

PÉRIODE D'ACCRÉDITATION : 2016 / 2021

UNIVERSITÉ PAUL SABATIER

SYLLABUS MASTER

Mention Physique Fondamentale et Applications

M1 Physique pour le Vivant

<http://www.fsi.univ-tlse3.fr/>

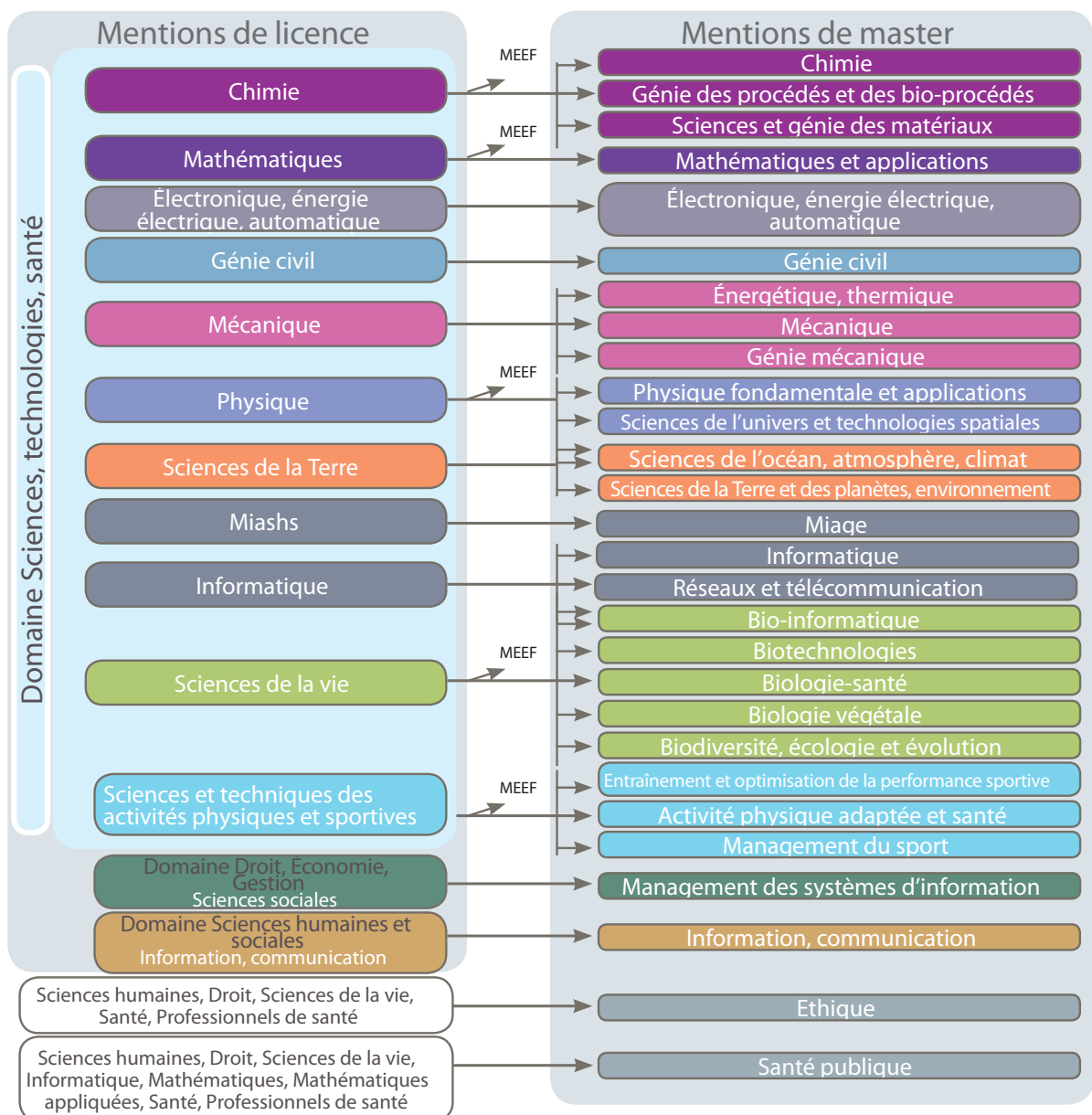
2019 / 2020

13 DÉCEMBRE 2019

SOMMAIRE

SCHÉMA ARTICULATION LICENCE MASTER	3
PRÉSENTATION	4
PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS	4
Mention Physique Fondamentale et Applications	4
Parcours	4
PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M1 Physique pour le Vivant	4
RUBRIQUE CONTACTS	6
CONTACTS PARCOURS	6
CONTACTS MENTION	6
CONTACTS DÉPARTEMENT : FSI.Physique	6
Tableau Synthétique des UE de la formation	7
LISTE DES UE	9
GLOSSAIRE	34
TERMES GÉNÉRAUX	34
TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES	34
TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS	34

SCHÉMA ARTICULATION LICENCE MASTER



MEEF : cf. page 10, Projet métiers de l'enseignement

PRÉSENTATION

PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS

MENTION PHYSIQUE FONDAMENTALE ET APPLICATIONS

La mention Physique Fondamentale et Applications (PFA) se décline suivant 5 parcours :

- "Préparation à l'agrégation de physique" (AGREG PHYS),
- "Ingénierie du diagnostic, de l'instrumentation et de la mesure" (IDIM),
- "Physique de l'énergie et de la transition énergétique" (PENTE),
- "Physique fondamentale" (PF)
- "Physique du vivant" (PV).

L'objectif est d'insérer les étudiants dans le monde industriel ou dans le monde académique en sortie de master 2 ou de doctorat.

Cette formation structure les connaissances et les compétences techniques de l'étudiant dans les domaines de la physique, de la physique du vivant, de la modélisation, des propriétés physiques de la matière, de l'énergie et de l'instrumentation. Les débouchés visés sont les métiers de l'ingénierie (ingénieurs physiciens, tests et essais, recherche et développement, biotechnologies/santé, énergie, matériaux avancés...), le doctorat en physique dans un laboratoire français ou étranger, et les métiers de l'enseignement dans le secondaire ou le supérieur. Enfin, cette formation est labellisé par le réseau Figure et propose un Cursus Master Ingénierie (CMI Physique fondamentale et applications).

