Université de Toulouse

Faculté sciences et ingénierie Université de Toulouse

PÉRIODE D'ACCRÉDITATION : 2022 / 2026

UNIVERSITE DE TOULOUSE

SYLLABUS MASTER

Mention Sciences de l'univers et Technologies Spatiales

M1 Astrophysique, sciences de l'espace, planétologie

http://www.fsi.univ-tlse3.fr/
http://ezomp2.omp.obs-mip.fr/masterpa/index.php(siteactueldel'anciennemention)

2026 / 2027

3 NOVEMBRE 2026

SOMMAIRE

SCHÉMA ARTICULATION LICENCE MASTER 3

PRÉSENTATION 4

PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS 4

Mention Sciences de l'univers et Technologies Spatiales 4

Parcours 4

PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M1 Astrophysique, sciences de l'espace, planétologie 4

Liste des mentions / parcours d'UT3 conseillés : 4

RUBRIQUE CONTACTS 5

CONTACTS PARCOURS 5

CONTACTS MENTION 5

CONTACTS DÉPARTEMENT : FSI.Physique 5

Tableau Synthétique des UE de la formation 6

LISTE DES UE 9

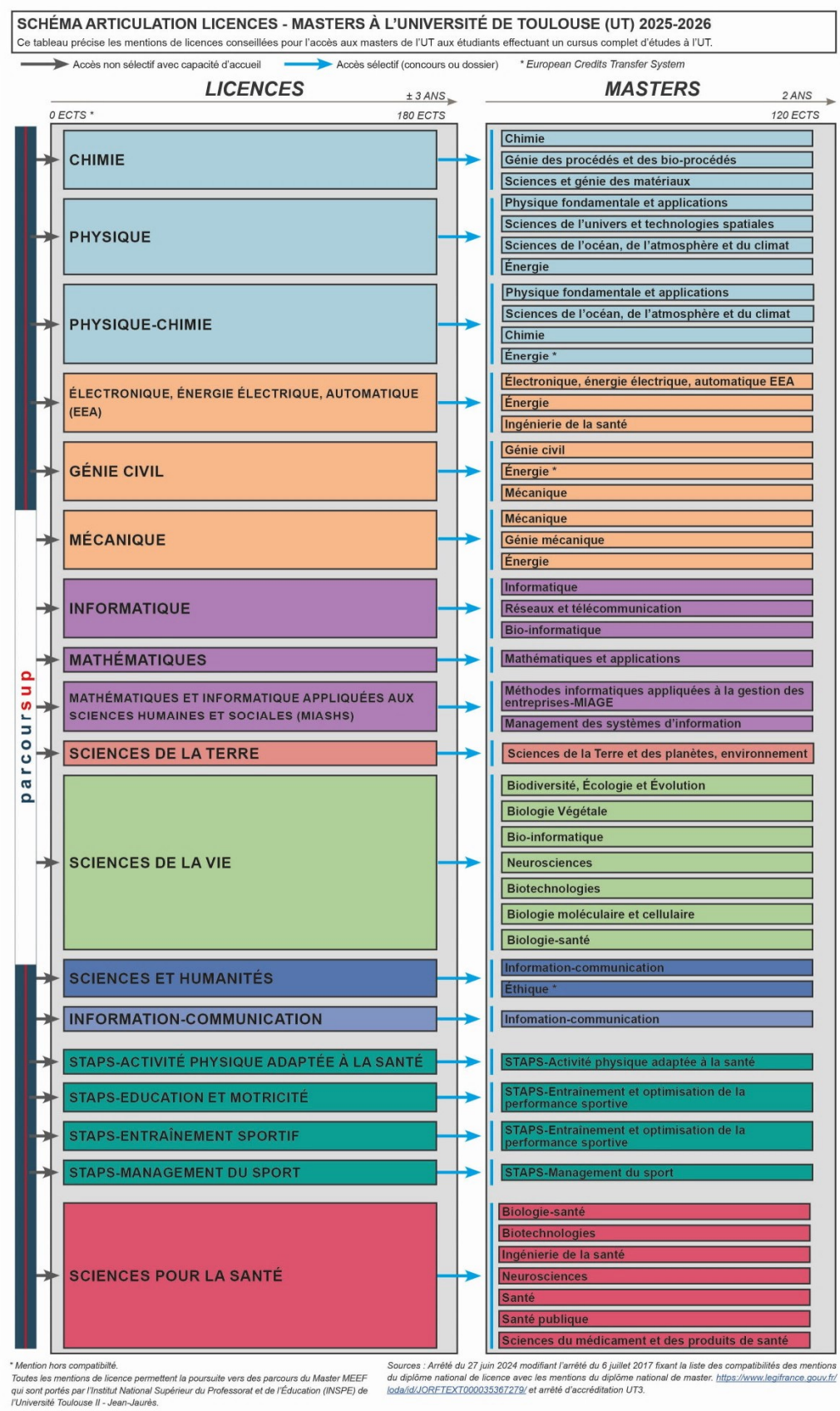
GLOSSAIRE 45

TERMES GÉNÉRAUX 45

TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES 45

TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS 46

SCHÉMA ARTICULATION LICENCE MASTER



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

La première année du Master SUTS vise à compléter les connaissances en physique des étudiants issus d'une licence à dominante physique fondamentale, tout en proposant un début de spécialisation orientée vers les grands domaines d'application que sont l'astrophysique, la planétologie, et les techniques spatiales. Cette formation peut se poursuivre en Master 2 avec deux parcours différents : (1) Astrophysique, Sciences de l'Espace, Planétologie pour une coloration de type recherche ou (2) Techniques Spatiales et Instrumentation pour une professionnalisation vers les métiers de l'industrie spatiale (CNES, Airbus, ESA...). Elle offre aussi la possibilité d'intégrer des filières spécifiques pour préparer les concours de l'enseignement secondaire (agrégation ou CAPES).
Le premier semestre complète les connaissances fondamentales en physique utiles pour l'astrophysique et les techniques spatiales. Une part importante est consacrée à la physique expérimentale et instrumentale. Le second semestre est entièrement dédié à l'astrophysique et aux techniques spatiales. Il se termine par un projet tutoré d'initiation à la recherche ou par un bureau d'études.

PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M1 ASTROPHYSIQUE, SCIENCES DE L'ESPACE, PLANÉTOLOGIE

Admission : la formation requise est la Licence de Physique.
Poursuite d'études : Deuxième année de Master (parcours ASEP ou TSI), préparation à l'agrégation des sciences physiques.
Site web de la formation : http ://ups-fsi-m1suts.eklablog.com

LISTE DES MENTIONS / PARCOURS D'UT3 CONSEILLÉS :

Licence Physique parcours Physique (P),
Licence Physique parcours Physique, Chimie, Astrophysique, Météorologie et Énergie (PCAME),
Licence Physique parcours Spécial Physique (PS Physique)

RUBRIQUE CONTACTS

CONTACTS PARCOURS

RESPONSABLE M1 ASTROPHYSIQUE, SCIENCES DE L'ESPACE, PLANÉTOLOGIE

FRUIT Gabriel
Email : gabriel.fruit@utoulouse.fr

LAMINE Brahim
Email : brahim.lamine@utoulouse.fr

JOUVE Laurene
Email : laurene.jouve@utoulouse.fr

SECRÉTAIRE PÉDAGOGIQUE

BESOMBES Valerie
Email : valerie.besombes@univ-tlse3.fr Téléphone : 0561556827

Université Paul Sabatier
Bâtiment U3- PORTE 110
118 route de Narbonne
31062 TOULOUSE cedex 9

