



# Anglais M2 PFA



Niveau d'étude  
BAC +5



ECTS  
2 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
21h

## En bref

- **Méthode d'enseignement:** En présence
- **Forme d'enseignement :** Travaux dirigés
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

## Présentation

### Description

Cours TD d'anglais, à l'intention des étudiants de la filière Master 2 Physique et qui visent l'insertion professionnelle en langue anglaise dans un contexte contemporain.

### Objectifs

- \* Mobiliser les 4 compétences langagières décrites par le Cadre Européen Commun de Références en Langues (CECRL) à un niveau B2
- \* Pratique de l'écoute et de la compréhension de documents sur le monde du travail anglo saxon
- \* Initiation à la recherche d'emploi en anglais

### Pré-requis nécessaires

Compréhension écrite et orale, notions de grammaire et compétences d'expression écrite et orale élémentaires.

Prérequis recommandés :

Niveau B2 du CECRL à l'oral comme à l'écrit

## Contrôle des connaissances

Contrôle continu intégral – La présence et une participation active aux cours seront exigées.

## Syllabus

- \* Compréhension orale – supports vidéo, échanges en groupe
- \* Compréhension écrite – à partir d'articles de la presse économique
- \* Expression orale en interaction – entretiens et travaux en groupe
- \* Expression écrite – entraînement à la rédaction de CVs et lettres de motivation
- \* Expression orale en présentations de labos ou d'entreprises de spécialité et entretiens d'embauche individuels

## Infos pratiques



---

## Contacts

### Responsable pédagogique

Sonia Chalbi

✉ [sonia.chalbi@umontpellier.fr](mailto:sonia.chalbi@umontpellier.fr)

### FdS master physique

✉ [fds-master-physique@umontpellier.fr](mailto:fds-master-physique@umontpellier.fr)

---

## Lieu(x)

➤ Montpellier - Triolet



# Astroparticules 2



Niveau d'étude  
BAC +5



ECTS  
4 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
24h

## En bref

- **Méthode d'enseignement:** En présence
- **Forme d'enseignement :** Cours magistral
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

## Présentation

### Description

Le cours décrit les différents détecteurs et les processus physiques mis en jeu lors de la détection des particules en physique des hautes énergies. Dans un second temps, nous décrirons le fonctionnement des principaux accélérateurs de particules que nous retrouvons en physique des hautes énergies mais aussi dans bien d'autres domaines tels que le médical, l'industrie, la science des matériaux, l'archéologie etc...

Le cours donne une description détaillée des processus physiques et des techniques expérimentales intervenant lors de la détection des particules chargées et neutres dans les détecteurs, cette détection étant la base de toute mesure physique.

On donnera une description détaillée des différents rayonnements et des interactions particules-matière.

Nous nous attacherons à décrire les systématiques associées à ces processus ainsi qu'à leur traitement statistique.

## Objectifs

Le premier objectif du cours est que les étudiants soient capables de comprendre et/ou définir quels types de détecteurs seront nécessaires lors de leurs futurs projets tout en sachant évaluer approximativement leurs futures performances, efficacités, coûts etc... Le second objectif est de sensibiliser les étudiants aux systématiques inhérentes à tout détecteur lors de l'analyse des données, ces dernières ayant un impact certain sur l'interprétation physique de ces analyses.

## Pré-requis nécessaires

- Formation générale en physique niveau M1,
- Physique nucléaire et corpusculaire,
- Mathématiques pour la physique.

### Pré-requis recommandés :

Notions de bases en :

- Relativité restreinte et de cinématique relativiste,
- Physique nucléaire.



## Contrôle des connaissances

Examen final écrit sans documents d'une durée de 3h.

## Syllabus

Supports de cours/TD et cours/corrections des exercices en anglais.

Section 1 "Introduction to detectors"

1/ Interactions of particles with matter for dummies

2/ Examples for major discoveries made possible by detector progress

A/ Discovery of positron by C.Anderson and imaging techniques

B/ First neutral current events and electronic detectors

C/ Discovery of intermediate vector bosons  $W_{\pm}, Z_0$ , UA1 and UA2 at CERN in anti-p interactions

D/ Discovery of neutrino oscillations + detection of neutrinos from SN1987A

E/ Discovery of the Higgs boson at CERN in p p interactions

3/ A very simple detector :

A/ key components of a typical scintillation counter

B/ Scintillators

C/ Photo Multiplier Tubes, Light Collection and Photon Detection

4/ Parameters characterizing detectors

5/ Example of a particle detector in space for gamma-ray astronomy. The Fermi Observatory !

