

# Syllabus du Master 1<sup>ère</sup> année Noyaux Particules Univers (NPU) / Agreg

Master Physique Fondamentale et Applications

17 juillet 2023

## Table des matières

<b>1 Semestre 7</b>	<b>2</b>
1.1 Anglais pour le Master 1 (4 ECTS, S7 + S8) . . . . .	2
1.2 Noyaux atomiques et <i>Electrodynamics</i> (6 ECTS, 58 heures présentielle) . . . . .	3
1.3 <i>Statistical Physics</i> (6 ECTS, 56 heures présentielle) . . . . .	5
1.4 <i>Advanced Quantum Physics</i> (6 ECTS, 56 heures présentielle) . . . . .	7
1.5 Physique expérimentale (9 ECTS, S7 + S8) . . . . .	9
<b>2 Semestre 8</b>	<b>12</b>
2.1 Fluides, Transport, <i>Plasmas</i> (6 ECTS, 56 heures présentielle) . . . . .	12
2.2 <i>Solid State Physics</i> (6 ECTS, 56 heures présentielle) . . . . .	13
2.3 Spécialisation du M1 Physique Fondamentale (6 ECTS) . . . . .	15
2.4 Stage en laboratoire et professionnalisation (S7 + S8, 11 ECTS) . . . . .	24
2.4.1 Professionnalisation / Initiation aux métiers scientifiques (S7 + S8, 3 ECTS) . . . . .	24
2.4.2 Stage en laboratoire (S8, 8 ECTS) . . . . .	26
<b>3 Unités d'enseignement optionnelles</b>	<b>27</b>
3.1 Participation aux oraux L2-M1 (points bonus, non créditant) . . . . .	27
3.2 Préparation au "French Physicists's Tournament" (3 ECTS, non créditant) . . . . .	27
3.3 Options sport (points bonus, non créditant) . . . . .	28

Unité de formation  
**Physique**



# 1 Semestre 7

## 1.1 Anglais pour le Master 1 (4 ECTS, S7 + S8)

Responsable : Virginie Piga-Guého ([virginie.piga-gueho@u-bordeaux.fr](mailto:virginie.piga-gueho@u-bordeaux.fr))

Code UE : 4TPF701U

### Objectifs :

Mettre en pratique les connaissances acquises et communiquer en anglais dans une perspective de projet professionnel. S'entraîner pour répondre aux exigences d'une certification au niveau B1 minimum (TOEIC : 550 points).

### Sous-compétences :

- Prendre la parole dans des situations professionnelles diverses (faire une communication/rapport, résumer ou réagir à une présentation écrite ou orale)
- Comprendre une communication orale
- Rédiger des textes courts de type rapports scientifiques
- Approfondir son vocabulaire dans le domaine de la spécialité (Physique)
- Maîtriser l'anglais scientifique à l'oral et à l'écrit
- Maîtriser à l'écrit et à l'oral l'anglais scientifique et technique (passage du TOEIC)

### Contenu :

- Initiation au TOEIC (test de niveau pour former les groupes de travail)
- Travail d'entraînement de compréhension orale sur des documents authentiques (vidéos/audio MP3) avec des QCM/débats (ex. Medical Physics - MRI/Xray/PET etc.)
- Vocabulaire scientifique - exercices type 'cloze,' gapfill etc.
- Stratégies de communication (Presentation skills, Effective Powerpoint/Prezi etc.)
- Présentation individuelle en classe d'un thème lié à la spécialité et Feedback/phase questions
- Entraînement à l'orale et production écrite (writing skills/listening skills)
- Travaux Expérimentaux de Recherche (TER)

### Déroulement de l'enseignement :

- Travail régulier des étudiants sur le cours.
- Travail personnel pour la préparation des oraux et les évaluations.

### Organisation :

#### a) Semestre 7 :

- Listening and writing skills
- Compte-rendu de TER : un des comptes-rendus (au choix) de TER du S7 sera restitué en anglais.
- French Physicists' Tournament (préparation à l'oral).

#### b) Semestre 8 :

- Oral de TER : L'un des TER de S8 (au choix) sera restitué à l'oral en anglais
- Travail au CDL

### Intervenant :

Virginie Piga-Guého, enseignant d'anglais, DLLC, Université de Bordeaux.

## Contrôle des connaissances :

(1) Session 1 : 100% Contrôle continu qui se décompose comme suit :

- Test de vocabulaire scientifique
- Présentation / Physics Tournament
- TER (écrit)
- Travail au CDL
- TER (oral)

(2) Session 2 : pas de session 2.

## Prérequis :

Capacité de s'exprimer et comprendre en anglais- niveau intermédiaire (minimum A2 CECRL).

## 1.2 Noyaux atomiques et *Electrodynamics* (6 ECTS, 58 heures présentielles)

Responsable : Christophe Champion ([christophe.champion@u-bordeaux.fr](mailto:christophe.champion@u-bordeaux.fr))

Code UE : 4TYF707U

## Objectifs :

a) Noyaux atomiques :

L'étudiant aborde les propriétés physiques du noyau atomique, cohésion, structure, instabilité, radioactivité, par l'étude de modèles simples basés sur l'interaction nucléon-nucléon, de modèles collectifs ou de modèles à potentiel moyen.

b) Electrodynamique :

Acquérir les connaissances relatives : - aux mécanismes de création du rayonnement par les particules chargées, en particulier les rayonnements gyromagnétiques, de freinage et la diffusion Thompson, nécessaires à la compréhension de la physique des accélérateurs ; - à la propagation des ondes électromagnétiques dans le vide et dans un milieu diélectrique dispersif, des particules chargées dans un milieu, et des faisceaux optiques quasi-monochromatiques dans un milieu.

## Contenu :

a) Noyaux atomiques :

1. Le noyau atomique : propriétés et modèles

- Le noyau atomique et les interactions fondamentales
- Masse et énergie de liaison
- L'interaction nucléaire forte
- Le potentiel d'interaction nucléon-nucléon
- Présentation du problème à  $A$  nucléons
- Le modèle de la goutte liquide
- Formule de Bethe et Weizsäcker
- Le modèle de gaz de Fermi appliqué au noyau

2. La radioactivité

- Aspects énergétiques
- Emission alpha
- Emission bêta

3. Etude du deutéron

- Traitement quantique à partir d'un puits carré

- Les états de moment angulaire nul
  - Existence et calcul des états liés
  - Calcul des caractéristiques du puits à partir de l'énergie de liaison du noyau
4. Le modèle en couches des noyaux sphériques
- L'hypothèse des nucléons célibataires et du champ moyen
  - Description de l'état fondamental des noyaux sphériques
  - Prédiction des états fondamentaux des noyaux sphériques et de quelques états excités

b) Electrodynamique :

1. Electrodynamique du vide

- Equations de Maxwell pour les potentiels, transformations de Lorentz pour les potentiels et les champs
- Mécanique relativiste, quadrivecteurs (impulsion-énergie, potentiels vecteur et scalaire, densités de courant et de charge,...)

2. Potentiels retardés

- Potentiels retardés : forme générale et cas d'une charge accélérée.
- Les champs rayonnés et l'énergie rayonnée. Distribution spectrale et angulaire du rayonnement

3. Rayonnements d'une particule accélérée

- Rayonnement de freinage.
- Rayonnement gyromagnétique non-relativiste et relativiste.
- Diffusion Thomson

4. Propriétés électromagnétiques d'un milieu diélectrique

- Permittivité diélectrique et ses propriétés. Energie des ondes électromagnétiques.
- Propagation d'un paquet d'ondes dans un milieu dispersif, vitesse de groupe et vitesse de phase.
- Permittivité diélectrique aux hautes fréquences.
- Equation d'enveloppe.

