	Séries de fonctions, Séries de Fourier, Intégrales généralisées (2M360), Analyse vectorielle (2M156)	
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)	Quanta et relativité (2P024)	Calcul scientifique et modélisation (2P022)	Algèbre linéaire 2, espaces vectoriels euclidiens, isométries affines (2M371)	
S5	Thermodynamique et aspects statistiques (3P003)	Mécanique quantique (3P001)	Anglais 3 (3XAN1)	Probabilités élémentaires (3M245)	Topologie et calcul différentiel (3M260)
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)	Structure de la matière (3P004)	Option ou stage (3P023)	Equations différentielles : éléments d'analyse et approximation numérique (2M310)	
	9 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	3 ECTS	9 ECTS

Physique et chimie

Pour les métiers autour des nanotechnologies et des matériaux, les métiers de l'enseignement (préparation des concours CAPES ou agrégation de physique), le master SORBONNE-UNIVERSITE Métiers enseignement, éducation et formations (MEEF) ...

Parcours standard (30 ECTS par semestre)						
Mention Licence Physique						
Majeure physique				Mineure chimie		
S3	Physique du mouvement (2P004)	Méthodes mathématiques 1 (2P010)	Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	Thermodynamique appliquée à la chimie (2C011)	Relations structure-propriétés en chimie inorganique (2C012)	
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)	Ondes (2P011)	Outils mathématiques 2 (2P023)	Liaisons intramoléculaires et réactivité (2C001)	Relations structure-propriétés en chimie organique (2C002)	
S5	Thermodynamique et thermostatique (3P011)	Physique expérimentale 1 (3P012)	Outils mathématiques 3 (3P013)	Anglais 3 (3XAN1)	Electrochimie (3C011)	Chimie moléculaire (3C032)
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)	Projet (3P022) ou stage approfondi (3P023)	Physique quantique (3P020)	Spectroscopies atomiques et moléculaires (3C041)	Matériaux inorganiques : Synthèses, propriétés, cristallographie et diffraction (3C013)	
	9 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	3 ECTS	6 ECTS	

Physique et mécanique

Pour : la physique macroscopique, les métiers de l'ingénierie mécanique (aéronautique, génie civil), les masters SORBONNE-UNIVERSITE Sciences de l'Ingénieur (SDI) parcours Mécanique ...

Parcours standard (30 ECTS par semestre)						Mention Licence Physique						
Majeure physique					Mineure mécanique							
S3	Energie et entropie (2P003) ou Physique du mouvement (2P004)		Méthodes mathématiques 1 (2P010)		Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	Programmation pour le calcul scientifique (2A005)		Statique et dynamique des fluides (2A004)				
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)		Ondes (2P011)		Outils mathématiques 2 (2P023)	Anglais (2XAN1)	Transferts thermiques (2A102)	Statique et dynamique des solides indéformables (2A001)				
S5	Thermodynamique et thermostatique (3P011)	Physique expérimentale 1 (3P012)	Outils mathématiques 3 (3P013)	Anglais 3 (3XAN1)	Méthodes numériques pour la mécanique (3A005)		Base de la mécanique des milieux continus (3A004)					
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)		Projet (3P022) ou stage approfondi (3P023)		Physique quantique (3P020)		UE de complément mécanique	Mécanique des fluides (3A007) ou Projet (3A104)				
9 ECTS			6 ECTS			6 ECTS			3 ECTS	3 ECTS	6 ECTS	

Physique et géosciences

Pour : les métiers de l'environnement, du climat, de la météorologie et des ressources naturelles, le master SORBONNE-UNIVERSITE Sciences de l'Univers et de l'environnement (SDUEE)...

Parcours standard (30 ECTS par semestre)						Mention Licence Physique					
Majeure physique					Mineure géosciences						
S3	Physique du mouvement (2P004)		Méthodes mathématiques 1 (2P010)		Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	Minéralogie Pétrologie Magmatisme (2T302)		Terrain 1 / Bibliographie (2T303)	Cartographie - SIG (2T321)		
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)		Ondes (2P011)		Outils mathématiques 2 (2P023)	Anglais (2XAN1)	Géophysique Océan-Atmosphère-Climat (2T401)		Bases de Sédimentologie (2T403)		
S5	Thermodynamique et thermostatique (3P011)	Physique expérimentale 1 (3P012)	Outils mathématiques 3 (3P013)	Anglais 3 (3XAN1)	Géochimie (3T501)		Terrain 2 (3T503)	Géodynamique (3T504)			
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)		Projet (3P022) ou stage approfondi (3P023)		Physique quantique (3P020)		Physique du Globe : Outils et Applications (3T601)		Pétrologie métamorphique (3T605)		
9 ECTS			6 ECTS			6 ECTS			3 ECTS	6 ECTS	3 ECTS

Physique et EEA

Pour : la physique des phénomènes électromagnétiques, les métiers des réseaux et des télécommunications, de l'ingénierie électronique (conception de hardware, d'antennes, de blindages...), les masters SORBONNE-UNIVERSITE Sciences de l'Ingénieur (SDI) parcours Electronique...

Parcours standard (30 ECTS par semestre)						Mention Licence Physique						
Majeure physique					Mineure EEA							
S3	Energie et entropie (2P003) ou Physique du mouvement (2P004)		Méthodes mathématiques 1 (2P010)		Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	Sources d'énergie électrique et capteurs (2E102)		Fonctions élémentaires de l'électronique (2E100)				
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)		Ondes (2P011)		Outils mathématiques 2 (2P023)	Anglais (2XAN1)	Matlab applications en électronique (2E202)	Electronique numérique combinatoire et séquentielle (2E200)				
S5	Thermodynamique et thermostatique (3P011)	Physique expérimentale 1 (3P012)	Outils mathématiques 3 (3P013)	Anglais 3 (3XAN1)	Signaux et systèmes (3E100)		Réseaux électriques intelligents et gestion de l'énergie (3E104)					
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)		Projet (3P022) ou stage approfondi (3P023)		Physique quantique (3P020)		Option EEA à 3 ECTS	Techniques et dispositifs pour l'élec. Analogique (3E200) ou Systèmes numériques et processeurs embarqués (3E201)				
9 ECTS			6 ECTS			6 ECTS			3 ECTS	3 ECTS	6 ECTS	

Physique et biologie

Parcours standard (30 ECTS par semestre)
Mention Licence Physique

Majeure physique					Mineure biologie			
S3	Physique du mouvement (2P004)		Méthodes mathématiques 1 (2P010)		Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	Génétique 1 (2V311) ou Ecologie générale (2V310)	Biochimie : Métabolisme (2V313)	Organisation Fonctionnelle des Animaux (2V312)
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)		Ondes (2P011)		Outils mathématiques 2 (2P023)	Anglais (2XAN1)	Biologie Cellulaire (2V404)	Physiologie des signalisations neuronale et hormonale (2V415)
S5	Thermodynamique et thermostatique (3P011)	Physique expérimentale 1 (3P012)	Outils mathématiques 3 (3P013)	Anglais 3 (3XAN1)		Microbiologie (3V518) ou Immunologie (3V519)	Biochimie: Enzymologie approfondie (2V513)	Neurophysiologie intégrative et physiologie des grandes fonctions (3V515)
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)		Projet (3P022) ou stage approfondi (3P023)		Physique quantique (3P020)		Biologie Végétale (3V617) ou Ecologie (3V610)	Génétique et Biologie Moléculaire (3V611) ou Biologie Animale (3V612)
					9 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	
						3 ECTS	3 ECTS	6 ECTS

Physique et informatique

Parcours standard (30 ECTS par semestre)
Mention Licence Physique

Majeure physique					Mineure informatique		
S3	Energie et entropie (2P003) ou Physique du mouvement (2P004)		Méthodes mathématiques 1 (2P010)		Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	Eléments de programmation par objets avec JAVA (2I002)	Structures discrètes (2I005)
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)		Ondes (2P011)		Outils mathématiques 2 (2P023)	Anglais (2XAN1)	Machine et représentation (2I014)
S5	Thermodynamique et thermostatique (3P011)	Physique expérimentale 1 (3P012)	Outils mathématiques 3 (3P013)	Anglais 3 (3XAN1)		Introduction aux bases de données relationnelles (2I009)	Initiation à l'algorithmique (2I003)
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)		Projet (3P022) ou stage approfondi (3P023)		Physique quantique (3P020)		Intro. aux systèmes d'exploitation (2I015)
					9 ECTS	6 ECTS	6 ECTS
						3 ECTS	3 ECTS
							6 ECTS

Physique et sciences humaines et sociales

Parcours standard (30 ECTS par semestre)
Mention Licence Physique

Majeure physique					Mineure SHS						
S3	Energie et entropie (2P003) ou Physique du mouvement (2P004)		Méthodes mathématiques 1 (2P010)		Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	6 Mineures SHS proposées					
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)		Ondes (2P011)		Outils mathématiques 2 (2P023)	Anglais (2XAN1)	1) Mineure EDS : Enseignement et Didactique des Sciences				
S5	Du microscopique au macroscopique (3P014)	Physique expérimentale 1 (3P012)	Outils mathématiques 3 (3P013)	Anglais 3 (3XAN1)		2) Mineure MS : Médiation Scientifique					
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)		Projet ou stage approfondi (3P022 ou 3P023)		Physique quantique (3P020)		3) Mineure HPST : Histoire et Philosophie des Sciences et Technologie				
					9 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	3 ECTS	3 ECTS	3 ECTS	3 ECTS

Détail de chaque mineure : Voir détail ci-dessous

Mineure SHS Enseignement et Didactique des Sciences				
S3	Stage d'Accompagnateur Scientifique (SACS) (ZH001)	Français Technique d'Expression et de Communication (ZH002)	Introduction à l'Histoire des Sciences et Techniques (ZH003)	
S4		Sport et Santé (ZH004)	Numérique et Internet (ZH005)	
S5	Mathématiques ou Introduction à la Philosophie des Sciences	Projet UniverCités 1	Enseignement et didactique des Sciences	
S6		Introduction à la Psychologie de l'enfant	Communiquer en anglais sur un sujet de sciences	Histoire et Géographie
	3 ECTS	3 ECTS	3 ECTS	3 ECTS

Mineure SHS Innovation en Santé Publique				
S3	L'odyssée du médicament : de la molécule au patient	Introduction aux problématiques de Santé publique		
S4		Ingénierie Biomédicale		
S5	En cours d'élaboration			
S6	En cours d'élaboration			
	3 ECTS	3 ECTS	3 ECTS	3 ECTS

