

Titre : Plasmas astrophysiques à haute densité d'énergie

Sigle : O4

Coordinateur de l'UE : Andrea CIARDI, Laboratoire d'Etudes du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique et Atmosphères (LERMA)

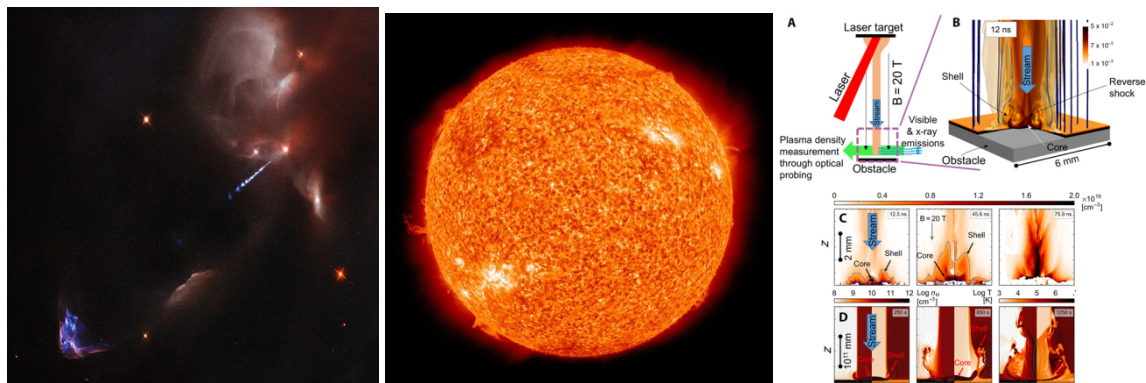
Equipe pédagogique : Andrea CIARDI, Robin PIRON

Prérequis : Masters M1 de Physique et Ecoles d'Ingénieurs

Crédits : 3 ECTS

Langue : Français

Mots-clés : Astrophysique, Plasmas naturels, Matière à haute densité d'énergie, Fusion thermonucléaire, Transfert radiatif, Magnétohydrodynamique.



Gauche : Jet astrophysique d'une étoile jeune : objet HH34 [ESA/Hubble, CC BY 4.0]

Centre : Le Soleil [NASA/SDO (ALA), Public domain]

Droite : Astrophysique de laboratoire avec les lasers de haute puissance (Revet et al. , "Laboratory unraveling of matter accretion in young stars" , Science Advances, 2017)

Les étoiles concentrent l'écrasante majorité de la matière visible dans l'univers, sous la forme de plasmas chauds. Dans ce cours, nous nous concentrons sur les plasmas à haute densité d'énergie, qui sont impliqués dans la formation et l'évolution des étoiles.

L'objectif de ce module est d'expliquer les phénomènes physiques macroscopiques qui structurent les plasmas stellaires et dictent leurs conditions thermodynamiques, ainsi que les éléments de physique microscopique qui déterminent localement leurs propriétés.

Après une introduction, nous abordons qualitativement le processus de formation des étoiles. Nous étudierons la dynamique des disques d'accrétion et des jets astrophysiques qui interviennent au début de l'existence de l'étoile. Nous nous penchons sur leur fonctionnement interne durant la séquence principale, phase la plus longue de leur existence. Nous nous intéressons à la production de chaleur au sein de l'étoile et au transport de cette chaleur jusqu'à sa surface, aboutissant alors aux équations de la structure stellaire. Nous abordons aussi quelques éléments de modélisation qui permettent de calculer des propriétés utiles à la modélisation des étoiles : les équations d'état et les opacités. Il est aussi question de l'évolution et de la fin de vie des étoiles, des supernovae et de l'accélération des rayons cosmiques. Enfin, nous discutons des travaux récents qui visent à reproduire certains phénomènes astrophysiques en laboratoire, en utilisant des lasers de haute puissance ou des machines à striction magnétique (z-pinch).

Plan du cours

1. Introduction, contexte astrophysique
2. Phénomènes mis en jeu dans la formation stellaire
3. Fusion thermonucléaire dans les étoiles, nucléosynthèse stellaire
4. Transfert radiatif dans les intérieurs stellaires
5. Transfert convectif dans les intérieurs stellaires
6. Équations de la structure stellaire
5. Propriétés thermodynamiques et radiatives
6. Évolution stellaire, supernovae et rayons cosmiques
7. Astrophysique de laboratoire