CONTACTS MENTION

RESPONSABLE DE MENTION SCIENCES DE L'UNIVERS ET TECHNOLOGIES SPATIALES

FRUIT Gabriel
Email : gabriel.fruit@utoulouse.fr

LAMINE Brahim
Email : brahim.lamine@utoulouse.fr

CONTACTS DÉPARTEMENT: FSI.PHYSIQUE

DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT

BATTESTI Rémy
Email : remy.battesti@univ-tlse3.fr Téléphone : 05 62 17 29 77

SECRETARIAT DU DÉPARTEMENT

THOMAS Jean-Christophe
Email : jean-christophe.thomas@univ-tlse3.fr Téléphone : 05.61.55.69.20

Université Paul Sabalier
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	TP DE	Projet
Premier semestre											
	KSUT7AAU	PHYSIQUE GENERALE	I	9	O						
26		KSUX7AA1 Physique Statistique				18		18			
24		KPFX7AM2 Électromagnétisme				18		18			
25		KSOX7AB1 Dynamique des Fluides 1				12		12			
	KSUT7ABU	PHYSIQUE ATOMIQUE ET SUBATOMIQUE	I	9	O						
27		KSUT7AB1 Physique atomique et moléculaire				18		18			
28		KSUT7AB2 Astrophysique Nucléaire					24				
29		KSUT7AB3 Astroparticules					18				
	KSUT7ACU	PHYSIQUE NUMERIQUE ET EXPÉRIMENTALE	I	9	O						
30		KSUT7AC1 Physique Numérique							48		
31		KSUT7AC2 Physique Expérimentale								15	
32		KSUT7AC3 Instrumentation Labview							21		
33	KSUT7ALU	LANGUES VIVANTES (anglais)	I	3	O			24			
Second semestre											
	KSUT8AAU	ASTROPHYSIQUE EXPÉRIMENTALE ET GESTION DE DONNÉES	II	9	O						
34		KSUT8AA1 Instrumentation en astrophysique				12				35	
35		KSUT8AA2 Astrométrie et Observations					10				
36		KSUT8AA3 Traitement du signal et des images					20				
37		KSUT8AA4 Statistiques pour le traitement de données					12				
	KSUT8ABU	UNIVERS LOINTAIN	II	9	O						
38		KSUT8AB1 Physique Stellaire					30				
39		KSUT8AB2 Cosmologie et Physique des Galaxies					30				

* **AN** :enseignenents annuels, **I** : premier semestre, **II** : second semestre

page	Code	Intitulé UE	semestre*	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	Cours-TD	TD	TP	TP DE	Projet
40	KSUT8AB3	Milieu Interstellaire					20				
	KSUT8ACU	SYSTÈME SOLAIRE	II	6	O						
41	KSUT8AC1	Planétophysique					30				
42	KSUT8AC2	Physique des Plasmas Spatiaux					20				
	KSUT8ADU	TECHNIQUES SPATIALES ET PROJET TUTORÉ	II	6	O						
43	KSUT8AD1	Introduction aux Techniques Spatiales					48				
44	KSUT8AD2	Projet tutoré de recherche ou Bureau d'Etudes									25

* **AN** :enseignenents annuels, **I** : premier semestre, **II** : second semestre

LISTE DES UE

UE	OBSERVATION ORIENTED PROJECT 2 (M2 SOAC OA)	3 ECTS	
KTES0FAU	Terrain : 10 demi-journées	Enseignement en français	Travail personnel 45 h

[Retour liste des UE]

UE	UES INTERDISCIPLINAIRES 1	3 ECTS	
KTES0FBU	**Sem 1 :** Cours-TD : 156h **Annuel:** Cours-TD : 156h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DUCHENE Stephanie
Email : stephanie.duchene@univ-tlse3.fr

FRUIT Gabriel
Email : gabriel.fruit@utoulouse.fr

PLOTNIKOV Illya
Email : illya.plotnikov@utoulouse.fr

MESLIN Pierre-Yves
Email : pierre-yves.meslin@utoulouse.fr

KOURAEV Alexei
Email : alexei.kouraev@univ-tlse3.fr

RAMILLIEN Guillaume
Email : guillaume.ramillien@get.omp.eu

VIERS Jerome
Email : jerome.viers@get.omp.eu

DADOU Isabelle
Email : isabelle.dadou-pinet@univ-tlse3.fr

SANTAMARIA GOMEZ Alvaro
Email : alvaro.santamaria@cnes.fr

SERCA Dominique
Email : dominique.serca@utoulouse.fr

GRIPPA Manuela
Email : manuela.grippa@get.omp.eu

TABACCHI Eric
Email : eric.tabacchi@univ-tlse3.fr

UE	OBSERVATION ORIENTED PROJECT 1 (M1 SOAC - DC)	3 ECTS	
KTES0FCU	TP : 30h	Enseignement en français	Travail personnel 45 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DUCHENE Stephanie
Email : stephanie.duchene@univ-tlse3.fr

TOPLIS Michael
Email : michael.toplis@irap.omp.eu

UE	CORE COURSES 3 PUTTING DATA IN BROADER CONTEXT	3 ECTS	
KTES0FDU	Cours-TD : 26h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DUCHENE Stephanie
Email : stephanie.duchene@univ-tlse3.fr

LE DANTEC Valerie
Email : valerie.le-dantec@univ-tlse3.fr

UE	UES INTERDISCIPLINAIRES 2	3 ECTS	
Sous UE	Space weather (M1 SOAC EE)		
KTES7AB1	Cours-TD : 26h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DUCHENE Stephanie
Email : stephanie.duchene@univ-tlse3.fr

FRUIT Gabriel
Email : gabriel.fruit@utoulouse.fr

PLOTNIKOV Illya
Email : illya.plotnikov@utoulouse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

With the expansion of modern technologies using an increasing number of spacecraft, human activity has become more sensitive to perturbations of the near Earth-space, the latter being strongly influenced by the state of the Sun. Large electromagnetic perturbations strongly modify the spatial environment of the planet, from the geostationary orbit to the ground and the atmosphere.These magnetic storms may cause breaks in the communication or navigation systems, power plant breakdowns, or damages to the spacecraft themselves...
The aim of this course is to understand the origin of these major perturbations of the solar atmosphere, their propagation towards the Earth and finally to forecast their impact on the atmosphere-ionosphere system or the technological structures.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Introduction to Space Physics 1) Sun atmosphere : structure and principal proprieties 2) Formation and propagation of solar wind in the heliosphere 3) Interaction between solar wind and magnetized planets - Magnetospheres, Dungey cycle, auroras
Formation and propagation of solar perturbations 1) Solar flares and Coronal Mass Ejections (CMEs) : formation and propagation in solar wind 2) Coronal Interaction Regions (CIR) and their link with CMEs 3) Solar Energetic Particles events : acceleration process and propagation in the turbulent wind 4) Interplanetary space modelling
Solar wind interaction with the Earth magnetic field 1) Magnetic storms and magnetospheric substorms 2) Survey of the ground magnetic perturbations : magnetic indices, coupling functions
Impact on the Earth atmosphere and environment 1) Ionosphere - Thermosphere : structure and dynamics 2) Electrodynamic coupling between Magnetosphere and Ionosphere 3) Instrumentation and observation methods : from ground to space 4) Perturbations of radio waves propagation induced by magnetic storms and scintillation phenomenon 5) Induced ground currents 6) Impact on the spacecraft orbits

PRÉ-REQUIS

Fluid dynamics (L3 level)
Electromagnetism (Maxwell equations) (L2 level)