PARCOURS

Le **Master 1 Physique Fondamentale et Applications - Physique pour le Vivant (M1 PFA-PV)** est suivi d'un Master 2 Physique pour le Vivant. L'objectif de ce parcours est de former des étudiants de haut niveau en **biophysique, physico-chimie, matière molle, physique de l'imagerie, physique des comportements sociétaux** afin qu'ils soient en mesure d'appréhender des problèmes de biologie avec les outils de la physique.

Ceux-ci sont maintenant très utilisés en sciences du vivant à la fois pour observer et étudier le vivant (microscopie, analyses de données, suivi de trajectoires...) mais aussi pour modéliser et comprendre les mécanismes physiques à l'origine des phénomènes biologiques.

Le Master PFA-PV aborde les différentes échelles du vivant, de l'échelle moléculaire (ADN, membranes...) à l'échelle des populations (fourmis, poissons, humains...) en passant par l'échelle cellulaire (bactéries...) et des tissus biologiques (épithélium, sang...).

PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M1 PHYSIQUE POUR LE VIVANT

Différentes approches physiques pertinentes pour des problématiques biologiques seront étudiées :

- systèmes complexes à l'échelle de la molécule, de la cellule et des populations
- observer le vivant : imagerie moléculaire et médicale
- comprendre le vivant en tant que système dynamique hors équilibre

La formation comporte des volets expérimentaux, théoriques et de modélisation en lien direct avec les laboratoires toulousains.

1. Le 1er semestre est un **semestre de renforcement** des connaissances et compétences **en physique** avec 3 gros modules de **Physique statistique** (9 ECTS, physique statistique à l'équilibre et hors-équilibre, dynamique des fluides, physique non-linéaire), d'**Electromagnétisme et optique** (6 ECTS) et de **Physique expérimentale** (6 ECTS, instrumentation et montages de physique). A ceux-ci s'ajoutent les modules de **Mécanique quantique, Introduction à la biologie** et **Langues** (3 ECTS chacun).

2. Le 2d semestre est un **semestre de spécialisation en physique pour le vivant**. Il est constitué de modules importants de 6 ECTS chacun : **Biophysique**(avec un sous-module de biochimie) et **Physique numérique**(Langage C pour la physique, Analyse de données statistiques et projet numérique), ainsi que de 2 modules de 3 ECTS interdisciplinaires : **Imageries médicales** et **Modélisation des macromolécules du vivant**.
3. Un **stage obligatoire de 2 mois**(avec soutenance en anglais) permettra aux étudiants de s'initier au monde professionnel que ce soit dans l'entreprise ou dans un laboratoire.

Une part importante du travail des étudiants se fera en **petit groupe** et en **autonomie**, que ce soit lors des montages de physique, des projets numériques ou des ateliers tutorés en biophysique et modélisation des macromolécules du vivant.

RUBRIQUE CONTACTS

CONTACTS PARCOURS

RESPONSABLE M1 PHYSIQUE POUR LE VIVANT

MANGHI Manoel

Email : manghi@irsamc.ups-tlse.fr

Téléphone : 61 77

SECRÉTAIRE PÉDAGOGIQUE

BESOMBES Valerie

Email : valerie.besombes@univ-tlse3.fr

Téléphone : 0561556827

Université Paul Sabalier

Bâtiment 1TP1 bureau B 5 bis

118 route de Narbonne

31062 TOULOUSE cedex 9

CONTACTS MENTION

RESPONSABLE DE MENTION PHYSIQUE FONDAMENTALE ET APPLICATIONS

BATTESTI Rémy

Email : remy.battesti@lncmi.cnrs.fr

Téléphone : 05 62 17 29 77

CONTACTS DÉPARTEMENT: FSI.PHYSIQUE

DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT

TOUBLANC Dominique

Email : dominique.toublanc@univ-tlse3.fr

Téléphone : 8575

SECRETARIAT DU DÉPARTEMENT

THOMAS Jean-Christophe

Email : jcthomas@adm.ups-tlse.fr

Téléphone : 05.61.55.61.68

Université Paul Sabalier

1R2

118 route de Narbonne

31062 TOULOUSE cedex 9

TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES UE DE LA FORMATION

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	Cours-TD	TD	TP	TP DE	Projet	Stage	Stage ne
Premier semestre												
10	EMPAV1AM	INTRODUCTION À LA BIOLOGIE	3	O		24						
12	EMPAV1BM	ÉLECTROMAGNÉTISME ET OPTIQUE	6	O								
	EMSUA1C1	Electromagnétisme et optique			18		18					
11	EMPAP1A1	Compléments d'électromagnétisme et optique			12		22					
13	EMPAV1CM	MÉCANIQUE QUANTIQUE	3	O	18		18					
	EMPAV1DM	PHYSIQUE STATISTIQUE ET DYNAMIQUE DES FLUIDES	9	O								
16	EMSUA1A1	Physique statistique			24		24					
14	EMSOC1B1	Dynamique des fluides 1			12		12					
15	EMSOC1F1	Physique non linéaire et phénomènes hors équilibre			12		12					
	EMPAV1EM	PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE	6	O								
18	EMSUA1D3	Instrumentation						6				
17	EMPAP1E2	Montages de physique						30				
19	EMSUA1D4	Instrumentation							15			
Choisir 1 UE parmi les 3 UE suivantes :												
21	EMPAV1VM	ANGLAIS	3	O			24					
22	EMPAV1WM	ALLEMAND	3	O			24					
23	EMPAV1XM	ESPAGNOL	3	O			24					
20	EMPAV1TM	STAGE FACULTATIF	3	F								0,5
Second semestre												
	EMPAV2AM	BIOPHYSIQUE	6	O								
24	EMPAV2A1	Biophysique et matière molle			24		24					
25	EMPAV2A2	Biochimie			10		10					
26	EMPAV2BM	IMAGERIES MÉDICALES	3	O	10		20					
27	EMPAV2CM	MACROMOLÉCULES	3	O	20		5	5				
	EMPAV2DM	PHYSIQUE NUMÉRIQUE	6	O								
28	EMPAP2A1	Langage C pour la physique			6			18				

