

**FACULTÉ DES ARTS ET DES SCIENCES**  
**DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE**  
**AUTOMNE 2017**  
**PLAN DE COURS**

---

**Sigle du cours:** PHY 3075

**Titre du cours:** Modélisation numérique en physique

**Nombre de crédits:** 3

**Professeur:** Paul Charbonneau (B-418; 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, approches Monte Carlo, 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 des plasmas et physique de la matière condensée.

### **Horaire des cours, Hiver 2017**

- Mardi 13:30-14:20, D-460 Pavillon Roger-Gaudry
- Jeudi 10:30-12:20, D-460 Pavillon Roger-Gaudry

### **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**

- Quatre rapports de projet à remettre, comptant chacun pour 20% de la note finale.
- Projet final, 20% 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 Projet: Le modèle 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 Quel algorithme utiliser?
- 2.5 Au delà du 1D
- 2.6 Techniques de discrétisation spatiale
- 2.7 Tchernobyl
- 2.8 Projet: dispersion d'un polluant

### 3. Modélisation sur réseau

- 3.1 Le calcul sur réseau
- 3.2 Tectonique des plaques: le modèle de Burridge-Knopoff
- 3.3 Burridge-Knopoff sur réseau
- 3.4 Le modèle d'Ising
- 3.5 Ferromagnétisme et paramagnétisme
- 3.6 Transition de phase et température de Curie
- 3.7 Projet: gravure magnétique par laser

### 4. Problème à $N$ corps

- 4.1 La dynamique moléculaire
- 4.2 Traitement numérique
- 4.3 Exemple: simulation de l'Argon liquide
- 4.4 Fusion et solidification
- 4.5 Dynamique galactique et le problème de la masse manquante
- 4.6 Projet: formation d'une galaxie

### 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 Projet: modélisation d'une orbite Képlérienne

## 6. Réseaux de neurone

- 6.1 Apprentissage machine et réseaux de neurones
- 6.2 Entraîner un réseau
- 6.3 Exemple: détection de structures dans des images
- 6.4 Hit, miss, all clear, et fausse alarme
- 6.5 Le boson de Higgs en une page
- 6.6 Projet: trouver le boson de Higgs