

3PN3120 - Des étoiles aux planètes

Responsables : **Sacha BRUN**

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **45**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **27**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Cours : Introduction à l'astrophysique stellaire et planétaire

Nombre d'heures : 24 + 3h examen

Responsable du cours : Dr. A.S. Brun

Intervenants : Dr. A.S. Brun, Dr. R. Garcia, Dr. A. Strugarek

Objectif du cours:

Pourquoi les étoiles brillent-elles ? Quel est leur destin ? Ont-elles toujours existé ? Quelle est l'origine de leur magnétisme et activité de surface intense ? Comment les planètes se forment-elles, autour de quel type d'étoile ? Qu'est-ce qui peut rendre une planète habitable ? Quel est l'impact du Soleil sur les planètes et notre société technologique ?

Ce cours s'intéressera à l'évolution stellaire de la naissance à la mort des étoiles, avec une emphase particulière sur la dynamique non linéaire opérant en leur sein et à leur surface, l'interaction de celles-ci avec leur cortège d'(exo)planètes touchant aux concepts de la météorologie spatiale, des conséquences pour l'ingénierie terrestre et spatiale, ou encore de l'habitabilité. Nous aborderons les aspects théoriques de ces questions mais aussi ceux qui relèvent des observations, en partant des concepts physiques de bases et en les illustrant avec les dernières avancées (théoriques et observationnelles) dans le domaine. L'une des particularités de ce cours est de brasser de nombreux thèmes de physique (physique nucléaire, turbulence, gravitation, magnéto-hydrodynamique, effet dynamo, interaction étoiles-planètes, chimie atmosphérique). Le Soleil et le système solaire nous serviront ici d'étoile/système de référence, nous permettant de distinguer ce qui est spécifique de ce qui est générique à ces objets célestes, nous permettant de généraliser les notions aux cas des exo-systèmes.

Méthodes pédagogiques :

Cours magistral (présentation par slides et dérivations mathématiques et physiques de principes fondamentaux au tableau)

Méthodes d'évaluation :

QCM et grandes questions - examen de 3h

Bibliographie/supports : diapositives de cours en français et document pdf en anglais.

Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

Prérequis :

Prérequis:

de bonnes notions de physique de base :

- mécanique/dynamique du point et solides,
- équations de Maxwell
- capacité de faire des calculs d'ordre de grandeur et mathématiques

Plan détaillé du cours (contenu) :

Contenu

1. Introduction à ce qu'est une étoile: cohésion et stabilité d'une étoile, modèle 1D de structure stellaire, bilan énergétique, limites de masse et étoiles dégénérées (naine blanche, étoile à neutron). 4h
2. Turbulence convective et rotation dans les étoiles, effet dynamo et variabilité du champ magnétique des étoiles. 4h
3. Sismologie du Soleil et des étoiles, modes de vibration, compréhension des écoulements internes des étoiles. 3h
4. Structuration de l'environnement des étoiles -l'astérosphère-, phénomènes transients et éruptifs dans l'atmosphère des étoiles de type solaire, météorologie de l'espace, conséquences de l'activité solaire sur notre société technologique (blackout radio et gps, scintillation ionosphérique, perturbations grilles électriques/réseaux et satellites). Évolution séculaire conjointe d'une étoile et de son environnement, habitabilité: notion de planète 'habitable' en fonction de la distance à l'étoile hôte et à l'âge du système. 4h
5. Introduction à ce qu'est une planète: formation dans un disque proto-planétaire, modèle 1D de structures planétaires, diversité des planètes dans le système solaire (taille, masse, atmosphère, magnétosphère): 3h
6. La révolution des exoplanètes: méthodes de détection des exoplanètes, diversité des mondes, structuration des systèmes multi-corps. 3h
7. Interactions étoile-planète: irradiation des atmosphères, effets de marées, interaction magnétique. Evolution séculaire des systèmes étoile-planètes, Exo-biologie, équation de Drake et paradoxe de Fermi 3h

Déroulement, organisation du cours :

Cours magistraux et travail de recherche personnel

Organisation de l'évaluation :

* examen :

- QCM + questions longues: physique stellaire et planétaire et interactions étoiles-planètes

Moyens :

Cours magistraux; présentations vidéo, slides à disposition envoyées en avance, dérivations analytiques au tableau

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

Compétences acquises

Comment utiliser et emboîter des notions de physique variées, manipuler les ordres de grandeurs avec aisance, décrire le cycle de la matière stellaire, brique fondamentale de l'univers et comment

les planètes se forment et évoluent de concert avec les étoiles. Notion d'habitabilité et de météorologie de l'espace.

L'élève apprendra aussi à manipuler et dériver des concepts/calculs clés en mécanique des fluides et plasmas astrophysiques, stellaires et planétaires ainsi que sur les interactions étoiles-planètes.

Description des compétences acquises à l'issue du cours

:

Learned Skills:

Use and master various physics concepts, manipulate orders of magnitude with ease, describe the cycle of stellar matter, the fundamental building block of the universe, and how planets form and evolve in concert with stars. Notion on habitability and space weather.

Students will also learn to manipulate and derive key concepts/calculations in astrophysical, stellar and planetary fluid mechanics and plasmas, as well as star-planet interactions.

Bibliographie :

- slides du cours
- films, animations, simulations numériques
- liens vers supports grand public concernant des résultats récents de l'observation / modélisation
- articles scientifiques de revue