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	Cours-TD	TD	TP	TP DE	Projet	Stage	Stage ne
29 30	EMPAP2A3 EMPAV2D1	Analyse de données statistiques Projet numérique			4			10		25		
32 31	EMPAV2EM EMPAV2E1 EMPAP2C2	STAGE Stage Soutenances en anglais	12	O				12			2	
33	EMPAV2FM	INITIATION JURIDIQUE	3	F			24					

LISTE DES UE

UE	INTRODUCTION À LA BIOLOGIE	3 ECTS	1^{er} semestre
EMPAV1AM	Cours-TD : 24h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ROUSSEAU Philippe

Email : Philippe.Rousseau@ibcg.biotoul.fr

Téléphone : 05 61 33 59 16

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif est de fournir un enseignement de mise à niveau en Biologie Cellulaire, Biologie Moléculaire et Génétique à des étudiants venant de licences en Physique, en informatique ou en Bioinformatique.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Biologie Cellulaire : Introduction générale à la biologie cellulaire. Notion de cellule procaryote et eucaryote. Organisation de la cellule (compartimentation et dynamique intracellulaire). Expression génique et régulation. Mouvements cellulaires. Prolifération, différenciation et mort cellulaire. Enseignement interactif privilégiant un travail collectif.

Analyse Génétique : Relation gène-fonction. Notions de mutation et d'allèle. Lois de transmission de caractères héréditaires chez les eucaryotes (i.e. : monogénique et digénique). Notions d'indépendance et de liaison génique. Transmission génétique chez les procaryotes.

Biologie Moléculaire : Structure du matériel génétique, notions de gène et de génôme. Présentation des grands processus moléculaires de la cellule (i.e. : réplication, transcription, traduction).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Biologie (Campbell et Reece - De Boeck)

MOTS-CLÉS

Biologie cellulaire - Biologie Moléculaire - Génétique mendélienne et moléculaire

UE	ÉLECTROMAGNÉTISME ET OPTIQUE	6 ECTS	1^{er} semestre
Sous UE	Compléments d'électromagnétisme et optique		
EMPAP1A1	Cours : 12h , TD : 22h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

GUERY ODELIN David

Email : dgo@irsamc.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Expliquer les phénomènes de cohérence en optique (formalisme mathématique)

Applications : en spectroscopie de Fourier, pour l'analyse de raies laser, pour l'interférométrie stellaire de corrélation ...

Représentation de la polarisation des ondes électromagnétiques avec les formalismes de Jones, Poincaré et de Stockes Mueller.

Décrire la propagation de la lumière dans des milieux anisotropes. Calcul des phénomènes de biréfringence naturelle ou induite.

Exprimer les lois de l'électromagnétisme dans le formalisme de la relativité restreinte et les lois de transformation des champs électromagnétiques d'un référentiel à un autre.

Calcul de la dynamique de particules relativistes et des champs électromagnétiques.

Description du rayonnement de freinage et des phénomènes réactifs du rayonnement.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- **Interférences et cohérence** :Cohérence spatio-temporelle, mise en évidence expérimentale, approche statistique, Théorème de Zernike - van Citter, applications, Speckle.
- **La polarisation des ondes électromagnétique et son formalisme** : Jones, Stockes Mueller, Poincaré.
- **Milieux anisotropes** :Tenseur diélectrique, propagation, Ellipsoïde et surface des indices, cas des milieux uniaxes.
- **Applications des milieux anisotropes** :Lames biréfringentes, polariseur, interférences en lumière polarisée et phases géométrique, dichroïsme et pouvoir rotatoire. Anisotropie induite : effets électro-optique (Pockels, Kerr), Biréfringence par déformation, Effet Faraday et autre effets magnéto-optiques.
- **Compléments d'électrodynamique** :
 1. Particule libre dans un champ (Equation de Lagrange, tenseur du champ électromagnétique, changements de référentiels, invariants, d'équation de Maxwell)
 2. Champ en fonction des sources (interaction champ-courant, lagrangien du champ, équation de Lagrange)
 3. Energie-impulsion du champ (tenseur énergie impulsion, lois de conservations).

UE	ÉLECTROMAGNÉTISME ET OPTIQUE	6 ECTS	1^{er} semestre
Sous UE	Electromagnétisme et optique		
EMSUA1C1	Cours : 18h , TD : 18h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CHALOPIN Benoît

Email : benoit.chalopin@irsamc.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Renforcer les connaissances en électromagnétisme

Expliquer le problème du rayonnement (potentiels retardés), rayonnement dipolaire et aux antennes

Etude de la propagation des ondes électromagnétiques dans différents milieux, notamment en établissant des relations de dispersions et de Kramers-Kronig.

Etablir les différentes approximations utilisées pour décrire la propagation (scalaire et eikonale)

Découvrir la propagation dans un guide d'onde et les oscillations dans une cavité. Décomposition en modes propres.

Calculer le rayonnement émis par une charge ponctuelle accélérée. Développement multipolaire des champs électromagnétiques.

Etude de la diffraction et de la formation des images en optique ondulatoire (formalisme de Fourier)

Applications : instruments optiques et traitement des images.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- **Rappels électromagnétisme** : équations de Maxwell, électromagnétisme macroscopique, lois de conservations, potentiels, transformation de jauge (Lorenz, Coulomb), fonctions de Green de l'équation d'onde.
- **Ondes planes électromagnétiques** : milieu diélectrique, Polarisation, réflexion et réfraction, dispersion en fréquence.
- **Systèmes radiatifs**, champs et rayonnement multipolaire.
- Guide d'ondes, cavité et fibre optique.
- **Diffraction - Propagation** ; limite de l'optique géométrique.
- **Optique de Fourier** et relation objet-image
 1. Réponse impulsionnelle et fonction de transfert en amplitude
 2. Eclairage cohérent et incohérent
 3. TF par une lentille, montage 4f, Traitement optique des images
 4. Systèmes limités par la diffraction

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Jackson, J. D., Electrodynamique classique, Dunod

UE	MÉCANIQUE QUANTIQUE	3 ECTS	1^{er} semestre
EMPAV1CM	Cours : 18h , TD : 18h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