MOTS-CLÉS

sun • solar wind • Earth magnetic field • magnetic storm

UE	UES INTERDISCIPLINAIRES 2	3 ECTS	
Sous UE	Exoplanets (M1 SOAC EE)		
KTES7AB2	Cours-TD : 26h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

This course aims at discovering the mathematics and physics of exoplanet science while being put in the broader historical context of the notion of planetary systems and their observation.It is a joint course from specialists in exoplanet science and historian which will allow the student to understand how we arrived to the revolution of exoplanets, which started only 30 years ago, both from science advances and as a society.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

We will first detail the physics of exoplanets orbits and how to detect them. This will be linked to a historical reflection on the notion of planetary system, and how we arrived to this accepted notion today. The diversity of exoplanetary systems will be also studied, with the aim of understanding that, if the comparison to the solar system can be a good thing, it can bias the understanding of extrasolar worlds.We will have practical session on data taken from real instruments to observe exoplanets, linked to an historical perspective on the ØObservatoire des Midi PyrénéesØ and notably its observing site, the ØPic du MidiØ, where contemporary science is still performed and developed.We will then focus on the physics of the interior and atmosphere of exoplanets, and how they can be observed and constrained by contemporary instruments.The scientific and historical component will therefore be integrated at best in a logical ensemble, allowing to understand the place of the Earth in the galaxy and of astronomy in our society.

PRÉ-REQUIS

Bachelor physics : mainly gravitation, thermodynamics and fluid mechanics
An open mind for a joint science-literature course !

MOTS-CLÉS

exoplanet • Doppler effect • planetary orbit • atmosphere • Copernic • planetary system observations • history • space exploration • Pic du Midi

UE	UES INTERDISCIPLINAIRES 2	3 ECTS	
Sous UE	A global survey of Earth and planetary crusts (M1 SOAC EE)		
KTES7AB3	Cours-TD : 26h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MESLIN Pierre-Yves
Email : pierre-yves.meslin@utoulouse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

The exploration of the surface of planetary crusts now combines a diversity of observations at a global or regional scale, thanks to satellite or airborne observations, which allows us to extract both compositional (e.g. chemistry, mineralogy) and geophysical (e.g. topography, gravity field, seismicity) parameters. This large-scale approach is completed by detailed observations at local (field) or macro- and microscopic scales (analyses in research laboratories or by robots).In this course, we discuss how the variety of observations of planetary crusts and surfaces now available may be integrated to address fundamental questions regarding planetary evolution.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

This course will provide a general introduction to the accretion and formation of terrestrial planets, before focusing on four broad topics covering current scientific questions on planetary evolution, which will be addressed by a multi-disciplinary approach combining geophysical, petrological, geochemical, mineralogical, geomorphological and atmospheric observations.Since they are the best known terrestrial planets, special emphasis will be given to the Earth and Mars, and comparisons to other planets and the Moon may be drawn. We will look at planetary differentiation, crustal formation, climatic evolution and weathering, landscape evolution, estimates of mineral and resources...

- Develop multi-disciplinary and critical skills to address fundamental and up-to-date questions in planetary evolution and crust comparative planetology
- Learn how to combine different approaches and datasets to address these questions
- Become familiar with the use of the scientific planetary literature

PRÉ-REQUIS

Basic knowledge of Earth formation, plate tectonics, composition of the terrestrial oceanic and continental crusts.

MOTS-CLÉS

planetary différentiation • planetary crusts • geochemical reservoirs • planetary interiors • surface evolution • weathering • climatic evolution

UE	UES INTERDISCIPLINAIRES 2	3 ECTS	
Sous UE	The water cycle (M1 SOAC EE)		
KTES7AB4	Cours-TD : 26h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

KOURAEV Alexei
Email : alexei.kouraev@univ-tlse3.fr

RAMILLIEN Guillaume
Email : guillaume.ramillien@get.omp.eu

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

The objective here is to introduce the many remote sensing (Sentinels, GRACE, GNSS, MODIS, CYGNSS, etc..) and modelling tools (Kalman filter, least square etc..) that allow monitoring of the water cycle in its different compartments : continental waters, atmospheric water, soil moisture and the cryosphere.We will also show the basics of forecasting models or warning systems on various examples (sustainable agriculture, water management etc.) ranging from global scale to in situ measurements.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Satellite gravimetry is a new approach for studying global hydrology, which can be used for improving the monitoring result of the spatial and temporal changes in the water cycle. The Gravity Recovery & Climate Experiment (GRACE) and its successor GRACE-Follow On that sense an integrated mapping of tiny varying gravity variations due to redistributions of water mass inside the fluid envelops of the Earth (atmosphere, oceans, continental water storage), and with an unprecedented resolution. Main applications of GRACE for spatial scales more than 200-300 km, includes terrestrial water storage mass balance evaluation, hydrological components of groundwater and evapo-transpiration restoring, droughts analysis and glacier melting in response to the global warming.The following topics will be covered from a remote sensing view :

- The water cycle
- Surface waters
- Soil Moisture
- Atmospheric water
- Cryosphere

PRÉ-REQUIS

Have created an account at www.theia-land.fr Basic knowledge of QGIS Basic knowledge of Python

MOTS-CLÉS

continental waters • atmospheric water • cryosphere • remote sensing • forecasting models

UE	UES INTERDISCIPLINAIRES 2	3 ECTS	
Sous UE	Contaminants, pollution and man-made perturbations (M1 SOAC EE)		
KTES7AB5	Cours-TD : 26h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

VIERS Jerome
Email : jerome.viers@get.omp.eu

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

In 1995, Paul Crutzen (Nobel Prize in Chemistry) and his biologist colleague Eugene Stoermer proposed the term Anthropocene, to designate the period we are living through, which began at the end of the 18th century.The introduction will cover this period, both from a historical and environmental point of view. After this introduction, the course will be divided into 3 lectures devoted to major environmental problems or innovative techniques.The course will provide a spatial and temporal perspective on the impact of humans on their environment through innovative tools (e.g. isotopes, remote sensing)and will allow students to broaden their initial expertise to inter-disciplinary issues such as microplastic pollution, mercury or agricultural issues.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

The first class will be about microplastics and nanoplastics. This course will first present what a microplastic is, how to determine it, its origins and dispersion modes as well as its potential impacts on human health and ecosystems. It will be accompanied by a practical course with the analysis of real samples.
The second class will focus on mercury. This course will present an overview of the global biogeochemical mercury cycle, human perturbations to the mercury cycle, fundamentals of mercury toxicity ; use of mercury isotopes to understand mercury cycling and notions on how climate change will affect mercury cycling. Practical work will include the analysis of mercury in commercial fish products and human hair in order to assess risk of exposure.
The last class will concern Detection and Quantification of contamination and chemical stress by optical remote sensing for vegetated surface. It will deal with i) the contamination impact on biophysical and biochemical parameters at sub-individual plant scale but also on vegetation cover, ii) optical measurement devices and iii) vegetation characterization methodology.