5. Propagation des particules rapides

- Ralentissement d'une particule chargée dans un milieu diélectrique, force de frottement.
- Effet Tcherenkov : intensité d'émission et diagramme angulaire de rayonnement. Rayonnement de transition.

**Déroulement de l'enseignement :**

- Travail régulier des étudiants sur le cours.
- Approfondissement des aspects importants en TD et en séances de soutien (accompagnement)
- Travail personnel pour les devoirs à la maison (DM).

**Organisation :**

- a) Noyaux atomiques : Cours (18 h), TD (6 h), Accompagnement (5 h).
- b) Electrodynamique : Cours (18 h), TD (6 h), Accompagnement (5 h).

**Intervenants :**

## a) Noyaux atomiques :

- Christophe Champion, professeur des Universités, Université de Bordeaux, CELIA
- Mourad Aiche, maître de conférences, Université de Bordeaux, LP2I

## a) Electrodynamique :

- Emmanuel d’Humières, maître de conférences, Université de Bordeaux, CELIA
- Jean-Christophe Delagnes, maître de conférences, Université de Bordeaux, CELIA

**Contrôle des connaissances :**

## (1) Session 1 :

- Examen écrit terminal (1h30 pour Noyaux Atomiques, 1h30 pour Electrodynamique) : coeff. 0,7
- Contrôle continu (1 DM dans chaque partie) : coeff. 0,3

(2) Session 2 : Examen terminal écrit ou oral selon l’effectif (si écrit : 1h30 pour Noyaux Atomiques, 1h30 pour Electrodynamique) : coeff. 1,0

**Prérequis :**

- a) Noyaux atomiques : Mécanique quantique (Licence).
- b) Electrodynamique : Electromagnétisme (Licence) - Mécanique relativiste (Licence).

**1.3 *Statistical Physics* (6 ECTS, 56 heures présentiels)**

Responsable : Alois Würger ([alois.wurger@u-bordeaux.fr](mailto:alois.wurger@u-bordeaux.fr))

Code UE : 4TYF708U

**Objectifs :**

- Savoir utiliser les distributions de probabilité et potentiels thermodynamiques.
- Dédire les propriétés macroscopiques de la matière à partir de modèles microscopiques, en utilisant les méthodes de la physique statistique.
- Introduire les ensembles statistiques
- Applications en physique classique et quantique

**Compétences acquises :**

- Notions d’états microscopique et macroscopique
- Utilisation des distributions de probabilité correspondant aux ensembles statistiques
- Savoir appliquer les concepts et méthodes de la mécanique statistique à la description des systèmes physiques

**Contenu :**

- Ensemble micro-canonique
  - Entropie statistique
  - Applications : cristal paramagnétique
- Ensemble canonique
  - Fonction de partition ; énergie libre.
  - Fluctuations.
  - Applications : oscillateur, polymères, interfaces fluides, gaz parfait,...

- Fonction génératrice de cumulants. corrélations spatiales.
- Ensemble grand-canonique
  - Fonction de partition ; grand potentiel.
  - Applications : gaz quantiques.
- Phénoménologie des transitions de phase
  - Paramètre d'ordre
  - Chaleur latente et transitions du premier ordre
  - Phases métastables
  - Diagrammes de phases
  - Formule de Clausius-Clapeyron
  - Pression de vapeur
- Systèmes en interaction
  - Particules classiques
  - Modèles sur réseaux - Ising
- Approximation de champs moyens
  - Principe variationnel de Feynman
  - Applications : modèle d'Ising, gaz sur réseaux
  - Approximation champ moléculaire
  - Gaz de Van der Waals
- Physique statistique à une dimension
  - Matrices de transfert
  - Modèle d'Ising
- Fonctions de corrélation, longueur de corrélation et susceptibilité magnétique

### **Déroulement de l'enseignement :**

- Travail régulier des étudiants sur le cours.
- Approfondissement des aspects importants en TD et en séances de soutien (accompagnement)
- Travail personnel pour les devoirs à la maison (DM).

### **Organisation :**

Cours (34h), TD (12h), Accompagnement (10h).

### **Intervenants :**

- Aloïs Würger : professeur des Universités, Université de Bordeaux, équipe théorie, LOMA
- David Dean : professeur des Universités, Université de Bordeaux, équipe théorie, LOMA
- Simon Villain-Guillot : maître de conférences, Université de Bordeaux, équipe théorie, LOMA

### **Contrôle des connaissances :**

(1) Session 1 :

- Examen écrit terminal (3h) : coeff. 0,7
- Contrôle continu (CC : 2 DM) : coeff. 0,3

(2) Session 2 : Examen terminal écrit ou oral selon l'effectif (si écrit : 3h) : coeff. 1,0

**Prérequis :**

- Thermodynamique (Licence) - Notions de thermodynamique des gaz réels.
- Mécanique quantique (Licence).

**Lectures recommandées :**

- B. Diu, D. Lederer, B. Roulet : Eléments de Physique statistique, Hermann.
- F. Mortessagne , M. Le Bellac : Thermodynamique Statistique, Dunod.

**1.4 *Advanced Quantum Physics* (6 ECTS, 56 heures présentielles)**

Responsable : Philippe Tamarat ([philippe.tamarat@u-bordeaux.fr](mailto:philippe.tamarat@u-bordeaux.fr))

Code UE : 4TYF709U

**Objectifs :**

- Introduire de nouveaux concepts : traitement quantique d'une particule chargée dans un champ électromagnétique, principe de quantification de Feynman, effet Aharonov-Bohm, états intriqués, principe de Pauli,...
- Appliquer les méthodes d'approximation (théorie des perturbations, méthode variationnelle) à la physique atomique (structure fine, structure hyperfine) et aux modèles semi-classiques de l'interaction atome-rayonnement
- Donner des bases de structure moléculaire dans le cadre de l'approximation de Born-Oppenheimer
- Montrer des applications récentes de la mécanique quantique (information quantique, horloge atomique...)

**Contenu :**

- Méthodes d'approximation en mécanique quantique
  - Théorie des perturbations, méthode variationnelle
  - Application à l'effet Stark et à l'effet Zeeman pour un ion hydrogénoïde.
- Traitement quantique d'une particule chargée dans un champ électromagnétique
  - Hamiltonien d'une particule chargée dans un champ électromagnétique
  - principe de quantification de Feynman,
  - Effet Aharonov-Bohm
- Structure fine et hyperfine des atomes à un électron
- Systèmes de particules identiques
  - Indiscernabilité, opérateur d'échange
  - Principe de Pauli, fermions et bosons indépendants à basse température
  - émission stimulée et effet laser
  - application aux atomes poly-électroniques
- Etats intriqués, paradoxe EPR et inégalité de Bell, test expérimentaux, applications
- Eléments de structure moléculaire
  - Approximation de Born Oppenheimer
  - Etats liant et anti-liant, spectres rotationnels et vibrationnels
- Modèles électrodynamiques classiques de l'interaction atome-rayonnement
  - Différents processus d'interaction atome-rayonnement
  - Modèle de l'électron élastiquement lié, section efficace de diffusion.