Mineure SHS Médiation scientifique				
S3	Stage d'Accompagnateur Scientifique (SACS) (ZH001)	Français Technique d'Expression et de Communication (ZH002)	Introduction à l'Histoire des Sciences et Techniques (ZH003)	
S4		Médiation scientifique 1 (ZH006)	Numérique et Internet (ZH005)	
S5	Introduction à la Philosophie des Sciences	Projet UniverCités 1	Médiation scientifique 2, stage	
S6		Projet UniverCités 2	Communiquer en anglais sur un sujet de sciences	Sociologie
	3 ECTS	3 ECTS	3 ECTS	3 ECTS

Mineure SHS Gestion				
S3	Microéconomie		Histoire des Entreprises	
S4		Finance et Comptabilité	Stratégie d'entreprise	
S5	En cours d'élaboration			
S6	En cours d'élaboration			
	3 ECTS	3 ECTS	3 ECTS	3 ECTS

Mineure SHS Histoire et Philosophie des Sciences et des Techniques				
S3	Introduction à la Philosophie des sciences (ZH007)		Introduction à l'Histoire des Sciences et Techniques (ZH003)	
S4		Sujets choisis 1 en HPST (ZH008)	Médiation scientifique 1 (ZH006)	Sociologie des Sciences (ZH009)
S5	Éléments d'histoire des Mathématiques (3H011) ou Histoire des Sciences Physiques et Chimiques (3H007) ou Histoire des Sciences du vivant (3H013)		Histoire des Techniques: Introduction aux Sciences and Technology studies (3H010)	
S6		Sujets choisis 2 (3H008)	Mémoire de recherche encadré en HPST (3H009)	
	3 ECTS	3 ECTS	6 ECTS	

Mineure SHS Patrimoine Sociétés Relations Nord Sud				
S3	Anthropologie Biologique	Les milieux et les hommes de la préhistoire	Linguistique des populations	Déplacement pédagogique : patrimoine, paysages, musée
S4		Paléoenvironnements et paysages d'aujourd'hui	Primatologie	Patrimoines locaux
S5	En cours d'élaboration			
S6	En cours d'élaboration			
	3 ECTS	3 ECTS	6 ECTS	

Parcours double majeure / bi-disciplinaire Intensif

Pour les étudiants volontaires, motivés et ayant l'investissement et le niveau suffisant, pour les étudiants désireux de conserver une double compétence dans deux champs disciplinaires distincts, SORBONNE UNIVERSITE leur propose des formations, avec des contrats étendus à 36 CE par semestre, construites sur les UE de deux disciplines. Il s'agit des parcours de licence dits **double majeure**. Les étudiants pourront *sous conditions* obtenir chacune des licences des deux disciplines correspondantes et s'ouvrir les portes des masters correspondants.

Attention : il s'agit de parcours exigeants où aucun redoublement n'est autorisé. En cas de non validation d'un semestre en **double majeure**, un parcours standard sera proposé à l'étudiant.

Conditions d'accès

- étudiants SORBONNE-UNIVERSITE non redoublants et ayant validé sans compensation les deux UE à 9 CE de S2 des disciplines correspondants à la double majeure envisagée
- étudiants issus des classes préparatoires aux grandes écoles et qui ont obtenu un avis de passage favorable en seconde année
- étudiants des autres universités non redoublants issus d'un L1 scientifique

L'admission se fait sur dossier et après entretien. Pour les extérieurs, de bons résultats dans les deux disciplines au niveau L1 ou équivalent sont requis pour que la candidature soit examinée.

Physique et mathématiques

Parcours sous conditions d'accès (36 ECTS par semestre)									
Mentions Licence Physique et Licence Mathématiques									
Majeure physique					Mineure mathématiques			Surmineure maths	
S T A G E	S3	Energie et entropie (2P003)	Ondes (2P011)	Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	Séries de fonctions, Séries de Fourier, Intégrales généralisées (2M360)		Analyse Vectorielle (2M156)	Arithmétique et algèbre (2M220)	
	S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)	Quanta et relativité (2P024)	Calcul scientifique et modélisation (2P022)	Anglais (2XAN1)	Algèbre linéaire 2, espaces vectoriels euclidiens, isométries affines (2M371)		Séries entières, Intégrales dépendant d'un paramètre (2M261)	
	S5	Thermodynamique et aspects statistiques (3P003)	Mécanique quantique (3P001)	Anglais 3 (3XAN1)	Topologie et calcul différentiel (3M260)		Probabilités élémentaires (3M245)	Fonctions de plusieurs variables, analyse vectorielle, intégrales multiples (2M216)	
	S6	Electromagnétisme et optique (3P021)	Structure de la matière (3P004)	Option ou stage approfondi (3P023)	Projet (3M101)		Analyse complexe (3M266)	Intégration (3M263)	
		9 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	3 ECTS	3 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	

Physique et chimie

Parcours sous conditions d'accès (36 ECTS par semestre)											
Mentions Licence Physique et Licence Chimie											
Majeure physique					Mineure chimie			Surmineure chimie			
S T A G E	S3	Physique du mouvement (2P004)	Méthodes mathématiques 1 (2P010)	Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)	Thermodynamique appliquée à la chimie (2C011)		Relations structure-propriétés en chimie inorganique (2C012)		Techniques analytiques (2C015)		
	S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)	Ondes (2P011)	Outils mathématiques 2 (2P023)	Anglais (2XAN1)	Liaisons intramoléculaires et réactivité (2C001)		Relations structure-propriétés en chimie organique (2C002)		Spectroscopies et Séparation (2C005)	
	S5	Thermodynamique et thermostatique (3P011)	Physique expérimentale 1 (3P012)	Outils mathématiques 3 (3P013)	Anglais 3 (3XAN1)	Electrochimie (3C011)		Chimie moléculaire (3C032)		Initiation à la programmation scientifique (3C007)	Chimie moléculaire expérimentale (3C035)
	S6	Electromagnétisme et optique (3P021)	Projet (3P022) ou stage approfondi (3P023)	Physique quantique (3P020)	Spectroscopies atomiques et moléculaires (3C041)		Matériaux inorganiques : Synthèses, propriétés, cristallographie et diffraction (3C013)		Introduction aux polymères (3C003)		Approche microscopique de la cinétique chimique (3C031)
		9 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	3 ECTS	3 ECTS	6 ECTS	6 ECTS			

Ingénierie mécanique et physique

Parcours sous conditions d'accès (36 ECTS par semestre)
Mentions Licence Physique et Licence Mécanique

Majeure mécanique					Mineure physique		Surmineure physique
S3	Analyse vectorielle et intégrales multiples (2M256)	Statique et dynamique des solides indéformables (2A001)	Bases de thermodynamique (2A002)	Orientation et Insertion Professionnelle (2A011)	Ondes (2P011) ou Mécanique et Ondes (2P014)	Physique expérimentale 1 (2P012)	Histoire et Philosophie des Sciences (1PM02)
S4	Méthodes mathématiques pour la mécanique (2A003)	Statique et dynamique des fluides (2A004)	Programmation pour le calcul scientifique (2A005)	Anglais (2XAN1)		Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)	Quanta et relativité (2P024)
S5	Bases de la mécanique des milieux continus (3A004)	Méthodes numériques pour la mécanique (3A005)	Equations aux dérivées partielles 1 (3A002)	Anglais 3 (3XAN1)	Du microscopique au macroscopique (3P014)	Physique expérimentale 2 (3P015)	Mécanique quantique (3P001)
S6	Structures élastiques (3A006)	Mécanique des fluides (3A007)	Thermodynamique et thermique (3A001)	Equations aux dérivées partielles 2 (3A003)		Electromagnétisme et optique (3P021)	Projet (3P022) ou stage approfondi (3P023) ou Option
	6 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	3 ECTS	3 ECTS	9 ECTS	6 ECTS

Physique et électronique, énergie électrique et automatique

Parcours sous conditions d'accès (36 ECTS par semestre)
Mentions Licence Physique et Licence Electronique, Energie, électrique, Automatique

Majeure physique					Mineure EEA		Surmineure EEA
S3	Energie et entropie (2P003) ou Physique du mouvement (2P004)	Méthodes mathématiques 1 (2P010)	Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)		Sources d'énergie électrique et capteurs (2E102)	Fonctions élémentaires de l'électronique (2E100)	Fondements en microélectronique (2E103)
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)	Ondes (2P011)	Outils mathématiques 2 (2P023)	Anglais (2XAN1)	Matlab applications en électronique (2E202)	Electronique numérique combinatoire et séquentielle (2E200)	Programmation impérative en C (2E201)
S5	Thermodynamique et thermostatique (3P011)	Physique expérimentale 1 (3P012)	Outils mathématiques 3 (3P013)	Anglais 3 (3XAN1)	Signaux et systèmes (3E100)	Réseaux électriques intelligents et gestion de l'énergie (3E104)	Programmation et méthodes numériques (3E103)
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)	Projet (3P022) ou stage approfondi (3P023)	Physique quantique (3P020)		Option EEA à 3 ECTS	Techniques et dispositifs pour l'électronique analogique (3E200)	Systèmes numériques et processeurs embarqués (3E201)
	9 ECTS	6 ECTS	6 ECTS		3 ECTS	3 ECTS	6 ECTS

Physique et géosciences

Parcours sous conditions d'accès (36 ECTS par semestre)
Mentions Licence Physique et Licence Sciences de la Terre

Majeure physique					Mineure géosciences			Surmineure géosciences	
S3	Physique du mouvement (2P004)	Méthodes mathématiques 1 (2P010)	Orientation et Insertion Professionnelle (2P011)		Minéralogie Pétrologie Magmatisme (2T302)	Terrain 1 / Bibliographie (2T303)	Cartographie - SIG (2T321)	Informatique pour les géosciences (2T031)	
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)	Ondes (2P011)	Outils mathématiques 2 (2P023)	Anglais (2XAN1)		Géophysique Océan-Atmosphère-Climat (2T401)	Bases de Sédimentologie (2T403)	Paléontologie Histoire de la Terre (2T404)	
S5	Thermodynamique et thermostatique (3P011)	Physique expérimentale 1 (3P012)	Outils mathématiques 3 (3P013)	Anglais 3 (3XAN1)	Géochimie (3T501)	Terrain 2 (3T503)	Géodynamique (3T504)	Volcanologie (3T502)	Environ. sédimentaires (3T505)
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)	Projet (3P022) ou stage approfondi (3P023)	Physique quantique (3P020)			Physique du Globe : Outils et Applications (3T601)	Pétrologie métamorphique (3T605)	Terrain 3 (3T603)	UE complément Géosciences
	9 ECTS	6 ECTS	6 ECTS		3 ECTS	3 ECTS	6 ECTS	6 ECTS	

La mineure de physique

La **mineure physique** offre une formation cohérente autour de la lumière (électromagnétisme et optique) et de la physique expérimentale. Elle s'articule particulièrement bien avec les cursus de nos partenaires, qu'elle enrichit et élargit, notamment les licences mention chimie, sciences de la Terre, mécanique et mathématiques (avec un parcours aménagé). En fonction de la majeure associée, elle peut permettre l'accès à certains parcours du master *Physique et applications* de SORBONNE UNIVERSITE.