MOTS-CLÉS

pollutant cycling • biogeochemistry • toxicology • climate change • remote sensing • vegetation stress • species • trace elements • mercury

UE	UES INTERDISCIPLINAIRES 2	3 ECTS	
Sous UE	Human impacted river-coastal-ocean-atmosphere continuum (M1 SOAC EE)		
KTES7AB6	Cours-TD : 26h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DADOU Isabelle
Email : isabelle.dadou-pinet@univ-tlse3.fr

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

The land-sea continuum includes all natural (continental, coastal and marine) and urban areas. It is an environment strongly impacted and weakened by human activity : understanding the interactions between the elements of the natural system and anthropic action is fundamental to follow its evolution under rapid environmental changes. In particular global warming and sea level rise are accelerating rapidly according to the latest IPCC report 2021-2022 (International Panel on Climate Change) with increases in extreme events in the land-sea continuum area.The overall objective of this module is to introduce students to different multidisciplinary approaches to the study of this complex system subject to strong anthropic pressure and climate change using examples and applications involving complementary tools : in situ data, satellite and modeling.It will be approached through two main blocks1) Knowledge of the river-littoral-ocean continuum environment and its study 2) Example and applications

PRÉ-REQUIS

None

SPÉCIFICITÉS

Main physical and chemical processes on this land-ocean continuum impacted by humans : tools and analyses via different applications/examples :

- Water continuum : river water (flow, etc.), watersheds, extent of flood areas, exchange along the continent - river - lagoon - coastal area - ocean ; impact of coupling and feedback with the atmosphere (precipitation, etc.), anthropogenic effects and climate change, its variability and extreme events.
- Continuum of water level : river, coastal, ocean : its variability, extreme events with the combined effects of river discharge/tides/storms/waves/climate change, surge and flooding, salinization.
- Sediment and erosion continuum : natural and anthropogenic forcing on coastal dynamics and morphology : in particular, study of coastal zone erosion and tools for its quantification, transport and accumulation of sediments at the land-sea interface : role in biochemical cycles (nutrient supply), carbon burial and rapid modifications of subaquatic morphology (dunes migration, mudbelts formation)
- Continuum transport of chemical elements (nutrients, pollutants) from the river to the ocean - anthropic effects : productivity, eutrophication, anoxia, acidification, greenhouse gas emissions.

MOTS-CLÉS

river • lake • estuary • river plume • coastal • ocean physics • biogeochemistry • sediment • human impact • climate change

UE	UES INTERDISCIPLINAIRES 2	3 ECTS	
Sous UE	Space geodesy (M1 STPE-TERRE)		
KTES8AB1	Cours-TD : 26h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

SANTAMARIA GOMEZ Alvaro
Email : alvaro.santamaria@cnes.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Many physical processes within the solid Earth, the atmosphere, the oceans, the continental water, and the ice sheets, produce small variations of the Earth's shape, its rotation and its gravity field. Improving our understanding of these processes and their interactions is fundamental for understanding the Earth system and, in particular, the threats to society from geohazards and climate change. Space geodesy emerges nowadays as an indispensable science for the understanding of the Earth system.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

This unit includes a comprehensive review of the current state-of-the-art observations from several complementary space geodetic techniques, including Global Navigation Satellite Systems (such as GPS and Galileo), laser and Doppler ranging, radio-telescopes and gravimetry. The student will acquire the necessary knowledge for the interpretation of subtle changes on fundamental Earth processes through research carried out internationally with these observing techniques : their use, their capabilities, but also their limitations.

Lectures

Introduction to space geodesy
Earth's crustal deformation
Earth's rotation changes
Earth's reference frames
Earth's gravity field changes
Earth's geocenter and dynamical oblateness changes

PRÉ-REQUIS

Basic knowledge in mathematics and physics.

MOTS-CLÉS

crustal deformation • Earth rotation • gravitational field • observation techniques • space geodesy

UE	UES INTERDISCIPLINAIRES 2	3 ECTS	
Sous UE	The carbon cycle (M1 SOAC EE)		
KTES8AB2	Cours-TD : 26h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

SERCA Dominique
Email : dominique.serca@utoulouse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

The route of carbon will be followed at the watershed scale from the atmosphere to the ocean through the consumption of atmospheric CO2 by vegetation, its transfer to the soil through soil organic matter in which carbon is incorporated and its export to the ocean after being transported and processed in aquatic ecosystems. In each compartment of the critical zone (soil, groundwater, surface waters, sediments, atmosphere), organic and inorganic carbon undergo transformations via microbiological activity and change in physico-chemical conditions that lead to partial sequestration (precipitation, sedimentation) and greenhouse gas emissions. The impact of anthropogenic perturbation will be illustrated by the modification of the carbon cycle after the impoundment of a hydroelectric reservoir.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

This course mainly focuses on field methods with relevance to research studies on different aspects of continental carbon cycle Students will learn to properly collect and analyze samples, process and validate data with the help of different methods. They will also learn to combine theoretical, methodological and naturalist approaches to gain both in qualitative and quantitative expertise considering the terrestrial carbon cycle and the associated biogeochemical processes. The lectures will be complemented by fieldwork (sampling and in situ measurements) and lab work (experimentation and measurements).

- Global carbon cycle/carbon cycle in rivers, lakes and wetlands/carbon cycle in hydroelectric reservoirs
- Introduction to early diagenesis processes (bacteria-mediated redox reactions)
- Carbon cycle and the soil compartment - observations and theories
- Carbon and GHG analytical techniques, GHG flux metrology
- Climate change/overview of carbonate systems/CO2 sequestration/CO2 (bio)mineralization
- Use of natural radionuclides (U, Th series) as geochemical tracers to study processes and quantify chemical fluxes and as chronometers to estimate the time-scale of these processes

PRÉ-REQUIS

1) Aquatic chemistry 2) Global carbon cycle 3) Soil forming processes and pedogenesis 4) Acid-base equilibrium

MOTS-CLÉS

carbon cycle ● watershed ● aquatic ecosystems ● anthropogenic perturbations or land use change ● carbon sequestration ● field work and measurements

UE	UES INTERDISCIPLINAIRES 2	3 ECTS	
Sous UE	Monitoring the functioning and dynamics of ecosystems (M1 STPE-TERRE)		
KTES8AB3	Cours-TD : 26h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

GRIPPA Manuela
Email : manuela.grippa@get.omp.eu

TABACCHI Eric
Email : eric.tabacchi@univ-tlse3.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

The main objective of this course is to deliver fundamentals on ecosystem monitoring, accessible to a wide panel of students originating from diverse scientific disciplines. The concepts of ecosystem functioning/services and ecosystem dynamics need data to be delineated, monitored and modelled. Many tools, from satellite-based sensors to local data-loggers or field expertise, are available for building appropriate databases. The students will learn how to include structural (spatial, biodiversity) and functional (processes related to matter, information and energy fluxes) aspects of ecosystems into a multiscale approach, in order to measure, explain and forecast the consequences of environmental changes on bio-physical cycles and related natural services.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

The course will give a particular attention on biological/physical interactions and regulatory feedbacks. It will deliver knowledge about ecological measurements with critical insights on concepts, instruments and analysis/interpretation, focusing on ongoing research and activities in the framework of the critical zone and long term ecological observatories. It will encompass :

- A short theoretical introduction to ecosystem functioning and dynamics, including bio-geomorphic and bio-geochemical feedbacks
- A presentation of sensor capability and limitations in relation to technological and ecological aspects
- A field trip (Occitania Region) giving an illustration on the methods used for remote sensors calibration and for in situ measurements
- Practical exercises on cutting edge remote sensing applications linked to the topics addressed during the field trip
- Key-note flash conferences on specific examples

PRÉ-REQUIS

None

MOTS-CLÉS

ecosystem functioning and dynamics • remote sensing • local measurements and environmental sensors • ecosystem mapping and modelling

UE	UES INTERDISCIPLINAIRES 2	3 ECTS	
Sous UE	Artificial Intelligence in Earth and Space Science (M1 STPE-TERRE)		
KTES8AB4	Cours-TD : 26h	Enseignement en français	Travail personnel 49 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