Section 3 : "Interaction of charged particles with matter"

1) Energy loss of heavy charged particles :

A/ Bethe-Bloch Formula

B/ Discussion of Bethe-Bloch formula

C/  $\#$ -Rays

D/  $\Delta E - E$  Telescopes, Particle ID from  $dE/dx$

2) Interaction of electrons with matter

A/ Electron energy loss

B/ Critical energy

C Mean free path

D/ Radiation length

3) Fluctuations :

A/ Fluctuations in energy loss distribution, Landau distribution

B/ Multiple scattering

C/ How does interaction of charged particles with matter impact the science ? Some examples from the LAT

4) Cherenkov radiations

A/ Definition

B/ Cherenkov counters

Section 4 : "Interaction of  $\gamma$  - rays with matter"

1/ Attenuation of  $\gamma$ -rays: Some definitions

2/ Photoelectric absorption

3/ Compton scattering



4/ Pair production

Section 5 : “Electromagnetic and hadronic showers”

1/ Electromagnetic showers

2/ Interaction of hadrons

3/ Calorimetry

Section 3 : “Accelerators”

1/ History and over view of particle accelerators

A/ Why study particle accelerators ?

B/ Radioactivity

C/ Cosmic rays

D/ Early accelerators

2/ Colliders

A/ Over view

B/ Luminosity

C/ Particle sources

D/ Synchrotron radiations

3/ Main colliders and accelerator

A/ Cyclotrons

B/ Synchrocyclotrons (protons)

C/ Linear accelerators (electrons)

D/ The LHC accelerator complex

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Eric Nuss

✉ [eric.nuss@umontpellier.fr](mailto:eric.nuss@umontpellier.fr)

FdS master physique

✉ [fds-master-physique@umontpellier.fr](mailto:fds-master-physique@umontpellier.fr)

---

### Lieu(x)

➤ Montpellier - Triolet



# Atelier Astrophysique observationnelle 2



Niveau d'étude  
BAC +5



ECTS  
4 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
30h

## En bref

- **Méthode d'enseignement:** En présence
- **Forme d'enseignement :** Travaux dirigés
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

- \* Proposer une modélisation et une interprétation astrophysique des données répondant aux buts fixés
- \* Exploiter à bon escient des ressources bibliographiques et des bases de données
- \* Rédiger un rapport respectant les standards de la littérature scientifique

## Présentation

### Description

Au cours de l'UE Atelier Astrophysique observationnelle 2 les étudiants doivent mener à bien toutes les étapes d'une étude astrophysique observationnelle. Depuis la définition des observations spectroscopiques ou photométriques à mener au cours d'un séjour de 4 nuits à l'Observatoire de Haute-Provence, jusqu'à la modélisation et la discussion critique de leurs mesures et la rédaction d'un rapport scientifique, les étudiants sont acteurs de cet enseignement.

### Objectifs

- \* Définir précisément les objectifs du projet choisi et les méthodes à mettre en œuvre
- \* Planifier et préparer les observations requises pour mener à bien le projet
- \* Mettre en œuvre le programme d'observation et l'adapter aux conditions rencontrées
- \* Calibrer les données brutes pour obtenir des données exploitables scientifiquement

### Pré-requis nécessaires

- \* Astrophysique
- \* Programmation pour la Physique

#### Prérequis recommandés :

- \* Atelier Astrophysique observationnelle 1

### Contrôle des connaissances

Oral

### Syllabus

Pendant tout le semestre les étudiants travaillent en groupe sur un projet qu'ils ont choisi parmi un ensemble de sujets proposés. En se basant sur les ressources bibliographiques indiquées, leur propres recherches ainsi que sur de fréquents échanges avec les enseignants, il doivent



mener à bien une étude d'astrophysique observationnelle exploitant les télescopes et instruments mis à leur disposition à l'Observatoire de Haute-Provence. Les étudiants réalisent ainsi un travail de recherche se basant sur des outils professionnels et aboutissant à la rédaction d'un rapport aux normes de la littérature scientifique.

