

PÉRIODE D'ACCRÉDITATION : 2022 / 2026

UNIVERSITÉ PAUL SABATIER

---

# SYLLABUS MASTER

Mention Sciences de l'univers et Technologies  
Spatiales

M2 astrophysique, sciences de l'espace, planétologie

---

<http://www.fsi.univ-tlse3.fr/>  
[http://ezomp2.omp.obs-mip.fr/masterpa/index.php\(siteactuelde'l'anciennement\)](http://ezomp2.omp.obs-mip.fr/masterpa/index.php(siteactuelde'l'anciennement))

2023 / 2024

13 JUILLET 2023

# SOMMAIRE

---

PRÉSENTATION . . . . .	3
PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS . . . . .	3
Mention Sciences de l'univers et Technologies Spatiales . . . . .	3
Parcours . . . . .	3
PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 astrophysique, sciences de l'espace, planétologie . . . . .	3
RUBRIQUE CONTACTS . . . . .	4
CONTACTS PARCOURS . . . . .	4
CONTACTS MENTION . . . . .	4
CONTACTS DÉPARTEMENT : FSI.Physique . . . . .	4
Tableau Synthétique des UE de la formation . . . . .	5
LISTE DES UE . . . . .	7
GLOSSAIRE . . . . .	29
TERMES GÉNÉRAUX . . . . .	29
TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES . . . . .	29
TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS . . . . .	30

# PRÉSENTATION

---

## PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS

### MENTION SCIENCES DE L'UNIVERS ET TECHNOLOGIES SPATIALES

Le master Sciences de l'Univers et Technologies Spatiales a pour but de former ses étudiants aux bases de l'Astrophysique, de la Planétologie, des Sciences de l'Espace, afin qu'ils puissent soit préparer une thèse de doctorat dans l'un de ces domaines soit trouver un emploi dans le secteur de l'industrie spatiale.

### PARCOURS

Le Master SUTS Mention « Science de l'Univers et Technologies Spatiales » parcours « Astrophysique, Sciences de l'Espace et Planétologie » (M2-SUTS-ASEP) propose une formation approfondie en Physique et Astrophysique, permettant aux étudiants à l'issue de cette formation de s'orienter vers un Doctorat, avec les bases nécessaires pour aborder tous les grands sujets actuels de la discipline. La compréhension des phénomènes physiques rencontrés en astrophysique et en planétologie, la description des objets célestes s'associent à la connaissance des méthodes et techniques utilisées dans la conception et le développement des systèmes spatiaux (instrumentation, nouvelles technologies embarquées, ...) pour permettre aux étudiants d'effectuer des recherches dans les domaines scientifiques et techniques concernés.

### PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 ASTROPHYSIQUE, SCIENCES DE L'ESPACE, PLANÉTOLOGIE

L'enseignement proposé au cours de ce Master présente un large panorama de l'astrophysique contemporaine, accompagné de bases solides en physique. Il comporte un volet optionnel destiné à proposer aux étudiants 3 orientations possibles affichées par le M2 que sont l'astrophysique, la planétologie et les sciences spatiales. Ces trois orientations s'appuient sur les activités de recherche des principaux laboratoires de recherche du campus toulousain, principalement regroupés au sein de l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP). Elles permettent l'ouverture vers de nombreux laboratoires extérieurs qui souhaitent accueillir des étudiants de cette formation dans leurs écoles doctorales ou dans leurs cursus doctoraux internationaux. L'ensemble des thèmes abordés, ainsi que les techniques utilisées, donnent aussi une formation générale intéressante pour des étudiants souhaitant ensuite se tourner vers le secteur des entreprises.

# RUBRIQUE CONTACTS

---

## CONTACTS PARCOURS

### RESPONSABLE M2 ASTROPHYSIQUE, SCIENCES DE L'ESPACE, PLANÉTOLOGIE

GODET-WEBB Nathalie Ann

Email : [natalie.webb@irap.omp.eu](mailto:natalie.webb@irap.omp.eu)

Téléphone : 0561557570

RIEUTORD Michel

Email : [michel.rieutord@irap.omp.eu](mailto:michel.rieutord@irap.omp.eu)

Téléphone : 05.61.33.29.49

## CONTACTS MENTION

### RESPONSABLE DE MENTION SCIENCES DE L'UNIVERS ET TECHNOLOGIES SPATIALES

RIEUTORD Michel

Email : [michel.rieutord@irap.omp.eu](mailto:michel.rieutord@irap.omp.eu)

Téléphone : 05.61.33.29.49

## CONTACTS DÉPARTEMENT: FSI.PHYSIQUE

### DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT

TOUBLANC Dominique

Email : [dominique.toublanc@univ-tlse3.fr](mailto:dominique.toublanc@univ-tlse3.fr)

Téléphone : 05 61 55 85 75

### SECRETARIAT DU DÉPARTEMENT

THOMAS Jean-Christophe

Email : [jean-christophe.thomas@univ-tlse3.fr](mailto:jean-christophe.thomas@univ-tlse3.fr)

Téléphone : 05.61.55.69.20

Université Paul Sabatier

1R2

118 route de Narbonne

31062 TOULOUSE cedex 9

# TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES UE DE LA FORMATION

page	Code	Intitulé UE	semestre*	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	Cours-TD	TD	TP	Stage
<b>Premier semestre</b>										
8	KSUA9AAU	PHYSIQUE ET ASTROPHYSIQUE	I	15	O					
9	KSUA9AA1	Rayonnement et Transfert (RT)				20				
10	KSUA9AA2	Gravitation				20				
11	KSUA9AA3	Dynamique des Fluides Astrophysiques (DFA)				20				
12	KSUA9AA4	Physique des Plasmas Spatiaux				20				
13	KSUA9AA5	Formation et Evolution des systèmes planétaires (FESP)				20				
14	KSUA9AA6	Physique Stellaire Avancée (PSA)				20				
	KSUA9AA7	Astrophysique Extragalactique et Cosmologie (AEG)				20				
	KSUA9ABU	ASTROPHYSIQUE - LES OPTIONS	I	6	O					
		<b>Choisir 3 sous-UE parmi les 5 sous-UE suivantes :</b>								
15	KSUA9AB1	Interaction Planète-Environnement (IPE)				15				
16	KSUA9AB2	Milieu Interstellaire et Formation Stellaire				15				
17	KSUA9AB3	Sismologie des étoiles et des planètes (SEP)				15				
18	KSUA9AB4	Objets Compacts et Accrétion (OCA)				15				
19	KSUA9AB5	Cosmologie et Physique des Galaxies (CPG)				15				
	KSUA9ACU	ENSEIGNEMENTS TRANSVERSES	I	9	O					
22	KSUX9AC1	Astrophysique Expérimentale II (l'invisible) (AE2)				15			5	
23	KSUX9AC2	Traitement du signal et des images I (TSI 1)					6			
24	KSUX9AC3	Mécanique Spatiale Avancée (MSA)				12				
25	KSUX9AC4	Ingénierie Systèmes ou Projets (ISP)				12				
		<b>Choisir 1 sous-UE parmi les 3 sous-UE suivantes :</b>								
26	KSUX9AV1	Anglais						24		
21	KLAXILF1	Français grands débutants (Fr-GDeb)						24		
20	KLAXILE1	Français Langue Etrangère (FSI.Groupe-Langues)						24		
<b>Second semestre</b>										