The objective of the module is to deepen the knowledge taught in master 1 courses (SUTS, STPE and SOAC in particular) on numerical modelling of evolution equations (heat diffusion or advection equations).The students will learn how to build a program to represent the evolution of a specific physical process. Different processes can be chosen, and a list will be proposed to students at the beginning of the course.For instance, the student will build a program to represent convection (in the Earth mantle, in stars or in ocean or atmospheric boundary layers).
The students will also learn how to read the data calculated by the program and plot them graphically so as to analyze the physical process.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

The course will be constructed as a tutorial during which each student (grouped in pairs) develops his own programs.The programs will be developed on laptops provided by the University and equipped with adequate softwares : Linux ; FORTRAN/C++ ; Matlab/Python. Students will learn some basics of these programming languages. The course will be a mix of presentations and tutorials on computing sciences where the students develop their codes to address a specific physical problem they have chosen.We will start the module with some reminders of basic concepts on numerical modelling and programming languages, but the students following this course will really benefit from it if they have already addressed some aspects of numerical modelling or programming (see prerequisites for students opposite).Each student pair will chose a specific process study from a list and use the results of their simulations to understand it. The possible process studies are :

- Convection (in the Earth mantle, in stars or in ocean/atmosphere) ;
- Acoustic/Sismic waves
- Internal gravity waves
- Solitons (solitary waves)
- Kelvin-Helmholtz instability (growth of perturbation)
- Geostrophic adjustment
- Upwelling development

PRÉ-REQUIS

Basic knowledge of functional analysis and evolution equation, numerical schemes, programming. Knowledge of Linux, FORTRAN/C++ , Matlab/Python is recommended.

MOTS-CLÉS

numerical modelling • programming • process studies using evolution equations

UE	PHYSIQUE GENERALE	9 ECTS	1er semestre
Sous UE	Électromagnétisme		
KPFX7AM2	Cours : 18h , TD : 18h	Enseignement en français	Travail personnel 129 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

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

FRUIT Gabriel
Email : gabriel.fruit@utoulouse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce cours est un prolongement des cours d'électromagnétisme et d'optique ondulatoire étudiés en licence. On étudiera en profondeur les ondes électromagnétiques pour comprendre comment décrire la génération, la propagation et l'interaction avec la matière dans le cadre de milieux plus ou moins complexes. On étudiera comment décrire et manipuler de manière adaptée les différents degrés de libertés associés à une onde (temporel, spatial et polarisation).

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Rappels sur les équations de Maxwell, les ondes planes et la polarisation
- Sources de rayonnement du champ, potentiels retardés, diagrammes de rayonnement
- Diffusion dans un milieu dilué
- Équations de Maxwell dans la matière et propagation d'une onde dans la matière
- Ondes aux interfaces
- Modes de propagation d'une onde
- Diffraction et optique de Fourier

PRÉ-REQUIS

Électromagnétisme et optique ondulatoire de niveau licence. Analyse vectorielle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Electrodynamique classique, J.D. Jackson (Dunod)
Modern electrodynamics, A. Zangwill (Cambridge University Press)

MOTS-CLÉS

Onde électromagnétique, rayonnement, propagation, diffraction.

UE	PHYSIQUE GENERALE	9 ECTS	1er semestre
Sous UE	Dynamique des Fluides 1		
KSOX7AB1	Cours : 12h , TD : 12h	Enseignement en français	Travail personnel 129 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

AUCLAIR Francis
Email : francis.auclair@utoulouse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

le cours de Dynamique des Fluide 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.

COMPÉTENCES VISÉES

Voir Compétences de la Mention.

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 GENERALE	9 ECTS	1er semestre
Sous UE	Physique Statistique		
KSUX7AA1	Cours : 18h , TD : 18h	Enseignement en français	Travail personnel 129 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

COMBE Nicolas
Email : Nicolas.Combe@cemes.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif principale de ce cours est de traiter les ensembles statistiques en appliquant le principe d'indiscernabilité. Les statistiques quantiques de Fermi Dirac pour les Fermions et de Bose Einstein pour les bosons seront introduites et illustrées par de nombreux exemples issus 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)
- Exemples utilisant le principe d'indiscernabilité : capacité calorifiques de solides, gaz parfait, Modèle d'Ising en champ moyen, Gaz parfait quantique polyatomique.
-Statistiques quantiques (Particules bosoniques/fermioniques, statistiques de Bose Einstein et de Fermi-Dirac, exemples)

PRÉ-REQUIS

Physique statistique classique de niveau L3

COMPÉTENCES VISÉES

Physique statistique classique de niveau L3

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer, B. Roulet, Physique statistique, Hermann 1989
Couture et Zitoun, Physique statistique, Ellipse 1998,

MOTS-CLÉS

indiscernabilité, statistique de Fermi-Dirac, Statistique de Bose Einstein

UE	PHYSIQUE ATOMIQUE ET SUBATOMIQUE	9 ECTS	1er semestre
Sous UE	Physique atomique et moléculaire		
KSUT7AB1	Cours : 18h , TD : 18h	Enseignement en français	Travail personnel 147 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif du cours est de comprendre la structure des atomes et des molécules, les processus et propriétés physiques et chimiques à l'échelle microscopique, et les interaction avec le rayonnement électromagnétique. Ce dernier point est la base de la spectroscopie, un outil incontournable dans de nombreux domaines scientifiques et technologiques, avec un intérêt tout particulier en astrophysique.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Introduction :
  - importance de la physique atomique et moléculaire -
  - Concepts de la spectroscopie - Spectre des rayonnements
- Concepts Théoriques :
  - Théorie des perturbations indépendant du temps
  - Composition des moments angulaires
  - Systèmes atomiques à un électron : atome d'hydrogène - structure fine - structure hyperfine
  - Effet Stark / effet Zeeman
- Interaction rayonnement - matière : transitions dipolaires - règles de sélection
- Systèmes atomiques à plusieurs électrons :
  - Principe de Pauli
  - L'atome de hélium - Schéma de couplage LS / JJ
- Physique moléculaire :
  - La molécule H2+ et H2 - Approximation Born-Oppenheimer
  - Mouvements de noyaux : rotation, vibration - Spectroscopie vibrationnelle / rotationnelle

PRÉ-REQUIS

Physique quantique, Mécanique classique, Electromagnetisme

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, : Mécanique quantique. vol. I et vol. IIH. Haken, H.C. Wolf, W.D. Brewer : Atomic and quantum physics : an introduction to the fundamentals of experiment and theory

MOTS-CLÉS

Structure atomique et moléculaire / Transitions dipolaires / Approximation Born-Oppenheimer / Spectroscopie vibrationnelle et rotationnelle

UE	PHYSIQUE ATOMIQUE ET SUBATOMIQUE	9 ECTS	1er semestre
Sous UE	Astrophysique Nucléaire		
KSUT7AB2	Cours-TD : 24h	Enseignement en français	Travail personnel 147 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Former les étudiants aux principes fondamentaux de la physique nucléaire et à leurs applications dans le cadre de l'astrophysique et des techniques spatiales. Cet enseignement présente les notions essentielles pour aborder : la physique stellaire, la planétologie, les méthodes d'observation des photons X et gamma.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Rappels de physique nucléaire : modèles nucléaires (Fermi, modèle en couche, modèle de la goutte liquide), énergie de liaison et stabilité des noyaux, radioactivité.
- Les réactions nucléaires : lois de conservation, étapes d'une réaction nucléaire, réactions nucléaires résonantes et non résonantes, sections efficaces, facteur de pénétration de la barrière coulombienne, écrantage électronique.
- Calculs de nucléosynthèse : taux de réactions nucléaires dans les plasmas, énergie de Gamow, réseaux de réactions nucléaires, bilan en énergie.
- Méthodes expérimentales et observations : mesures de sections efficaces, spectrométrie gamma, astronomie gamma nucléaire.