---

## Bibliographie

- \* **Essential Astrophysics**, Kenneth R. Lang, Springer, 2013
- \* **L'observation en astrophysique**, P. Léna, EDP Sciences CNRS, 2008
- \* **Introduction to Astronomical Photometry**, E Budding & O Demircan, Cambridge University Press, 2007
- \* **Introduction to Astronomical Spectroscopy**, I. Appenzeller, Cambridge University Press, 2012
- \* **The Observation and Analysis of Stellar Photospheres**, D.F. Gray, Cambridge University Press, 2005

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Julien Morin

✉ [julien.morin@umontpellier.fr](mailto:julien.morin@umontpellier.fr)

FdS master physique

✉ [fds-master-physique@umontpellier.fr](mailto:fds-master-physique@umontpellier.fr)

---

### Lieu(x)

➤ Montpellier - Triolet



# Cosmologie



Niveau d'étude  
BAC +5



ECTS  
6 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
36h

## En bref

- › **Méthode d'enseignement:** En présence
- › **Forme d'enseignement :** Cours magistral
- › **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

## Présentation

### Description

On développera dans ce cours les notions de base en cosmologie acquises en M1 dans le cours *Relativité Générale et Cosmologie* du M1S1. Le cours est articulé autour des grands chapitres suivants : énergie noire et expansion accélérée, histoire thermique de l'Univers, perturbations cosmologiques, modèles inflationnaires.

### Objectifs

Le but de cette unité d'enseignement est d'approfondir les connaissances théoriques acquises au niveau du M1 en cosmologie théorique et de donner aux étudiants les connaissances nécessaires leur permettant d'accéder à la recherche actuelle cosmologie. A l'issue du cours les étudiants doivent être en mesure de lire des articles de

recherche ayant trait à la cosmologie et, pour certains d'entre eux, de poursuivre avec une thèse en cosmologie.

### Pré-requis nécessaires

Les notions de base acquises en M1 dans le cours «Relativité Générale et Cosmologie», Physique Statistique.

#### Pré-requis recommandés :

Théorie quantique des champs.

### Contrôle des connaissances

Examen écrit (3 heures)

### Syllabus

**Univers en expansion accélérée :** Energie Noire, Quintessence, Systèmes dynamiques et champs scalaires, Gravitation Modifiée, Modèles  $f(R)$ , Modèles scalaire-tenseur et Caméléon

**Histoire thermique :** distributions thermiques, Fond Diffus, expansion adiabatique, découplage et abondances reliques, neutrinos.

**Perturbations cosmologiques :** Approximation Newtonienne, longueur de Jeans, fluctuations des diverses composantes (baryons, rayonnement, matière



noire), perturbations adiabatiques et isocourbes, gravitation modifiée, neutrinos massifs.

**Fluctuations primordiales** : modèles inflationnaires, fluctuations quantiques de l'inflaton, dynamique de l'inflaton et des fluctuations, roulement lent, ondes gravitationnelles primordiales, fluctuations de densité, spectres de puissance et indices spectraux

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

David Polarski

✉ [david.polarski@umontpellier.fr](mailto:david.polarski@umontpellier.fr)

FdS master physique

✉ [fds-master-physique@umontpellier.fr](mailto:fds-master-physique@umontpellier.fr)

### Lieu(x)

---

➤ Montpellier - Triolet



# Milieu Interstellaire



Niveau d'étude  
BAC +5



ECTS  
3 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
18h

## En bref

- › **Méthode d'enseignement:** En présence
- › **Forme d'enseignement :** Cours magistral
- › **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

## Présentation

### Description

Milieu interstellaire : processus physico-chimiques – phases – radioastronomie.

Cette UE permet d'acquérir des notions sur les processus physico-chimiques importants pour le milieu interstellaire (processus dynamiques, thermiques et chimiques) ainsi que sur les diagnostics observationnels associés (spectroscopie moléculaire, radioastronomie). Les principales phases du milieu interstellaire (phases ionisée, atomique et moléculaire) sont également présentées.