- Modèles semi-classiques d'interaction atome-laser
  - Hamiltonien d'interaction, règles de transitions
  - Théorie des perturbations dépendant du temps
  - Règle d'or de Fermi
  - Formalisme du vecteur d'état.
  - Formalisme du vecteur de Bloch. Oscillation de Rabi
  - Processus de relaxation
  - Méthode de l'Hamiltonien effectif. couplage d'un état discret à un continuum. application à l'émission spontanée.
- Applications
  - Spectroscopie (en liaison avec le TER sur les niveaux hyperfins du césium), refroidissement laser...

### **Déroulement de l'enseignement :**

- Travail régulier des étudiants sur le cours.
- Travail personnel pour les devoirs à la maison (DM).
- Approfondissement des aspects importants en TD et en séances d'accompagnement. Les séances d'accompagnement sont des séances informelles que les étudiants préparent en vue de poser :
  - des questions de base au niveau des prérequis, ce qui assure une remise à niveau des étudiants en provenance d'autres universités où le programme de licence de mécanique quantique est différent de celui de Bordeaux
  - des questions sur certains points du cours à éclaircir
  - des questions permettant de les débloquent dans l'élaboration d'un devoir à la maison.

### **Organisation :**

Cours (34h), TD (12h), Accompagnement (10h).

### **Intervenants :**

- Philippe Tamarat : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LP2N
- Brahim Lounis : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LP2N

### **Contrôle des connaissances :**

- (1) Session 1 :
- Examen écrit terminal (3h) : coeff. 0,7
  - Contrôle continu (CC : 2 DM) : coeff. 0,3
- (2) Session 2 : Examen terminal écrit ou oral selon l'effectif (si écrit : 3h) : coeff. 1,0

### **Prérequis :**

Mécanique quantique (Licence), Electromagnétisme (Licence).

### **Lectures recommandées :**

- J.-L. Basdevant et J. Dalibard : Mécanique quantique, Editions de l'Ecole Polytechnique.
- C. Cohen-Tannoudji , B. Diu, F. Laloë : Mécanique quantique, Herman.



## 1.5 Physique expérimentale (9 ECTS, S7 + S8)

Responsable : Julien Burgin ([julien.burgin@u-bordeaux.fr](mailto:julien.burgin@u-bordeaux.fr))

Code UE : 4TYF710U

### Objectifs :

Les objectifs de cette UE sont d'illustrer et d'appliquer les concepts introduits dans les différents cours au travers de travaux expérimentaux de recherche. Pour cela les étudiants doivent développer des méthodes expérimentales originales et faire preuve de capacités d'analyse et de synthèse ainsi que de sens critique.

Différents thèmes sont abordés au cours de ces séances, en particulier la physique des solides, la physique nucléaire, la physique des plasmas créés par laser, la microscopie à effet tunnel, le mouvement brownien, la spectroscopie atomique et l'imagerie planétaire. Ces différents thèmes sont directement liés aux cours suivis tout au long de cette année de master permettant ainsi aux étudiants d'appréhender les techniques expérimentales associés aux concepts théoriques.

### Compétences acquises :

- Sensibilisation à la démarche expérimentale : déroulement d'une expérience, notes, analyse de données, synthèse, analyse critique
- Présentation orale et écrite des résultats
- Développement de compétences instrumentales

### Contenu :

#### (a) Physique nucléaire 1 (S7) :

- Spectroscopie gamma, étude d'un scintillateur.
- Activation neutronique, étude d'un Geiger Muller.

#### (b) Plasmas créés par laser (S7) :

- Montage d'une expérience laser pompe-sonde.
- Métrologie de lasers impulsionnels.
- Caractérisation d'un plasma de claquage laser sur cible solide et de la propagation des ondes de déflagration dans l'air induites par l'interaction. Méthodes pompe/sonde d'ombroscopie et de strosopie. Caractérisation de l'absorption de l'énergie laser.

#### (c) Spectroscopie Atomique (illustration directe du cours de mécanique quantique avancée) (S7) :

- Mesure des spectres d'absorption et d'émission d'une transition électronique de l'atome de césium
- Mise en oeuvre de la méthode d'absorption saturée qui permet de s'affranchir de l'effet Doppler
- Interprétation du spectre d'absorption saturée à l'aide de la structure hyperfine de l'atome de césium
- Mesure des largeurs de raies spectrales et comparaison à l'inverse de la durée de vie de l'état excité
- Mise en évidence de l'effet Zeeman sur la structure hyperfine en appliquant un champ magnétique extérieur

#### (d) Imagerie planétaire (S7) :

- préparation d'observations astronomiques (Lune, Jupiter, Saturne)
- manipulation d'un télescope (site observatoire de Floirac)
- acquisition d'images avec une caméra rapide
- traitement de séquences vidéos (RegiStax, AutoStakkert)

- interprétation astronomique (cartographie lunaire, rotation planétaire)
- (e) Physique nucléaire 2 (un des deux sujets au choix) (S8) :
  - Désintégration du positronium, détection en coïncidence
  - Spectroscopie alpha, détecteur à semi-conducteur
- (f) Physique du Solide (S8) :
  - Propriétés des diélectriques à basse fréquence et à haute fréquence
  - Propriétés magnétiques des matériaux
  - Phénomènes de transport : effet Hall dans les semi-conducteurs et les métaux. Mesure de la bande interdite du germanium
  - Supraconductivité
- (g) Mouvement Brownien (S8) :
  - Observer le mouvement Brownien.
  - Tester expérimentalement la validité de la loi d'Einstein : Vérifier que la distribution des diffuseurs obéit à une loi de diffusion (type loi de Fick).
  - S'initier à la détection de mouvement de particules (acquisition vidéo du mouvement Brownien) par traitement d'image
  - Réaliser un traitement statistique des trajectoires à l'aide d'un logiciel de calcul scientifique (Octave).
- (h) Microscopie à effet tunnel – Caractérisations de surfaces et instrumentation (S8) :
  - Instrumentation : céramiques piézoélectriques, boucle de contre réaction, mesures de faibles courants
  - Graphite : surface et propriétés électroniques

### Organisation :

- 5 phases : introduction, préparation, TP, analyse puis évaluation (oral ou écrit).

### Intervenants :

- Dimitri Batani : professeur des Universités, Université de Bordeaux, CELIA
- Julien Burgin : maître de conférences, Université de Bordeaux, LOMA
- Mathias Gerbaux : maître de conférences, Université de Bordeaux, LP2I
- Hamid Kellay : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LOMA
- Sophie Marsaudon : maître de conférences, Université de Bordeaux, CBMN
- Philippe Paillou : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LAB
- João Santos : maître de conférences, Université de Bordeaux, CELIA
- Philippe Tamarat : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LP2N

### Contrôle des connaissances :

#### (1) Session 1 : Contrôle continu :

- S7 : Compte-rendu à l'écrit (français ou anglais, au choix) pour chaque TER. Seul le compte-rendu de Lasers-Plasmas est imposé en anglais<sup>1</sup>.
- S8 : Présentation orale (français ou anglais, au choix) pour chaque TER. Un court compte-rendu pour la Physique des Solides<sup>2</sup>, le Mouvement Brownien et la Microscopie à effet tunnel sera également demandé (consignes données par les enseignants).

#### (2) Session 2 : Pas de session 2

---

1. Les comptes-rendus devront être rédigés en anglais, sous un format type article scientifique (ayant comme référence de style la revue *Physical Review Letters*).