Conditions d'accès :

C'est la licence de la majeure choisie qui fixe ses conditions d'accès.

Mineure physique		
S3	Ondes (2P011) ou Mécanique et Ondes (2P014)	Outils mathématiques 1 (2P013) ou Physique expérimentale 1 (2P012)
S4	Electromagnétisme et électrocinétique (2P021)	
S5	Du microscopique au macroscopique (3P014)	Physique expérimentale 1 (3P012) ou Physique expérimentale 2 (3P015)
S6	Electromagnétisme et optique (3P021)	
	3 ECTS	9 ECTS

🔗 3P001 : Mécanique quantique

Responsables de l'UE : **Emily LAMOUR**
Institut des Nanosciences de Paris
emily.lamour@sorbonne-universite.fr

Thibaut JACQMIN
Laboratoire Kastler Brossel
thibaut.jacqmin@sorbonne-universite.fr

1. Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux : **Cours 30 h - TD 30 h**

Nombre de crédits de l'UE : **6 ECTS**

Mention : **Physique**

Période où l'enseignement est proposé : **1^{ère} période (S5)**

Pré-requis : **Quanta et relativité – Outils mathématiques**

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

- Fonction d'onde et équation de Schrödinger, paquets d'onde, particule soumise à un potentiel (effet tunnel), quantification de l'énergie, puits simple et double (cas de la molécule d'ammoniac), oscillateur harmonique.
- Espace de Hilbert et notations de Dirac, vecteur d'état, opérateurs, projecteurs et relations de fermeture, théorème spectral, principes de la mécanique quantique, mesure des grandeurs physiques : résultats possibles et probabilités, réduction du paquet d'onde, système à deux états.
- Théorème d'Ehrenfest, base commune à deux observables qui commutent ; Ensemble complet d'observables qui commutent (E.C.O.C.), Commutation et relation d'inégalité d'Heisenberg généralisée
- Bases continues : représentation position et impulsion
- Oscillateur harmonique avec le formalisme de Dirac
- Moment magnétique orbital de l'électron, expérience de Stern et Gerlach, appareils de Stern et Gerlach successifs, mesures de spin, probabilités, valeurs moyennes
- Opérateur rotation, Résonance Magnétique Nucléaire
- Quantification du moment cinétique : moment cinétique orbital, énergie de rotation d'une molécule diatomique, harmoniques sphériques
- Information quantique, portes quantiques et notions sur la cryptographie quantique
- Etat d'une particule dans un potentiel central : l'atome d'hydrogène

b) Acquis attendus

- Savoir faire le lien entre mécanique ondulatoire et formalisme de Dirac
- Comprendre les principes de la mécanique quantique et plus particulièrement le principe d'une mesure
- Connaitre la définition d'un espace de Hilbert
- Connaitre l'expérience de Stern et Gerlach, l'effet tunnel, la quantification du moment cinétique et l'oscillateur harmonique
- Connaitre le lien entre moment cinétique et opérateur de rotation
- Savoir donner les grandes lignes de la résolution d'une particule dans un potentiel central

c) Ouvrages de référence

Notes/slides de cours

Mécanique quantique, J.-L. Basdevant et J. Dalibard, Editions de l'Ecole Polytechnique

Mécanique Quantique, Claude Cohen-Tannoudji, Bernard Diu, Franck Laloe (Hermann)

d) Modalité d'évaluation

Contrôle à mi-parcours, exercices et quizz (60 pts) ; Examen (40 pts).

❶ 3P002 : Physique numérique

Responsable de l'UE : *Dirk STRATMANN,*

IMPMC - SORBONNE-UNIVERSITE

Campus Jussieu - Tour 22-23, Etage 4, Bureau 408,

Boîte courrier 115

4, place Jussieu 75252 Paris cedex 05

[*dirk.stratmann@sorbonne-universite.fr*](mailto:dirk.stratmann@sorbonne-universite.fr)

1. Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux : un CM d'introduction (2h), un TD/TP d'introduction : environnement informatique (2h), TD/TP de 4 h devant les machines (un étudiant par poste de travail) : langage, préparation des TP (24h), 6 TP de 4h devant les machines (un étudiant par poste de travail) : physique numérique (24h), 4 séances de 2h devant les machines : projet par binômes (8h)

Nombre de crédits de l'UE : **6 ECTS**

Mention : **Physique**

Période où l'enseignement est proposé : **1^{ère} période (S5)**

Pré-requis : Les connaissances de physique et de mathématiques normales pour un étudiant de physique de L3 : mécanique du point, énergie, optique géométrique et interférentielle, électromagnétisme dans le vide, dérivées, dérivées partielles, intégration, équations différentielles, séries, systèmes linéaires, matrices, espaces vectoriels, valeurs propres...

Si le module de L2 *Calcul scientifique et modélisation* (2P022) constitue une excellente introduction, aucune connaissance informatique préalable n'est requise.

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

L'enseignement d'un langage compilé (C++) est conçu en vue de la résolution de problèmes de physique -compatibles avec le niveau de connaissances attendu en L3. Des techniques standards (racines d'une équation, équations différentielles ordinaires, marches au hasard, manipulations de matrices) seront appliquées systématiquement à des questions de physique : il s'agit de constituer rapidement un outil puissant pour s'attaquer aux multiples équations que sont susceptibles de produire les physiciens et qu'ils sont bien incapables de résoudre analytiquement !

b) Acquis attendus

- une familiarité avec un langage de calcul compilé (C++) permettant d'écrire sans trop d'hésitation des programmes de complexité moyenne susceptibles de résoudre des problèmes de physique.

- la capacité à analyser un problème de physique donné, proposer une méthode pour le résoudre, réaliser un programme qui fonctionne et résolve effectivement le problème
- l'analyse en termes de grandeurs physiques pertinentes (quelles conclusions physiques peut-on en tirer?) et la critique des résultats obtenus (sont-ils physiquement acceptables? les résultats obtenus dépendent-ils de paramètres arbitraires (pas d'intégration)?).
- familiarisation avec le travail en ligne de commande de base en Linux, utilisation d'outils de tracé de courbes.

c) Organisation pédagogique

- un CM d'introduction (2h) Pourquoi la physique numérique ?
- un TD/TP d'introduction : environnement informatique (2h). Bases Linux, lignes de commandes, premiers éléments de programmation.
- 6 TD/TP de 4 h : ces séances comportent plusieurs parties de longueur variable. Éléments de langage de programmation, exercices pratiques correspondants, présentation des thèmes physiques du TP à venir et des méthodes numériques à utiliser pour les résoudre, retours éventuels sur le TP précédent, sans correction de A à Z. Le format des séances est un mélange entre exposé (avec vidéo-projecteur ou sur tableau), petits exercices de programmation et introduction aux TP.
- 6 TP de 4h en alternance avec les séances de TD/TP : Écriture, compilation, exécution des programmes correspondants au thème du jour. Analyser et commenter les résultats numériques. Rédaction d'un compte-rendu de TP noté. (24h)
- 4 séances de 2h devant les machines : projet par binômes. Les sujets seront choisis par les intéressés parmi une liste, à traiter avec une certaine autonomie. Des sujets proposés par les étudiants peuvent être éventuellement acceptés avec l'accord de l'enseignant. Un rapport un peu plus complet que les compte-rendus de TP sera rendu (8h)

d) Modalité d'évaluation

- les comptes rendus de TP + projet (50%)
- un examen reparté sur le langage de programmation à mi-parcours (15%)
- un 2^{ème} examen reparté de deux heures devant les machines (35%)

e) Ouvrages de référence

- Les fiches ou poly de l'UE
- Claude Delannoy : Programmer en langage C/C++
- Giordano, Nakanishi : Computational Physics

<http://www.physics.purdue.edu/~hisao/book/>

- Mark Newman : Computational Physics

<http://www-personal.umich.edu/~mejn/computational-physics/>

① 3P003 : Thermodynamique et aspects statistiques

Responsable de l'UE : **Thierry HOCQUET,**

Thierry.hocquet@sorbonne-universite.fr

1. Descriptif de l'UE

Cette UE propose une étude approfondie de la thermodynamique, en s'appuyant sur des exemples variés. La priorité est donnée à une approche phénoménologique, suivie par une introduction à la physique statistique.

Volumes horaires globaux : **deux cours d'1h30 et deux TD de 2h00 par semaine**

Nombre de crédits de l'UE : **9 ECTS**

Mention : **Physique**

Période où l'enseignement est proposé : 1^{ère} période (S5)

Pré-requis : Connaissance de base en mécanique classique, force de pression. Fonction de plusieurs variables. Éléments de probabilité.

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

- Les fondamentaux (4 cours)
 - énergie interne, premier principe, point de vue microscopique
 - entropie, irréversibilité, second principe
 - équation d'états d'un corps pur, identité thermodynamique
 - fonctions d'état, transformation de Legendre
 - potentiel chimique, cas des systèmes extensifs, relation de Gibbs-Duhem
 - coefficients calorimétriques, relations de Clapeyron
 - potentiels thermodynamiques, inégalités thermodynamiques
- Exemples (4 cours)
 - principe des machines thermiques, diagramme de Paveau, rendement
 - gaz parfait, mélanges de gaz, gaz réels (van der Waals), effet Joule-Thomson
 - systèmes élastiques, loi de Hooke
 - systèmes diélectriques et magnétiques
 - phénomènes de surface
- Les changements de phase (3 cours)
 - diagrammes de phase
 - classification d'Ehrenfest, chaleur latente, relation de Clapeyron
 - transition liquide/gaz : modèle de van der Waals, construction de Maxwell
- Les mélanges (3 cours)
 - réaction chimique, loi d'action de masse
 - solutions, phénomène d'osmose, loi de Raoult, loi de Henry, cryoscopie
 - diagrammes binaires
- Les phénomènes hors d'équilibre (3 cours)
 - loi de Fourier
 - loi de Fick
 - loi d'Ohm, effet Joule
 - équations de la diffusion et de la chaleur
- Théories cinétiques (3 cours)
 - pression cinétique
 - distribution des vitesses de Maxwell-Boltzmann
 - interprétation cinétique de la température
 - libre parcours moyen, temps de collision
 - mouvement brownien, équation de la diffusion (simulations numériques)
- Introduction à la physique statistique (4 cours)
 - micro et macro-états
 - irréversibilité (simulations numériques)
 - système isolé : interprétation statistique de l'entropie, formule de Boltzmann
 - système thermostaté : facteur de Boltzmann, fluctuations
 - Cas classique : théorème d'équipartition, loi de Dulong et Petit
 - Cas quantique : système à deux niveaux, modèle d'Einstein

b) Acquis attendus

Connaître les principes fondamentaux de la thermodynamique et maîtriser sa démarche, savoir la mettre en œuvre pour une grande variété de systèmes.