\* **AN** :enseignements annuels, **I** : premier semestre, **II** : second semestre

page	Code	Intitulé UE	semestre*	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	Cours-TD	TD	TP	Stage
27	KSUAAAAU	SIMULATIONS NUM. TRAITEMENT SIGNAL-IMAGES, OBSERVATIONS	II	3	O		30			
28	KSUAAABU	STAGE DE RECHERCHES EN LABORATOIRE	II	27	O					4

\* **AN** :enseignements annuels, **I** : premier semestre, **II** : second semestre

---

## LISTE DES UE

---

UE	PHYSIQUE ET ASTROPHYSIQUE	15 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Rayonnement et Transfert (RT)		
KSUA9AA1	Cours : 20h	Enseignement en français	Travail personnel 235 h

[ [Retour liste de UE](#) ]

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Connaître les processus de rayonnement les plus fréquents en astrophysique ainsi que les bases du transfert radiatifs nécessaires à  
l'interprétation des données d'observation

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Rappels d'électromagnétisme : quantités et équations de bases, théorème de Poynting + transport d'énergie, ondes électromagnétiques, polarisation
- Rayonnement d'une charge : retard du potentiel, vitesse et champ, puissance d'une charge non-relativiste accélérée (approx. dipôle), diffusion Rayleigh & Thomson
- Rappel de la relativité restreinte et rayonnement d'une charge relativiste, transformations (vitesse, abération, beaming, Lorentz)
- Bremsstrahlung/émission free-free : définitions, électrons mono-vitesse, (non-)thermique
- Rayonnement cyclo-synchrotron
- Rayonnement Compton (inverse)
- Transfert de rayonnement : définitions, équation de transfert (ETR) et moments de l'ETR
- Solution formelle de l'ETR : lois de Kirchhoff-Bunsen, approx. d'Eddington-Barbier, éq. de Schwarzschild-Milne, équilibre thermodynamique local (ETL)
- Équilibre radiatif : temp. effective, approx. de diffusion, opacité de Rosseland, le "cas gris", loi d'assombrissement centre-bord
- Opacités : bilan détaillé, fonction de partition, l'ion H-, équilibre statistique, bases de la classification spectrale, notions transfert hors-ETL
- Physique de l'élargissement et polarisation des raies spectrales
- Transfert numérique

## PRÉ-REQUIS

Electromagnétisme au niveau L3

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Jackson, "Electrodynamique Classique", Dunod 2001

Hubeny & Mihalas (2014), Theory of stellar atmospheres, Princeton

Rutten (2003, e-book), <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2003rtsa.book.....R/abstract>

## MOTS-CLÉS

Rayonnement dipolaire-cyclo-synchrotron ; diffusion ; Bremsstrahlung ; équation du transfert ; équilibre radiatif ; opacité ; polarisation



<b>UE</b>	<b>PHYSIQUE ET ASTROPHYSIQUE</b>	<b>15 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Gravitation		
<b>KSUA9AA2</b>	Cours : 20h	Enseignement en français	Travail personnel 235 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Introduire les étudiants à la Relativité Générale et ses premières applications

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Les principes de relativité : Galiléenne, restreinte, générale. Principe d'équivalence.
- Analyse tensorielle et covariance : métrique, système de coordonnées, tenseur, connexion affine, géodésique, dérivée covariante, transport parallèle.
- Courbure de l'espace : tenseur de Riemann, déviation géodésique, identités de Bianchi.
- Equations d'Einstein, constante cosmologique.
- Applications de la relativité générale : métrique de Schwarzschild, décalage vers le rouge, avance du périhélie, déviation de la lumière, effet Shapiro ; introduction aux trous noirs de Schwarzschild ; tests modernes de la relativité générale.
- Cinématique de l'univers : principe cosmologique, métrique FRW, mesures de distance, loi de Hubble
- Dynamique de l'univers : équations de Friedmann, exemples de solution, paramètres cosmologiques ; modèle cosmologique standard.
- Introduction aux ondes gravitationnelles : solution linéarisée, polarisation ; génération d'onde gravitationnelle ; détection optique.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- « Relativité Générale », A. Barrau et J. Grain, ISBN 978-2-10056316-6 (Dunod)
- « Relativité Générale », M.P. Hobson, G.P. Efstathiou, A.N. Lasenby, (DeBoeck)
- « Gravitation and cosmology », S. Weinberg, ISBN 0-471-92567-5 (Wiley)

## MOTS-CLÉS

gravitation Newtonienne, relativité restreinte, notation indicielle, courbure, tenseur, trou noir, décalage vers le rouge, cosmologie, onde gravitationnelle.