2. Le format adopté pour la Physique des Solides doit être très succinct, avec un maximum de 2 pages par expérience (6 expériences au total, réparties sur 3 séances).

**Prérequis :**

- Notions de physique du solide
- Physique nucléaire niveau L3
- Optique linéaire et optique ondulatoire (Licence)
- Electromagnétisme (Licence)
- Mécanique quantique

## 2 Semestre 8

### 2.1 Fluides, Transport, *Plasmas* (6 ECTS, 56 heures présentiels)

Responsable : Joao Santos ([joao.santos@u-bordeaux.fr](mailto:joao.santos@u-bordeaux.fr))

Code UE : 4TYF804U

#### Objectifs :

- Savoir analyser l'écoulement d'un fluide en termes de bilans globaux
- Savoir décrire le transport de chaleur ou de masse dans un milieu
- Savoir décrire l'apparition d'instabilités hydrodynamiques par linéarisation des équations
- Acquérir des connaissances :
  - sur les phénomènes de diffusion et la dynamique des processus du transport de chaleur et de masse
  - sur la stabilité des écoulements
  - sur les plasmas en général, leurs grandeurs caractéristiques et leurs propriétés
  - sur les mouvements des particules chargées dans des champs magnétiques et électrique
  - sur la description bi-fluide des plasmas et les modes propres dans les plasmas magnétisés et non magnétisés

#### Contenu :

- Equation de Navier-Stokes : étude locale (formalisme tensoriel) et étude globale (bilans)
- Tension superficielle
- Ondes acoustiques et ondes gravito-capillaires
- Instabilités hydrodynamiques
- Transport : phénoménologie et aspects microscopiques
- Introduction aux plasmas et ses grandeurs caractéristiques
- Fonction de distribution en vitesse et grandeur physiques moyennes
- Mouvements des particules chargées dans de champs électriques et magnétiques
- Description hydrodynamique d'un plasma : le modèle à deux fluides
- Ondes plasma-électronique, ondes acoustique-ioniques
- Propagation et dispersion des ondes électromagnétiques dans un plasma
- Ondes dans les plasmas magnétisés : mode siffleur et ondes d'Alfvén

#### Déroulement de l'enseignement :

- Travail régulier des étudiants sur le cours
- Approfondissement des aspects importants en TD et en séances de soutien (accompagnement)
- Travail personnel pour les devoirs à la maison (DM)

#### Organisation :

Cours (34h), TD (14h), Accompagnement (8h).

#### Intervenants :

- João Santos : professeur des Universités, Université de Bordeaux, CELIA
- Gérard Malka : maître de conférences Université de Bordeaux, CELIA
- Arnaud Pierens, : maître de conférences, Université de Bordeaux, LAB

## Contrôle des connaissances :

### (1) Session 1 :

- Examen écrit terminal (1h30 pour Fluides, Transport, 1h30 pour Plasmas) : coeff. 0,7
- Contrôle continu (1 DM dans chaque partie) : coeff. 0,3

(2) Session 2 : Examen terminal écrit ou oral selon l'effectif (si écrit : 1h30 pour Fluides, Transport, 1h30 pour Plasmas) : coeff. 1,0

## Prérequis :

Electromagnétisme (Licence), Electrodynamique (Master), Introduction à la physique des fluides (Licence) : notions de cinématique des fluides, notion de viscosité, équation de Navier-Stokes, nombre de Reynolds, écoulements rampants ("petits Reynolds") et écoulements parfaits ("grands Reynolds")

## Lectures recommandées :

- Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, F.F. Chen, Plenum Press, New York, 1984.
- Physique des Plasmas : Cours et Applications, J.-M. Rax, Dunod - Collection Sciences Sup, Paris, 2005.
- Hydrodynamique physique, E. Guyon, J-P Hulin, L. Petit. EDP Sciences, 2012.

## 2.2 *Solid State Physics* (6 ECTS, 56 heures présentielle)

Responsable : Jérôme Cayssol ([jerome.cayssol@u-bordeaux.fr](mailto:jerome.cayssol@u-bordeaux.fr))

Code UE : 4TYF807U

## Objectifs :

- Présenter et analyser l'origine microscopique des principales propriétés de la matière condensée.
- Introduire les concepts de base de la physique du solide.
- Décrire les propriétés thermodynamiques, électroniques, optiques et magnétiques des matériaux. Appliquer les concepts et les méthodes de la physique statistique et de la physique quantique pour les comprendre.
- Introduire les nouveaux matériaux et les perspectives de la physique du solide moderne.

## Compétences acquises :

Connaître et comprendre les propriétés physiques des solides. Savoir appliquer les concepts et les méthodes de la physique statistique et de la physique quantique pour les décrire.

## Contenu :

- Introduction et structure des matériaux
  - Liquides, gaz et solides ; matériaux cristallins ; cristaux liquides.
  - Le réseau cristallin ; notion de cristallographie ;
- Propriétés diélectriques des solides
  - Susceptibilité diélectrique ; matériaux ferroélectriques.
- Propriétés magnétiques des solides
  - Diamagnétisme et Paramagnétisme ; ordre ferromagnétique.
- Vibrations du réseau et propriétés thermiques
  - Relations de dispersion ; phonons.

- Chaleur spécifique des phonons ; modèles de Debye et d'Einstein.
- Les électrons dans les solides
  - Gaz d'électrons : surface de Fermi ; chaleur spécifique des métaux.
  - Conductivité électrique et conductivité thermique ; bandes d'énergie.
- Semiconducteurs
  - Trous et électrons ; conductivité intrinsèque ; conductivité due aux impuretés.
  - Excitons ; photoluminescence et photoconductivité.
  - Transistor à effet de champ MOSFET ; graphène.
- Supraconductivité
  - Effet Meissner ; équations de London.
  - Les différents types de supraconducteurs, vortex, théorie BCS.
- Notions de nanophysique
  - Spintronique ; électronique de spin.
  - Méta-matériaux.

### **Déroulement de l'enseignement :**

- Travail régulier des étudiants sur le cours
- Approfondissement des aspects importants en TD et en séances de soutien (accompagnement)
- Travail personnel pour les devoirs à la maison (DM)

### **Organisation :**

Cours (32h), TD (14h), Accompagnement (10h).

### **Intervenants :**

- Jérôme Cayssol : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LOMA
- Brahim Lounis : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LP2N

### **Contrôle des connaissances :**

(1) Session 1 :

- Examen écrit terminal (3h) : coeff. 0,7
- Contrôle continu (CC : 2 DM) : coeff. 0,3

(2) Session 2 : Examen terminal écrit ou oral selon l'effectif (si écrit : 3h) : coeff. 1,0

### **Prérequis :**

Thermodynamique (Licence), Mécanique quantique (Licence), Mécanique statistique (M1 - 1er semestre).

### **Lectures recommandées :**

- Ch. Kittel : Physique de l'état solide, 8e édition.
- M. Brousseau : Physique du Solide.
- N.W. Ashcroft et N.D. Mermin : Physique des Solides.