Comprendre l'origine microscopique des phénomènes macroscopiques, savoir le mettre en œuvre dans des cas simples.

c) Organisation pédagogique

Deux cours d'1h30 et deux TD de 2h00 par semaine, sur 12 semaines.

d) Modalité d'évaluation

Le contrôle des connaissances est composé d'un contrôle continu en cours de semestre (CC) et d'un examen final avec deux sessions (Ex).

① 3P010 : Méthodes mathématiques 3

Espaces d'Hilbert, fonctions holomorphes, série de Fourier et transformées intégrales

Responsable de l'UE : **Michela PETRINI-MERZAGORA,**

Labo Physique Théorique et Hautes Energies

Tour 13-14 – 5^{ème} étage – Bureau 514

Boîte courrier 126

michela.petrini-marzagora@sorbonne-universite.fr

1. Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux : **Cours/TD 60h**

Nombre de crédits de l'UE : **6 ECTS**

Mention : **Physique**

Période où l'enseignement est proposé : **1^{ère} période (S5)**

Pré-requis : **calculs et analyse de base, algèbre linéaire, suites et séries**

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

1 - **Espaces d'Hilbert** : introduction aux espaces vectoriels de dimension finie, notion de bases orthonormée, espaces des fonctions et théorie des opérateurs linéaires dans les espaces de dimension finie (opérateurs adjoints, hermitiens, domaine d'un opérateur, valeurs et vecteurs propres).

2 - **Fonctions holomorphes** : continuité, dérivabilité pour des fonctions de variable complexe, notion de fonction holomorphe, intégration dans le plan complexe, série entière et série de Laurent, théorème des résidu et application.

3 - **Série de Fourier et transformées intégrales** : série de Fourier, intégrale de Fourier, transformée de Laplace et exemples d'applications en physique.

b) Acquis attendus

Savoir manipuler les opérateurs dans les espaces d'Hilbert en vue des applications à la mécanique quantique et à la résolution d'équations différentielles.

Maîtriser les notions de base d'analyse complexe et savoir les appliquer aux différents contextes physiques. Comprendre les propriétés de la série de Fourier et des transformées intégrales et les appliquer à l'analyse spectrale, et à la résolution d'équations différentielles.

c) Organisation pédagogique

Cours-TD (60h) ; certains TD privilégieront un travail en petits groupes. 18h sur la partie 1, 28 sur la partie 2 et 14 sur la partie 3.

d) Modalité d'évaluation

Deux contrôles continus (30 %) et examen final (70 %).

① 3P011 : Thermodynamique et thermostatistique

Responsable de l'UE : **Xavier LEYRONAS**
Laboratoire de Physique Statistique – E238
Ecole Normale Supérieure
24 rue Lhomond
75231 Paris Cedex 05
leyronas@lps.ens.fr

1. Descriptif de l'UE

Dans une première partie, ce module présente de façon approfondie les concepts de la thermodynamique des systèmes à l'équilibre et développe le formalisme pour décrire les transformations d'un système entre deux états d'équilibre. Ces notions seront appliquées à l'étude des transitions de phase et à une introduction à la physique des solutions diluées. La seconde partie du module sera consacrée à l'introduction des concepts de base de la physique statistique afin de montrer le lien entre les descriptions microscopique et macroscopique d'un système.

Volumes horaires globaux : **12 cours de 2 h, 12 TD de 2h**

Nombre de crédits de l'UE : **6 ECTS**

Mention : **Physique**

Période où l'enseignement est proposé : **1^{ère} période (S5) (pour le parcours à distance, voir 2d)**

Pré-requis : Eléments de mécanique classique : bilan de forces, travail d'une force, énergie cinétique et énergie potentielle. Eléments de thermodynamique : notions de travail et chaleur, premier principe. Outils mathématiques : fonctions à plusieurs variables, dérivée de fonction composée, bases de dénombrement.

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

Première partie : Thermodynamique (7 ou 8 cours)

- Description classique d'un système thermodynamique. Notion d'énergie interne. Exemples de travail (forces de pression et autres). « Travail chimique » et introduction du potentiel chimique.
- Etat d'équilibre d'un système. Transformation thermodynamique. Premier principe.
- Entropie. Second principe. Notion d'irréversibilité. Identité thermodynamique. Définition des grandeurs intensives. Equilibre entre deux systèmes.
- Techniques de la thermodynamique : fonctions de plusieurs variables, coefficients calorimétriques.
- Fonctions thermodynamiques : enthalpie, énergie libre, enthalpie libre
- Transitions de phase des corps purs : équilibre liquide-vapeur et autres exemples.
- Solutions diluées. Pression osmotique. Description thermodynamique des réactions chimiques.

Deuxième partie : Introduction à la physique statistique (4 ou 5 cours)

On étudiera essentiellement le cas des gaz de particules.

- Description microscopique classique d'un système. Collisions. Libre parcours moyen. Section efficace. Thermalisation.
- Distribution gaussienne des vitesses. Vitesse moyenne. Energie moyenne. Interprétation cinétique de la température et de la pression.

- Loi des grands nombres. Théorème centrale limite. Fluctuations.
- Introduction du facteur de Boltzmann, exemple du système à deux niveaux.
- Description statistique d'un système : état macroscopique vs micro-états, définition statistique de l'entropie

b) Acquis attendus

- Connaître les ordres de grandeurs associés à la description microscopique d'un système thermodynamique (masse et vitesse des particules, distance entre particules) pour des gaz, liquides et solides.
- Connaître les notions de base de la thermodynamique : état d'équilibre, transformation quasi-statique, réversible ou irréversible, grandeurs extensives et intensives, coefficients calorimétriques.
- Savoir appliquer les principes de la thermodynamique à des exemples simples.
- Connaître les fonctions thermodynamiques usuelles et leur rôle. Relation de Gibbs-Duhem.
- Savoir manipuler les fonctions de plusieurs variables (dérivées de fonction composées,
- Décrire l'équilibre entre plusieurs phases. Connaître la notion de chaleur latente et la relation de Clapeyron
- Savoir écrire le potentiel chimique d'un corps dans un mélange. Connaître la notion pression osmotique.
- Connaître la définition microscopique de la température et de la pression.
- Connaître la distribution des vitesses dans un gaz. Comprendre les notions de valeur moyenne et de fluctuation.
- Connaître le facteur de Boltzmann, calculer les grandeurs thermodynamiques pour un système à deux niveaux.
- Connaître la définition statistique de l'entropie.

c) Modalité d'évaluation

Contrôle continu (40/100) et examen final (60/100). Pour le parcours présentiel, la note de contrôle continu comprend une note de questionnaires à choix multiple (WIMS) (10/100) et un partiel écrit (30/100).

① 3P012 : Physique expérimentale 1

Responsable de l'UE : **Tristan BRIANT,**
Laboratoire Kastler-Brossel
Tour 13-23 – 2^{ème} étage – Bureau 217
Boîte courrier 74
tristan.briant@sorbonne-universite.fr

1. Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux : **60 h (20h de cours de démonstration et 40h TP en autonomie : chaque semaine 2h de cours de démonstration, 4h de TP)**

Nombre de crédits de l'UE : **6 ECTS**

Mention : **Physique**

Période où l'enseignement est proposé : **1^{ère} période (S5)**

Pré-requis : Les connaissances de physique et de mathématiques normales pour un étudiant de physique de L3 : mécanique du point, énergie, optique géométrique et interférentielle, électromagnétisme dans le vide, dérivées, dérivées partielles, intégration, équations différentielles, séries, systèmes linéaires, matrices, espaces vectoriels, valeurs propres...

Si le module de L2 *Calcul scientifique et modélisation* constitue une excellente introduction, aucune connaissance informatique préalable n'est requise.

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

Comment une manette de jeu détecte-t-elle mes mouvements et comment mon smartphone connaît-il l'orientation de son écran ? Puis-je prendre une empreinte sans plâtre grâce à un scanner 3D ? Comment m'assurer que dans « Gravity » les mouvements de Sandra Bullock sont réalistes ? Comment un robot détecte-t-il son environnement et interagit-il ?

Cette UE est centrée sur l'instrumentation et le concept de mesure, deux thèmes au cœur de toutes les disciplines expérimentales. L'objectif est de former les étudiants à l'utilisation de matériels modernes de type oscilloscopes et générateurs numériques, microcontrôleurs, ainsi que des capteurs et techniques d'acquisition modernes comme l'analyse vidéo, les centrales inertielles, capteurs optiques... L'interfaçage par ordinateur se fera grâce à des logiciels professionnels de type Labview ou Origin largement utilisés aussi bien dans le domaine scientifique que dans celui de l'industrie. Les étudiants acquerront ainsi une véritable expérience sur des équipements qu'ils seront amenés à utiliser dans leur vie professionnelle.

Thème 1 : Initiation à LabVIEW

Thème 2 : Pilotage d'un oscilloscope numérique et d'un générateur arbitraire avec LabVIEW

Thème 3 : Utilisation de la vidéo. Analyse de vidéo, construction d'un scanner 3D.

Thème 4 : Centrale inertielle, utilisation d'accéléromètres et gyromètres (Wiimote).

Thème 5 : Électronique passive, RLC.

Thème 6 : Filtrage électronique, acquisition de donnée automatisée.

Thème 7 : Électronique numérique, conversion analogique/digitale.

Thème 8 : Capteur de lumière, automatisation d'un robot pour suivre une ligne tracée au sol.

Thème 9 : Microcontrôleur, programmation d'une carte ARDUINO

Thème 10 : Miniprojet autour de la construction d'un robot et mise à l'épreuve lors d'une compétition.

b) Acquis attendus

Compétence expérimentale :

Savoir utiliser les appareils de tests et mesures numériques standards : oscilloscope, générateur de signaux, multimètre.

Utilisation de logiciel de pilotage, d'acquisition et traitement de données : Savoir programmer à un niveau élémentaire en LabVIEW. Savoir visualiser et analyser des données numériques (analyse statistique, ajustement).

Connaitre le fonctionnement et savoir utiliser des capteurs standard : accéléromètres, gyromètres, microscope.

Compétences en électronique : composants passifs et actifs. Circuits logiques.

c) Organisation pédagogique

L'UE est divisée en 10 séquences d'apprentissage. Chaque séquence est composée d'un cours de 2h de démonstration de la technique expérimentale ou du capteur étudié. Suit un TP de 4h en autonomie. Cours et TP sont effectués en salle de TP sur le même matériel.

En parallèle des séances, les étudiants sont amenés à monter un projet en groupe. Les projets sont présentés à la fin du semestre sous la forme d'une compétition entre équipe d'étudiants.

d) Modalité d'évaluation

Note de TP : 100 %

Chaque TP donne lieu à une note. Le projet de fin de semestre compte dans la moyenne de TP.