<b>UE</b>	<b>PHYSIQUE ET ASTROPHYSIQUE</b>	<b>15 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Dynamique des Fluides Astrophysiques (DFA)		
<b>KSUA9AA3</b>	Cours : 20h	Enseignement en français	Travail personnel 235 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

RIEUTORD Michel

Email : [michel.rieutord@irap.omp.eu](mailto:michel.rieutord@irap.omp.eu)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif de cette UE est de former les étudiants aux éléments de la mécanique des fluides les plus utilisés en astrophysique.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Petite revue de la Dynamique des fluides en Astrophysique. Stabilité des écoulements : généralités ; l'analyse locale inéaire ; l'analyse globale ou modale ; les écoulements plans cisailés, théorème de Squire.
- Convection thermique : introduction ; critère de Schwarzschild ; approximation de Boussinesq ; instabilité de Rayleigh-Bénard ; convection turbulente : deux approches simples la théorie de longueur de mélange, modèle en couche limite.
- Fluides en rotation : introduction ; rappels sur les nombres de Rossby et d'Ekman et sur l'écoulement géostrophique ; ondes et modes propre des fluides en rotation ; couche limite d'Ekman ; exemples.
- Introduction à la turbulence : route vers la turbulence ; turbulence développée - les symétries possibles ; corrélations en deux points de la vitesse ; spectres ; dynamique de la turbulence universelle (théorie de Kolmogorov) ; équations de Karman-Howarth et de Kolmogorov
- Ondes de choc : introduction ; formation d'une onde de choc ; conditions de passage d'une discontinuité.
- Les dynamos fluides : rappels sur les fluides conducteurs ; comment amplifier le champ magnétique - les théorèmes anti-dynamo ; bases de la dynamo turbulente.

## PRÉ-REQUIS

Les bases de la mécanique des fluides (les équations du mouvement, les propriétés principales des écoulements de fluides parfaits, l'équation de l'énergie).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Rieutord M., "Une introduction à la dynamique des fluides",  
De Boeck, 2014, "Fluid Dynamics : an introduction", Springer, 2015.  
Drazin & Reid, "Hydrodynamic stability", CUP, 1980

## MOTS-CLÉS

Stabilité - Convection thermique - Fluides en rotation - Turbulence - Ondes de choc - Dynamos fluides

UE	PHYSIQUE ET ASTROPHYSIQUE	15 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Physique des Plasmas Spatiaux		
KSUA9AA4	Cours : 20h	Enseignement en français	Travail personnel 235 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FRUIT Gabriel

Email : [Gabriel.Fruit@irap.omp.eu](mailto:Gabriel.Fruit@irap.omp.eu)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Présentation des fondements mathématiques de la physique des plasmas (théorie cinétique et fluide) et de quelques grandes applications d'intérêt astrophysique et géophysique. Une part importante du cours est consacrée à la propagation des ondes et instabilités dans les plasmas. Une introduction à l'épineux problème de la reconnexion magnétique et à la physique des chocs est également proposée.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Description cinétique d'un plasma : équation de Vlasov - Théorème de Liouville; application à la couche de Harris.
- Description fluide d'un plasma : dérivation des équations fluides; problème de la fermeture; MHD (rappels).
- Ondes dans les plasmas : modes électrostatiques de Langmuir; ondes électromagnétiques en plasma froid; ondes d'Alfvén; ondes électrostatiques en plasma chaud - amortissement Landau.
- Introduction à la reconnexion magnétique : problématique; modèle de Sweet-Parker.
- Chocs astrophysiques

## PRÉ-REQUIS

Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique, description MHD d'un plasma

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Fundamentals of Plasma Physics, Bellan P., Cambridge Univ. Press : Chap. 1-2-4-5-6-12

Introduction to Plasma Physics with Space and Laboratory Applications, Gurnett D. & Battacherjee A. Cambridge Univ. Press

## MOTS-CLÉS

descriptions cinétique et fluide des plasmas, réponse linéaire d'un plasma, instabilités et amortissement Landau, reconnexion, chocs

<b>UE</b>	<b>PHYSIQUE ET ASTROPHYSIQUE</b>	<b>15 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Formation et Evolution des systèmes planétaires (FESP)		
<b>KSUA9AA5</b>	Cours : 20h	Enseignement en français	Travail personnel 235 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce cours vise à donner des bases fondamentales et une vue large sur nos connaissances concernant la formation et l'évolution des systèmes planétaires, à la fois du point de vue des modèles proposés et des observations dont on dispose, notamment à travers les derniers résultats des missions d'exploration spatiale mais aussi en s'appuyant sur l'analyse des météorites.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

### A/ Formation et évolution des systèmes planétaires

1/ Propriétés du gaz et des poussières des disques protoplanétaires. Evolution thermique, chimique, dynamique des disques. 2/ Formation des planètes telluriques et géantes via l'accrétion des planétésimaux. Atmosphère des (exo)planètes. Evolutions interne et orbitale des planètes (migration planétaire, interactions avec l'étoile). Confrontation des modèles de formation et d'évolution planétaires avec les observations des systèmes exoplanétaires.

### B/ Formation des planètes du système solaire vue par l'étude des météorites et des petits corps

Etude de l'histoire précoce du système solaire à partir des petits corps (astéroïdes, comètes, satellites). Présentation de la diversité pétrologique, minéralogique et chimique des météorites, et de leur origine en lien avec les missions spatiales en cours. Reconstruction de la chronologie du système solaire précoce (formation des premiers solides, différenciation interne) et propriétés astronomiques des petits corps (astéroïdes, comètes, KBO,...) .

## PRÉ-REQUIS

Mécanique des fluides niveau M1

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Astrophysics of Planet Formation, P. Armitage, Cambridge university Press, 2010.

## MOTS-CLÉS

Formation planétaire, histoire précoce du système solaire

UE	PHYSIQUE ET ASTROPHYSIQUE	15 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Physique Stellaire Avancée (PSA)		
KSUA9AA6	Cours : 20h	Enseignement en français	Travail personnel 235 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Approfondir les connaissances sur la physique des étoiles

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Panorama de la place de la physique stellaire dans l'astrophysique moderne
- Rappels sur le modèle standard : pourquoi a-t-on besoin de processus non-standards ?
- Processus microscopiques : diffusion atomique, triage gravitationnel et accélération radiative
- Processus macroscopiques : frontières zones convective/radiative (convection pénétrative, overshoot), rotation et circulation méridienne dans les zones radiatives, transport turbulent et turbulence anisotrope, étoiles binaires, forces de marée
- Autres processus de transport : ondes internes et champ magnétique
- Le modèle standard d'atmosphères stellaires : transfert de rayonnement :
- équilibre radiatif, mécanique, statistique - atmosphères 1D statiques et ETL - paramètres fondamentaux, abondances, relation (pg-pe-T) - microturbulence, bissecteurs de raies, line blanketing, ressources numériques actuelles
- Au-delà des modèles standard : les « nouvelles abondances »
- La mesure polarimétrique : rappels, matrices de Müller, constitution de polarimètres, modulations spatiales et temporelles, applications
- Exploitation des spectres stellaires polarisés : extraction des signaux polarisés, exploitation astrophysique