## 2.3 Spécialisation du M1 Physique Fondamentale (6 ECTS)

Responsable : Ulysse Delabre ([ulysse.delabre@u-bordeaux.fr](mailto:ulysse.delabre@u-bordeaux.fr))

Code UE : 4TYF808U

### Unité d'enseignement à choix :

2 options de 3 ECTS au choix parmi 7 :

- Physique de la matière molle
- Collisions nucléaires, interactions particules-matière
- Lasers et optique non-linéaire
- Cosmologie physique et évolution stellaire
- Préparation à l'agrégation de physique
- Astrophysique des hautes énergies
- Cycle électronucléaire et applications au biomédical

### (a) Physique de la matière molle

#### Objectifs :

Introduire par des approches transverses les principales propriétés des systèmes issus de la matière molle et montrer leurs universalités en utilisant des notions en physique statistique, en électromagnétisme, en mécanique des fluides etc.

#### Compétences acquises :

- Connaître les différents systèmes complexes rencontrés en matière molle (polymères, tensioactifs, émulsions, cristaux liquides)
- Savoir utiliser les notions générales de physiques (physique statistique, électromagnétisme, mécanique des fluides, etc.) pour modéliser des systèmes complexes

#### Contenu :

La matière molle est un domaine de recherche dynamique à l'interface entre la physique, la chimie et la biologie qui s'intéresse aux propriétés de systèmes complexes tels que les colloïdes, en passant par les polymères comme l'ADN, les interfaces, les tensioactifs ou encore les cristaux liquides :

- Panorama de la matière molle
- Colloïdes
- Interfaces
- Systèmes de tensioactifs et émulsions
- Les cristaux liquides

#### Déroulement de l'enseignement :

- Un projet bibliographique permet d'illustrer les concepts de cours à partir d'un article scientifique
- Travail régulier des étudiants sur le cours et les exercices présentés en cours intégré

#### Organisation :

Cours Intégré (24h), Accompagnement (5h).

**Intervenants :**

- Ulysse Delabre : maître de conférences, Université de Bordeaux, LOMA
- Thomas Guérin : chargé de recherche CNRS, LOMA
- Thomas Salez : chargé de recherche CNRS, LOMA

**Contrôle des connaissances :**

## (1) Session 1 :

- Examen oral sur un projet bibliographique (20 min) : coeff. 0,5
- Examen écrit (1h30) ou oral (selon l'effectif) sur le cours : coeff. 0,5

## (2) Session 2 :

- Report de la note d'oral sur le projet bibliographique : coeff. 0,5
- Examen écrit ou oral (selon l'effectif) (1h30 ou 30min) : coeff. 0,5

**Prérequis :**

Thermodynamique (Licence), Physique Statistique, Electromagnétisme (Licence), Mécanique des Fluides (Licence, Master).

**Lectures recommandées :**

- Liquides : Solutions, dispersions, émulsions, gels B. Cabane et S. Hénou (Ed. Belin).
- Gouttes, Bulles, Perles et Ondes, P-G De Gennes, F. Brochard, D. Quéré (Ed. Belin).

**(b) Collisions nucléaires, interactions particules-matière****Objectifs :**

- Décrire les mécanismes ainsi que les aspects énergétiques et probabilistes des collisions entre noyaux et des interactions des particules avec la matière
- S'appuyer sur ces propriétés pour présenter des techniques expérimentales utilisées en physique atomique et subatomique
- Savoir décrire les probabilités d'interaction en terme de sections efficaces
- Savoir déterminer les énergies des noyaux en voie de sortie après collision ainsi que les taux de production
- Connaître et quantifier les processus d'interaction particule-matière
- Connaître des applications

**Contenu :**

- Interactions entre 2 corps, section efficace différentielle.
  - Position du problème, propriétés générales des collisions
  - Des collisions pour sonder la matière, l'exemple de l'expérience de Rutherford
  - Section efficace différentielle
  - Application à l'hypothèse du noyau ponctuel dans le cas de l'expérience de Rutherford
  - Introduction à une description quantique
- Aspects énergétiques des collisions nucléaires
  - Collisions élastiques en physique nucléaire, applications
  - Collisions inélastiques. Applications aux réactions nucléaires



- Collisions en relativité restreinte : application à l'étude des particules élémentaires
  - Préambule : les particules du modèle standard
  - Le cadre théorique de ces études : la relativité restreinte
  - Collisions élastique et inélastique en physique des particules
- Interaction particules-matière
  - Photon-matière
  - Particules chargées – matière
  - Physique atomique des couches internes
  - Applications

**Déroulement de l'enseignement :**

- Travail régulier des étudiants sur le cours.
- Approfondissement des aspects importants en TD et en séances de soutien (accompagnement).
- Travail personnel pour les devoirs à la maison (DM).

**Organisation :**

Cours (18 h), TD (6h), Accompagnement (5h).

**Intervenants :**

- Franck Gobet : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LP2I
- Maud Versteegen : maître de conférences, Université de Bordeaux, LP2I

**Contrôle des connaissances :**

(1) Session 1 :

- Examen écrit terminal (1h30) : coeff. 0,7
- Contrôle continu (CC : 1 DM) : coeff. 0,3

(2) Session 2 :

- Report du contrôle continu de la session 1 : coeff. 0,3
- Examen écrit d'une durée de 1h30 ou oral (selon effectif) : coeff. 0,7

**Prérequis :**

Mécanique du point (Licence), Electromagnétisme (Licence), Relativité restreinte (Licence), Mécanique quantique (Licence)

**Lectures recommandées :**

- Physique subatomique : noyaux et particules, tome 1, L. Valentin, Edition Hermann.
- Mécanique, J.P. Pérez, Masson.
- Relativité, M.Boratav and R. Kerner, Ellipses.
- Quantum Collision Theory, C.J. Joachain, north-Holland publishing company.
- Introduction à la mécanique quantique, M. Lambert, Ellipses.
- Mécanique Quantique, Cohen-Tannoudji, Diu, Laloë, Edition Hermann.
- Techniques for nuclear and particle physics experiments, W.R. Leo, Edition Springer-Verlag.
- Radiation detection and measurement, G.F. Knoll, Edition Wiley.

## (c) Lasers et optique non-linéaire

### **Objectifs :**

- Introduire les bases essentielles de la physique des lasers (amplification, cavités, propriétés, modes de fonctionnement) et leurs applications
- Présenter la technologie et l'instrumentation optique pour les lasers, la mise en forme et le transport de faisceau et la caractérisation

### **Compétences acquises :**

- Concepts fondamentaux du fonctionnement des lasers
- Simulations des zones de stabilités d'une cavité, du mode transverse, de la propagation du faisceau, du fonctionnement impulsionnel (Matlab ou Octave)
- Identifier le type de laser adapté à une problématique

### **Contenu :**

- Introduction au laser : bref historique, généralités, caractéristiques de la lumière laser
- Cavités laser et faisceaux Gaussiens : matrices ABCD, stabilité, modes transverses, faisceaux Gaussiens et propagation
- Amplification : Absorption et émission, élargissements homogène et inhomogène, équations de taux, inversion de population dans des systèmes à 3 et 4 niveaux, Gain
- Oscillation laser : Condition de seuil, hole burning, frequency pulling, équations d'évolution, puissance de sortie et couplage optimal
- Modes de fonctionnement : monomode/multimodes, continu/impulsionnel, sélection de mode, brève introduction sur le Q-switching et le mode locking
- Technologie laser et instrumentation optique : pompage, optiques biréfringentes, modulateurs, notions d'optique non linéaire, outils de caractérisation
- Types de lasers et applications dont un focus sur les lasers à semi-conducteurs

### **Déroulement de l'enseignement :**

- Les séances d'accompagnement seront utilisées pour les séances de TD machine (simulations Matlab) et le soutien au travail en groupe
- Travail régulier des étudiants sur le cours
- Travail personnel pour les devoirs à la maison (DM)

### **Organisation :**

Cours (18h), TD + Accompagnement (5h + 4h), TP (2h)

### **Intervenants :**

- Eric Mével : professeur des Universités, Université de Bordeaux, CELIA

### **Contrôle des connaissances :**

#### (1) Session 1 :

- Examen écrit terminal (1h30) : coeff. 0,7
- Contrôle continu (CC : 1 DM) : coeff. 0,3

#### (2) Session 2 :

- Report du contrôle continu de la session 1 : coeff. 0,3
- Examen écrit d'une durée de 1h30 ou oral (selon effectif) : coeff. 0,7

**Prérequis :**

Mécanique statistique, notions de mécanique quantique, électromagnétisme et optique (licence).