PRÉ-REQUIS

Mécanique quantique niveau Licence, Physique nucléaire niveau Licence.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Introduction to nuclear reactions (G.R. Satchler),
The atomic nucleus (R.D. Evans),
Principe fondamentaux de structure stellaire (M. Forestini)

MOTS-CLÉS

Physique nucléaire, réactions nucléaires, nucléosynthèse

UE	PHYSIQUE ATOMIQUE ET SUBATOMIQUE	9 ECTS	1er semestre
Sous UE	Astroparticules		
KSUT7AB3	Cours-TD : 18h	Enseignement en français	Travail personnel 147 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif de cet enseignement est d'initier les étudiants à la physique des particules dans le cadre du modèle standard et à son application en astrophysique. Ce module donne les éléments de base pour comprendre les interactions des rayons cosmiques avec le milieu interstellaire et l'atmosphère.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

[u]Sous partie "Introduction à la physique des particules"[/u]

- Particules et interactions fondamentales : les constituants de la matière (leptons, baryons, mésons, quarks) ; nombres quantiques (leptonique, baryonique, étrangeté...) ; les quanta d'interactions (photon, bosons W± et Z0, gluons, graviton)
- Diffusion et interactions entre particules : relativité restreinte (rappel), lois de conservation, cinématique (quadrivecteur énergie-impulsion, variables de Mandelstam), énergie seuil, désintégration.

[u]Sous partie " Application à l'astrophysique - Astroparticules "[/u]

- Le rayonnement cosmique
- Production de pions, muons atmosphériques
- Diffusion Compton et inverse Compton
- Emission de photons Cerenkov.

PRÉ-REQUIS

Mécanique quantique niveau Licence, Relativité restreinte

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Relativité et invariance (J. Ph. Perez),
Cosmic ray astrophysics (R. Schlickeiser),
Particle astrophysics (H.V. Klapdor-Kleingrothaus & K. Zuber)

MOTS-CLÉS

Physique des particules, interactions fondamentales et modèle standard, relativité restreinte, rayons cosmiques.

UE	PHYSIQUE NUMERIQUE ET EXPÉRIMENTALE	9 ECTS	1er semestre
Sous UE	Physique Numérique		
KSUT7AC1	TP : 48h	Enseignement en français	Travail personnel 141 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce cours/TP a pour but de familiariser les étudiants avec des méthodes numériques utiles en physique et astrophysique. Une première partie expose les principales techniques numériques d'intégration, de résolution d'équations différentielles et de minimisation de fonctions puis dans une deuxième partie, les étudiants devront réaliser un projet numérique en relative autonomie afin d'appliquer les méthodes théoriques vues en première partie.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Introduction à Linux et au langage C
- Méthodes d'intégration numérique (rectangles, trapèzes, Simpson) : application à un exemple simple, mise en évidence de l'ordre des méthodes.
- Méthodes de résolution numérique d'équations différentielles (Euler, Runge-Kutta d'ordre 2 et 4) : application à la résolution d'équations différentielles d'ordre 1 et 2.
- Minimisation de fonctions

UE	PHYSIQUE NUMERIQUE ET EXPÉRIMENTALE	9 ECTS	1er semestre
Sous UE	Physique Expérimentale		
KSUT7AC2	TP DE : 15h	Enseignement en français	Travail personnel 141 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Parfaire l'apprentissage de la physique expérimentale par la découverte d'expériences de physique atomique et nucléaire, ancrées sur le programme de cours/Td du 1er semestre.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Travaux pratiques de physique
- Diffusion Compton
- Spectrométrie alpha
- Oscillateurs non linéaires
- Laser YAG
- Effet Zeeman

PRÉ-REQUIS

Lire les cahiers de TP **avant** d'arriver en séance !

MOTS-CLÉS

Mesures physiques, spectrométries, physique non linéaire

UE	PHYSIQUE NUMERIQUE ET EXPÉRIMENTALE	9 ECTS	1er semestre
Sous UE	Instrumentation Labview		
KSUT7AC3	TP : 21h	Enseignement en français	Travail personnel 141 h

[Retour liste des UE]

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	LANGUES VIVANTES (anglais)	3 ECTS	1er semestre
KSUT7ALU	TD : 24h	Enseignement en français	Travail personnel 51 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CONNERADE Florent
Email : florent.connerade@univ-tlse3.fr

MARTIN-GOMEZ Laura
Email : laura.martin-gomez@univ-tlse3.fr

MURAT Julie
Email : julie.murat@univ-tlse3.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Niveau C1/C2 du CECRL (Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues)
L'objectif de cette UE est de permettre aux étudiants de développer les compétences indispensables à la réussite dans leur future vie professionnelle en contextes culturels variés.
Il s'agira d'aquérir l'autonomie linguistique nécessaire et de perfectionner les outils de langue spécialisée permettant l'intégration professionnelle et la communication d'une expertise scientifique dans le contexte international.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Les étudiants développeront :
- les compétences liées à la compréhension de publications scientifiques ou professionnelles rédigées en anglais ainsi que les compétences nécessaires à la compréhension de communications scientifiques orales.
- les outils d'expression permettant de maîtriser une présentation orale et/ou écrite et d'aborder une discussion critique dans le domaine scientifique, (ex. rhétorique, éléments linguistiques, prononciation...) .
- la maîtrise des éléments d'argumentation critique à l'oral et/ou à l'écrit d'une publication scientifique
- une réflexion plus large sur leur place, leur intégration et leur rayonnement en tant que scientifiques dans la société, abordant des questions d'actualité, d'éthique, d'intégrité... .

PRÉ-REQUIS

Niveau B2 du CECRL.

COMPÉTENCES VISÉES

S'exprimer avec aisance à l'oral, devant un public, en usant de registres adaptés aux différents contextes et aux différents interlocuteurs.
Se servir aisément d'une langue vivante autre que le français : compréhension et expression écrites et orales :
- Comprendre un article scientifique ou professionnel rédigé en anglais sur un sujet relatif à leur domaine.
- Produire un écrit scientifique ou technique dans un anglais adapté, de qualité et respectant les normes et usages de la communauté scientifique anglophone.
-Interagir à l'oral en anglais : réussir ses échanges formels et informels lors des colloques, réunions ou entretiens professionnels.

MOTS-CLÉS

Projet - Anglais scientifique - Rédaction - Publication - Communications - esprit critique scientifique - interculturel

UE	ASTROPHYSIQUE EXPÉRIMENTALE ET GESTION DE DONNÉES	9 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Instrumentation en astrophysique		
KSUT8AA1	Cours : 12h , TP DE : 35h	Enseignement en français	Travail personnel 136 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

JEAN Pierre
Email : pierre.jean@utoulouse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Connaissance des outils et des méthodes en astronomie : télescopes et récepteurs modernes de lumière ; optique active et adaptative ; interférométrie ; l'observation dans l'espace ; photométrie, imagerie et spectroscopie

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

I - Cours : Systèmes d'observation pour le domaine visible- le rôle de l'observation en astronomie
- systèmes optiques (réfracteurs, réflecteurs)
- détecteurs
- caractéristiques instrumentales
- montures
- optique active
- optique adaptative
- espace des phases en astronomie observationelle (photométrie, imagerie, spectroscopie)

II - Travaux Pratiques :
- CCD Instrumentation
- CCD Images
- Spectroscopie optique
- Mesures magnétiques
- Spectrométrie & Imagerie gamma
- Télescope à muons

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

L'observation en astrophysique, Pierre Léna, et al., EDP Sciences - Collection : Savoirs Actuels - Juin 2008

MOTS-CLÉS

Télescopes, systèmes optiques, imagerie, spectroscopie, détecteurs, mesures astrophysiques, CCD, détecteurs de particules, mesure de champs magnétiques.