GUERY ODELIN David

Email : dgo@irsamc.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les objectifs de ce cours sont ;

- 1) de découvrir des méthodes exactes (supersymétrie) et approchées pour des problèmes stationnaires
- 2) de résoudre des problèmes dépendant du temps de manière exacte
- 3) d'introduire les méthodes approchées pour les problèmes dépendant du temps
- 4) Méthode variationnelle et ansatz en mécanique quantique
- 5) de comprendre les conséquences d'une symétrie en mécanique quantique
- 6) d'aborder la problématique des particules identiques
- 7) de découvrir le potentiel offert par les corrélations quantiques
- 8) de découvrir la limite semiclassique de la mécanique quantique
- 9) d'aborder la théorie de la diffusion

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- 1) Oscillateur harmonique rappel, états quasi-classiques, en 2D
- 2) Système à deux niveaux
- 3) Méthode variationnelle et ansatz en mécanique quantique
- 4) Méthodes numériques pour déterminer les niveaux d'énergie d'un puits de potentiel quelconque
- 5) Perturbations stationnaires
- 6) Problèmes dépendant du temps (méthode des moments oscillateurs dépendant du temps, expansion non adiabatique, résonance magnétique nucléaire, formalisme de Lewis riesenfeld)
- 7) Perturbations dépendantes du temps - Règle d'or de Fermi -Approximation adiabatique, phase de Berry
- 8) Symétries en mécanique quantique (parité, continue et discrète) Application : théorème de Bloch
- 9) Particules identiques et principe de Pauli
- 10) Corrélations quantiques (intrication, paradoxe EPR + Hou-Mandel, cryptographie quantique)
- 11) Introduction à la limite semiclassique, formulation hydrodynamique
- 12) Théorie de la diffusion à 1D (formalisme des fonctions de Green, approximation de Born, résolution exacte du potentiel en delta, comparaison avec les résultats classiques des puits et barrières de potentiel)
- 13) Théorie de la diffusion à 2 et 3D
- 14) Introduction à la Supersymétrie en mécanique quantique

PRÉ-REQUIS

Equation de Schrödinger, formalisme de Dirac, oscillateur harmonique, spin 1/2, notion de mesure

UE	PHYSIQUE STATISTIQUE ET DYNAMIQUE DES FLUIDES	9 ECTS	1^{er} semestre
Sous UE	Dynamique des fluides 1		
EMSOC1B1	Cours : 12h , TD : 12h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

AUCLAIR Francis

Email : francis.auclair@aero.obs-mip.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

le cours de Dynamique des Fluides 1 propose en 24 heures (12h de cours magistral, 12h de travaux dirigés) une approche rigoureuse et appliquée de la dynamique et de la thermodynamique des fluides.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

— Physique, Cinématique et dynamique des fluides

Description macroscopique, tenseur déformation et tenseur des contraintes, équation de continuité, loi(s) de comportement, équations du mouvement en écoulement compressible, équations de conservation des traceurs.

— Thermodynamiques des fluides

Equation d'état, 1er et 2nd principes de la thermodynamique (équation de l'énergie interne, de la chaleur et de l'entropie...).

— Ecoulements de fluides réels

Analyse dimensionnelle et notion de similitude. Ecoulement de couche limite (équations de Prandtl, application à la couche limite de Blasius). Principales classes d'hypothèses pour les modèles fluides (Boussinesq...), force exercée par un fluide visqueux sur un solide à petit et grand nombre de Reynolds.

— Dynamique des fluides en rotation

Modèle fluide en milieu tournant, nombre sans dimension caractéristiques, écoulement géostrophique, colonnes de Taylor-Proudman, vent thermique.

— Ondes dans les fluides

Notion de perturbation d'un écoulement, équations vérifiées par les perturbations d'amplitude infinitésimale. Ondes acoustiques. Ondes de surface capillaire et de gravité. Ondes internes.

PRÉ-REQUIS

Statique des fluides et dynamique des fluides parfaits.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Guyon, Hulin, Petit : Hydrodynamique physique. EDP Sciences/ CNRS Edition.

MOTS-CLÉS

dynamique des fluides, thermodynamique des fluides, processus ondulatoires en milieu fluide.

UE	PHYSIQUE STATISTIQUE ET DYNAMIQUE DES FLUIDES	9 ECTS	1^{er} semestre
Sous UE	Physique non linéaire et phénomènes hors équilibre		
EMSOC1F1	Cours : 12h , TD : 12h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FOURNIER Richard

Email : richard.fournier@laplace.univ-tlse.fr

Téléphone : 0561556003

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cet enseignement donnera un premier éclairage de la pratique scientifique associée aux questions transversales de la physique, chimie et biologie concernant les spécificités des modèles non linéaires dans des situations de proches ou lointain hors équilibre.

Ce cours ne prétend à l'exhaustivité ni sur le plan des modèles, ni sur le plan méthodologique mais au doit permettre au travers d'applications issues de la pratique actuelle de parcourir les concepts dans une contextualisation de type questionnements de recherche.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Les notions abordées au travers de ce cours concernent :

1- [u]Aspects Non linéaires :[/u] Point fixe, cycle limite, portrait de phase, Fonction de Lyapunov, Système linéarisé tangent circulant, Analyse de stabilité linéaire (systèmes spatialisés), Analyse de rétroaction et analyse de sensibilité (modèles adjoint, modèle de sensibilité), Chaos et exposant de Lyapunov

2- [u]Phénomènes Hors équilibres : [/u]Espace des phases, milieux continus et applications, Physique des fluides, Descriptions Lagrangienne et Eulérienne : les équations de conservation de la physique des fluides - Fonction de distribution, Théorie du transport, théorie cinétique, équation de Boltzmann3- [u]Transversalité : [/u]Analyse intégrale du système linéarisé tangent (passage au point de vue probabiliste - Feynman Kac), Méthodes statistiques, Simulation Monte Carlo (linéaire et extension vers le non linéaire)

PRÉ-REQUIS

Mathématiques : Algèbre linéaire, Transformées de Fourier et Laplace, distributions.

Physique de licence, dynamique des fluides, Physique statistique de L3.