Responsable de l'UE : **Franck VIDAL**
Institut des Nanosciences de Paris
franck.vidal@sorbonne-universite.fr

1. Descriptif de l'UE

Introduire les concepts et outils mathématiques utilisés en physique pour analyser un signal via son spectre ou la réponse spectrale d'un système.

Volumes horaires globaux : **14 h CM-16 h TD, travail personnel 30 h**

Nombre de crédits de l'UE : **3 ECTS**

Mention : **Physique**

Période où l'enseignement est proposé : **1^{ère} période (S5)**

Pré-requis : **nombres complexes, fonctions, dérivées, suites, calcul intégral, équations différentielles.**

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

- Rappel sur les systèmes linéaires en physique : équations différentielles linéaires, réponse forcée, utilisation du formalisme complexe, fonction de transfert.
- Développement en série de Fourier (SF) : Introduction aux notions de séries et d'intégrales généralisées. SF : Forme trigonométrique, forme complexe, théorème de convergence, théorème de Parseval, notion de spectre, exemples d'application.
- Introduction aux distributions, notamment la distribution de Dirac.
- Transformée de Fourier (TF) : définition, propriétés. Densité spectrale de puissance. Théorème de Parseval. TF au sens des distributions. Produit de convolution. Utilisation en physique (spectre d'un signal limité dans le temps, dualité temps/fréquence, extension aux fonctions d'une variable d'espace et diffraction, filtrage).

b) Acquis attendus

- Savoir développer une fonction périodique en série de Fourier, comprendre le sens physique de ce développement et la notion de spectre.
- Savoir calculer une transformée de Fourier, comprendre la notion de dualité temps-fréquence.
- Maîtriser l'utilisation de la distribution de Dirac.
- Comprendre le concept de produit de convolution et son utilité.

c) Organisation pédagogique

En cours, on partira d'exemples physiques motivant l'introduction de ces outils. On insistera sur la signification physique autant que sur le formalisme. Les énoncés de TD seront déclinés en trois niveaux graduels (A,B,C) :

A- maîtrise technique des outils,

B- mise en œuvre des outils sur des exemples physiques,

C- sujets « pour aller plus loin ».

Des heures de permanence pédagogiques permettront aux étudiants de rencontrer les enseignants en dehors des séances de cours-TD afin de pouvoir discuter des points qui leur posent problème.

d) Modalité d'évaluation

Contrôle continu (20/100) et un examen final (80/100).

❶ 3P014 : Du microscopique au macroscopique

Responsable de l'UE : *Mathieu MICOULAUT*

*Laboratoire Physique Théorique de la Matière Condensée
Tour 12-13 – 5^{ème} étage – Bureau 518
Boîte courrier 121
matthieu.micoulaut@sorbonne-universite.fr*

1. Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux : Cours 24 h, TD 24 h

Nombre de crédits de l'UE : 6 ECTS

Mention : Physique

Période où l'enseignement est proposé : 1^{ère} période (S5)

Pré-requis : En physique : bases de thermodynamique (1P003). En mathématiques : fonctions de plusieurs variables, dérivées partielles.

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

- Description statistique d'un système de particules. Etat macroscopique et micro-états classiques et quantiques.
- Système isolé : états accessibles ; principe d'équiprobabilité des micro-états ; entropie ; évolution vers l'équilibre et fluctuations ; second principe.
- Systèmes en interaction thermique : condition d'équilibre ; température statistique ; entropie et chaleur dans les processus réversibles et irréversibles.
- Source de chaleur idéale : le thermostat. Facteur de Boltzmann. Théorème d'équipartition.
- Systèmes fermés en interaction généralisés : conditions d'équilibre ; les potentiels thermodynamiques et l'évolution vers l'équilibre.
- Systèmes ouverts : le potentiel chimique. Application aux transitions de phases.
- Introduction à la théorie cinétique des phénomènes de transport. Libre parcours moyen. Diffusion de matière, de chaleur, de quantité de mouvement, de charges. Equation de diffusion.

b) Acquis attendus

« Expliquer du visible compliqué par de l'invisible simple », Jean Perrin, Les Atomes (1913).

Donner du sens aux principes quasi-axiomatiques de la thermodynamique macroscopique à partir d'une approche microscopique. Réinterpréter des propriétés macroscopiques en terme de processus moléculaires. Les concepts par l'exemple: l'étude approfondie de modèles statistiques simples permet de dégager simplement toutes les notions fondamentales et d'en comprendre la signification macroscopique. Une place particulière sera faite à des exemples pratiques issus de la chimie, de la physique des matériaux. L'utilisation d'applets Java ou de simulations numériques aidera l'étudiant à « visualiser », « expérimenter » et développer son intuition des phénomènes.

c) Organisation pédagogique

CM : 2h/semaine.

TD : 2h/semaine. Exercices, simulations numériques, contrôle continu.

d) Modalité d'évaluation

Contrôle continu : 40/100

Examen : 60/100

e) Ouvrages de référence

- « L'entropie et tout ça », P. Depondt, Ed. Cassini
 - « Thermodynamique », S. Olivier, H. Gié, Ed. Lavoisier
 - « Thermodynamique », M. Bertin, J.-P. Faroux, J. Renault, Ed. Dunod
 - « Thermodynamique statistique », C. Chahine, P. Devaux, Ed. Dunod
 - « Physique statistique », C. Ngo, H. Ngo, Ed. Dunod
 - « Physique statistique », R. Balian, Ed. Ellipse
-

❶ 3P015 : Physique expérimentale 2

Responsable de l'UE : *Christophe PRIGENT – LE GALL,*
Institut des Nanosciences de Paris
Tour 12-22 – 3^{ème} étage – Bureau 25
Boîte courrier 840
christophe.prigent@sorbonne-universite.fr

1. Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux : **TP : 40 h**

Nombre de crédits de l'UE : **6 ECTS**

Mention : **Physique**

Périodes d'enseignement : **1^{ère} période S5** : majeure physique, mineure physique pour la majeure de mécanique et la majeure de mathématiques.

Pré-requis : Physique Expérimentale 1.

2. Présentation pédagogique

Cette UE de Travaux Pratiques est centrée sur les techniques modernes de pointe en physique qui font de notre discipline un outil essentiel d'analyse pour les autres disciplines expérimentales.

a) Thèmes abordés

Thème 1 : Propriétés magnétiques de la matière.

Thème 2 : Propriétés électriques de la matière.

Thème 3 : Thermique.

Thème 4 : Acoustique.

Thème 5 : Laser.

Thème 6 : Plasma.

Thème 7 : Matière molle.

Thème 8 : Physique nucléaire.

Thème 9 : Nanosciences.

b) Acquis attendus

Cet enseignement expérimental permettra à l'étudiant d'acquérir les compétences expérimentales largement utilisées dans les laboratoires de recherche mais étant également abondamment diffusées dans le monde industriel. Dans ce but, le choix des thématiques abordées s'appuie sur les forces de la recherche expérimentale en Physique de l'Université Pierre & Marie Curie dont la transmission du « savoir-faire » est une des missions primordiales.

c) Organisation pédagogique

TP : 4h/semaine.

d) Modalités d'évaluation

CC : 30/100

TP : 40/100

Oral : 30/100

e) Ouvrages de référence

- « Experiments and Demonstrations in Physics: Bar-Ilan Physics Laboratory » by Yaakov Kraftmakher (Bar-Ilan University, Israel) – Edited by World scientific;
« Concevoir et réaliser des expériences de physique : Initiation à la recherche » de Pierre Léna et François Petit-Gosgnach – de Boeck edition.

🔗 3P004 : Structure de la matière

Responsable de l'UE : *Marco SAITTA*
Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie (IMPMC)
marco.saitta@sorbonne-universite.fr

1. Descriptif de l'UE

Compléter le cycle d'enseignement de la Mécanique Quantique, avec les notions indispensables de physique atomique (à partir de l'atome d'hydrogène) et moléculaire (liaison chimique).

Donner, à partir de ces interactions, des éléments de structure de la matière dans ses états de condensation.

Présenter les notions d'ordre à longue portée, de réseau cristallin, de symétrie, d'espace réciproque et des lois de diffraction. Introduire les aspects généraux des propriétés vibrationnelles et électroniques, et les notions d'isolant, métal, semi-conducteurs.

Donner, via les projets bibliographiques, un aperçu de la recherche moderne en matière condensée et en nouveaux matériaux.

Volumes horaires globaux : **Cours 20 h – TD 20 h – TP 12 h – Projet bibliographique en trinôme 8 h**

Nombre de crédits de l'UE : **6 ECTS**

Mention : **Physique**

Période où l'enseignement est proposé : **2ème période (S6)**

Pré-requis : Mécanique quantique (jusqu'à l'atome d'hydrogène). Mathématiques pour physiciens. Outils numériques.

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

- Cohésion de la matière : atome d'hydrogène, systèmes à plusieurs électrons, liaison chimique, orbitales moléculaires.
- Organisation de la matière : classification de l'état condensé, structures cristallines, espace direct et réciproque, lois de diffraction, états désordonnés.
- Propriétés de la matière et nouveaux matériaux : phonons, électrons, bande interdite, métaux et isolants, généralités sur les nouveaux matériaux et les états exotiques de la matière.

b) Acquis attendus

- Compréhension de la formation de la liaison chimique, de la molécule au solide.
- Notions de base de structure de la matière, organisation dans l'espace, ordre et désordre.
- Quelques connaissances sur les nouveaux matériaux qui révolutionnent la vie moderne, par un projet bibliographique en binôme.

d) Modalité d'évaluation

Oral : Exposé d'un projet bibliographique (40 pts)

Devoirs maison : 2, pour un total de 10 pts ; TP : TP (10 pts) ; Examen écrit : 1 épreuve (40 pts)

e) Ouvrages de référence

Notes/slides de cours, Cohen-Tannoudji, Bransden, Tabor, Ashcroft

❶ 3P020 : Physique quantique

Responsable de l'UE : Jérôme TIGNON

¹Laboratoire Pierre Aigrain
Ecole Normale Supérieure
24, rue Lhomond, 75005 Paris
jerome.tignon@sorbonne-universite.fr

1. Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux : 30h CM, 30h TD

Nombre de crédits de l'UE : 6 ECTS

Mention : **Physique**

Période : S6

Pré-requis :

- Toute la physique classique de L1-L2 : Mécanique du point, dynamique de Newton, forces, champs électriques et champ magnétiques, énergies potentielles, lois de conservations, ondes électromagnétiques, ondes acoustiques, ondes en général
- Bases mathématiques : dérivations, différentielles, équations différentielles du premier et second ordre. Transformation de Fourier. Algèbre linéaire, matrices complexes, produit scalaire, produit hermitien, espaces vectoriels, espaces de Hilbert, espaces de Hilbert de fonctions.