## PRÉ-REQUIS

Une introduction à la physique stellaire : modèle de structure interne et évolution stellaire.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Physics, Formation & Evolution of Rotating Stars*, Maeder 2009, Springer
- Stellar Atmospheres*, Mihalas, 1978, San Fran -Gray 2015 The observation & analysis of stellar photospheres
- Hubeny & Mihalas 2014, Theory of stellar atmospheres

## MOTS-CLÉS

Processus de transport à l'intérieur des étoiles, propriétés des atmosphères stellaires, mesures de polarisation

UE	PHYSIQUE ET ASTROPHYSIQUE	15 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Astrophysique Extragalactique et Cosmologie (AEG)		
KSUA9AA7	Cours : 20h	Enseignement en français	Travail personnel 235 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Comprendre les bases de la cosmologie et de la physique des galaxies

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- **Paramètres Cosmologiques**
- **Matière noire** : galaxies, amas, grandes échelles, recherche directe et indirecte, effet de lentilles gravitationnelles.
- **Structure à grande échelle** : Fonctions de corrélation à 2 points, angulaire et 3D, estimateurs. Comptage en cellules, scaling
- **Théorie de formation des structures** : Perturbations Newtoniennes linéaires, échelle de Jeans, horizon sonore, régime non-linéaire, virialisation, fonction de masse, lois d'échelle, théorie et observations/simulations numériques
- **Propriétés statistiques et observationnelles des galaxies** : couleur, forme, taille, dist. spectrale d'énergie (SED) ; fonction de luminosité, grands relevés
- **Dynamique des galaxies** : Relations d'échelle, courbes de rotation, dynamique des disques, structure spirale, dist. de masse
- **Evolution spectro-photométrique** : Equations de base, IMF, physique des régions de formation stellaire, modélisation des SEDs
- **Amas de galaxies et grandes structures** : dist. des composantes, gaz intra-amas
- **Lentilles gravitationnelles** : concept, applications aux (amas de) galaxies, lentilles faibles
- **Noyaux actifs de galaxies** : Propriétés, modèle standard, mécanismes de rayonnement, formation de trous noirs super-massifs, co-évolution

## PRÉ-REQUIS

Métrique de Robertson-Walker, Solutions de Friedmanm-Lemaître, big bang classique, notions de base sur la morphologie et structure des galaxies

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

*Principles of Physical Cosmology*, P.J.E. Peebles, Princeton University  
*Galaxies et Cosmologie*, Combes et al., Ed. Intersciences, CNRS  
*Galactic Dynamics*, Binney J., Tremaine, S., Princeton University Press

## MOTS-CLÉS

Grandes structures, formation des structures, matière noire, énergie noire, dynamique galactique, physique des galaxies, AGN

<b>UE</b>	<b>ASTROPHYSIQUE - LES OPTIONS</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Interaction Planète-Environnement (IPE)		
<b>KSUA9AB1</b>	Cours : 15h	Enseignement en français	Travail personnel 105 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Le but de ce cours est d'appréhender les concepts, les processus physiques et les méthodes d'analyse relatifs à l'étude des relations Soleil - Planètes, qu'on regroupe souvent sous l'appellation 'héliophysique'. L'atmosphère solaire n'est pas en équilibre hydro-statique et émet continuellement un vent de particules associé à un champ magnétique. Ce vent solaire interagit ainsi avec tous les objets du système solaire ; ces interactions sont modulées à la fois par la forte variabilité du vent mais aussi par la nature des corps rencontrés, notamment s'ils sont magnétisés ou non. Ce cours s'intéressera à présenter différents modèles dérivés de la diversité de données spatiales acquises depuis une cinquantaine d'années.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Introduction générale à l'héliophysique
- Génération du vent solaire et du champ magnétique interplanétaire - Modèle de Parker, modèle cinétique
- Événements transitoires du vent solaire : éjections de masse coronale, régions d'interaction en co-rotation
- Formation de frontières : chocs, magnétopause
- Description et dynamique du système magnétosphérique : cycle de Dungey, couplage vent solaire-magnétosphère-ionosphère, sous-orages, météorologie spatiale.
- Analyse de données in-situ multi-satellites à partir d'outils en ligne

## PRÉ-REQUIS

Electromagnétisme, mouvement de particules chargées dans un champ magnétique/électrique, notions de MHD et de physique des plasmas

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Introduction to Space Physics*, Margaret G. Kivelson, Christopher T. Russell
- *Physics of Solar System Plasmas*, Thomas E. Cravens
- *Basic Space Plasma Physics*, R. A. Treumann, W. Baumjohann

## MOTS-CLÉS

Plasmas spatiaux, vent solaire, champ magnétique interplanétaire, magnétosphère, ionosphère, données in-situ

<b>UE</b>	<b>ASTROPHYSIQUE - LES OPTIONS</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Milieu Interstellaire et Formation Stellaire		
<b>KSUA9AB2</b>	Cours : 15h	Enseignement en français	Travail personnel 105 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Le but de ce cours est de décrire la matière interstellaire de notre Galaxie sous ses différentes phases, ainsi que les processus physiques et chimiques qui y prennent place.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

1. Nuages moléculaires, début de la formation stellaire : Propriétés, grand relevés spectraux, détermination de la masse, conditions physiques, équilibre thermique, stabilité du nuage, effondrement et fragmentation.
2. Etapes de formation stellaire : Les différentes classes de proto-étoiles et taux de formation. La vie dans l'Univers : l'eau et les molécules organiques complexes dans le MIS.
3. Champs magnétique : Propriétés, origine et impact sur le milieu interstellaire.
4. Formation des disques proto-planétaires et leur héritage chimique. Comparaison avec notre propre système solaire (nuage parental et comètes). Utilisation des isotopologues.

## PRÉ-REQUIS

Une bonne connaissance générale de la Physique, des Mathématiques et de l'Astronomie.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- The interstellar medium, by J. Lequeux, Springer, 2003
- Physics of the Interstellar and Intergalactic Medium, by B.T. Draine, Princeton 2011.
- The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium, by A.G.G.M. Tielens, Cambridge, 2005.