MOTS-CLÉS

Hors équilibre - Non Linéaire - Stabilité - Fonction de distribution - Formulations statistiques - Monte Carlo

UE	PHYSIQUE STATISTIQUE ET DYNAMIQUE DES FLUIDES	9 ECTS	1^{er} semestre
Sous UE	Physique statistique		
EMSUA1A1	Cours : 24h , TD : 24h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

NICOLAZZI William

Email : william.nicolazzi@lcc-toulouse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les objectifs de ce cours sont les suivants :

- traiter les ensembles statistiques en appliquant le principe d'indiscernabilité
- Introduire les concepts et modélisation de la physique statistique hors d'équilibre : aspect macroscopique et microscopique du transport, théorie de la réponse linéaire, introduction aux processus stochastiques, lien avec les description en termes de distribution de probabilité
- illustrer chaque concept par de nombreux exemples issus d'un nombre varié de domaines différents

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Rappels de physique statistique (Ensemble de Gibbs, principe ergodique, principe d'entropie maximale, distribution de probabilités dans les différents ensembles)
- Statistiques quantiques (Particules bosoniques/fermioniques, statistiques de Bose Einstein et de Fermi-Dirac, exemples)
- Aspects Macroscopiques du transport (problématiques liées aux phénomènes hors de l'équilibre thermodynamique, équilibre locale, équation de continuité, affinité, transfert d'entropie)
- Théorie de la réponse linéaire (formalisme d'Onsager, lois de Fourier, Fick et Ohm, équation de diffusion, coefficient et relation de réciprocité d'Onsager, exemples)
- Approche microscopique (stochastique) du transport (Modèle de Drüde, loi de Joule, loi de Wiedemann-Franz, modèle de Langevin du mouvement brownien, relation d'Einstein processus stochastiques, maîtresse, critère de balance, équation de Fokker-Planck)
- Equation de Boltzmann (terme de collision, le théorème H, équation de Liouville)

PRÉ-REQUIS

Physique statistique classique de niveau L3

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer, B. Roulet, Physique statistique, Hermann 1989

UE	PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE	6 ECTS	1^{er} semestre
Sous UE	Montages de physique		
EMPAP1E2	TP : 30h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

GUERY ODELIN David

Email : dgo@irsamc.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cet enseignement a pour but de développer la prise d'initiative et l'autonomie des étudiants face à une problématique scientifique expérimentale.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Il se compose de 8 séances au cours desquelles les étudiants aborderont les thèmes suivants : prise en main des instruments d'acquisition, étude détaillée d'un circuit RLC, d'oscillateurs couplés, de thermométrie, d'optique géométrique, d'optique ondulatoire, de spectrométrie et d'ondes acoustiques.

Les étudiants devront mettre en place les expériences de leur choix pour illustrer ces thèmes. Une place importante sera laissée à l'autonomie pendant ces séances. Les étudiants devront proposer leurs propres protocoles expérimentaux qu'ils pourront discuter avec l'enseignant.

L'évaluation finale se fera sur la présentation d'une des expériences étudiées devant un jury. Cette présentation sera suivie d'une séance de questions portant sur les choix expérimentaux ainsi que sur la physique sous-jacente des phénomènes présentés.

UE	PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE	6 ECTS	1^{er} semestre
Sous UE	Instrumentation		
EMSUA1D3	TP : 6h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BOTTINELLI Sandrine

Email : Sandrine.Bottinelli@irap.omp.eu

Téléphone : 05 61 55 66 95

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Introduction au logiciel LabVIEW, largement exploité dans l'industrie et dans de nombreux laboratoires de recherche pour contrôler des dispositifs. Ce logiciel s'appuie sur un langage de programmation non pas textuel mais graphique. Les techniques d'acquisition et de pilotage à distance d'instruments sont également abordées.

Exploitation de LabVIEW pour (i) contrôler une carte d'acquisition multifonctions (entrées/sorties), et (ii) piloter des instruments (GBF, oscilloscope) via le port GPIB.

Analyse de diagrammes LabVIEW (actions à réaliser) et des faces avant associées (interface utilisateur). Configuration de l'acquisition et/ou du pilotage. Traitement de données.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

• **Travaux dirigés** : Cette initiation montre comment LabVIEW implémente des structures de programmation classiques (FOR, WHILE, IF, etc...) ou plus spécifiques. Elle donne ensuite un aperçu des outils qui sont utilisés pour créer rapidement des interfaces homme-machine complexes et réaliser quelques traitements du signal dans le domaine temporel ou fréquentiel (corrélation, analyse spectrale par FFT).

• **Travaux pratiques** :

- Présentation des fonctions pour interagir avec des instruments via le bus GPIB.
- Présentation des fonctions pour utiliser des cartes d'acquisition.
- Exploitation de ces fonctions dans le cadre de deux expériences de mesures physiques : relever la fonction de transfert d'un quadripôle électronique et mesurer la distance et la vitesse relative entre un émetteur et un récepteur par un calcul de corrélation croisée.

PRÉ-REQUIS

Connaissance des GBF et des oscilloscopes numériques. Bases du traitement du signal et des systèmes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

« LabVIEW for everyone » - Jeffrey Travis, Jim Kring

« LabVIEW : programmation et applications » - Francis Cottet, Michel Pinard

« LabVIEW programming, acquisition and analysis » - Jeffrey Y. Beyon

MOTS-CLÉS

Interfaces logicielles, LabVIEW, instrumentation, carte d'acquisition (DAQ), pilotage d'instruments, traitement du signal.

UE	PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE	6 ECTS	1^{er} semestre
Sous UE	Instrumentation		
EMSUA1D4	TP DE : 15h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BOTTINELLI Sandrine

Email : Sandrine.Bottinelli@irap.omp.eu

Téléphone : 05 61 55 66 95

UE	STAGE FACULTATIF	3 ECTS	1^{er} semestre
EMPAV1TM	Stage ne : 0,5h		

UE	ANGLAIS	3 ECTS	1^{er} semestre
EMPAV1VM	TD : 24h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CONNERADE Florent

Email : florent.connerade@univ-tlse3.fr

UE	ALLEMAND	3 ECTS	1^{er} semestre
EMPAV1WM	TD : 24h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

SANTAMARINA Diego

Email : diego.santamarina@univ-tlse3.fr

Téléphone : 05 61 55 64 27

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Niveau B2 en allemand

PRÉ-REQUIS

Niveau B2 en anglais

UE	ESPAGNOL	3 ECTS	1^{er} semestre
EMPAV1XM	TD : 24h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

SANTAMARINA Diego

Email : diego.santamarina@univ-tlse3.fr

Téléphone : 05 61 55 64 27

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Niveau B2 en espagnol.