UE	ASTROPHYSIQUE EXPÉRIMENTALE ET GESTION DE DONNÉES	9 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Astrométrie et Observations		
KSUT8AA2	Cours-TD : 10h	Enseignement en français	Travail personnel 136 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

TOUBLANC Dominique
Email : dominique.toublanc@utoulouse.fr

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

I - Cours :
Astrométrie
- Systèmes de coordonnées astronomiques, Précession, Nutation, aberration
- Transformations de coordonnées, Trigonométrie sphérique
- Matérialisation des repères spatiaux, position d'un objet dans le ciel
- Echelles de temps : Le temps atomique ; Les temps universel, solaire, sidéral, Date julienne
- Parallaxes stellaires

II - Travaux Pratiques :
Observations de nuit : pratique des montures équatoriales, mise en station d'un instrument d'amateur, problématique de
l'acquisition d'images CCD, traitement des images.
Ou : analyse d'images CCD : orbites d'astéroides, exoplanètes...

MOTS-CLÉS

Observations, astrométrie, coordonnées astronomiques, trigonométrie sphérique

UE	ASTROPHYSIQUE EXPÉRIMENTALE ET GESTION DE DONNÉES	9 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Traitement du signal et des images		
KSUT8AA3	Cours-TD : 20h	Enseignement en français	Travail personnel 136 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les instruments en sciences de l'Univers acquièrent la plupart du temps les données sous la forme de signaux et d'images.
L'objectif de cette UE est d'introduire les outils permettant d'analyser et de manipuler les signaux et images.
L'accent sera mis sur les outils de représentation des signaux, images et systèmes analogiques et numériques déterministes et aléatoires et les traitements de base tels que le filtrage et l'analyse spectrale.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

1) Introduction au traitement du signal
Représentations temporelles des signaux et signaux particuliers (Dirac, porte...). Propriétés temporelles des signaux (périodiques, non périodiques, temps-continu, temps discret...)
2) Représentations fréquentielles des signaux
Représentations fréquentielles des signaux à temps continu. Échantillonnage et théorème de Shannon. Représentations fréquentielles des signaux à temps continu
3) Analyse spectrale des signaux déterministes
Analyse spectrale par TFD, notion de résolution, fenêtrage et zero-padding. Problèmes de l'échantillonnage irrégulier et des données manquantes.
4) Filtrage des signaux analogiques et numériques
Propriétés des systèmes (linéarité, invariance, causalité, stabilité...) Étude des filtres (équation de récurrence et représentations fréquentielles). Synthèse de filtres
5) Introduction aux signaux aléatoires
Définition, stationnarité, moyenne et corrélation, densité spectrale de puissance, bruit blanc. Filtrage des signaux aléatoires et formule des interférences. Introduction à l'analyse spectrale des signaux aléatoires.

PRÉ-REQUIS

Outils mathématiques : transformée de Fourier et Développement en série de Fourier et probabilités

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Traitement numérique des signaux, M. Kunt, PPUR, 1996
Signaux et Images Sous Matlab , G. Blanchet et M. Charbit, Hermes, 2001
Introduction à la théorie du signal et de l'information, F. Auger, Technip, 1999

MOTS-CLÉS

Signaux, systèmes, représentations temporelles, représentations fréquentielles, filtrage, analyse spectrale, images.

UE	ASTROPHYSIQUE EXPÉRIMENTALE ET GESTION DE DONNÉES	9 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Statistiques pour le traitement de données		
KSUT8AA4	Cours-TD : 12h	Enseignement en français	Travail personnel 136 h

[Retour liste des UE]

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

1) Variables aléatoires à valeur discrète ou a valeur continue, loi de probabilité (probabilité et densité de probabilité).
Espérance, moments, covariance et analyse en composantes principales. Loi et espérance conditionnelles. Théorème central limite et syndrome gaussien.
2) Notion d'estimation : définition d'un estimateur, biais et variance d'un estimateur.

MOTS-CLÉS

Variables aléatoires, lois de probabilité, espérance, notion d'estimation.

UE	UNIVERS LOINTAIN	9 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Physique Stellaire		
KSUT8AB1	Cours-TD : 30h	Enseignement en français	Travail personnel 145 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Comprendre les propriétés de la matière stellaire, les équations de la structure interne et les principes de l'évolution stellaire dans le cadre du modèle standard (étoiles isolées, en négligeant les effets de la rotation et du champ magnétique). On introduira également des bases de physique stellaire observationnelle.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Physique stellaire observationnelle
  - luminosité, magnitudes
  - types spectraux, diagramme Hertzprung-Russel
  - grands projets instrumentaux en physique stellaire
- Equation de structure et propriétés de la matière stellaire
  - Equations de la structure interne
  - Transport de l'énergie dans les intérieurs stellaires
  - Equation d'état de la matière stellaire
  - Etats d'excitation et d'ionisation
  - Opacités dans les intérieurs stellaires
  - Réactions nucléaires
- Evolution stellaire
  - Formation stellaire
  - Séquence principale
  - Evolution post-séquence principale

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Stellar Physics and Evolution, *Kippenhahn & Weigert* - Stellar Interiors, Physical Principles, Structure, and Evolution, *Hansen, Kawaler & Trimble*

MOTS-CLÉS

transfert radiatif, convection stellaire, dégénérescence de la matière, opacités, réactions nucléaires, formation stellaire, évolution stellaire

UE	UNIVERS LOINTAIN	9 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Cosmologie et Physique des Galaxies		
KSUT8AB2	Cours-TD : 30h	Enseignement en français	Travail personnel 145 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Acquérir les notions de base en cosmologie et physique des galaxies

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Introduction : décrire l'univers à grande échelle **-** Paradoxe d'Olbers, homogénéité et isotropie
Les observations dans une métrique RW : Redshift, expansion, distances
Dynamique et solutions : Équations de Friedman-Lemaître, solutions et applications
Nucléosynthèse : Équilibre thermodynamique**,** Calculs des abondances, observations,Densité cosmologique de baryons
Fond cosmologique : Historique, corps noir, fond de neutrinos, recombinaison
L'univers tracé par les galaxies : Séquence morphologique et contenu, mesure des distances, description de l'univers local et à grande échelle, propriétés globales, introduction à la formation et évolution des galaxies.
Morphologie et structure des galaxies : Galaxies Elliptiques, Galaxies Spirales, profils de luminosité, propriétés cinématiques, détermination des masses aux différentes échelles.
Notre Galaxie comme exemple : Structure et composantes, cinématique, populations stellaires, MIS, processus physiques et contribution à la distribution spectrale en énergie.

