

**FACULTÉ DES ARTS ET DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE
HIVER 2021**

PLAN DE COURS

Sigle du cours: PHY 3075

Titre du cours: Modélisation numérique en physique

Nombre de crédits: 3

Professeur: Paul Charbonneau (B-3013; 343-2332; paulchar@astro.umontreal.ca)

Description et buts du cours

Ce cours est offert aux étudiant(e)s de troisième année inscrit(e)s au premier cycle en physique (incluant les programmes bidisciplinaires mathématique+physique et physique+informatique). Le cours PHY-1234, *Introduction à la Physique Numérique*, est pré-requis, mais les étudiant(e)s de deuxième ou troisième année ayant une expérience équivalente en programmation sont autorisé(e)s à s'inscrire.

Le cours vise à introduire des techniques et approches avancées en modélisation numérique, qui peuvent s'avérer utiles dans différentes branches de la physique: modélisation sur réseau, algorithmes évolutifs, simulations à N corps, réseaux de neurones. Le traitement numérique des équations différentielles ordinaires et aux dérivées partielles sera également abordé, de manière à bien comprendre le fonctionnement —ainsi que les limites— des logiciels couramment utilisés pour traiter numériquement ces problèmes. Le cours couvrira des applications en biophysique, géophysique, astrophysique, physique des particules, physique environnementale, et physique de la matière condensée.

Horaire des cours, Hiver 2021

- Lundi 17:30-18:20, sur Zoom
- Mercredi 8:30-10:20, sur Zoom

Manuel de cours et ouvrages de référence

Des notes de cours couvrant l'ensemble de la matière seront disponibles via la page Web du cours.

Évaluation

- Trois rapports de projet à remettre, comptant chacun pour 25% de la note finale.
- Projet final, 25% de la note finale.

Page Web

La page Web suivante inclut un horaire détaillé de chaque cours, et donne accès à des copies du matériel didactique supplémentaire présenté en classe (images, animations, etc):

<http://www.astro.umontreal.ca/~paulchar/phy3075/phy3075.html>

MATIÈRE COUVERTE

1. Équations différentielles ordinaires

- 1.1 Systèmes nonlinéaires couplés
- 1.2 Les méthodes de Runge-Kutta
- 1.3 Exemple 1: chaînes de désintégration nucléaire
- 1.4 Exemple 2: un système nonlinéaire réactif
- 1.5 Runge-Kutta avec pas adaptif
- 1.6 Transmission des signaux électriques dans les neurones
- 1.7 Le modèle de Hodgkin-Huxley
- 1.8 Projet: Au delà de Hodgkin-Huxley

2. Équations aux dérivées partielles

- 2.1 Méthodes explicites: diffusion
- 2.2 Exemple: formation de structures dans les systèmes réaction-diffusion
- 2.3 Méthodes explicites: advection
- 2.4 Le cas advection-diffusion
- 2.5 Quel algorithme utiliser ?
- 2.6 Au delà du 1D
- 2.7 L'accident de Tchernobyl
- 2.8 Projet: dispersion d'un polluant

3. Calcul sur réseau

- 3.1 Le calcul sur réseau
- 3.2 Exemple: les tremblements de Terre
- 3.3 Le ferromagnétisme
- 3.4 Le modèle d'Ising
- 3.5 Projet: gravure magnétique par laser

4. Problèmes à N corps

- 4.1 La dynamique moléculaire
- 4.2 Traitement numérique
- 4.3 Exemple: simulation d'un liquide
- 4.4 Matière sombre et rotation des galaxies
- 4.5 Simulation dynamique d'une galaxie
- 4.6 Projet: la matière sombre

5. Algorithmes évolutifs

- 5.1 Optimisation locale vs globale
- 5.2 La puissance de la sélection cumulative
- 5.3 Un algorithme évolutif de base
- 5.4 Exemple: La diffraction en 2D
- 5.5 Les algorithmes génétiques
- 5.6 Modélisation d'une orbite Képlérienne
- 5.7 Projet: mutation adaptative de l'orbite de ρ CrB

6. Réseaux de neurone

- 6.1 Les réseaux de neurones (artificiels)
- 6.2 Entraîner et tester le réseau
- 6.3 Le boson de Higgs en une page
- 6.4 Projet: trouver le boson de Higgs