

Module de Physique Stellaire (80h)

Transfert de rayonnement, physique des atmosphères stellaires et planétaires,
20h cours + 10 h TD

M. Faurobert (Professeur, Laboratoire Fizeau, UNS/OCA)

- Introduction au transfert radiatif: 1. Caractérisation des spectres stellaires. 2. Processus de rayonnement. 3. Equation de transfert. 4. Approximation de diffusion. 5. Atmosphère grise en équilibre radiatif.
- Modèles d'atmosphères en équilibre thermodynamique local (ETL) et hors-ETL: 1. Rappels sur l'ETL . 2. Solution formelle de l'équation de transfert. 3. Calculs théoriques des spectres continus stellaires et planétaires.
- Formation des raies spectrales: 1. Opacité, coefficients Einstein. 2. Rappels de spectroscopie. 3. Formation des raies spectrales à l'ETL et hors ETL. 4. Probabilité d'échappement, thermalisation. 5. Equation intégrale pour la fonction source. Travaux pratiques.
- Méthodes numériques pour le transfert de rayonnement hors-ETL. Méthodes ALI, Jacobi, Gauss-Seidel. Travaux pratiques.
- Transfert de rayonnement polarisé : 1. Paramètres de Stokes. 2. Equation de transfert pour la lumière polarisée. 3. Effet Zeeman, effet Hanle, diagnostic des champs magnétiques. Applications en physique solaire.

Modélisation d'atmosphères d'étoiles froides : applications pratiques avec le code MARCS (10H TD/TP)

Patrick de Laverny (Astronome-adjoint, Laboratoire Cassiopée, UNS/OCA)

- 1) MARCS : un code de transfert pour les atmosphères d'étoiles froides (description des programmes, équations traitées, méthodes de résolution numérique, bibliographie)
- 2) Analyse de modèles d'atmosphères de différents types d'étoiles, calcul des coefficients d'opacités, liste de raies, construction de spectres synthétiques.
- 3) Exemple d'application : détermination d'abondances dans des étoiles de la séquence principale et évoluées (construction de courbes de croissance et synthèse spectrale).

Structure Interne des étoiles (12h cours, 8h TD)

Philippe Stee (CR, CNRS, Laboratoire Fizeau, UNS/OCA)

- 1) Propriétés observées des étoiles a) définition d'une étoile b) résumé des observations

- 2) Analyse dimensionnelle des objets autogravitants compacts et en équilibre a) Objets froids b) Objets chauds
- 3) Equation de la structure interne des étoiles a) Equilibre hydrostatique b) Conservation de l'énergie thermique c) transport radiatif de l'énergie thermique d) transport convectif de l'énergie thermique e) Résumé et conditions aux limites
- 4) Equations d'état du gaz. Thermodynamique. a) Equation d'état du gaz parfait b) influence des interactions
- 5) Réactions (thermo)nucléaires a) taux de réactions nucléaires b) principaux stades de réactions nucléaires dans les étoiles
- 6) Processus de transport de l'énergie a) Transport radiatif b) Convection c) Conduction
- 7) Stabilité des étoiles. a) Concept de stabilité b) Equations d'évolution hors équilibre c) Oscillations adiabatiques (radiales) d) Modèle analogique pour des oscillations non adiabatiques e) Instabilité vibrationnelle des étoiles.

Evolution stellaire (20 h)

R. Monier (Professeur, Laboratoire Fizeau, UNS/OCA)

- 1) Le problème général: - Equations différentielles de l'évolution stellaire - Conditions aux limites, calculs numériques, existence et unicité des solutions
- 2) Evolution avant et sur la Séquence Principale: - Formation de protoétoiles, contraction avant la Séquence Principale - Evolution chimique sur la Séquence Principale
- 3) Evolution après la Séquence Principale: - Evolution par brûlage d'hélium: étoiles massives - Evolution par brûlage d'hélium: étoiles de faibles masse - Phases ultérieures - Explosions finales et collapse, objets compacts
- 4) Etoiles pulsantes: - Pulsations sphériques adiabatiques - Pulsations sphériques non-adiabatiques - Oscillations stellaires non radiales
- 5) Rotation stellaire: - Mécanique et thermodynamique des modèles stellaires en rotation - Distribution de vitesse angulaire dans les étoiles