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

Les difficultés de l'approche classique (*Les expériences historiques*)

Mécanique ondulatoire (Schrödinger) : Fonction d'onde et probabilité, Heisenberg Schrödingerdépendant du temps, Etats stationnaires, barrières de potentiel, résolution de cas simples.

Formalisme de la Mécanique quantique, formalisme de DIRAC, Postulats : algèbre linéaire, ECOC, opérateurs, commutations, formalisme de Dirac, les postulats

Oscillateur harmonique 1D : Importance et exemples, Schrödinger, applications

Moment cinétique orbital : Rappels classiques, définition, évolution, éléments de la théorie générale, harmoniques sphériques,

Moment cinétique de spin : Stern et Gerlach, moment intrinsèque, particularités, matrices de Pauli

Atome Hydrogène : Harmoniques sphériques, fonction d'onde de l'atome d'hydrogène.

b) Acquis attendus

A l'issue de ce module, l'étudiant(e) doit connaître les ruptures principales de la mécanique quantique avec la mécanique classique : la notion probabiliste, le principe de la mesure, les quantités physiques observables, les états stationnaires.

Il(elle) doit savoir trouver les états stationnaires de systèmes simples, les états propres et valeurs propres d'observables simples.

Il(elle) connaîtra les propriétés élémentaires du système à deux niveaux, de l'oscillateur harmonique, de l'atome d'Hydrogène.

Il(elle) aura été initié(e) au spin

Il(elle) aura des notions sur l'évolution des systèmes

c) Organisation pédagogique

Cours et TD.

d) Modalités d'évaluation

Contrôle continu 30/100. Examen écrit 70/100.

e) Ouvrages de référence

« *Modern Quantum Mechanics* », J. J. Sakurai, J. J. Napolitano (2nd Edition).

« *Mécanique quantique, tomes 1 et 2* », Claude Cohen-Tannoudji et Franck Laloe, Hermann.

« *Mécanique quantique* », Jean-Louis Basdevant et Jean Dalibard, éditions de l'école Polytechnique.

« *Quantique* », Jean-Philippe Pérez, Robert Carles et Olivier Pujol, de Boeck 2013.

« *Quantique Rudiments* », JM Levy-Leblond, F. Balibar (Inter Editions CNRS, 1984)

« *Cours de Physique BERKELEY* » volume 4 Physique quantique (Armand Colin)

« *Mécanique quantique tomes 1 et 2* », Claude Aslangul, de Boeck 2012. Livre en accès libre pour tous les étudiant(e)s inscrits pédagogiquement à SORBONNE UNIVERSITE.

① 3P021 : Electromagnétisme et optique

Responsable de l'UE : *Jean-Hugues FILLION*
Laboratoire d'Etudes du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique et Atmosphères (LERMA)
jean-hugues.fillion@sorbonne-universite.fr

1. Descriptif de l'UE

Volumes horaires globaux : **CM : 30h ; TD : 32h ; TP : 28h, HPP 20h**

Nombre de crédits de l'UE : **9 ECTS**

Mention : **Physique**

Période d'enseignement : **2^{ème} période (S6)**

Pré-requis : **Avoir suivi l'UE Electromagnétisme et Electrocinétique (2P021) ou équivalent**

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

- 1) Rappels sur l'électromagnétisme dans le vide. Ondes planes monochromatiques. Etats de polarisation. Action d'un polariseur. Approche phénoménologique des lames à retard
- 2) Emission dipolaire et diffusion des ondes électromagnétiques. Polarisation par diffusion.
- 3) Electrostatique et magnéto-statique des milieux. Propagation dans les milieux linéaires homogènes et isotropes (LHI). Equation de dispersion. Etude de la propagation dans des milieux non chargés. Relations de passage à l'interface de 2 milieux.
- 4) Réflexion et transmission. Relations de Fresnel.
- 5) Interférences des ondes lumineuses. Cohérence temporelle et cohérence spatiale. Interféromètres à 2 ondes (Michelson) et N ondes (Fabry-Pérot) ondes. Interférences en lumière blanche.
- 6) Diffraction des ondes électromagnétiques Approximation de Fraunhofer.
- 7) Equation de dispersion dans un milieu anisotrope. Notions de surfaces des indices. Définition des milieux biaxes et uniaxes. Propagation dans un milieu uniaxe. Lames biréfringentes. Autres applications de la biréfringence.

Travaux pratiques

1. Formation des images en optique
2. Polarisation
3. Interféromètre de Michelson
4. Spectroscopie
5. Diffraction
6. Biréfringence

b) Acquis attendus

Savoir faire techniques :

Savoir déterminer, à partir de l'expression complexe d'une onde, la direction de propagation, la longueur d'onde et la polarisation.

Savoir passer de la notation réelle à la notation complexe et vice-versa (champs et équations de Maxwell).

Savoir établir et interpréter une équation de dispersion en notation complexe à partir des équations de Maxwell.

Savoir interpréter les figures d'interférences (couleurs, formes, localisation) dans des cas classiques

Comprendre et pouvoir expliquer le principe de Huygens-Fresnel.

Savoir mettre en équation un problème de diffraction d'une onde lumineuse par un objet plan.

Savoir calculer une figure d'interférence (à l'infini) d'une fente rectangulaire (1D et 2D) et d'un réseau de N fentes, éclairés par un «faisceau parallèle».

Savoir déterminer la structure du champ électromagnétique dans un milieu anisotrope. Savoir déterminer la direction de propagation de l'énergie. Savoir calculer un champ transmis par un polariseur, par une lame biréfringente.

• *Savoir faire expérimentaux :*

Savoir aligner un système optique, savoir manipuler différentes sources (lasers, lampes blanches, lampes spectrales), savoir fabriquer une source « à l'infini », savoir former des images.

Savoir caractériser la polarisation de la lumière avec des polariseurs.

Savoir repérer les axes neutres d'une lame biréfringente.

Savoir repérer l'angle de Brewster lors d'une réflexion sur un diélectrique.

Savoir régler un interféromètre de Michelson. Savoir obtenir les figures d'interférence classiques (coin d'air, lame d'air) en lumière monochromatique, et en lumière blanche.

Savoir caractériser qualitativement et quantitativement le contenu spectral d'une source à partir de la figure d'interférence produite par un interféromètre de Michelson.

Savoir réaliser les figures de diffraction de Fraunhofer de diaphragmes diffractant simples. Savoir interpréter ces figures pour remonter aux dimensions caractéristiques des diaphragmes.

c) Organisation pédagogique

CM : 2 h/semaine+ 2 h supplémentaires pendant 4 semaines. Cours avec présentation d'expériences.

TD : 2h ou 4h/semaine en alternance. Exercices, contrôle continu.

TP : 6 séances dont 3 avec compte-rendu.

d/ Modalités d'évaluation

Examen : 50/100

Contrôle continu : 20/100

Travaux pratiques : 30/100.

e/ Ouvrages de référence

« Optique – Cours et problèmes résolus », Marie May & Anne-Marie Cazabat - Dunod

« Optique – Une approche expérimentale et pratique », Sylvain Houard - de boeck
« Manuel d'Optique », Germain Chartier - Hermes
« Electromagnétisme » 3 & 4 - Michel Bertin, Jacques Renault, Jean-Pierre Faroux - Dunod
« Optique », Eugène Hecht (Pearson)
« Electromagnétisme: fondements et applications », J.P. Pérez (Dunod).
« Optique expérimentale », Sextant (Hermann).

❶ 3P022 : Projet

Responsable de l'UE : *Vincent DUPUIS*
Laboratoire PHENIX
vincent.dupuis@sorbonne-universite.fr

1. Descriptif de l'UE

Cette UE est proposée aux étudiants de la « majeure Physique ». Elle est centrée sur la formation « par la recherche » permettant aux étudiants d'acquérir la compétence « conduite de projet » en mobilisant leurs connaissances (expérimentale, numérique, théorique) acquises tout au long de leur formation en Licence. De par la diversité des sujets proposés, elle permet également aux étudiants de se projeter vers des thématiques non abordées directement dans les unités fondamentales d'enseignement.

Volumes horaires globaux : **TP 60 h**

Nombre de crédits de l'UE : **6 ECTS**

Mention : **Physique**

Période où l'enseignement est proposé : **2^{ème} période (S6)**

Pré-requis : **aucun**

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

- Chaos en mécanique et en hydrodynamique
- Effets Zeeman, Pockels, Faraday
- Résonance Plasmonique
- Effet de peau, chauffage par induction, détection des métaux
- Résonance mécanique d'un diapason
- Manipulations d'objets microscopiques : microgouttes de ferrofluides, magnétoliposomes chargés
- Holographie
- Optique adaptative
- Microcavité semiconductrice
- Matière molle
- Comment Apollo XIII est revenu sur Terre ? (simulation)
- Simulation d'un métronome chaotique
- Simulation de l'évolution temporelle d'un système quantique

b) Acquis attendus

- Savoir mettre au point un dispositif expérimental, une simulation numérique pour répondre à une question de physique de façon quasi-autonome.
- Savoir travailler en équipe en mode projet.

- Savoir restituer un travail long dans un rapport et une soutenance orale.

c) Organisation pédagogique

TP : 2x8H/semaine.

d) Modalité d'évaluation

Activités expérimentales :	50/100
Rapport :	25/100
Soutenance :	25/100

🔗 3P024 : Projet en autonomie

Responsables de l'UE : **Vincent DUPUIS**
 Laboratoire PHENIX
 vincent.dupuis@sorbonne-universite.fr

Sébastien PAYAN
Laboratoire LATMOS
sebastien.payan@sorbonne-universite.fr

2. Descriptif de l'UE

Cette UE est proposée aux étudiants du parcours monodisciplinaire intensif ainsi qu'aux étudiants du parcours majeure-mineure ou bidisciplinaire. Elle est centrée sur la formation « par la recherche » permettant aux étudiants d'acquérir la compétence « conduite de projet » en mobilisant leurs connaissances (expérimentale, numérique, théorique) acquises tout au long de leur formation en Licence. De par la diversité des sujets proposés par les étudiants, elle leur permet également de se projeter vers des thématiques non abordées directement dans les unités fondamentales d'enseignement.