## MOTS-CLÉS

Nuages interstellaires, formation des étoiles



<b>UE</b>	<b>ASTROPHYSIQUE - LES OPTIONS</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Sismologie des étoiles et des planètes (SEP)		
<b>KSUA9AB3</b>	Cours : 15h	Enseignement en français	Travail personnel 105 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Une introduction à la sismologie des étoiles et des planètes (telluriques)

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Introduction : Intérêt de la sismologie des étoiles et des planètes

Equations d'onde dans un fluide / dans un milieu élastique : ondes acoustiques (p), ondes de gravité (g), ondes de volumes (P, SV, SH), ondes de surface (Love, Rayleigh).

o Approximation JWKB, théorie des rais, équation, formules asymptotiques

o Fonctions de Green : représentation modale, décomposition en ondes propagatives, reconstruction par inter-corrélation de champs aléatoire

o Astérosismologie et sismologie planétaire : Nature des observables

o Problèmes inverses : effets d'une perturbation au premier ordre, principe variationnel, dérivées de Fréchet, noyaux de sensibilité. Expression sous la forme de problèmes inverses.

o Applications : Inversion du profil de rotation interne des étoiles (Soleil, étoiles géantes), Inversion de la structure interne des étoiles (profil de vitesse du son), Tomographie 3D en ondes de volume du manteau et du noyau terrestre, Inversion des courbes de dispersion des ondes de surface pour l'imagerie crustale et lithosphérique

o Développements actuels de l'astérosismologie et de la sismologie planétaire

## PRÉ-REQUIS

bases de physique stellaire et planétaire, bases de la théorie des perturbations en dynamique des fluides et des solides

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

*Asteroseismology*, Aerts, Christensen-Dalsgaard & Kurtz, 2010, Springer

*Modern global seismology*, Lay & Wallace, Academic Press; 1995

*Planetary science : the science of planets around stars*, Cole & Woolfson, IoP 2002

## MOTS-CLÉS

sismologie, astérosismologie, ondes sismiques

<b>UE</b>	<b>ASTROPHYSIQUE - LES OPTIONS</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>Sous UE</b>	Objets Compacts et Accrétion (OCA)		
<b>KSUA9AB4</b>	Cours : 15h	Enseignement en français	Travail personnel 105 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce module traite de la physique des objets compacts (naines blanches, étoiles à neutrons et trous noirs de masse stellaire et supermassif) et des phénomènes d'accrétion/éjection qui y sont associés. L'objectif du module est de donner les clés (vocabulaire, ordre de grandeur et cadre de travail) pour appréhender à la fois la physique riche et complexe de ces objets & leur importance dans différents domaines de l'astrophysique moderne (p.e. cosmologie, physique des galaxies, physique stellaire) et de la physique fondamentale (p.e. physique nucléaire et des particules, ondes gravitationnelles). Les questions majeures du domaine seront discutées à l'aide d'exemples.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- \* Scénarii de formation, lieux de formation et propriétés physiques
- \* Notion sur les supernovae et de leurs liens avec les objets compacts
- \* Physique des phénomènes d'accrétion sans (accrétion de Bondi-Hoyle et de Hoyle-Lyttlton) et avec moment cinétique (disque d'accrétion, disque &#945;) aux abords de ces objets. Exemples : binaires X et noyaux actifs de galaxies
- \* Modèle standard d'émission des disques d'accrétion, rôle des effets relativistes, instabilités des disques et lien accrétion/éjection (jets et vents)
- \* Impact des jets/vents sur l'environnement interstellaire et intergalactique
- \* Discussion de quelques questions ouvertes
- \* Exemples de techniques d'observation utilisées pour les étudier.

## PRÉ-REQUIS

Physique de base au niveau d'un M1 de physique

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Frank J., King A.R., Raine D.J. 2002 : Accretion power in astrophysics, Cambridge University press  
Shapiro S.L., Teukolsky S.A. 1983 : Black holes, white dwarfs and neutron stars, the physics of compact objects, Wiley (New-York)

## MOTS-CLÉS

Objet compact, trou noir, étoile à neutrons, naine blanche, accrétion, rayonnement haute énergie, relativité

UE	ASTROPHYSIQUE - LES OPTIONS	6 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Cosmologie et Physique des Galaxies (CPG)		
KSUA9AB5	Cours : 15h	Enseignement en français	Travail personnel 105 h

[ Retour liste de UE ]

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Approfondir ses connaissances en cosmologie et physique des galaxies

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- **Histoire thermique de l'univers primordial** :abondances reliques, matière noire froide et chaude, asymétrie matière antimatière, baryogénèse
- **Physique de Univers primordial** :Limites du modèle standard, Dynamique d'un champ scalaire, Inflation, Quintessence, Gravité modifiée
- **Théorie des perturbations** :perturbations relativistes, fonctions de transfert (CDM, HDM), fluctuations du fond cosmologique, polarisation
- **Formation des galaxies et des premières structures** :physique du milieu intergalactique, processus de refroidissement et de chauffage, premiers objets, overcooling, réionisation
- **Physique des galaxies à formation d'étoiles** : Diagnostiques spectraux, mesure du taux de formation d'étoile et détermination des abondances chimiques.
- **Evolution des galaxies depuis 12 milliards d'années** : évolution morphologique, chimique, et dynamique, modèles dérégulation de la formation d'étoiles , fusions de galaxies, interactions avec le milieu circum-galactique (accrétion/éjection) , impact de l'environnement
- **Formation et évolution des galaxies (approfondissement)** : L'univers tracé par Lyman alpha, la forêt de Lyman, propriétés des galaxies à grand redshift, construction et analyse de grands échantillons.