### Objectifs

Connaissance des processus physico-chimiques importants dans les milieux très dilués

Connaissance des différentes phases du milieu interstellaire

Initiation à la radioastronomie

## Pré-requis nécessaires

Physique atomique (Atomes, Molécules et Rayonnement)

Hydrodynamique

**Prérequis recommandés :**

Astrophysique

Dynamique des fluides en astrophysique et cosmologie

## Contrôle des connaissances

Examen écrit final

## Syllabus

Introduction : présentation des caractéristiques générales du milieu interstellaire

Processus fondamentaux en physique atomique et moléculaire pour l'astrophysique : coefficients d'Einstein – excitation collisionnelle (collisions inélastiques) – équilibre statistique – rotation et vibration des molécules

Phases du milieu interstellaire : région H II – milieu atomique froid – nuages moléculaires

Chimie interstellaire : Astrochimie : Généralités – Introduction à la dynamique réactionnelle – Chimie en phase gaz



(réactions bimoléculaires neutre-neutre, ion-molécule,...) –  
Chimie à la surface de solides (grains, glaces) – Chimie  
prébiotique

Poussières interstellaires

Régions de photodissociation : processus thermiques et  
dynamiques

Radioastronomie

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Eric JOSSELIN

✉ [Eric.Josselin@umontpellier.fr](mailto:Eric.Josselin@umontpellier.fr)

FdS master physique

✉ [fds-master-physique@umontpellier.fr](mailto:fds-master-physique@umontpellier.fr)

---

### Lieu(x)

➤ Montpellier - Triolet



# Physique des particules 2



Niveau d'étude  
BAC +5



ECTS  
4 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
24h

## En bref

- **Méthode d'enseignement:** En présence
- **Forme d'enseignement :** Cours magistral
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

- Savoir calculer des sections efficaces et des largeurs de désintégration de processus élémentaires.
- Être capable de comprendre les recherches effectuées auprès d'accélérateurs de particules comme le LHC (CERN).

## Présentation

### Description

Ce cours propose une description complète du Modèle Standard de la Physique des Particules. Nous commencerons par étudier l'équation de Dirac, description quantique de la dynamique d'une particule de spin  $\frac{1}{2}$ . Puis nous verrons comment décrire les interactions électromagnétiques avec la théorie de l'électrodynamique quantique. Ensuite nous aborderons les interactions faibles et leur description unifiée avec l'interaction électromagnétique par la théorie électrofaible. Enfin nous étudierons les théories de jauge et leur brisure spontanée afin d'exposer la théorie complète du Modèle Standard de la Physique des Particules. Pour conclure nous donnerons un bref aperçu des théories au-delà du Modèle Standard.

### Objectifs

- Acquérir une connaissance approfondie du Modèle Standard de la Physique des Particules.

### Pré-requis nécessaires

- Mécanique Quantique Avancée
- Electromagnétisme, Théorie Classique des Champs
- Relativité Restreinte, Cinématique Relativiste
- Mécanique Hamiltonienne et Lagrangienne
- Physique Mathématique, Théorie des Groupes

#### Prérequis recommandés :

- Introduction à la Physique des Particules
- Théorie Quantique des Champs

### Contrôle des connaissances

Contrôle Terminal, épreuve écrite (3h) sans documents.

### Syllabus



0 – Introduction

I – Équation de Dirac

II – Électrodynamique Quantique

III – Interaction Faible

IV – Interaction Électrofaible

V – Théories de Jauge

VI – Brisure Spontanée de Symétrie

VII – Modèle Standard de la Physique des Particules

VII – Au-delà du Modèle Standard

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Cyril Hugonie

✉ [cyril.hugonie@umontpellier.fr](mailto:cyril.hugonie@umontpellier.fr)

FdS master physique

✉ [fds-master-physique@umontpellier.fr](mailto:fds-master-physique@umontpellier.fr)

### Lieu(x)

➤ Montpellier - Triolet



# Théorie quantique des champs



Niveau d'étude  
BAC +5



ECTS  
4 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
24h

## En bref

- **Méthode d'enseignement:** En présence
- **Forme d'enseignement :** Cours magistral
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

## Présentation

### Description

Cette UE est une introduction à la théorie quantique des champs relativistes et à ses applications dans la physique des particules. Par l'exemple d'un champ scalaire, on développera les formalismes de la quantification canonique et de la quantification par l'intégrale de chemin avant d'introduire la théorie des perturbations et quelques notions de la renormalisation. On discutera la quantification des champs de spin 1/2 et de spin 1 pour finir avec une discussion de l'électrodynamique quantique.