**Lectures recommandées :**

- Les lasers, Dangoisse, Hennequin, Zhenlé-Dhaoui, Dunod Ed.
- Le Laser : 50 ans de découvertes, Bretenaker, Treps, EDP Sciences 2010.
- Optique cohérente : Fondements et applications, Lauterborn,. Masson 1997.
- Optique, Hecht, Pearson Education.
- Lasers, Siegman, University Science book.
- Principle of lasers, Svelto, Plenum Press.
- Quantum electronics, Yariv, Wiley Interscience.
- Femtosecond laser pulses, principle and experiments, Rullière (Ed.), Springer.
- Few Cycle Laser Pulse Generation and its Applications, Kartner (Ed.), Springer.

**(d) Cosmologie physique et évolution stellaire****Objectifs :**

- Connaître le modèle standard de l'évolution de l'univers et principes de base de la formation des étoiles
- Acquérir des bases minimales en cosmologie physique autour du « modèle standard » (énergie noire, matière noire froide), et les objets formés (amas, galaxies, milieu interstellaire, étoiles)
- Comprendre l'origine des différentes classes d'étoiles, leur position sur le diagramme Hertzsprung-Russell et les propriétés qui les distinguent

**Contenu :****A - Galaxies et grandes structures (50%)**

- Expansion de l'Univers. Observations et examen des équations d'Einstein. Big Bang vs. univers statique, formation des particules, relation temps-décalage spectral. Les problèmes dits de l'horizon et de «flatness»
- Recombinaison, surface de dernière diffusion, observations et interprétation du rayonnement du fond cosmologique
- Résultats du satellite Planck
- Paramètres cosmologiques et le modèle standard actuel.
- Examen du Prix Nobel 2011 et l'accélération de l'expansion de l'univers
- Matière sombre & Energie sombre. Influence sur la formation des grandes structures. Ré-ionisation de l'Univers
- Amas de Galaxies
- Trois méthodes de calcul de la masse d'un amas de galaxies, mise en évidence de la proportion de matière noire vs. baryonique
- Bestiaire d'objets célestes et processus de rayonnement dominants
- Classification des galaxies
- Evolution galactique (fusions mais aussi enrichissement chimique, relation métallicité/ luminosité)
- Noyaux actifs de galaxies
- Rayonnement aux hautes énergies : du MeV à la coupure GZK

- Chauffage et refroidissement du gaz et des poussières interstellaires
- Phases et répartition du milieu interstellaire dans les galaxies

#### B - Evolution et Formation stellaire (50%)

- Formation stellaire dans notre Galaxie : distribution des étoiles, formation isolée vs. en groupe, filaments
- Distribution spectrale d'énergie
- Nuages en équilibre et stabilité, masse et longueur de Jeans
- Molécules comme traceurs de la dynamique et des conditions physiques dans les proto-étoiles
- Support, effondrement des coeurs denses, temps de chute libre
- Evolution proto-stellaire
- Impact des jeunes étoiles sur leur environnement : jets et flots moléculaires, disques, régions HII ...
- Disques proto-planétaires
- Etoiles pré-séquence principale. Nucléosynthèse
- Fonction initiale de masse des étoiles
- Formation stellaire : résultats récents. Quelles sont les inconnues restantes ?
- Séquence principale
- Evolution des étoiles de type solaire
- Evolution des étoiles massives
- Rôle du champ magnétique
- Evolution stellaire : résultats récents. Quelles sont les inconnues restantes ?

#### Déroulement de l'enseignement :

- Travail régulier des étudiants sur le cours.
- Approfondissement des aspects importants pendant les cours intégrés et en séances de soutien (accompagnement dont analyse d'articles scientifiques).
- Travail personnel pour les devoirs à la maison (DM).

#### Organisation :

Cours (18h), TD + Accompagnement (5h)

#### Intervenants :

- Jonathan Braine : astronome, Université de Bordeaux, LAB
- Fabrice Herpin : astronome, Université de Bordeaux, LAB

#### Contrôle des connaissances :

##### (1) Session 1 :

- Examen écrit terminal (1h30) : coeff. 0,7
- Contrôle continu (CC : 1 DM) : coeff. 0,3

##### (2) Session 2 :

- Report du contrôle continu de la session 1 : coeff. 0,3
- Examen écrit d'une durée de 1h30 ou oral (selon effectif) : coeff. 0,7

## Lectures recommandées :

- J. Lequeux, Naissance, évolution et mort des étoiles, EDP sciences, Les Ulis, 2011.
- F. Combes et al., Galaxies et Cosmologie, Inter/Editions, 1991.

## (e) Préparation à l'agrégation de physique

### Objectifs :

- Préparer à l'épreuve de montage au concours de l'agrégation de physique
- Mettre au point d'expériences de physique de niveau licence en autonomie partielle et à partir de matériels de base disponibles dans les laboratoires d'enseignement de l'université
- Savoir exploiter des données (Python Octave, ...) : représentations graphiques, extraction de grandeur(s) physique(s), critique des résultats obtenus
- Savoir présenter des expériences devant un auditoire : (gestion du temps, clarté de l'exposé, analyse des résultats)
- Savoir défendre des résultats obtenus en réponse aux questions d'un jury
- Savoir rédiger des comptes rendus au format "agrégation"

### Contenu :

L'épreuve du montage au concours de l'agrégation de physique consiste en une série d'expériences exploitées de façon quantitative et portant sur un sujet généralement assez vaste pour que le/la candidat(e) puisse faire preuve d'initiative dans le choix des manipulations présentées.

Cette UE de préparation anticipée à cette épreuve du montage permettra aux futurs candidats de se familiariser avec les attendus du jury (réalisation d'expériences, exploitation des données, comparaison avec une modèle théorique), sur un format proche de celui de l'épreuve (préparation puis présentation orale individuelle) en utilisant avec le matériel du laboratoire de la préparation à l'agrégation de l'université de Bordeaux.