Permettre une maîtrise de la langue générale et de spécialité permettant d'être autonome en milieu hispanophone.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Travail de toutes les compétences avec un accent particulier mis sur l'expression orale.

PRÉ-REQUIS

Niveau B2 en anglais

MOTS-CLÉS

Espagnol, communication, professionnel

UE	BIOPHYSIQUE	6 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Biophysique et matière molle		
EMPAV2A1	Cours : 24h , TD : 24h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MANGHI Manoel

Email : manghi@irsamc.ups-tlse.fr

Téléphone : 61 77

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce module vise à introduire des concepts omniprésents en biophysique et matière molle comme l'élasticité, la phénoménologie des transitions de phases de particules (lipides, macro-molécules ou colloïdes) en solution, les interfaces et la diffusion. Les concepts de la physique statistique classique seront illustrés à travers des problématiques issues de la biologie de la cellule et des cellules en interaction. Ce module entend aussi sensibiliser les étudiants à la recherche à travers une **démarche pédagogique originale, les ateliers tuteurés**.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

I. Elasticité des macromolécules et membranes Tenseurs contrainte et déformation, loi de Hooke, courbure, torsion. Fluctuations thermiques. Application aux bio-polymères et aux bio-membranes (modèle d'Helfrich).

II. Interfaces et membranes Auto-organisation (monocouches et bicouches lipidiques, phases lamellaires). Tension de surface, formule de Laplace. Modèle microscopique de la membrane plasmique. Complexation ligand-récepteur.

III. Fluides complexes : ions, colloïdes et macromolécules en solution Pression osmotique, interactions de van der Waals et électrostatiques (théorie de Debye-Hückel), interactions entre colloïdes (théorie de Deryaguin-Landau-Verwey-Overbeck), forces de déplétion, condensation des contre-ions le long de l'ADN, dénaturation de l'ADN

IV. Dynamique en biophysique et matière molle La vie à petit nombre de Reynolds, équations de la diffusion et de Langevin, méthodes expérimentales de mesure du coefficient de diffusion. Barrière d'activation, Brownian ratchet. Propulsion grâce à la friction anisotrope : ex. des flagelles

V. Ateliers tuteurés Projet bibliographique et/ou de recherche sur un problème en biologie pour lequel les outils du physiciens s'avéreront utiles.

PRÉ-REQUIS

Modules de physique de L2, L3 et M1 1er semestre, notamment thermodynamique, physique statistique, électrostatique et mécanique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Physical biology of the cell, R. Philipps, J. Kondev, J. Theriot (Garland Science)

Biological Physics, Energy, Information, Life, P.C. Nelson (Freeman and Co.)

MOTS-CLÉS

élasticité, fluctuations thermiques, transition de phase, tension de surface, macromolécule, membrane, électrolyte, diffusion,

UE	BIOPHYSIQUE	6 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Biochimie		
EMPAV2A2	Cours : 10h , TD : 10h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MANGHI Manoel

Email : manghi@irsamc.ups-tlse.fr

Téléphone : 61 77

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les systèmes biologiques sont, pour la plupart, des systèmes supramoléculaires, c'est-à-dire des systèmes extrêmement complexes constitués de l'association d'unités moléculaires élémentaires. Ces interactions intra/intermoléculaires sont le fondement de processus hautement spécifiques d'auto-organisation, de reconnaissance et de régulation qui se produisent en biologie. Afin de pouvoir travailler dans le domaine du vivant, il est nécessaire de bien comprendre ces systèmes et processus biologiques. Pour cela il est nécessaire d'aborder les notions de base de la chimie organique et de la biochimie structurale.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

— Chimie

- Structure des atomes et des molécules
- Différents types de liaisons : fortes/faibles
- Bases de la chimie organique : groupements fonctionnels, stéréochimie et introduction aux mécanismes réactionnels

— Biochimie

- Glucides, acides nucléiques, lipides et protéines
- Notions d'enzymologie

Compétences :

Représenter et identifier les différents types de biomolécules

Maîtriser les concepts de base pour comprendre leurs rôles au sein de structures biologiques

PRÉ-REQUIS

Chimie générale niveau L1 : Atomistique et Chimie des solutions

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- La chimie disséquée à l'usage des biologistes, A. Coiffier, E. Verdier (Ellipses)
- Toute la biochimie, cours, licence PCEM pharmacie, S. Weinman, P. Méhul (Dunod)
- An introduction to chemistry for biology students, G. I. Sackheim (Cummings)

MOTS-CLÉS

Molécules ; Edifices moléculaires/supramoléculaires ; liaisons intra/intermoléculaires ; Biomolécules ; Cellule

UE	IMAGERIES MÉDICALES	3 ECTS	2nd semestre
EMPAV2BM	Cours : 10h , TD : 20h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FRANCERIES Xavier

Email : xavier.franceries@inserm.fr

MASQUERE Mathieu

Email : mathieu.masquere@laplace.univ-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Introduction et présentation des principales techniques d'imageries médicales

Maîtriser les bases physiques de l'acoustique ultrasonore, de la résonance magnétique nucléaire (RMN), des rayonnements X et gamma.

Comprendre l'interaction capteur/milieu biologique/ondes.

Appréhender les méthodes les plus utilisées, appliquées à l'imagerie et à la thérapie médicale.

Mettre en œuvre les techniques de traitement du signal et de l'image dédiées à l'échographie ultrasonore, à l'imagerie par RMN, et à l'imagerie X et gamma.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

. Acoustique ultrasonore : propagation acoustique, ultrasons de forte puissance, propriétés acoustiques des milieux biologiques, diffraction, diffusion.

Mesure des propriétés élastiques des tissus biologiques.

. Résonance Magnétique Nucléaire : moment cinétique de spin, rapport gyromagnétique, fréquence de Larmor, codage de phase et en fréquence, gradient de champ magnétique.

