UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

**Faculté des sciences**
Département de physique

**PLAN DE COURS**
Trimestre d'hiver

# ASTROPHYSIQUE

# PHQ 574

| COURS | |
|---|---|
| **Titre :** | Astrophysique |
| **Sigle :** | PHQ 574 |
| **Crédits :** | 3 (3 1 5) |
| **WWW :** | Consultez Moodle |
| **Travaux dirigés :** | 1 heure/semaine |
| **Travail personnel :** | 5 heures/semaine |
| **Session :** | 6 |

| PROFESSEUR | |
|---|---|
| **Nom :** | Yves Grosdidier (chargé de cours à forfait) |
| **Bureau :** | D2-1070 |
| **Téléphone :** | (819) 821-8000 poste 62056 |
| **Jours de disponibilité :** | habituellement de 9h30 à 15h30, Courriel : en tout temps |
| **Courriel :** | Yves.Grosdidier@USherbrooke.ca |

| PLACE DU COURS DANS LE PROGRAMME | |
|---|---|
| Type de cours : | optionnel |

# DESCRIPTION DU COURS

Alors que l'astronomie est essentiellement une science descriptive, l'astrophysique s'efforce d'apporter des explications aux phénomènes célestes observés en puisant dans les différentes disciplines de la physique. Ce cours permet d'utiliser l'ensemble des connaissances acquises au cours des deux premières années du premier cycle de physique dans un contexte astrophysique.

Ce cours a notamment pour objectif de développer l'aptitude à utiliser les connaissances des lois de la physique par l'analyse de problèmes d'astrophysique contemporains ou classiques.

# PLAN DE LA MATIÈRE

La matière repose sur i) un cours magistral et ii) un ensemble de problèmes à résoudre sous forme de devoirs (4 ou 5), sessions d'exercices et travail personnel.

Si le nombre de personnes inscrites au cours n'est pas trop important (maximum ~12), chaque étudiante ou étudiant devra de plus faire une présentation orale de ~20 minutes en fin de session sur un sujet observationnel qu'il devra choisir en accord avec l'enseignant (le sujet doit être choisi pour au plus tard le premier cours qui suit la semaine de relâche).

Si l'effectif étudiant est trop gros, un devoir supplémentaire sera ajouté.

## COURS MAGISTRAL

1. **Notions de photométrie :** parallaxes, parsec, magnitude et magnitude absolue, analyse spectrale, photométrie, détecteurs, principales grandeurs photométriques, rayonnement du corps noir, équilibre radiatif;

2. **Notions de mécanique des fluides et applications à quelques problèmes choisis d'astrophysique :** théorème du viriel, équation de conservation de la masse, équation d'Euler, étoiles polytropiques, équation de conservation de l'énergie, vent stellaire accéléré radiativement, vent solaire, évaporation d'un nuage interstellaire ;

3. **Processus de rayonnement :** rayonnements cyclotron et synchrotron, effet Cherenkov, rayonnement de freinage, émission spontanée et absorption, loi de Maxwell-Boltzmann, loi de Boltzmann, loi de Saha, équilibre thermodynamique local/global, raies d'absorption, profil lorenztien (modèle classique de l'absorption d'un photon par un atome) ; état d'un élément chimique dans une atmosphère stellaire ou planétaire;

4. **Classifications stellaires :** les classifications stellaires (Harvard, M.K.K ou de Yerkes), diagramme d'Hertzprung-Russel (HR), populations stellaires, diagramme HR d'un amas globulaire, notions sur l'évolution des étoiles;

5. **Théorie élémentaire de la structure stellaire :** définition théorique d'une étoile, équations de la structure interne des étoiles (équilibre hydrostatique et stabilité d'une étoile, conservation de

la masse, conservation de l'énergie, exemple du Soleil), pression de radiation, transport radiatif, transports convectif et conductif;

6. **Transfert du rayonnement en géométrie plan-parallèle :** équation de transfert du rayonnement et applications (spectres de raies, approximation d'Eddington-Barbier, atmosphère grise, loi d'assombrissement centre-bord du soleil), équilibre radiatif, relation masse-luminosité théorique, gradient adiabatique, forces radiatives, luminosité d'Eddington, équation d'état du gaz stellaire ;

7. **Aspects énergétiques, temps caractéristiques :** énergie gravitationnelle, chimique, nucléaire, réactions nucléaires dans les étoiles, temps dynamique et temps de Kelvin-Helmholtz, sources d'opacité ;

8. **Le modèle polytropique des étoiles :** étoiles polytropiques, modèle standard d'Eddington, stabilité d'un polytrope ; énergie gravitationnelle d'un polytrope ; relation masse-luminosité du polytrope d'indice 3 ;

9. **Objets stellaires compacts :** pression de dégénérescence, étoile de température nulle, pression quantique, masse de Chandrasekhar, naines blanches et leur évolution, étoiles à neutrons, rotation des étoiles à neutrons, émission de neutrinos des étoiles à neutrons, pulsars ;

10. **Notions d'évolution stellaire :** formation des étoiles et virialisation, masse de Jeans, approche de la séquence principale et évolution sur cette séquence, limite de Schönberg-Chandrasekhar, stades avancés;

## DOCUMENTS ET RÉFÉRENCES

En plus des notes du professeur, certains documents additionnels seront déposés sur la page Moodle du cours.

Il peut être utile de se référer au livre de Agnès Acker : « Astronomie-Astrophysique – Introduction », Dunod, 2013 (disponible à la bibliothèque, QB 43.3 A34 2013). Les notes de cours sont de nature plutôt théorique. Le livre de Acker apporte la composante observationnelle récente.

## ÉVALUATIONS

L'évaluation reposera sur :

- Intra de mi-session (2h): 30%
- Examen final (3 heures) : 40%
- Devoirs (au nombre de 4 ou 5) : 15%
- Présentation orale de 20 minutes : 15%

Si l'effectif étudiant est raisonnable, chaque étudiante ou étudiant devra faire une présentation orale de 20 minutes environ (powerpoint; maximum ~20 diapositives) sur un sujet observationnel de son choix à partir d'un chapitre du livre de A. Acker ou d'un autre ouvrage après approbation du

professeur. Dans cette partie du cours certains aspects modernes observationnels seront abordés comme par exemple le point sur le système solaire, les galaxies, les étoiles MIRA, etc.

À la fin de la session, **une bonification à la hausse de la cote finale** est possible, en fonction de votre participation, des questions posées en cours ou hors du cours, et de manière générale si vous démontrez approfondir la matière durant la session, notamment en étudiant en détail les notes de cours et les exercices faits en classe.

## CALENDRIER

S'il y a lieu, les présentations orales auront lieu durant la dernière séance de cours et (si nécessaire) une séance de cours supplémentaire dont la date sera fixée en concertation avec tous les étudiants.

## BIBLIOGRAPHIE

Quelques ouvrages dont la consultation est peut être utile (les côtes indiquées en italiques sont celles de la bibliothèque des sciences et de génie).


- Jean Heyvaerts, *Astrophysique : étoiles, univers et relativité*, (Dunod 2006). *QB 461 H49 2006*
- Richard Monier, *Les étoiles et le milieu interstellaire : introduction à l'astrophysique : cours, exercices et problèmes resolus*, (Paris : Ellipse 2006). *QB 801 M66 2006*
- M. Zeilik, S.A. Gregory et E.v.P. Smith, *Introductory Astronomy and Astrophysics*, (Saunders, 1992). *QB 45 Z43 1992*
- B.W. Carroll et D.A. Ostlie, *An Introduction to Modern Astrophysics*, (Addison-Wesley, 1996). *QB 461 C35 1996*