Programme du cours :

- Thermodynamique-Mécanique : dynamique, interfaces, physique des fluides, acoustique, mesure de températures
- Physique Générale : mesures physiques, propagation des ondes, phénomène de résonance, couplage d'oscillateurs, régimes transitoires, phénomènes de transport
- Electromagnétisme : production et mesure de champs magnétiques, induction, effets capacitifs, milieux magnétiques
- Electronique-Signal : amplification de signaux, acquisition, analyse et traitement des signaux
- Optique : instruments d'optique, Interférences et diffraction, Polarisation, Spectrométrie optique

### Déroulement de l'enseignement :

- 6 séances de Travaux Pratiques de 3h sous la supervision d'un enseignant. Lors des 5 premières séances, les étudiants préparent un montage de leur choix parmi un des 5 thèmes, la dernière séance est consacrée au perfectionnement du montage de leur choix. Chaque séance doit être préparée en amont (d'un point de vue expérimental en autonomie et d'un point de vue bibliographique) de telle sorte que les étudiants commencent leurs expériences en début de séance après validation par un enseignant de l'UE. Chaque montage fera l'objet d'un compte-rendu dans le format de ceux de la préparation à l'agrégation de 3 à 5 pages maximum. Les comptes rendus sont à rendre après les 6 séances. L'examen final consistera pour chaque étudiant en une présentation d'un montage (thème tiré au sort une semaine avant) sur format proche de celui de l'agrégation (durée 20-30 minutes par étudiant, avec 2h de préparation préalable).
- Préparation aux interrogations orales.

**Organisation :**

Séance de TP (24h), Accompagnement (5h).

**Intervenants :**

- Julien Burgin : maître de conférences, Université de Bordeaux, LOMA
- Jean-Christophe Delagnes : maître de conférences, Université de Bordeaux, CELIA
- Hamid Kellay : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LOMA

**Contrôle des connaissances :**

(1) Session 1 :

- Contrôle continu (Montage) : coeff. 0,7
- Contrôle continu (interrogation orale) : coeff. 0,3

(2) Session 2 : pas de session 2.

**Prérequis :**

Thermodynamique (Licence), Electromagnétisme (Licence), Mécanique (Licence), Optique (Licence), Mécanique quantique (Licence), Electronique (Licence).

**Lectures recommandées :**

- Le Cours de physique de Feynman : Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands. InterEditions. 1979.
- Les cours de physique de Berkeley : tome 1 à 5. Dunod 1998.
- Optique Expérimentale, Sextant, Editions Hermann
- Bulletin de l'Union des Physiciens

**(f) Astrophysique des hautes énergies****Contenu :**

- Introduction / ordres de grandeurs
- Les rayons cosmiques
- Processus de rayonnement
- Sources astrophysiques
- Autres messagers en astroparticules

**Organisation :**

Cours, TD

**Intervenants :**

- Marie-Hélène Grondin : maître de conférences, Université de Bordeaux, LP2I
- Thierry Reposeur, Chargé de recherches CNRS, LP2I

## Contrôle des connaissances :

### (1) Session 1 :

- Examen écrit terminal (1h30) : coeff. 0,7
- Contrôle continu (soutenance orale) : coeff. 0,3

### (2) Session 2 : Examen écrit terminal (1h30 ou oral selon effectif) : coeff. 1.

## (g) Cycle électronucléaire et applications au biomédical (commun avec le M1 Instru.)

### Contenu :

#### A) Physique Nucléaire : application au secteur de l'énergie

##### 1. Introduction

- Carte de nucléides et modes de décroissance
- Masses nucléaires et l'énergie de liaison, puits potentiel
- Modèle de la goutte liquide et corrections microscopiques
- Déformation des noyaux et barrières de fission
- Paramètre de fissilité

##### 2. Fission spontanée (SF)

- Structure de la barrière et Durée de vie
- Surface de l'énergie potentielle & barrière de fission

##### 3. Fission induite

- Mécanisme de réaction : Noyau composé
- Section efficace pour particules (neutron) et rais gamma
- Noyaux fissiles et non-fissiles

##### 4. Observables

- Distribution en masse, nombre atomique et en énergie cinétique
- Emission des neutrons prompts et gammas et leur caractéristiques
- Neutrons retardés et leur intérêt pour les réacteurs nucléaires

##### 5. Notions élémentaires sur les réacteurs nucléaires

- Interaction neutron-matière : diffusion et capture, section efficaces
- Libre parcours moyen de neutron dans un milieu homogène
- Réaction en chaîne et facteurs de multiplication
- Principe d'un réacteur thermique
- Exemple de cycle électronucléaire

#### B) Rayonnements Ionisants et Vivant

##### 1. Rappels sur l'interaction particules-matière

- Particules chargées : ions, électrons/positrons
- Particules neutres : photons (X et g), neutrons
- Désexcitation atomique
- Notion de TEL et de dose

##### 2. Quelques notions de biologie

- Structure du vivant, biologie cellulaire
- Interaction rayonnement ionisant et matière vivante

##### 3. Applications des rayonnements ionisants

- Radioprotection : notions de doses
- Radiothérapie
- Imagerie médicale

## Organisation :

- A) Physique Nucléaire : application au secteur de l'énergie : Cours (6h), TD (4h), TD Machine (2h)
- B) Rayonnements Ionisants et Vivant : Cours (6h), TD (4h), TD Machine (2h)

## Intervenants :

- Igor Tsekhanovich : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LP2I
- Philippe Moretto : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LP2I

## Contrôle de connaissances :

### (1) Session 1 :

- Examen écrit terminal “Physique Nucléaire / Energie” (1h30) : coeff. 0,5
- Examen écrit terminal “Rayonnements Ionisants et Vivant” (1h30) : coeff. 0,5

### (2) Session 2 :

- Examen écrit terminal “Physique Nucléaire / Energie” (1h30 ou oral selon effectif) : coeff. 0,5
- Examen écrit terminal “Rayonnements Ionisants et Vivant” (1h30 ou oral selon effectif) : coeff. 0,5

## 2.4 Stage en laboratoire et professionnalisation (S7 + S8, 11 ECTS)

Responsable Professionalisation : Yasmine Bercy ([yasmine.bercy@u-bordeaux.fr](mailto:yasmine.bercy@u-bordeaux.fr))

Responsable Stage : Jean-Christophe Delagnes ([jean-christophe.delagnes@u-bordeaux.fr](mailto:jean-christophe.delagnes@u-bordeaux.fr))

Code UE : 4TYF809U

### 2.4.1 Professionalisation / Initiation aux métiers scientifiques (S7 + S8, 3 ECTS)

#### Objectifs :

- Rendre l'étudiant proactif et acteur de son avenir en lui permettant d'affiner son projet professionnel, de développer une stratégie d'orientation, de recherche de stage et de poursuite d'étude (M2, doctorat et post-doctorat) tout en explorant, en parallèle, les réalités du monde du travail (académique et non académique)
- Accompagner les étudiants dans la recherche de stage et les encadrer dans le mini-stage
- Apprendre à mener un projet en équipe et en mode « projet »
- Apprendre à communiquer à travers des outils professionnels (présentations orales, revues de projets, posters, articles, organisations de manifestations scientifiques, ...)

#### Compétences acquises :

- Effectuer une recherche bibliographique, rédiger un résumé de travaux de recherche
- Mobiliser un savoir théorique
- Lier connaissances théoriques apprises au cours du cursus et activités de recherche au sein des laboratoires d'une part et applications technologiques d'autre part (bilan des compétences)
- Exercer son esprit critique, savoir synthétiser son travail dans un document
- Communiquer dans un contexte professionnel
- Savoir présenter oralement ses résultats sous différentes formes et à différents publics
- Acquérir de l'autonomie et de la responsabilité, travailler en équipe, savoir structurer son travail et celui de son équipe



## Déroulement de l'enseignement :

Ces enseignements se déclinent en cours, travaux dirigés, travaux de groupes projets, en présentiel et à distance, de l'apprentissage par projets... Les travaux dans le cadre de cette UE s'articulent autour de 3 axes :

- Axe 1 : "Projet professionnel, aide à la recherche de stage, organisation d'un évènement scientifique".
- Axe 2 : "Connaissance des métiers de la recherche, de l'enseignement et de l'innovation" : les notions de base sur les métiers, la recherche d'informations, la communication et la valorisation.
- Axe 3 : "Projets professionnalisant et structurant".