Volumes horaires globaux : **TP 60 h**

Nombre de crédits de l'UE : **6 ECTS**

Mention : **Physique**

Période où l'enseignement est proposé : **2^{ème} période (S6)**

Pré-requis : **aucun**

3. Présentation pédagogique de l'UE

a) Exemples de sujets abordés

- Mise en évidence de l'effet Kerr magnéto-optique
- Lévitiation
- Détection de la vie sur les exoplanètes
- Détection de muons par effet Cherenkov
- Etude de l'instabilité de Rayleigh-Plateau
- Mise en évidence du Mouvement Brownien
- Accordeur de Guitare automatique
- Hydrolienne
- Inégalités de Bell
- Miniloop
- Main robotique
- Etude de profils d'aile d'avion
- Pendule de Foucault
- Dynamique des milieux liquides

b) Acquis attendus

- Savoir mettre au point un dispositif expérimental, une simulation numérique pour répondre à une question de physique de façon autonome.
- Savoir travailler en équipe en mode projet.
- Savoir documenter un projet au jour le jour sur un wiki

- Savoir restituer un travail long dans un rapport et une soutenance orale.

c) Organisation pédagogique

TP : 60h à répartir entre janvier et mi avril.

d) Modalité d'évaluation

Documentation wiki :	25/100
Rapport :	25/100
Soutenance :	50/100

① 3P031 : Astrophysique

Responsable de l'UE : Benoit SEMELIN

LERMA, Observatoire de Paris, 77 av Denfert Rochereau, 7014 Paris

benoit.semelin@obspm.fr

1. Descriptif de l'UE

Etude quantitative de quelques systèmes astrophysiques fondée sur les connaissances de physique générale acquises en L2 et L3 et mettant en lumière les relations entre observation et modélisation par l'intermédiaire de projets utilisant la plateforme expérimentale d'astrophysique.

Volumes horaires globaux : Cours 24 h – TD 24 h – TP/projet 12 h

Nombre de crédits de l'UE : 6 ECTS

Mention : Physique

Période où l'enseignement est proposé : 2ème période (S6)

Pré-requis : Dynamique gravitationnelle (1P004 ou 2P004). Equilibre hydrostatique (1P003). Electromagnétisme et optique (2P021, 3P021). Notions de thermodynamique statistique (3P003, 3P011). Notions de mécanique quantique (2P021, 3P001). Modélisation et méthodes numériques (2P022, 3P002).

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

Programme proposé :

- **Introduction** : ordres de grandeur en astrophysique, méthodes d'observation.
- **Instruments astronomiques** : lois physiques régissant le fonctionnement des (radio)télescopes (optique géométrique et physique, interférences, résolution spatiale, spectroscopie, rapport signal sur bruit).
- **Etoiles** : méthodes de détermination des propriétés (masse, distance, luminosité, température), spectres et types stellaires, diagramme HR, bilans énergétiques, équilibre hydrostatique.
- **Systèmes planétaires** : dynamique, méthodes de détection d'exoplanètes, température d'équilibre (rayonnement thermique), échappement atmosphérique, marées, zone d'habitabilité.
- **Galaxies et amas de galaxies**: modèles dynamiques simples des galaxies et amas, rôle de la matière noire (dynamique des systèmes, théorème du viriel et équilibre hydrostatique).
- **Cosmologie** : principes de la cosmologie, lois physiques mises en jeu et modélisation simple de l'expansion de l'univers.

Projets : Chaque étudiant effectuera un projet en 3 séances de 4h. Exemples de projets envisagés :

- Observation de l'émission 21 cm de la Voie Lactée (utilisation d'un et pilotage à distance d'instruments connectés).
- Etude photométrique d'une population d'étoiles, caractérisation de leur température de surface (utilisation de télescopes optiques avec roues à filtres et caméra CCD associées).
- Projet expérimental ou numérique en lien avec le projet Nanosat à SORBONNE UNIVERSITE.

b) Acquis attendus

- Méthodologie d'application des notions physique acquises antérieurement pour modéliser des systèmes macroscopiques complexes.
- Sensibilisation à quelques enjeux importants de l'astrophysique moderne.
- Méthodologie des observations en astrophysique. Distinction entre le signal et la réponse de l'appareil de mesure.

d) Modalité d'évaluation

Note TP (25 pts) pour le projet. Un compte rendu + une présentation orale

Contrôle continu (25 pts)

Examen écrit (50 pts)

① 3P033 – Océan atmosphère et énergies renouvelables

Responsable de l'UE : **Pascale BOURUET-AUBERTOT**
LOCEAN - BP100 - 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05
mél : pba@locean-ipsl.sorbonne-universite.fr

Equipe enseignante : Yannis Cuypers (LOCEAN), Jean-Baptiste Madeleine (LMD), Richard Wilson (LATMOS)

1. Descriptif de l'UE

Cette UE vise à donner aux étudiants en cursus mono-disciplinaire de physique l'opportunité d'aborder, avec les outils fondamentaux de la physique, des éléments sur le fonctionnement de l'atmosphère et l'océan, sur les transferts énergétiques dans ces systèmes physiques, et l'exploitation de ces sources renouvelables.

Trois grands axes thématiques seront ainsi abordés :

1. « Rayonnement » Comment l'atmosphère interagit avec le rayonnement reçu du Soleil (transfert radiatif) ? En quoi les grands principes de transfert radiatif permettent-ils d'observer l'atmosphère et l'océan à distance, depuis la surface et depuis l'espace ?
2. « Dynamique » Quelles sont les lois et grands principes qui régissent les mouvements de l'océan et l'atmosphère aux échelles globales? Quelles sont les spécificités dynamiques à ces échelles de l'atmosphère et de l'océan ?
3. « Energies » Comment tirer parti d'énergies renouvelables intimement liées au fonctionnement de notre environnement ? Quel est le potentiel énergétique solaire (voir 1) et éolien/marin (voir 2) du système Terre ? Quelles solutions technologiques existent ?

Volumes horaires globaux : Cours 25 h – TD 15 h – Projet 20 h

Nombre de crédits de l'UE : 6 ECTS

Mention : Physique

Période où l'enseignement est proposé : 2ème période (S6)

Pré-requis : Cette UE prolonge les acquis du cursus mono-disciplinaire de physique : électromagnétisme et physique statistique pour l'axe 1, mécanique pour l'axe 2, thermodynamique et transport d'énergie par advection/diffusion/rayonnement pour l'axe 3.

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

Les axes thématiques seront développés lors de séances de cours magistraux (CM 25h) et travaux dirigés (TD 15h), dont l'objectif sera de donner des perspectives sur des pistes de recherche et questions d'ingénierie d'actualité en physique de l'environnement. Afin de mobiliser les concepts enseignés dans une démarche de réflexion personnelle, les étudiants seront amenés à réaliser des mini-projets (TP 20h) sur un sujet de leur choix en lien avec les axes enseignés. Si un complément bibliographique sera nécessaire dans ces mini-projets, le but est avant tout pour les étudiants de développer leur démarche critique de physicien en manipulant au choix

- des expériences d'hydrodynamique de laboratoire
- des plateformes d'études de potentiel solaire, marin ou éolien
- des modèles numériques de climat et d'inversion radiative
- des plateformes d'observation de rayonnement en météorologie et qualité de l'air
- des données d'observation in-situ et satellites

b) Acquis attendus

- Bases de transfert radiatif dans l'atmosphère
- Mécanismes de base de la dynamique de l'atmosphère et de l'océan à l'échelle globale
- Notions sur les nouvelles énergies solaire et éolienne & marine

d) Modalité d'évaluation

Projet : rapport + soutenance orale (40 pts) ; Examens écrit : 2 épreuves (60 pts)

e) Ouvrages de référence

Océan

- Cushman-Roisin « Introduction to geophysical fluid dynamics », Prentice Hall
- Crépon « Initiation à la dynamique de l'océan », Institut océanographique, Paris

Atmosphère)

- Wallace and Hobbs, Atmospheric Science 2nd edition
- Malardel, Fondamentaux de Météorologie, Editions Cepadues
- Holton, Introduction to Dynamic Meteorology, Elsevier

❶ 3P034 : Physique des milieux continus

Responsable de l'UE : Jean-Christophe Raut

*LATMOS-IPSL, Université Pierre et Marie Curie, Tour 45-46, 3^e étage
4, Place Jussieu 75252 Paris Cedex 5*

1. Descriptif de l'UE

Donner des éléments d'hydrodynamique et d'élasticité. L'accent est donné sur les applications physiques de la mécanique des fluides et de solides.

Volumes horaires globaux : Cours 26 h – TD 26 h – Projet 8 h

Nombre de crédits de l'UE : 6 ECTS

Mention : Physique

Période où l'enseignement est proposé : 2^{ème} période (S6)

Pré-requis : Mécanique classique newtonienne, analyse vectorielle

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

- Hydrodynamique :
- rappels d'hydrostatique,
- cinématique des fluides : approches eulérienne et lagrangienne,
- dynamique des fluides parfaits : conservation de la masse, quantité de mouvement et énergie, bilans
- dynamique des fluides visqueux : transport diffusif de quantité de mouvement, équations du mouvement, fluides non-newtonien
- Milieux solides déformables, modules élastiques et coefficient de Poisson,
- Lois de comportement : élasticité linéaire, loi de Hooke, limite élastique et critère de plasticité,
- Exemples de déformations élastiques dans des cas simples : traction, flexion, cisaillement,
- Introduction au formalisme des contraintes et des déformations, loi de Hooke généralisée pour des sollicitations mécaniques plus complexes,
- Introduction aux fluides complexes, notion de visco-élasticité (modèles d'association ressort – amortisseur, comportement non-linéaire).

b) Acquis attendus

- Compréhension intuitive de la physique des milieux continus : identifier les grandeurs physiques pertinentes dans la description d'un phénomène macroscopique
- Savoir appliquer les notions de champs de vecteurs et de leurs dérivées locales (gradient, rotationnel, divergence) aux fluides et milieux déformables. Appliquer les équations de conservation à un élément de volume et dresser le bilan dans des cas simples.

d) Modalité d'évaluation

Un contrôle continu en cours de semestre (20/100), 2 compte-rendus de projet (10/100) et un examen final (70/100).

e) Ouvrages de référence

En français :

« *Hydrodynamique Physique* », E. Guyon, J.-P. Hulin et L. Petit, 3^{ème} édition, EDP Sciences, 2012.

« *Mécanique des fluides* », S. Candel, Dunod.

« *Gouttes, bulles, perles et ondes* », P.-G. de Gennes, F. Brochard-Wyart, D. Quéré, Belin, 2006.

« *Mécanique des fluides* », L. Landau et E. Lifchitz, Editions de Moscou.

« *Le cours de Physique de Feynman – Électromagnétisme* », tome 2, R. Feynman, chap. 38, 39, 31.

« *Théorie de l'élasticité* », L. Landau et E. Lifchitz, Editions de Moscou.

En anglais :

« *Physical fluid dynamics* », D.J. Tritton, Oxford Science Publication, 1988.

« *Fluid Mechanics* », P.K. Kundu, Academic Press, 1990.

« *An Album of Fluid Motion* », Van Dyke, Parabolic Press, 1982.

« *Elementary Fluid Dynamics* », D.J. Acheson, Oxford, 1990.