Images des tissus en T1, T2, T2*, diffusion et tenseur de diffusion : quantification et application à des pathologies.

. Rayonnements X et γ : production de rayons X, génération de photons de haute énergie, physique des capteurs en radiologie, scanner et tomographie de positron.

Fonctionnement des dispositifs d'imagerie et de thérapie médicale : principes physiques, les différents modes d'imagerie et le traitement des signaux associés.

PRÉ-REQUIS

bases de physique (L1-L2)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A. Séret et coll., Imagerie Médicale, Deuxième édition, Ed. de l'Université de Liège

M. Bruneau et coll., Matériaux et Acoustique, volume 3, éd. Hermès.

M.-F. Bellin et coll., Traité d'imagerie médicale Tome 1 et 2, éd. Flammarion.

MOTS-CLÉS

imagerie médicale, Ultrasons, tomodensitométrie, imagerie par résonance magnétique nucléaire, tomographie d'émission mono-photonique, tomographie de positrons

UE	MACROMOLÉCULES	3 ECTS	2nd semestre
EMPAV2CM	Cours : 20h , TD : 5h , TP : 5h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

JOLIBOIS Franck

Email : franck.jolibois@univ-tlse3.fr

Téléphone : 0561559638

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce module d'enseignement a pour but de fournir et d'appréhender les bases théoriques associées à certaines méthodes de modélisation que l'on trouve dans différents domaines en lien avec le vivant et la santé. Ce module se propose de répondre, pour partie, à trois questions : 1) Pourquoi modéliser ? 2) Quoi modéliser ? 3) Comment modéliser ?

Compétences visées :

- Comprendre et appréhender les bases de la modélisation des macromolécules.
- Avoir un regard critique sur les travaux réalisés et publiés dans le domaine.
- Effectuer des modélisations physico-chimiques simples.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

1) «Pourquoi modéliser ? » : les principaux domaines d'application de la modélisation moléculaire en particulier le lien structure - propriété :

- Intérêt en chimie de synthèse (réactivité,...) et en physico-chimie de la matière molle
- Intérêt en caractérisation structurale (propriétés spectroscopiques, électroniques,...)
- Intérêt en biologie (interactions substrats-macromolécules, organisation, découverte de molécules bioactives par criblage virtuel,...).

2) «Quoi modéliser ? » : une réflexion sur la notion de modèles physico-chimiques :

- Qu'est-ce qu'une macromolécule ?
- Est-il nécessaire de la traiter dans sa globalité ?
- Faut-il utiliser des modèles allant du plus simpliste ou plus compliqué ?

Un lien sera fait avec la notion de calcul d'énergie (des méthodes de chimie quantique aux approches «gros grains» en passant par toute la hiérarchie de méthodes).

3) «Comment modéliser ? » : Les approches employées pour déterminer les propriétés :

- «Builders» moléculaires ou exploitation de données cristallographiques
- Optimisation locales et globales
- Exploration de surfaces d'énergie potentielle
- Docking moléculaire
- Analyse Thermo-statistique

PRÉ-REQUIS

Les notions abordées dans le module de tronc commun «modélisation moléculaire» constituent un bon socle de connaissances.

MOTS-CLÉS

Modélisation, Chimie et physique théoriques, Chimie quantique, Structure, Docking, Réactivité, Spectrométrie, Protéines, Acides nucléiques, conformation

UE	PHYSIQUE NUMÉRIQUE	6 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Langage C pour la physique		
EMPAP2A1	Cours : 6h , TP : 18h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

GUERY ODELIN David

Email : dgo@irsamc.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cet enseignement vise à installer chez l'étudiant les réflexes élémentaires de la programmation pour la physique numérique. Même si le langage C est choisi pour son caractère fondamental et universel, les outils seront facilement transposables à un autre langage standard. Après un cours magistral installant les premières notions indispensables à la programmation, l'essentiel de l'apprentissage se fera sur machine, dans le contexte de travaux pratiques dont les sujets sont des grands classiques des méthodes numériques pour la physique.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

— Cours :

1. Pourquoi l'outil numérique en physique ? Pourquoi le C ?
2. Variables et types
3. Opérateurs arithmétiques (+ ; - ; * ; /)
4. Test (if, then, else)
5. Boucles (for ; while)
6. Tableaux et chaînes de caractères
7. Pointeurs
8. Entrées/sorties

— Travaux Pratiques :

1. Prise en main de Linux et du Langage C
2. Intégration des équation différentielles ordinaires (Méthodes d'Euler, de Heun et de Runge-Kutta)
3. Initiation à la Dynamique Moléculaire
4. Résolution de l'équation de la chaleur
5. Initiation aux méthodes de Monte Carlo

PRÉ-REQUIS

Rudiments de programmation dans un langage courant (Matlab, Phyton, C, Fortran, Mathematica...)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

B.W. Kernighan, D.M. Ritchie, *Le langage C* (Dunod, 1990)

W.H. Press et al., *Numerical Recipes*, (CUP, 2007)

L.M. Barone, et al., *Scientific programming - C-Language, algorithms and models in science*

UE	PHYSIQUE NUMÉRIQUE	6 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Analyse de données statistiques		
EMPAP2A3	Cours : 4h , TP : 10h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

GUERY ODELIN David

Email : dgo@irsamc.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Acquérir une vue d'ensemble des outils statistiques classiques

Apprendre à mettre en place et avoir un regard critique sur les ajustements

Savoir mettre en oeuvre les concepts du cours

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

1) Distributions statistiques

moyenne, variance, fonction caractéristique, théorème de la limite centrale

exemples : distributions gaussienne et lorentzienne,

reconstruction d'une distribution à partir de données statistiques

pour la moyenne, erreur de la moyenne, histogramme

2) Ajustement (fit) mathématique de courbe

bases de la théorie générale pour la méthode des moindres carrés,

cas de données avec erreurs statistiques connues,

ajustement (fit) linéaire générale, exemple d'ajustement pour des

fonctions linéaire, polynômes, loi de puissance (en échelle logarithmique), détermination de l'erreur des paramètres d'ajustement

Applications pratiques sur ordinateur des méthodes théoriques introduites en cours avec des programmes en C (ou Python, perl, ...) en utilisant de vraies données de travaux scientifiques publiés (soit simulations numériques, soit données expérimentales) pour des sujets pertinents des Masters M1 Physique Fondamentale ou M1 Physique pour le Vivant

Utilisation de gnuplot

UE	PHYSIQUE NUMÉRIQUE	6 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Projet numérique		
EMPAV2D1	Projet : 25h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

TOUBLANC Dominique

Email : dominique.toublanc@univ-tlse3.fr

Téléphone : 8575

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif de ce module est d'utiliser les connaissances et compétences acquises lors des deux autres modules de Physique numérique pour **aborder un petit problème de biophysique ou de physique à l'aide des outils numériques**. Ceux-ci prennent un place de plus en plus importante en physique et en biologie.