Les activités/travaux dans le cadre de l'axe 1 sont individuels. En revanche, ceux des axes 2 et 3 se font par groupes projets.

## Organisation :

Travail par groupes. Les 2 délégués de la promotion sont le relais privilégié de l'équipe pédagogique. Ils assurent la transmission de l'information à l'ensemble du groupe et se font porte parole du groupe pour des questions d'ordre général. Ils s'assurent le cas échéant du bon fonctionnement logistique de l'UE (mise à jour du planning en concertation avec l'équipe pédagogique, réservation de salles et/ou de vidéoprojecteur quand c'est nécessaire, transmission d'information et/ou de documents, retard ou absence des étudiants, etc.).

Dans chaque équipe de projet est désigné un chef de projet : animateur du groupe et interlocuteur privilégié pour les questions relatives à la thématique concernée.

## Intervenants :

- Yasmine Bercy : maître de conférence associé, Université de Bordeaux
- Jean Oberlé : professeur des Universités, Université de Bordeaux, LOMA
- Marie-Hélène Grondin : maître de conférences (responsable M1R), Université de Bordeaux, LP2I
- Jean-Christophe Delagnes : maître de conférences, Université de Bordeaux, CELIA

+ interventions ponctuelles d'enseignants et d'intervenants extérieurs.

## Contrôle des connaissances :

(1) Session 1 : la note de l'UE est une combinaison de plusieurs notes obtenues en contrôle continu qui se répartissent suivant plusieurs axes :

- Axe 1 (coeff. 0.4) : suivi de recherche de stage (S8)  
CV, lettre de motivation, entretien rapport projet professionnel incluant vos outils de candidature (CV, lettre de motivation, bilan de compétences) ; abstract (stage) ; poster (bonus)
- Axe 2 (coeff. 0.2) : projet thématique & visites de laboratoires (S7)  
Oral sur un projet thématique (un projet par groupe de 3-4 étudiants) ; compte-rendu des visites de laboratoires (Labo Tour)
- Axe 3 (coeff. 0.4) : Projet professionnalisant (S8)  
Rapport final projet professionnalisant (un projet par groupe de 3-4 étudiants) ; organisation d'un évènement scientifique (rencards de la physique, portes ouvertes de l'UB ; suivi + comptes rendus réguliers

NB : Pour l'axe 1, un accompagnement individuel/coaching sera proposé à chaque étudiant sur demande (auprès de Mme Bercy, Coach Professionnelle).

(2) Session 2 : pas de session 2.

## 2.4.2 Stage en laboratoire (S8, 8 ECTS)

### Objectifs :

Acquérir une première expérience de recherche afin de mûrir l'orientation et le projet professionnel. Seuls ou en binômes, libérés de tout autre enseignement, les étudiants devront s'y consacrer à plein temps.

### Compétences acquises :

- Effectuer une recherche bibliographique
- Acquérir un savoir faire expérimental ou en simulations
- Savoir acquérir et analyser des données
- Travailler en bonne synergie avec une équipe de recherche et dans un environnement scientifique/R&D
- Savoir structurer et phaser son travail
- Acquérir de l'autonomie et de la responsabilité
- Exercer son esprit critique
- Savoir synthétiser son travail dans un mémoire
- Savoir présenter oralement ses résultats à des non spécialistes.

### Contenu :

Projet de recherche d'une durée de 40 jours.

Les étudiants devront terminer ce stage par la rédaction d'un court mémoire synthétisant la problématique, les méthodes utilisées, ainsi que les principaux résultats obtenus en insistant sur leur contribution personnelle aux travaux de l'équipe qui les encadrera. Ils devront d'autre part préparer un exposé oral présentant la thématique abordée au cours de leur stage et ils exposeront, tout particulièrement pour le jury, leurs travaux personnels et les résultats éventuellement obtenus.

### Déroulement de l'enseignement :

Cette initiation à la recherche fondamentale ou appliquée est réalisée dans un laboratoire de recherche ou une entreprise.

### Organisation :

40 jours ouvrables, après la session d'examens d'avril, à plein temps.

### Contrôle des connaissances :

(1) Session 1 : La note de l'UE se décompose comme suit :

- mémoire écrit de stage (coeff. 0.25)
- soutenance orale (coeff. 0.5)
- note du maître de stage (coeff. 0.25)

*Note éliminatoire : 8 / 20.*

(2) Session 2 : pas de session 2

## 3 Unités d'enseignement optionnelles

### 3.1 Participation aux oraux L2-M1 (points bonus, non créditant)

Responsable : Ulysse Delabre ([ulysse.delabre@u-bordeaux.fr](mailto:ulysse.delabre@u-bordeaux.fr))

Code UE : 4TYF806U

#### Objectifs :

L'objectif de cette UE facultative est d'apprendre aux étudiants de Master à interroger et à noter à l'oral en effectuant des oraux auprès des étudiants de L2. Cet exercice difficile est très enrichissant pour les étudiants de Master et permet également de réviser certains thèmes de la Licence.

#### Contenu :

Mécanique des Fluides (niveau Licence 2) & Thermodynamique (niveau Licence 2)

#### Organisation :

Une séance d'introduction et de mise en situation sera effectuée au cours du semestre pour expliquer le déroulement. Des exercices avec correction sont proposés aux étudiants de Master pour préparer au mieux leurs oraux. Au moins 2 oraux sur 2 thèmes différents seront à effectuer.

#### Intervenants :

- Ulysse Delabre, maître de conférences, Université de Bordeaux, LOMA
- + enseignants de l'option agrégation

#### Contrôle des connaissances :

- (1) Session 1 : Evaluation sur les prestations lors des oraux selon différents critères qui sont présentés au début (clarté, aide lors de l'oral, ...).
- (2) Session 2 : pas de session 2

### 3.2 Préparation au "French Physicists's Tournament" (3 ECTS, non créditant)

Responsable : Simon Villain-Guillot ([simon.villain-guillot@u-bordeaux.fr](mailto:simon.villain-guillot@u-bordeaux.fr))

Code UE : 4TTVN04U

#### Objectifs :

Le French Physicists' Tournament est une rencontre annuelle organisée par la Commission Jeunes de la Société Française de Physique, soutenue par le Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, et parrainée par l'Académie des Sciences (voir le site internet : <http://france.iptnet.info/>).

En 2018, une équipe a pour la première fois représenté l'Université de Bordeaux, et participé à la compétition qui a rassemblé les ENS, l'X, Centrale, ainsi que les grandes université française (Paris, Lyon, Orsay, Grenoble, ...). Les effectifs seront limités à 25 étudiants.

#### Organisation :

Séances les Lundis à partir de 15h30 dès le S7

#### Intervenants :

- Simon Villain-Guillot : maître de conférences, Université de Bordeaux, LOMA
- Thomas Barois, chargé de recherche CNRS, LOMA

**Contrôle des connaissances :**

- (1) Session 1 : soutenance orale
- (2) Session 2 : pas de session 2

**3.3 Options sport (points bonus, non créditant)**

Code UE pour le S7 : 4TTV705U

Code UE pour le S8 : 4TTV803U