## PRÉ-REQUIS

Notions de base de relativité générale et de cosmologie, notions de base sur la physique des galaxies

## SPÉCIFICITÉS

Autre références :- Maiolino R., & Mannucci F., 2019, A&ARev 27, 3 : De Re Metallica : The cosmic chemical evolution of galaxies- Kewley, L., et al., 2019, ARA&A 57, 511 : Understanding Galaxy Evolution Through Emission Lines- Förster-Schreiber, N.M., & Wuyts, S., 2020, ARA&A 58, 661 : Star-Forming Galaxies at Cosmic Noon- Shapley, A.E., 2011, ARA&A 49, 525 : Physical Properties of Galaxies from  $z = 2-4$ - Glazebrook, K., 2013, PASA 30, 56 : The Dawes Review 1 : Kinematic Studies of Star-Forming Galaxies Across Cosmic Time- Madau, P., & Dickinson, M., 2014, ARA&A 52, 415 : Cosmic Star-Formation History- Conselice, C., 2014, ARA&A 52, 291 : The Evolution of Galaxy Structure Over Cosmic Time- Wechsler, R.H., & Tinker, J.L., 2018, ARA&A 56, 435 : The Connection Between Galaxies and Their Dark Matter Haloes- Tumlinson, J., Peebles, M.S., & Werk, J.K., 2017, ARA&A 55, 389 : The Circumgalactic Medium

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Physical foundations of Cosmology, V.Mukhanov, CUP

Articles de revue/ouvrages extraits de la base <http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5/>

Mo, H., van den Bosch, F., & White S.D.M., 2010, CUP : Galaxy formation and evolution

## MOTS-CLÉS

Théories des perturbations, univers primordial, inflation, premières structures, formation et évolution des galaxies

UE	ENSEIGNEMENTS TRANSVERSES	9 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Français Langue Etrangère (FSI.Groupe-Langues)		
KLAXILE1	TD : 24h	Enseignement en français	Travail personnel 151 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DULAC Céline

Email : [celine.dulac@univ-tlse3.fr](mailto:celine.dulac@univ-tlse3.fr)

GOFFINET Akissi

Email : [akissi.goffinet@gmail.com](mailto:akissi.goffinet@gmail.com)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Développer ses compétences langagières et interculturelles en français durant un séjour d'études en France.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- compréhension et expression orales du français général de niveau A1/A2, B1 ou B2+ selon le cours suivi
- acquisition de vocabulaire et de structures de niveau A1/A2, B1 ou B2+ selon le cours suivi
- éléments de prononciation et de prosodie du français
- réflexion sur les différences interculturelles

## PRÉ-REQUIS

Passation du test ELAO. L'étudiant-e suit le cours de son niveau (A1/A2, B1 ou B2).

## SPÉCIFICITÉS

**Ce cours est accessible uniquement aux étudiant-e-s étrangers-ères non francophones et en échange à l'UT3.**

## COMPÉTENCES VISÉES

Les compétences visées dépendent du niveau CECRL de l'étudiant-e ; chaque cours est adapté en fonction des descriptifs du CECRL.

## MOTS-CLÉS

Français Langue Etrangère, Insertion, Interculturalité

UE	ENSEIGNEMENTS TRANSVERSES	9 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Français grands débutants (Fr-GDeb)		
KLAXILF1	TD : 24h	Enseignement en français	Travail personnel 151 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DULAC Céline

Email : [celine.dulac@univ-tlse3.fr](mailto:celine.dulac@univ-tlse3.fr)

GOFFINET Akissi

Email : [akissi.goffinet@gmail.com](mailto:akissi.goffinet@gmail.com)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

acquérir les compétences de base afin de pouvoir s'insérer plus facilement dans la vie quotidienne à Toulouse

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- compréhension et expression orales du français général de niveau A1
- acquisition de vocabulaire et de structures de niveau A1
- éléments de prononciation et de prosodie du français
- réflexion sur les différences interculturelles

## PRÉ-REQUIS

No prior knowledge in French. / Aucune connaissance préalable du français.

## SPÉCIFICITÉS

Ce cours est accessible uniquement aux étudiant-e-s des masters dispensés entièrement en anglais, à condition qu'ils-elles n'aient pas de connaissance préalable du français.

## COMPÉTENCES VISÉES

- acquérir des compétences en expression et compréhension orales
- communiquer dans le cadre des tâches liées à la vie quotidienne
- exprimer son opinion sur des sujets simples
- acquérir certaines des connaissances lexicales et grammaticales du niveau A1

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Communiqués par l'enseignant-e en début de semestre.

## MOTS-CLÉS

Français Langue Etrangère, Insertion, Interculturalité

UE	ENSEIGNEMENTS TRANSVERSES	9 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Astrophysique Expérimentale II (l'invisible) (AE2)		
KSUX9AC1	Cours : 15h , TP : 5h	Enseignement en français	Travail personnel 151 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Acquisition d'une culture générale solide sur les systèmes d'observation pour l'astronomie au-delà du visible : Radio, Infrarouge, sub-mm, X- et Gamma, l'astronomie non-photonique, Astroparticules

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

systèmes d'observation pour l'astronomie \*submillimétrique, \*infrarouge, \*UV, \*X et \*Gamma :

\* domaine fréquentiel et types de sources \* optiques (mirroirs, antennes radioastronomiques, télescopes Wolter, incidence rasante/multicouches, masques codés, télescopes Compton, hodoscopes, lentilles gamma, télescopes Cerenkov), \* détecteurs (bolomètres, CCD, matrices, chaînes hétérodynes, galettes à microcanaux, microcalorimètres, détecteurs à gaz, scintillateurs, photomultiplicateurs, semi-conducteurs, bolomètres)\* spectroscopie (dispersive, non-dispersive), imagerie, polarimétrie\* Exigences mission (type(s) d'orbite, d'attitude, performance en pointage, contrôle thermique)\* Astroparticules : détecteurs pour le rayonnement cosmique, télescopes neutrino ; détecteurs d'ondes gravitationnelles ; instruments pour la détection directe de la matière noire.

UE	ENSEIGNEMENTS TRANSVERSES	9 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Traitement du signal et des images I (TSI 1)		
KSUX9AC2	Cours-TD : 6h	Enseignement en français	Travail personnel 151 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les instruments en sciences de l'Univers font l'acquisition de données correspondant à l'observation d'objets astrophysiques. Ces données ne consistent généralement pas en une mesure directe de quantités d'intérêt physiques, ce qui nécessite un traitement de ces données.

L'objectif de cette UE est d'introduire les outils permettant d'exploiter ces données.

L'accent sera mis sur les outils de l'estimation de paramètres et sera illustré par des exemples concrets de traitement de données en sciences de l'Univers

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

I. Introduction à l'estimation et l'optimisation

II Analyse spectrale des signaux et cas de l'échantillonnage irrégulier

III. Représentations parcimonieuses des signaux et images et applications en sciences de l'Univers ;

IV. Déconvolution, problèmes inverses et applications en sciences de l'Univers

Illustration sur des exemples pratiques de méthodes numériques d'estimation et optimisation pour le traitement de données avec des applications telles que :

- Estimation de la PSF à partir de l'observation d'un objet non résolu
- Estimation de paramètres morphologie à partir de l'observation d'une galaxie
- Recherche de périodicité dans des signaux irrégulièrement échantillonnés
- Estimation d'une PSF à haute résolution à partir de plusieurs images basses résolutions
- Amélioration de la résolution d'images par déconvolution

Dans ces TPs en Matlab, les étudiants auront à programmer des méthodes simples et à exploiter des bibliothèques existantes pour des méthodes plus avancées

## PRÉ-REQUIS

UE « Traitement du signal et des images » et « Statistiques pour le traitement de données » du M1 SUTS

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bayesian Approach to Inverse Problems, J. Idier, Ed., ISTE, 2008.

Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume 1 : Estimation Theory, S. Kay, Prentice Hall, 1993

## MOTS-CLÉS

Traitement statistique du signal, estimation, optimisation, analyse spectrale, problèmes inverses, déconvolution, approximation parcimonieuse.

UE	ENSEIGNEMENTS TRANSVERSES	9 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Mécanique Spatiale Avancée (MSA)		
KSUX9AC3	Cours : 12h	Enseignement en français	Travail personnel 151 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif est d'atteindre les principes généraux utilisés par le système de contrôle d'attitude et d'orbite (SCAO) Connaissance des fondamentaux du contrôle et de leur application aux systèmes de contrôle d'attitude. Introduction aux budgets de pointage.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Rappels M1 SUTS - Mouvement Képlérien. Satellites terrestres. Orbites. Perturbations Système de Commande d'Attitude et d'Orbite Définitions du contrôle d'attitude : référentiels utilisés dans le spatial, représentations d'attitude (Euler, matrice de passage, quaternion), équations cinématiques et dynamiques. Environnement spatial et couples perturbateurs : forces aérodynamiques, densité atmosphérique, pression solaire, champ magnétique terrestre, gradient de gravité. Rappel des senseurs / actionneurs les plus courants et de leur fonctionnement : Senseurs solaires, terrestres, électrooptiques, magnétomètres, gyroscopes, tuyères, roues à réaction, et magnéto-coupleurs, Introduction au problème du contrôle : Système, identification, simulation, contrôle. Principe de la contre-réaction. Fonction de transfert : Représentations d'état, transformée de Laplace, diagrammes par bloc, systèmes linéaires ; PID, avance de phase, filtrage, stabilité des systèmes linéaires, applications aux modes souples (panneaux solaires), Introduction aux budgets de pointage.

## PRÉ-REQUIS

Introduction aux techniques spatiales du M1 SUTS

## COMPÉTENCES VISÉES

- Comprendre les principes de base de l'orientation dans l'espace des objets artificiels.
- Être capable de modéliser les systèmes de contrôle associés
- Appréhender les technologies nécessaires

## MOTS-CLÉS

Système de Commande d'Attitude et d'Orbite, systèmes de contrôle, budget de pointage



UE	ENSEIGNEMENTS TRANSVERSES	9 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Ingénierie Systèmes ou Projets (ISP)		
KSUX9AC4	Cours : 12h	Enseignement en français	Travail personnel 151 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Ce cours présente la notion de Système, la complexité technique et organisationnelle associée lorsqu'il s'agit de le réaliser, et introduit les concepts de l'Ingénierie Système, qui regroupe l'ensemble des activités permettant de passer d'un besoin exprimé à une solution réalisée conforme au besoin. Sont abordés les aspects suivants :

- Le point de vue technique : comment réaliser un système qui réponde aux attentes du client ?
- Le point de vue organisationnel : cycle de vie des projets spatiaux, processus de gestion de projets, découpage en tâches (WBS), planification, gestion des risques, gestion de la communication.

Le cours est illustré par des exemples de grands systèmes spatiaux (ex : Système de navigation GALILEO).

Des exercices ponctuent le cours afin de permettre aux étudiants d'assimiler les diverses notions vues au fur à mesure. Afin que les étudiants se concentrent sur la méthodologie et non sur le contenu, ces exercices sont choisis volontairement hors discipline spatiale.

UE	ENSEIGNEMENTS TRANSVERSES	9 ECTS	1 <sup>er</sup> semestre
Sous UE	Anglais		
KSUX9AV1	TD : 24h	Enseignement en français	Travail personnel 151 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

AVRIL Henri

Email : [h-avril@live.com](mailto:h-avril@live.com)

CONNERADE Florent

Email : [florent.connerade@univ-tlse3.fr](mailto:florent.connerade@univ-tlse3.fr)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Savoir communiquer à l'orale et à l'écrit des idées scientifiques et techniques

Savoir comprendre un discours scientifique ou technique

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Rédiger un résumé d'article ou de proposition en anglais
- Rédiger un article scientifique en anglais
- Rédiger une proposition en anglais
- Evaluer des propositions en anglais
- Postuler pour un travail (CV, lettre de motivation) en anglais
- Savoir passer un entretien en anglais
- Présenter un travail à l'orale en anglais
- Poser des questions en anglais
- Présenter un travail à l'écrit (affiche) en anglais
- Mener un débat en anglais
- Comprendre un article/ une présentation en anglais
- Ecrire un communiqué de presse en anglais

## PRÉ-REQUIS

Anglais scientifique niveau M1

## COMPÉTENCES VISÉES

Savoir lire, écrire, comprendre et parler l'anglais scientifique et technique

<b>UE</b>	<b>SIMULATIONS NUM. TRAITEMENT SIGNAL-IMAGES, OBSERVATIONS</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>KSUAAAAU</b>	Cours-TD : 30h	Enseignement en français	Travail personnel 45 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Apporter des outils pour la résolution numérique d'équations aux dérivées partielles rencontrées dans divers domaines de l'astrophysique, acquérir des notions sur la qualité des méthodes (convergence, rapidité, efficacité) et appliquer ces méthodes à des problèmes concrets grâce à des TP sur ordinateur.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

### *Partie : Simulations numériques*

- Cours d'introduction aux méthodes numériques de résolution des équations aux dérivées partielles : les différents types de simulations numériques en astrophysique, éléments de théorie sur les méthodes numériques, propriétés de quelques schémas aux différences finies, comparaison de l'efficacité de deux schémas dans un cas simple, limitations des simulations numériques.
- TP1 sur les méthodes numériques
- TP2 sur la dynamique des intérieurs stellaires
- TP3 sur l'amortissement Landau dans les plasmas non-collisionnels

### *Partie : Astronomie pratique :*

Un éventail de sujets sera proposé aux étudiants, qui devront être restitués devant l'ensemble de la promotion afin de présenter aux étudiants différentes méthodes instrumentales en astrophysique. Chaque mini-projet est supervisé par un scientifique de contact. Ces mini-projets peuvent couvrir de nombreux sujets tels que : mise en place d'observations avec le télescope IRIS, utilisation de données d'archives pour déterminer une courbe de lumière d'un transit d'exoplanète, détermination de la limite de détection dans des observations profondes avec le HST, etc ...