PRÉ-REQUIS

Mécanique newtonnienne et Relativité restreinte

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

— Rich J., Cosmologie, Vuibert
— Galactic Astronomy, Binney & Merrifield, Princeton Univ. Press
— Galaxies et cosmologie, F. Combes, CNRS

MOTS-CLÉS

Cosmologie physique, Morphologie des galaxies, Cinématique, Composantes des galaxies, Voie Lactée

UE	UNIVERS LOINTAIN	9 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Milieu Interstellaire		
KSUT8AB3	Cours-TD : 20h	Enseignement en français	Travail personnel 145 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Le Ømilieu interstellaireØ est constitué de gaz (atomique, moléculaire et ionisé) à différentes températures mais aussi de poussières. 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. L'étudiant verra la complexité du milieu interstellaire, en constante évolution grâces aux récentes technologies, qui fait qu'il n'est pas possible de le décrire de facon linéaire.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

1) Introduction au milieu interstellaire
Composition du milieu interstellaire (MIS)
Contenu en gaz et poussières : formation, propriétés, composition...
2) Transfert radiatif dans le MIS
Niveau d'énergie des atomes et molécules /Emission et absorption du rayonnement / Coefficients d'Einstein.
Mesure de densité de colonne and sa relation aux abondances.
Utilisation de l'outil CASSIS avec observations des télescopes spatiaux et au sol.
3) Différents états de l'Hydrogène
Processus d'ionisation, de recombinaison / régions HII.
Nuages atomiques (HI) : ionisation et équilibre thermique.
Nuages moléculaires (H2) : gravité, champs magnétiques et turbulence.
4) Processus dans le MIS
Réactions en phase gazeuse, à la surface des grains.
Modélisation des régions denses et diffuses du MIS.

PRÉ-REQUIS

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

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

The interstellar medium, by J. Lequeux, Springer, 03 ;
The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium, by A.G.G.M. Tielens, Cambridge, 05 ;
Physics and Chemistry of the Interstellar Medium, by Sun Kwok, University Science Books, 07

MOTS-CLÉS

Milieu Interstellaire, transfert radiatif, formation stellaire

UE	SYSTÈME SOLAIRE	6 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Planétophysique		
KSUT8AC1	Cours-TD : 30h	Enseignement en français	Travail personnel 100 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Introduction à la planétologie en insistant sur la structure à l'équilibre d'une planète solide ou gazeuse : structure du corps solide et moyen d'investigation de cette structure + structure de l'enveloppe fluide entourant ce corps (atmosphère, ionosphère). Le rôle de l'atmosphère dans le transfert du rayonnement et son impact sur les observations astrophysiques sera abordé. Les techniques d'observations et de détection des exoplanètes sont aussi incluses.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

u **Partie "Enveloppes fluides"** [/u][u] : [/u]

1/ Panorama général des atmosphères planétaires et exoplanétaires
2/ Structure verticale et stabilité d'une atmosphère neutre
3/ Transfert de rayonnement dans une atmosphère - Effet de serre
4/ Physique des ionosphères : formation et transports des espèces ioniques

u **Partie Exoplanètes, habitabilité** [/u][u] :[/u]

1/ Principales techniques de détection des exoplanètes
2/ Classification en terme de masse, taille, composition atmosphérique...
3/ Concept d'habilitabilité

u **Partie "Géophysique et géodynamique** [/u][u]" :[/u]

1/ Equations d'état et modèles simples de structure interne des planètes
2/ Champ de gravité des planètes telluriques - Phénomènes de marées
3/ Champs magnétiques d'origine interne des planètes
4/ Déformations élastiques de la planètes (nombres de love et notions de sismologie)
5/ Convection du manteau des planètes telluriques et leur évolution thermique

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Beatty and Chaikin : *The New Solar System* ;
G. Kockarts : *Aéronomie* ;
J. Lilensten & P.L. Blelly :*Du Soleil à la Terre*

MOTS-CLÉS

Atmosphère planétaires ; transfert radiatif ; exoplanètes ; gravimétrie ; magnétisme ; sismologie

UE	SYSTÈME SOLAIRE	6 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Physique des Plasmas Spatiaux		
KSUT8AC2	Cours-TD : 20h	Enseignement en français	Travail personnel 100 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce cours/Td est une première approche de la physique des plasmas spatiaux. Il se décompose en deux grandes parties : après avoir défini l'état plasma et son importance dans l'univers, le mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique est étudié en détail avec comme application géophysique, les ceintures de radiation. Une deuxième partie est consacrée à la description fluide (MHD) d'un plasma et ses conséquences sur la structuration de l'univers.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

1. Introduction à la physique des plasmas
   - Définition, Production, Exemples, Grandeurs caractéristiques
   - Description cinétique / fluide d'un plasma
2. Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique et/ou électrique
   - Champ magnétique uniforme et dérive électrique
   - Champ magnétique non uniforme : dérives de gradient et de courbure
   - Effet miroir - Cône de perte - Invariants adiabatiques
   - Applications aux ceintures de radiation, aux tokamaks...
3. Introduction à la magnétohydrodynamique (MHD)
   - Equations de base
   - Théorème du gel : applications
   - Equilibres MHD : pression et tension magnétique

PRÉ-REQUIS

Mécanique du point - Electromagnétisme de Maxwell

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

G. Belmont et al., Introduction à la Physique des Plasmas, ISTE Edtiions
S. Galtier, Magnetohydrodynamique, Vuibert : Chap. 1-2

UE	TECHNIQUES SPATIALES ET PROJET TUTORÉ	6 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Introduction aux Techniques Spatiales		
KSUT8AD1	Cours-TD : 48h	Enseignement en français	Travail personnel 102 h

[Retour liste des UE]

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce cours a un double objectif : tout d'abord une introduction à la mécanique céleste, et à la mécanique spatiale. On donnera dans un premier temps les outils nécessaires à la compréhension et à la résolution des problèmes simples de mécanique spatiale. Dans un deuxième temps, ce cours se focalisera sur une revue des différents éléments constituant un système spatial, depuis le lanceur jusqu'au segment sol. Les différents sous-systèmes satellites seront décrits et leur mode de dimensionnement explicité. Une introduction au design des satellites sera effectuée.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Partie 1 : Introduction à la mécanique spatiale

- Problème à deux corps - Mouvement Képlérien - Equations de Gauss
- Applications aux satellites : trace au sol, héliosynchronisme - phasage
- Problème à trois corps restreint - Intégrale de Jacobi, points de Lagrange, Stabilité
- Problème à N corps, Trajectoires Interplanétaires

Partie 2 : Introduction aux systèmes spatiaux

- Définition des systèmes spatiaux - Missions et charges utiles
- Contraintes de l'environnement spatial - débris
- Contraintes de dimensionnement de mission spatiale, coût
- Lanceurs, géométrie du lancement, fenêtre de lancement
- Technologies de propulsion - Contrôle d'altitude et d'orbite
- Cycle de développement d'un satellite - Architecture satellite, mécanique et thermique
- Architecture télécommunication, bilans de liaison
- Architecture avionique, commande et contrôle, gestion bord
- Introduction aux budgets satellite, à la qualité dans le domaine spatial

UE	TECHNIQUES SPATIALES ET PROJET TUTORÉ	6 ECTS	2nd semestre
Sous UE	Projet tutoré de recherche ou Bureau d'Etudes		
KSUT8AD2	Projet : 25h	Enseignement en français	Travail personnel 102 h

[Retour liste des UE]

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FARGETTE Naïs
Email : nais.fargette@utoulouse.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Donner un premier contact avec le monde de la recherche et/ou des projets spatiaux.
Rédiger un rapport de recherche d'une dizaine de pages.
Présenter son travail à l'oral devant un jury d'experts.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Projet en groupe encadré par un chercheur visant à étudier et mettre en oeuvre des méthodes d'analyse de données ou de simulations numériques à partir d'un article scientifique.
Bureau d'études : projet à caractère plus expérimental ou instrumental encadré par un chercheur

GLOSSAIRE

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.


Université
de Toulouse