[«Mechanics of Materials», James M Gere, Barry J Goodno, CENGAGE Learning Custom Publishing, 2012.](#)

❶ 3P035 : Physique théorique

Responsable de l'UE : **Dominique MOUHANNA**
LPTMC Tour 13-12 5ème étage
mouhanna@lptmc.jussieu.fr

1. Descriptif de l'UE

L'objectif de cette unité d'enseignement est de présenter quelques concepts majeurs de la physique théorique ainsi que les notions mathématiques qui en permettent la formalisation. Un des concepts centraux, fil directeur de ce cours, est celui de *symétrie* et son corollaire *les lois de conservations*. La notion de symétrie est *universelle* puisqu'on la retrouve dans toutes les sous-disciplines de la Physique : mécanique classique, mécanique quantique, mécanique statistique, électromagnétisme, physique des milieux continus, etc. Elle tient, de plus, une place fondamentale dans la formalisation des interactions fondamentales : interaction forte, faible, électromagnétique et gravitation via la notion de *symétrie* ou d'*invariance de jauge*.

Dans la première partie du cours nous nous proposons d'exposer le formalisme de la *mécanique analytique*. Il s'agit d'un formalisme alternatif à celui de la mécanique newtonienne. Il est à la fois plus général et plus adapté à la mise en évidence et à l'exploitation des symétries d'un système ou d'une théorie. Il permet notamment d'établir un lien direct et explicite entre symétries et lois de conservation. Nous introduirons les différentes formalisations de la mécanique analytique et montrerons leur utilité vis-à-vis de telle ou telle sous-discipline de la physique: mécanique quantique, mécanique statistique et théorie classique ou quantique des champs. Nous introduirons enfin la notion d'*Intégrale de Chemin* de Feynman. Il s'agit d'une formulation extrêmement élégante et puissante de la mécanique quantique, alternative à celle basée sur la notion d'opérateur, et qui découle directement du formalisme de la mécanique analytique. Elle est de première importance au sein de la formulation relativiste de la mécanique quantique, appelée Théorie quantique des champs, ou de la mécanique statistique.

Dans une seconde partie nous discuterons plus directement et plus précisément de la notion de symétrie et nous présenterons les outils mathématiques nécessaires à sa formalisation. Le concept mathématique central est celui de *groupe*. Nous verrons sa définition précise et ses propriétés mais l'objet principal de cette partie sera d'aborder des notions mathématiques qui seront directement pertinentes en Physique et, en particulier, en *mécanique quantique* et en *relativité*. Nous aborderons enfin une notion extrêmement fertile en Physique, celle de *brisure spontanée de symétrie*. Il s'agit de nouveau d'une notion universelle puisqu'elle intervient en physique *statistique* (notamment dans l'étude du magnétisme), en physique de la *matière condensée* (supraconductivité, superfluidité) en physique *des particules élémentaires* (unification des interactions fondamentales) ou encore en *cosmologie*.

Volumes horaires globaux : **Cours : 24 h – TD : 32h – Projet bibliographique**

Nombre de crédits de l'UE : **6 ECTS**

Mention : **Physique**

Période où l'enseignement est proposé : **2ème période (S6)**

Pré-requis : Mécanique quantique de S5. Notions élémentaires de Physique Statistique.

Mathématiques pour physiciens. On insiste sur le fait qu'un minimum de dextérité dans la conduite des calculs est nécessaire pour suivre l'UE dans de bonnes conditions.

2. Présentation pédagogique de l'UE

a) Thèmes abordés

- Calcul tensoriel : convention d'Einstein. Vecteur. Tenseur. Produit tensoriel. Composantes covariantes et contravariantes.
- Mécanique analytique : mécanique lagrangienne. Symétries et invariances. Théorème de Noether. Mécanique hamiltonienne. Formalisme des crochets de Poisson. Théorème de Liouville. Equations de Hamilton-Jacobi - lien avec la mécanique quantique. Principe et calcul variationnels. Equation d'Euler-Lagrange. Intégrale de chemin de Feynman.
- Généralités sur les symétries. Symétries discrètes, continues. Symétries globales, locales. Symétries géométriques, dynamiques.
- Notion de groupe. Groupe discret, groupe continu. Groupe et algèbre de Lie. Représentation d'un groupe. Groupe des translations, groupe des rotations à deux et trois dimensions. Moment cinétique, spin. Groupe de Galilée, groupe de Lorentz.
- Notion de brisure spontanée de symétrie. Illustration dans le cadre du magnétisme. Notion de brisure de symétrie en physique des particules. Phénomène de Higgs.

b) Acquis attendus

- Compréhension et maîtrise technique :
 - des différentes formalisations de la mécanique analytique
 - de la notion de symétrie, de groupe de symétrie
 - de la notion de brisure de symétrie.
- Compréhension d'un article scientifique et des notions physiques ou mathématiques qui y sont attachées.

c) Modalité d'évaluation

Contrôle continu et projet bibliographique (40 pts)

Examen écrit : 1 épreuve (60 pts)

Le parcours « Physique à l'Étranger » (PE)

La licence de physique accueille chaque année en son sein des étudiants étrangers et plusieurs étudiants de SORBONNE UNIVERSITE partent à l'étranger pour y effectuer une partie de leur licence de physique.

Un semestre ou une année de mobilité présente de nombreux avantages. C'est d'abord la possibilité de perfectionner et de mieux maîtriser une langue étrangère. C'est aussi l'occasion de découvrir une autre culture, y compris sur le plan universitaire avec des méthodes d'enseignement et des finalités différentes. C'est enfin l'opportunité d'apporter une dimension internationale à votre CV.

Quand vous partez à l'étranger dans le cadre du parcours PE :

- vous êtes exonéré des frais d'inscription à l'étranger
- vous avez l'assurance que le programme que vous suivrez sera reconnu par SORBONNE UNIVERSITE grâce au système européen de transferts de crédits (CE). A votre retour, vos résultats seront examinés par un jury qui délibérera pour valider partiellement ou totalement votre semestre ou votre année et le cas **échéant**, déterminera la mention de votre licence de physique.

OU PEUT-ON PARTIR POUR FAIRE SA LICENCE DE PHYSIQUE ?

Il existe de nombreux pays partenaires via plusieurs programmes d'échanges dont voici les principaux :

- Erasmus pour l'Europe (accords de nombreux pays et universités)
- MICEFA ou TASSEP pour les USA et le Canada
- CREPUQ pour le Canada
- Accord bilatéral avec Montréal et Ottawa
- Erasmus Mundus pour l'Inde
- Erasmus Mundus pour la Chine
- plusieurs programmes existent aussi (cours en anglais) avec l'Asie (Taiwan, Singapour, ...).

L'ensemble des programmes et accords est présenté sur le site web de SORBONNE UNIVERSITE dans la rubrique « Mobilité internationale » puis « partir à l'étranger » (<http://www.licence.physique.sorbonne-universite.fr/fr/international.html>).

ATTENTION : suivant les destinations, il faut entreprendre les démarches entre 6 et 10 mois avant le départ. Par ailleurs, il faut parfois avoir passé le TOEFL¹ et obtenir un bon score. Enfin, la plupart de ces programmes sont sélectifs et nécessitent un bon dossier académique (sauf Erasmus).

QUELLES SONT LES DEMARCHES A EFFECTUER ?

Avant toute chose, contacter Steve Zozio steve.zozio@sorbonne-universite.fr au secrétariat pédagogique. Il prendra note de votre projet, vous conseillera si nécessaire, et il vous donnera un rendez-vous avec la responsable de la mobilité.

Lorsque vous avez identifié une ou plusieurs universités qui vous intéressent, vous devez rechercher les enseignements qui correspondent à ce que vous auriez suivi à SORBONNE UNIVERSITE, et proposer un programme d'étude.

¹ Test Of English as a Foreign Language

La responsable mobilité vérifie que le programme est bien équivalent à celui de la licence de physique (se munir à cet effet de la description détaillée de chaque cours que vous voudriez suivre à l'étranger) et signe un document à remettre au bureau de relations internationales.

Vous pouvez ensuite préparer votre séjour avec l'aide du bureau des relations internationales de SORBONNE UNIVERSITE (dossiers de bourse, possibilités d'hébergements, ...).

QUAND FAIRE CES DEMARCHES ?

Si vous souhaitez partir ailleurs qu'en Europe (Etats-Unis, Asie, Canada, ...), il faut préparer votre dossier dès le mois d'octobre. Les dates limites sont généralement au cours du premier semestre pour ces destinations (décembre pour un départ aux Etats-Unis en septembre).

ATTENTION : pour les Etats-Unis, le TOEFL est exigé avec un score élevé. Pensez à planifier cet examen dans les temps.

Pour l'Europe, le début du deuxième semestre est un bon moment pour préparer votre projet.

Date limite de dépôt des dossiers pour partir en première période (septembre) :

Erasmus (Europe et Turquie)	mars ou avril
USA avec le TASSEP	début décembre
USA avec la MICEFA	début janvier
Canada avec le CREPUQ	fin janvier
Canada : Montréal ou Toronto	mars
USA avec Brown ou Chicago	Janvier
Singapour, Taiwan, Osaka, Tohoku	février

Date limite de dépôt des dossiers pour partir en deuxième période (septembre) :

Erasmus (Europe et Turquie)	Octobre
USA et Canda avec la MICEFA, le TASSEP, le CREPUQ	Décembre ou janvier de l'année précédente !
Canada : Montréal ou Toronto	Septembre
USA avec Brown	Octobre
Singapour, Taiwan, Osaka, Tohoku	Octobre

TEMOIGNAGE :

Aline est partie deux semestres à l'université de Queen-Mary à Londres pour faire son L3, voici ce qu'elle retient de son séjour : « Cette année à l'étranger m'a fait beaucoup de bien, et m'a grandi et responsabilisé. Pour moi ça devrait devenir obligatoire dans un cursus universitaire de partir à l'étranger. Le fait de s'adapter, de rencontrer de nouvelles personnes, de découvrir une nouvelle façon de vivre et un nouveau système m'a beaucoup appris et fait évoluer. Je me suis rendue compte que j'étais devenue beaucoup plus responsable vis-à-vis de mes études et de moi-même, j'ai appris à m'organiser toute seule et dans un nouvel environnement. Ca n'a pas été toujours facile bien sûr, mais je ressors de cette expérience qu'avec du positif et je motiverai si je pouvais tous les étudiants à partir. ». Elle a validé sa licence de physique avec une mention bien.

CONTACTS ET RENSEIGNEMENTS :

Secrétariat pédagogique : Steve ZOZIO Licence de Physique Tour 23/33 – Etage 1 – Porte 112 Tél. 01 44 27 23 31 email : steve.zozio@sorbonne-universite.fr	Responsable mobilité : Alice SINATRA Laboratoire Kastler-Brossel à l'ENS Ulm Case courrier : 254 24, rue Lhomond 75231 PARIS Cedex 05 Tel 01 44 32 25 72 email : alice.sinatra@sorbonne-universite.fr
---	---