## PRÉ-REQUIS

commandes de base Linux, notions sur la résolution numérique d'équations différentielles

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allaire, G., Analyse numérique et optimisation, Editions de l'Ecole Polytechnique, 2012
- Jedrzejewski, F., Introduction aux méthodes numériques, Springer, 2005
- Observational astrophysics, Léna et al. Springer

## MOTS-CLÉS

Equations aux dérivées partielles, méthodes et simulations numériques  
observations astronomiques, télescopes, analyse de données

UE	STAGE DE RECHERCHES EN LABORATOIRE	27 ECTS	2 <sup>nd</sup> semestre
KSUAAABU	Stage : 4 mois minimum	Enseignement en français	Travail personnel 675 h

[\[ Retour liste de UE \]](#)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Apprendre à conduire un projet de recherche.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Le stage se déroule sur une période de 5 mois allant de mi-janvier au mi-juin dans un laboratoire de recherche.

### MOTS-CLÉS

Projet de recherche, communication

## TERMES GÉNÉRAUX

### SYLLABUS

Dans l'enseignement supérieur, un syllabus est la présentation générale d'un cours ou d'une formation. Il inclut : objectifs, programme de formation, description des UE, prérequis, modalités d'évaluation, informations pratiques, etc.

### DÉPARTEMENT

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

### UE : UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Un semestre est découpé en unités d'enseignement qui peuvent être obligatoires, à choix ou facultatives. Une UE représente un ensemble cohérent d'enseignements auquel sont associés des ECTS.

### UE OBLIGATOIRE / UE FACULTATIVE

L'UE obligatoire fait référence à un enseignement qui doit être validé dans le cadre du contrat pédagogique. L'UE facultative vient en supplément des 60 ECTS de l'année. Elle est valorisée dans le supplément au diplôme. L'accumulation de crédits affectés à des UE facultatives ne contribue pas à la validation de semestres ni à la délivrance d'un diplôme.

### ECTS : EUROPEAN CREDITS TRANSFER SYSTEM

Les ECTS constituent l'unité de mesure commune des formations universitaires de licence et de master dans l'espace européen. Chaque UE obtenue est ainsi affectée d'un certain nombre d'ECTS (en général 30 par semestre d'enseignement, 60 par an). Le nombre d'ECTS varie en 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 des formations de l'UT3 relèvent du domaine « Sciences, Technologies, Santé ».

### MENTION

La mention correspond à un champ disciplinaire. Il s'agit du niveau principal de référence pour la définition des diplômes nationaux. La mention comprend, en général, plusieurs parcours.

### PARCOURS

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

## LICENCE CLASSIQUE

La licence classique est structurée en six semestres et permet de valider 180 crédits ECTS. Les UE peuvent être obligatoires, à choix ou facultatives. Le nombre d'ECTS d'une UE est fixé sur la base de 30 ECTS pour l'ensemble des UE obligatoires et à choix d'un semestre.

## LICENCE FLEXIBLE

À la rentrée 2022, l'université Toulouse III - Paul Sabatier met en place une licence flexible. Le principe est d'offrir une progression "à la carte" grâce au choix d'unités d'enseignement (UE). Il s'agit donc d'un parcours de formation personnalisable et flexible dans la durée. La progression de l'étudiant.e dépend de son niveau de départ et de son rythme personnel. L'inscription à une UE ne peut être faite qu'à condition d'avoir validé les UE pré-requises. Le choix de l'itinéraire de la licence flexible se fait en concertation étroite avec une direction des études (DE) et dépend de la formation antérieure, des orientations scientifiques et du projet professionnel de l'étudiant.e. L'obtention du diplôme est soumise à la validation de 180 crédits ECTS.

## DIRECTION DES ÉTUDES ET ENSEIGNANT.E RÉFÉRENT.E

La direction des études (DE) est constituée d'enseignantes et d'enseignants référents, d'une directrice ou d'un directeur des études et d'un secrétariat pédagogique. Elle organise le projet de formation de l'étudiant.e en proposant une individualisation de son parcours pouvant conduire à des aménagements. Elle est le lien entre l'étudiant.e, l'équipe pédagogique et l'administration.

## TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS

### CM : COURS MAGISTRAL(AUX)

Cours dispensé en général devant un grand nombre d'étudiantes et d'étudiants (par exemple, une promotion entière), dans de grandes salles ou des amphithéâtres. Ce qui caractérise également le cours magistral est qu'il est le fait d'une enseignante ou d'un enseignant qui en définit les structures et les modalités. Même si ses contenus font l'objet de concertations avec l'équipe pédagogique, chaque cours magistral porte donc la marque de la personne qui le crée et le dispense.

### TD : TRAVAUX DIRIGÉS

Ce sont des séances de travail en groupes restreints (de 25 à 40 étudiantes et étudiants selon les composantes), animées par des enseignantes et enseignants. Les TD 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 et les groupes de TP sont constitués de 16 à 20 étudiantes et étudiants. Certains travaux pratiques peuvent être partiellement encadrés ou peuvent ne pas être encadrés du tout. A contrario, certains TP, du fait de leur dangerosité, sont très encadrés (jusqu'à une enseignante ou un enseignant pour quatre étudiantes et 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 de 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.

## SESSIONS D'ÉVALUATION

Il existe deux sessions d'évaluation : la session initiale et la seconde session (anciennement appelée "session de rattrapage", constituant une seconde chance). La session initiale peut être constituée d'examens partiels et terminaux ou de l'ensemble des épreuves de contrôle continu et d'un examen terminal. Les modalités de la seconde session peuvent être légèrement différentes selon les formations.

## SILLON

Un sillon est un bloc de trois créneaux de deux heures d'enseignement. Chaque UE est généralement affectée à un sillon. Sauf cas particuliers, les UE positionnées dans un même sillon ont donc des emplois du temps incompatibles.