Ce projet, qui se fera en binôme, permet également d'inciter les étudiants à **travailler en équipe et en autonomie**.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Le projet portera sur des questions de physique de la matière molle ou de biophysique. A titre d'exemple on peut citer la dynamique d'un polymère, capacité thermique d'un gaz, interaction entre un ligand et un récepteur, le problème du voyageur du commerce.

Les méthodes numériques nécessaires mais nouvelles seront introduites au cours du projet (dynamique brownienne, méthode Monte Carlo...)

PRÉ-REQUIS

Cours, TD et TP de Physique numérique suivi dans ce Master (Langage C, Fortran ou Python)

UE	STAGE	12 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Soutenances en anglais		
EMPAP2C2	TP : 12h		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

GUERY ODELIN David

Email : dgo@irsamc.ups-tlse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

La soutenance du stage de M1 se fera en Anglais. Un professeur d'Anglais fera donc partie du jury. L'objectif est de familiariser l'étudiants avec l'anglais scientifique et la pratique de l'Anglais à l'oral, une compétence devenue absolument nécessaire dans le monde professionnel.

UE	STAGE	12 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Stage		
EMPAV2E1	Stage : 2 mois minimum		

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MANGHI Manoel

Email : manghi@irsamc.ups-tlse.fr

Téléphone : 61 77

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce stage vise à initier l'étudiant(e) au monde professionnel. L'étudiant(e) devra :

- partir d'une problématique précise en adéquation avec les thématiques du master (travail bibliographique) ;
- établir les outils expérimentaux, numériques ou théoriques qui seront mis en oeuvre ;
- exposer ces résultats et son expérience dans un mémoire de stage écrit et lors de la soutenance, qui se fera en anglais.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Ce stage se fera en soit dans un laboratoire de recherche, académique ou industriel, soit dans un entreprise.

PRÉ-REQUIS

Enseignements suivi au cours du Master 1.

UE	INITIATION JURIDIQUE	3 ECTS	2nd semestre
EMPAV2FM	TD : 24h		

GLOSSAIRE

TERMES GÉNÉRAUX

DÉPARTEMENT

Les départements d'enseignement sont des structures d'animation pédagogique internes aux composantes (ou facultés) qui regroupent les enseignants intervenant dans une ou plusieurs mentions

UE : UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Unité d'Enseignement. Un semestre est découpé en unités d'enseignement qui peuvent être obligatoire, optionnelle (choix à faire) ou facultative (UE en plus). Une UE représente un ensemble cohérent d'enseignements auquel est associé des ECTS.

ECTS : EUROPEAN CREDITS TRANSFER SYSTEM

Les ECTS sont destinés à constituer l'unité de mesure commune des formations universitaires de Licence et de Master dans l'espace européen depuis sa création en 1989. Chaque UE obtenue est ainsi affectée d'un certain nombre d'ECTS (en général 30 par semestre d'enseignement). Le nombre d'ECTS est fonction de la charge globale de travail (CM, TD, TP, etc.) y compris le travail personnel. Le système des ECTS vise à faciliter la mobilité et la reconnaissance des diplômes en Europe.

TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES

Les diplômes sont déclinés en domaines, mentions et parcours.

DOMAINE

Le domaine correspond à un ensemble de formations relevant d'un champ disciplinaire ou professionnel commun. La plupart de nos formations relèvent du domaine Sciences, Technologies, Santé.

MENTION

La mention correspond à un champ disciplinaire. Elle comprend, en général, plusieurs parcours.

PARCOURS

Le parcours constitue une spécialisation particulière d'un champ disciplinaire choisie par l'étudiant au cours de son cursus.

TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS

CM : COURS MAGISTRAL(AUX)

Cours dispensé en général devant un grand nombre d'étudiants (par exemple, une promotion entière), dans de grandes salles ou des amphis. Au-delà de l'importance du nombre d'étudiants, ce qui caractérise le cours magistral, est qu'il est le fait d'un enseignant qui en définit lui-même les structures et les modalités. Même si ses contenus font l'objet de concertations entre l'enseignant, l'équipe pédagogique, chaque cours magistral porte la marque de l'enseignant qui le dispense.

TD : TRAVAUX DIRIGÉS

Ce sont des séances de travail en groupes restreints (de 25 à 40 étudiants selon les composantes), animés par des enseignants. Ils illustrent les cours magistraux et permettent d'approfondir les éléments apportés par ces derniers.

TP : TRAVAUX PRATIQUES

Méthode d'enseignement permettant de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant les CM et les TD. Généralement, cette mise en pratique se réalise au travers d'expérimentations. En règle générale, les groupes de TP sont constitués des 16 à 20 étudiants. Certains travaux pratiques peuvent être partiellement encadrés voire pas du tout. A contrario, certains TP, du fait de leur dangerosité, sont très encadrés (jusqu'à 1 enseignant pour quatre étudiants).

PROJET OU BUREAU D'ÉTUDE

Le projet est une mise en pratique en autonomie ou en semi-autonomie des connaissances acquises. Il permet de vérifier l'acquisition des compétences.

TERRAIN

Le terrain est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises en dehors de l'université.

STAGE

Le stage est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises dans une entreprise ou un laboratoire de recherche. Il fait l'objet d'une législation très précise impliquant, en particulier, la nécessité d'une convention pour chaque stagiaire entre la structure d'accueil et l'université.