### Objectifs

Connaître les notions d'un champ relativiste classique et quantifié et les formalismes de la quantification canonique et par l'intégrale de chemin. Comprendre la nécessité et quelques techniques élémentaires de la renormalisation, notamment la régularisation dimensionnelle. Savoir calculer

des sections efficaces et des taux de désintégration au niveau des diagrammes à une boucle en théorie des perturbations dans une théorie scalaire et dans l'électrodynamique quantique.

### Pré-requis nécessaires

Connaissances en physique, mathématiques et anglais au niveau de la licence en physique et du M1 Cosmos, champs et particules. En particulier relativité restreinte, mécanique quantique avancée, électrodynamique, phénoménologie des particules élémentaires.

#### Prérequis recommandés :

Connaissances en analyse fonctionnelle et en analyse complexe.

### Contrôle des connaissances

Examen terminal

### Syllabus

Champs classiques

Quantification canonique et quantification par l'intégrale de chemin

Théorie des perturbations, diagrammes de Feynman

Notions de la renormalisation



Champs fermioniques, champs de jauge et leur quantification

Électrodynamique quantique au niveau des diagrammes de l'arbre et d'une boucle.

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Felix Brummer

✉ [felix.brummer@umontpellier.fr](mailto:felix.brummer@umontpellier.fr)

FdS master physique

✉ [fds-master-physique@umontpellier.fr](mailto:fds-master-physique@umontpellier.fr)

---

### Lieu(x)

➤ Montpellier - Triolet



# Transfert de Rayonnement et Atmosphères Stellaires



Niveau d'étude  
BAC +5



ECTS  
3 crédits



Composante  
Faculté des  
Sciences



Volume horaire  
18h

## En bref

- **Méthode d'enseignement:** En présence
- **Forme d'enseignement :** Cours magistral
- **Ouvert aux étudiants en échange:** Non

## Présentation

### Description

Cette UE couvre l'essentiel des bases nécessaires à une bonne compréhension de la physique des atmosphères et des vents stellaires. Les éléments essentiels de la théorie du transfert de rayonnement sont couverts, à l'ETL (équilibre thermodynamique local) et hors-ETL, ainsi que la description du gaz (équation d'état) et son interaction avec le champ de rayonnement (opacités). Les modèles et simulations modernes sont présentés avec leur application à la détermination des paramètres stellaires, en particulier la composition chimique, via la spectroscopie. Les différents types de vents stellaires (pression, radiatif, hybride) sont décrits via les théories mises en regard des observations.

### Objectifs

Assurer les bases fondamentales en transfert radiatif pour aborder la plupart des problèmes d'astrophysique

Acquérir les bases de la physique des atmosphères stellaires permettant d'aborder les publications spécialisées du domaine

Connaître les théories essentielles de vents stellaires, et les mécanismes afférents

Savoir mettre en application ces connaissances pour effectuer des calculs, estimer des ordres de grandeurs, ou tester une théorie.

Connaître l'existence des codes numériques emblématiques de simulation des atmosphères et leur domaine d'application

### Pré-requis nécessaires

**Prérequis recommandés :**

Bases d'astrophysique, mécanique quantique, physique atomique, physique statistique

### Contrôle des connaissances

Contrôle continu integral

### Syllabus

Transfert radiatif avancé : ETL, hors-ETL, formation des raies, processus atomiques, équilibre radiatif, atmosphère grise



Atmosphères stellaires : équations et ingrédients physiques, structure, atmosphères hydrostatiques, convection, simulations hydrodynamiques radiatives 3D, diagnostics

Spectroscopie stellaire : atome à deux niveaux, élargissement des raies, détermination de la composition chimique des atmosphères

Vents stellaires : vent solaire, vents radiatifs des étoiles chaudes, vents hybrides des géantes rouges

## Infos pratiques

---

### Contacts

Responsable pédagogique

Bertrand Plez

✉ [bertrand.plez@umontpellier.fr](mailto:bertrand.plez@umontpellier.fr)

FdS master physique

✉ [fds-master-physique@umontpellier.fr](mailto:fds-master-physique@umontpellier.fr)

### Lieu(x)

---

➤ Montpellier - Triolet